



UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA

**ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD DEL LANZAMIENTO EN
BALONMANO: FIABILIDAD, MARCADOR AGUDO DE
FATIGA, SU MEJORA A TRAVÉS DE DIFERENTES MÉTODOS
DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA. ELABORACIÓN DE UNA
GUÍA DIDÁCTICA PARA SU DESARROLLO**

Tesis Doctoral presentada por:

JESUALDO DANIEL CUEVAS ABURTO

Tesis Doctoral dirigida por:

Dr. AMADOR GARCÍA RAMOS

Dr. LUÍS JAVIER CHIROSA RIOS

Granada, 2020

**ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD DEL LANZAMIENTO
EN BALONMANO: FIABILIDAD, MARCADOR
AGUDO DE FATIGA, SU MEJORA A TRAVÉS DE
DIFERENTES MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO DE
FUERZA. ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DIDÁCTICA
PARA SU DESARROLLO**

Jesualdo Daniel Cuevas Aburto

**Programa de Doctorado en Ciencias de la Educación
Investigación en Educación Física y Deportiva**

DIRECTORES.

Dr. Amador García Ramos

Dr. Luís Javier Chiroso Ríos



**Departamento de Educación Física y Deportiva
Universidad de Granada**

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Jesualdo Daniel Cuevas Aburto
ISBN: 978-84-1306-838-1
URI: <http://hdl.handle.net/10481/68152>

“En la vida algunas veces se gana, otras veces se aprende”

(John Maxwell)

PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS DOCTORAL

1. Luis Javier Chiroso-Rios, **Jesualdo Cuevas-Aburto**, Darío Martínez-García, David Ulloa-Díaz, Oscar Andrés Andrades Ramírez, Isidoro Martínez-Martín, Amador García-Ramos. Reliability of throwing velocity during non-specific and specific handball throwing tests. *International Journal of Sports Medicine*, in press. DOI:10.1055/a-1273-8630.
2. **Jesualdo Cuevas-Aburto**, Ivan Jukic, Luis Javier Chiroso, Jorge González-Hernández, Danica Janicijevic, Paola Barboza, Francisco Guede, Amador García-Ramos. Effect of Traditional, Cluster, and Rest Redistribution Set Configurations on Neuromuscular and Perceptual Responses During Strength-Oriented Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, in press. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003658.
3. **Jesualdo Cuevas-Aburto**, Ivan Jukic, Luis Javier Chiroso, Jorge González-Hernández, Danica Janicijevic, Paola Barboza, Amador García-Ramos. Effect of resistance training programs differing in the set configuration on maximal strength and explosive actions performance *International Journal of Sports Physiology and Performance*, in press. DOI: 10.1123/ijsp.2019-1005.
4. **Jesualdo Cuevas-Aburto**, Danica Janicijevic, Alejandro Pérez-Castilla, Luis Javier Chiroso-Ríos, Amador García-Ramos. Changes in bench press performance and throwing velocity after strength-oriented and ballistic resistance training programs. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, in press. DOI: 10.23736/S0022-4707.20.11011-9.

ÍNDICE

Apartado	Páginas
AGRADECIMIENTOS.....	Pág. 17
ABREVIATURAS.....	Pág. 19
RESUMEN.....	Pág. 21
ESTUDIO I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas.....	Pág. 25
ESTUDIO II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza.....	Pág. 27
ESTUDIO III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento de la fuerza máxima y acciones explosivas.....	Pág. 28
ESTUDIO IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza o potencia.....	Pág. 29
1 INTRODUCCIÓN.....	Pág. 31
1.1 ESTUDIO I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas.....	Pág. 34
1.2 ESTUDIO II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza.....	Pág. 39
1.3 ESTUDIO III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento la fuerza máxima y acciones explosivas.....	Pág. 42
1.4 ESTUDIO IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia.....	Pág. 45
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	Pág. 49
3. MATERIAL Y MÉTODO.....	Pág. 51

3.1 ESTUDIO I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas	Pág. 53
3.2 ESTUDIO II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza	Pág. 57
3.3 ESTUDIO III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento de la fuerza máxima y acciones explosivas	Pág. 62
3.4 ESTUDIO IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia	Pág. 66
4. RESULTADOS	Pág. 71
4.1 Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas	Pág. 71
4.2 Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza	Pág. 75
4.3 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento de la fuerza máxima y acciones explosivas	Pág. 81
4.4 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza o potencia	Pág. 85
5. DISCUSIÓN	Pág. 90
5.1 Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas	Pág. 90
5.2 Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza	Pág. 96

53 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento la fuerza máxima y acciones explosivas...	Pág. 99
54 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia.....	Pág. 102
6. CONCLUSIONES.....	Pág. 106
7. LIMITACIONES Y FORTALEZAS.....	Pág. 108
7.1 Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas.....	Pág. 108
7.2 Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza.....	Pág. 108
7.3 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento la fuerza máxima y acciones explosivas.....	Pág. 109
7.4 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia.....	Pág. 110
8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	Pág. 111
8.1 Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas.....	Pág. 111
8.2 Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza.....	Pág. 111
8.3 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento la fuerza máxima y acciones explosivas.....	Pág. 112
8.4 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia.....	Pág. 112
9. BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 113
10. RELACIÓN DE TABLAS Y FIGURAS.....	Pág. 131

10.1 Relación de tablas	Pág. 131
10.2 Relación de figuras.....	Pág. 132
11. OTRAS PUBLICACIONES CIENTIFICAS.....	Pág. 135
12. APORTACIONES A CONGRESOS.....	Pág. 137
13. APÉNDICES.....	Pág. 139
13.1 Consentimiento informado.....	Pág. 139
13. 2 Publicaciones científicas derivadas de la tesis doctoral.....	Pág. 140
ESTUDIO I. VERSIÓN EN INGLÉS.....	Pág. 141
ESTUDIO II. VERSIÓN EN INGLÉS.....	Pág. 173
ESTUDIO III. VERSIÓN EN INGLÉS.....	Pág. 190
ESTUDIO IV. VERSIÓN EN INGLÉS.....	Pág. 220
14. Aprobación del comité de ética.....	Pág. 251
GUIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DEL LANZAMIENTO EN EL BALONMANO.....	Pág. 253
Referencias.....	Pág. 281

AGRADECIMIENTOS

Sin lugar a dudas este apartado debe ser uno de los más difíciles de este manuscrito, el poder reconocer y expresar con palabras los agradecimientos a tantas personas que han forjado en mi este importante paso, personas que, con paciencia, tolerancia, silencio, apoyo incondicional, sin esperar nada a cambio, pero por sobre todo con el firme propósito de ayudar y ser parte de este logro que me acerca hacia un nuevo destino, que estoy deseoso por recorrer.

Mis primeras palabras son para Débora, mi esposa, quien ha sido el pilar fundamental en esta decisión, fue la primera en decir sí a la oportunidad de continuar estudiando, nunca ha dudado de mi capacidad para superar cada desafío en el camino. Ella es el alma y centro de mi familia, es la base de mi vida y la esencia de mis sueños, tú sabes que, “te amo hoy más que ayer, pero menos que mañana”. Así también, a mis hijos Daniela, Cristofher, Francisco y Miriam mis grandes motivaciones para alcanzar los sueños, ustedes son las energías para superar los obstáculos en el camino, el gran motivo por el cual quisiera dejar una senda que espero un día ustedes quieran recorrer.

A quien ha pavimentado el camino, la persona que insufló el aliento por el desafío en mi espíritu académico, al amigo que ha podido ver más allá y con una visión de futuro comenzó a sembrar en mi mente el desafío de la superación, formación de calidad y especialización, a David Ulloa, gracias por ser el amigo generoso y visionario con quien siempre he podido contar.

A mis directores de Tesis, al Dr. Sr. Luis Javier Chiroso, un amigo y compañero. Dueño de una generosidad y tolerancia a toda prueba, has sabido guiarme por la senda del conocimiento, decidiste ser parte de mi vida y abriste la puerta a este camino cuando no muchos estaban dispuestos a hacerlo. Gracias por abrirme las puertas de tu hogar, por permitirme ser parte de tu familia, por el calor de hogar y las alegrías que he compartido junto a tus seres queridos.

Al Dr. Amador García Ramos, un amigo con quien he tenido un aprendizaje de vida, un joven profesional, un fuera de serie, por tu sencillez y humildad, por hacer que lo complejo sea fácil y lo inalcanzable muy sencillo, gracias por ser parte de este desafío, por estar a mi lado y extender tu mano en momentos tormentosos vividos, por traer a mi senda a espíritus nobles y altruistas.

A través de este camino y estando lejos de mi país son muchas las personas que han sido parte de este camino, todas ellas con un aporte invaluable para llegar a este momento, a los miembros de la Red Pleokinetic, a sus noveles miembros Darío y Ángela, así como a sus fundadores, este grupo de amigos y compañeros con quienes compartimos intereses y motivaciones especiales, todos y cada uno dan lo mejor de sí en su afán por hacer crecer nuestra organización.

De manera especial, a tres amigos que a pesar que casi les doblo en edad, me han permitido ser parte de su proceso doctoral, con quienes he trabajado, leído y debatido sobre casi todo, caminamos por una misma senda, he disfrutado de su apoyo y colaboración; Danica, Jorge y Alejandro, quienes con su alegría, cariño y afecto tienen hoy un lugar especial en mi familia, donde se les recuerda y valora con el corazón.

Por último, a todos quienes han sido parte de esta senda, a aquellas personas que en su momento han apoyado, abierto las puertas y confiado en mí, a la Universidad de Granada y el personal de la escuela de doctorado. A la Universidad Católica de la Santísima Concepción, a mis colegas y estudiantes, gracias a todos.

ABREVIATURAS

RM	Repetición máxima
MAX	Valor máximo de velocidad
<i>Aver4</i>	Valor de velocidad media de 4 lanzamientos
<i>Aver3</i>	Valor de velocidad media de los 3 lanzamientos con mayor velocidad
TR	Tradicional
CL	Clúster
RR	Redistribución del descanso
CMJ	Salto con contramovimiento
RPE	Percepción subjetiva del esfuerzo
SQ	Squat
PB20	Press de banca 20 kg
VM	Velocidad media
VMP	Velocidad media propulsiva
Vmax	Velocidad máxima
IMC	Índice de masa corporal
V1RM	Velocidad media obtenida en la repetición máxima
CV	Coefficiente de variación
r_{pq}	Coefficiente de correlación de Pearson
SD	Parcial eta cuadrado
CCI	Desviación estándar
ES	Coefficiente de correlación intraclase
	Tamaño de efecto de Cohen

RESUMEN

El lanzamiento es una habilidad básica y determinante del rendimiento en muchos deportes. La velocidad de lanzamiento es una de las variables más influyentes en la efectividad del lanzamiento. La literatura científica ha mostrado que esta variable está positivamente asociada con los valores de fuerza y que esta capacidad se puede mejorar a través de diferentes métodos de entrenamientos. Sin embargo, hay una escasa evidencia científica respecto a si existe una transferencia entre las ganancias en fuerza y potencia típicamente observados tras un programa de entrenamiento de fuerza y la mejora en la velocidad de lanzamiento. Además, todavía existen una serie de factores metodológicos relacionados con el uso de la velocidad de lanzamiento como medio de evaluación que requieren ser explorados como su uso como indicador agudo de fatiga o los procedimientos más apropiados para maximizar la fiabilidad de la medición.

La presente Tesis Doctoral pretende abordar tres objetivos fundamentales en relación a la velocidad de lanzamiento: (I) identificar el procedimiento de evaluación que permita maximizar la fiabilidad en la medición de la velocidad de lanzamiento (*estudio I*), (II) dilucidar si la velocidad de lanzamiento es una variable sensible a la fatiga inducida por sesiones de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración de la serie (*estudio II*), y (III) comparar el efecto de varios programas de entrenamiento sobre la mejora de la velocidad de lanzamiento (*estudios III y IV*).

Para alcanzar estos objetivos generales se realizaron 4 estudios independientes que presentaron los siguientes objetivos específicos: **Estudio I** – (I) determinar que procedimiento de selección de la repetición de referencia (valor promedio o máximo) proporciona la velocidad de lanzamiento con mayor fiabilidad, (II) identificar si tipos de lanzamientos específicos o inespecíficos proporcionan la velocidad de lanzamiento con mayor fiabilidad, y (III) analizar cómo afecta el nivel de experiencia a la fiabilidad de la velocidad de lanzamiento; **Estudio II** – (I) comparar el efecto de la configuración de las series utilizado durante el entrenamiento de fuerza en la velocidad de movimiento y la percepción de esfuerzo, (II) explorar la fatiga inducida por sesiones de entrenamiento de fuerza que sólo difieren en la configuración de sus series en el rendimiento de las acciones explosivas (altura de salto y velocidad de lanzamiento), y (III) determinar si las respuestas mecánicas y de percepción a diferentes configuraciones de series

difieren entre el squat y press de banca; *Estudio III* – (I) comparar los cambios en la velocidad de lanzamiento tras un entrenamiento tradicional y otro siguiendo una configuración de redistribución del descanso, (II) explorar la asociación entre el 1RM y la velocidad de lanzamiento antes y después del entrenamiento, y (III) dilucidar si los cambios en el 1RM está asociado con los cambios en la velocidad de lanzamiento; *Estudio IV* – (I) determinar la relación entre la velocidad de lanzamiento con el 1RM y la velocidad máxima alcanzada en el ejercicio de press de banca realizado ante 20 kg, y (II) explorar si los incrementos en la RM y la velocidad máxima alcanzada en el ejercicio de press de banca observados tras el entrenamiento están asociados con los cambios en la velocidad de lanzamiento.

Los principales hallazgos de los estudios fueron: A) la velocidad de lanzamiento puede ser evaluada con una fiabilidad muy alta en los participantes con y sin experiencia previa en la práctica del balonmano con la única excepción de un lanzamiento inespecífico en los participantes sin experiencia. B) clúster y redistribución del descanso permite velocidades más altas durante el entrenamiento que una configuración de serie tradicional en los ejercicios de squat y press de banca. C) los valores de percepción de esfuerzo recogidos fueron mayores para el método tradicional en comparación con clúster y redistribución. D) 4 semanas de programa de entrenamiento de fuerza basado exclusivamente en el ejercicio press de banca es capaz de afectar selectivamente parte superior del cuerpo y mejorar la fuerza máxima pero no la velocidad de lanzamiento. E) los programas de entrenamiento de fuerza de 6 semanas basados en configuraciones tradicional y redistribución del descanso fueron igualmente efectivos para mejorar la fuerza máxima de la parte superior del cuerpo, mientras que ninguno de los grupos mejoró el rendimiento de la velocidad de lanzamiento. F) la velocidad de lanzamiento no estuvo asociada con el rendimiento en el ejercicio de press de banca realizado en máquina Smith.

Abstract

Throwing is a basic skill and determinant of performance in many sports. The throwing velocity is one of the most influential variables in throwing effectiveness. Scientific literature has shown that throwing velocity is positively associated with strength values and that this ability can be improved through different training methods. However, there is little scientific evidence as to whether there is a transfer between the gains in strength and power typically seen after a strength training program and the improvement in throwing velocity. In addition, there are still a number of methodological factors related to the use of throwing velocity as a means of evaluation that need to be explored, such as its use as an acute indicator of fatigue or the most appropriate procedures to maximize the reliability of the measurement.

This Doctoral Thesis addresses three fundamental objectives in relation to throwing velocity: (I) Identify the evaluation procedure that allows to maximize the reliability in the measurement of throwing velocity (study I), (II) elucidate if throwing velocity is a variable sensitive to fatigue induced by resistance training sessions that differ in the set configuration (study II), (III) compare the effect of various training programs on improving throwing velocity (studies III and IV).

To achieve these general objectives, 4 independent studies were carried out that presented the following specific objectives: **Study I** - (I) determine which procedure for selecting the reference repetition (average or maximum value) provides the most reliable throwing velocity, (II) identify if specific or unspecific types of throwing provide the highest reliability in throwing velocity, and (III) analyse how the level of experience affects the reliability of the throwing velocity; **Study II** - (I) compare the effect of the set configuration used during strength training on movement velocity and the perception of effort, (II) explore the fatigue induced by resistance training sessions that only differ in the set configuration in the performance of explosive actions (jump height and throwing velocity), and (III) determine whether the mechanical and perceptual responses to different set configurations differ between the squat and bench press; **Study III** - (I) compare the changes in throwing velocity after a traditional training and another following a rest redistribution configuration, (II) explore the association between 1RM and throwing velocity before and after training, and (III) elucidate if changes in 1RM is associated with changes in throwing velocity; **Study IV** - (I) determine the relationship between the throwing velocity with

the 1RM and the maximum velocity reached in the bench press exercise performed against 20 kg, and (II) explore if the increases in the RM and the maximum velocity reached in the bench press exercise observed after training are associated with changes in throwing velocity.

The main findings of the studies were: A) throwing velocity can be evaluated with a very high reliability in participants with and without previous handball experience with the only exception of a non-specific throwing in participants without experience. B) Cluster and rest redistribution set configurations allow higher velocity during training than a traditional set configuration in squat and bench press exercises. C) the perceived effort was higher for the traditional method compared to cluster and rest redistribution. D) 4 weeks of strength training program based exclusively on the bench press exercise can selectively affect the upper body and improve maximum strength but not throwing velocity. E) 6-week strength training programs based on traditional and rest redistribution set configurations were equally effective in improving maximal upper-body strength, while neither group improved throwing velocity performance. F) throwing velocity was not associated with Smith machine bench press performance.

RESUMEN DE CADA ESTUDIO**Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas.**

Objetivo: El propósito de este estudio fue comprobar qué procedimientos y tipos de lanzamiento son más fiables para el uso en balonmano aplicándolo a diferentes niveles de experiencia en el juego.

Método: Cuarenta y ocho sujetos masculinos participaron en el estudio divididos en dos grupos, 15 jugadores semi-profesionales de balonmano de la División de Honor Plata Española (edad: $26,21 \pm 6,8$ años; masa corporal: $87,42 \pm 7,9$ kg; altura: $185,75 \pm 1,06$ cm; índice de masa corporal: $25,06 \pm 1,8$) y 33 estudiantes de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada (edad: $20,2 \pm 1,9$ años; masa corporal: $72,39 \pm 8,9$ kg; altura: $176,75 \pm 6,07$ cm; índice de masa corporal: $23,14 \pm 2,3$), jóvenes físicamente activos sin experiencia en balonmano. Las pruebas se realizaron en dos días diferentes. La prueba consistió en realizar tres tipos diferentes de lanzamiento, dos específicos: lanzamiento de 7 metros (7m) y lanzamiento en carrera con tres pasos (3p) y uno inespecífico: lanzamiento de impulsión (In). Se midieron 5 lanzamientos, de cada tipo con un radar (Stalker ATR, Professional radar, Applied Concepts Inc., Plano, TX U.S.A.). De los lanzamientos se realizaron tres procedimientos de cálculo: se eligió el máximo (máx), el promedio de los cuatro mejores (Aver4) y el promedio de los 3 mejores (pro3).

Resultados: Los tres procedimientos son fiables para los dos grupos. Los promedios y la fiabilidad absoluta en los procedimientos fueron aceptables para los estudiantes (CV= 4,08 Rmax, CV= 4,00 pr4 y de CV= 3,91 pr3) y muy buenos para los jugadores de balonmano (CV= 1,16 Rmax, CV= 1,00 pr4 y CV= 0,97 pr3). Según los datos, el promedio de la fiabilidad relativa mostró un ICC grande para el grupo de estudiantes (ICC= 0,75 max, ICC= 0,77 Aver4 y ICC= 0,78 pr3) y muy grande para el grupo de jugadores (ICC=0,98 para todos los procedimientos).

En todos los tipos de lanzamiento los expertos tienen mayor VL que los inexpertos. En cuanto al tipo, los lanzamientos In son los que producen menor VL, seguidos de los lanzamientos de 7m y los de 3p. Dentro de los tipos de lanzamiento el menos confiable es el In, eso ocurre en los dos grupos analizados y en todos los procedimientos de lanzamiento. En el grupo de estudiantes el CV es ligeramente más alto en 7m, en todas sus formas, que el 3p, sin embargo, en los jugadores el 3p es ligeramente superior al 7m en las dos formas de promedio.

Conclusiones: El lanzamiento es un gesto muy estable que permite ser usado como test de evaluación para conocer los cambios en la VL en programas de entrenamiento, comparación de técnicas, poblaciones, etc. El uso de un tipo u otro de lanzamiento dependerá del objetivo de la investigación. En cuanto al procedimiento, cualquiera de los procedimientos empleados es útil.

Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza

Objetivo: Comparar el efecto agudo de las configuraciones tradicional (TR), clúster (CL) y redistribución del descanso (RR) sobre la velocidad del movimiento, el índice de esfuerzo percibido (RPE) y el rendimiento de las acciones explosivas.

Métodos: Treinta y un hombres entrenados realizaron tres sesiones de entrenamiento al azar que consiste en Squat (SQ) y press de banca (PB) ejercicios realizados con una carga 10 Repetición-máxima utilizando TR (3 series de 6 repeticiones, con 3 minutos de descanso entre series), CL (3 series de 6 repeticiones; 30 segundos de descanso-intraserias cada 2 repeticiones; 3 minutos de descanso-intraserias), y RR (9 series de 2 repeticiones; 45 segundos de descanso-intraserias). Se realizaron saltos con contramovimiento (CMJ) para determinar la altura del salto y la velocidad de lanzamiento se evaluaron al inicio y al final de cada sesión. También se registró la velocidad de todas las repeticiones y RPE-10 valores después de ejecutadas 6 repeticiones con la barra.

Resultados: El CL (SQ: 5,09%; PB: 5,68%) y RR (SQ: 5,92%; PB: 2,71%) permiten velocidades más altas que TR, mientras que el incremento en el número de repeticiones se asoció con una menor velocidad sólo para TR y RR. Se observaron disminuciones comparables en altura CMJ (6,0% -8,1%) y velocidad de lanzamiento (0,6% -1,2%) para las tres configuraciones de ajuste $6,9 \pm 0,7$ au; PB: $6,8 \pm 0,8$ au). En comparación con CL (SQ: $6,2 \pm 0,8$ au; PB: $6,4 \pm 0,7$ au) y RR (SQ: $6,2 \pm 0,8$ au; PB: $6,6 \pm 0,9$ au).

Conclusiones: CL y configuraciones de ajuste RR permiten velocidades más altas y valores de RPE inferiores durante las sesiones de entrenamiento de fuerza sin alcanzar el fallo mecánico en comparación con una configuración de series TR.

Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento de la fuerza máxima y acciones explosivas.

Objetivo: Comparar los efectos de 2 programas de entrenamiento de fuerza de la parte superior del cuerpo que difieren en la configuración de la serie en la 1 repetición máxima (1RM) en el ejercicio de press de banca (PB) y sobre la velocidad de lanzamiento (VL).

Métodos: Treinta y cinco hombres fueron asignados aleatoriamente a un grupo tradicional (TRG; $n = 12$), grupo de redistribución de descanso (RRG; $n = 13$) o grupo de control (CG; $n = 10$). El programa de entrenamiento se realizó con el ejercicio PB y duró 6 semanas (2 sesiones / semana). El TRG trabajó 6 series \times 5 repeticiones con 3 minutos de descanso entre series; RRG: 1 serie \times 30 repeticiones con 31 segundos de descanso entre repeticiones. El período de descanso total fue de 15 minutos y la intensidad de la carga 75% 1RM, lo mismo para ambos grupos experimentales. Los sujetos realizaron todas las repeticiones a la velocidad máxima prevista y la carga se ajustó diariamente a partir de los registros de velocidad. La PB 1RM y la VL se evaluaron antes y después del entrenamiento.

Resultados: Se observó una interacción significativa entre el tiempo y el grupo para el PB 1RM ($P < .001$) debido a los valores más altos observados en la prueba posterior en comparación con la prueba previa para TRG (tamaño del efecto [ES] = 0,83) y RRG (ES = 0,61) pero no para CG (ES = -0,04). Los cambios en el PB 1RM no difirieron entre TRG y RRG (ES = 0.04). No se observaron diferencias significativas en la VL entre la prueba previa y la prueba posterior (ES = 0.16, 0.22 y 0.02 para TRG, RRG y CG, respectivamente).

Conclusiones: los programas de entrenamiento de fuerza basados en configuraciones TR y RR que no alcanzan el fallo inducen ganancias similares en PB 1RM y VL.

Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza o potencia.

Objetivo: Comparar el efecto de dos programas de entrenamiento de fuerza de la parte superior del cuerpo (orientada a la fuerza o potencia) en el rendimiento en press de banca (PB) y la velocidad de lanzamiento (VL) en balonmano.

Métodos: Treinta hombres entrenados fueron asignados aleatoriamente a un grupo orientado de entrenamiento de fuerza (STG) o un grupo de entrenamiento balístico (BTG). El estudio consistió en 11 sesiones: 2 pre-tests (semana 1), 8 sesiones de entrenamiento (semanas 2-5) y 1 post-test (semana 6). El STG realizó la PB en el 70-90% de 1 repetición máxima (1RM), y la BTG de PB en el 40% de 1RM. PB (PB 1RM y la velocidad máxima alcanzada en el press de banca con 20 kg [PB20]) y VL se evaluaron antes y después de la sesión de entrenamiento.

Resultados: El STG mejoró PB 1RM (tamaño del efecto [ES] = 0,24), pero no el PB20 (ES = 0,21) o VL (ES = 0,10). El BTG mejorado PB20 (ES = 0,63), pero no PB1RM (ES = 0,27) o VL (ES = 0,02). La VL no se correlacionó significativamente con la PB 1RM ($r \leq 0,181$) o PB20 ($r \leq 0,220$).

Conclusiones: Estos resultados indican que un programa de entrenamiento a corto plazo basado exclusivamente en el ejercicio PB realizado con altas cargas (fuerza) o cargas ligeras (balísticos) no es eficaz para aumentar VL en hombres entrenados con poca experiencia en la práctica del balonmano.

1. INTRODUCCIÓN

El lanzamiento es una habilidad física, técnico-táctica individual, utilizada en múltiples deportes, como el béisbol, softbol, balonmano, lanzamiento de jabalina, voleibol, tenis, etc. (van den Tillaar, 2004). A su vez, la relación de esta habilidad con la capacidad física del sujeto para generar tensión muscular está fundamentada en gran medida por la capacidad de imprimir una mayor velocidad al balón.

En el balonmano la velocidad de lanzamiento (VL), tiene una alta relevancia especialmente cuando la distancia de lanzamiento es mayor, con ello se minimiza el tiempo de ejecución y el tiempo que el implemento recorrerá la trayectoria deseada. Por lo que será fundamental tener altos índices de VL para ejecutar lanzamientos a portería por sobre los 9 metros, mas allá de la línea de golpe franco, denominados lanzamientos de larga distancia (Bayer & Mauvoisin, 1991), la VL es un claro indicador de rendimiento en numerosos deportes que influye directamente en el éxito o fracaso del deportista (Marques & Gonzalez Badillo, 2006).

Numerosos estudios han abordado la relación entre la VL y el rendimiento de la fuerza en ejercicios como el press de banca (PB) y lanzamiento del balón medicinal entre otros (Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso, & Cuadrado-Reyes, 2012b; Godwin, Fernandes, & Twist, 2018; Wagner, Sperl, Bell, & von Duvillard, 2019).

Existen tres conjuntos de factores determinantes para regular la VL: a) aquellos relacionados con la mecánica del gesto; b) los relacionados con los procesos coordinativos (coordinación intra e intermuscular); c) los resultantes del desarrollo de fuerza y/o la potencia de las extremidades. En la relación con la capacidad de mejora de esta habilidad, se ha demostrado que existe una fuerte correlación entre el aumento de la capacidad de producción de fuerza y la mejora de la VL (Hermassi & van den Tillaar, Khelifa, 2015). Por este motivo, el entrenamiento de las manifestaciones de la fuerza asociadas al aumento de la VL ha sido ampliamente utilizado en la planificación de sesiones para mejorar el rendimiento (Aguilar-Martínez et al., 2012b).

La fuerza es una capacidad motora fundamental para la realización de cualquier movimiento de la vida diaria y además es un factor clave para alcanzar un alto rendimiento en muchos deportes. La definición de fuerza puede ser analizada desde diferentes puntos de vista.

En lo referido a la mecánica, la fuerza es toda causa capaz de modificar el estado de reposo de un cuerpo, así como de afectar en su movimiento o deformarlo. Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza está intrínsecamente relacionada a la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse y que está influenciada por el número de puentes cruzados que se establecen entre los filamentos de miosina y actina en un músculo en particular (Izquierdo, Häkkinen, Gonzalez-Badillo, Ibáñez, & Gorostiaga, 2002).

Es sabido que, a lo largo de todo el rango del movimiento (ROM) de un ejercicio, la intensidad del movimiento varía y estas fluctuaciones se han desglosado previamente en tres secciones principales, que son, en orden concéntrico, las fases de aceleración, oscilación y desaceleración del ejercicio. Lo anterior provoca que la generación de fuerza sea diferente en cada fase, luego para efectos de la VL, en un gesto específico, resulta relevante una mayor aplicación de fuerza en la fase de aceleración. Si bien el PB es un ejercicio eficaz para aumentar los niveles de fuerza, factores como el tiempo bajo tensión del desempeño balístico ha demostrado tener buenos resultados en la mejora de los indicadores de fuerza, pero con la evidencia científica disponible no queda claro que estos se relacionen con una mayor VL del balón (Clark, Bryant, & Humphries, 2008).

Para la medición de los indicadores de fuerza en el tren superior, hasta ahora la evidencia da cuenta de estimar la mejora de fuerza muscular a través del test PB tradicional con cargas libres o Smith y el incremento de la velocidad de movimiento medidos con implementos como transductores lineales o aplicaciones móviles (Ettema, Glosen, & van den Tillaar, 2008; Godwin et al., 2018; Loturco, Pereira, Kobal, & McGuigan, 2018; Sakamoto, Kuroda, Sinclair, Naito, & Sakuma, 2018), en tanto la VL se ha medido con radar entre otros dispositivos, pero esta asociación es indirecta, ya que no existe evidencia empírica que establezca una relación directa entre el incremento de la fuerza del tren superior y la VL en gestos específicos de lanzamiento.

Determinar de forma precisa y eficiente un gesto específico que permita evaluar los niveles de fuerza y explique de mejor manera la VL del balón permitiría diseñar procesos metodológicos eficaces, planificar y evaluar de manera eficiente las sesiones de trabajo en deportistas avezados, lo que favorecería la entrenabilidad de los sujetos haciéndoles más eficiente el trabajo físico y el aprovechamiento de sus capacidades físicas.

Cuantificar las cargas de entrenamiento de forma precisa es una de las preocupaciones de los profesionales, investigadores y estudiosos que realizan entrenamiento de fuerza. Las dos principales variables que deben considerarse para determinar la carga de entrenamiento son el volumen y la intensidad. El volumen hace referencia a la cantidad de trabajo que se realiza (ej., número de repeticiones por serie, número de serie por ejercicios, número de ejercicios por sesión, número de sesiones semanales, etc.). La intensidad hace referencia a la magnitud de la carga movilizada. La forma tradicional de cuantificar la intensidad en el entrenamiento de fuerza requiere de la determinación de la carga máxima que puede desplazarse una sola vez en un determinado ejercicio, conocido como la repetición máxima (RM). Una vez la RM es conocida, la intensidad de la carga suele expresarse en un porcentaje de esa máxima carga (%RM).

La presente Tesis Doctoral se presenta bajo la modalidad de compilación de artículos, para ello se realizaron 4 estudios independientes: *Estudio (I)* Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas; *Estudio (II)* Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza; *Estudio (III)* Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento de la fuerza máxima y acciones explosivas, y *Estudio (IV)* Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza o potencia.

A continuación, encontraremos los estudios realizados para este proyecto en su versión en español destacando los procedimientos, resultados, conclusiones y discusión de cada estudio para luego en los anexos las versiones en inglés de los artículos publicados.

1.1 Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas

El balonmano es un juego intermitente de gran intensidad donde el resultado está muy mediatizado por acciones finales muy explosivas, entre ellas, una de las principales y determinantes es el lanzamiento, la mayoría de estos gestos se hacen gran a velocidad y con una alta presión (Ortega-Becerra, Pareja-Blanco, Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñañiel, & Gonzalez-Badillo, 2018). Cuanto con mayor velocidad se lance menor tiempo dispondrán los defensores y el portero para impedir el gol (Manchado, Tortosa, Vila, Ferragut, & Platen, 2013a).

En este sentido, es bien sabido que existe una estrecha relación entre VL del balón, las características físicas y la fuerza muscular que un jugador puede ejercer (Debanne & Laffaye, 2011; Ziv et al., 2007). Clásicamente la eficacia mecánica del lanzamiento viene determinada por la técnica de ejecución, la coordinación inter e intramuscular y la potencia máxima que es capaz de manifestar, a mayor coordinación y potencia mayor velocidad y, por tanto, mayor eficacia mecánica (Aguilar-Martínez et al., 2012b; Bayios, Anastasopoulou, Sioudris, & Boudolos, 2001).

Por todo ello, incrementar la fuerza explosiva es un reto permanente para entrenadores y científicos en balonmano, proponiendo programas de entrenamiento que mejoren la eficiencia del lanzamiento (Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso, & Cuadrado-Reyes, 2012a; Gorostiaga, Izquierdo, Iturralde, Ruesta, & Ibáñez, 1999; Hermassi, Chelly, Fathloun, & Shephard, 2010; Hermassi, Chelly, Tabka, Shephard, & Chamari, 2011; Hermassi, Ghaith, Schwesig, Shephard, & Chelly, 2019; Hoff & Almåsbaek, 1995; Sabido, Hernández-Davó, Botella, & Moya, 2016). De hecho, la capacidad de aumentar la VL es una de las grandes prioridades en la mejoría del rendimiento de un jugador de balonmano y esto se hace tanto a nivel cualitativo, lanzar más fuerte, como cuantitativo, ser capaz de mantener ese nivel en el mayor número de lanzamiento a lo largo de un partido, durante la temporada y la vida deportiva.

Desde esta perspectiva, para conocer si un programa de entrenamiento determinado está surtiendo efectos o comparar grupos de población, se ha empleado la VL como prueba de control del rendimiento, ya sea mediante gestos específicos como el lanzamiento de siete metros o inespecíficos como el lanzamiento con balón medicinal (Aeder, Hernandez, & Errauti, 2015;

Riemann, Hipko, Johnson, Murphy, & Davies, 2019; Schwesig et al., 2016; Vila & Ferragut, 2019; Wagner et al., 2016). El análisis de la literatura científica especializada y la propia experiencia demuestran que la VL, mediante empleo de un gesto específico del juego, es una de las maneras más utilizadas en la evaluación del rendimiento en balonmano y en otros deportes que emplean este gesto como habilidad específica para el juego. Y este uso se ha aplicado tanto al juego real, de manera directa (Vila et al., 2012; Zapartidis et al., 2009), comprobando a qué velocidad son capaces de lanzar los jugadores de balonmano en una competencia concreta, como en una sesión de evaluación específica (Eriksrud, Sæland, Federolf, & Cabri, 2019; Rivilla-García, Grande, Sampedro, & van den Tillaar, 2011; Sánchez Vinuesa, Oña Sicilia, & Párraga Montilla, 2001; Schwesig et al., 2016).

En el ámbito del balonmano del test de VL reviste de una alta importancia, existen estudios donde el test es parte de una batería de pruebas para comprobar las características biomecánicas, físicas y fisiológicas de los jugadores y jugadoras de balonmano de diferentes categorías y niveles de juego (Eriksrud et al., 2019; Fieseler et al., 2017; Gorostiaga, Granados, Ibáñez, & Izquierdo, 2005; Granados, Izquierdo, Ibáñez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007; Gutiérrez-Dávila, Ortega-Becerra, Parraga, Campos, & Rojas, 2011; Gutiérrez Dávila, Rojas Ruiz, Ortega Becerra, Párraga Montilla, & Campos Granell, 2012; Ortega-Becerra et al., 2018).

Otros trabajos lo han usado para evaluar diferentes propuestas de entrenamiento de fuerza en jugadores de balonmano (Chelly, Hermassi, Aouadi, & Shephard, 2014; Cherif, Chtourou, Souissi, Aouidet, & Chamari, 2016; Ettema et al., 2008; Gorostiaga et al., 1999; Hermassi et al., 2011; Hermassi, et al., 2019; Hoff & Almåsbaek, 1995; Kuhn, Weberrub, & Horstmann, 2019; Sabido et al., 2016; Saeterbakken, van den Tillaar, & Seiler, 2011).

Existe otra línea de investigación que trata de establecer la relación existente entre la VL con ejercicios específicos de fuerza ya sea de manera dinámica, como puede ser un PB, isométrica o isocinética (Bayios et al., 2001; Fleck et al., 1992; Marques, van den Tillaar, Vescovi, & Gonzalez-Badillo, 2007). El objetivo es relacionar entrenamiento de la fuerza y su eficacia en el juego a través del incremento de la VL, es decir, tratan de conocer la posible transferencia del trabajo de fuerza, a través de un ejercicio concreto, y su aplicación final al gesto deportivo. Para establecer esta conexión es sabido que la VL está relacionada con las características físicas del sujeto, especialmente la potencia y la fuerza que es capaz de desarrollar

(Gorostiaga et al., 2005; Marques, van den Tillaar, et al., 2007). La potencia muscular se considera un parámetro importante responsable de los movimientos rápidos exitosos realizados con el máximo esfuerzo, como el lanzamiento. En este sentido, es conocido que la fuerza y potencia de las extremidades superiores están más relacionadas con VL que las variables antropométricas (van den Tillaar & Ettema, 2003; Vila & Ferragut, 2019).

De manera más específica y relacionada con su ampliación en el juego, existen estudios que han analizado como la VL se ve afectada por factores como el tipo de instrucción que da el entrenador (van den Tillaar & Ettema, 2003) o el nivel de oposición o toma de decisión que tiene el deportista (Rivilla-García et al., 2011; Vila et al., 2012) las diferencias en función del tipo de lanzamiento (Schwesig et al., 2016; Wagner et al., 2016), la relación entre la velocidad y la precisión (Eriksrud et al., 2019; Piscitelli, Milanese, Sandri, Cavedon, & Zancanaro, 2016; van den Tillaar & Ettema, 2003). En esta misma línea, algunas investigaciones han estudiado la relación entre la VL y las diferencias entre el nivel de juego, la edad, la influencia del sexo o el grado de experiencia (Bayios et al., 2001; Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Rivilla-García et al., 2011; Rousanoglou, Noutsos, Bayios, & Boudolos, 2014).

Como se ha podido comprobar, a pesar del alto uso y conocimiento que existe sobre este tipo de pruebas de medida en el rendimiento en balonmano (Vila & Ferragut, 2019) hay pocas evidencias, dentro de la última década, centrada en la validez y confiabilidad de este gesto, en los pocos estudios que lo usan reportan datos de validez o fiabilidad exclusivos de ese trabajo concreto con poca o nula referencia al procedimiento usado (Bayios et al., 2001; Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010b; Debanne & Laffaye, 2011; Hermassi et al., 2019; Hermassi, et al., 2019; Piscitelli et al., 2016; Rivilla García, Rodríguez, Chiroso, Gómez Ortiz, & Sampedro Molinuevo, 2011; Wagner et al., 2016). En este sentido y, hasta donde alcanza nuestro conocimiento, sólo existe un trabajo que analiza la fiabilidad y validez del lanzamiento en balonmano, el cual se realizó en una muestra de deportistas de alto nivel, utilizando 4 diferentes tipos de lanzamiento y obtuvieron como principal conclusión que el lanzamiento en carrera era el más fiable, pero no se sabe que protocolo de lanzamiento es el más conveniente, por ejemplo, no se conoce si usar el más rápido de una serie es mejor que la media, tampoco se sabe si el lanzamiento es fiable en poblaciones menos expertas (Vuleta, Sporiš, Talović, & Jelešković, 2010).

Otro de los problemas encontrados a la hora de analizar los estudios sobre la VL, para tratar de estandarizar la medida, es la diversidad metodológica empleada, por ejemplo, no existe un consenso en el número y la forma de realizar el test de lanzamiento en balonmano, algunos estudios utilizan el promedio de los lanzamientos realizados (Bayios et al., 2001; Cherif et al., 2016; Marques, van den Tillaar, et al., 2007; Skoufas, Kotzamanidis, Hatzikotoylas, Bebetso, & Patikas, 2003), otros utilizan el mejor lanzamiento (Aguilar-Martínez et al., 2012b; Rivilla-García et al., 2011; Rivilla García et al., 2011; Sabido et al., 2016a) y otros ni siquiera indican que tipo de procedimiento se ha usado.

Así también, tampoco existe un consenso en el tipo de lanzamiento que se debe usar, en la mayoría de los estudios se emplean varios lanzamientos (Cherif et al., 2016; Hermassi, Wollny, Schwesig, Shephard, & Chelly, 2019; Hoff & Almåsbaek, 1995; Zapartidis et al., 2009) primando los específicos, propios del juego, frente a los inespecíficos. Los gestos específicos más usados son el lanzamiento con carrera, tanto en apoyo como con elevación (Chelly et al., 2010; Hermassi, et al., 2019; Ortega-Becerra et al., 2018; Rousanoglou et al., 2014; Schwesig et al., 2016; Skoufas et al., 2003; Spieszny & Zubik, 2018), la justificación que algunos autores dan a este hecho es que son los gestos más usados en el juego frente a otros como el de 7 metros, que sólo se usa en una situación muy concreta. Independientemente de estas justificaciones se debería tener mayor claridad si es necesario emplear uno o más tipos de lanzamientos, a nuestro juicio se podría estar entrando en redundancias a la hora de utilizar una prueba, con el tiempo y el esfuerzo que esto conlleva. Así también, del análisis de la literatura, se debe destacar que son pocos e inusuales los estudios que usan gestos menos habituales de cara al lanzamiento, que podrían determinar la influencia del componente puramente técnico del lanzamiento, como es el empleo de lanzamientos sentados (Vuleta et al., 2010) o de otro tipo en el que la cadena cinética se vea alterada.

La manera de medir la velocidad también difiere entre los estudios analizados, aunque esto no es un problema, ya que todos los instrumentos están validados para medir velocidad y tienen una alta concordancia, aunque no se ha encontrado ninguna investigación en este sentido. La mayoría de los investigadores usan el sistema dopler a través del radar, que es a priori el procedimiento más fácil para medir VL (Machado et al., 2018), otros usan células fotoeléctricas (Kuhn et al., 2019; Saeterbakken et al., 2011) o cámaras de alta velocidad (Gutiérrez-Dávila et al., 2011; Gutiérrez Dávila et al., 2012; Ortega-Becerra et al., 2018).

En cuanto al balón suele ser el oficial, pero en algunas investigaciones el balón usado se ha modificado en el peso (Ettema et al., 2008; Rivilla García et al., 2011) en su estudio correlacionaron diferentes pesos y niveles de jugadores (semi profesionales y amateur) para tratar de ver la diferencia entre un test específico como lanzar con 3 pasos y el lanzamiento con balón medicinal ligero y pesado, encontraron correlaciones entre los tres tipos de lanzamiento, sobre todo en los profesionales, en su conclusión argumentaron que el tipo de balón medicinal que mejor explica la VL real es el balón medicinal ligero, si a esto agregamos los trabajos que indican que cuando se entrena con diferentes cargas el balón que mejora más el rendimiento es el ligero, parece justificar el uso del lanzamiento específico para medir el rendimiento de balonmano.

El problema de usar un test en el que no se compruebe la fiabilidad del mismo puede ver afectada la variabilidad que tenga la muestra o el procedimiento empleado sea tan alta que se piense que ha habido un avance, cuando en realidad el cambio detectado está dentro de margen de variabilidad de la prueba. Además, la ventaja que tiene estandarizar el test de VL, para la comunidad científica y los entrenadores es que ahorrará tiempo y mejora la comparación entre estudios.

1.2 Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza

El entrenamiento de fuerza (EF) es importante no solo para aumentar los niveles de fuerza y el rendimiento deportivo (Suchomel, Nimphius & Stone, 2016a), sino también porque promueve una serie de beneficios relacionados con la salud (Winett & Carpinelli, 2001). Un creciente cuerpo de investigación sugiere ahora que el entrenamiento hasta el fallo mecánico no es un estímulo necesario para optimizar las adaptaciones del EF (Folland, Irish, Roberts, Tarr & Jones, 2002; Pareja-Blanco et al., 2017; Schoenfeld & Grgic, 2019). De hecho, se ha sugerido que se pueden lograr mayores aumentos en el rendimiento atlético cuando las series de EF no se realizan hasta el fallo y cuando todas las repeticiones se realizan con la máxima intensidad (Pareja-Blanco et al., 2017). Por lo tanto, dado que las sesiones de EF generalmente incluyen múltiples series del mismo ejercicio, parece importante identificar estrategias que permitan el mantenimiento de altas velocidades de movimiento durante series sucesivas que no se realizan hasta el fallo. Dos estrategias efectivas para mantener altas velocidades de movimiento durante el EF podrían ser la provisión de retroalimentación de velocidad en tiempo real (Weakley et al., 2017; Weakley et al., 2019) o la modificación de la estructura de las series (Latella, Teo, Drinkwater, Kendall & Haff, 2019; Tufano, Brown, Haff & Haff, 2017a).

La realización de múltiples repeticiones con un esfuerzo concéntrico máximo de forma consecutiva conduce a fatiga neuromuscular y perceptiva que son responsables de las disminuciones agudas en la velocidad del movimiento (Tufano, Brown, et al., 2017a). Aunque los avances tecnológicos ahora permiten la información para la retroalimentación de velocidad en tiempo real para ajustar las cargas de entrenamiento y el volumen para que coincida con la preparación diaria de los atletas (Weakley et al., 2017; Weakley et al., 2019), aun así, probablemente la forma más simple y efectiva de mitigar la fatiga durante la EF sea a través de la manipulación de la configuración de las series. Por ejemplo, la investigación ha demostrado que agregar intervalos de descanso cortos dentro de la serie (\approx 15-45 segundos) puede resultar en un mayor mantenimiento de la velocidad de movimiento durante las sesiones de EF en comparación con las configuraciones de la serie TR (García-Ramos et al., 2020; González-Hernández et al., 2017; Tufano et al., 2016). Aunque estos denominados clúster (CL) han demostrado ser beneficiosos, es posible que no sean factibles desde una perspectiva práctica, ya

que extienden el tiempo total de entrenamiento. Una alternativa a las series CL es redistribuir el tiempo total de descanso de las configuraciones de series TR para crear períodos de descanso más cortos, pero más frecuentes (Jukic & Tufano, 2019c; Lawton, Cronin, & Lindsell, 2006; Tufano, Brown, et al., 2017a; Tufano, Conlon, et al., 2017). Este método, conocido como “redistribución del descanso” (RR), se ha vuelto cada vez más popular ya que permite el mantenimiento de velocidades de movimiento más altas que las series TR sin extender el tiempo total de entrenamiento (Girman, Jones, Matthews, & Wood, 2014; Hermassi et al., 2011; Iglesias-Soler et al., 2012; Lawton et al., 2006; Torrejon, Janicijevic, Haff, & Garcia-Ramos, 2019a). Sin embargo, es importante tener en cuenta que, aunque las configuraciones de series RR (p. Ej., 10 series de 3 repeticiones con 1 minuto de descanso entre series) podrían ser efectivas para inducir una mejora aguda en la producción de potencia y la técnica de movimiento, una configuración de series TR (por ejemplo, 3 series de 10 repeticiones con 4,5 minutos de descanso entre series) podrían tener una mayor incidencia en la capacidad de trabajo y la función enzimática (Folland et al., 2002). Por lo tanto, sería importante comparar el efecto de las configuraciones de las series TR, CL y RR sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante las sesiones de EF en las que las series no se realizan hasta el fallo.

Aunque varios estudios han comparado los efectos de diferentes configuraciones de series de CL o RR con una configuración de series de TR sobre las medidas neuromusculares y perceptuales de fatiga (García-Ramos et al., 2015a; González-Hernández et al., 2017; Tufano, Conlon, et al., 2017; Tufano et al., 2019), hasta donde sabemos, ningún estudio ha investigado los efectos agudos de las 3 estructuras de conjuntos dentro de un mismo estudio. Los hallazgos de dicho estudio serían importantes para aclarar si las diferencias con respecto a las configuraciones de los conjuntos de TR se deben más a los períodos de descanso más largos (CL) o a la redistribución del mismo tiempo de descanso total en períodos de descanso más cortos pero más frecuentes (RR). También se ha sugerido que el efecto de las configuraciones de las series CL y RR podría ser específico del ejercicio (Latella et al., 2019). Esto se justifica por los diferentes perfiles de fatiga neuromuscular y perceptual identificados para los músculos de la parte inferior y superior del cuerpo (Mayo, Iglesias-Soler, & Fernández-Del-Olmo, 2014; Vernillo, Temesi, Martin, & Millet, 2018). Un meta-análisis reciente realizado por Latella et al., (2019) identificaron 25 artículos que examinaban las respuestas neuromusculares agudas a configuraciones de series de CL, siendo el SQ (15 estudios) y el PB (3 estudios) los dos ejercicios más investigados en la literatura. Latella et al., (2019) identificaron un efecto general para la

selección de ejercicios. Sin embargo, aunque el SQ y PB han sido los 2 ejercicios más examinados en la literatura de CL, nunca se ha comparado dentro de un mismo estudio el efecto de las estructuras de series de CL entre ambos ejercicios.

Otro factor importante que permanece prácticamente inexplorado es la fatiga residual inducida por las sesiones de EF que solo difieren en la configuración establecida. Hay muchos deportes en los que las sesiones de EF suelen preceder al entrenamiento específico del deporte. En este contexto, es importante que el contenido de las sesiones de EF interfiera lo menos posible con el entrenamiento posterior. Dos de las acciones que se realizan con más frecuencia en muchos deportes son los saltos verticales y los lanzamientos. Por lo tanto, podría ser importante explorar el efecto de las sesiones de EF que difieren solo en la configuración establecida sobre los cambios en el rendimiento de las acciones dinámicas (por ejemplo, la altura del salto con contramovimiento [CMJ] y la velocidad de lanzamiento (VL)). Dado que los estudios anteriores generalmente han informado pérdidas de velocidad más bajas durante el entrenamiento con CL y RR en comparación con las configuraciones de series de TR (Girman et al., 2014; Hansen, Cronin, & Newton, 2011; Iglesias-Soler et al., 2012; Torrejon et al., 2019a; Tufano, Brown, et al., 2017a; Tufano et al., 2016), menores reducciones en el rendimiento de las acciones dinámicas después de las sesiones de EF que comprenden CL y también, es de esperar en la formación RR. Además, aunque las configuraciones de series CL y RR se han asociado con frecuencia a índices más bajos de esfuerzo percibido (RPE) inmediatamente después de completar una serie (González-Hernández et al., 2017; Mayo, Iglesias-Soler, & Fernández-Del-Olmo, 2014; Tufano, Brown, et al., 2017a), existe menos información con respecto a las diferencias en la RPE de la sesión (sRPE) entre sesiones de EF que solo difieren en la configuración de sus series (Jukic & Tufano, 2019c). La determinación de los cambios en el rendimiento de las acciones dinámicas y los valores de sRPE proporcionaría información valiosa para los entrenadores con respecto a la fatiga general inducida por las sesiones de EF que difieren en la configuración.

1.3 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento la fuerza máxima y acciones explosivas.

La potencia muscular de los atletas se ha relacionado con una serie de tareas de rendimiento atlético como el sprint, saltar y lanzar en velocidad (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011a; Gorostiaga et al., 2005). Además, la capacidad de generar potencia muscular podría diferenciar entre los niveles de rendimiento de los atletas y principiantes (Gabbett, Kelly, Ralph, & Driscoll, 2009; Gorostiaga et al., 2005). También es importante señalar que la fuerza muscular contribuye significativamente a la producción de potencia muscular (Cormie et al., 2011a). En consecuencia, los profesionales del deporte buscan constantemente formas de optimizar las intervenciones de entrenamiento para mejorar la fuerza máxima y las capacidades de generación de potencia. Tanto la fuerza como la potencia muscular se pueden desarrollar a través del EF mientras se manipula una amplia gama de variables como el tipo y orden del ejercicio, el número de series y repeticiones, la magnitud de la carga, el descanso entre series y la velocidad del movimiento (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011b; Suchomel, Nimphius, Bellon, & Stone, 2018). Por lo tanto, es importante comprender los efectos de diferentes protocolos de EF sobre la fuerza muscular y las adaptaciones de potencia.

Independientemente de cómo se diseñe un protocolo de EF, maximizar la velocidad del movimiento parece ser un factor clave cuando el objetivo es desarrollar la fuerza y la potencia muscular (González-Badillo, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & Pareja-Blanco, 2014a). Dado que la velocidad del movimiento disminuye inevitablemente cuando se realizan repeticiones continuas dentro de series (es decir, series tradicionales [TR]) realizado a la máxima velocidad deseada, se ha sugerido limitar el número de repeticiones por serie (es decir, 2-5) si el objetivo es inducir adaptaciones neuromusculares máximas (Baker & Newton, 2007). Por ejemplo, Pareja-Blanco et al., (2017) encontraron que una magnitud menor de pérdida de velocidad dentro de cada serie (20%) se asoció con ganancias de fuerza máxima en sentadilla similares, pero mayores mejoras en la altura del salto vertical que el entrenamiento con una pérdida de velocidad más alta (40%), aunque el último grupo realizó un 40% más de repeticiones durante una intervención de entrenamiento semanal (Pareja-Blanco et al., 2017). Estos resultados sugieren que una vez que se logra una pérdida de velocidad moderada, realizar más repeticiones no provocará mayores ganancias de fuerza, pero podría ser perjudicial para mejorar la fuerza

explosiva. Hoy en día, la velocidad del movimiento se puede registrar durante el entrenamiento de resistencia por medio de transductores de posición lineales u otros dispositivos (Pérez-Castilla et al., 2019b). Sin embargo, estos dispositivos pueden tener un costo prohibitivo para equipos deportivos no profesionales e incluso equipos profesionales cuando se trabaja con grupos grandes de atletas. En consecuencia, ha habido un mayor interés en enfoques alternativos para preservar la velocidad del movimiento durante el entrenamiento de resistencia.

Sin disminuir las cargas o el volumen de entrenamiento, probablemente la forma más simple y efectiva de mitigar la fatiga aguda sea agregar descanso dentro de la serie (Tufano, Brown, et al., 2017a). Aunque la adición de descanso dentro de la serie es eficaz, estos llamados "Clúster" pueden no siempre ser factibles desde una perspectiva práctica, ya que pueden extender el tiempo total de entrenamiento (Tufano, Brown, et al., 2017a). Una alternativa a las estructuras de conjuntos de series es redistribuir el tiempo total de descanso de las estructuras de series TR para incluir intervalos de descanso más cortos y frecuentes (Jukic & Tufano, 2019c). Esta estrategia, conocida como redistribución del descanso (RR), puede mantener la velocidad y la producción de potencia dentro de las series individuales en comparación con las series TR (Hansen, Cronin, & Newton, 2011; J. M. Oliver et al., 2016a). Además, un estudio reciente investigó la posibilidad de que RR sirva como un equivalente ad-hoc a los umbrales de pérdida de velocidad comúnmente utilizados durante los tirones limpios con múltiples cargas (Jukic & Tufano, 2019a). Curiosamente, cuando los períodos de descanso de las series TR se redistribuyeron para crear períodos de descanso cortos, pero más frecuentes, el número de repeticiones realizadas dentro del umbral de pérdida de velocidad de 10 y 20% fue mayor ($g = 0,66 - 0,69$) que durante las series TR. Esto sugiere que los profesionales del deporte que están económicamente limitados para implementar umbrales de pérdida de velocidad durante el entrenamiento probablemente podrían inducir estímulos de entrenamiento similares al redistribuir largos períodos de descanso entre series y realizar menos repeticiones durante cada serie.

Numerosos estudios han demostrado efectos beneficiosos de la técnica RR sobre el mantenimiento agudo del rendimiento durante el entrenamiento de sobrecarga (Hansen, Cronin, & Newton, 2011; Oliver et al., 2016a). Sin embargo, algunos estudios recientes sugirieron que el RR solo puede ser efectivo si las series de TR se realizan hasta el fallo (González-Hernández et al., 2017; Jukic & Tufano, 2019c; Torrejon et al., 2019a). Es necesario comparar la técnica RR

y las series de TR sin fallos para fundamentar aún más los efectos de la RR durante el EF. Aunque el cuerpo de evidencia con respecto a las respuestas agudas de la técnica RR está creciendo continuamente, pocos estudios han investigado la fuerza muscular y las adaptaciones de potencia después de utilizar RR en un entorno de entrenamiento (Iglesias-Soler et al., 2016a). Por ejemplo, Lawton et al., (2004) no encontraron adaptaciones superiores de fuerza y potencia al entrenamiento de potencia utilizando una técnica RR después de 6 semanas de entrenamiento de press de banca (PB). De manera similar, Morales-Artacho et al., (2017) informaron incrementos similares en la fuerza máxima y las capacidades de potencia para configuraciones de series de TR y RR después de 3 semanas de entrenamiento de sentadilla con salto. Sin embargo, Hansen et al., (2011) informaron una mayor producción de potencia máxima durante el ejercicio de salto en cuclillas después de 8 semanas de entrenamiento y Oliver et al., (2016) encontraron que la RR es más efectiva que las series de TR para provocar adaptaciones de fuerza y potencia después de 12 semanas de entrenamiento. En síntesis, los efectos de la RR sobre las adaptaciones al entrenamiento de fuerza y potencia máxima no están claros y es evidente que se necesitan más investigaciones.

1.4 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia.

Los programas de EF bien diseñados provocan una serie de adaptaciones biológicas (p. Ej., Pérdida de grasa corporal o aumento de la masa muscular) que comúnmente se asocian con un mejor estado de salud y rendimiento deportivo (Spiering et al., 2008; Suchomel et al., 2018). Diseñar un programa de EF apropiado es un proceso complejo que requiere tener en cuenta múltiples factores como el sexo, la edad, el nivel de entrenamiento o la especificidad del deporte (Szymanski, 2012b). Se deben considerar múltiples variables para prescribir un programa de EF adecuado (frecuencia, selección y orden de ejercicio, acción muscular, carga aplicada, volumen, períodos de descanso o velocidad de ejecución) (Bird, Tarpenning, & Marino, 2005). Sin embargo, la intensidad o carga externa levantada, comúnmente expresada en el %1RM, es la variable con mayor influencia en las adaptaciones biológicas inducidas por la EF (Ratamess et al., 2009). Se han recomendado programas de EF orientados a la fuerza que involucran cargas externas pesadas (> 75% de 1RM) para aumentar la capacidad de fuerza máxima, mientras que levantar cargas externas menores (<50% de 1RM) se ha recomendado la velocidad máxima (es decir, EF orientada a la potencia) para aumentar la capacidad de potencia máxima y el rendimiento atlético (Cormie et al., 2011b). Los ejercicios de EF no balísticos convencionales, como el SQ o el PB, se realizan típicamente dentro de programas de EF orientados a la fuerza y acciones balísticas. Las variantes (por ejemplo, salto en cuclillas y lanzamiento de press de banca) son más comunes dentro de los programas de EF orientados a la potencia. Sin embargo, aunque se han recomendado los EF balísticos para mejorar la capacidad de potencia máxima y el rendimiento atlético (Zaras et al., 2013), varios estudios longitudinales han cuestionado la superioridad de los EF orientada a la potencia en comparación con los EF orientada a la fuerza para individuos relativamente débiles y principiantes (Cormie, McGuigan, & Newton, 2010).

Se supone que los programas de EF orientados a la fuerza y a la potencia tienen un impacto selectivo en las adaptaciones neuromusculares. Un incremento en el área transversal del músculo y la coordinación intermuscular podría obtenerse preferiblemente a través del EF orientado a la fuerza (Sale, 1988), mientras que la reducción en el umbral de activación de la unidad motora y el aumento en la frecuencia de contracción de la unidad motora podrían ser más pronunciados después de la EF orientada a la potencia (McBride, Triplett-McBride, Davie, & Newton, 2002).

Sin embargo, ambos programas parecen inducir incrementos comparables en el rendimiento deportivo en principiantes o participantes débiles. Cormie et al. (2010) informaron ganancias similares en el rendimiento de salto y velocidad después de 10 semanas (tres sesiones por semana) de EF orientada a la fuerza (sentadilla trasera al 75-90% de 1RM) y EF balística (sentadillas con salto a $\leq 30\%$ de 1RM) en hombres con bajos niveles de fuerza. Zaras et al., (2013) reclutaron a 20 deportistas lanzadores novatos e informaron incrementos significativos y comparables en el rendimiento del lanzamiento de peso después de 6 semanas (tres sesiones por semana) de EF orientada a la fuerza (prensa de piernas, PB y media sentadilla a 6RM) y EF balística (variantes balísticas de prensa de piernas, PB y media sentadilla al 30% de 1RM). Según McBride et al., (2002), 8 semanas de entrenamiento usando saltos verticales realizados contra cargas ligeras (30% de 1RM) y pesadas (80% de 1RM) pueden inducir incrementos similares en el rendimiento de 1RM en sentadilla en hombres con diferente experiencia de EF, mientras que otros estudios han sugerido que la combinación de EF balística y orientada a la fuerza puede inducir el mayor incremento en la capacidad de fuerza máxima (Mangine et al., 2008; Sáez de Villarreal, Requena, Izquierdo, & Gonzalez-Badillo, 2013). Para arrojar más luz sobre este tema, sería interesante investigar si otros tipos de tareas de rendimiento atlético podrían verse afectados selectivamente por programas de EF balísticos u orientados a la fuerza.

El lanzamiento con el brazo es un movimiento balístico rápido, discreto y complejo que se considera un elemento técnico clave para el desempeño exitoso en diferentes deportes como el balonmano, béisbol o cricket (Freeston, Ferdinands, & Rooney, 2007a; Gorostiaga et al., 2005). Por ejemplo, la VL se ha demostrado que discrimina entre jugadores de balonmano masculinos de élite y aficionados. (Gorostiaga et al., 2005). La VL depende de la tasa de desarrollo de la fuerza (Behm & Sale, 1993), que puede mejorarse tanto con EF orientado a la fuerza como balístico (Maffiuletti et al., 2016). Sin embargo, existe una discrepancia con respecto a qué tipo de entrenamiento puede provocar mayores incrementos en la VL. Mc Evoy y Newton (1998) demostraron que el EF balística podría ser una opción viable para aumentar la VL, pero otros estudios han demostrado que los EF orientada a la fuerza podría ser al menos igual de efectiva que los EF balísticos para mejorar la VL (Hermassi et al., 2010; Tony, Evon, & Pastiglione, 1998), los autores coinciden en que la intención de realizar los EF a la máxima velocidad deseada es uno de los factores más importantes para aumentar las adaptaciones funcionales de alta velocidad (Behm & Sale, 1993; Cronin, Mcnair, & Marshall, 2002; González-Badillo et al., 2014a). Sin embargo, estudios previos que investigaron el efecto de diferentes programas de

entrenamientos sobre VL no especificó los participantes si fueron instruidos para levantar las cargas a la máxima velocidad deseada (Hermassi et al., 2010; Mc Evoy & Newton, 1998b; Tony et al., 1998). Por lo tanto, es interesante investigar qué tipo de entrenamiento (orientado a la fuerza o balístico) es más efectivo para aumentar la VL en actividades recreativas de jugadores de balonmano cuando a los participantes siempre se les indica que levanten las cargas a la máxima velocidad prevista.

El ejercicio PB tradicional y balístico se ha utilizado ampliamente para aumentar la fuerza y la capacidad de potencia de la parte superior del cuerpo (Marques, van den Tillaar, et al., 2007). Otros estudios también han analizado el efecto del entrenamiento de PB en la VL (Chelly et al., 2010b; Robert Newton & McEvoy, 1994). Sin embargo, aunque sería razonable esperar un mayor incremento en la VL después del entrenamiento balístico de PB en comparación con el entrenamiento de PB orientado a la fuerza debido a la mayor especificidad del entrenamiento, ningún estudio previo ha comparado el efecto de ambos métodos de entrenamiento en el rendimiento de la VL. El uso del ejercicio de PB tradicional y balístico para mejorar el rendimiento de la VL podría estar justificado por las asociaciones positivas reportadas en estudios previos entre el rendimiento de PB (1RM y velocidad de la barra alcanzada contra cargas submáximas) y la VL en jugadores de balonmano (Chelly et al., 2010b; Marques, van den Tillaar, et al., 2007). Hay menos información sobre la relación entre estas variables en los participantes con menos experiencia en balonmano, mientras que, hasta donde sabemos, ningún estudio ha examinado si los participantes que experimentan mayores incrementos en el rendimiento de la PB después de un programa de EF a corto plazo también podrían experimentar mayores incrementos en el rendimiento de la VL.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos generales

Objetivo I: Identificar el procedimiento de evaluación que permita maximizar la fiabilidad en la medición de la velocidad de lanzamiento.

Objetivo II: Dilucidar si la velocidad de lanzamiento es una variable sensible que permita identificar la fatiga inducida por sesiones de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración de la serie.

Objetivo III: Comparar el efecto de varios programas de entrenamiento sobre la mejora de la velocidad de lanzamiento.

2.2 Objetivos e hipótesis específicos.

2.2.1 Objetivos específicos e Hipótesis

Estudio I: Los principales objetivos del presente estudio fueron comparar la confiabilidad entre sesiones de la velocidad de lanzamiento entre (I) tipos de lanzamientos (lanzamientos de balonmano específicos y no específicos), (II) procedimientos para seleccionar el resultado final de la velocidad de lanzamiento (máxima o promedio de varios ensayos) y (III) participantes con diferente experiencia en balonmano (jugadores de balonmano no experimentados y experimentados). Además, nuestro objetivo (IV) fue comparar el rendimiento de la velocidad de lanzamiento entre los tipos de lanzamientos y los participantes con diferente experiencia en balonmano y (V) correlacionar la velocidad de lanzamiento entre los tipos de lanzamientos en jugadores de balonmano experimentados y no experimentados. Hipotetizamos una mayor confiabilidad de la velocidad de lanzamiento para (I) lanzamientos de balonmano específicos en comparación con un lanzamiento no específico, (II) el valor promedio de varias pruebas en comparación con el valor máximo y (III) jugadores de balonmano experimentados en comparación con los no experimentados estudiantes de ciencias del deporte. También planteamos la hipótesis de (IV) un rendimiento de mayor velocidad de lanzamiento para jugadores de balonmano experimentados, con las diferencias acentuadas durante lanzamientos específicos y (V) correlaciones significativas y positivas para la velocidad de lanzamiento entre los diferentes tipos de lanzamientos en ambos grupos.

Estudio II: (I) Comparar el efecto de tres programas de entrenamiento de fuerza en la velocidad de movimiento y la percepción subjetiva del esfuerzo, (II) Explorar la fatiga neuromuscular inducida por las sesiones de EF que sólo difieren en la configuración del entrenamiento en el rendimiento de las acciones explosivas (altura CMJ y la VL), y (III) Determinar si las respuestas mecánicas y de percepción difieren entre ejercicios de squat y press banca en los programas de entrenamiento. Nuestras hipótesis fueron: (I) CL permitiría la velocidad de movimiento más alta y el RPE más bajo, mientras que el programa TR produciría la velocidad más baja y la RPE más alta, (II) la disminución en el rendimiento de las acciones dinámicas después del entrenamiento sería mayor para TR, seguido de RR y finalmente CL y (III) no se formuló ninguna hipótesis específica con respecto a las diferencias en las respuestas neuromusculares y perceptuales de los programas de entrenamiento entre los ejercicios de SQ y PB debido a la escasez de estudios similares.

Estudio III: (I) Exploramos la asociación entre el 1RM y la VL antes y después del entrenamiento y (II) el cambio porcentual en 1RM con el cambio porcentual en la VL. Dado que los estudios agudos previos realizados con el ejercicio de PB han revelado pequeñas diferencias en las variables mecánicas entre las configuraciones de RR y TR sin alcanzar el fallo, planteamos la hipótesis de que las ganancias en PB 1RM y la VL serían comparables para ambos grupos. Se esperaba una asociación positiva entre el PB1RM y la VL antes y después del entrenamiento, mientras que la falta de estudios similares no nos permitió plantear la hipótesis de si el cambio porcentual en 1RM estaría significativamente correlacionado con el cambio porcentual en la VL.

Estudio IV: (I) Se examinó la asociación de la VL con 1RM y PB20 tanto para los valores brutos recopilados antes y después del entrenamiento como para los cambios porcentuales obtenidos después del entrenamiento. Nuestra principal hipótesis fue que el programa TR orientado a la fuerza induciría un incremento mayor en PB 1RM, mientras que el programa de TR balística provocaría un incremento mayor en PB20 y VL. También se planteó la hipótesis de que tanto los valores brutos como los cambios porcentuales del rendimiento del PB (PB 1RM y PB20) y la VL estarían significativamente correlacionados, aunque se esperaba que la VL presentara una correlación más alta en PB20 en comparación con la PB 1RM.

3. MATERIAL Y MÉTODO

En este apartado presentaremos cada uno de los estudios realizados para esta Tesis Doctoral, para ello u cual se resumen los apartados de mayor relevancia.

Tabla 1. Resumen de las principales características metodológicas de los estudios incluidos en la presente tesis doctoral.

Artículo	Diseño	Participantes	Procedimiento
I Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas	Diseño de medidas repetidas	48 sujetos (15 semi-profesionales de balonmano y 33 estudiantes de ciencias deportes).	MAX (valor máximo de los 4 ensayos), Aver4 (valor medio de los 4 ensayos), y Aver3 (valor medio de los 3 ensayos con la velocidad más alta)
II. Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza	Diseño cruzado aleatorizado	31 varones entrenados	TR 3 series de 6 rep., con 3 minutos de inter set-resto), en racimo (CL 3 series de 6 rep con 30 segundos de intra -set descansar cada 2 rep y 3 minutos de descanso-entre series), y resto redistribución (RR 9 series de 2 rep con 45 segundos de descanso- entre series.

<p>III. Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento la fuerza máxima y acciones explosivas</p>	<p>Diseño pre-post longitudinal controlado con asignación aleatoria de los sujetos a 3 grupos paralelos</p>	<p>39 hombres entrenados recreativa-mente (TRG; n = 13) (RRG; n = 13) (CG; n = 13)</p>	<p>El TRG realizó 6 series de 5 rep, con 3 minutos de descanso entre series, mientras que el RRG realizó 1 serie de 30 rep, con 31 segundos de pausa entre rep. El período de descanso total (15 minutos) y la intensidad de carga (75% 1RM).</p>	<p>A B d s T</p>
<p>IV. Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia</p>	<p>Un diseño longitudinal pre-post con asignación aleatoria de los participantes a 2 grupos paralelos (STG y BTG)</p>	<p>30 varones entrenados (STG; n = 15) (BTG; n = 15)</p>	<p>8 sesiones de entrenamiento El STG utiliza el PB tradicional y la BTG la variante PB balístico. Para el STG, 4 series de 8 rep, al 70% de 1RM (sesiones 1-2), 5 series de 4 rep, al 85% de 1RM (sesiones 3-5), y 6 series de 2 rep, al 90% de 1RM (sesiones 6-8). Para el BTG, 5 series de 5 rep, al 40% de 1 RM (1-2 sesiones), 6 series de 5 rep, al 40% de 1 RM (sesiones 3-5) y 4 series de 6 rep, al 40% de 1RM (sesiones 6-8).</p>	<p>A B d s T</p>

3.1 Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas.

Participantes

Cuarenta y ocho hombres, 15 jugadores de balonmano semi-profesionales de la segunda división de la liga española de balonmano (grupo experimentado) (edad = $26,2 \pm 6,8$ años; masa corporal = $87,4 \pm 8,0$ kg; altura = $1,86 \pm 0,02$ m; índice de masa corporal = $25,1 \pm 1,8$ kg · m⁻²) y 33 estudiantes de ciencias del deporte (grupo sin experiencia) (edad = $20,2 \pm 1,9$ años; masa corporal = $72,4 \pm 8,9$ kg; altura = $1,77 \pm 0,06$ m; índice de masa corporal = $23,1 \pm 2,3$ kg · m⁻²) participaron en este estudio. Los jugadores de balonmano presentaron al menos 10 años de experiencia competitiva en balonmano. Los estudiantes de ciencias del deporte no presentaron ninguna experiencia competitiva en ningún deporte utilizando movimientos de lanzamiento desde arriba (por ejemplo, balonmano, béisbol, waterpolo, etc.) y su única experiencia con balonmano o deportes de lanzamiento desde arriba fueron las clases prácticas realizadas en la universidad o la escuela secundaria. Ninguno de los participantes informó ninguna limitación física que pudiera comprometer el rendimiento del lanzamiento de balonmano. Se instruyó a los participantes para que asistieran a las sesiones de prueba en condiciones de descanso y no consumieran ningún estimulante o ayuda ergogénicas que pudiera influir en el rendimiento de la velocidad de lanzamiento. Todos los participantes fueron informados sobre los procedimientos de prueba y firmaron un formulario de consentimiento informado por escrito antes del comienzo del estudio. El estudio fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional.

Diseño del estudio

Se utilizó un diseño de medidas repetidas para evaluar la fiabilidad entre sesiones de la velocidad de lanzamiento durante diferentes pruebas de lanzamiento de balonmano en jugadores de balonmano experimentados y no experimentados. Los participantes fueron evaluados en 2 sesiones separadas por 7 días. Cada sesión consistió en 3 pruebas diferentes de lanzamiento de balonmano (inespecíficas, 7 metros y 3 pasos) que se realizaron en un orden aleatorio, pero los sujetos individuales siguieron el mismo orden en ambas sesiones de prueba. Además, el grupo sin experiencia (es decir, estudiantes de ciencias del deporte) realizó 2 sesiones preliminares en las que se familiarizaron con los 3 tipos diferentes de lanzamientos. El grupo experimentado (es

decir, jugadores de balonmano) no realizó ninguna sesión de familiarización porque ya estaba familiarizado con las diferentes pruebas antes del inicio del estudio. Ambas pruebas se realizaron en horario de tarde (entre las 16:00 y las 19:00 horas) en una cancha oficial de balonmano y en condiciones similares de temperatura ($\approx 24^\circ$) y humedad ($\approx 60\%$).

Procedimientos

La altura se midió con Seca 202, Seca Ltd., Hamburgo, Alemania y la masa corporal con TBF-300A, Tanita Corporation of America Inc., Arlington Heights, IL, EE.UU. Se evaluaron al inicio de la sesión de pruebas. El calentamiento, que fue supervisado por un entrenador de balonmano, se llevó a cabo en las dos sesiones de pruebas, este consistió en 10 minutos de trote intercalados con pases y tiros con el aumento de esfuerzo. Posteriormente, se realizaron los 3 diferentes tipos de lanzamientos en un orden aleatorio:

- Lanzamiento no específicos: Los participantes estaban parados en la línea de 7 metros con el pie opuesto al brazo de lanzamiento al frente. El balón comenzó a la altura del pecho y la articulación del hombro del brazo lanzador con una abducción de 90° . Desde esa posición, se indicó a los participantes que realizaran un lanzamiento horizontal de la pelota.

- Lanzamiento desde los 7m: Se realizó un tiro de pie siguiendo las normas oficiales de balonmano para el tiro penal (regla 14) (Hermassi, Delank, et al., 2019). Los participantes estaban parados en la línea de 7 metros con el pie opuesto al brazo de lanzamiento al frente.

- Lanzamiento con 3 pasos: Los participantes tomaron una carrera preparatoria limitado a tres pasos regulares antes de lanzar la pelota detrás de la línea de 9 metros (Hermassi et al., 2019). El primero y el último paso se realizó con el pie opuesto del brazo de lanzamiento.

Se realizaron 5 ensayos con el brazo dominante para cada tipo de lanzamiento (15 lanzamientos en total). El primer intento de cada tipo fue un ensayo práctico y los 4 restantes se registran para su posterior procesamiento. Se implementó un período de descanso pasivo de 1 minuto entre cada lanzamiento. Los participantes fueron instruidos para lanzar un balón oficial de balonmano tamaño III (masa = 480 g; circunferencia = 58 cm) con el máximo esfuerzo hacia un dispositivo de radar posicionado detrás de una red a 5 m de distancia de los participantes y 1

m por encima del suelo. Se utilizó: (ATS de Stalker II, conceptos aplicados, Dallas, TX, EE.UU. Modelo) Sistema de prueba de un acosador Aceleración (ATS) dispositivo de radar II para evaluar la VL. El mismo investigador supervisa y registra todos los tiros e instruyó a los participantes inmediatamente antes de cada lanzamiento para lanzar la bola a la velocidad máxima posible. Se retroalimentó de información después de cada lanzamiento y se pidió a los participantes repetir el lanzamiento cuando la técnica no era apropiada. A los participantes se les permitió utilizar resina a su conveniencia (Hermassi et al., 2019). Se aplicaron tres procedimientos para determinar la VL para cada tipo de lanzamiento:

- MAX: valor máximo de velocidad de los 4 ensayos grabados.
- Aver4: valor de velocidad media de los 4 ensayos grabados.
- Aver3: valor de velocidad media de los 3 ensayos con mayor velocidad.

Se excluyó el lanzamiento con el rendimiento de velocidad más bajo para no dilucidar si o no considerar el lanzamiento en el que los sujetos pudieran tener un desempeño deficiente debido a diversas circunstancias (por ejemplo, no estar completamente activado o falta de concentración) podría aumentar la confiabilidad de la medición.

Análisis estadístico

Los datos descriptivos se presentan como medias y desviaciones estándar. La distribución normal de las variables fue confirmada por la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$). La fiabilidad se evaluó mediante pruebas t de muestras pareadas, tamaño del efecto d de Cohen (ES), error estándar de medición (SEM), coeficiente de variación (CV) y coeficiente de correlación intraclass (ICC; modelo 3.1). La relación entre 2 CV (relación CV) se utilizó para comparar la fiabilidad entre los tipos de lanzamiento (inespecífico v/s a 7 v/s 3 pasos), procedimientos (MAX v/s Aver4 v/s Aver3) y grupos (no experimentado v/s a. experimentado). Se utilizaron los siguientes criterios para determinar la fiabilidad aceptable ($CV \leq 10\%$, $ICC \geq 0,80$) y alta ($CV \leq 5\%$, $ICC \geq 0,90$) (James, Roberts, Haff, Kelly, & Beckman, 2017). Se afirmaron diferencias significativas en la fiabilidad cuando la relación CV estaba por encima de 1,15 (Fulton, Pyne, Hopkins, & Burkett, 2009). Dado que no hubo diferencias significativas en la confiabilidad entre los 3 procedimientos (consulte la sección Resultados para obtener más detalles), el procedimiento MAX (valor promedio de ambas sesiones de prueba) se utilizó para las

comparaciones restantes. Se aplicó un análisis de varianza de 2 vías (ANOVA) con correcciones post hoc de Bonferroni a la velocidad de lanzamiento considerando el tipo de lanzamiento (inespecífico vs. 7 metros vs. 3 pasos) como factor dentro del participante y el grupo (no experimentado versus experimentado) como factor entre participantes. La corrección de Greenhouse-Geisser se aplicó cuando la prueba de Mauchly reveló una violación de la esfericidad ($p < 0.05$). La magnitud de las diferencias se evaluó mediante la d ES de Cohen y las diferencias medias brutas con el respectivo intervalo de confianza (IC) del 95%. Se utilizó la siguiente escala para interpretar la magnitud de la EE: trivial ($< 0,20$), pequeña ($0,20-0,59$), moderada ($0,60-1,19$), grande ($1,20-2,00$) y muy grande ($> 2,00$) (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r) para explorar la asociación del rendimiento de la velocidad de lanzamiento entre los diferentes tipos de lanzamientos. Los criterios para interpretar la magnitud de los coeficientes r fueron: trivial ($0,00-0,09$), pequeño ($0,10-0,29$), moderado ($0,30-0,49$), grande ($0,50-0,69$), muy grande ($0,70-0,89$), casi perfecto ($0,90-0,99$) y perfecto ($1,00$) (Hopkins, 2009). El análisis de confiabilidad se realizó mediante una hoja de cálculo Excel personalizada (Hopkins, 2000), mientras que otros análisis estadísticos se realizaron con el paquete de software SPSS (IBM SPSS versión 25.0, Chicago, IL, EE. UU.).

3.2 Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza

Participantes

Treinta y un hombres entrenados voluntarios para participar en este estudio (media \pm desviación estándar: edad = $21,3 \pm 2,3$ años; masa corporal: $78,4 \pm 12,9$ kg; altura del cuerpo = $1,76 \pm 0,07$ m; SQ 10RM = $78,5 \pm 12,7$ kg; PB10RM = $65,9 \pm 13,7$ kg). Todos los sujetos informaron estar inscritos en programas de EF cuando fueron reclutados para el presente estudio y tenían al menos 1 año de experiencia en EF. Además, antes del inicio del estudio, verificamos que todos los sujetos incluidos fueran capaces de realizar los ejercicios de SQ y PB con una técnica adecuada. No reportaron enfermedades crónicas o heridas recientes que podrían comprometer su rendimiento. Se les instruyó para evitar cualquier ejercicio vigoroso dos días antes de cada sesión de evaluación. Todos los sujetos fueron informados sobre los procedimientos de prueba y firmaron un formulario de consentimiento informado por escrito antes del inicio del estudio. El protocolo de estudio se adhirió a los principios de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Revisión Institucional de la Universidad de Granada (aprobación del IRB: 935 / CEIH / 2019).

Diseño del estudio

Sesión preliminar: determinación de 10RM: Los sujetos realizaron 5 minutos de trote y ejercicios de estiramiento dinámico al inicio de la sesión. A partir de entonces, se realizó una prueba de carga incremental en los ejercicios SQ y PB para determinar la carga asociada con una velocidad media de $0,70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ y $0,55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente ($\approx 80\%$ de 1RM) (García-Ramos, Pestaña-Melero, Pérez-Castilla, Rojas, & Haff, 2018a; L Sánchez-Medina, Pallarés, Pérez, Morán-Navarro, & González-Badillo, 2017). Se instruyó a los sujetos para que realizaran una serie de repeticiones hasta el fallo contra estas cargas para determinar la carga de 10RM. Un investigador experimentado detuvo la serie cuando identificó que los sujetos podían realizar menos o más de 10 repeticiones y la carga se modificó después de 5 minutos de descanso. La magnitud del incremento o detrimento de la carga se decidió por consenso entre el sujeto y el investigador que supervisaba la prueba. Se realizaron un máximo de 3 series para determinar la

carga de 10RM. Se indicó a los sujetos que se pusieran en cuclillas hasta que la parte superior de los muslos estuviera paralela al suelo (sentadilla trasera paralela) y que realizaran una transición rápida (es decir, sin pausa) entre las fases descendente y ascendente del ejercicio. La PB se realizó utilizando un ancho de agarre autoseleccionado y la técnica touch-and-go.

2. Sesiones experimentales TR, CL, RR y Control: La secuencia de cada sesión experimental fue la siguiente: (I) calentamiento, (II) evaluación previa a la sesión del desempeño de acciones dinámicas, (III) entrenamiento de fuerza (TR, CL o RR) o control (10 minutos de caminata) sesión, y (IV) evaluación posterior a la sesión del desempeño de la acción dinámica, y (V) evaluación sRPE.

I. Calentamiento. Al comienzo de cada sesión de EF, los participantes realizaron 5 minutos de trote, estiramiento dinámico, 10 SQ sin carga, 5 SQ carga al 50% de la carga 10RM, 2 SQ contra la carga 10RM, 10 flexiones, 5 PB con carga al 50% de 10RM y 2 PB con carga de 10RM.

II. Evaluación previa a la sesión del desempeño de acciones dinámicas. Se realizaron 4 saltos de práctica del CMJ y otros 4 ensayos del lanzamiento de balonmano de 7 metros separados por 30 segundos. La altura de CMJ se estimó a partir del tiempo de vuelo utilizando una aplicación móvil validada (MyJump2; versión 5.0.2) que grabó la imagen de video a 240 fps a través de un iPhone 8 plus (Balsalobre-Fernandez, Glaister, & Lockey, 2015). La velocidad de lanzamiento se evaluó con el dispositivo de radar Stalker Acceleration Testing System (ATS) II (Modelo: Stalker ATS II, Applied Concepts, Dallas, TX, EE. UU.). El valor promedio de los 3 mejores lanzamientos se utilizó para los análisis estadísticos. Se calculó la confiabilidad (coeficiente de correlación intraclase [CCI; modelo 3.1] y coeficiente de variación [CV]) comparando las evaluaciones de estas variables antes y después de la sesión durante la condición de control. Se observó una fiabilidad muy alta tanto para la altura del CMJ (ICC = 0,99; CV = 1,86%) como para la VL (ICC = 0,97; CV = 2,40%).

III. Entrenamiento de fuerza. Cada sesión de EF consistió en 18 repeticiones con la carga de 10RM durante los ejercicios de SQ y PB realizados en una máquina Smith. La configuración de las series fue la única diferencia entre las 3 sesiones experimentales (consulte la Figura 1 para obtener más detalles). El orden de los ejercicios (SQ y PB) y las configuraciones de las series (TR, CL, RR y Control) fue aleatorio, pero los sujetos utilizaron el mismo orden de ejercicio en las 3 sesiones experimentales. Independientemente de la configuración de las series, se implementaron 10 minutos de descanso entre los ejercicios de SQ y PB. Se animó a los participantes a realizar la fase concéntrica de todas las repeticiones a la máxima velocidad prevista. Todas las repeticiones se realizaron en una Ffittech Smith Machine (Taiwán, China) y la velocidad media se midió con un transductor de velocidad lineal (T-Force System; Ergotech, Murcia, España) que muestreó la velocidad vertical de la barra a 1000 Hz. La máquina Smith utilizada en este estudio no tenía un sistema de contrapeso, por lo que el peso de la barra descargada era de 20 kg. La fatiga perceptiva se evaluó con la escala de esfuerzo percibido OMNI para ejercicios de fuerza después de las repeticiones 6, 12 y 18 (L Sánchez-Medina et al., 2017). Por último, dado que el número de repeticiones por serie difirió entre RR (9 series de 2 repeticiones) y TR y CL (3 series de 6 repeticiones), las series RR 1 a 3, 4 a 6 y 7 a 9 se agruparon para crear “3 series” con el fin de comparar 3 series RR con 3 series TR y CL.

IV. Evaluación post-sesión del desempeño de acciones dinámicas. Se siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente 10 minutos después de finalizar la última serie de la sesión de EF (TR, CL y RR) o después de 10 minutos de caminata (condición de control).

V. Evaluación de la sesión RPE (sRPE). El sRPE se informó 5 minutos después de completar la evaluación posterior a la sesión del desempeño de las acciones dinámicas utilizando la escala OMNI (Robertson et al., 2003).

Análisis estadístico

Los datos descriptivos se presentan como medias y DE. El supuesto de distribución normal y la homogeneidad de las varianzas se probaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se realizó un ANOVA de 3 medidas repetidas (ejercicio [SQ y PB], número de serie [1, 2 y 3] y configuración de serie [TR, CL y RR]) sobre la velocidad del movimiento y los valores de RPE recopilados después de cada serie de 6 repeticiones. Se utilizó un ANOVA de 1

vía para comparar la velocidad media de cada repetición entre las configuraciones de series por separado para los ejercicios SQ y PB. Se aplicó un ANOVA de 2 vías de medidas repetidas (tiempo [Pre y Post] y configuración de series [TR, CL, RR y Control]) en la altura del salto y VL. La prueba de Friedman se utilizó para comparar el sRPE entre las configuraciones establecidas. El sRPE fue la única variable en la que se violó el supuesto de distribución normal ($p < 0.05$). La corrección de Greenhouse-Geisser se aplicó cuando la prueba de Mauchly reveló una violación de la esfericidad ($p < 0.05$). Cuando se observaron diferencias significativas, se realizó una prueba de seguimiento de Bonferroni. La magnitud de las diferencias se cuantificó mediante el tamaño del efecto (ES) g de Hedge y se interpretó utilizando la siguiente escala: trivial ($< 0,20$), pequeña ($0,20-0,59$), moderada ($0,60-1,19$), grande ($1,20-2,00$) y muy grande ($> 2,00$) (10). La significancia estadística se estableció en un nivel alfa de 0,05 y se proporcionan intervalos de confianza (IC) del 95% cuando es apropiado. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete de software SPSS (IBM SPSS versión 22.0, Chicago, IL, EE. UU.).

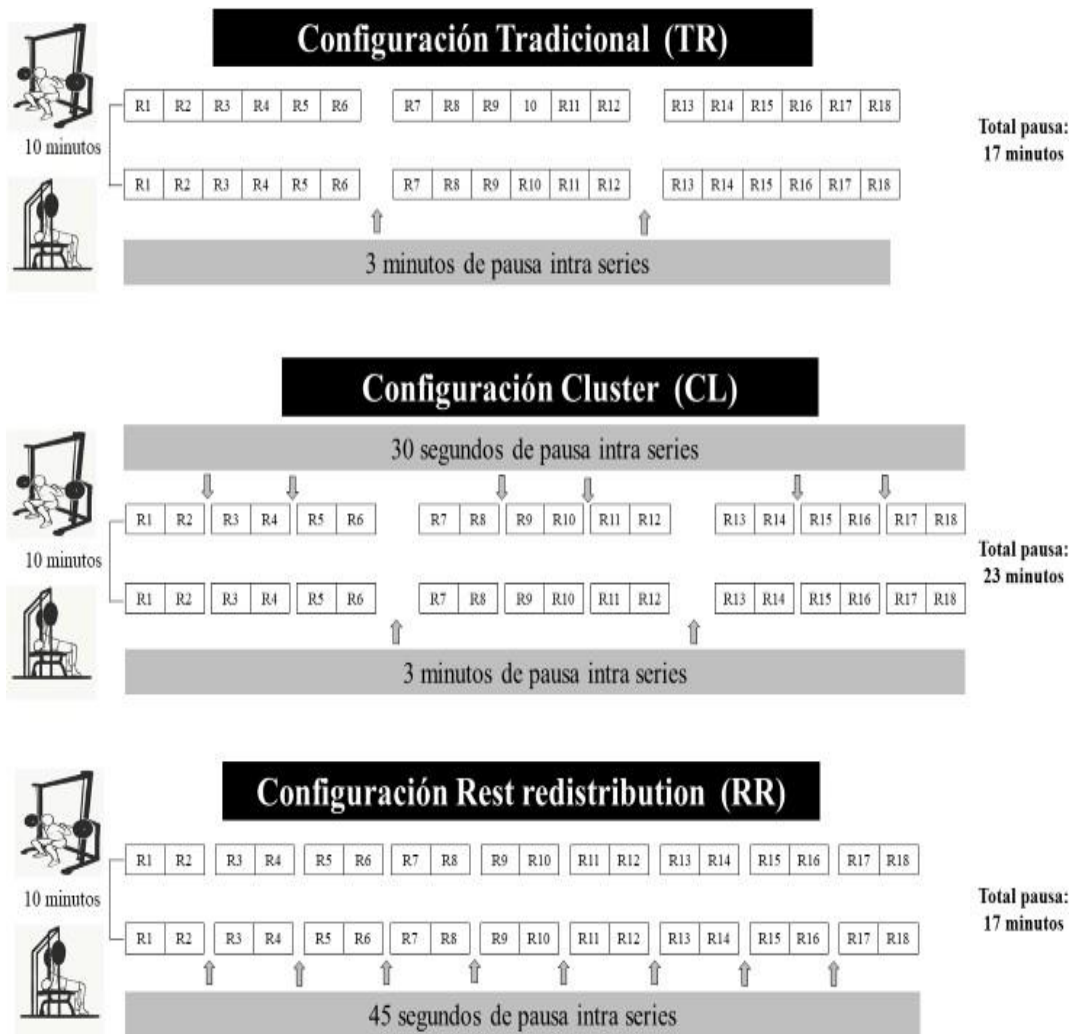


Figura 1. Descripción general de las tres configuraciones de ajuste utilizados en el presente estudio. El orden de los ejercicios y configuraciones establecidas fue al azar.

3.3 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento de la fuerza máxima y acciones explosivas.

Participantes

Treinta y nueve hombres entrenados de forma recreativa se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a un grupo tradicional (TRG; n = 13), grupo de redistribución del descanso (RRG; n = 13) y grupo de control (GC; n = 13). Sin embargo, 4 sujetos (1 de TRG y 3 de RRG) no fueron considerados para análisis estadísticos porque no completaron todo el protocolo del experimento. Las características generales de los sujetos utilizados para los análisis estadísticos, que completaron el protocolo de estudio sin faltar a ninguna sesión, fueron las siguientes: TRG (n = 12, edad = $21,0 \pm 2,5$ años; masa corporal = $73,4 \pm 9,2$ kg; talla = $1,75 \pm 0,05$ m), RRG (n = 13, edad = $20,3 \pm 3,1$ años; masa corporal = $75,0 \pm 10,6$ kg; altura = $1,72 \pm 0,05$ m) y GC (n = 10, edad = $22,2 \pm 2,1$ años; masa corporal = $73,8 \pm 14,3$ kg; altura = $1,70 \pm 0,05$ m).

Todos los sujetos informaron estar sanos, físicamente activos y tener experiencia con el entrenamiento de PB, pero ninguno de ellos era un atleta profesional. Se les prohibió realizar un entrenamiento de fuerza adicional de la parte superior del cuerpo durante el transcurso del estudio. Todos los sujetos fueron informados sobre los procedimientos del estudio y firmaron un formulario de consentimiento informado por escrito antes del comienzo del estudio. El protocolo del estudio se adhirió a los principios de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional (935 / CEIH / 2019).

Diseño del estudio

El estudio utilizó un diseño pre-post longitudinal controlado con asignación aleatoria de los sujetos a 3 grupos paralelos (2 experimentales [TRG y RRG] y 1 control [CG]). El protocolo del estudio consistió en 15 sesiones que se realizaron durante un período de 8 semanas: 2 pre-tests (semana 1), 12 sesiones de entrenamiento (semanas 2-7; solo para TRG y RRG) y 1 post-test (semana 8). Todas las sesiones estuvieron separadas por al menos 48 horas de descanso y se realizaron a una hora constante del día para sujetos individuales (± 1 hora).

Procedimiento

Los sujetos asistieron al laboratorio después de abstenerse de realizar ejercicio intenso durante un mínimo de 48 horas. Su masa corporal se midió con una Tanita BC 418 segmental, Tokio, Japón y su altura se determinó con Seca 202, Seca Ltd., Hamburgo, Alemania, se evaluaron en la primera sesión de evaluación. El calentamiento consistió en 5 minutos de trote, ejercicios de estiramiento dinámico, 10 flexiones y 5 repeticiones del ejercicio de lanzamiento de PB realizado en una máquina Smith contra 20 kg. Después del calentamiento, los sujetos descansaron durante 3 minutos y luego realizaron la prueba de VL que fue seguida por la evaluación de PB 1RM.

Velocidad de lanzamiento (VL): La fuerza explosiva se evaluó en una cancha cubierta utilizando un lanzamiento de balonmano de 7 metros de pie. Se utilizó un dispositivo de radar Stalker Acceleration Testing System (ATS) II (Modelo: Stalker ATS II, Applied Concepts, Dallas, TX, EE. UU). Para determinar la VL, se instruyó a los sujetos para que lanzaran un balón de balonmano estándar de tamaño III (masa = 480 g; circunferencia = 58 cm) hacia el dispositivo de radar a la máxima velocidad posible. El dispositivo de radar se colocó 2 metros detrás de la red que detuvo el balón a una altura de 1 metro sobre el suelo. Los sujetos se colocaron a una distancia de 5 metros del dispositivo de radar. Se realizaron al menos 3 lanzamientos submáximos como parte del calentamiento específico hasta que los sujetos se sintieron preparados para la evaluación máxima de la VL. Posteriormente, realizaron 4 lanzamientos máximos con el brazo dominante separado por 30 segundos. El valor promedio de los 3 mejores lanzamientos se utilizó para los análisis estadísticos. Un investigador proporcionó comentarios de la VL inmediatamente después de cada prueba y se aseguró de que todos los lanzamientos se realizaran con la técnica adecuada. El lanzamiento se repetía si no se ejecutaba con una técnica adecuada.

Press de banca 1 repetición máxima (PB 1RM): La PB 1RM se determinó mediante una prueba de carga incremental. La carga inicial fue de 30 kg para todos los sujetos y se incrementó de 20 a 1 kg hasta que se alcanzó la carga de 1RM. El aumento de la carga se decidió por consenso entre un investigador experimentado y el sujeto sometido a prueba. Los sujetos realizaron 1-2 repeticiones por carga y el tiempo de recuperación entre intentos fue de al menos 5 minutos. La PB se realizó en una máquina Smith (FFittech, Taipei, Taiwán) utilizando la

técnica de posición de contacto corporal de 5 puntos y touch-and-go (cabeza, espalda alta y glúteos firmemente en el banco con ambos pies apoyados en el suelo). Se permitió que los sujetos seleccionaran por sí mismos el ancho de agarre. La posición del banco se ajustó para que la proyección vertical de la barra correspondiera a la línea intermamaria de cada sujeto.

La ejecución con la velocidad máxima fue utilizada para los análisis estadísticos. La velocidad máxima se utilizó en lugar de otras variables, ya que se puede obtener con una mayor fiabilidad, el PB se realizó con una carga de 20 kg, porque era la menor carga de la máquina Smith (barra) (FFittech, Taipei, Taiwán). Los participantes realizaron la PB utilizando la técnica de posición de contacto del cuerpo de 5 puntos (cabeza, espalda superior, y las nalgas firmemente en el banco con contacto de pies en el suelo), un ancho de agarre auto-seleccionado, y la técnica de toque-and-Go.

Entrenamiento: La intervención consistió en 12 sesiones de entrenamiento (6 semanas \times 2 sesiones por semana). Cada sesión de entrenamiento duró aproximadamente 30 minutos y fue precedida por el siguiente calentamiento estandarizado: 5 minutos de trote, ejercicios de estiramiento dinámico, 10 flexiones y 1 serie de 10, 5 y 2 repeticiones del ejercicio de PB realizado en una Smith contra el 35% 1RM, 55% 1RM y 75% 1RM, respectivamente. El TRG realizó 6 series de 5 repeticiones con 3 minutos de descanso entre series, mientras que el RRG realizó 1 serie de 30 repeticiones con 31 segundos de descanso entre repeticiones. El período total de descanso (15 minutos) y la intensidad de la carga (75% 1RM) fueron los mismos para ambos grupos. El ejercicio de PB se realizó en una máquina Smith. La velocidad media de la barra se midió con un transductor de velocidad lineal (T-Force System; Ergotech, Murcia, España) y la carga se modificó diariamente a partir de los registros de velocidad para que coincidiera con el % 1RM deseado. Específicamente, la relación individualizada carga-velocidad se determinó en la prueba previa durante el procedimiento de prueba de 1RM, y se prescribió la velocidad media asociada con el 75% de 1RM en todas las sesiones de entrenamiento. Un investigador alentó verbalmente a los sujetos a realizar todas las repeticiones a la máxima velocidad posible y proporcionó retroalimentación de velocidad después de cada repetición.

Análisis estadístico

Los datos descriptivos se presentan como medias y desviación estandar. La confiabilidad de la 1RM y la VL se evaluó a partir de los datos recopilados en las dos sesiones previas a la prueba mediante la prueba t de muestras pareadas, el tamaño del efecto d de Cohen (ES), el coeficiente de variación (CV) y el coeficiente de correlación intraclase (ICC, modelo 3.1) usando una hoja de cálculo personalizada. Se aplicó un análisis de varianza de modelo mixto (ANOVA) a 1RM y VL con el "grupo de entrenamiento" (TRG vs. RRG vs. CG) como factor entre sujetos y "tiempo" (pre-prueba 2 frente a post-prueba) como factor intraindividual. La magnitud de los cambios se evaluó a través de la d ES de Cohen. Las diferencias estandarizadas (ES e intervalos de confianza del 95%) se calcularon utilizando la DE previa a la prueba para las comparaciones dentro de los grupos y la DE combinada previa a la prueba para las comparaciones entre grupos. La escala utilizada para cuantificar la magnitud de la ES fue: insignificante ($<0,20$), pequeña ($0,20-0,49$), moderada ($0,50-0,79$) y grande ($\geq 0,80$). La relación entre 1RM y VL se cuantificó mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete de software SPSS (IBM SPSS versión 22.0, Chicago, IL, EE. UU.). La significación estadística se estableció en $p < 0,05$.

3.4 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia

Participantes

El protocolo del estudio se adhirió a los principios de la Declaración de Helsinki y fue aprobado el 15 de octubre de 2019 por la Junta de Revisión Institucional (número: 935 / CEIH / 2019; nombre del presidente: Enrique Herrera Viedma). Treinta hombres entrenados en la fuerza fueron asignados al azar a un grupo de entrenamiento orientado a la fuerza (STG; n = 15, edad = $24,3 \pm 3,5$ años, masa corporal = $81,1 \pm 14,0$ kg, altura corporal $1,76 \pm 0,05$ m) o un grupo de entrenamiento balístico (BTG; n = 15, edad = $22,6 \pm 3,4$ años, masa corporal = $80,3 \pm 12,6$ kg, altura corporal = $1,77 \pm 0,07$ m). Todos los participantes estaban sanos y físicamente activos, pero ninguno era un atleta profesional. Todos los participantes informaron tener experiencia con el entrenamiento de PB ($2,8 \pm 3,1$ años) y estaban practicando balonmano en equipo a nivel recreativo. Los participantes completaron el protocolo del estudio sin perder ninguna sesión y se les prohibió realizar un entrenamiento de fuerza adicional de la parte superior del cuerpo durante el transcurso del estudio. Los entrenadores de balonmano fueron responsables de prescribir otras formas de entrenamiento fuera del laboratorio (por ejemplo, entrenamiento de fuerza de la parte inferior del cuerpo o entrenamiento de balonmano) durante el curso del estudio. Se les informó sobre los propósitos y procedimientos de la investigación y firmaron un formulario de consentimiento informado antes del comienzo del estudio.

Diseño del estudio

Se utilizó un diseño longitudinal pre-post con asignación aleatoria de los participantes a 2 grupos paralelos (STG y BTG) para comparar el efecto de los programas de EF balísticos y orientados a la fuerza sobre el rendimiento del PB y la VL. El protocolo de estudio consistió en 11 sesiones que se realizaron durante un período de 6 semanas: 2 pre-tests (semana 1), 8 sesiones de entrenamiento (semanas 2-5; dos veces por semana separadas por al menos 48 horas), y 1 post- prueba (semana 6). Para evaluar la fiabilidad de las variables dependientes (PB 1RM, PB20 y la VL) se utilizaron los datos de las 2 sesiones de pre-prueba, separadas por 48-72 horas de descanso. La prueba posterior se realizó 4-5 días después de la última sesión de entrenamiento y

se comparó con la segunda prueba previa para determinar los cambios en el rendimiento. Todas las sesiones de prueba y capacitación se realizaron en el laboratorio de investigación de la universidad a una hora constante del día para los participantes individuales (± 1 hora).

Procedimiento

La altura corporal se determinó con Seca 202, Seca Ltd., Hamburgo, Alemania y la masa corporal con TBF-171 300A, Tanita Corporation of America Inc., Arlington Heights, IL, EE. UU. Se registraron al comienzo de la primera sesión previa a la prueba. Todas las sesiones de prueba comenzaron con el mismo calentamiento estandarizado: 5 minutos de trote a un ritmo autoseleccionado, estiramiento dinámico y 10 flexiones. Después del calentamiento, los participantes descansaron durante 3 minutos antes de evaluar las variables dependientes en el siguiente orden: VL, PB20 y PB 1RM.

Velocidad de lanzamiento de balonmano (VL): El calentamiento específico consistió en 4-6 lanzamientos submáximos. Posteriormente se realizaron 4 lanzamientos máximos separados por 1 minuto con el brazo dominante y se utilizó el valor promedio de los 3 mejores lanzamientos para los análisis estadísticos. Se utilizó un lanzamiento de balonmano de pie de 7 metros para evaluar la VL mediante un dispositivo de radar Stalker Acceleration Testing System (ATS) II (Modelo: Stalker ATS II, Applied Concepts, Dallas, TX, EE. UU.). Se indicó a los participantes que lanzaran un balón de balonmano tamaño III (masa = 480 g; circunferencia = 58 cm) hacia el dispositivo de radar que estaba colocado a una distancia de 5 m de los participantes y detrás de una red de parada (es decir, la red evitó el impacto de la pelota con el radar). El mismo investigador supervisó y registró todos los lanzamientos e instruyó a los participantes inmediatamente antes de cada intento para que lanzaran la pelota a la máxima velocidad posible hacia el dispositivo de radar. Se proporcionó retroalimentación de velocidad después de cada lanzamiento, y se pidió a los participantes que repitieran el lanzamiento cuando la técnica era inapropiada.

Velocidad press de banca contra 20 kg (PB20): El calentamiento específico consistió en 10 repeticiones continuas durante el ejercicio de PB realizado con esfuerzo creciente contra 20 kg. Posteriormente, los participantes descansaron durante 3 minutos y realizaron 3 lanzamientos máximos del ejercicio de PB contra 20 kg separados por 10 segundos. La velocidad máxima se

registró con un transductor de velocidad lineal (T-Force System; Ergotech, Murcia, España) que se adjuntó a la barra y muestreó los datos de velocidad-tiempo a una frecuencia de 1000 Hz. Los participantes recibieron retroalimentación de velocidad después de cada repetición y se les animó a realizar todas las repeticiones a la máxima velocidad deseada. La prueba con la velocidad máxima más rápida se utilizó para los análisis estadísticos. Se utilizó la velocidad máxima en lugar de otras variables de velocidad porque se puede obtener con una mayor confiabilidad. El PB se realizó contra 20 kg porque esta era la masa de la barra de la máquina Smith descargada utilizada en el presente estudio (FFittech, Taipei, Taiwán). Los participantes realizaron la PB usando la técnica de posición de contacto corporal de 5 puntos (cabeza, espalda superior y glúteos firmemente en el banco con ambos pies apoyados en el piso), un ancho de agarre auto-seleccionado y la técnica de tocar y avanzar (Zaras et al., 2013).

Press de banca 1 repetición máxima (PB 1RM): Se utilizó una prueba estándar de carga incremental para determinar la PB 1RM en una máquina Smith. La carga externa inicial fue de 30 kg para todos los participantes y se incrementó de 10 kg hasta que la velocidad concéntrica media (VCM) fue inferior a $0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. A partir de ese momento, la carga se incrementó de 5 a 1 kg hasta alcanzar la carga de 1RM. Se realizaron tres repeticiones cuando el VCM fue superior a $1,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 2 repeticiones cuando el MCV varió entre $1,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y $0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, y 1 repetición cuando el VCM fue menor a $0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Se implementó un período de descanso pasivo de 3-5 minutos entre cargas sucesivas.

Entrenamiento

Todas las sesiones de entrenamiento comenzaron con el mismo calentamiento general (5 minutos de trote a un ritmo autoseleccionado, estiramiento dinámico y 10 flexiones), seguido de un calentamiento específico (3 series de 10, 5 y 2 repeticiones al 40%, 60% y 80% de 1RM, respectivamente). Todos los participantes del STG y BTG completaron 8 sesiones de entrenamiento (2 sesiones por semana). La principal diferencia entre ambos programas es que el STG usó cargas pesadas (70-90% de 1RM) y la variante tradicional de PB, mientras que el BTG usó cargas más bajas (40% de 1RM) y la variante de PB balística (lanzamiento de press de banca). El PB siempre se realizó en una máquina Smith usando un ancho de agarre auto-seleccionado y la técnica touch-and-go. Se animó verbalmente a los participantes a realizar todas las repeticiones con el máximo esfuerzo y se proporcionó retroalimentación de velocidad

después de cada repetición. La carga se ajustó en cada sesión para coincidir con la carga relativa deseada (% de 1RM) mediante el registro de la velocidad del movimiento.

Análisis estadístico

Los datos descriptivos de las variables dependientes (PB 1RM, PB20 y VL) se presentan como medias y DE. La confiabilidad de las variables dependientes se calculó a partir de las dos sesiones previas a la prueba mediante pruebas t de muestras pareadas, el tamaño del efecto d de Cohen (ES), el coeficiente de variación (CV) y el coeficiente de correlación intraclase (ICC, modelo 3.1) utilizando una hoja de cálculo personalizada (Hopkins, 2000). Se aplicó un análisis de varianza de modelo mixto (ANOVA) a cada variable dependiente con el "grupo de entrenamiento" (STG frente a BTG) como factor entre participantes y "tiempo" (pre-prueba 2 frente a post-prueba) como factor dentro de participante. La magnitud de los cambios se cuantificó mediante las diferencias de medias brutas, la d ES de Cohen y sus respectivos intervalos de confianza del 95% (IC del 95%). La d ES de Cohen se calculó utilizando la DE previa a la prueba para las comparaciones dentro del grupo y la DE combinada previa a la prueba para las comparaciones entre grupos. La magnitud del ES se cuantificó utilizando la siguiente escala: insignificante ($<0,20$), pequeña (0,20-0,49), moderada (0,50-0,79) y grande ($\geq 0,80$) (Cohen, 1988). La relación de la VL con PB 1RM y PB20 se cuantificó mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r). La magnitud del coeficiente r se cuantificó utilizando la siguiente escala: trivial (0,00-0,09), pequeña (0,10-0,29), moderada (0,30-0,49), grande (0,50-0,69), muy grande (0,70-0,89), casi perfecto (0,90-0,99) y perfecto (1,00) (Hopkins et al., 2009). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete de software SPSS (IBM SPSS versión 22.0, Chicago, IL, EE. UU.). La significancia estadística se estableció en un nivel alfa de 0,05.

4. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados de los cuatro estudios realizados para la presente Tesis Doctoral.

4.1 Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas

La VL en balonmano reveló una alta fiabilidad con la única excepción del lanzamiento no específico para el grupo no experimentado (ICC <0,60) (Tabla 2). Cuando el CV medio fue considerado para comparaciones de fiabilidad se observó que: (I) los lanzamientos con 3 pasos (CV = 1,7%) fue más fiable que los lanzamientos de 7m (CV = 2,1%) (CVratio = 1,19) y los lanzamientos no específicos (CV = 3,8%) (CVratio = 2,18), mientras que el lanzamiento desde los 7m era más fiable que los no específicos (CVratio = 1,84); (II) los 3 procedimientos proporcionan una fiabilidad comparable (CV = 2,6%, 2,5% y 2,4% para MAX, Aver4, y Aver3, respectivamente) (CVratio ≤ 1,07); y (III) el grupo experimentado (CV = 1,0%) presentó una fiabilidad más alta que el grupo no experimentado (CV = 4,0%) (CVratio = 3,83). Las comparaciones específicas de los valores de CV se representan en la Figura 2.

Tabla 2. Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante diferentes pruebas de lanzamiento de balonmano en jugadores de balonmano experimentados y no experimentados.

Grupo	Método	Lanzamiento	sesión 1	sesión 2	p	ES	SEM	CV (90% CI)	ICC (90% CI)
Estudiantes	Rmax	In	46,73 (3,5)	47,36 (4,5)	0,387	0,16	2,95	6,26 (5,04/8,28)	0,48 (0,16/0,70)
		7m	70,60 (6,7)	68,00 (6,5)	0,001	-0,39	2,30	3,32 (2,67/4,39)	0,89 (0,78/0,94)
		3p	76,90 (6,4)	76,10 (5,6)	0,115	-0,14	2,05	2,68 (2,15/3,54)	0,89 (0,79/0,94)
	Pr4	In	44,66 (3,6)	45,07 (4,2)	0,538	0,10	2,67	5,95 (4,78/7,87)	0,55 (0,26/0,75)
		7m	68,20 (6,6)	66,50 (6,8)	0,002	-0,26	2,25	3,33 (2,65/4,48)	0,89 (0,79/0,95)
		3p	74,50 (6,2)	74,20 (5,9)	0,567	-0,05	2,02	2,72 (2,18/3,59)	0,89 (0,80/0,95)
	Pr3	In	43,35 (3,6)	45,76 (4,3)	0,546	0,10	2,69	5,90 (4,74/7,80)	0,56 (0,25/0,75)
		7m	69,00 (6,6)	67,00 (6,7)	0,001	-0,29	2,16	3,18 (2,56/4,21)	0,90 (0,81/0,95)
		3p	75,30 (6,1)	74,80 (5,8)	0,332	-0,08	2,00	2,66 (2,14/3,52)	0,89 (0,79/0,95)
Jugadores	Rmax	Ine	53,07 (4,5)	53,40 (4,2)	0,265	0,08	0,79	1,48 (1,08/2,33)	0,97 (0,92/0,99)
		7m	92,50 (6,9)	92,90 (7,3)	0,250	0,07	1,06	1,15 (0,84/1,81)	0,98 (0,95/0,99)
		3p	96,90 (7,3)	97,01 (7,4)	0,510	0,03	0,81	0,84 (0,61/1,32)	0,99 (0,97/1,00)
	Pr4	In	52,15 (4,3)	52,02 (4,0)	0,679	-0,03	0,86	1,65 (1,21/2,60)	0,96 (0,90/0,99)
		7m	91,00 (6,9)	91,80 (7,3)	0,002	0,11	0,57	0,63 (0,45/1,07)	0,99 (0,98/1,00)
		3p	95,50 (7,5)	95,80 (7,8)	0,257	0,04	0,70	0,73 (0,53/1,15)	0,99 (0,98/1,00)
Pr3	In	52,44 (4,4)	52,44 (4,0)	0,999	0,01	0,76	1,44 (1,06/2,27)	0,97 (0,92/0,99)	
	7m	91,40 (6,9)	92,20 (7,2)	0,001	0,11	0,68	0,74 (0,54/1,17)	0,99 (0,98/1,00)	
	3p	95,90 (7,5)	96,10 (7,7)	0,458	0,03	0,72	0,75 (0,55/1,18)	0,99 (0,98/1,00)	

Velocidad Máxima: **Rmax**, Promedio de los 4 lanzamientos **Pr4**, promedio de los 3 mejores lanzamientos **Pr3**, Lanzamiento inespecífico (de impulsión): **In**, Lanzamiento en apoyo de 7m: **7m**, Lanzamiento en carrera en apoyo con 3 pasos: **3p**, Error estándar: **SEM**, Coeficiente de correlación intraclase: **ICC**, Intervalo de confianza: **IC**, Tamaño del Efecto: **ES**.

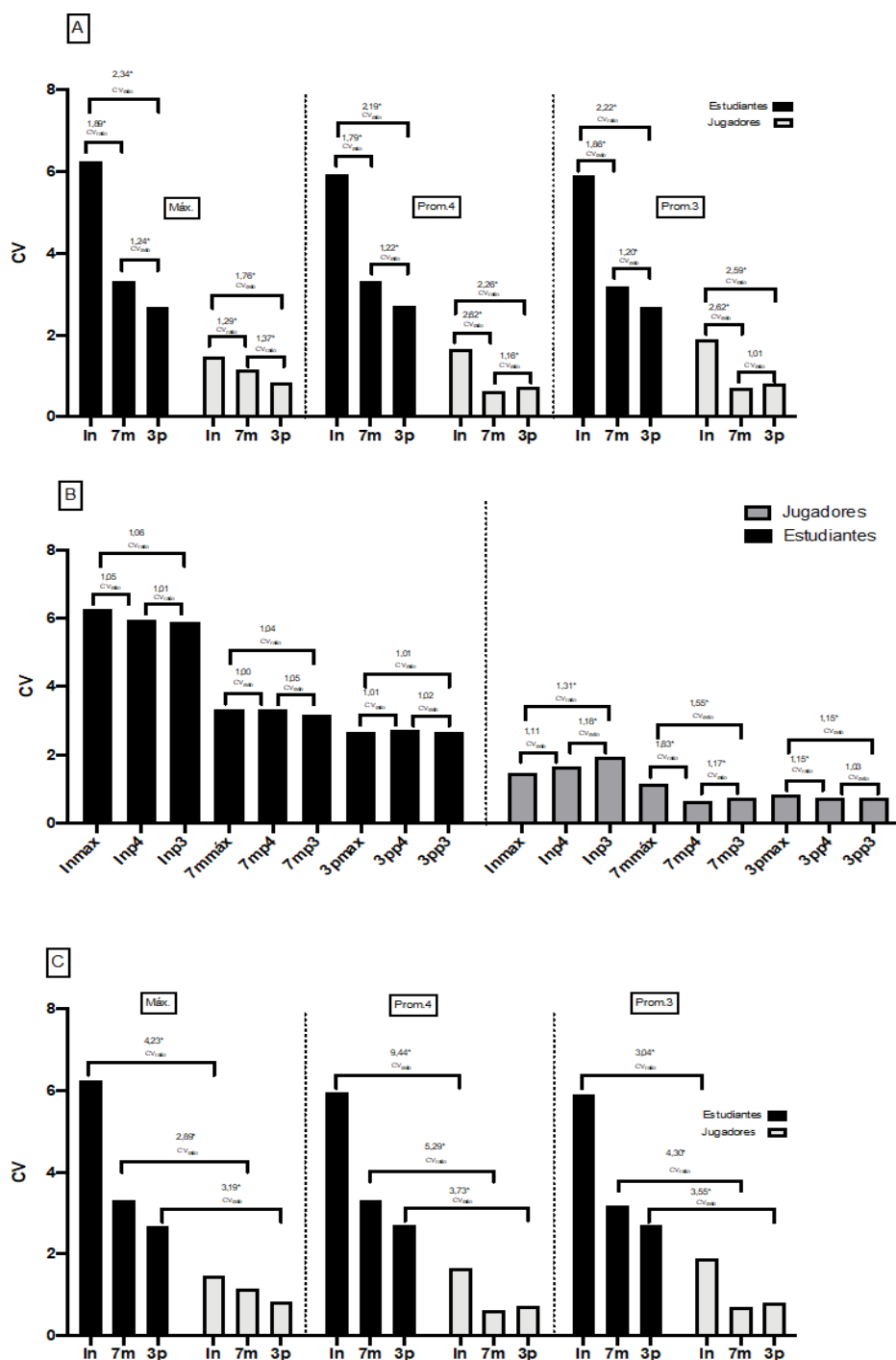


Figura 2. Comparación del coeficiente de variación (CV) obtenido para (A) tipo de procedimiento utilizado para elegir la velocidad de salida (B) tipo de lanzamiento empleado (C) grupo

El ANOVA de 2 vías reveló un efecto significativo principal del lanzamiento ($F = 1277,1$, $p < 0,001$), grupo ($F = 117,7$, $p < 0,001$), y tipo de interacción de lanzamiento \times grupo ($F = 69,8$, $p < 0,001$). La VL fue significativamente mayor para los lanzamientos con 3 pasos en comparación con el lanzamiento desde los 7m ($p < 0,001$, $ES = 0,52$, $IC\ 95\% 4,6$ a $6,8\ km \cdot h^{-1}$) y los no específicos ($p < 0,001$, $ES = CI\ 4,20$, $95\% 34,4$ a $38,8\ km \cdot h^{-1}$), los lanzamientos desde

los 7m proporcionan una VL más alta que el tiro no específico ($p < 0,001$, $ES = 3,17$, IC del 95% 28,6 a 33,1 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$). El grupo experimentado reveló una VL más alta que el grupo no experimentado ($p < 0,001$, $ES = 0,97$, IC del 95% 13,6 a 19,8 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$). La interacción significativa fue causada por las mayores diferencias observadas entre los grupos para los 2 lanzamientos específicos de balonmano (es decir, 7 metros [$ES = 3.46$] y 3 pasos [$ES = 3.10$]) en comparación con el lanzamiento inespecífico ($ES = 1.59$) Figura 3.

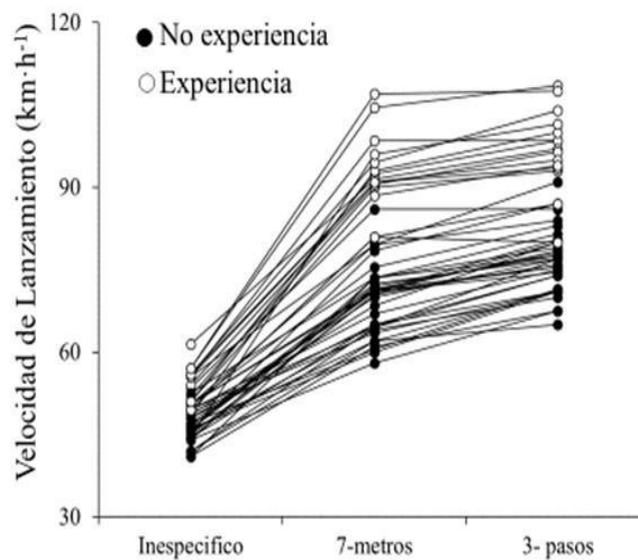


Figura 3. Valores de velocidad de lanzamiento individuales obtenidos durante los 3 tipos de lanzamientos. Los datos se muestran por separado para los grupos no experimentados (puntos rellenos) y experimentados (puntos vacíos).

Los valores de VL individuales obtenidos durante los 3 tipos de lanzamientos se representan en la Figura 3. Correlaciones grandes fueron observados entre los lanzamientos inespecíficos y ambos específicos (7m y 3 pasos) en el grupo no experimentado, mientras que no se observó una relación significativa en las correlaciones entre los lanzamientos inespecíficos y los específicos en el grupo con experiencia (Tabla 3). Casi no se observaron correlaciones perfectas entre los 7 metros y 3 pasos en ambos grupos.

Tabla 3. Asociación de rendimiento de velocidad de lanzamiento entre los diferentes tipos de lanzamientos para todo el conjunto de datos y por separado para los grupos no experimentados y experimentados.

		No específicos	7 metros
Total (n = 48)	7 metros	0.720*	
	3 pasos	0.715*	0.972*
No-experimentados (n = 33)	7 metros	0.522*	
	3 pasos	0.552*	0.895*
Experimentados (n = 15)	7 metros	0.389	
	3 pasos	0.330	0.923*

*, correlación significancia ($p < 0.05$).

4.2 **Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza**

El ANOVA de 3 vías realizado sobre la velocidad del movimiento reveló efectos significativos para los ejercicios ($F = 185.1$, $p < 0.001$; SQ > PB [95% CI = 0.160, 0.216 m · s⁻¹]), "número de serie" ($F = 27.0$, $p < 0.001$; serie 1 > serie 2 [95% CI = 0,005, 0,021 m · s⁻¹] serie 1 > serie 3, [95% CI = 0,015, 0,040 m · s⁻¹] serie 2 > serie 3 [IC del 95% = 0,008, 0,021 m · s⁻¹]) y "configuración de la serie" ($F = 6,8$, $p = 0,002$; TR < CL [IC del 95% = 0,007, 0,048 m · s⁻¹], TR < RR [IC del 95% = 0,001, 0,047 m · s⁻¹], CL = RR [IC del 95% = -0,014, 0,022 m · s⁻¹]) (Figura 4). La interacción "número de serie × configuración de serie" alcanzó significación estadística ($F = 3,6$, $p = 0,017$) debido a una mayor disminución en la velocidad de movimiento con el incremento en el número de series durante TR y RR en comparación con CL. El "ejercicio × número de serie" ($F = 2,9$, $p = 0,084$), "ejercicio × configuración de serie" ($F = 1,3$, $p = 0,274$) y "ejercicio × número de serie × configuración de serie" ($F = 2,6$, $p = 0,064$) interacciones no alcanzaron significación estadística. La velocidad alcanzada durante las repeticiones individuales fue menor para TR en comparación con CL (8 repeticiones en el SQ y 7 repeticiones en el PB) y RR (9 repeticiones en el SQ y 6 repeticiones en el PB), no se observaron diferencias significativas para el SQ entre CL y RR, y durante el PB la velocidad fue menor para RR en comparación con CL (4 repeticiones) y TR (3 repeticiones) (Figura 5). En la Tabla 4 se presentan los g ES de Hedge que comparan los resultados de velocidad entre las configuraciones para cada repetición.

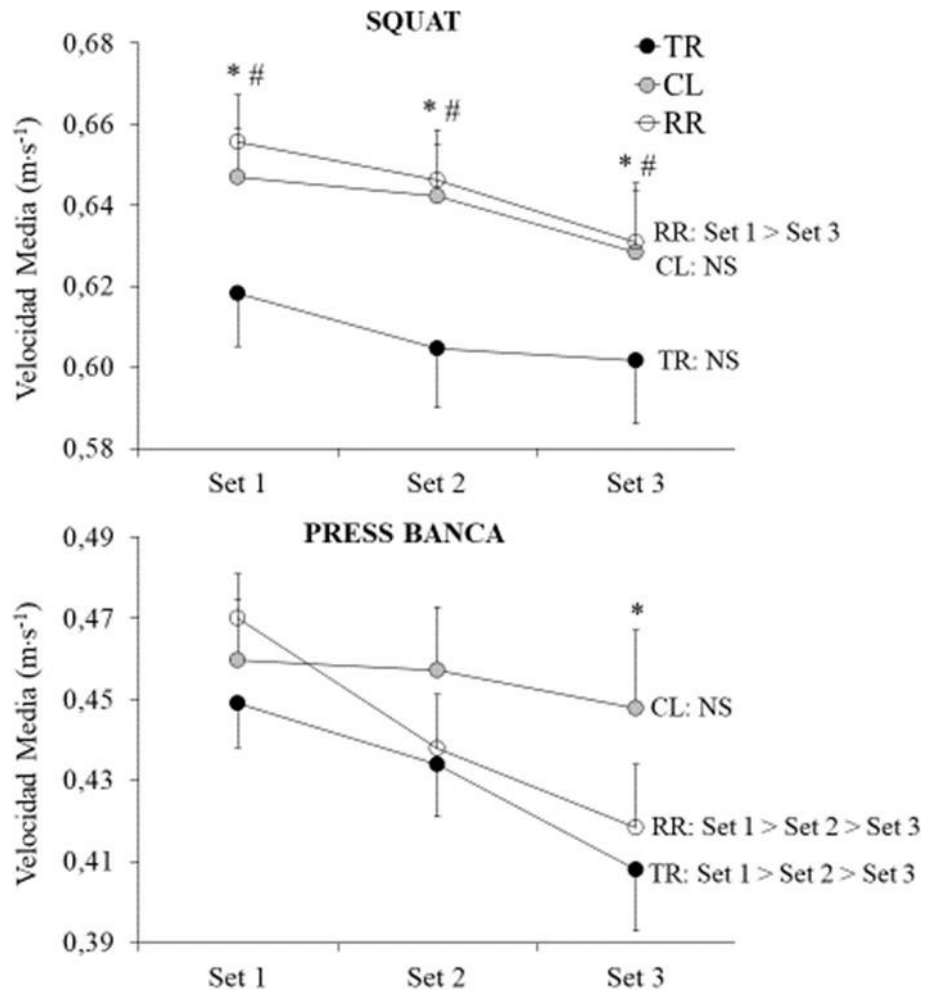


Figura 4. Comparación de la velocidad de movimiento entre los diferentes números de series y configuraciones para la posición en cuclillas (panel superior) y la prensa de banco (panel inferior) ejercicios. TR, configuración de series tradicional; CL, configuración de las series clúster; RR, configuración de series redistribución. *, CL significativamente más rápido que TR; #, RR significativamente más rápido que el TR, no hay diferencias significativas entre los grupos. Las barras de error representan el error estándar.

Tabla 4. Tamaño del efecto g de Hedge (ES) que compara la velocidad concéntrica media de cada repetición entre las configuraciones tradicionales (RR).

Ejercicio	Comparación	Número de repeticiones											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SQ	TR vs. CL	-0.06	0.07	0.52	0.31	0.66	0.59	0.26	0.17	0.41	0.43	0.65	0.6
	TR vs. RR	-0.01	-0.02	0.60	0.51	0.94	0.78	0.14	-0.04	0.58	0.64	0.84	0.7
	CL vs. RR	0.04	-0.10	0.08	0.17	0.26	0.22	-0.12	-0.21	0.18	0.20	0.17	0.1
PB	TR vs. CL	-0.09	-0.29	-0.03	-0.22	0.66	0.63	0.26	-0.07	0.03	-0.08	0.77	0.6
	TR vs. RR	-0.12	-0.47	0.21	0.01	0.97	1.03	-0.40	-0.87	-0.02	-0.20	0.92	0.7
	CL vs. RR	-0.03	-0.12	0.20	0.23	0.21	0.24	-0.71	-0.77	-0.05	-0.10	0.04	0.0

SQ, squat; PB, press de banca. ES indica un valor de velocidad más alto para CL (vs. TR) y RR (vs. TR).

Los ANOVA de 2 vías revelaron un efecto principal significativo de "tiempo" ($F = 26,9$, $p < 0,001$; Pre > Post [IC del 95% = 1,11, 2,55 cm]) y "configuración de la serie" ($F = 5,1$, $p = 0,016$; Control > TR [IC del 95% = -0,46, 3,72 cm], CL [IC del 95% = 0,80, 2,49 cm] y RR [IC del 95% = 0,99, 2,71 cm]) para la altura de CMJ, mientras que el efecto principal de "tiempo" ($F = 0,4$, $p = 0,539$; [IC 95% = -0,35, 0,65 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]) y la "configuración de la serie" ($F = 1,1$, $p = 0,374$) no alcanzaron significación estadística para la VL. Se observó una interacción significativa de "tiempo \times configuración de la serie" tanto para la altura del CMJ ($F = 4.6$, $p = 0.031$) como para la VL ($F = 5.7$, $p = 0.001$) debido a un menor desempeño en Post para TR, CL y RR y mayor rendimiento en Post para la condición de control, respectivamente (Figura 5). Las respuestas individuales y la magnitud de los cambios (ES de Hedge) de la altura del CMJ y la VL se presentan en la Figura 5 y la Figura 6, respectivamente.

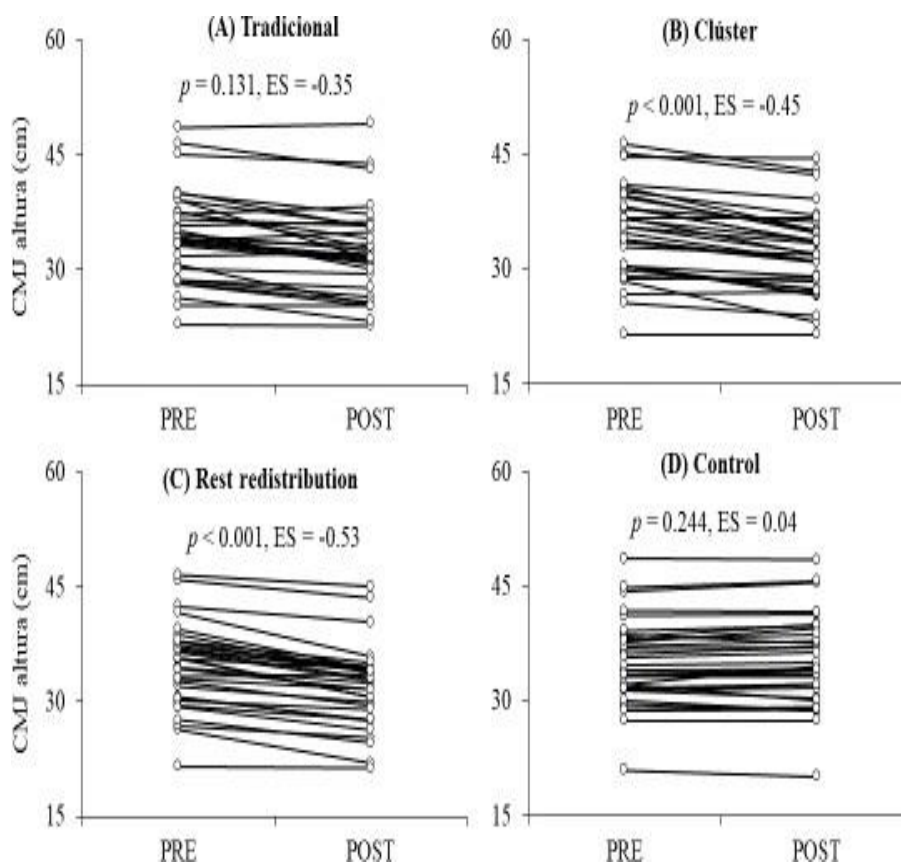


Figura 5. Comparación de la velocidad de movimiento en cada repetición entre las configuraciones para la posición en cuclillas (panel superior) y la prensa de banco (panel inferior) ejercicios. Las barras de error representan el error estándar. TR, configuración de serie tradicional; CL, configuración de serie clúster; RR, configuración de serie redistribución resto. *, CL significativamente más rápido que TR; #, RR TR significativamente más rápido. Ω , TR significativamente más rápido que el RR; Ω , CL significativamente más rápido que el RR.

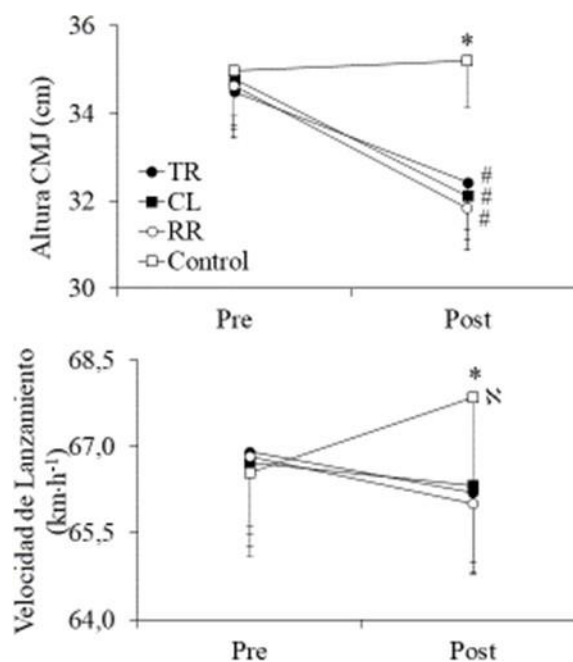


Figura 6. Comparación de la altura salto con contramovimiento (parte superior del panel) y la velocidad de lanzamiento (panel inferior) antes (pre) y después (Post) la sesión de entrenamiento para la configuración de la serie tradicional (TR; puntos negros), la configuración de la serie del clúster set (CL; cuadrados rellenos), configuración de serie redistribución del descanso (RR; puntos vacíos), y la condición de control (cuadrados vacíos). Las barras de error representan el error estándar. *, Control de valores significativamente más altos que TR, CL y RR; #, Post valores significativamente más bajos que antes; N, Post valores significativamente más altos que antes.

El ANOVA de 3 vías realizado en los valores de RPE reveló efectos principales significativos para el "número de serie" ($F = 85,4$, $p < 0,001$; serie 1 < serie 2 [IC 95% = 0,54, 1,08 au], serie 1 < serie 3 [95 % CI = 1,16, 1,98 au], serie 2 < serie 3 [95% CI = 0,57, 0,95 au]) y "series establecidas" ($F = 4,8$, $p = 0,023$; TR > CL [95% CI = 0,20, 0,91 au]), mientras que el efecto principal del "ejercicio" no fue significativo ($F = 0,3$, $p = 0,581$) (Figura 7). Ninguna de las interacciones alcanzó significación estadística: "ejercicio × número de serie" ($F = 1,4$, $p = 0,265$), "ejercicio × serie establecida" ($F = 2,4$, $p = 0,099$), "número de serie × serie establecida" ($F = 1,0$, $p = 0,379$) y "ejercicio × número de serie × serie establecida" ($F = 1,0$, $p = 0,402$) (Figura 7). No se observaron diferencias significativas ($p = 0,595$) para los valores de RPE reportados después de la formación entre el TR ($6,90 \pm 1,22$ au), CL ($6,61 \pm 1,48$ au), y RR ($6,68 \pm 1,01$ au).

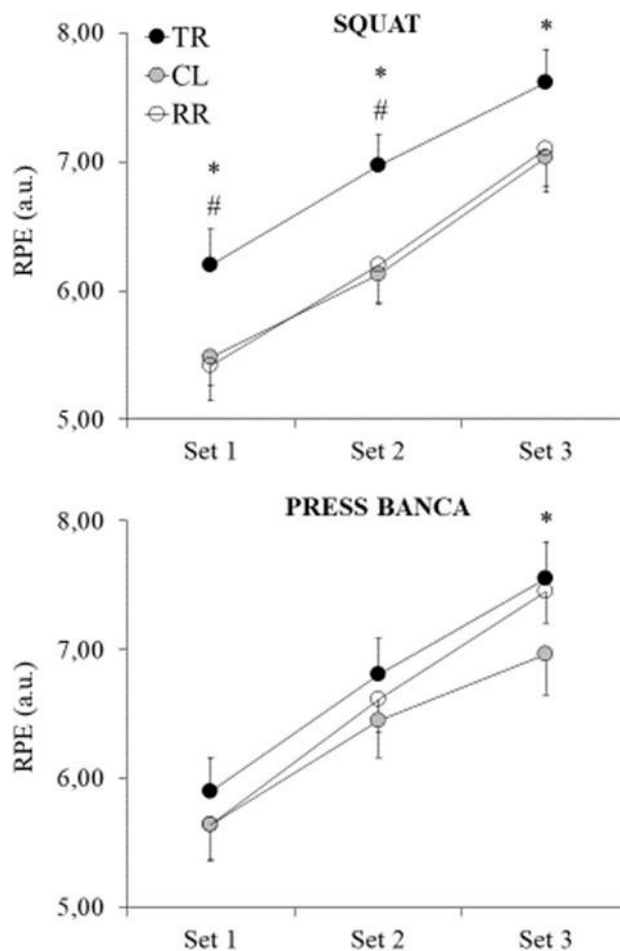


Figura 7. Comparación de las puntuaciones de esfuerzo percibido (RPE) entre los diferentes números de las series para la posición en cuclillas (panel superior) y la prensa de banco (panel inferior) ejercicios. TR, configuración serie tradicional; CL, configuración serie del clúster; RR, configuración de la serie redistribución del descanso. *, CL significativamente inferior a TR; #, RR significativamente inferior a TR. El más bajo y el más alto RPE siempre se obtuvieron para la serie 1 y serie 3, respectivamente ($p < 0,05$). Las barras de error representan el error estándar.

4.3 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento de la fuerza máxima y acciones explosivas.

La 1RM y la VL se obtuvieron con alta confiabilidad ($CV <3\%$ e $ICC > .90$; Tabla 5). El ANOVA aplicado a los valores de 1RM reveló un efecto principal significativo de tiempo ($F = 49,3$, $p < 0,001$; valores más altos en el pos-test) pero no de grupo ($F = 0,3$, $p = 0,711$), mientras que el tiempo \times grupo la interacción también alcanzó significación estadística ($F = 14,4$, $P < 0,001$; se obtuvieron valores más altos en la pos-prueba en comparación con la prueba previa para TRG [$P < .001$, $ES = 0,83$] y RRG [$P < .001$, $ES = 0,61$] pero no para CG [$P = 0,661$, $ES = -0,04$]). El ANOVA aplicado en la VL no reveló un efecto principal significativo de tiempo ($F = 1,4$, $P = .238$), grupo ($F = 0,3$, $P = .771$) o su interacción ($F = 0,3$, $P = .775$). El efecto de entrenamiento neto con respecto a las magnitudes de los cambios entre grupos se muestra en la Figura 8. Se observaron incrementos moderados más altos en el 1RM para TRG y RRG en comparación con CG, mientras que se observaron diferencias insignificantes para las comparaciones restantes.

Tabla 5. Magnitud del máximo de 1 repetición de press de banca (1RM) y velocidad de lanzamiento de las dos pruebas previas y posteriores a la prueba (TRG), el grupo de redistribución del descanso (RRG) y el grupo de control (CG).

Variable	Grupo	Pre-test 1	Pre-test 2	Post-test	Fiabilidad (Pre-test 1 vs 2)		
					<i>P</i>	ES	CV
Press banca 1RM (kg)	TRG	68.5 ± 8.6	68.8 ± 9.2	76.3 ± 8.0*	.838	0.004	1.69% (1)
	RRG	68.9 ± 13.9	68.6 ± 13.3	76.7 ± 12.0*			
	CG	68.9 ± 17.1	69.2 ± 16.1	68.6 ± 13.1			
Velocidad de lanzamiento (km·h ⁻¹)	TRG	64.2 ± 6.4	64.5 ± 5.9	65.5 ± 6.3	.438	0.043	2.03% (1)
	RRG	63.5 ± 4.8	63.7 ± 4.8	64.9 ± 5.5			
	CG	63.1 ± 5.9	63.3 ± 6.6	63.4 ± 5.0			

ES, tamaño del efecto *d* de Cohen; CV, coeficiente de variación, CCI, coeficiente de correlación intraclase. La fiabilidad del 1RM y la velocidad de lanzamiento en las dos sesiones previas a la prueba para los tres grupos fusionados. *, Significativamente diferente a la prueba previa 2 ($p < 0,001$).

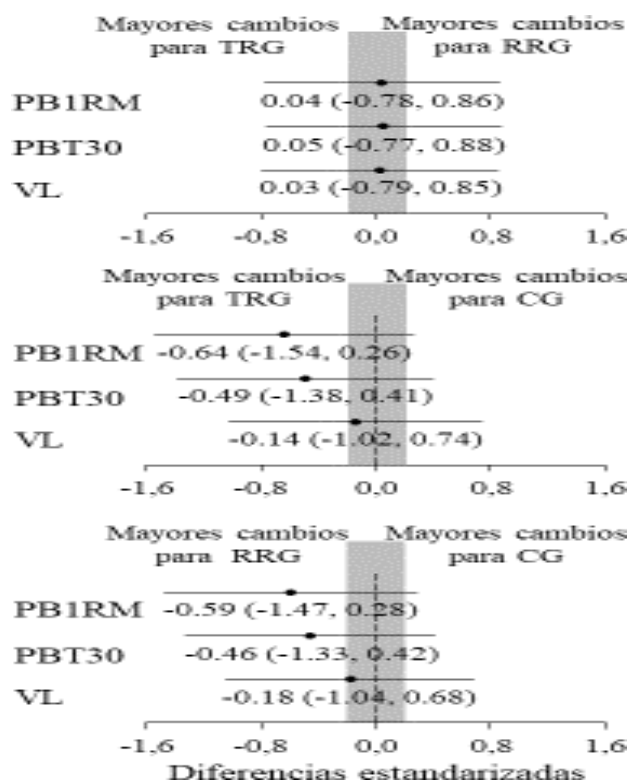


Figura 8. Diferencias estandarizadas (intervalos de confianza del 95%) de los cambios en el máximo de una repetición (1RM) y la velocidad de lanzamiento (VL) entre el grupo tradicional (TRG) y el grupo de redistribución de descanso (RRG) (panel superior), TRG y grupo de control (CG) (panel central), y RRG y CG (panel inferior). Se representa la probabilidad de que la verdadera diferencia sea trivial (diferencias estandarizadas de -0.20 a 0.20).

No se observaron correlaciones significativas entre el 1RM y la VL antes ($r = .05$, $P = .763$) o después del entrenamiento ($r = .17$, $P = .322$) (Figura 9). De manera similar, el cambio porcentual en 1RM no se correlacionó con el cambio porcentual en VL ($r = -.09$, $P = .607$; (Figura 10).

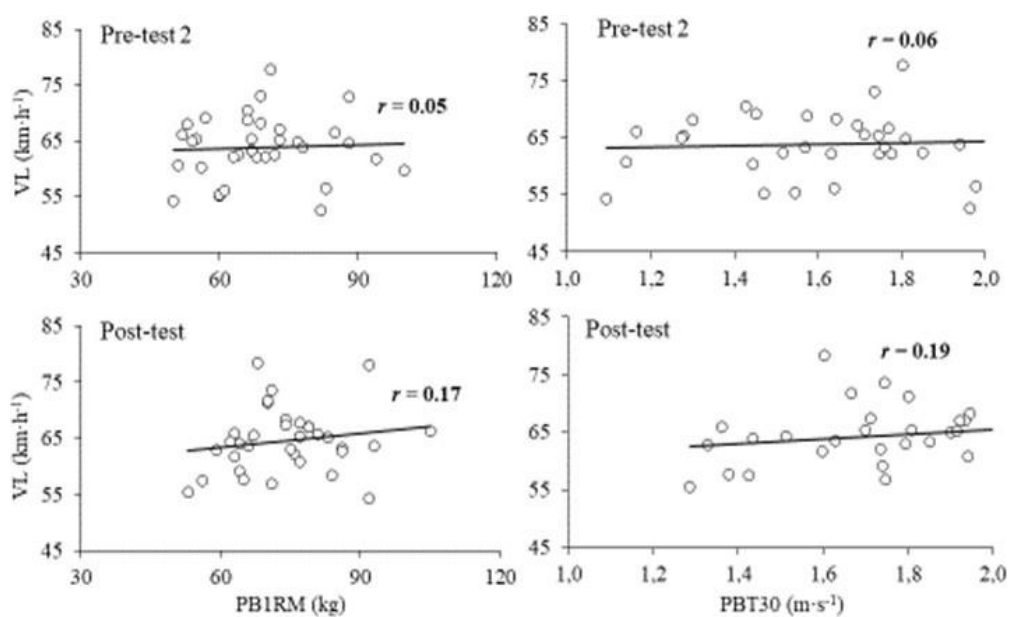


Figura 9. Relación entre el máximo de 1 repetición y la velocidad de lanzamiento (VL) en la prueba previa (panel superior) y la prueba posterior (panel inferior).

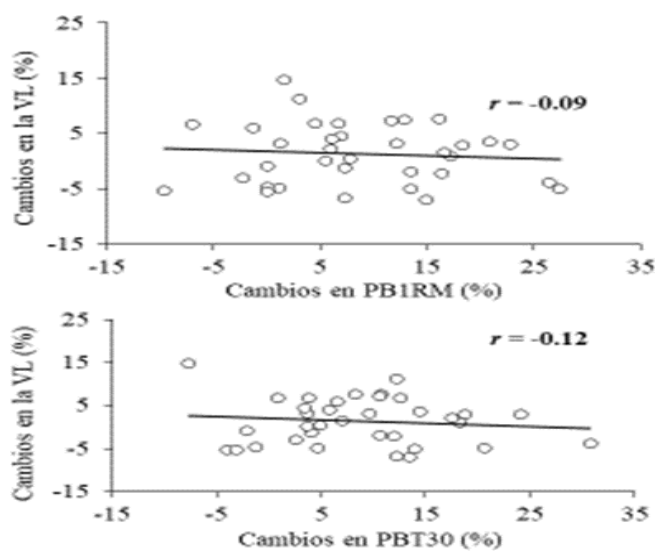


Figura 10. Relación entre el cambio en el máximo de 1 repetición y el cambio en la velocidad de lanzamiento (VL) después del programa de entrenamiento.

4.4 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza o potencia

Todas las variables dependientes se obtuvieron con una fiabilidad muy alta ($CV < 5\%$ y $ICC > 0,80$; Tabla 4). El análisis de varianza aplicado sobre los valores de 1RM reveló un efecto principal significativo de tiempo ($F = 17,4$, $p < 0,001$; los valores más altos en post-test [$85.7 \pm 17,2$ kg] comparación con el pre-test [$81.5 \pm 16,7$ kg]: 95% CI = 2.1 a 6.3 kg), pero el efecto principal de grupo ($F = 0,2$, $p = 0,678$) y la interacción de tiempo x ($F = 0,5$, $p = 0,493$) no alcanzó significancia estadística. Las comparaciones revelaron en el STG ($p < 0,001$, $ES = 0,24$, 95% CI = 2.6 a 7.2 kg) y en BTG ($p = 0,060$, $ES = 0,27$, 95% CI = -0,2 a 7,2 kg), mostraron un incremento significativo en la 1RM en post-test. El análisis de varianza aplicado sobre PB20 reveló un efecto principal significativo de tiempo ($F = 8,8$, $p = 0,006$; los valores más altos en post-test [$2.22 \pm 0,26$ m · s⁻¹] en comparación con el pre-test [$2.12 \pm 0,27$ m · s⁻¹]: CI 95% = 0,03 a 0,17 m · s⁻¹). Pero el efecto principal de grupo ($F = 0,0$, $p = 0,960$) y la interacción grupo de tiempo x ($F = 1,0$, $p = 0,328$) no alcanzó significancia estadística. Ambas comparaciones revelaron que la BTG ($p = 0,003$, $ES = 0,63$, IC del 95% = 0,05 hasta 0,22m · s⁻¹) alcanzó un incremento significativo en PB20 en post-test.

Tabla 6. Magnitud del máximo de 1 repetición de press de banca (PB 1RM), velocidad máxima de press de banca contra 20 kg (PB20) y velocidad de lanzamiento (VL) de las dos pruebas previas y posteriores a la prueba consecutivas para el grupo de entrenamiento de fuerza (STG) y el grupo de entrenamiento balístico (BTG).

Variable	Grupo	Pre-test 1	Pre-test 2	Post-test	Fiabilidad (Pre-test 1 vs. Pre-test 2)			
					P	ES	CV	ICC
PB 1RM (kg)	STG	83.1 ± 20.1	82.4 ± 20.1	87.3 ± 21.4*	0.082	-0.07	3.02%	0.98
	BTG	82.1 ± 12.3	80.5 ± 13.0	84.0 ± 12.2				
PB20 (m·s ⁻¹)	STG	2.15 ± 0.25	2.14 ± 0.33	2.21 ± 0.30	0.243	-0.13	4.82%	0.84
	BTG	2.15 ± 0.22	2.10 ± 0.22	2.24 ± 0.23*				
VL (km·h ⁻¹)	STG	60.8 ± 6.7	61.0 ± 6.2	61.6 ± 5.9	0.889	-0.01	2.45%	0.97
	BTG	63.8 ± 9.5	63.5 ± 9.0	63.7 ± 8.8				

ES, tamaño del efecto d de Cohen; CV, coeficiente de variación, CCI, coeficiente de correlación intraclase. La confiabilidad de las variables dependientes se calculó a partir de los datos de las dos pruebas previas para los dos grupos fusionados. *, Significativamente diferente a la prueba previa 2 (p <0.05).

El análisis de varianza aplicado en VL no mostró ninguna diferencia significativa (tiempo: $F = 1,0$, $p = 0,327$; grupo: $F = 0,7$, $p = 0,418$; tiempo \times grupo: $F = 0,2$, $p = 0,650$). El efecto del entrenamiento real obtenido mediante la comparación de la ES entre STG y BTG era insignificante para la PB 1RM y VL, mientras que los pequeños cambios en favor de la BTG se observaron para PB20 (Figura 11).



Figura 11. Diferencias estandarizadas (95% intervalo de confianza) de los cambios en el press banca de una sola repetición máxima (PB 1RM), press de banca a máxima velocidad lograda con una carga de 20 kg (PB20), y velocidad de lanzamiento (VL) entre el grupo de entrenamiento de fuerza (STG) y el grupo de entrenamiento balístico (BTG). La probabilidad de que la verdadera diferencia era trivial (es decir, diferencias estandarizadas de -0,20 a 0,20).

La VL no se correlacionó significativamente en cualquier punto de tiempo con el 1RM ($r \leq 0,181$, $p \geq 0,338$) o PB20 ($r \leq 0,220$, $p \geq 0,242$) (Figura 12). El porcentaje de cambio en VL no se correlacionó con el porcentaje de cambio en el 1RM ($r = -0,061$, $p = 0,748$) o PB20 ($r = 0,190$, $p = 0,315$) (Figura 13).

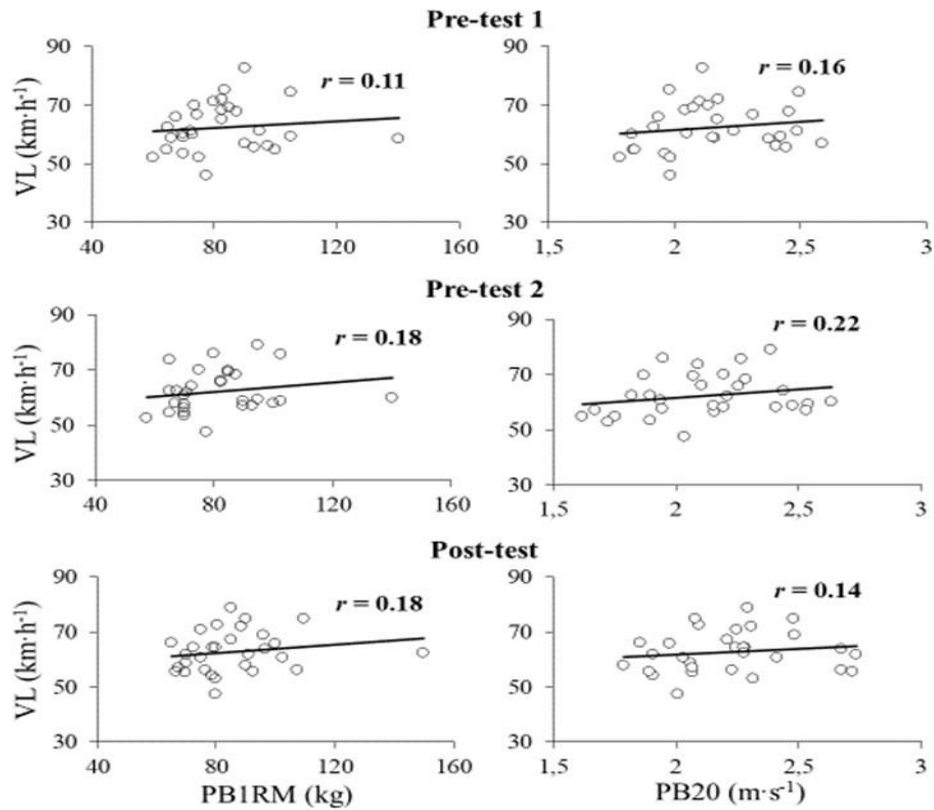


Figura 12. Relación de la velocidad de lanzamiento (VL) con el press de banca 1 repetición máxima (PB 1RM) (paneles de la izquierda) y la velocidad del press de banca obtenida con una carga de 20 kg (PB20) (paneles de la derecha) en pre-prueba 1 (paneles superiores), pre-prueba 2 (paneles medios) y post-test (paneles inferiores).

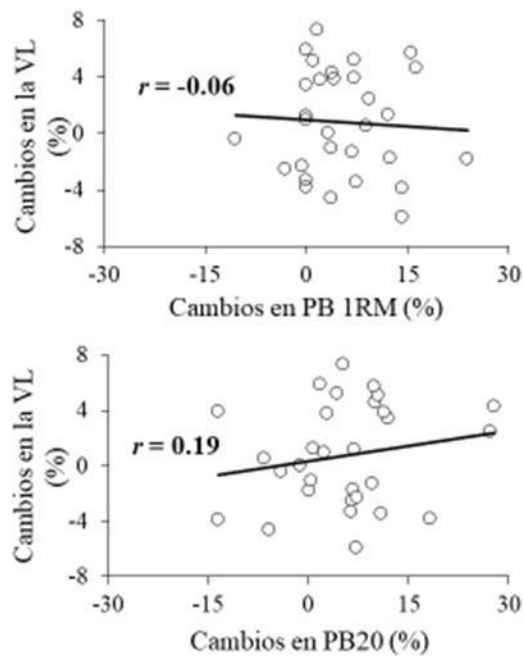


Figura 13. Relación del cambio en la velocidad de lanzamiento (VL) con el cambio en el press de banca 1 repetición máxima (PB 1RM) (panel superior) y el cambio en la velocidad máxima obtenida en el press de banca con una carga de 20 kg (PB20) (panel inferior).

5. DISCUSIÓN

En este apartado se presentan las discusiones de los cuatro estudios realizados para la presente Tesis Doctoral.

5.1 **Estudio I**: **Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas**

Este estudio fue diseñado para identificar el tipo de lanzamiento y el procedimiento para seleccionar el resultado final de la prueba que proporcione un rendimiento de la VL con la mayor confiabilidad en jugadores de balonmano experimentados y no experimentados. Los principales hallazgos del estudio revelaron diferencias en la confiabilidad entre los tipos de lanzamientos (3 pasos > 7 metros > inespecíficos) y los grupos (experimentados > no experimentados), pero no entre los procedimientos utilizados para determinar el resultado final de la prueba (Aver3 = Aver4 = MAX). Los jugadores de balonmano experimentados mostraron velocidades de lanzamiento más altas que el grupo sin experiencia y estas diferencias se acentuaron para los lanzamientos específicos (es decir, 7 metros y 3 pasos). Se observaron correlaciones casi perfectas en ambos grupos entre el lanzamiento de 7 metros y el lanzamiento de 3 pasos, pero se observaron correlaciones más bajas entre los lanzamientos específicos y el lanzamiento inespecífico. Estos resultados destacan que diferentes tipos de lanzamientos pueden proporcionar un buen rendimiento de la VL con una confiabilidad muy alta tanto en jugadores de balonmano experimentados como no experimentados, pero el lanzamiento de 3 pasos debe recomendarse para maximizar la confiabilidad del rendimiento de la VL.

La primera hipótesis de este estudio se confirmó ya que la confiabilidad de la VL fue mayor para lanzamientos de balonmano específicos en comparación con el lanzamiento inespecífico. Específicamente, el tipo de lanzamiento más confiable fue el lanzamiento de 3 pasos, seguido del lanzamiento de 7 metros y finalmente el lanzamiento inespecífico. La alta confiabilidad reportada en este estudio para los diferentes tipos de lanzamientos está de acuerdo con estudios previos (Bayios et al., 2001; Chelly et al., 2014, 2010b; Cherif et al., 2016; Debanne & Laffaye, 2011; Hermassi et al., 2019; Hermassi et al., 2019; Vila et al., 2012; Vuleta et al., 2010; Wagner et al., 2019). Sin embargo, es importante mencionar que una de las principales novedades del presente estudio es que, por primera vez, se comparó la confiabilidad entre sesiones de la VL

entre diferentes tipos de lanzamientos. Nuestros resultados están de acuerdo con Vuleta et al. (2010) quienes informaron que el lanzamiento con 3 pasos presentó la mayor confiabilidad dentro de la sesión. Cabe destacar que a pesar de que los 3 tipos de lanzamientos analizados en este estudio son comunes en las competiciones de balonmano por equipos, las acciones más y menos frecuentes son el lanzamiento de 3 pasos y el lanzamiento inespecífico, respectivamente. Por lo tanto, desde el punto de vista de la confiabilidad, los resultados de este estudio apoyan el uso de lanzamientos naturales y no restringidos para la evaluación de rutina del rendimiento de la VL en jugadores de balonmano experimentados y no experimentados.

Basado en los hallazgos de Claudino et al., (2017) quienes informaron que la altura promedio de CMJ de varios ensayos era más sensible para detectar cambios en el rendimiento neuromuscular que el valor máximo, planteamos la hipótesis de que un valor promedio de velocidad de lanzamiento (es decir, Aver3 y Aver4) proporcionaría una mayor confiabilidad que el valor máximo (es decir, MAX). Sin embargo, esta hipótesis fue rechazada ya que no se observaron diferencias significativas en la confiabilidad entre los procedimientos Aver3, Aver4 y MAX. No hay consenso en la literatura científica sobre qué procedimiento usar para seleccionar el resultado final de la VL, con algunos investigadores usando la velocidad promedio de varios ensayos (Bayios et al., 2001; Marques et al., 2007; Skoufas et al., 2003), otros investigadores usando el valor máximo (Aguilar-Martínez et al., 2012b; Rivilla-García et al., 2011; Rivilla García et al., 2011; Sabido et al., 2016a) y otros investigadores que ni siquiera informan del procedimiento seguido para seleccionar el resultado final de la prueba (Andrade et al., 2011; Fieseler et al., 2017; Hoff & Almåsbaek, 1995; Machado, Cortell-Tormo, & Tortosa-Martínez, 2018; Marques et al., 2007; Spieszny & Zubik, 2018). Es de destacar que este es el primer estudio que compara la confiabilidad de la VL entre diferentes procedimientos comúnmente utilizados en la literatura científica para seleccionar el resultado final de la prueba. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que el procedimiento utilizado para seleccionar el resultado de la VL final no influye en la confiabilidad de la medición, pero es importante usar siempre el mismo procedimiento porque la magnitud de la velocidad de lanzamiento se ve afectada por el procedimiento usado.

En el análisis de la literatura sobresale claramente el uso del promedio de los tres lanzamientos más altos como medio de elección más empleado por los investigadores, ya sean los datos obtenidos en una sola serie de lanzamientos o el mejor de los lanzamientos obtenidos

en varias series (Cherif et al., 2016; Debanne & Laffaye, 2011; Granados et al., 2007; Hermassi, Delank, et al., 2019; Hermassi et al., 2019; Piscitelli et al., 2016; Sarvestan, Riedel, Gonosová, Linduška, & Přidalová, 2019; Schwesig et al., 2016), otros de los procedimientos más elegidos ha sido el utilizar el valor máximo obtenido en la serie (Aguilar-Martínez et al., 2012b; Rivilla García et al., 2011; Sabido et al., 2016a). Esta ha sido una de las razones por las que en esta investigación se decidió optar por los tres procedimientos empleados, dos que trataban el promedio y uno el valor máximo, de esa manera se estudiaba la fiabilidad de los procedimientos más empleados.

Realizada la investigación, los valores referentes a la confiabilidad de los procedimientos han sido muy similares (CV= 4,08 max, CV= 4,00 Aver4 y de CV 3,91 Aver3) en el grupo de no expertos sigue la misma tendencia, pero con valores menores, en el grupo de expertos (CV= 1,16 max, CV= 1,00 Aver4 y CV= 0,97 Aver3). La fiabilidad relativa fue grande (ICC= 0,75 max, ICC= 0,77 pr4 y ICC= 0,78 pr3) en los no expertos y muy grande ICC=0,98 en todos los procedimientos de los expertos.

Estos datos no se pueden comparar con ningún estudio, al no existir trabajos en la misma línea, que comparen procedimientos de validación. Lo que sí es posible es comparar los datos obtenidos con las investigaciones que eligieron alguno de los procedimientos aquí empleados: MAX, Aver4 o Aver3. Para poder hacer comparables los estudios, hemos utilizado varias estrategias, en el caso que utilizaran más de un tipo de lanzamiento trabajamos sobre el promedio de los índices de fiabilidad, igual que en nuestro estudio y si sólo utilizan un tipo de lanzamiento se han comparado con el mismo procedimiento y tipo de lanzamiento. Para la comparación no se ha tenido en cuenta la finalidad del estudio, sólo se han realizado procedimientos de fiabilidad absoluta o relativa. La limitación que tiene esta decisión es que cuando se compara el promedio de más de un tipo de lanzamiento se puede ver afectado por la elección del mismo, en este caso sólo se ha promediado los que utilizaban los mismos tipos de lanzamientos que en esta investigación.

Como se ha comentado, la forma más empleada para elegir la VL con la que investigar es el promedio y principalmente el promedio de los 3 mejores lanzamientos (Chelly et al., 2014; Debanne & Laffaye, 2011; Granados et al., 2007; Hermassi et al., 2019; Piscitelli et al., 2016; Sarvestan et al., 2019; Schwesig et al., 2016). En este sentido hay un primer bloque de estudios

cuyo resultados son coherentes con los aquí obtenidos, por ejemplo, las siguientes investigaciones reportan valores de fiabilidad absoluta o relativa muy similares a las nuestras: (Debanne & Laffaye, 2011) con un ICC= 0.95, (Hermassi et al., 2019) con un ICC= 0,94 y CV=1,9, (Marques et al., 2007) un CV con un ICC=0,95 y CV= 3,4, (Ortega-Becerra et al., 2018) con un ICC=0,99 y = 1,5. Todos estos trabajos tienen en común que se han realizado con jugadores experimentados, de equipos masculinos, utilizando algún tipo de promedio y reportan datos de fiabilidad.

Siguiendo con estudios que han elegido el promedio de los lanzamientos para evaluar la VL (Piscitelli et al., 2016) reportó datos más altos de CV entre 2,4% y 3,4% de fiabilidad absoluta, pero en este caso los jugadores de balonmano eran de menor nivel, lo que puede afectar al CV, aunque sigue estando dentro de los niveles aceptables de fiabilidad.

Por otra parte, siguiendo con jugadores expertos masculinos, los estudios que han elegido el mejor lanzamiento como procedimiento de elección y que realicen algún tipo de análisis de fiabilidad son escasos, entre ellos encontramos a (Hermassi et al., 2019) con ICC= 0,98 utilizando VL Rmax en lanzamientos de 3p, (Rivilla García et al., 2011) C con un CCI= 0,96 y CV 3.2%, como se puede comprobar los datos siguen siendo coherentes con los obtenidos en este estudio.

Por último, decir que existen otros trabajos, en este tipo de población, que han realizado algún tipo de fiabilidad, pero no indican el procedimiento realizado, como son, por ejemplo, los trabajos de (Andrade, De Carvalho, Benedito-Silva, Da Silva, & De Lira, 2016) con un ICC= 0,99, Bayios et al. (2001) con un ICC= 0,99 y un CV 1,2, (Cherif et al., 2016) con un ICC=0,93 y un CV= 1,9.

Nuestra hipótesis sobre la influencia de la experiencia del balonmano en la fiabilidad de la VL también se confirmó con el grupo experimentado mostrando una mayor fiabilidad que el grupo no experimentado. Múltiples estudios han evidenciado previamente que la VL puede ser evaluada con alta confiabilidad en jugadores de balonmano de diferentes niveles competitivos (Bayios et al., 2001; Chelly et al., 2014; Debanne & Laffaye, 2011; Hermassi et al., 2019; Hermassi et al., 2019; Skoufas et al., 2003; Vila et al., 2012; Wagner et al., 2019). Sin embargo, hasta donde sabemos, este es el primer estudio que ha explorado la confiabilidad de la VL en

participantes sin experiencia competitiva en ningún deporte de lanzamiento por encima de la cabeza. Esto es importante, ya que la experiencia de los participantes con la tarea probada podría influir en la confiabilidad de la medición (Amarante do Nascimento et al., 2013a; Ritti-Dias, Avelar, Salvador, & Cyrino, 2011). Es importante señalar que, aunque el grupo experimentado mostró una mayor confiabilidad que el grupo no experimentado, la VL también se obtuvo con una confiabilidad muy alta para el grupo no experimentado durante el lanzamiento de 7 metros y el lanzamiento de 3 pasos. Sin embargo, a diferencia del grupo experimentado, se observó una baja confiabilidad para el grupo no experimentado durante el lanzamiento inespecífico. Por tanto, otro hallazgo novedoso del presente estudio es que la VL puede evaluarse con una alta fiabilidad también en participantes sin experiencia previa en balonmano, pero se recomienda evitar en esta población lanzamientos inespecíficos en los que se altera la cadena cinética normal de lanzamiento. Deben recomendarse rutinas de lanzamientos no restringidos para la evaluación de la velocidad de lanzamiento.

Confirmando nuestra cuarta hipótesis, la mayor experiencia de los jugadores de balonmano se manifestó por su mayor rendimiento de la VL durante los 3 tipos de lanzamientos en comparación con el grupo no experimentado, siendo las diferencias más pronunciadas durante los lanzamientos específicos (7 metros y 3 pasos). Estos hallazgos están en línea con los resultados de Fieseler et al., (2017) que también reveló una mayor VL en diferentes tipos de lanzamientos para jugadores de balonmano de alto nivel (primera liga alemana de balonmano) en comparación con jugadores de balonmano de bajo nivel (tercera liga alemana de balonmano). Otro hallazgo importante fue que se observaron correlaciones significativas entre el lanzamiento inespecífico y los lanzamientos específicos para el grupo sin experiencia, pero no para el grupo experimentado, mientras que se observaron correlaciones casi perfectas entre los dos lanzamientos específicos para ambos grupos. Estos hallazgos están en línea con los resultados de Vuleta et al., (2010) que evaluaron a los jugadores de balonmano del equipo junior de primer nivel y mostraron correlaciones más altas para la VL obtenida durante diferentes tipos de lanzamientos específicos (r varió de 0,72 a 0,83) que entre lanzamientos específicos y no específicos (r varió de 0,23 a 0,40). Las correlaciones más bajas para los lanzamientos inespecíficos podrían atribuirse a la alteración de la cadena cinética normal de lanzamientos. La aplicación práctica de estos resultados es que tanto un lanzamiento inespecífico como un lanzamiento específico (por ejemplo, lanzamiento de 3 pasos) deben incluirse para la evaluación de rutina del rendimiento de lanzamiento porque parecen proporcionar información diferente,

especialmente en jugadores de balonmano de alto nivel. El lanzamiento inespecífico evaluado en este estudio también podría ocurrir durante los partidos de balonmano y puede proporcionar información valiosa sobre la contribución del armado del brazo a la cadena cinética del lanzamiento por encima de la cabeza (Gutiérrez Dávila et al., 2012). Por otro lado, las correlaciones extremadamente altas observadas entre los lanzamientos de 7 metros y 3 pasos resaltan que brindan casi la misma información y, en consecuencia, la evaluación rutinaria del rendimiento de lanzamiento podría simplificarse utilizando solo un lanzamiento específico.

En conclusión, la VL se puede evaluar con una fiabilidad muy alta en participantes con y sin experiencia previa en balonmano, con la única excepción del lanzamiento inespecífico en participantes no experimentados. Los resultados de este estudio sugieren que la evaluación de rutina del rendimiento de lanzamiento en jugadores de balonmano debe basarse en un lanzamiento específico (preferiblemente el lanzamiento de 3 pasos) y un lanzamiento no específico. Sin embargo, si los entrenadores quieren implementar solo un tipo de lanzamiento durante sus evaluaciones, se debe recomendar el lanzamiento de 3 pasos debido a su mayor confiabilidad y mayor prevalencia durante las competencias de balonmano. Aunque el procedimiento utilizado para seleccionar el resultado final de la prueba no influye en la confiabilidad del rendimiento de la VL, el mismo procedimiento debe usarse de manera consistente ya que la magnitud de la VL podría verse afectada.

5.2 Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza

Este estudio fue diseñado para comparar los efectos de 3 configuraciones de series diferentes (TR, CL y RR) sobre las medidas neuromusculares y perceptuales de la fatiga durante las sesiones de entrenamiento de fuerza realizadas con los ejercicios de SQ y PB realizados en una máquina Smith y la acumulación de fatiga residual después de cada sesión. Los principales hallazgos de este estudio revelaron (I) velocidades más altas para CL y RR en comparación con TR, (II) una disminución progresiva en la velocidad de movimiento con el incremento del número de series para TR y RR pero no para CL, (III) comparables disminuciones en el rendimiento de acciones dinámicas (es decir, altura CMJ y la VL) después del entrenamiento para las 3 configuraciones, (IV) valores de RPE significativamente más altos para TR en comparación con CL (todas las series para SQ y solo la serie 3 para PB) y RR (todas las series para SQ pero no para PB), (V) un aumento progresivo de RPE con el incremento del número de series para todas las configuraciones, y (VI) no se evidenció ninguna diferencia significativa en sRPE entre las configuraciones de series. Estos resultados confirman colectivamente que tanto CL como RR son efectivos para reducir la fatiga neuromuscular y perceptiva en comparación con una configuración de TR durante el entrenamiento, mientras que la fatiga neuromuscular y perceptual residual (es decir, altura CMJ, VL y sRPE) no difirió entre las 3 configuraciones.

La velocidad del movimiento y el RPE siguieron un patrón similar (es decir, a medida que la velocidad del movimiento disminuyó, el RPE aumentó) durante el entrenamiento dentro de cada configuración. Independientemente del número de series, durante el ejercicio SQ, las configuraciones de CL y RR proporcionaron velocidades más altas y valores de RPE más bajos que la configuración de series TR. Sin embargo, aunque CL permitió velocidades más altas y valores de RPE más bajos que la configuración de la serie TR para todas las series durante el ejercicio de PB, solo se observaron velocidades más altas y valores de RPE más bajos durante la RR en comparación con la TR para la serie 1. Este resultado durante la PB se debió a que el incremento en el número de series se asoció con una disminución más pronunciada en la velocidad del movimiento y un aumento en el RPE para RR en comparación con TR y CL. Este resultado está en línea con estudios previos que han informado velocidades más altas para RR en comparación con TR durante el ejercicio SQ (Oliver et al., 2016a), mientras que otros estudios

no han logrado mostrar diferencias significativas en la velocidad entre RR y TR durante la PB (Torrejon et al., 2019a). Los resultados del presente estudio confirman que los perfiles de fatiga neuromuscular y perceptual difieren entre los músculos de la parte inferior y de la parte superior del cuerpo (Mayo, Iglesias-Soler, Fustes-Piñeiro, & González-Hernández, 2014; Vernillo et al., 2018). Nuestros resultados también apoyan la recomendación de Latella et al. (2019) de examinar el efecto agudo de las estructuras de las series CL y RR de forma independiente para cada ejercicio. Este es el primer estudio que ha comparado los efectos agudos de las configuraciones de series CL y RR sobre el rendimiento neuromuscular y el RPE entre los ejercicios SQ y PB realizados en una máquina Smith, lo que sugiere que los intervalos de descanso óptimos entre series e intra series son específicos del ejercicio. Con la PB que requiere intervalos de descanso entre series más largos o la implementación de descanso adicional dentro de la serie en comparación con el ejercicio SQ.

Las 3 configuraciones afectaron el desempeño de acciones dinámicas y sRPE en un grado similar. Se planteó la hipótesis de que la disminución en el rendimiento de las acciones dinámicas después del entrenamiento y sRPE sería mayor para EF, seguida de RR y finalmente CL. Sin embargo, contrariamente a nuestra hipótesis, no se observaron diferencias significativas entre las configuraciones de las series para ninguna variable. De acuerdo con estudios previos, la altura del CMJ fue un indicador sensible de la fatiga inducida por TR (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011), mientras que no se observaron reducciones significativas en la VL después del entrenamiento. Sin embargo, el aumento en la VL para la condición de Control sugiere que el calentamiento previo a la prueba de lanzamiento probablemente no fue suficiente y, por lo tanto, se debe considerar un calentamiento más específico cuando se utilice la VL para cuantificar la fatiga neuromuscular inducida por trabajo el EF. Estos resultados resaltan colectivamente que, aunque la fatiga neuromuscular y perceptual durante el entrenamiento podría ser menor para las configuraciones CL y RR, la fatiga residual acumulada durante el EF no se ve afectada por las diferentes configuraciones. Un nivel más bajo de fatiga metabólica podría ser responsable de las velocidades de movimiento más altas observadas durante el entrenamiento para las configuraciones CL y RR en comparación con la configuración TR (Girman et al., 2014; González-Hernández et al., 2017; Torrejon et al., 2019a). Sin embargo, independientemente de la configuración de la serie, se espera un nivel más bajo de fatiga metabólica después del entrenamiento que durante el entrenamiento, y esto podría explicar la falta de diferencias en la fatiga residual (es decir, disminuciones en la altura CMJ y la VL) entre la serie. El grado similar

de fatiga residual inducida por las configuraciones de las 3 series podría explicarse por el hecho de que los sujetos fueron instruidos para realizar todas las repeticiones durante el entrenamiento con la máxima intención.

En conclusión, CL y RR permitieron velocidades más altas durante el entrenamiento que TR para los ejercicios SQ y PB. Sin embargo, con el incremento en el número de series, la velocidad del movimiento tendió a disminuir para TR y RR pero no para CL. Es de destacar que la reducción en la velocidad del movimiento con el incremento en el número de series fue mayor para la PB en comparación con la SQ, lo que sugiere que los intervalos de descanso entre series debiesen ser más largos o la implementación de un descanso adicional corto dentro de la serie podrían ser beneficiosos para la PB. Los valores de RPE recolectados después de las series fueron más altos para TR en comparación con CL y RR. A pesar de las diferencias mencionadas en las medidas neuromusculares y perceptuales de la fatiga durante el EF, la fatiga residual de la sesión de EF, medida a través de la disminución en el rendimiento de las acciones dinámicas y el sRPE, no difirió entre las configuraciones. Por lo tanto, mientras que CL y RR son efectivos para reducir la fatiga neuromuscular y perceptiva en comparación con una configuración TR durante el EF, la fatiga posterior a la sesión no parece verse afectada por la configuración.

5.3 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento la fuerza máxima y acciones explosivas.

Este estudio utilizó un diseño longitudinal pre-post para comparar los efectos de 2 programas de EF de la parte superior del cuerpo que difieren en la configuración de las series (TR y RR) en el PB 1RM y la VL. El hallazgo principal reveló que las ganancias en PB 1RM y la VL no fueron influenciadas por la configuración de las series. Ambos programas de EF (TR y RR) fueron igualmente efectivos para mejorar la PB 1RM, mientras que la VL se mantuvo sin cambios para todos los grupos. Además, no se encontraron correlaciones significativas entre el PB 1RM y la VL. Estos resultados sugieren que se espera que el entrenamiento de PB, utilizando una configuración de las series de TR sin alcanzar el fallo muscular, induzca ganancias similares en la fuerza máxima y el rendimiento de acciones explosivas que una configuración de series de RR.

La hipótesis principal del presente estudio fue aceptada ya que se observaron ganancias similares en PB 1RM y la VL para TRG y RRG. Aunque numerosos estudios han mostrado efectos agudos beneficiosos de la RR sobre la velocidad y el mantenimiento de la producción de potencia durante el entrenamiento con sobrecarga, (Hansen, Cronin, & Newton, 2011; Oliver et al., 2016a) series de TR en la mayoría de estos estudios se realizaron hasta o cerca del fallo muscular. En este sentido, estudios más recientes han informado, para varios ejercicios, resultados cinéticos y cinemáticos agudos bastante similares al comparar configuraciones de series de RR y TR sin alcanzar el fallo muscular (Jukic & Tufano, 2019c; Torrejon et al., 2019a). Los hallazgos del presente estudio amplían aún más los resultados de estudios de efectos agudos previos que no muestran beneficios adicionales de RR en comparación con series de TR sin alcanzar el fallo muscular en el desarrollo de la fuerza máxima y el rendimiento explosivo después de 6 semanas de entrenamiento.

Los resultados del presente estudio están en línea con Lawton et al. (2004) quienes no encontraron diferencias significativas entre TR y RR en la producción de potencia máxima de lanzamiento de PB después de 6 semanas de entrenamiento, así como con los hallazgos de Morales-Artacho et al. (2017) que no revelaron diferencias significativas en los cambios de la fuerza máxima y las capacidades de potencia entre las configuraciones de las series TR y RR después de 3 semanas de entrenamiento de sentadilla con salto. Sin embargo, 2 estudios previos

han reportado mayores ganancias de fuerza máxima en PB y SQ con TR que con configuraciones de RR. (Hansen, Cronin, Pickering, & Newton, 2011; Lawton, Cronin, Drinkwater, Lindsell, & Pyne, 2004a). Las discrepancias entre los estudios probablemente podrían explicarse por las diferentes cargas utilizadas en las intervenciones de entrenamiento y también por la proximidad al fallo muscular dentro de las series de entrenamiento. Más específicamente, Lawton et al. (2004) (80-105% de 6RM), Hansen et al. (2011) (80-95% de 1RM) utilizaron cargas más pesadas en comparación con el presente estudio (75% 1RM) y Morales-Artacho et al. (2017) (20% 1RM). De manera similar, las repeticiones durante la TR solo se realizaron cerca del fallo muscular en los estudios de Lawton et al. (2004) y Hansen et al. (2011). Esto sugiere que la disminución inducida por la fatiga en la velocidad del movimiento, a menudo experimentada durante la TR, puede ser útil para inducir fuerza, probablemente porque resulta en un aumento en el tiempo bajo tensión y la actividad mioeléctrica hacia el final de una serie (Ahtiainen, Pakarinen, Kraemer, & Häkkinen, 2003). Colectivamente, cuando las cargas de entrenamiento no son pesadas (> 80% 1RM) y las repeticiones no se realizan hasta o cerca del fallo muscular, las configuraciones no parecen afectar la fuerza máxima y las adaptaciones de rendimiento de la acción explosiva.

Está ampliamente aceptado que la VL es uno de los factores más decisivos en deportes como el béisbol (Lehman, Drinkwater, & Behm, 2013a) y el balonmano en equipo (Gorostiaga et al., 2005). Además, cada vez más investigaciones sugieren que, además de los factores técnicos, la fuerza y la potencia muscular es de gran importancia para mejorar la V (Gorostiaga et al., 2005; Lehman et al., 2013a; Marques et al., 2007). Por ejemplo, Marques et al., (2007) encontraron correlaciones significativas ($r = .64$) entre la fuerza máxima en PB y la VL en jugadores masculinos de balonmano de élite, mientras que Gorostiaga et al., (2005) reportaron correlaciones similares entre la VL y PB potencia de salida ($r = .72$). Sin embargo, este no fue el caso en el presente estudio ya que no se encontraron correlaciones significativas entre la VL y PB 1RM ni entre tasa de mejora en la VL y mejora en PB 1RM. Esta anomalía podría explicarse por el estudio de Gorostiaga et al., (2005) que examinaron la influencia de la fuerza PB 1RM en la VL en jugadores masculinos de balonmano de élite y aficionados. Los autores informaron que, aunque se observó una relación significativa y fuerte entre PB 1RM y la VL para el grupo de élite, no se obtuvieron relaciones significativas para el grupo amateur. Con base en estos hallazgos, Gorostiaga et al. (2005) concluyeron que la VL podría depender más de la coordinación y la técnica que de las características de fuerza y potencia muscular en jugadores

menos experimentados. La muestra del presente estudio tenía incluso menos experiencia con los deportes de lanzamiento que el grupo amateur reclutado por Gorostiaga et al., (2005), lo que sugiere que ganar fuerza no se transferirá positivamente al rendimiento de la VL si el entrenamiento de fuerza no va acompañado del trabajo de técnica complementaria en esta población. Además, la falta de entrenamiento específico de velocidad en el presente estudio también podría explicar la ausencia de mejora en el rendimiento de la VL, ya que el programa de entrenamiento se centró en la parte fuerza de la relación fuerza-velocidad (es decir, 75% 1RM). Por lo tanto, los estudios futuros deben examinar si la adición de magnitudes de carga específicas de la velocidad (es decir, <50% 1RM) y ejercicios (es decir, lanzamiento de PB) utilizando configuraciones de series TR y RR podría facilitar las adaptaciones del rendimiento de la VL.

En conclusión, los programas de EF de 6 semanas basados en configuraciones de series TR y RR fueron igualmente efectivos para mejorar la fuerza máxima de la parte superior del cuerpo (PB 1RM), mientras que ninguno de los grupos mejoró el rendimiento en la VL. A pesar de la altísima fiabilidad de PB 1RM y VL, no se observaron correlaciones significativas entre ellos, destacando que representan capacidades físicas completamente diferentes en sujetos no especializados en deportes de lanzamiento. En conjunto, estos resultados sugieren que se espera que el entrenamiento de PB utilizando una configuración de serie de TR más simple sin llegar al fallo muscular induzca ganancias similares en la fuerza máxima y el rendimiento de acciones explosivas que las configuraciones de serie de RR.

5.4 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia

El presente estudio comparó el efecto de dos programas de EF diferentes (orientados a la fuerza versus balísticos) sobre VL, PB 1RM y PB 20. Los principales hallazgos mostraron que (1) todas las variables dependientes se obtuvieron con una confiabilidad muy alta, (2) STG mejoró solo el rendimiento de PB 1RM, mientras que BTG mejoró solo el rendimiento de PB 20, (3) ni STG ni BTG aumentaron el rendimiento de la VL, y (4) la VL no se correlacionó significativamente con la PB 1RM y PB 20. Estos resultados indican que un programa de EF a corto plazo basado exclusivamente en el ejercicio de PB realizado contra cargas pesadas (orientadas a la fuerza) o ligeras (balísticas) no es eficaz para aumentar el rendimiento de la VL en hombres entrenados con sobrecarga con poca experiencia en balonmano.

Apoyando nuestra hipótesis principal, los programas de EF implementados en este estudio revelaron un impacto selectivo sobre la fuerza máxima y las adaptaciones de potencia, es decir, el STG solo mejoró el PB 1RM y el BTG solo mejoró el PB 20. Estos resultados están en línea con los hallazgos previos informados por Cormie et al. (2010) quienes observaron incrementos más altos en la capacidad de fuerza máxima después de 10 semanas de entrenamiento de fuerza al 75% -90% de 1RM en comparación con el entrenamiento balístico al 0% -30% de 1RM. Nuestros hallazgos también están de acuerdo con Winchester et al. (2008) quienes demostraron un aumento en la capacidad de potencia máxima, pero no en la capacidad de fuerza máxima, después de 8 semanas de entrenamiento balístico en hombres entrenados en fuerza. Sin embargo, a diferencia de nuestro estudio, McBride et al. (2002) mostraron incrementos comparables en el rendimiento de 1RM en sentadilla posterior después de 8 semanas de EF orientado a la fuerza (saltos verticales al 80% de 1RM) y EF orientado a la potencia (saltos verticales al 30% de 1RM). Una posible explicación de estas discrepancias podría ser que McBride et al. (2002) instruyeron a sus participantes a saltar contra cargas muy pesadas y se sabe que los beneficios del entrenamiento balístico se reducen cuando se utilizan cargas pesadas (Cormie, McGuigan, et al., 2010; Newton & McEvoy, 1994; Newton, Kraemer, Hakkinen, Humphries, & Murphy, 1996). Por lo tanto, es evidente que la forma de realizar los ejercicios (balísticos v/s no balístico) es un factor importante que debe tenerse en cuenta al diseñar programas de EF.

Aunque el ejercicio de PB se ha utilizado ampliamente para aumentar la VL (Cherif et al., 2016; Hermassi et al., 2010; Newton & McEvoy, 1994), los resultados del presente estudio indican que ni el EF balística ni la orientada a la fuerza realizada exclusivamente con el ejercicio de PB son efectivas para aumentar la VL en hombres entrenados con sobrecarga. Estos hallazgos de nuestro estudio están en aparente contradicción con estudios previos que demostraron un aumento en la VL después de programas de EF tanto balísticos como orientados a la fuerza realizados con el ejercicio de PB (Hermassi et al., 2010; Mc Evoy & Newton, 1998b; Tony et al., 1998). La menor duración de nuestro programa de entrenamiento podría explicar estos contradictorios hallazgos, siendo posible que los programas de EF de más de 8 semanas solo sean efectivos para aumentar el rendimiento de la VL en participantes con experiencia en EF. (Hermassi et al., 2010; Mc Evoy & Newton, 1998b; Tony et al., 1998). Si bien muchos mesociclos duran 4 semanas, es evidente que tal duración no es suficiente para inducir incrementos en la VL en jugadores de balonmano recreativo a pesar de las mejoras significativas observadas en PB 1RM (en STG) y PB 20 (en BTG). Estos hallazgos indican que la duración de los mesociclos utilizados para incrementar la VL en los jugadores de balonmano recreativamente activos debe durar más y contener ejercicios de lanzamiento específicos.

Rechazando nuestra segunda hipótesis, el rendimiento de la PB no se correlacionó significativamente con la VL en ningún momento. Aunque se observaron mejoras significativas en PB 1RM para el STG y en PB 20 para BTG, la VL permaneció sin cambios después del entrenamiento para ambos grupos. Estudios anteriores han informado de correlaciones positivas moderadas a fuertes entre el rendimiento de la PB y la VL (Hermassi et al., 2010; Marques et al., 2007). La falta de correlaciones significativas reportadas en nuestro estudio es intrigante, especialmente considerando la muy alta confiabilidad de todas las variables dependientes recolectadas en el presente estudio. La discrepancia en los resultados entre los estudios actuales y anteriores podría explicarse por las características de los participantes. Es decir, estudios previos reclutaron jugadores de balonmano de élite o profesionales, mientras que en el estudio actual los participantes presentaron experiencia en EF pero estaban practicando balonmano solo a nivel recreativo. Por lo tanto, es posible que se puedan alcanzar correlaciones significativas entre el rendimiento de PB y la VL solo en atletas con una técnica de lanzamiento refinada y que la mayor variabilidad esperada en la habilidad de lanzamiento en nuestros participantes podría haber sesgado las asociaciones entre la VL y rendimiento de PB. Además, se sabe que el movimiento de lanzamiento requiere altos niveles de técnica y es posible que un atleta no pueda

beneficiarse del EF hasta que haya alcanzado altos estándares en habilidades técnicas. Por lo tanto, en ausencia de una técnica adecuada, el EF no se puede utilizar de manera efectiva para aumentar la VL. Aunque se ha utilizado ampliamente para aumentar la VL, (Cherif et al., 2016; Hermassi et al., 2010; Newton & McEvoy, 1994) los resultados del presente estudio indican que ni el EF balístico ni el orientado a la fuerza realizados exclusivamente con el ejercicio de PB son efectivas para aumentar la VL en hombres entrenados con sobrecarga.

En conclusión, un programa de EF de 4 semanas basado exclusivamente en el ejercicio de PB puede impactar selectivamente la fuerza máxima y las adaptaciones de potencia de la parte superior del cuerpo. El grupo de EF orientado a la fuerza mejoró el rendimiento de PB 1RM, el grupo de entrenamiento balístico mejoró el rendimiento de PB 20 y ninguno de los grupos mejoró el rendimiento de la VL. Contrariamente a los hallazgos anteriores informados para los jugadores de balonmano, no se observaron correlaciones significativas entre el rendimiento de la PB y la VL en nuestros participantes (hombres entrenados en fuerza con poca experiencia en balonmano). Estos resultados confirman que la mejora de la VL depende más de las habilidades técnicas que de la fuerza de la parte superior del cuerpo y las capacidades de potencia de los atletas.

6. CONCLUSIONES

La VL puede ser evaluada con una fiabilidad muy alta en los participantes con y sin experiencia previa de balonmano, con la única excepción de un lanzamiento inespecífico en los participantes sin experiencia. El lanzamiento con 3 pasos debe ser recomendado debido a su alta fiabilidad y una mayor prevalencia durante las competiciones de balonmano.

Nuestros resultados además mostraron que la velocidad de lanzamiento no es un buen indicador de la fatiga aguda inducida por diferentes protocolos de entrenamiento de fuerza, al contrario de lo que ha sido mostrado para el CMJ. Diferentes programas de entrenamiento de fuerza desarrollados en una máquina Smith demostraron ser efectivos para incrementar la fuerza máxima o velocidad a la que se desplaza una carga en el ejercicio de press de banca. Sin embargo, ninguno de los programas de entrenamiento de 4 o 6 semanas probaron ser efectivos para incrementar la velocidad de lanzamiento.

Además, nuestros resultados muestran que los cambios en la RM en el ejercicio de press de banca y la velocidad a la que se desplaza una carga submáxima en el ejercicio de press de banca no están significativamente asociados con los cambios en la velocidad de lanzamiento observados tras el entrenamiento.

7. LIMITACIONES Y FORTALEZAS

7.1 **Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas**

Este estudio presenta varias limitaciones que conviene reconocer. Por ejemplo, los grupos experimentados y no experimentados diferían en edad y masa corporal y el grupo experimentado era mayor y más pesado. Por lo tanto, no se puede descartar que las diferencias entre grupos observadas en nuestro estudio no sean causadas por las diferencias en la edad o la masa corporal más que por la diferencia en la experiencia competitiva de balonmano.

Además, el tamaño de la muestra del grupo experimentado fue menor que el del grupo sin experiencia debido a la imposibilidad de reclutar un mayor número de jugadores de balonmano experimentados. Esto podría ser problemático porque la amplitud de los intervalos de confianza de los resultados de confiabilidad aumenta con tamaños de muestra más bajos.

7.2 **Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza**

Una limitación de nuestro estudio es que solo se midieron variables mecánicas y perceptivas, mientras que estudios previos también han analizado las respuestas metabólicas y hormonales. También es importante señalar que, aunque tanto CL como RR fueron efectivos para mantener velocidades más altas y valores de RPE más bajos durante el entrenamiento que TR, estos hallazgos pueden no ser aplicables a otros ejercicios, cargas, estrategias de entrenamiento (por ejemplo, proximidad al fallo) o poblaciones. (por ejemplo, mujeres o deportistas sometidos a fuertes sobrecargas). También se debe dilucidar si los hallazgos de estos estudios se pueden replicar cuando los ejercicios de SQ y PB se realizan con pesas libres. Por lo tanto, aunque el creciente cuerpo de investigación sugiere ahora que la implementación de estructuras de conjuntos CL y RR son efectivas para combatir la fatiga aguda durante el EF, aún se necesita más investigación para aclarar su efectividad para mitigar la fatiga residual después del EF.

7.3 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento la fuerza máxima y acciones explosivas.

Un aspecto metodológico positivo de este estudio es que se utilizaron registros de velocidad para prescribir la carga en cada sesión de entrenamiento en función de la preparación diaria de los sujetos, mientras que todos los estudios que examinaron previamente el efecto de TR y RR establecieron configuraciones en las adaptaciones de rendimiento, prescritas las cargas basadas en el 1RM previo a la intervención. Sin embargo, se deben reconocer una serie de limitaciones. Por ejemplo, Moir et al., (2013) revelaron una menor producción de potencia durante el ejercicio de peso muerto al realizar una serie de 4 repeticiones individuales con 30 segundos de descanso entre repeticiones en comparación con realizar las 4 repeticiones seguidas. Esto llevó a los autores a concluir que los mecanismos competitivos de fatiga y potenciación dieron como resultado diferentes respuestas mecánicas y que tales relaciones siempre deben considerarse al diseñar un programa de entrenamiento de resistencia. En este sentido, es plausible redistribuir los períodos de descanso de TR para crear RR con más de 1 repetición por serie hubiera permitido mayores adaptaciones de entrenamiento para el RRG, pero esto debería ser explorado en estudios futuros.

Se recomiendan las configuraciones CL y RR para reducir la fatiga mecánica y percepción durante las sesiones de EF no realizadas al fallo muscular en comparación con una configuración TR. Sin embargo, nuestros resultados también sugieren que se necesitan intervalos de descanso intra-series más largos para la PB en comparación con el SQ con el fin de mantener altas velocidades de movimiento durante las series sucesivas de una sesión de EF.

7.4 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia.

Con respecto a las posibles limitaciones, debemos reconocer que, aunque nuestros participantes eran hombres entrenados en fuerza, tenían poca experiencia con el entrenamiento de balonmano. Esta podría ser la razón principal de las bajas correlaciones observadas entre el rendimiento de la PB y la VL. Otra limitación es que no incluimos el lanzamiento de ejercicios específicos durante el programa de entrenamiento, lo que parece ser un requisito de entrenamiento ineludible para aumentar la VL en participantes con poca experiencia en balonmano.

El presente estudio muestra que un programa de entrenamiento de resistencia de 4 semanas es efectivo para aumentar el rendimiento de la PB (PB1RM y PB20) en jugadores de balonmano recreativo, pero estas mejoras no son transferibles a un aumento en la VL. Desafortunadamente, no fue posible extender el programa de entrenamiento por más de 4 semanas en el presente estudio.

8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

8.1 Estudio I: Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante pruebas de lanzamiento de balonmano no específicas y específicas

Futuros estudios podrían considerar homologar la edad, masa corporal y el nivel de experiencia para descartar que las diferencias entre grupos observados en nuestro estudio no sean causadas por las diferencias en la edad o la masa corporal más que por la diferencia en la experiencia competitiva de balonmano aislando la variable entrenamiento. Además, el tamaño de la muestra del grupo experimentado fue menor que el del grupo no experimentado debido a la imposibilidad de reclutar un mayor número de jugadores de balonmano experimentados.

Sería interesante analizar otros test de VL en jugadores con experiencia y sin experiencia, con otro tipo de implementos de mayor o menor peso, así como asociar los niveles de coordinación intra e intermuscular como predictores de eficiencia en la VL.

8.2 Estudio II: Efecto de las configuraciones de series de redistribución del descanso, tradicional y clúster sobre las respuestas neuromusculares y perceptuales durante el entrenamiento de fuerza orientado a la fuerza

Puede ser interesante conocer si estos hallazgos pueden ser aplicables a otros ejercicios, cargas, estrategias de entrenamiento (por ejemplo, proximidad al fallo) o poblaciones. (por ejemplo, mujeres o deportistas). También se debe dilucidar si los hallazgos de estos estudios se pueden replicar cuando los ejercicios de SQ y PB se realizan con pesas libres. Aunque el creciente cuerpo de investigación sugiere ahora que la implementación de estructuras de series CL y RR son efectivas para combatir la fatiga aguda durante el EF. Aún se necesita más investigación para aclarar su efectividad para mitigar la fatiga residual después de la RT.

8.3 Estudio III: Efecto de los programas de entrenamiento de fuerza que difieren en la configuración establecida sobre el rendimiento la fuerza máxima y acciones explosivas.

Estudios futuros podrían considerar redistribuir los períodos de descanso asignados a TR para crear RR con más de 1 repetición por serie, lo que pudiese permitir mayores adaptaciones de entrenamiento para el RRG. Finalmente, este estudio debe replicarse con atletas experimentados en deportes de lanzamiento (por ejemplo, balonmano en equipo) para dilucidar si la falta de asociación entre los cambios en la PB 1RM y los cambios en la VL informados en este estudio se pueden extrapolar a una población entrenada.

8.4 Estudio IV: Cambios en el rendimiento del press de banca y la velocidad de lanzamiento después de un programa de entrenamiento orientado a la fuerza y potencia.

Estudios futuros deberían reclutar jugadores de balonmano más capacitados e incluir ejercicios específicos de lanzamiento como parte del programa de entrenamiento para investigar si en estas condiciones los cambios en el rendimiento de la PB están significativamente asociados con los cambios en la VL.

Los estudios futuros deberían examinar si un aumento en el rendimiento de la PB después de un programa de entrenamiento a corto plazo se asocia significativamente con un aumento en la VL en jugadores profesionales de balonmano más capacitados. Aunque la falta de cambios en la VL podría explicarse por la no inclusión del lanzamiento de ejercicios específicos como parte de los programas de entrenamiento, también es posible que con un programa de entrenamiento más largo se haya producido un aumento significativo en la VL y esto queda por dilucidar en estudios futuros.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aeder, , Hernandez, & Errauti. (2015). Effects of Six Weeks of Medicine Ball Training on Throwing Velocity, Throwing Precision, *Journal Of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1904–1914.
- Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso. & Cuadrado-Reyes. (2012a). Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 12(48), 729–744.
- Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso. & Cuadrado-Reyes. (2012b). Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Revista Internacional de Edicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 12(48), 729–744.
- Ahtiainen, Pakarinen, Kraemer, & Häkkinen. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. Maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 410–418. <https://doi.org/10.1055/s-2003-41171>
- Ahtiainen, Pakarinen, Kraemer, & Hakkinen. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquee*, 29(5), 527–543. <https://doi.org/10.1139/h04-034>
- Amarante do Nascimento, Borges Januário, Gerage, Mayhew, Cheche Pina, & Cyrino,. (2013b). Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1636–1642.
- Andrade, Fachina, Cruz, Benito-Silva, da Silva, & De Lira. (2011). Strength field tests performance are correlated with isokinetic strength of shoulder rotator muscles in female handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitnees*, 47(3), 381–390.
- Andrade, De Carvalho Koffes, Benedito-Silva, Da Silva, & De Lira. (2016). Effect of fatigue caused by a simulated handball game on ball throwing velocity, shoulder muscle strength

- and balance ratio: A prospective study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13102-016-0038-9>
- Baker, & Newton, (2007). Change in power output across a high-repetition set of bench throws and jump squats in highly trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1007–1011. <https://doi.org/10.1519/R-22376.1>
- Balsalobre-Fernandez, Glaister, & Lockey. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Bautista, Chiroso, Chiroso, Martin, Rivilla. (2016). Original Rpe and Velocity How Intensity Markers of. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 15.
- Bayios, Anastasopoulou, Sioudris, & Boudolos. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 229–235.
- Behm, & Sale. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 74(1), 359–368.
- Bird, Tarpenning, & Marino. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, 35(10), 841–851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
- Burd, Andrews, West, Little, Cochran, Hector, Phillips. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *The Journal of Physiology*, 590(2), 351–362. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.221200>
- Calero Morales, & González Catalá,. (2014). *Teoría y metodología de la Educación Física*. <https://doi.org/http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9227>
- Chelly, Ghenem, Abid, Hermassi, Tabka, & Shephard. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2670–2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e2728f>
- Chelly, Hermassi, Aouadi, & Shephard. (2014). Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players.

- Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1401–1410.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000279>
- Chelly, Hermassi, & Shephard. (2010b). Relationships between Power and Strength of the Upper and Lower Limb Muscles and Throwing Velocity in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480–1487.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Cherif, Chtourou, Souissi, Aouidet, & Chamari. (2016). Maximal power training induced different improvement in throwing velocity and muscle strength according to playing positions in elite male handball players. *Biology of Sport*, 33(4), 393–398.
<https://doi.org/10.5604/20831862.1224096>
- Clark, Bryant, & Humphries. (2008). A comparison of force curve profiles between the bench press and ballistic bench throws. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1755–1759. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874735>
- Claudino, Cronin, Mezêncio, McMaster, McGuigan, Tricoli, Serrão. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences second edition*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cormie, McGuigan, & Newton. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med. Sci. Sports Exerc*, 42(8), 1582–1598.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>
- Cormie, McGuigan, & Newton. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1-- biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38.
<https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Cormie, McGuigan, & Newton. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146. <https://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>
- Cronin, McNair, & Marshall. (2002). Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, 42(3), 267–273.
- Debanne, & Laffaye. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*, 29(7), 705–713.

<https://doi.org/10.1080/02640414.2011.552112>

- Eriksrud, Sæland, Federolf, & Cabri. (2019). Functional mobility and dynamic postural control predict overhead handball throwing performance in elite female team handball players. *Journal of Sports Science and Medicine*, *18*(1), 91–100.
- Ettema, Glosen, & van den Tillaar. (2008). Effect of specific resistance training on overarm throwing performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *3*(2), 164–175. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.2.164>
- Fieseler, Hermassi, Hoffmeyer, Schulze, Irlenbusch, Bartels, Schwesig. (2017). Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: A tool for talent profiling. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *57*(7–8), 985–992. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06938-9>
- Fleck, Smith, Craib, Denahan, Snow, & Mitchell. (1992). Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *Journal of Applied Sport Science Research*, *6*(2), 120–124. <https://doi.org/10.1519/00124278-199205000-00010>
- Folland, Irish, Roberts, Tarr, & Jones. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British Journal of Sports Medicine*, *36*(5), 370–373. <https://doi.org/10.1136/bjism.36.5.370>
- Freeston, Ferdinands, & Rooney. (2007a). Throwing velocity and accuracy in elite and sub-elite cricket players: A descriptive study. *European Journal of Sport Science*, *7*(4), 231–237. <https://doi.org/10.1080/17461390701733793>
- Fulton, Pyne, Hopkins, & Burkett. (2009). Variability and progression in competitive performance of Paralympic swimmers. *Journal of Sports Sciences*, *27*(5), 535–539. <https://doi.org/10.1080/02640410802641418>
- Gabbett, Kelly, Ralph, & Driscoll. (2009). Physiological and anthropometric characteristics of junior elite and sub-elite rugby league players, with special reference to starters and non-starters. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(1), 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.06.008>
- García-Ramos, González-Hernández, Baños-Pelegrín, Castaño-Zambudio, Capelo-Ramírez, Boullosa, Jiménez-Reyes. (2017). Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002301>
- García-Ramos, Padial, Haff, Argüelles-Cienfuegos, García-Ramos, Conde-Pipó, & Feriche. (2015a). Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the

- ballistic bench press exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(9), 2388–2396. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000891>
- García-Ramos, Pestaña-Melero, Pérez-Castilla, Rojas, & Haff. (2018a). Differences in the load-velocity profile between 4 bench press variants. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 326–331. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0158>
- García-Ramos, Pestaña-Melero, Pérez-Castilla, Rojas, & Haff. (2018b). Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1273–1279. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001998>
- Girman, Jones, Matthews, & Wood. (2014). Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. *European Journal of Sport Science*, 14(2), 151–159. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.775351>
- Godwin, Fernandes, & Twist. (2018). Effects of variable resistance using chains on bench throw performance in trained rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 950–954. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002421>
- González-Badillo, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & Pareja-Blanco. (2014a). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- González-Hernández, García-Ramos, Capelo-Ramírez, Castaño-Zambudio, Marquez, Boullosa, & Jiménez-Reyes. (2017). Mechanical, metabolic, and perceptual acute responses to different set configurations in full squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002117>
- Gorostiaga, Granados, Ibáñez, & Izquierdo. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>
- Gorostiaga, Izquierdo, Iturralde, Ruesta, & Ibáñez. (1999). Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(5), 485–493. <https://doi.org/10.1007/s004210050622>
- Granados, Izquierdo, Ibáñez, Bonnabau, & Gorostiaga. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860–867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>

- Gutiérrez-Dávila, Ortega-Becerra, Parraga, Campos, & Rojas. (2011). Variability of the temporary sequence of the kinetichain of the handball trow. *Revista Internacional de Medicina En Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 11(43), 455–471.
- Gutiérrez Dávila, Rojas Ruiz, Ortega Becerra, Párraga Montilla, & Campos Granell. (2012). Variabilidad funcional como factor de eficiencia en los lanzamientos a portería en balonmano. *E-Balonmano.Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, 8(2), 121–134.
- Häkkinen, Komi, & Alen (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4), 587–600.
- Hansen, Cronin, & Newton. (2011). The effect of cluster loading on force, velocity, and power during ballistic jump squat training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(4), 455–468. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.4.455>
- Hansen, Cronin, Pickering, & Newton. (2011). Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2118–2126. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220b6a3>
- Harriss, Macsween, & Atkinson. (2019). Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 40, pp. 813–817. <https://doi.org/10.1055/a-1015-3123>
- Hermassi, Chelly, Fathloun, & Shephard. (2010). The effect of heavy-vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2408–2418. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e58d7c>
- Hermassi, Chelly, Tabka, Shephard, & Chamari. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2424–2433. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182030edb>
- Hermassi, Delank, Fieseler, Bartels, Chelly, Khalif, Schwesig. (2019). Relationships Between Olympic Weightlifting Exercises, Peak Power of the Upper and Lower Limb, Muscle Volume and Throwing Ball Velocity in Elite Male Handball Players. *Sportverletz Sportschaden*, 33(2), 104–112. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1055/a-0625-8705>
- Hermassi, Ghaith, Schwesig, Shephard, & Chelly. (2019). Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint

- performance in handball players. *PLoS ONE*, *14*(7), e0214827.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221189>
- Hermassi, Wollny, Schwesig, Shephard, & Chelly. (2019). Effects of In-Season Circuit Training on Physical Abilities in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(4), 944–957. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002270>
- Hermassi, & van den Tillaar, Khlifa. (2015). Comparison of in-season-specific resistance vs. aregular throwing training program on throwing velocity,anthropometry, and power performance in elite handball players. *Strength And Conditioning*, *18*(1), 59–62.
- Hoff, & Almåsbygg. (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *9*(4), 255–258. <https://doi.org/10.1519/00124278-199511000-00011>
- Hopkins. (2000). Calculations for reliability (Excel spreadsheet).
- Hopkins. (2009). Sport Performance at the Oslo Conference of the European College of Sport Science. *Sportscience*, *13*, 1–6. Retrieved from
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=58495047&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Iglesias-Soler, Carballeira, Sánchez-Otero, Mayo, Jiménez, & Chapman. (2012). Acute effects of distribution of rest between repetitions. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(5), 351–358. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299699>
- Iglesias-Soler, Fernandez-del-Olmo, Mayo, Farinas, Rio-Rodriguez, Carballeira, Tuimil. (2017). Changes in the Force-Velocity Mechanical Profile After Short Resistance Training Programs Differing in Set Configurations. *Journal of Applied Biomechanics*, *33*(2), 144–152. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0181>
- Iglesias-Soler, Mayo, Rio-Rodriguez, Carballeira, Farinas, & Fernandez-Del-Olmo. (2016a). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of Sports Sciences*, *34*(15), 1473–1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>
- Izquierdo, Häkkinen, Gonzalez-Badillo, Ibáñez, & Gorostiaga. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in

- athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87(3), 264–271. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0628-y>
- James, Haff, Kelly, Connick, Hoffman, & Beckman. (2018). The impact of strength level on adaptations to combined weightlifting, plyometric, and ballistic training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(5), 1494–1505. <https://doi.org/10.1111/sms.13045>
- James, Roberts, Haff, Kelly, & Beckman. (2017). Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1378–1386. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001201>
- Janicijevic, González-Hernández, Gu, & Garcia-Ramos. (2020). Differences in the magnitude and reliability of velocity variables collected during 3 variants of the bench press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 38(7), 759–766.
- Jimenez-Reyes, Samozino, Garcia-Ramos, Cuadrado-Penafiel, Brughelli, & Morin. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937. <https://doi.org/10.7717/peerj.5937>
- Jukic, & Tufano. (2019a). Rest redistribution functions as a free and ad-hoc equivalent to commonly used velocity-based training thresholds during clean pulls at different loads. *Journal of Human Kinetics*, 68, 5–16. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0052>
- Jukic, & Tufano. (2019c). Shorter but more frequent rest periods: no effect on velocity and power compared to traditional sets not performed to failure. *J Hum Kinet*, 66, 257–268. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0070>
- Kraemer, Ratamess, & French. (2002). Resistance training for health and performance. *Current Sports Medicine Reports*, Vol. 1, pp. 165–171. <https://doi.org/10.1249/00149619-200206000-00007>
- Kuhn, Weberrub, & Horstmann. (2019). Effects of core stability training on throwing velocity and core strength in female handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9), 1479–1486. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09295-2>
- James, Roberts, Haff, & Beckman. (2015). *Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull*. 1378–1386.
- Latella, Teo, Drinkwater, Kendall, & Haff. (2019). The acute neuromuscular responses to cluster set resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(12), 1861–1877. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01172-z>
- Lawton, Cronin, Drinkwater, Lindsell, & Pyne. (2004a). The effect of continuous repetition

- training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(4), 361–367.
- Lawton, Cronin, & Lindsell. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 172–176. <https://doi.org/10.1519/R-13893.1>
- Lehman, Drinkwater, & Behm. (2013a). Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 902–908. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/04000/Correlation_of_Throwing_Velocity_to_the_Results_of.5.aspx
- Loturco, Pereira, Kobal, & McGuigan. (2018). Power output in traditional and ballistic bench press in elite athletes: Influence of training background. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–8. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1496517>
- Machado, Cortell-Tormo, & Tortosa-Martínez. (2018). Effects of two different training periodization models on Physical and physiological aspects of elite female team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 280–287.
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, · Per, Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Manchado, Tortosa, Vila, Ferragut, & Platen. (2013a). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects a review. *Journal Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708–1719.
- Mangine, Ratamess, Hoffman, Faigenbaum, Kang, & Chilakos. (2008). The effects of combined ballistic and heavy resistance training on maximal lower- and upper-body strength in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 132–139. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f5729>
- Marques & Gonzalez Badillo. (2006). *In Season resistance training and detraining in profesional team handball players*.
- Marques, van den Tillaar, Vescovi, & Gonzalez-Badillo. (2007a). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414–422. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.414>
- Mayo, Iglesias-Soler, & Fernández-Del-Olmo. (2014). Effects of set configuration of resistance exercise on perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*, 119(3), 825–837.

<https://doi.org/10.2466/25.29.PMS.119c30z3>

- Mayo, Iglesias-Soler, Fustes-Piñeiro, & González-Hernández. (2014). Neuromuscular performance is affected by set configuration and the type of resistance exercise. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 9(25 SUPPL.). Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84906487043&partnerID=40&md5=1f8620e673d1172cd17c4f925c0945f2>
- Mc Evoy, & Newton. (1998a). Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 216–221.
- McBride, Triplett-McBride, Davie, & Newton. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75–82. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2002\)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2002)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2)
- Chelly, Hermassi, & Shephard. (2014). *Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players*. 28(5), 1401–1410.
- Moir, Graham, Davis, Guers, & Witmer. (2013). Effect of cluster set configurations on mechanical variables during the deadlift exercise. *J Hum Kinet*, 39, 15–23. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0064>
- Morales-Artacho, Padial, García-Ramos, Pérez-Castilla, & Feriche. (2017). Influence of a cluster set configurations on the adaptations to short-term power training. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Newton, Kraemer, Häkkinen, Humphries, & Murphy. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.12.1.31>
- Newton, Robert, & McEvoy. (1994). Baseball Throwing Velocity: A Comparison of Medicine Ball Training and Weight Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(3), 198–203. <https://doi.org/10.1519/00124278-199408000-00013>
- Oliver, Kreutzer, Jenke, Phillips, Mitchell, & Jones. (2016a). Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 235–243. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001023>
- Oliver, Jagim, Sanchez, Mardock, Kelly, Meredith, Kreider. (2013). Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *Journal of Strength and*

- Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 27(11), 3116–3131. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891672>
- Ortega-Becerra, Pareja-Blanco, Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñafiel, & Gonzalez-Badillo. (2018). Determinat factors of physical performance and specific throwing in handball players of different ages. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1778–1786.
- Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & González-Badillo. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916–924.
- Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Sanchis-Moysi, Dorado, Mora-Custodio, González-Badillo. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/SMS.12678>
- Pérez-Castilla, Piepoli, Garrido-Blanca, Delgado-García, Balsalobre-Fernández, & García-Ramos. (2019a). Precision of 7 Commercially Available Devices for Predicting the Bench Press 1-Repetition Maximum From the Individual Load-Velocity Relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0801>
- Piscitelli, Milanese, Sandri, Cavedon, & Zancanaro. (2016). Investigating predictors of ball-throwing velocity in team handball: the role of sex, anthropometry, and body composition. *Sport Sciences for Health*, 12(1), 11–20. <https://doi.org/10.1007/s11332-015-0248-7>
- Ratamess, Alvar, Evetoch, Housch, Kibler, Kraemer, & Triplett. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Schwesig, Koke, Fischer, Fieseler, Delank, & Hermassi. (2016). *Validity and reliability of the new handball-specific complex test*. 476–486.
- Riemann, Hipko, Johnson, Murphy, & Davies. (2019). Effects of medicine ball mass on the intensity of 90°/90° plyometric throwing exercise. *Physical Therapy in Sport*, 40, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.10.002>
- Ritti-Dias, Avelar, Salvador, & Cyrino. (2011). Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. *Journal of Strength and*

- Conditioning Research*, 25(5), 1418–1422.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c4b>
- Rivilla-García, J. (2009). Estudio del lanzamiento en balonmano en función del grado de especificidad e implicación cognitiva. *Tesis Doctoral*.
- Rivilla-García, Grande, Sampedro, & van den Tillaar. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(3), 534–539.
- Rivilla García, Grande Rodríguez, Chiroso, Gómez Ortiz, & Sampedro Molinuevo. (2011). Differences and Relationship Between Standard and Specific Throwing Test in Handball According to the Competitive and Professional Level. *Journal of Sport and Health Research*, 3(2), 143–152.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333–341.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2014). Self-paced and temporally constrained throwing performance by team-handball experts and novices without foreknowledge of target position. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(1), 41–46.
- Ruiz Perez., L. & P. R. (2008). El estudio del desarrollo motor: entre la tradición y el futuro. *Fuentes. Revista de La Facultad de Ciencias de La Educacion*, (8), 243–258.
- Ruiz Pérez, L. (1995). Concepciones cognitivas del desarrollo motor humano. *Revista de Psicología General y Aplicada: Revista de La Federación Española de Asociaciones de Psicología*, Vol. 48, pp. 47–57.
- Hermassi, & Roland van den Tillaar, Riadh Khelifa, Mohamed Souhail Chelly, a. k. c. (2004). *Comparison of in-season-specific resistance vs. aregular throwing training program on throwing velocity,anthropometry, and power performance in elite handball players*. 18(1), 59–62.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., & Moya, M. (2016a). Effects of 4-Week training intervention with unknown loads on power output performance and throwing velocity in junior team handball players. *PLoS ONE*, 11(6), e0157648.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157648>
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., & Moya, M. (2016b). Effects of 4-Week

- training intervention with unknown loads on power output performance and throwing velocity in junior team handball players. *PLoS ONE*, *11*(6), 1–12.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157648>
- Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(3), 712–718.
- Sáez de Villarreal, E., Requena, B., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2013). Enhancing sprint and strength performance: Combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(2), 146–150. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.007>
- Sakamoto, A., Kuroda, A., Sinclair, P. J., Naito, H., & Sakuma, K. (2018). The effectiveness of bench press training with or without throws on strength and shot put distance of competitive university athletes. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(9), 1821–1830. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3917-9>
- Sale, D G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5 Suppl), S135-45. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009>
- Sale, Digby G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5), S135–S145. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131120-00001>
- Sánchez-Medina, L, Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, *1*(2), E80–E88.
- Sánchez-Medina, Luis, & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- Sánchez Vinuesa, A., Oña Sicilia, A., & Párraga Montilla, J. (2001). Importancia de la velocidad de salida del balón y de la precisión como parámetros de eficacia en el lanzamiento en salto a distancia en balonmano. *Apunts: Educación Física y Deportes*, (66), 44–51.
- Sarvestan, J., Riedel, V., Gonosová, Z., Linduška, P., & Přidalová, M. (2019). Relationship between anthropometric and strength variables and maximal throwing velocity in female junior handball players – A pilot study. *Acta Gymnica*, *49*(3), 132–137.
<https://doi.org/10.5507/ag.2019.012>
- Schoenfeld, B., & Grgic, J. (2019). Does training to failure maximize muscle hypertrophy? *Strength & Conditioning Journal*, *41*(5), 108–113.

<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000473>

Schwesig, R., Koke, A., Fischer, D., Fieseler, G., Jungermann, P., Delank, K. S., & Hermassi, S. (2016). Validity and Reliability of the New Handball-Specific Complex Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 476–486.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001061>

Skoufas, D., Kotzamanidis, C., Hatzikotoylas, K., Bebetos, G., & Patikas, D. (2003). The relationship between the anthropometric variables and the throwing performance in handball. *Journal of Human Movement Studies*, 45(5), 469–484.

Spiering, B., Kraemer, W., Anderson, J., Armstrong, L., Nindl, B., Volek, J., & Maresh, C. (2008). Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Medicine*, 38(7), 527–540.

Spieszny, M., & Zubik, M. (2018). Modification of Strength Training Programs in Handball Players and its Influence on Power during the Competitive Period. *Journal of Human Kinetics*, 63(1), 149–160. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0015>

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785.

<https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>

Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016a). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449.

<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>

Szymanski, D. J. (2012a). Effects of various resistance training methods on overhand throwing power athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 61–74.

<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826dc3de>

Tony, L., Evon, J., & Pastiglione, J. (1998). The effect of an upper body strength program on intercollegiate baseball throwing velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 116–119.

Torrejon, A., Janicijevic, D., Haff, G. G., & Garcia-Ramos, A. (2019a). Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 119(6), 1409–1417.

<https://doi.org/10.1007/s00421-019-04131-8>

- Torrejón, Alejandro, Balsalobre-Fernández, C., Haff, G. G., & García-Ramos, A. (2018). The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *Sports Biomechanics*, 1–11.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1433872>
- Tufano, J. J., Brown, L. E., Haff, G. G., & Gregory Haff, G. (2017a). Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 848–867. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001581>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Petkovic, A., Frick, J., & Gregory Haff, G. (2017). Effects of cluster sets and rest-redistribution on mechanical responses to back squats in trained men. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 35–43. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=124483016&site=ehost-live&scope=site>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 885–892. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0602>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Oliver, J. M., Kreutzer, A., & Haff, G. G. (2019). Different cluster sets result in similar metabolic, endocrine, and perceptual responses in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 346–354.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001898>
- van den Tillaar. (2004). Effect of Different Training Programs on the Velocity of Overarm Throwing: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18.
<https://doi.org/10.1519/R-12792.1>
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing By Experienced Team Handball Players. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 731–742.
- Vernillo, G., Temesi, J., Martin, M., & Millet, G. Y. (2018). Mechanisms of fatigue and recovery in upper versus lower limbs in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(2), 334–343. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001445>
- Vila, H., & Ferragut, C. (2019). Throwing speed in team handball: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 724–736.
<https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1649344>

- Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abrales, J. A., Alcaraz, P. E., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2146–2155. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823b0a46>
- Vila, H. E. V., Manchado, C. A. M., Odriguez, N. U. R., Ose, J., L caraz, P. edro E. M. A., & Erragut, C. A. F. (2012). *Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women*. (31), 2146–2155.
- Vuleta, D., Sporiš, G., Talović, M., & Jelešković, E. (2010). Reliability and factorial validity of power tests for handball players. *Sport Science*, 3(1), 42–46.
- Wagner, H., Orwat, M., Hinz, M., Pfusterschmied, J., Bacharach, D. W., von Duvillard, S. P., & Muller, E. (2016). Testing game-based performance in team-handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2794–2801.
- Wagner, H., Sperl, B., Bell, J., & von Duvillard, S. P. (2019). Testing specific physical performance in mael team handball players and the realaiontship to general testes in team sports. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 4(33), 1056–1064.
- Walker, S., Davis, L., Avela, J., & Hakkinen, K. (2012). Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 356–362. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.12.009>
- Weakley, J. J. S., Till, K., Darrall-Jones, J., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J., Read, D. B., & Jones, B. L. (2017a). The influence of resistance training experience on the between-day reliability of commonly used strength measures in male youth athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(7), 2005–2010. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2017/07000/The_Influence_of_Resistance_Training_Experience_on.31.aspx
- Weakley, J., Ramirez-Lopez, C., McLaren, S., Dalton-Barron, N., Weaving, D., Jones, B., ... Banyard, H. (2019). The Effects of 10%, 20%, and 30% Velocity Loss Thresholds on Kinetic, Kinematic, and Repetition Characteristics During the Barbell Back Squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–9. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-1008>
- Winchester, J. B., McBride, J. M., Maher, M. A., Mikat, R. P., Allen, B. K., Kline, D. E., & Mcguigan, M. R. (2008). Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. *Journal of Strength and*

Conditioning Research, 22(6), 1728–1734.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181821abb>

- Winett, R. A., & Carpinelli, R. N. (2001). Potential health-related benefits of resistance training. *Preventive Medicine*, 33(5), 503–513. <https://doi.org/10.1006/pmed.2001.0909>
- Young, W. B., Newton, R. U., Doyle, T. L. A., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G., & Dawson, B. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules Football: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(3), 333–345. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(05\)80044-1](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(05)80044-1)
- Zapartidis, I., Skoufas, D., Vareltsis, I., Christodoulidis, T., Toganidis, T., & Kororos, P. (2009). Factors Influencing Ball Throwing Velocity in Young Female Handball Players. *The Open Sports Medicine Journal*, 3(1), 39–43. <https://doi.org/10.2174/1874387000903010039>
- Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., ... Terzis, G. (2013). Effects of strength vs. Ballistic-power training on throwing performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(1), 130–137.
- Ziv, G., Lidor, R., Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J. A., ... Gorostiaga, E. M. (2007). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 860–867. <https://doi.org/10.1080/17461390903038470>

10. RELACIÓN DE TABLAS Y FIGURAS

10.1 Relación de tablas.

Tabla 1. Resumen de las principales características metodológicas de los estudios incluidos en la presente tesis doctoral.

Tabla 2. Fiabilidad de la velocidad de lanzamiento durante diferentes pruebas de lanzamiento de balonmano en jugadores de balonmano experimentados y no experimentados.

Tabla 3. Asociación de rendimiento de velocidad de lanzamiento entre los diferentes tipos de lanzamientos para todo el conjunto de datos y por separado para los grupos no experimentados y experimentados.

Tabla 4. Tamaño del efecto g de Hedge (ES) que compara la velocidad concéntrica media de cada repetición entre las configuraciones tradicionales (TR), clúster (CL) y redistribución del descanso (RR).

Tabla 5. Magnitud del máximo de 1 repetición de press de banca (1RM) y velocidad de lanzamiento de las dos pruebas previas y posteriores a la prueba consecutiva para el grupo tradicional (TRG), el grupo de redistribución del descanso (RRG) y el grupo de control (CG).

Tabla 6. Magnitud del máximo de 1 repetición de press de banca (BP 1RM), velocidad máxima de press de banca contra 20 kg (PB20) y velocidad de lanzamiento de balonmano (VL) de las dos pruebas previas y posteriores a la prueba consecutivas para el grupo de entrenamiento de fuerza (STG) y el grupo de entrenamiento balístico (BTG).

10.2 Relación de figuras.

Figura 1. Descripción general de las tres configuraciones de ajuste utilizados en el presente estudio.

Figura 2. Comparación del coeficiente de variación (CV) obtenido para (A) tipo de procedimiento utilizado para elegir la velocidad de lanzamiento, (B) tipo de lanzamiento empleado y (C) grupo.

Figura 3. Valores de velocidad de lanzamiento individuales obtenidos durante los 3 tipos de lanzamientos.

Figura 4. Comparación de la velocidad de movimiento entre los diferentes números de los conjuntos y configuraciones establecidas.

Figura 5. Comparación de la velocidad de movimiento en cada repetición entre las configuraciones establecidas para la posición en cuclillas (panel superior) y la prensa de banco (panel inferior) ejercicios.

Figura 6. Comparación de la altura de salto con contramovimiento (parte superior del panel) y la velocidad de lanzamiento (panel inferior) antes (pre) y después (Post).

Figura 7. Comparación de las puntuaciones de esfuerzo percibido (RPE) entre los diferentes números de los conjuntos y configuraciones establecidas para la posición en cuclillas (panel superior) y la prensa de banco (panel inferior) ejercicios.

Figura 8. Diferencias estandarizadas (intervalos de confianza del 95%) de los cambios en el máximo de una repetición (1RM) y la velocidad de lanzamiento (VL) entre el grupo tradicional (TRG) y el grupo de redistribución de descanso (RRG) (panel superior), TRG y grupo de control (CG) (panel central), y RRG y CG (panel inferior).

Figura 9. Relación entre el máximo de 1 repetición y la velocidad de lanzamiento en la prueba previa (panel superior) y la prueba posterior (panel inferior).

Figura 10. Relación entre el cambio en el máximo de 1 repetición y el cambio en la velocidad de lanzamiento después del programa de entrenamiento.

Figura 11. Diferencias estandarizadas (95% intervalo de confianza) de los cambios en la prensa de banco de una sola repetición máxima (PB 1RM), prensa de banco pico de velocidad lograda frente a 20 kg (PB20) y velocidad de lanzamiento de balonmano (VL) entre el grupo de entrenamiento de fuerza (STG) y el grupo de entrenamiento balístico (BTG).

Figura 12. Relación de balonmano velocidad de lanzamiento (VL) con la prensa de banco 1 repetición máxima (PB 1RM) (paneles de la izquierda) y la velocidad de prensa pico banco logrado contra 20 kg (PB20) (paneles de la derecha) en pre-prueba 1 (paneles superiores), pre-prueba 2 (paneles medios) y post-test (paneles inferiores).

Figura 13. Relación del cambio en el balonmano velocidad de lanzamiento (VL) con el cambio en la prensa de banco 1 repetición máxima (PB 1RM) (panel superior) y el cambio en la velocidad máxima en el press de banco logrado contra 20 kg (PB20) (panel inferior).

11. OTRAS PUBLICACIONES CIENTIFICAS

Relación entre percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), VO₂max., y la intensidad del ejercicio donde se alcanza la máxima tasa de oxidación de grasas (fatmax).

Ulloa Díaz, DL. Barboza, P. **Cuevas Aburto, J.** Revista Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte, Vol. 58, año 2013, ISSN 0716 2011, página 39.

Association between physical fitness parameters and health related quality of life in Chilean community-dwelling older adults. Revista Médica de Chile, vol 145 no 1 Santiago enero 2017. Doi.org/10.4067.

Francisco Guede Rojas, Luis Javier Chiroso Ríos, Sergio Fuentealba Urra, César Vergara Ríos, David Ulloa Díaz, Christian Campos Jara, Paola Barbosa González, **Jesualdo Cuevas Aburto.**

The addition of very light loads into the routine testing of the bench press increases the reliability of the force-velocity relationship.

Jesualdo Cuevas Aburto, David Ulloa Díaz, Paola Barboza González, Luis Javier Chiroso Ríos, Amador García Ramos. Revista Peer J, noviembre 08 del 2018. Doi.org/10.7717/peerj.5835.

Assessment of the load-velocity profile in the free-weight prone bench pull exercise through different velocity variables and regression models.

García Ramos, A. Ulloa Díaz, DL. Barboza, P. Rodríguez Perea, A. Martínez-García, D. Quidel, M. Guede, F. **Cuevas Aburto, J.** Janićijević, D y Weakley, JJS (2019). PLoS ONE 14(2): e0212085. <https://doi.org/10.1371/journal>.

Reliability and validity of different methods of estimating the one-repetition maximum during the free-weight prone bench pull exercise".

Garcia-Ramos, A Barboza-Gonzalez, P; Ulloa-Diaz, D; Rodriguez-Perea, A; Martinez-Garcia, D; Guede-Rojas, F; Hinojosa-Riveros, H; Chiroso-Rios, LJ; **Cuevas-Aburto, J;** Janicijevic, D. journal of sports sciences Volumen: 37 Número: 19 Páginas: 2205-2212 DOI: 10.1080/02640414.2019.1626071

12. APORTACIONES A CONGRESOS

Miembro de la Red Iberoamericana de Conocimiento Pleoquinético, en consorcio entre las Universidades de Granada, León, en España. Andrés Bello y Católica de la Santísima Concepción de Chile.

Organizador de las I Jornadas de Investigación “Nuevas tendencias en investigación en Educación Física y Salud”, lunes 16 de octubre 2017, en la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

II Jornadas Internacionales de la Red Pleoquinética, ponencia “Entrenamiento de potenciación en el entrenamiento de la fuerza”.

Cuevas-Aburto J, Chiroso-Rios LJ. Universidad de León, España. 11 al 17 de diciembre 2017.

III Jornadas de la Red de Conocimiento Pleoquinético “La Adición de cargas muy ligeras en las pruebas de rutina del press de banca aumenta la confiabilidad de la relación fuerza velocidad”

Cuevas-Aburto J, Garcia Ramos A, Chiroso-Rios LJ, Ulloa-Días DL. Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile, 15 al 17 de octubre 2018.

XLII Edición del Congreso de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales (SIBB 2019)

Ponencia “Fiabilidad de la velocidad de ejecución en 3 modalidades del ejercicio de press de banca: influencia del nivel de experiencia”

Amador García-Ramos, Danica Janicijevic, Jorge M González Hernández, David Ulloa-Díaz, Jesualdo Cuevas-Aburto, Alejandro Pérez-Castilla y F. Javier Rojas. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. 15 y 16 de noviembre de 2019.

IV Jornadas de la Red de Conocimiento Pleoquinético “Efecto de las configuraciones establecidas tradicional, clúster y redistribución de descanso sobre las variables mecánicas y de percepción durante las sesiones de entrenamiento orientada a la fuerza.” Jesualdo Cuevas-Aburto, Ivan Jukic, Luis Javier Chiroso, Jorge González-Hernández, Danica Janicijevic, Paola Barboza, Amador García-Ramos. Universidad de las Américas, Santiago de Chile, 23 al 25 de septiembre 2020.

13. APÉNDICES

13.1 Consentimiento informado

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE

Título del estudio: Efecto de las configuraciones de conjuntos de redistribución tradicionales, agrupadas y en reposo sobre variables mecánicas y perceptivas durante las sesiones de entrenamiento de fuerza

Yo,

con R.U.T nº

He hablado con el profesional responsable del estudio titulado “Efecto de las configuraciones de conjuntos de redistribución tradicionales, agrupadas y en reposo sobre variables mecánicas y perceptivas durante las sesiones de entrenamiento de fuerza”

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1. Cuando quiera.
2. Sin tener que dar explicaciones.
3. Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Las muestras obtenidas en este estudio sólo serán utilizadas para los fines específicos del mismo.

Fecha 25 08 2019

Firma del paciente o participante

Fecha 25 08 2019

Firma del profesional responsable del estudio y D.N.I.

Dr. Luis Javier Chiroso Ríos, DNI: 24186770Q

Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Granada

Teléfono: +34664367709; Correo electrónico: lchiroso@ugr.es

13. 2 Publicaciones científicas derivadas de la tesis doctoral.

ESTUDIO I. VERSIÓN EN INGLÉS.**Reliability of throwing velocity during non-specific and specific handball throwing tests**

Luis Javier Chiroso Ríos, Jesualdo Cuevas-Aburto, Darío Martínez-García, David Ulloa-Díaz, Oscar Andrade, Isidoro Martínez-Martín, Amador García-Ramos

ABSTRACT

Throwing velocity is one of the most important factors for scoring goals in handball. This study aimed to identify the type of throw and procedure for selecting the final test outcome that provide throwing velocity with the greatest reliability. Fifteen experienced handball players and 33 non-experienced participants were tested in two sessions. Each session consisted of 4 trials of 3 different throwing tests (unspecific, 7-meters, and 3-steps). The maximum value of 4 trials, average value of 4 trials, and average value of the 3 best trials were considered. Throwing velocity was highly reliable (coefficient of variation [CV] $\leq 3.3\%$, intraclass correlation coefficient ≥ 0.89) with the exception of the unspecific throw for the non-experienced group (CV $\geq 5.9\%$, intraclass correlation coefficient ≤ 0.56). The 3-steps throw (CV = 1.7%) was more reliable than the 7-meters throw (CV = 2.1%) (CVratio = 1.19) and unspecific throw (CV = 3.8%) (CVratio = 2.18), the 3 procedures provided a comparable reliability (CV range = 2.4-2.6%; CVratio ≤ 1.07), and the experienced group (CV = 1.0%) presented a higher reliability than the non-experienced group (CV = 4.0%) (CVratio = 3.83). These results support the 3-steps throw to maximise the reliability of throwing velocity performance.

Keywords: performance, physical test, reproducibility, team sport.

INTRODUCTION

Handball is a team sport in which players are required to repeatedly produce maximal or near-maximal efforts (e.g., accelerations, sprints, change of direction, jumps, and throws) interspersed with brief recovery intervals [1–3]. The overarm throw is one of the most important actions in handball because it precedes most goal situations [4]. A high throwing velocity is also of the utmost importance in reducing the time available for defenders and goalkeeper to prevent the goal [4]. Due to the importance of throwing velocity, many studies have been conducted to determine the factors that influence throwing velocity performance [5, 6] and also to identify effective training methods at improving throwing velocity [7–11]. Handball coaches are aware of the importance of throwing velocity and, consequently, this is one of the variables most commonly used to evaluate the training status of handball players [12].

One of the main requisites of any fitness test is the reliability of the measurement [13]. However, despite the fact that throwing velocity has been extensively used in the scientific literature for a variety of purposes [12], little research has been conducted to identify the testing conditions that maximize the reliability of throwing velocity performance. One basic factor to be considered is the type of throw used to assess throwing velocity performance. Most researchers have used specific handball throws preceded by a short run because these are the most common throws in handball competitions [9, 14–17]. However, some researchers have used the specific handball 7-meters throw or even non-specific throws in which the kinetic chain is altered (e.g., seated throw) [12, 15, 18–20]. It is also frequent to evaluate different types of throws within the same study [1, 8, 16, 21, 22], but this could be fatiguing, time-consuming, and likely unnecessary due to the high correlations typically reported for throwing velocity across different types of throws [23]. To our knowledge, only Vuleta et al. [23] designed a study to identify the type of throw that provides throwing velocity with greater reliability in top level junior team handball players. These authors postulated that the most reliable type of throw is the standard handball three steps run up throw. However, more studies are needed to elucidate whether these findings are applicable to other populations.

Two additional factors that could influence the reliability of throwing tests are the handball experience of the participants being tested and the procedure used to select the final test outcome. Participants' experience with the tested task has been shown to influence the reliability of the bench press one-repetition maximum (1RM) [24, 25], while other variables such as the

velocity recorded against submaximal loads [26] or the 3RM during front squat, chin-up, and bench press exercises [27] were not affected by participants' experience. However, to our knowledge, no study has compared the reliability of throwing velocity between experienced and non-experienced handball players. This analysis would be important to elucidate whether throwing velocity can be confidently evaluated in individuals without experience in overhead throwing sports, and if the possible differences in reliability between experienced and non-experienced players could be influenced by the type of throw. The diversity in the procedures used to select the final test outcome also compromises the comparison of throwing velocity between different studies. For example, some studies reported the average velocity value of the recorded trials [2, 28–30], others the maximum value [3, 11, 31, 32], and others did not specify the procedure used to select the final test outcome [2, 10, 14, 22, 33–35]. In relation to this, the average countermovement jump (CMJ) height of several trials has been recommended over the maximum value because it seems to be more sensitive for monitoring the neuromuscular status [36], but not similar analyses have been performed for throwing velocity. The comparison of the magnitude and reliability of throwing velocity between different types of throws and procedures of selecting the final test outcome would provide valuable information for the refinement and standardisation of the testing procedures of throwing velocity in participants with and without handball expertise.

The main objectives of the present study were to compare the between-session reliability of throwing velocity between (I) types of throws (specific and non-specific handball throws), (II) procedures of selecting the final throwing velocity outcome (maximum or average value of several trials), and (III) participants with different handball expertise (non-experienced and experienced handball players). In addition, we aimed (IV) to compare throwing velocity performance between the types of throws and participants with different handball expertise, and (V) to correlate throwing velocity between the types of throws in non-experienced and experienced handball players. We hypothesised a greater reliability of throwing velocity for (I) specific handball throws compared to a non-specific throw, (II) the average value of several trials compared to the maximum value, and (III) experienced handball players compared to non-experienced sports science students. We also hypothesised (IV) higher throwing velocity performance for experienced handball players with the differences being accentuated during specific throws, and (V) significant and positive correlations for throwing velocity between the different types of throws in both groups.

METHOD

Participants

Forty-eight males, 15 semi-professionals handball players from the second division of the Spanish handball league (*experienced group*) (age = 26.2 ± 6.8 years; body mass = 87.4 ± 8.0 kg; height = 1.86 ± 0.02 m; body mass index = 25.1 ± 1.8 kg·m⁻²) and 33 sports science students (*non-experienced group*) (age = 20.2 ± 1.9 years; body mass = 72.4 ± 8.9 kg; height = 1.77 ± 0.06 m; body mass index = 23.1 ± 2.3 kg·m⁻²) participated in this study. Handball players presented at least 10 years of competitive handball experience. Sports science students did not present any competitive experience in any sport using overhead throwing motion (e.g., handball, baseball, water polo, etc.) and their only experience with handball or overhead throwing sports were the practical classes performed at the university or high school. None of the participants reported any physical limitation that could compromise handball throwing performance. Participants were instructed to attend the testing sessions in a well-rested condition and not to consume any stimulant or ergogenic aid that could influence handball throwing velocity performance. All participants were informed about testing procedures and signed a written informed consent form before the commencement of the study. The study meets the ethical standards of the International Journal of Sports Medicine [37] and was approved by the Institutional Review Board.

Study design

A repeated-measures design was used to assess the between-session reliability of throwing velocity during different handball throwing tests in non-experienced and experienced handball players. Participants were tested in 2 sessions separated by 7 days. Each session consisted of 3 different handball throwing tests (unspecific, 7-meters, and 3-steps) that were performed in a random order, but the same order was followed by individual subjects in both testing sessions. Additionally, the non-experienced group (i.e., sport science students) performed 2 preliminary sessions in which they were familiarized with the 3 different types of throws. The experienced group (i.e., handball players) did not perform any familiarization session because they were already familiarized with the different tests before the beginning of the study. Both testing sessions were held in the afternoon (between 16:00 and 19:00 hours) at an official handball court and under similar conditions of temperature ($\approx 24^\circ$) and humidity ($\approx 60\%$).

Procedures

Body height (Seca 202, Seca Ltd., Hamburg, Germany) and body mass (TBF-300A, Tanita Corporation of America Inc., Arlington Heights, IL, USA) were assessed at the beginning of the first testing session. The same warm-up, which was supervised by an experienced handball coach, was performed in both testing sessions. The warm-up consisted of 10 minutes of jogging interspersed with passes and throws performed with increasing effort. Subsequently, the 3 different types of throws were performed in a random order (Figure 1):

[Figure 1]

- *Unspecific throw*: Participants were standing on the 7-meter line with the foot opposite the throwing arm in front. The ball started at the level of the chest and the shoulder joint of the throwing arm with a 90° abduction. From that position, participants were instructed to perform an horizontal throw of the ball.

- *7-meters throw*: A standing shot was performed following handball official regulations for the penalty shot (rule 14) [38]. Participants were standing on the 7-meter line with the foot opposite the throwing arm in front.

- *3-steps throw*: Participants took a preparatory run limited to three regular steps before releasing the ball behind the 9-meters line [9]. The first and last step was performed with the foot opposite the throwing arm. Both feet were in contact with the floor when the throw was performed.

Participants performed 5 trials with the dominant arm for each type of throw (15 trials in total). The first attempt of each type of throw was a practice trial and the 4 remaining trials were recorded for further processing. A passive rest period of 1 minute was implemented between successive trials. Participants were instructed to throw an official handball size III ball (mass = 480 g; circumference = 58 cm) with maximum effort towards a radar device positioned behind a stopping net at a 5 m distance from the participants and 1 m above the ground. A Stalker Acceleration Testing System (ATS) II radar device (Model: Stalker ATS II, Applied Concepts, Dallas, TX, USA) was used to assess throwing velocity. The same researcher supervised and recorded all throws and instructed the participants immediately before each trial to throw the ball

at the maximal possible velocity. Velocity feedback was provided after every trial, and participants were asked to repeat the throw when the technique deviate from the guidelines provided above. None of the participants had to repeat more than one trial for each type of throw. Participants were allowed to use resin at their convenience [9]. Three procedures were applied to determine the throwing velocity for each type of throw:

- *MAX*: maximum velocity value of the 4 recorded trials.
- *Aver4*: average velocity value of the 4 recorded trials.
- *Aver3*: average velocity value of the 3 trials with higher velocity. The trial with the lowest velocity performance was excluded to elucidate whether not considering a trial in which subjects may perform poorly due to various circumstances (e.g., not fully activated or lack of concentration) could increase the reliability of the measurement.

Statistical analyses

Descriptive data are presented as means and standard deviations. The normal distribution of the variables was confirmed by the Shapiro-Wilk test ($p > 0.05$). Reliability was assessed through paired samples t tests, Cohen's d effect size (ES), standard error of measurement (SEM), coefficient of variation (CV) and intraclass correlation coefficient (ICC; model 3.1). The ratio between 2 CVs (CV_{ratio}) was used to compare the reliability between the types of throw (unspecific vs. 7-meters vs. 3-steps), procedures (MAX vs. Aver4 vs. Aver3) and groups (non-experienced vs. experienced). The following criteria were used to determine acceptable ($CV \leq 10\%$, $ICC \geq 0.80$) and high ($CV \leq 5\%$, $ICC \geq 0.90$) reliability [39]. Meaningful differences in reliability were claimed when the CV_{ratio} was above 1.15 [40]. Since there were no meaningful differences in reliability between the 3 procedures (see Results section for details), the MAX procedure (averaged value from both testing sessions) was used for the remaining comparisons. A 2-way analysis of variance (ANOVA) with Bonferroni post hoc corrections was applied to the throwing velocity considering the type of throw (unspecific vs. 7-meters vs. 3-steps) as within-participant factor and the group (non-experienced vs. experienced) as between-participant factor. The Greenhouse-Geisser correction was applied when the Mauchly's test revealed

a violation of the sphericity ($p < 0.05$). The magnitude of the differences was assessed through the Cohen's d ES and the raw mean differences with the respective 95% confidence interval (CI).

The following scale was used to interpret the magnitude of the ES: trivial (< 0.20), small (0.20-0.59), moderate (0.60-1.19), large (1.20-2.00) and very large (> 2.00) [41]. The Pearson's correlation coefficient (r) was used to explore the association of throwing velocity performance between the different types of throws. The criteria for interpreting the magnitude of the r coefficients were: trivial (0.00–0.09), small (0.10–0.29), moderate (0.30–0.49), large (0.50–0.69), very large (0.70–0.89), nearly perfect (0.90–0.99) and perfect (1.00) [41]. The reliability analysis was performed by means of a custom Excel spreadsheet [13], while other statistical analyses were performed using the software package SPSS (IBM SPSS version 25.0, Chicago, IL, USA).

RESULTS

Handball throwing velocity revealed a very high reliability with the only exception of the unspecific throw for the non-experienced group ($ICC < 0.60$) (Table 1). When the average CV was considered for reliability comparisons it was observed that: (I) the 3-steps throw ($CV = 1.7\%$) was more reliable than the 7-meters throw ($CV = 2.1\%$) ($CV_{ratio} = 1.19$) and unspecific throw ($CV = 3.8\%$) ($CV_{ratio} = 2.18$), while the 7-meters throw was more reliable than the unspecific throw ($CV_{ratio} = 1.84$); (II) the 3 procedures provided a comparable reliability ($CV = 2.6\%$, 2.5% and 2.4% for MAX, Aver4, and Aver3, respectively) ($CV_{ratio} \leq 1.07$); and (III) the experienced group ($CV = 1.0\%$) presented a higher reliability than the non-experienced group ($CV = 4.0\%$) ($CV_{ratio} = 3.83$). The specific comparisons of the CV values are depicted in Figure 2.

[Table 1]

[Figure 2]

The 2-way ANOVA revealed a significant main effect of the type of throw ($F = 1277.1$, $p < 0.001$), group ($F = 117.7$, $p < 0.001$), and type of throw \times group interaction ($F = 69.8$, $p < 0.001$). Throwing velocity was significantly higher for the 3-steps throw compared to the 7-meters throw ($p < 0.001$, $ES = 0.52$, 95%CI from 4.6 to 6.8 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) and unspecific throw ($p < 0.001$, $ES = 4.20$, 95%CI from 34.4 to 38.8 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), and the 7-meters throw provided a higher throwing velocity than the unspecific throw ($p < 0.001$, $ES = 3.17$, 95%CI from 28.6 to 33.1 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$). The experienced group revealed a higher throwing velocity than the non-experienced

group ($p < 0.001$, ES = 0.97, 95%CI from 13.6 to 19.8 km·h⁻¹). The significant interaction was caused by the higher differences observed between the groups for the 2 handball specific throws (i.e., 7-meters [ES = 3.46] and 3-steps [ES = 3.10]) compared to the unspecific throw (ES = 1.59) (Figure 3).

[Figure 3]

Individual throwing velocity values obtained during the 3 types of throws are depicted in Figure 4. Large correlations were observed between the unspecific throw and both specific throws (i.e., 7-meters and 3-steps) in the non-experienced group, while no significant correlations were observed between the unspecific throw and the specific throws in the experienced group (Table 2). Nearly perfect correlations were observed between the 7-meters and 3-steps throws in both groups.

[Figure 4]

[Table 2]

DISCUSSION

This study was designed to identify the type of throw and the procedure for selecting the final test outcome that provide throwing velocity performance with the highest reliability in non-experienced and experienced handball players. The main findings of the study revealed differences in reliability between the types of throws (3-steps > 7-meters > unspecific) and groups (experienced > non-experienced), but not between the procedures used to determine the final test outcome (Aver3 = Aver4 = MAX). Experienced handball players showed higher throwing velocities than the non-experienced group and these differences were accentuated for the specific throws (i.e., 7-meters and 3-steps). Almost perfect correlations were observed in both groups between the 7-meters throw and the 3-steps throw, but lower correlations were observed between the specific throws and the unspecific throw. These results highlight that different types of throws can provide throwing velocity performance with a very high reliability in both non-experienced and experienced handball players, but the 3-steps throw should be recommended for maximising the reliability of throwing velocity performance.

The first hypothesis of this study was confirmed since the reliability of throwing velocity was higher for specific handball throws compared to the unspecific throw. Specifically, the most reliable type of throw was the 3-steps throw, followed by the 7-meters throw, and finally the unspecific throw. The high reliability reported in this study for the different types of throws is in agreement with previous studies [5, 9, 17, 21, 23, 28, 29, 38, 42, 43]. However, it is important to mention that one of the main novelties of the present study is that, for the first time, the between-session reliability of throwing velocity was compared between different types of throws. Our results are in agreement

With Vuleta et al. [23] who reported that the 3 steps run up throw presented the greatest within-session reliability. It should be noted that despite the fact that the 3 types of throws analysed in this study are common in team handball competitions, the most and least frequent actions are the 3-steps throw and the unspecific throw, respectively. Therefore, from a reliability point of view, the results of this study support the use of non-constrained and natural throws for the routine assessment of throwing velocity performance in both non-experienced and experienced handball players.

Based on the findings of Claudino et al. [36] who reported that the average CMJ height of several trials was more sensitive to detect changes in neuromuscular performance than the maximum value, we hypothesised that an average value of throwing velocity (i.e., Aver3 and Aver4) would provide a greater reliability than the maximum value (i.e., MAX). However, this hypothesis was rejected since no significant differences in reliability were observed between the Aver3, Aver4, and MAX procedures. There is not consensus in the scientific literature on which procedure to use for selecting the final throwing velocity outcome with some researchers using the average velocity of several trials [2, 28–30], others researchers using the maximum value [3, 11, 31, 32], and others researchers who do not even report the procedure followed to select the final test outcome [2, 10, 14, 22, 33–35]. Of note is that this is the first study to compare the reliability of throwing velocity between different procedures commonly used in the scientific literature to select the final test outcome. Therefore, it is important to keep in mind that the procedure used to select the final throwing velocity outcome does not influence the reliability of the measurement, but it is important to use always the same procedure because the magnitude of throwing velocity is affected by the procedure used.

Our hypothesis regarding the influence of handball experience on the reliability of throwing velocity was also confirmed with the experienced group showing a greater reliability than the non-experienced group. Multiple studies have previously evidenced that throwing velocity can be assessed with a high reliability in handball players of different competitive levels [5, 9, 21, 28, 30, 38, 42, 43]. However, to our knowledge, this is the first study that has explored the reliability of throwing velocity in participants without competitive experience in any overhead throwing sport. This is an important question since participants' experience with the tested task could influence the reliability of the measurement [24, 25]. It is important to note that although the experienced group showed a greater reliability than the non-experienced group, throwing velocity was also obtained with a very high reliability for the non-experienced group during the 7-meters throw and 3-steps throw. However, unlike the experienced group, a low reliability was observed for the non-experienced group during the unspecific throw. Therefore, another novel finding of the present study is that throwing velocity can be assessed with a high reliability also in participants without previous handball experience, but it is recommended to avoid in this population unspecific throws in which the normal kinetic chain of throwing is altered. Non-constrained throws should be recommended for the routine assessment of throwing velocity.

Confirming our fourth hypothesis, the higher experience of handball players was manifested by their greater throwing velocity performance during the 3 types of throws in comparison to the non-experienced group, the differences being more pronounced during the specific throws (7-meters and 3-steps). These findings are in line with the results of Fieseler et al. [35] who also revealed a higher throwing velocity in different types of throws for high-level handball players (first German handball league) compared

To low-level handball players (third German handball league). Another important finding was that significant correlations between the unspecific throw and the specific throws were observed for the non-experienced group but not for the experienced group, while nearly perfect correlations between the two specific throws were observed for both groups. These findings are in line with the results of Vuleta et al. [23] who assessed top level junior team handball players and showed higher correlations for the throwing velocity obtained during different types of specific throws (r ranged from 0.72 to 0.83) than between specific and non-specific throws (r ranged from 0.23 to 0.40). The lower correlations for non-specific throws could be attributed to

the alteration of the normal kinetic chain of throwing. The practical application of these results is that both an unspecific throw and a specific throw (e.g., 3-steps throw) should be included for the routine assessment of throwing performance because they seem to provide different information, especially in high-level handball players. The unspecific throw assessed in this study could also occur during handball matches and may provide valuable information about the contribution of the arm cocking to the kinetic chain of the overhead throw [44]. On the other hand, the extremely high correlations observed between the 7-meters and 3-steps throws highlight that they provide almost the same information and, consequently, the routine assessment of throwing performance could be simplified using only one specific throw.

This study presents several limitations that should be acknowledged. For example, the experienced and non-experienced groups differed in age and body mass with the experienced group being older and heavier. Therefore, it cannot be ruled out that the between-group differences observed in our study are not caused by the differences in age or body mass rather than by the difference in competitive handball experience. In

Addition, the sample size of the experienced group was smaller than that of the non-experienced group due to the impossibility to recruit a higher number of experienced handball players. This could be problematic because the width of the confidence intervals of reliability outcomes are increased with lower sample sizes.

CONCLUSIONS

Throwing velocity can be assessed with a very high reliability in participants with and without previous handball experience with the only exception of the unspecific throw in non-experienced participants. The results of this study suggest that the routine assessment of throwing performance in handball players should be based on a specific throw (preferably the 3-steps throw) and a non-specific throw. However, if coaches want to implement only one type of throw during their assessments, the 3-steps throw should be recommended due to its greater reliability and higher prevalence during handball competitions. Although the procedure used to select the final test outcome does not influence the reliability of throwing velocity performance, the same procedure should be used consistently since the magnitude of throwing velocity could be affected.

REFERENCES

- Aeder, C. H. R., Hernandez, J. A. F. E., & Errauti, A. L. F. (2015). Effects of Six Weeks of Medicine Ball Training on Throwing Velocity, Throwing Precision., *Journal Of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1904–1914.
- Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I. J., & Cuadrado-Reyes, J. (2012a). Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Fisica y Del Deporte*, 12(48), 729–744.
- Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I. J., & Cuadrado-Reyes, J. (2012b). Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Revista Internacional de Edicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 12(48), 729–744.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. Maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 410–418.
<https://doi.org/10.1055/s-2003-41171>
- Ahtiainen, Juha P, Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Hakkinen, K. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquee*, 29(5), 527–543. <https://doi.org/10.1139/h04-034>
- Amarante do Nascimento, M., Borges Januário, R. S., Gerage, A. M., Mayhew, J. L., Cheche Pina, F. L., & Cyrino, E. S. (2013a). Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1636–1642. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/06000/Familiarization_and_Reliability_of_One_Repetition.24.aspx
- Amarante do Nascimento, M., Borges Januário, R. S., Gerage, A. M., Mayhew, J. L., Cheche Pina, F. L., & Cyrino, E. S. (2013b). Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1636–1642.
- Andrade, M. D. S., Fachina, R., Cruz, W., Benito-Silva, A., da Silva, A. C., & De Lira, C. A. B. (2011). Strength field tests performance are correlated with isokinetic strength of shoulder rotator muscles in female handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitnees*, 47(3), 381–390.
- Andrade, M. S., De Carvalho Koffes, F., Benedito-Silva, A. A., Da Silva, A. C., & De Lira, C.

- A. B. (2016). Effect of fatigue caused by a simulated handball game on ball throwing velocity, shoulder muscle strength and balance ratio: A prospective study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13102-016-0038-9>
- Baker, D. G., & Newton, R. U. (2007). Change in power output across a high-repetition set of bench throws and jump squats in highly trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1007–1011. <https://doi.org/10.1519/R-22376.1>
- Balsalobre-Fernandez, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Bautista, I.J.; Chiroso, I.J.; Chiroso, L.J.; Martin, I.; Rivilla, J. (2016). Original Rpe and Velocity How Intensity Markers of. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 15.
- Bayios, I. A., Anastasopoulou, E. M., Sioudris, D. S., & Boudolos, K. D. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 229–235.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 74(1), 359–368.
- Bird, S. P., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, 35(10), 841–851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
- Burd, N. A., Andrews, R. J., West, D. W. D., Little, J. P., Cochran, A. J. R., Hector, A. J., ... Phillips, S. M. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *The Journal of Physiology*, 590(2), 351–362. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.221200>
- Calero Morales, S., & González Catalá, S. A. (2014). *Teoría y metodología de la Educación Física*. <https://doi.org/http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9227>
- Chelly, M., Ghenem, M., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z., & Shephard, R. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2670–2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e2728f>

- Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., & Shephard, R. J. (2014). Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1401–1410.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000279>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010a). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480–1487.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010b). Relationships between Power and Strength of the Upper and Lower Limb Muscles and Throwing Velocity in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480–1487.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Cherif, M., Chtourou, H., Souissi, N., Aouidet, A., & Chamari, K. (2016). Maximal power training induced different improvement in throwing velocity and muscle strength according to playing positions in elite male handball players. *Biology of Sport*, 33(4), 393–398. <https://doi.org/10.5604/20831862.1224096>
- Clark, R. A., Bryant, A. L., & Humphries, B. (2008). A comparison of force curve profiles between the bench press and ballistic bench throws. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1755–1759. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874735>
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., ... Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences second edition*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med. Sci. Sports Exerc*, 42(8), 1582–1598.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(8), 1582–1598. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–

38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, *41*(2), 125–146. <https://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>
- Cronin, J. B., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2002). Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, *42*(3), 267–273.
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*, *29*(7), 705–713. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.552112>
- Eriksrud, O., Sæland, F. O., Federolf, P. A., & Cabri, J. (2019). Functional mobility and dynamic postural control predict overhead handball throwing performance in elite female team handball players. *Journal of Sports Science and Medicine*, *18*(1), 91–100.
- Ettema, G., Glosen, T., & Van Den Tillaar, R. (2008). Effect of specific resistance training on overarm throwing performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *3*(2), 164–175. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.2.164>
- Fieseler, G., Hermassi, S., Hoffmeyer, B., Schulze, S., Irlenbusch, L., Bartels, T., ... Schwesig, R. (2017). Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: A tool for talent profiling. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *57*(7–8), 985–992. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06938-9>
- Fleck, S. J., Smith, S. L., Craib, M. W., Denahan, T., Snow, R. E., & Mitchell, M. L. (1992). Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *Journal of Applied Sport Science Research*, *6*(2), 120–124. <https://doi.org/10.1519/00124278-199205000-00010>
- Folland, J. P., Irish, C. S., Roberts, J. C., Tarr, J. E., & Jones, D. A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British Journal of Sports Medicine*, *36*(5), 370–373. <https://doi.org/10.1136/bjism.36.5.370>
- Freeston, J., Ferdinands, R., & Rooney, K. (2007a). Throwing velocity and accuracy in elite and sub-elite cricket players: A descriptive study. *European Journal of Sport Science*, *7*(4), 231–237. <https://doi.org/10.1080/17461390701733793>
- Freeston, J., Ferdinands, R., & Rooney, K. (2007b). Throwing velocity and accuracy in elite and sub-elite cricket players: A descriptive study. *European Journal of Sport Science*,

- 7(4), 231–237. <https://doi.org/10.1080/17461390701733793>
- Fulton, S. K., Pyne, D., Hopkins, W., & Burkett, B. (2009). Variability and progression in competitive performance of Paralympic swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 27(5), 535–539. <https://doi.org/10.1080/02640410802641418>
- Gabbett, T., Kelly, J., Ralph, S., & Driscoll, D. (2009). Physiological and anthropometric characteristics of junior elite and sub-elite rugby league players, with special reference to starters and non-starters. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.06.008>
- García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baños-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Boullosa, D., ... Jiménez-Reyes, P. (2017). Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002301>
- García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baños-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Boullosa, D., ... Jiménez-Reyes, P. (2020). Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(3), 663–670. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002301>
- García-Ramos, A., Padial, P., Haff, G., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., & Feriche, B. (2015a). Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the ballistic bench press exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(9), 2388–2396. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000891>
- García-Ramos, A., Padial, P., Haff, G., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., & Feriche, B. (2015b). Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the ballistic bench press exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(9), 2388–2396. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000891>
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2018a). Differences in the load-velocity profile between 4 bench press variants. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 326–331. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0158>
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2018b). Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability? *Journal of Strength and*

- Conditioning Research*, 32(5), 1273–1279. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001998>
- Girman, J. C., Jones, M. T., Matthews, T. D., & Wood, R. J. (2014). Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. *European Journal of Sport Science*, 14(2), 151–159. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.775351>
- Godwin, M. S., Fernandes, J. F. T., & Twist, C. (2018). Effects of variable resistance using chains on bench throw performance in trained rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 950–954. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002421>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014a). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014b). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 18(May 2014), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- González-Hernández, J., García-Ramos, A., Capelo-Ramírez, F., Castaño-Zambudio, A., Marquez, G., Boullosa, D., & Jiménez-Reyes, P. (2017). Mechanical, metabolic, and perceptual acute responses to different set configurations in full squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002117>
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>
- Gorostiaga, E M, Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>
- Gorostiaga, Esteban M., Izquierdo, M., Iturralde, P., Ruesta, M., & Ibáñez, J. (1999). Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(5), 485–493. <https://doi.org/10.1007/s004210050622>

- Granados, C., Izquierdo, M., Ibañez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860–867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>
- Gutiérrez-Dávila, M., Ortega-Becerra, M., Parraga, J., Campos, J., & Rojas, F. J. (2011). Variability of the temporary sequence of the kinetichain of the handball trow. *Revista Internacional de Medicina En Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 11(43), 455–471.
- Gutiérrez Dávila, M., Rojas Ruiz, F., Ortega Becerra, M., Párraga Montilla, J., & Campos Granell, J. (2012). Variabilidad funcional como factor de eficiencia en los lanzamientos a portería en balonmano. *E-Balonmano.Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, 8(2), 121–134.
- Häkkinen, K., Komi, P., & Alen, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4), 587–600.
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., & Newton, M. J. (2011). The effect of cluster loading on force, velocity, and power during ballistic jump squat training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(4), 455–468. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.4.455>
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., Pickering, S. L., & Newton, M. J. (2011). Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2118–2126. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220b6a3>
- Harriss, D. J., Macsween, A., & Atkinson, G. (2019). Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 40, pp. 813–817. <https://doi.org/10.1055/a-1015-3123>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2010). The effect of heavy-vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2408–2418. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e58d7c>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2424–2433.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182030edb>

Hermassi, S., Delank, K. S., Fieseler, G., Bartels, T., Chelly, M. S., Khalif, R., ... Schwesig, R. (2019). Relationships Between Olympic Weightlifting Exercises, Peak Power of the Upper and Lower Limb, Muscle Volume and Throwing Ball Velocity in Elite Male Handball Players. *Sportverletz Sportschaden*, 33(2), 104–112.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1055/a-0625-8705>

Hermassi, S., Ghaith, A., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint performance in handball players. *PLoS ONE*, 14(7), e0214827.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221189>

Hermassi, S., Wollny, R., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of In-Season Circuit Training on Physical Abilities in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(4), 944–957.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002270>

Hermassi, & van den Tillaar, Khlifa, C. A. C. (2015). Comparison of in-season-specific resistance vs. a regular throwing training program on throwing velocity, anthropometry, and power performance in elite handball players. *Strength And Conditioning*, 18(1), 59–62.

Hoff, J., & Almåsbaek, B. (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(4), 255–258. <https://doi.org/10.1519/00124278-199511000-00011>

Hopkins, W. (2000). Calculations for reliability (Excel spreadsheet).

Hopkins, Will G. (2009). Sport Performance at the Oslo Conference of the European College of Sport Science. *Sportscience*, 13, 1–6. Retrieved from

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=58495047&lang=es&site=ehost-live&scope=site>

Hopkins, William G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

Hopkins, William G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sánchez-Otero, T., Mayo, X., Jiménez, A., & Chapman, M. L. (2012). Acute effects of distribution of rest between repetitions. *International Journal of Sports Medicine*, 33(5), 351–358. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299699>
- Iglesias-Soler, E., Fernandez-del-Olmo, M., Mayo, X., Farinas, J., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., ... Tuimil, J. L. (2017). Changes in the Force-Velocity Mechanical Profile After Short Resistance Training Programs Differing in Set Configurations. *Journal of Applied Biomechanics*, 33(2), 144–152. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0181>
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., Farinas, J., & Fernandez-Del-Olmo, M. (2016a). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of Sports Sciences*, 34(15), 1473–1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., Farinas, J., & Fernandez-Del-Olmo, M. (2016b). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of Sports Sciences*, 34(15), 1473–1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibáñez, J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87(3), 264–271. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0628-y>
- James, L. P., Gregory Haff, G., Kelly, V. G., Connick, M. J., Hoffman, B. W., & Beckman, E. M. (2018). The impact of strength level on adaptations to combined weightlifting, plyometric, and ballistic training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(5), 1494–1505. <https://doi.org/10.1111/sms.13045>
- James, Lachlan P, Roberts, L. A., Haff, G. G., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2017). Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1378–1386. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001201>
- Janicijevic, D., González-Hernández, J., Gu, Y., & Garcia-Ramos, A. (2020). Differences in the magnitude and reliability of velocity variables collected during 3 variants of the bench press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 38(7), 759–766.
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Garcia-Ramos, A., Cuadrado-Penafiel, V., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937.

<https://doi.org/10.7717/peerj.5937>

- Jukic, I., & Tufano, J. (2019a). Rest redistribution functions as a free and ad-hoc equivalent to commonly used velocity-based training thresholds during clean pulls at different loads. *Journal of Human Kinetics*, 68, 5–16. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0052>
- Jukic, I., & Tufano, J. (2019b). Rest redistribution functions as a free and ad-hoc equivalent to commonly used velocity-based training thresholds during clean pulls at different loads. *Journal of Human Kinetics*, 68, 5–16. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0052>
- Jukic, I., & Tufano, J. J. (2019c). Shorter but more frequent rest periods: no effect on velocity and power compared to traditional sets not performed to failure. *J Hum Kinet*, 66, 257–268. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0070>
- Jukic, I., & Tufano, J. J. (2019d). Shorter but more frequent rest periods: no effect on velocity and power compared to traditional sets not performed to failure. *J Hum Kinet*, 66, 257–268. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0070>
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current Sports Medicine Reports*, Vol. 1, pp. 165–171. <https://doi.org/10.1249/00149619-200206000-00007>
- Kuhn, L., Weberrub, H., & Horstmann, T. (2019). Effects of core stability training on throwing velocity and core strength in female handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9), 1479–1486. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09295-2>
- LACHLAN P. JAMES, LLION A. ROBERTS, G. GREGORY HAFF, V. G. K., AND, & BECKMAN, E. M. (2015). *VALIDITY AND RELIABILITY OF A PORTABLE ISOMETRIC MID-THIGH CLEAN PULL*. 1378–1386.
- Latella, C., Teo, W.-P., Drinkwater, E. J., Kendall, K., & Haff, G. G. (2019). The acute neuromuscular responses to cluster set resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(12), 1861–1877. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01172-z>
- Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., Lindsell, R., & Pyne, D. (2004a). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(4), 361–367.
- Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., Lindsell, R., & Pyne, D. (2004b). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(4), 361–367.
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., & Lindsell, R. P. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on

- weight training repetition power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 172–176. <https://doi.org/10.1519/R-13893.1>
- Lehman, G., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2013a). Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 902–908. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/04000/Correlation_of_Throwing_Velocity_to_the_Results_of.5.aspx
- Lehman, G., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2013b). Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4).
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., & McGuigan, M. R. (2018). Power output in traditional and ballistic bench press in elite athletes: Influence of training background. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–8. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1496517>
- Machado, C., Cortell-Tormo, J. M., & Tortosa-Martínez, J. (2018). Effects of two different training periodization models on Physical and physiological aspects of elite female team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 280–287.
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, · Per, Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Manchado, C., Tortosa, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013a). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects a review. *Journal Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708–1719.
- Manchado, C., Tortosa, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013b). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708–1719.
- Mangine, G. T., Ratamess, N. A., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., Kang, J., & Chilakos, A. (2008). The effects of combined ballistic and heavy resistance training on maximal lower- and upper-body strength in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 132–139. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f5729>
- Marques & Gonzalez Badillo JJ. (2006). *In Season resistance training and detraining in profesional team handball players*.
- Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007a). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and*

- Performance*, 2(4), 414–422. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.414>
- Marques, M. C., van den Tillaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007b). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414–422.
- Marques, M. C., van den Tillaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414–422.
- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., & Fernández-Del-Olmo, M. (2014). Effects of set configuration of resistance exercise on perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*, 119(3), 825–837. <https://doi.org/10.2466/25.29.PMS.119c30z3>
- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., Fustes-Piñeiro, S., & González-Hernández, R. (2014). Neuromuscular performance is affected by set configuration and the type of resistance exercise. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 9(25 SUPPL.). Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84906487043&partnerID=40&md5=1f8620e673d1172cd17c4f925c0945f2>
- Mc Evoy, K., & Newton, R. (1998a). Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 216–221.
- Mc Evoy, K., & Newton, R. (1998b). Baseball Throwing Speed and Base Running Speed: The Effects of Ballistic Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 216–221.
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75–82. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2002\)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2002)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2)
- Mohamed souhail chelly, souhail hermassi, r. a., & shephard, a. r. j. (2014). *effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players*. 28(5), 1401–1410.
- Moir, G. L., Graham, B. W., Davis, S. E., Guers, J. J., & Witmer, C. A. (2013). Effect of cluster set configurations on mechanical variables during the deadlift exercise. *J Hum Kinet*, 39, 15–23. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0064>

- Morales-Artacho, A. J., Padial, P., García-Ramos, A., Pérez-Castilla, A., & Feriche, B. (2017). Influence of a cluster set configurations on the adaptations to short-term power training. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Newton, R. U., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Humphries, B. J., & Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, *12*(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.12.1.31>
- Newton, Robert, & McEvoy, K. (1994). Baseball Throwing Velocity: A Comparison of Medicine Ball Training and Weight Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *8*(3), 198–203. <https://doi.org/10.1519/00124278-199408000-00013>
- Newton, RU, Kraemer, W. J., Hakkinen, K., Humphries, B., & Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, *12*(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.12.1.31>
- Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S. C., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2016a). Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(1), 235–243. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001023>
- Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S. C., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2016b). Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(1), 235–243. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001023>
- Oliver, Jonathan M, Jagim, A. R., Sanchez, A. C., Mardock, M. a, Kelly, K. a, Meredith, H. J., ... Kreider, R. B. (2013). Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength {&} Conditioning Association*, *27*(11), 3116–3131. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891672>
- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2018). Determinat factors of physical performance and specific throwing in handball players of different ages. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(6), 1778–1786.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J., Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, *35*(11),

916–924.

- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., ... González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *27*(7), 724–735.
<https://doi.org/10.1111/SMS.12678>
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., & García-Ramos, A. (2019a). Precision of 7 Commercially Available Devices for Predicting the Bench Press 1-Repetition Maximum From the Individual Load-Velocity Relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0801>
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., & García-Ramos, A. (2019b). Precision of 7 commercially available devices for predicting the bench press 1-repetition maximum from the individual load-velocity relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0801>
- Piscitelli, F., Milanese, C., Sandri, M., Cavedon, V., & Zancanaro, C. (2016). Investigating predictors of ball-throwing velocity in team handball: the role of sex, anthropometry, and body composition. *Sport Sciences for Health*, *12*(1), 11–20.
<https://doi.org/10.1007/s11332-015-0248-7>
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housch, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J., & Triplett, N. T. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Rene schwesig, alexander koke, david fischer, georg fieseler, p. j., delank, k.-s., & hermassi, a. s. (2016). *validity and reliability of the new handball-specific complex test*. 476–486.
- Riemann, B. L., Hipko, N., Johnson, W., Murphy, T., & Davies, G. J. (2019). Effects of medicine ball mass on the intensity of 90°/90° plyometric throwing exercise. *Physical Therapy in Sport*, *40*, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.10.002>
- Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Salvador, E. P., & Cyrino, E. S. (2011). Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(5), 1418–1422.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c4b>

- Rivilla-García, J. (2009). Estudio del lanzamiento en balonmano en función del grado de especificidad e implicación cognitiva. *Tesis Doctoral*.
- Rivilla-García, J., Grande, I., Sampedro, J., & van den Tillaar, R. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *Journal of Sports Science and Medicine*, *10*(3), 534–539.
- Rivilla García, J., Grande Rodríguez, I., Chiroso, L., Gómez Ortiz, M., & Sampedro Molinuevo, J. (2011). Differences and Relationship Between Standard and Specific Throwing Test in Handball According to the Competitive and Professional Level. *Journal of Sport and Health Research*, *3*(2), 143–152.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(2), 333–341.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2014). Self-paced and temporally constrained throwing performance by team-handball experts and novices without foreknowledge of target position. *Journal of Sports Science and Medicine*, *14*(1), 41–46.
- Ruiz Perez., L. & P. R. (2008). El estudio del desarrollo motor: entre la tradición y el futuro. *Fuentes. Revista de La Facultad de Ciencias de La Educacion*, (8), 243–258.
- Ruiz Pérez, L. (1995). Concepciones cognitivas del desarrollo motor humano. *Revista de Psicología General y Aplicada: Revista de La Federación Española de Asociaciones de Psicología*, Vol. 48, pp. 47–57.
- S HERMASSI, & ROLAND VAN DEN TILLAAR, RIADH KHLIFA, MOHAMED SOUHAIEL CHELLY, A. K. C. (2004). *COMPARISON OF IN-SEASON-SPECIFIC RESISTANCE VS. AREGULAR THROWING TRAINING PROGRAM ON THROWING VELOCITY, ANTHROPOMETRY, AND POWER PERFORMANCE IN ELITE HANDBALL PLAYERS*. *18*(1), 59–62.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., & Moya, M. (2016a). Effects of 4-Week training intervention with unknown loads on power output performance and throwing velocity in junior team handball players. *PLoS ONE*, *11*(6), e0157648.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157648>
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., & Moya, M. (2016b). Effects of 4-Week training intervention with unknown loads on power output performance and throwing

- velocity in junior team handball players. *PLoS ONE*, *11*(6), 1–12.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157648>
- Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(3), 712–718.
- Sáez de Villarreal, E., Requena, B., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2013). Enhancing sprint and strength performance: Combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(2), 146–150. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.007>
- Sakamoto, A., Kuroda, A., Sinclair, P. J., Naito, H., & Sakuma, K. (2018). The effectiveness of bench press training with or without throws on strength and shot put distance of competitive university athletes. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(9), 1821–1830. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3917-9>
- Sale, D G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5 Suppl), S135-45. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009>
- Sale, Digby G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5), S135–S145. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131120-00001>
- Sánchez-Medina, L, Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, *1*(2), E80–E88.
- Sánchez-Medina, Luis, & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- Sánchez Vinuesa, A., Oña Sicilia, A., & Párraga Montilla, J. (2001). Importancia de la velocidad de salida del balón y de la precisión como parámetros de eficacia en el lanzamiento en salto a distancia en balonmano. *Apunts: Educación Física y Deportes*, (66), 44–51.
- Sarvestan, J., Riedel, V., Gonosová, Z., Linduška, P., & Přidalová, M. (2019). Relationship between anthropometric and strength variables and maximal throwing velocity in female junior handball players – A pilot study. *Acta Gymnica*, *49*(3), 132–137.
<https://doi.org/10.5507/ag.2019.012>
- Schoenfeld, B., & Grgic, J. (2019). Does training to failure maximize muscle hypertrophy? *Strength & Conditioning Journal*, *41*(5), 108–113.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000473>

- Schwesig, R., Koke, A., Fischer, D., Fieseler, G., Jungermann, P., Delank, K. S., & Hermassi, S. (2016). Validity and Reliability of the New Handball-Specific Complex Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(2), 476–486.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001061>
- Skoufas, D., Kotzamanidis, C., Hatzikotoylas, K., Bebetos, G., & Patikas, D. (2003). The relationship between the anthropometric variables and the throwing performance in handball. *Journal of Human Movement Studies*, *45*(5), 469–484.
- Spiering, B., Kraemer, W., Anderson, J., Armstrong, L., Nindl, B., Volek, J., & Maresh, C. (2008). Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Medicine*, *38*(7), 527–540.
- Spieszny, M., & Zubik, M. (2018). Modification of Strength Training Programs in Handball Players and its Influence on Power during the Competitive Period. *Journal of Human Kinetics*, *63*(1), 149–160. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0015>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine*, *48*(4), 765–785.
<https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016a). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, *46*(10), 1419–1449.
<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Szymanski, D. J. (2012a). Effects of various resistance training methods on overhand throwing power athletes. *Strength and Conditioning Journal*, *34*(6), 61–74.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826dc3de>
- Szymanski, D. J. (2012b). Effects of Various Resistance Training Methods on Overhand Throwing Power Athletes. *Strength and Conditioning Journal*, *34*(6), 61–74.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826dc3de>
- Tony, L., Evon, J., & Pastiglione, J. (1998). The effect of an upper body strength program on intercollegiate baseball throwing velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *12*(2), 116–119.
- Torrejón, A., Janicijević, D., Haff, G. G., & García-Ramos, A. (2019a). Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *European Journal of Applied Physiology*, *119*(6), 1409–1417.

<https://doi.org/10.1007/s00421-019-04131-8>

Torrejon, A, Janicijevic, D., Haff, G. G., & Garcia-Ramos, A. (2019b). Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *European Journal of Applied Physiology*, *119*(6), 1409–1417.

<https://doi.org/10.1007/s00421-019-04131-8>

Torrejon, Alejandro, Balsalobre-Fernandez, C., Haff, G. G., & Garcia-Ramos, A. (2018). The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *Sports Biomechanics*, 1–11.

<https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1433872>

Tufano, J. J., Brown, L. E., Haff, G. G., & Gregory Haff, G. (2017a). Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(3), 848–867. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001581>

Tufano, J. J., Brown, L. E., Haff, G. G., & Gregory Haff, G. (2017b). Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(3), 848–867. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001581>

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Petkovic, A., Frick, J., & Gregory Haff, G. (2017). Effects of cluster sets and rest-redistribution on mechanical responses to back squats in trained men. *Journal of Human Kinetics*, *58*(1), 35–43. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=124483016&site=ehost-live&scope=site>

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(7), 885–892. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0602>

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Oliver, J. M., Kreutzer, A., & Haff, G. G. (2019). Different cluster sets result in similar metabolic, endocrine, and perceptual responses in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(2), 346–354.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001898>

van den Tillaar. (2004). Effect of Different Training Programs on the Velocity of Overarm Throwing: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*.

<https://doi.org/10.1519/R-12792.1>

van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both

- in performance and kinematics of overarm throwing By Experienced Team Handball Players. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 731–742.
- Vernillo, G., Temesi, J., Martin, M., & Millet, G. Y. (2018). Mechanisms of fatigue and recovery in upper versus lower limbs in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(2), 334–343. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001445>
- Vila, H., & Ferragut, C. (2019). Throwing speed in team handball: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 724–736. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1649344>
- Vila, H., Machado, C., Rodriguez, N., Abrales, J. A., Alcaraz, P. E., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2146–2155. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823b0a46>
- Vila, H. E. V, Machado, C. A. M., Odriguez, N. U. R., Ose, J., L caraz, P. edro E. M. A., & Erragut, C. A. F. (2012). *Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women*. (31), 2146–2155.
- Vuleta, D., Sporiš, G., Talović, M., & Jelešković, E. (2010). Reliability and factorial validity of power tests for handball players. *Sport Science*, 3(1), 42–46.
- Wagner, H., Orwat, M., Hinz, M., Pfusterschmied, J., Bacharach, D. W., von Duvillard, S. P., & Muller, E. (2016). Testing game-based performance in team-handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2794–2801.
- Wagner, H., Sperl, B., Bell, J., & von Duvillard, S. P. (2019). Testing specific physical performance in mael team handball players and the realaiontship to general testes in team sports. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 4(33), 1056–1064.
- Walker, S., Davis, L., Avela, J., & Hakkinen, K. (2012). Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 356–362. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.12.009>
- Weakley, J. J. S., Till, K., Darrall-Jones, J., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J., Read, D. B., & Jones, B. L. (2017a). The influence of resistance training experience on the between-day reliability of commonly used strength measures in male youth athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(7), 2005–2010. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2017/07000/The_Influence_of_Resistance_Training_Experience_on.31.aspx

- Weakley, J. J. S., Till, K., Darrall-Jones, J., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J., Read, D. B., & Jones, B. L. (2017b). The influence of resistance training experience on the between-day reliability of commonly used strength measures in male youth athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(7), 2005–2010.
- Weakley, J., Ramirez-Lopez, C., McLaren, S., Dalton-Barron, N., Weaving, D., Jones, B., ... Banyard, H. (2019). The Effects of 10%, 20%, and 30% Velocity Loss Thresholds on Kinetic, Kinematic, and Repetition Characteristics During the Barbell Back Squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–9.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-1008>
- Winchester, J. B., McBride, J. M., Maher, M. A., Mikat, R. P., Allen, B. K., Kline, D. E., & McGuigan, M. R. (2008). Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(6), 1728–1734.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181821abb>
- Winett, R. A., & Carpinelli, R. N. (2001). Potential health-related benefits of resistance training. *Preventive Medicine*, *33*(5), 503–513. <https://doi.org/10.1006/pmed.2001.0909>
- Young, W. B., Newton, R. U., Doyle, T. L. A., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G., & Dawson, B. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules Football: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *8*(3), 333–345. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(05\)80044-1](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(05)80044-1)
- Zapartidis, I., Skoufas, D., Varelzis, I., Christodoulidis, T., Toganidis, T., & Kororos, P. (2009). Factors Influencing Ball Throwing Velocity in Young Female Handball Players. *The Open Sports Medicine Journal*, *3*(1), 39–43.
<https://doi.org/10.2174/1874387000903010039>
- Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., ... Terzis, G. (2013). Effects of strength vs. Ballistic-power training on throwing performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, *12*(1), 130–137.
- Ziv, G., Lidor, R., Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J. A., ... Gorostiaga, E. M. (2007). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(2), 860–867. <https://doi.org/10.1080/17461390903038470>

TABLE CAPTIONS

Table 1. Reliability of throwing velocity during different handball throwing tests in experienced and non-experienced handball players.

Table 2. Association of throwing velocity performance between the different types of throws for the whole data set and separately for the non-experienced and experienced groups.

FIGURE CAPTIONS

Figure 1. Initial position of the unspecific throw (Panel A), final position of the unspecific throw (Panel B), initial position of the 7-meters throw (Panel C), and final position of the 7-meters throw. The 3-steps throw was not presented due to the similar initial and final positions with respect to the 7-meters throw.

Figure 2. Comparison of the coefficient of variation (CV) between the types of throw (panel A), procedures (panel B) and groups (Panel C). Un, unspecific throw; 7-m, 7-meters throw; 3-s, 3 steps throw; Max, maximum velocity value of the 4 recorded trials; Aver4, average velocity value of the 4 recorded trials; Aver3, average velocity value of the 3 trials with higher velocity. Numbers depict the CV_{ratio} (higher CV / lower CV) of the compared conditions. *, meaningful differences in reliability ($CV_{ratio} > 1.15$).

Figure 3. Comparison of throwing velocity between non-experienced and experienced groups for the different types of throws. p , p -value obtained from unpaired samples t tests; ES, effect size ($[(\text{experienced group mean} - \text{non-experienced group mean}) / \text{pooled standard deviation}]$).

Figure 4. Individual throwing velocity values obtained during the 3 types of throws. Data are shown separately for non-experienced (filled dots) and experienced (empty dots) groups.

ESTUDIO II. VERSIÓN EN INGLÉS.**Effect of Traditional, Cluster, and Rest Redistribution Set Configurations on Neuromuscular and Perceptual Responses During Strength-Oriented Resistance Training**

Jesualdo Cuevas-Aburto, Ivan Jukic, Luis Javier Chiroso-Ríos, Jorge Miguel González-Hernández, Danica Janicijevic, Paola Barboza-González, Francisco Guede-Rojas, and Amador García-Ramos.

ABSTRACT

This study aimed to compare the acute effect of traditional (TR), cluster (CL) and rest redistribution (RR) set configurations on neuromuscular and perceptual measures of fatigue. Thirty-one resistance-trained men randomly performed a Control session and 3 experimental sessions consisting of the squat (SQ) and bench press (BP) exercises performed against the 10-repetition maximum load using TR (3 sets of 6 repetitions; 3 minutes of inter-set rest), CL (3 sets of 6 repetitions; 30 seconds of intra-set rest every 2 repetitions; 3 minutes of inter-set rest), and RR (9 sets of 2 repetitions; 45 seconds of inter-set rest) set configurations. A significant effect of “set configuration” ($p=0.002$) was observed for barbell velocity. The average velocity of the training session was lower for TR compared to CL (% difference = 5.09% in SQ and 5.68% in BP) and RR (% difference = 5.92% in SQ and 2.71% in BP). The 3 set configurations induced comparable decrements in countermovement jump height (% difference from -6.0% to -8.1%) and throwing velocity (% difference from -0.6% to -1.2%). Ratings of perceived exertion (RPE-10) values collected after the sets were higher for TR (SQ: 6.9 ± 0.7 a.u.; BP: 6.8 ± 0.8 a.u.) compared to CL (SQ: 6.2 ± 0.8 a.u.; BP: 6.4 ± 0.7 a.u.) and RR (SQ: 6.2 ± 0.8 a.u.; BP: 6.6 ± 0.9 a.u.), while the session RPE did not differ between the set configurations ($p=0.595$). CL and RR set configurations allow for higher velocities and lower RPE values during resistance training sessions not performed to failure in comparison to a TR set configuration.

Keywords: countermovement jump, linear position transducer, strength training, throwing velocity, velocity-based training.

INTRODUCTION

Resistance training (RT) is of importance not only for increasing strength levels and sport performance (22), but also because it promotes a number of health-related benefits (32). A growing body of research now suggests that training to failure is not a necessary stimulus for optimizing RT adaptations (3,17,21). In fact, it has been suggested that greater increases in athletic performance can be achieved when RT sets are not performed to failure and when all repetitions are performed with maximum intent (17). Therefore, since RT sessions generally include multiple sets of the same exercise, it seems important to identify strategies that enable the maintenance of high movement velocities during successive sets not performed to failure. Two effective strategies for maintaining high movement velocities during RT could be the provision of real-time velocity feedback (29–31) or the modification of the set structure (13,24).

Performing multiple repetitions with a maximal concentric effort in a consecutive fashion (i.e. traditional sets; TR) leads to neuromuscular and perceptual fatigue which are responsible for the acute decreases in movement velocity (24). Although technological advancements now allow for the provision of real-time velocity feedback in order to adjust training loads and volume to match athletes' daily readiness (29–31), still, likely the simplest and most effective way of mitigating fatigue during RT is through the manipulation of the set configuration. For example, research has shown that adding short intra-set rest intervals (\approx 15-45 seconds) can result in a higher maintenance of movement velocity during RT compared to TR set configurations (4,8,26). Although these so-called “cluster sets” (CL) have proven to be beneficial, they might not be feasible from a practical perspective since they extend total training time. One alternative to CL sets is to redistribute total rest time of TR set configurations to create shorter but more frequent rest periods (12,14,24,25). This method, known as “rest redistribution” (RR), has become increasingly popular since it enables the maintenance of higher movement velocities than TR sets while not extending total training time (7,9,11,14,23). However, it is important to keep in mind that although RR set configurations (e.g., 10 sets of 3 repetitions with 1 min of inter-set rest) could be effective to induce an acute improvement in power output and movement technique, a TR set configuration (e.g., 3 sets of 10 repetitions with 4.5 minutes of inter-set rest) might have a higher incidence on work capacity and enzymatic function (2). Therefore, it would

be important to compare the effect of TR, CL and RR set configurations on neuromuscular and perceptual responses during RT sessions in which the sets are not performed to failure.

Even though several studies have compared the effects of different CL or RR set configurations against a TR set configuration on neuromuscular and perceptual measures of fatigue (4,5,8,25,27), to our knowledge, no study has investigated the acute effects of all 3 set structures within a same study. The findings from such a study would be important to clarify whether the differences with respect to TR set configurations are caused more by the longer rest periods (CL) or by the redistribution of the same total rest time in shorter but more frequent rest periods (RR). It has also been suggested that the effect of CL and RR set configurations might be exercise-specific (13). This is justified by the different neuromuscular and perceptual fatigue profiles identified for lower-body and upper-body muscles (15,28). A recent meta-analysis conducted by Latella et al. (13) identified 25 articles examining the acute neuromuscular responses to CL set configurations, with the SQ (15 studies) and the BP (3 studies) being the two most investigated exercises in the literature. Latella et al. (13) identified an overall effect for exercise selection. However, although the SQ and BP have been the 2 exercises most examined in the CL literature, it has never been compared within a same study the effect of CL set structures between both exercises.

Another important factor that remains virtually unexplored is the residual fatigue induced by RT sessions that only differ in the set configuration. There are many sports (e.g. team sports) in which RT sessions commonly precede sport-specific training. In this context, it is important that the content of RT sessions interfere as little as possible with the subsequent training. Two of the most commonly performed actions in many sports are vertical jumps and throws. Therefore, it could be important to explore the effect of RT sessions differing only in the set configuration on the changes in dynamic actions performance (e.g. countermovement jump [CMJ] height and throwing velocity). Since previous studies have generally reported lower velocity losses during training with CL and RR in comparison to TR set configurations (4,7–9,11,23,24,26), lower reductions in the performance of dynamic actions following RT sessions comprising CL and RR structures could also be expected. In addition, although CL and RR set configurations have been frequently associated with lower ratings of perceived exertion (RPE) immediately after completing a set (8,15,24), less information exists with respect to the differences in the session RPE (sRPE) between RT sessions that only differ in the set

configuration (12). The determination of the changes in dynamic actions performance and sRPE values would provide valuable information for coaches regarding the overall fatigue induced by RT sessions differing in the set configuration.

To fill the aforementioned gaps in the literature, in the present study a group of resistance-trained men performed RT sessions that comprised the SQ and BP exercises using 3 different set configurations (TR, CL, and RR). Specifically, the aims of the present study were (I) to compare the effect of the set configuration used during RT on movement velocity and RPE, (II) to explore the neuromuscular fatigue induced by RT sessions differing only in the set configuration through dynamic actions performance assessment (CMJ height and throwing velocity), and (III) to determine whether the neuromuscular and perceptual responses to different set configurations differ between the SQ and BP exercises. We hypothesized that (I) the CL set configuration would allow the highest movement velocity and the lowest RPE, while the TR set configuration would produce the lowest velocity and the highest RPE, (II) the decrement in dynamic actions performance after training would be higher for TR, followed by RR, and finally CL, and (III) no specific hypothesis was formulated regarding the differences in neuromuscular and perceptual responses to the set configurations between the SQ and BP exercises due to the paucity of similar studies.

METHOD

Experimental Approach to the Problem

A crossover design was used to compare the effects of different set configurations on neuromuscular and perceptual measures of fatigue during strength-oriented RT sessions. Subjects attended to the laboratory on 5 occasions within a 3-week period. Successive sessions were separated by at least 48 hours. The first session was used to determine the 10RM load during SQ and BP exercises. The 4 main experimental sessions (TR, CL, RR, and Control) were subsequently performed in a randomised order. Resistance training sessions included both the SQ and BP exercises performed against the 10RM load using traditional (TR; 3 sets of 6 continuous repetitions with 3 minutes of inter-set rest), cluster (CL; 3 sets of 6 repetitions with 30 seconds of intra-set rest every 2 repetitions and 3 minutes of inter-set rest), and rest redistribution (RR; 9 sets of 2 repetitions with 45 seconds of inter-set rest) set configurations (Figure 1). Barbell velocity of all repetitions and RPE values after groups of 6 repetitions were collected. Countermovement jump (CMJ) height and throwing velocity were collected at the

beginning and at the end of each session, and the sRPE was collected 10 minutes after completing the RT session. In the Control condition, subjects were instructed to walk for 10 minutes at a self-perceived low intensity prior to the post-session assessment of CMJ height and throwing velocity. All sessions for the same subject were held at the same time of day (± 1 hour) to minimize the influence of the circadian rhythm on physical performance.

[Figure 1]

Subjects

Thirty-one resistance-trained men volunteered to participate in this study (mean \pm standard deviation [SD]: age = 21.3 ± 2.3 years [range = 18-30 years]; body mass: 78.4 ± 12.9 kg; body height = 1.76 ± 0.07 m; SQ 10RM = 78.5 ± 12.7 kg; BP 10RM = 65.9 ± 13.7 kg). All subjects reported to be enrolled in RT programs when they were recruited for the present study and had at least 1 year of RT experience. In addition, before the commencement of the study, we checked that all included subjects were able to perform the SQ and BP exercises with a proper technique. Subjects reported no chronic diseases or recent injuries that could compromise testing procedures. They were instructed to avoid any strenuous exercise during the course of the study. All subjects were informed about all testing procedures and signed a written informed consent form before the commencement of the study. The study protocol adhered to the tenets of the Declaration of Helsinki and was approved by the Institutional Review Board of the University of Granada (IRB approval: 935/CEIH/2019).

Procedures

1. Preliminary session: 10RM determination

Subjects performed 5 minutes of jogging and dynamic stretching exercises at the beginning of the session. Thereafter, an incremental loading test was performed in the SQ and BP exercises to determine the load associated with a mean velocity of $0.70 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and $0.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectively ($\approx 80\%$ of 1RM) (6,20). Subjects were instructed to perform a set of repetitions to failure against these loads to determine the 10RM load. An experienced researcher stopped the set when he identified that subjects could perform less or more than 10 repetitions, and the load was modified after 5 minutes of rest. The magnitude of the increment or decrement of the load was decided by consensus between the subject and the researcher supervising the test. A maximum of 3 sets were

performed to determine the 10RM load. Subjects were instructed to squat until the top of their thighs were parallel to the floor (parallel back squat) and to perform a quick transition (i.e., without a pause) between the downward and upward phases of the exercise. The BP was performed using a self-selected grip width and the touch-and-go technique.

2. Experimental sessions: TR, CL, RR and Control conditions

The sequence of each experimental session was as follows: (I) warm-up, (II) pre-session assessment of dynamic actions performance, (III) resistance training (TR, CL, or RR) or control (10 minutes of walking) session, and (IV) post-session assessment of dynamic action performance, and (V) sRPE assessment.

I. Warm-up. At the beginning of each RT session participants performed 5 minutes of jogging, dynamic stretching, 10 unloaded SQ, 5 SQ loaded by 50% of the 10RM load, 2 SQ against the 10RM load, 10 push-ups, 5 BP loaded by 50% of the 10RM load, and 2 BP against the 10RM load.

II. Pre-session assessment of dynamic actions performance. 4 trials of the CMJ and another 4 trials of the 7-meters handball throw were performed separated by 30 seconds. CMJ height was estimated from flight time using a validated mobile application (MyJump2; version 5.0.2) that recorded the video-image at 240 fps through an iPhone 8 plus (1). Throwing velocity was assessed with the Stalker Acceleration Testing System (ATS) II radar device (Model: Stalker ATS II, Applied Concepts, Dallas, TX, USA). The average value of the 3 best trials was used for statistical analyses. Reliability (intraclass correlation coefficient [ICC; model 3.1] and coefficient of variation [CV]) was calculated comparing the pre and post session assessments of these variables during the Control condition. A very high reliability was observed for both CMJ height (ICC = 0.99; CV = 1.86%) and throwing velocity (ICC = 0.97; CV = 2.40%).

III. Resistance training. Each RT session consisted of 18 repetitions with the 10RM load during the SQ and BP exercises performed in a Smith machine. The set configuration was the only difference between the 3 experimental sessions (see Figure 1 for details). The order of the exercises (SQ and BP) and set configurations (TR, CL, RR and Control) was randomised, but individual subjects used the same exercise order in the 3 experimental sessions. Regardless of the set configuration, 10 minutes of rest were implemented between the SQ and BP exercises.

Participants were encouraged to perform the concentric phase of all repetitions at the maximum intended velocity. All repetitions were performed in a Ffittech Smith Machine (Taiwan, China) and the mean velocity was measured with a linear velocity transducer (T-Force System; Ergotech, Murcia, Spain) that sampled the vertical velocity of the barbell at 1000 Hz. The Smith machine used in this study did not have a counterweight system and so the weight of the unloaded barbell was 20 kg. Perceptual fatigue was assessed with the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise after the 6th, 12th, and 18th repetitions (18). Lastly, as the number of repetitions per set differed between RR (9 sets of 2 repetitions) and TR and CL (3 sets of 6 repetitions), RR sets 1 to 3, 4 to 6, and 7 to 9 were grouped together to create “3 sets” for the sake of comparing 3 RR sets to 3 TR and CL sets.

IV. Post-session assessment of dynamic actions performance. The same procedure previously described was followed 10 minutes after finishing the last set of the RT session (TR, CL, and RR) or after 10 minutes of walking (Control condition).

V. Session RPE (sRPE) assessment. The sRPE was reported 5 minutes after completing the post-session assessment of dynamic actions performance using the OMNI scale (18).

Statistical analyses

Descriptive data are presented as means and SD. The normal distribution assumption and the homogeneity of variances were tested by the Shapiro-Wilk and Levene's tests, respectively. A 3-way repeated measures ANOVA (exercise [SQ and BP], set number [1, 2 and 3], and set configuration [TR, CL and RR]) was conducted on movement velocity and the RPE values collected after each set of 6 repetitions. A 1-way ANOVA was used to compare the mean velocity of each repetition between the set configurations separately for the SQ and BP exercises. A 2-way repeated measures ANOVA (time [Pre and Post] and set configuration [TR, CL, RR, and Control]) was applied on CMJ height and throwing velocity. The Friedman test was used to compare the sRPE between the set configurations. The sRPE was the only variable in which the normal distribution assumption was violated ($p < 0.05$). The Greenhouse-Geisser correction was applied when the Mauchly's test revealed a violation of the sphericity ($p < 0.05$). When significant differences were observed, a Bonferroni follow-up test was performed. The magnitude of the differences was quantified through the Hedge's g effect size (ES) and it was

interpreted using the following scale: trivial (< 0.20), small ($0.20-0.59$), moderate ($0.60-1.19$), large ($1.20-2.00$), and very large (> 2.00) (10). Statistical significance was set at an alpha level of 0.05 and 95% confidence intervals (CI) are provided when appropriate. All statistical analyses were performed using the software package SPSS (IBM SPSS version 22.0, Chicago, IL, USA).

RESULTS

The 3-way ANOVA conducted on movement velocity revealed significant main effects for “exercise” ($F = 185.1, p < 0.001$; SQ $>$ BP [95%CI = 0.160, 0.216 m·s⁻¹]), “set number” ($F = 27.0, p < 0.001$; set 1 $>$ set 2 [95%CI = 0.005, 0.021 m·s⁻¹] set 1 $>$ set 3, [95%CI = 0.015, 0.040 m·s⁻¹] set 2 $>$ set 3 [95%CI = 0.008, 0.021 m·s⁻¹]), and “set configuration” ($F = 6.8, p = 0.002$; TR $<$ CL [95%CI = 0.007, 0.048 m·s⁻¹], TR $<$ RR [95%CI = 0.001, 0.047 m·s⁻¹], CL = RR [95%CI = -0.014, 0.022 m·s⁻¹]) (Figure 2). The interaction “set number \times set configuration” reached statistical significance ($F = 3.6, p = 0.017$) due to a larger decrease in movement velocity with the increment in the number of sets during TR and RR compared to CL. The “exercise \times set number” ($F = 2.9, p = 0.084$), “exercise \times set configuration” ($F = 1.3, p = 0.274$), and “exercise \times set number \times set configuration” ($F = 2.6, p = 0.064$) interactions did not reach statistical significance. The velocity achieved during individual repetitions was lower for TR compared to CL (8 repetitions in the SQ and 7 repetitions in the BP) and RR (9 repetitions in the SQ and 6 repetitions in the BP), no significant differences were observed for the SQ between CL and RR, and during the BP the velocity was lower for RR compared to CL (4 repetitions) and TR (3 repetitions) (Figure 3). Hedge's g ES comparing velocity outcomes between the set configurations for each repetition are presented in Table 1.

[Figure 2]

[Figure 3]

[Table 1]

The 2-way ANOVAs revealed a significant main effect of “time” ($F = 26.9, p < 0.001$; Pre $>$ Post [95%CI = 1.11, 2.55 cm]) and “set configuration” ($F = 5.1, p = 0.016$; Control $>$ TR [95%CI = -0.46, 3.72 cm], CL [95%CI = 0.80, 2.49 cm] and RR [95%CI = 0.99, 2.71 cm]) for CMJ height, while the main effect of “time” ($F = 0.4, p = 0.539$; [95%CI = -0.35, 0.65 km·h⁻¹])

and “set configuration” ($F = 1.1$, $p = 0.374$) did not reach statistical significance for throwing velocity. A significant “time \times set configuration” interaction was observed for both CMJ height ($F = 4.6$, $p = 0.031$) and throwing velocity ($F = 5.7$, $p = 0.001$) due to a lower performance at Post for TR, CL and RR and higher performance at Post for the control condition, respectively (Figure 4). The individual responses and magnitude of the changes (Hedge's ES) of CMJ height and throwing velocity are presented in Figure 5 and Figure 6, respectively.

[Figure 4]

[Figure 5]

[Figure 6]

The 3-way ANOVA conducted on RPE values revealed significant main effects for “set number” ($F = 85.4$, $p < 0.001$; set 1 < set 2 [95%CI = 0.54, 1.08 a.u.], set 1 < set 3 [95%CI = 1.16, 1.98 a.u.], set 2 < set 3 [95%CI = 0.57, 0.95 a.u.]) and “set configuration” ($F = 4.8$, $p = 0.023$; TR > CL [95%CI = 0.20, 0.91 a.u.]), while the main effect of “exercise” was not significant ($F = 0.3$, $p = 0.581$) (Figure 7). None of the interactions reached statistical significance: “exercise \times set number” ($F = 1.4$, $p = 0.265$), “exercise \times set configuration” ($F = 2.4$, $p = 0.099$), “set number \times set configuration” ($F = 1.0$, $p = 0.379$), and “exercise \times set number \times set configuration” ($F = 1.0$, $p = 0.402$) (Figure 7). No significant differences ($p = 0.595$) were observed for the RPE values reported after training between TR (6.90 ± 1.22 a.u.), CL (6.61 ± 1.48 a.u.), and RR (6.68 ± 1.01 a.u.).

[Figure 7]

DISCUSSION

This study was designed to compare the effects of 3 different set configurations (TR, CL, and RR) on neuromuscular and perceptual measures of fatigue during RT sessions conducted with the SQ and BP exercises performed in a Smith machine and accumulation of residual fatigue after each session. The main findings of this study revealed (I) higher velocities for CL and RR compared to TR, (II) a progressive decrease in movement velocity with the increment of the number of sets for TR and RR but not for CL, (III) comparable decrements in dynamic actions performance (i.e. CMJ height and throwing velocity) after training for all 3 set configurations,

(IV) significantly higher RPE values for TR compared to CL (all sets for SQ and only the set 3 for BP) and RR (all sets for SQ but no for BP), (V) a progressive increase in RPE with the increment of the number of sets for all set configurations, and (VI) no significant differences in sRPE between the set configurations. These results collectively confirm that both CL and RR are effective to reduce the neuromuscular and perceptual fatigue in comparison to a TR set configuration during training, while the residual neuromuscular and perceptual fatigue (i.e., CMJ height, throwing velocity, and sRPE) did not differ between the 3 set configurations.

Movement velocity and RPE followed a similar pattern (i.e. as movement velocity decreased, RPE increased) during training within each set configuration. Regardless of the set number, during the SQ exercise, the CL and RR set configurations provided higher velocities and lower RPE values than the TR set configuration. However, although CL allowed for higher velocities and lower RPE values than the TR set configuration for all sets during the BP exercise, higher velocities and lower RPE values during RR as opposed to TR were only observed for the set 1. This result during the BP exercise was caused because the increment in the number of sets was associated with a steeper decrease in movement velocity and increase in RPE for RR in comparison to TR and CL. This result is in line with previous studies that have reported higher velocities for RR compared to TR during the SQ exercise (16), while other studies have failed to show significant differences in velocity between RR and TR during the BP (23). Findings of the present study confirm that the neuromuscular and perceptual fatigue profiles differ between lower-body and upper-body muscles (15,28). Our results also support the recommendation of Latella et al. (13) of examining the acute effect of CL and RR set structures independently for each exercise. This is the first study that has compared the acute effects of CL and RR set configurations on neuromuscular performance and RPE between the SQ and BP exercises performed in a Smith machine, suggesting that the optimal inter- and intra-set rest intervals are exercise-specific with the BP requiring longer inter-set rest intervals or the implementation of additional intra-set rest in comparison to the SQ exercise.

All 3 set structures affected performance of dynamic actions and sRPE to a similar extent. It was hypothesised that the decrement in dynamic actions performance after training and sRPE would be higher for TR, followed by RR, and finally CL. However, contrary to our hypothesis, no significant differences between the set configurations were observed for any variable. In line with previous studies the CMJ height was a sensitive indicator of the fatigue induced by RT (19),

while no significant reductions in throwing velocity were observed after training. However, the increase in throwing velocity for the Control condition suggests that the warm-up preceding the throwing test was probably not sufficient and, therefore, a more specific warm-up should be considered when using throwing velocity to quantify the neuromuscular fatigue induced by RT. These results collectively highlight that although the neuromuscular and perceptual fatigue during training could be lower for the CL and RR set configurations, the residual fatigue accumulated during RT is not affected by different set configurations. A lower level of metabolic fatigue could be responsible for the higher movement velocities observed during training for the CL and RR set configurations compared to the TR set configuration (2,4,7). However, regardless of the set configuration, a lower level of metabolic fatigue is expected to be observed after training than during training, should have less influence after training and this could explain the lack of differences in residual fatigue (i.e., decrements in CMJ height and throwing velocity) between the set configurations. The similar degree of residual fatigue induced by the 3 set configurations could be explained by the fact that subjects were instructed to perform all repetitions during training with maximum intent.

One limitation of our study is that only mechanical and perceptual variables were measured, while previous studies have also analysed metabolic and hormonal responses (4,7,27). It is also important to note that although both CL and RR were effective to maintain higher velocities and lower RPE values during training than TR, these findings may not be applicable to other exercises, loads, training strategies (e.g. proximity to failure), or populations (e.g. women or highly resistance-trained athletes). It should also be elucidated whether the findings of these studies can be replicated when the SQ and BP exercises are performed with free-weights. Therefore, although growing body of research now suggests that the implementation of both CL and RR set structures are effective to combat acute fatigue during RT, more research is still needed to enlighten their effectiveness to mitigate residual fatigue after RT.

In conclusion, CL and RR allowed higher velocities during training than TR for both the SQ and BP exercises. However, with the increment in the number of sets, movement velocity tended to decrease for TR and RR but not for CL. Of note is that the reduction in movement velocity with the increment in the number of sets was higher for the BP compared to the SQ suggesting that longer inter-set rest intervals or implementation of additional short intra-set rest might be beneficial for the BP. RPE values collected after the sets were higher for TR compared

to CL and RR. Despite of the mentioned differences in neuromuscular and perceptual measures of fatigue during RT, the residual fatigue of the RT session, measured through the decrement in dynamic actions performance and the sRPE, did not differ between the set configurations. Therefore, while the CL and RR are effective to reduce the neuromuscular and perceptual fatigue in comparison to a TR set configuration during RT, the post-session fatigue does not seem to be affected by the set configuration.

PRACTICAL APLICATIONS

CL and RR set configurations are both recommended to reduce the neuromuscular and perceptual fatigue during RT sessions not performed to muscular failure in comparison to a TR set configuration. However, our results also suggest that longer inter-set rest periods of implementation of additional intra-set rest periods are needed for the BP compared to the SQ in order to maintain high movement velocities during the successive sets of a RT session.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank all subjects that voluntary participated in this study.

REFERENCES

1. Balsalobre-Fernandez, C, Glaister, M, and Lockey, RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci* 33: 1574–1579, 2015.
2. Denton, J and Cronin, JB. Kinematic, kinetic, and blood lactate profiles of continuous and intraset rest loading schemes. *J strength Cond Res* 20: 528–534, 2006.
3. Folland, JP, Irish, CS, Roberts, JC, Tarr, JE, and Jones, DA. Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br J Sports Med* 36: 370–373.
4. García-Ramos, A, González-Hernández, JM, Baños-Pelegrín, E, Castaño-Zambudio, A, Capelo-Ramírez, F, Boullosa, D, et al. Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *J strength Cond Res*, 2017.
5. García-Ramos, A, Padial, P, Haff, G, Argüelles-Cienfuegos, J, García-Ramos, M, Conde-Pipó, J, et al. Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the ballistic bench press exercise. *J Strength Cond Res* 29: 2388–2396, 2015.
6. García-Ramos, A, Pestaña-Melero, FL, Pérez-Castilla, A, Rojas, FJ, and Haff, GG. Differences in the load-velocity profile between 4 bench press variants. *Int J Sports Physiol Perform* 13: 326–331, 2018.
7. Girman, JC, Jones, MT, Matthews, TD, and Wood, RJ. Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. *Eur J Sport Sci* 14: 151–159, 2014.
8. González-Hernández, J, García-Ramos, A, Capelo-Ramírez, F, Castaño-Zambudio, A, Marquez, G, Boullosa, D, et al. Mechanical, metabolic, and perceptual acute responses to different set configurations in full squat. *J Strength Cond Res*, 2017.
9. Hansen, KT, Cronin, JB, and Newton, MJ. The effect of cluster loading on force, velocity, and power during ballistic jump squat training. *Int J Sports Physiol Perform* 6: 455–468, 2011.
10. Hopkins, WG, Marshall, SW, Batterham, AM, and Hanin, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc* 41: 3–13, 2009.
11. Iglesias-Soler, E, Carballeira, E, Sánchez-Otero, T, Mayo, X, Jiménez, A, and Chapman, ML. Acute effects of distribution of rest between repetitions. *Int J Sports Med* 33: 351–358, 2012.
12. Jukic, I and Tufano, JJ. Shorter but more frequent rest periods: no effect on velocity and power compared to traditional sets not performed to failure. *J Hum Kinet* 66: 257–268, 2019.

13. Latella, C, Teo, W-P, Drinkwater, EJ, Kendall, K, and Haff, GG. The acute neuromuscular responses to cluster set resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sport Med* 49: 1861–1877, 2019.
14. Lawton, TW, Cronin, JB, and Lindsell, RP. Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *J Strength Cond Res* 20: 172–176, 2006.
15. Mayo, X, Iglesias-Soler, E, and Fernández-Del-Olmo, M. Effects of set configuration of resistance exercise on perceived exertion. *Percept Mot Skills* 119: 825–837, 2014.
16. Oliver, JM, Kreutzer, A, Jenke, SC, Phillips, MD, Mitchell, JB, and Jones, MT. Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *J Strength Cond Res* 30: 235–243, 2016.
17. Pareja-Blanco, F, Rodríguez-Rosell, D, Sánchez-Medina, L, Sanchis-Moysi, J, Dorado, C, Mora-Custodio, R, et al. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sport* 27: 724–735, 2017.
18. Robertson, RJ, Goss, FL, Rutkowski, J, Lenz, B, Dixon, C, Timmer, J, et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 35: 333–341, 2003.
19. Sánchez-Medina, L and González-Badillo, JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1725–1734, 2011.
20. Sánchez-Medina, L, Pallarés, J, Pérez, C, Morán-Navarro, R, and González-Badillo, J. Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sport Med Int Open* 1: E80–E88, 2017.
21. Schoenfeld, B and Grgic, J. Does training to failure maximize muscle hypertrophy? *Strength Cond J* 41: 108–113, 2019.
22. Suchomel, TJ, Nimphius, S, and Stone, MH. The importance of muscular strength in athletic performance. *Sport Med* 46: 1419–1449, 2016.
23. Torrejon, A, Janicijevic, D, Haff, GG, and Garcia-Ramos, A. Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *Eur J Appl Physiol* 119: 1409–1417, 2019.

24. Tufano, JJ, Brown, LE, Haff, GG, and Gregory Haff, G. Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *J Strength Cond Res* 31: 848–867, 2017.
25. Tufano, JJ, Conlon, JA, Nimphius, S, Brown, LE, Petkovic, A, Frick, J, et al. Effects of cluster sets and rest-redistribution on mechanical responses to back squats in trained men. *J Hum Kinet* 58: 35–43, 2017.
26. Tufano, JJ, Conlon, JA, Nimphius, S, Brown, LE, Seitz, LB, Williamson, BD, et al. Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *Int J Sports Physiol Perform* 11: 885–892, 2016.
27. Tufano, JJ, Conlon, JA, Nimphius, S, Oliver, JM, Kreutzer, A, and Haff, GG. Different cluster sets result in similar metabolic, endocrine, and perceptual responses in trained men. *J Strength Cond Res* 33: 346–354, 2019.
28. Vernillo, G, Temesi, J, Martin, M, and Millet, GY. Mechanisms of fatigue and recovery in upper versus lower limbs in men. *Med Sci Sports Exerc* 50: 334–343, 2018.
29. Weakley, J, Till, K, Sampson, J, Banyard, H, Leduc, C, Wilson, K, et al. The effects of augmented feedback on sprint, jump, and strength adaptations in rugby union players following a four week training programme. *Int J Sports Physiol Perform* 1–21, 2019.
30. Weakley, J, Wilson, K, Till, K, Banyard, H, Dyson, J, Phibbs, P, et al. Show me, tell me, encourage me: The effect of different forms of feedback on resistance training performance. *J Strength Cond Res* , 2018.
31. Weakley, JJ, Wilson, KM, Till, K, Read, DB, Darrall-Jones, J, Roe, G, et al. Visual feedback attenuates mean concentric barbell velocity loss, and improves motivation, competitiveness, and perceived workload in male adolescent athletes. *J strength Cond Res* 33: 2420–2425, 2019.
32. Winett, RA and Carpinelli, RN. Potential health-related benefits of resistance training. *Prev Med (Baltim)* 33: 503–513, 2001.

FIGURE LEGENDS

Figure 1. Overview of the 3 set configurations used in the present study. The order of the exercises and set configurations was randomized.

Figure 2. Comparison of movement velocity between the different set numbers and set configurations for the squat (panel A) and bench press (panel B) exercises. TR, traditional set configuration; CL, cluster set configuration; RR, rest redistribution set configuration. *, CL significantly faster than TR; #, RR significantly faster than TR. NS, no significant differences between sets. Error bars depict the standard error.

Figure 3. Comparison of movement velocity at each repetition between the set configurations for the squat (panel A) and bench press (panel B) exercises. TR, traditional set configuration; CL, cluster set configuration; RR, rest redistribution set configuration. *, CL significantly faster than TR; #, RR significantly faster TR. \aleph , TR significantly faster than RR; Ω , CL significantly faster than RR.

Figure 4. Comparison of countermovement jump height (panel A) and throwing velocity (panel B) before (Pre) and after (Post) the training session for the traditional set configuration (TR; filled dots), cluster set configuration (CL; filled squares), rest redistribution set configuration (RR; empty dots), and control condition (empty squares). Error bars depict the standard error. *, Control significantly higher values than TR, CL and RR; #, Post significantly lower values than Pre; \aleph , Post significantly higher values than Pre.

Figure 5. Individual changes of countermovement jump (CMJ) height for the traditional set configuration (panel A), cluster set configuration (panel B), rest redistribution set configuration (panel C), and control condition (panel D). Hedge's g (ES) and p values are presented for pre-post comparisons within each condition.

Figure 6. Individual changes of throwing velocity for the traditional set configuration (panel A), cluster set configuration (panel B), rest redistribution set configuration (panel C), and control condition (panel D). Hedge's g (ES) and p values are presented for pre-post comparisons within each condition.

Figure 7. Comparison of ratings of perceived exertion (RPE) between the different set numbers and set configurations for the squat (panel A) and bench press (panel B) exercises. TR, traditional set configuration; CL, cluster set configuration; RR, rest redistribution set configuration. *, CL significantly lower than TR; #, RR significantly lower than TR. The lowest and the highest RPE were always obtained for the Set 1 and Set 3, respectively ($p < 0.05$). Error bars depict the standard error.

ESTUDIO III. VERSIÓN EN INGLÉS.

**Effect of Resistance Training Programs Differing in the Set
Configuration on Maximal Strength and Explosive
Actions Performance**

Jesualdo Cuevas-Aburto, Ivan Jukic, Jorge Miguel González-Hernández, Danica Janicijevic,
Paola Barboza-González, Luis Javier Chiroso-Ríos, and Amador García-Ramos

International Journal of Sports Physiology and Performance, <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-1005>

ABSTRACT

Purpose: To compare the effects of 2 upper-body strength training programs differing in the set configuration on the bench press (BP) 1-repetition maximum (1RM) and throwing velocity (TV). **Methods:** Thirty-five men were randomly assigned to a traditional group (TRG; $n = 12$), rest redistribution group (RRG; $n = 13$), or control group (CG; $n = 10$). The training program was conducted with the BP exercise and lasted 6 weeks (2 sessions/week): TRG – 6 sets \times 5 repetitions with 3 minutes of inter-set rest; RRG – 1 set \times 30 repetitions with 31 seconds of inter-repetition rest. The total rest period (15 minutes) and load intensity (75% 1RM) were the same for both experimental groups. Subjects performed all repetitions at maximal intended velocity and the load was adjusted on a daily basis from velocity recordings. The BP 1RM and TV were assessed before and after training. **Results:** A significant time \times group interaction was observed for the BP 1RM ($P < .001$) due to the higher values observed at post-test compared to pre-test for TRG (effect size [ES] = 0.83) and RRG (ES = 0.61) but not for CG (ES = -0.04). The changes in the BP 1RM did not differ between TRG and RRG (ES = 0.04). No significant differences in TV were observed between the pre-test and post-test (ES = 0.16, 0.22 and 0.02 for TRG, RRG, and CG, respectively). **Conclusions:** Resistance training programs based on not-to-failure TR and RR set configurations induce similar gains in BP 1RM and TV.

Keywords: Bench press, cluster training, one-repetition maximum, rest redistribution, throwing velocity.

INTRODUCTION

Athletes' muscular power has been related to a number of different athletic performance tasks such as sprinting, jumping and throwing velocity.(Cormie et al., 2011a; E M Gorostiaga et al., 2005) In addition, the capacity to generate muscular power could differentiate between performance levels of athletes and between starters and non-starters.(Gabbett et al., 2009; Jimenez-Reyes et al., 2018; Young et al., 2005) It is also important to note that muscular strength contributes significantly to the production of muscle power.(Cormie et al., 2011a) Consequently, sport professionals are constantly seeking ways to optimise training interventions to improve maximal strength and power generating capacities. Both muscular strength and power can be developed through resistance training while manipulating a wide range of variables such as exercise type and order, number of sets and repetitions, loading magnitude, rest between sets and movement velocity.(Cormie et al., 2011b; Ratamess et al., 2009) Therefore, it is important to understand the effects of different resistance training protocols on muscular strength and power adaptations.

Regardless of how a resistance training protocol is designed, maximising movement velocity seems to be a key factor when the aim is to develop muscular strength and power.(González-Badillo, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & Pareja-Blanco, 2014b; Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo et al., 2014) Since movement velocity inevitably decreases when continuous repetitions within sets (i.e. traditional [TR] sets) are performed at maximal intended velocity, it has been suggested to limit the number of repetitions per set (i.e. 2-5) if the aim is to induce maximal neuromuscular adaptations.(Baker & Newton, 2007) For instance, Pareja-Blanco et al.(Pareja-Blanco et al., 2017) found that a lower magnitude of velocity loss within each set (20%) was associated with similar squat maximal strength gains, but greater enhancements in vertical jump height than training with a higher velocity loss (40%), although the latter group performed 40% more repetitions during a 8-week training intervention. Based on these findings, the authors suggested that once a moderate velocity loss is achieved, performing more repetitions will not elicit further strength gains, but could be detrimental for improving explosive strength. Nowadays, movement velocity can be recorded during resistance training by means of linear position transducers or other devices.(Pérez-Castilla et al., 2019a) However, these devices may be cost prohibitive for non-professional sporting teams and even professional teams when working with large group of athletes. Consequently, there has been an increased interest in

alternative approaches to preserve movement velocity during resistance training to control fatigue.

Without decreasing training loads or training volume, likely the simplest and most effective way to mitigate acute fatigue is to add intra-set rest.(Tufano, Brown, Haff, & Gregory Haff, 2017b) Although the addition of intra-set rest is effective, these so-called “cluster sets” might not always be feasible from a practical perspective since they can extend total training time.(Tufano, Brown, et al., 2017b) One alternative to cluster set structures is to redistribute the total rest time of TR set structures to include shorter and more frequent rest intervals.(Jukic & Tufano, 2019d) This strategy, known as rest redistribution (RR), can maintain velocity and power output within individual sets compared to TR sets.(Hansen, Cronin, & Newton, 2011; Iglesias-Soler et al., 2012; J. M. Oliver et al., 2016b) Furthermore, a recent study by Jukic and Tufano investigated the possibility of RR serving as a free ad-hoc equivalent to commonly used velocity loss thresholds during clean pulls at multiple loads.(Jukic & Tufano, 2019b) Interestingly, when rest periods of TR sets were redistributed to create short but more frequent rest periods, the number of repetitions performed within 10 and 20% velocity loss thresholds was greater ($g = 0.66 - 0.69$) than during TR sets. This suggests that sport professionals who are financially constrained to implement velocity loss thresholds during training could likely induce similar training stimuli by redistributing long inter-set rest periods and performing less repetitions during each set.

Numerous studies have showed beneficial effects of RR technique on acute performance maintenance during resistance training.(Hansen, Cronin, & Newton, 2011; Iglesias-Soler et al., 2012; J. M. Oliver et al., 2016b) However, a few recent studies suggested that RR may only be effective if TR sets are performed to muscular failure.(García-Ramos et al., 2017; Jukic & Tufano, 2019d; A Torrejon, Janicijevic, Haff, & Garcia-Ramos, 2019b) Therefore, more studies comparing RR technique and not-to-failure TR sets are needed to further substantiate the effects of RR during resistance training. Although the body of evidence regarding the acute responses of RR technique is continually growing, a few studies have investigated muscular strength and power adaptations after utilising RR in a training environment.(Hansen, Cronin, Pickering, et al., 2011; Iglesias-Soler et al., 2017, 2016b; T. Lawton, Cronin, Drinkwater, Lindsell, & Pyne, 2004b; Morales-Artacho, Padial, García-Ramos, Pérez-Castilla, & Feriche, 2017; Jonathan M Oliver et al., 2013) For instance, Lawton et al.(T. Lawton et al., 2004b) did not find superior

strength and power training adaptations using RR technique after 6 weeks of bench press training. Similarly, Morales-Artacho et al. (Morales-Artacho et al., 2017) reported similar increments in maximal force and power capacities for TR and RR set configurations after 3 weeks of jump squat training. However, Hansen et al. (Hansen, Cronin, Pickering, et al., 2011) reported greater peak power outputs during the squat jump exercise after 8 weeks of training, while Oliver et al. (Jonathan M Oliver et al., 2013) found RR to be more effective than TR sets in provoking both strength and power adaptations after 12 weeks of training. Collectively, the effects of RR on maximal strength and power training adaptations are unclear and further research is evidently needed.

Therefore, we designed a longitudinal study to elucidate whether the gains in maximal strength and explosive actions performance induced by resistance training programs conducted with the bench press (BP) exercise could be influenced by the set configuration. Specifically, the main aim of the present study was to compare the effects of 2 upper-body strength training programs differing in the set configuration (TR and RR) on the BP 1-repetition maximum (1RM) and throwing velocity (TV). As a secondary aim, we explored the association between (I) the 1RM and TV before and after training, and (II) the percent change in 1RM with the percent change in TV. Given that previous acute studies conducted with the BP exercise have revealed small differences in mechanical variables between RR and not-to-failure TR set configurations, (García-Ramos et al., 2017; A Torrejon et al., 2019b) we hypothesised that the gains in BP 1RM and TV would be comparable for both groups. A positive association was expected between the BP 1RM and TV before and after training, (E M Gorostiaga et al., 2005; Marques, van den Tilaar, Vescovi, & Gonzalez-Badillo, 2007b) while the lack of similar studies did not allow us to hypothesize whether the percent change in 1RM would be significantly correlated with the percent change in TV.

METHOD

Subjects

Thirty-nine recreationally trained men volunteered to participate in this study. Subjects were randomly assigned to a traditional group (TRG; $n = 13$), rest redistribution group (RRG; $n = 13$), and control group (CG; $n = 13$). However, 4 subjects (1 from TRG and 3 from RRG) were not considered for statistical analyses because they failed to complete the whole experiment protocol. The general characteristics of the subjects used for statistical analyses, which

completed the study protocol without missing any session, were the following: TRG (n = 12, age = 21.0 ± 2.5 years; body mass = 73.4 ± 9.2 kg; height = 1.75 ± 0.05 m), RRG (n = 13, age = 20.3 ± 3.1 years; body mass = 75.0 ± 10.6 kg; height = 1.72 ± 0.05 m), and CG (n = 10, age = 22.2 ± 2.1 years; body mass = 73.8 ± 14.3 kg; height = 1.70 ± 0.05 m).

All subjects reported to be healthy, physically active and had experience with BP training, but none of them was a professional athlete. They were forbidden to perform additional upper-body strength training over the course of the study. All subjects were informed about the study procedures and signed a written informed consent form before the commencement of the study. The study protocol adhered to the tenets of the Declaration of Helsinki and was approved by the Institutional Review Board (935/CEIH/2019).

Study design

The present study used a controlled longitudinal pre-post design with random assignment of the subjects to 3 parallel groups (2 experimental [TRG and RRG] and 1 control [CG]). The whole study protocol consisted of 15 sessions that were performed during an 8-week period: 2 pre-tests (week 1), 12 training sessions (weeks 2-7; only for TRG and RRG), and 1 post-test (week 8). All sessions were separated by at least 48 hours of rest and were performed at a consistent time of the day for individual subjects (± 1 hour).

Testing procedures

Subjects reported to the laboratory after refraining from strenuous exercise for a minimum of 48 hours. Their body mass (Tanita BC 418 segmental, Tokyo, Japan) and height (Seca 202, Seca Ltd., Hamburg, Germany) were assessed in the first testing session. The warm-up of all testing sessions consisted of 5 minutes of jogging, dynamic stretching exercises, 10 push-ups, and 5 repetitions of the BP throw exercise performed in a Smith machine against 20 kg. After warming up, subjects rested for 3 minutes and then they performed the TV test which was followed by the BP 1RM assessment.

- *Throwing velocity (TV)*: Explosive strength production was evaluated on an indoor court using a 7-meters standing handball throw. A Stalker Acceleration Testing System (ATS) II radar device (Model: Stalker ATS II, Applied Concepts, Dallas, TX, USA) was used to determine TV. Subjects were instructed to throw a standard handball size III ball (mass = 480 g; circumference

= 58 cm) towards the radar device at the maximal possible velocity. The radar device was positioned 2 meters behind the net that stopped the ball at a height of 1 meter above the ground. Subjects were positioned at a distance of 5 meters from the radar device. At least 3 submaximal throws were performed as a part of the specific warm-up until subjects felt prepared for the maximal TV assessment. Subsequently, they performed 4 maximal throws with the dominant arm separated by 30 seconds. The average value of the 3 best trials was used for statistical analyses. A researcher provided TV feedback immediately after each trial and ensured that all throws were performed with a proper technique. The throw was repeated if it was not executed with an appropriate technique.

- *Bench press 1-repetition maximum (BP 1RM)*: The BP 1RM was determined through a standard incremental loading test. (García-Ramos et al., 2015b) The initial load was set at 30 kg for all subjects, and it was progressively increased from 20 to 1 kg until the 1RM load was reached. The increase of the load was decided by consensus between an experienced researcher and the subject being tested. The heaviest load that each subject could properly lift was considered to be his RM. Subjects performed 1-2 repetitions per load and the recovery time between attempts was at least 5 minutes. The BP was performed in a Smith machine (FFittech, Taipei, Taiwan) using the touch-and-go and 5-point body contact position technique (head, upper back and buttocks firmly on the bench with both feet flat on the floor). Subjects were allowed to self-select the grip width. The position of the bench was adjusted so that the vertical projection of the bar corresponded to each subject's intermammary line.

Training procedures

The intervention consisted of 12 training sessions (6 weeks \times 2 sessions per week). Each training session lasted about 30 minutes and was preceded by the following standardized warm-up: 5 minutes of jogging, dynamic stretching exercises, 10 push-ups, and 1 set of 10, 5, and 2 repetitions of the BP exercise performed in a Smith machine against the 35% 1RM, 55% 1RM, and 75% 1RM, respectively. The TRG performed 6 sets of 5 repetitions with 3 minutes of inter-set rest, while the RRG performed 1 set of 30 repetitions with 31 seconds of inter-repetition rest. The total rest period (15 minutes) and load intensity (75% 1RM) were the same for both experimental groups. The BP exercise was performed in a Smith machine (FFittech, Taipei, Taiwan). The mean velocity of the bar was measured with a linear velocity transducer (T-Force System; Ergotech, Murcia, Spain) and the load was modified on a daily basis from velocity

recordings (mean velocity $\approx 0.50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) to match the desired %1RM. Specifically, the individualized load-velocity relationship was determined in the pre-test during the 1RM testing procedure, and the mean velocity associated with the 75%1RM was prescribed in all training sessions. A skilled researcher verbally encouraged the subjects to perform all repetitions at the maximum possible velocity and provided velocity feedback after each repetition.

Statistical analyses

Descriptive data are presented as means and SD. Reliability of the 1RM and TV was assessed from the data collected in the two pre-test sessions through paired sample t-test, the Cohen's *d* effect size (ES), the coefficient of variation (CV) and the intraclass correlation coefficient (ICC, model 3.1) using a custom spreadsheet. (W. Hopkins, 2000) A mixed model analysis of variance (ANOVA) was applied to the 1RM and TV with the "training group" (TRG vs. RRG vs. CG) as between-subject factor and "time" (pre-test 2 vs. post-test) as within-subject factor. The magnitude of changes was assessed through the Cohen's *d* ES. Standardized differences (ES and 95% confidence intervals) were calculated using the pre-test SD for within-group comparisons and the pre-test pooled SD for between-group comparisons. The magnitude of the ES was quantified using the following scale: negligible (< 0.20), small ($0.20\text{--}0.49$), moderate ($0.50\text{--}0.79$), and large (≥ 0.80). The relationship between the 1RM and TV was quantified through the Pearson's correlation coefficient (*r*). Statistical analyses were performed using the software package SPSS (IBM SPSS version 22.0, Chicago, IL, USA). Statistical significance was set at an alpha level of 0.05.

RESULTS

The 1RM and TV were obtained with a high reliability (CV $< 3\%$ and ICC $> .90$; Table 1). The ANOVA applied on 1RM values revealed a significant main effect of time ($F = 49.3$, $P < .001$; higher values at post-test) but not of group ($F = 0.3$, $P = .711$), whereas the time \times group interaction also reached statistical significance ($F = 14.4$, $P < .001$; higher values were obtained at post-test compared to pre-test for TRG [$P < .001$, ES = 0.83] and RRG [$P < .001$, ES = 0.61] but not for CG [$P = .661$, ES = -0.04]). The ANOVA applied on TV did not reveal a significant main effect of time ($F = 1.4$, $P = .238$), group ($F = 0.3$, $P = .771$) or their interaction ($F = 0.3$, $P = .775$). The net training effect regarding the magnitudes of the between-group changes are

shown in Figure 1. Moderate higher increments in the 1RM were observed for TRG and RRG compared to CG, whereas negligible differences were observed for the remaining comparisons.

[Table 1]

[Figure 1]

No significant correlations were observed between the 1RM and TV before ($r = .05$, $P = .763$) or after training ($r = .17$, $P = .322$) (Figure 2). Similarly, the percent change in 1RM was not correlated with the percent change in TV ($r = -.09$, $P = .607$; Figure 3).

[Figure 2]

[Figure 3]

DISCUSSION

This study used a longitudinal pre-post design to compare the effects of 2 upper-body resistance training programs differing in the set configuration (TR and RR) on the BP 1RM and TV. The main finding revealed that the gains in BP 1RM and TV were not influenced by the set configuration. Both resistance training programs (TR and RR) were equally effective to enhance the BP 1RM, while TV remained unchanged for all groups. In addition, no significant correlations were found between the BP 1RM and TV. These results suggest that BP training using a not-to-failure TR set configuration is expected to induce similar gains in maximal strength and explosive actions performance than a RR set configuration.

The main hypothesis of the present study was accepted since similar gains in BP 1RM and TV were observed for TRG and RRG. Although numerous studies have showed beneficial acute effects of RR on velocity and power output maintenance during resistance training, (Hansen, Cronin, & Newton, 2011; Iglesias-Soler et al., 2012; J. M. Oliver et al., 2016b) TR sets in majority of these studies were performed until or near muscular failure. In this regard, more recent studies have reported, for various exercises, rather similar acute kinetic and kinematic outcomes when comparing RR and not-to-failure TR set configurations. (García-Ramos et al., 2017; Jukic & Tufano, 2019d; A Torrejon et al., 2019b) The findings of the present

study further expand on the results of previous acute studies showing no additional benefits of RR compared to not-to-failure TR sets on the development of maximal strength and explosive performance after 6 weeks of training.

The results of the present study are in line with Lawton et al. (T. Lawton et al., 2004b) who did not find significant differences between TR and RR in BP throw peak power output after 6 weeks of BP training, as well as with the findings of Morales-Artacho et al. (Morales-Artacho et al., 2017) who did not reveal significant differences in the changes of maximal force and power capacities between TR and RR set configurations after 3 weeks of jump squat training. However, 2 previous studies have reported greater BP and back squat maximal strength gains using TR than RR set configurations. (Hansen, Cronin, Pickering, et al., 2011; T. Lawton et al., 2004b) The discrepancies between the studies could likely be explained by the different loads used in the training interventions and also the proximity to failure within training sets. More specifically, heavier loads were used by Lawton et al. (T. Lawton et al., 2004b) (80-105% of 6RM) and Hansen et al. (Hansen, Cronin, Pickering, et al., 2011) (80-95% of 1RM) compared to the present study (75% 1RM) and Morales-Artacho et al. (Morales-Artacho et al., 2017) (20% 1RM). Similarly, the repetitions during TR were only performed near to muscular failure in the studies of Lawton et al. (T. Lawton et al., 2004b) and Hansen et al. (Hansen, Cronin, Pickering, et al., 2011) This suggests that fatigue-induced decrease in movement velocity, often experienced during TR, may be useful in inducing strength gains likely because it results in an increase in time under tension and myoelectrical activity toward the end of a set. (Juha P Ahtiainen, Pakarinen, Kraemer, & Hakkinen, 2004; Burd et al., 2012; Walker, Davis, Avela, & Hakkinen, 2012) Collectively, when training loads are not heavy (>80% 1RM) and repetitions are not performed until or near muscular failure, set configurations do not seem to affect maximal strength and explosive action performance adaptations.

It is widely accepted that TV is one of the most decisive factors in sports such as baseball (Lehman, Drinkwater, & Behm, 2013b) and team handball. (E M Gorostiaga et al., 2005) In addition, growing body of research now suggests that, besides technical factors, muscular strength and power are of a great importance for TV. (E M Gorostiaga et al., 2005; Lehman et al., 2013b; Marques, van den Tilaar, et al., 2007b) For instance, Marques et al. (Marques, van den Tilaar, et al., 2007b) found significant correlations ($r = .64$) between maximal strength in BP and TV in elite male handball players, while similar correlations were reported by Gorostiaga

et al.(E M Gorostiaga et al., 2005) between TV and BP power output ($r = .72$). However, this was not the case in the present study since neither correlation was found between TV and maximal strength nor between rate of improvement in TV and improvement in maximal strength. This anomaly could be explained by the study of Gorostiaga et al.(E M Gorostiaga et al., 2005) who examined the influence of BP 1RM strength on TV in elite and amateur male handball players. The authors reported that although a significant and strong relationship between BP 1RM and TV was observed for the elite group, no significant relationships were obtained for the amateur group. Based on these findings, Gorostiaga et al.(E M Gorostiaga et al., 2005) concluded that TV could be more dependent on coordination and technique than on strength and muscle power characteristics in less experienced amateur players. The sample in the present study had even less experience with throwing sports than the amateur group recruited by Gorostiaga et al.,(E M Gorostiaga et al., 2005) suggesting that gaining strength will not positively transfer to TV performance if strength training is not accompanied by the supplementary technique work in this population. In addition, the lack of velocity specific training in the present study could also explain the absence of improvement in TV performance since the training program was focused on the force part of the force-velocity relationship (i.e. 75% 1RM). Therefore, future studies should examine whether the addition of velocity specific loading magnitudes (i.e. < 50% 1RM) and exercises (i.e. BP throw) using both TR and RR set configurations could facilitate TV performance adaptations.

A positive methodological aspect of this study is that velocity recordings were used to prescribe the load in every training session based on subjects' day-to-day readiness, while all studies that examined previously the effect of TR and RR set configurations on performance adaptations prescribed the loads based on the pre-intervention 1RM.(Hansen, Cronin, Pickering, et al., 2011; Iglesias-Soler et al., 2017, 2016b; T. Lawton et al., 2004b; Morales-Artacho et al., 2017) However, a number of limitations should be acknowledged. For example, Moir et al.(Moir, Graham, Davis, Guers, & Witmer, 2013) revealed a lower power output during the deadlift exercise when performing a set of 4 individual repetitions with 30 seconds of inter-repetition rest compared to performing the 4 repetitions in a row. This led the authors to conclude that the competing mechanisms of fatigue and potentiation resulted in different mechanical responses and that such relationships should always be considered when designing a resistance-training program. In this regard, it is plausible that redistributing rest periods of TR to create RR with more than 1 repetition per set would have allowed for greater training adaptations for the RRG,

but this should be explored in future studies. Finally, this study needs to be replicated with athletes experienced in throwing sports (e.g. team handball) to elucidate whether the lack of association found in the present study between the changes in BP 1RM and the changes in TV can be extrapolated to a trained population.

PRACTICAL APPLICATIONS

Because the TR (not performed to failure) and RR set configurations induced comparable gains in performance, the use of TR sets may be advantageous because it is simpler for the coach to organize the training, especially when working with large groups of athletes who have to share the same training equipment. Finally, coaches should not use the BP 1RM as an indicator of throwing performance in subjects not specialized in throwing sports.

CONCLUSIONS

The 6-week resistance training programs based on TR and RR set configurations were equally effective at improving upper-body maximal strength (BP 1RM), while none of the groups improved TV performance. Despite the very high reliability of BP 1RM and TV, no significant correlations were observed between them, highlighting that they represent completely different physical capacities in subjects not specialized in throwing sports. Collectively, these results suggest that BP training using a simpler not-to-failure TR set configuration is expected to induce similar gains in maximal strength and explosive actions performance than RR set configurations.

REFERENCES

- Aeder, C. H. R., Hernandez, J. A. F. E., & Errauti, A. L. F. (2015). Effects of Six Weeks of Medicine Ball Training on Throwing Velocity, Throwing Precision,. *Journal Of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1904–1914.
- Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I. J., & Cuadrado-Reyes, J. (2012b). Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Revista Internacional de Edición y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 12(48), 729–744.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. Maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 410–418. <https://doi.org/10.1055/s-2003-41171>
- Ahtiainen, Juha P, Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Hakkinen, K. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquée*, 29(5), 527–543. <https://doi.org/10.1139/h04-034>
- Amarante do Nascimento, M., Borges Januário, R. S., Gerage, A. M., Mayhew, J. L., Cheche Pina, F. L., & Cyrino, E. S. (2013a). Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1636–1642. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/06000/Familiarization_and_Reliability_of_One_Repetition.24.aspx
- Andrade, M. D. S., Fachina, R., Cruz, W., Benito-Silva, A., da Silva, A. C., & De Lira, C. A. B. (2011). Strength field tests performance are correlated with isokinetic strength of shoulder rotator muscles in female handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 381–390.
- Andrade, M. S., De Carvalho Koffes, F., Benedito-Silva, A. A., Da Silva, A. C., & De Lira, C. A. B. (2016). Effect of fatigue caused by a simulated handball game on ball throwing velocity, shoulder muscle strength and balance ratio: A prospective study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13102-016-0038-9>
- Baker, D. G., & Newton, R. U. (2007). Change in power output across a high-repetition set of bench throws and jump squats in highly trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1007–1011. <https://doi.org/10.1519/R-22376.1>
- Balsalobre-Fernandez, C., Glaister, M., & Lockett, R. A. (2015). The validity and reliability of

- an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Bautista, I.J.; Chiroso, I.J.; Chiroso, L.J.; Martin, I.; Rivilla, J. (2016). Original Rpe and Velocity How Intensity Markers of. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 15.
- Bayios, I. A., Anastasopoulou, E. M., Sioudris, D. S., & Boudolos, K. D. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 229–235.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 74(1), 359–368.
- Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, 35(10), 841–851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
- Burd, N. A., Andrews, R. J., West, D. W. D., Little, J. P., Cochran, A. J. R., Hector, A. J., ... Phillips, S. M. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *The Journal of Physiology*, 590(2), 351–362. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.221200>
- Calero Morales, S., & González Catalá, S. A. (2014). *Teoría y metodología de la Educación Física*. <https://doi.org/http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9227>
- Chelly, M., Ghenem, M., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z., & Shephard, R. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2670–2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e2728f>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., & Shephard, R. J. (2014). Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1401–1410. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000279>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010a). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480–1487. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>

- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010b). Relationships between Power and Strength of the Upper and Lower Limb Muscles and Throwing Velocity in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480–1487. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Cherif, M., Chtourou, H., Souissi, N., Aouidet, A., & Chamari, K. (2016). Maximal power training induced different improvement in throwing velocity and muscle strength according to playing positions in elite male handball players. *Biology of Sport*, 33(4), 393–398. <https://doi.org/10.5604/20831862.1224096>
- Clark, R. A., Bryant, A. L., & Humphries, B. (2008). A comparison of force curve profiles between the bench press and ballistic bench throws. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1755–1759. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874735>
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., ... Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences second edition*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med. Sci. Sports Exerc*, 42(8), 1582–1598. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(8), 1582–1598. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Cronin, J. B., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2002). Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, 42(3), 267–273.
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*, 29(7), 705–713. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.552112>
- Eriksrud, O., Sæland, F. O., Federolf, P. A., & Cabri, J. (2019). Functional mobility and

- dynamic postural control predict overhead handball throwing performance in elite female team handball players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 91–100.
- Ettema, G., Glosen, T., & Van Den Tillaar, R. (2008). Effect of specific resistance training on overarm throwing performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(2), 164–175. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.2.164>
- Fieseler, G., Hermassi, S., Hoffmeyer, B., Schulze, S., Irlenbusch, L., Bartels, T., ... Schwesig, R. (2017). Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: A tool for talent profiling. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(7–8), 985–992. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06938-9>
- Fleck, S. J., Smith, S. L., Craib, M. W., Denahan, T., Snow, R. E., & Mitchell, M. L. (1992). Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(2), 120–124. <https://doi.org/10.1519/00124278-199205000-00010>
- Folland, J. P., Irish, C. S., Roberts, J. C., Tarr, J. E., & Jones, D. A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(5), 370–373. <https://doi.org/10.1136/bjbm.36.5.370>
- Freeston, J., Ferdinands, R., & Rooney, K. (2007a). Throwing velocity and accuracy in elite and sub-elite cricket players: A descriptive study. *European Journal of Sport Science*, 7(4), 231–237. <https://doi.org/10.1080/17461390701733793>
- Fulton, S. K., Pyne, D., Hopkins, W., & Burkett, B. (2009). Variability and progression in competitive performance of Paralympic swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 27(5), 535–539. <https://doi.org/10.1080/02640410802641418>
- Gabbett, T., Kelly, J., Ralph, S., & Driscoll, D. (2009). Physiological and anthropometric characteristics of junior elite and sub-elite rugby league players, with special reference to starters and non-starters. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.06.008>
- García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baños-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Boullosa, D., ... Jiménez-Reyes, P. (2017). Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002301>

- García-Ramos, A., Padial, P., Haff, G., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., & Feriche, B. (2015a). Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the ballistic bench press exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(9), 2388–2396. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000891>
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2018a). Differences in the load-velocity profile between 4 bench press variants. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 326–331. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0158>
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2018b). Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1273–1279. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001998>
- Girman, J. C., Jones, M. T., Matthews, T. D., & Wood, R. J. (2014). Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. *European Journal of Sport Science*, 14(2), 151–159. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.775351>
- Godwin, M. S., Fernandes, J. F. T., & Twist, C. (2018). Effects of variable resistance using chains on bench throw performance in trained rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 950–954. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002421>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014a). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- González-Hernández, J., García-Ramos, A., Capelo-Ramírez, F., Castaño-Zambudio, A., Marquez, G., Boullosa, D., & Jiménez-Reyes, P. (2017). Mechanical, metabolic, and perceptual acute responses to different set configurations in full squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002117>
- Gorostiaga, E M, Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>

- Gorostiaga, Esteban M., Izquierdo, M., Iturralde, P., Ruesta, M., & Ibáñez, J. (1999). Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *80*(5), 485–493. <https://doi.org/10.1007/s004210050622>
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibañez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(10), 860–867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>
- Gutiérrez-Dávila, M., Ortega-Becerra, M., Parraga, J., Campos, J., & Rojas, F. J. (2011). Variability of the temporary sequence of the kinetichain of the handball trow. *Revista Internacional de Medicina En Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, *11*(43), 455–471.
- Gutiérrez Dávila, M., Rojas Ruiz, F., Ortega Becerra, M., Párraga Montilla, J., & Campos Granell, J. (2012). Variabilidad funcional como factor de eficiencia en los lanzamientos a portería en balonmano. *E-Balonmano.Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, *8*(2), 121–134.
- Häkkinen, K., Komi, P., & Alen, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, *125*(4), 587–600.
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., & Newton, M. J. (2011). The effect of cluster loading on force, velocity, and power during ballistic jump squat training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *6*(4), 455–468. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.4.455>
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., Pickering, S. L., & Newton, M. J. (2011). Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(8), 2118–2126. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220b6a3>
- Harriss, D. J., Macsween, A., & Atkinson, G. (2019). Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 40, pp. 813–817. <https://doi.org/10.1055/a-1015-3123>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2010). The effect of heavy-vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(9), 2408–2418. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e58d7c>

- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(9), 2424–2433. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182030edb>
- Hermassi, S., Delank, K. S., Fieseler, G., Bartels, T., Chelly, M. S., Khalif, R., ... Schwesig, R. (2019). Relationships Between Olympic Weightlifting Exercises, Peak Power of the Upper and Lower Limb, Muscle Volume and Throwing Ball Velocity in Elite Male Handball Players. *Sportverletz Sportschaden*, *33*(2), 104–112. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1055/a-0625-8705>
- Hermassi, S., Ghaith, A., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint performance in handball players. *PLoS ONE*, *14*(7), e0214827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221189>
- Hermassi, S., Wollny, R., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of In-Season Circuit Training on Physical Abilities in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(4), 944–957. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002270>
- Hermassi, & van den Tillaar, Khlifa, C. A. C. (2015). Comparison of in-season-specific resistance vs. aregular throwing training program on throwing velocity, anthropometry, and power performance in elite handball players. *Strength And Conditioning*, *18*(1), 59–62.
- Hoff, J., & Almåsbaek, B. (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *9*(4), 255–258. <https://doi.org/10.1519/00124278-199511000-00011>
- Hopkins, W. (2000). Calculations for reliability (Excel spreadsheet).
- Hopkins, William G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sánchez-Otero, T., Mayo, X., Jiménez, A., & Chapman, M. L. (2012). Acute effects of distribution of rest between repetitions. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(5), 351–358. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299699>

- Iglesias-Soler, E., Fernandez-del-Olmo, M., Mayo, X., Farinas, J., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., ... Tuimil, J. L. (2017). Changes in the Force-Velocity Mechanical Profile After Short Resistance Training Programs Differing in Set Configurations. *Journal of Applied Biomechanics*, *33*(2), 144–152. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0181>
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., Farinas, J., & Fernandez-Del-Olmo, M. (2016b). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of Sports Sciences*, *34*(15), 1473–1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibáñez, J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, *87*(3), 264–271. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0628-y>
- James, L. P., Gregory Haff, G., Kelly, V. G., Connick, M. J., Hoffman, B. W., & Beckman, E. M. (2018). The impact of strength level on adaptations to combined weightlifting, plyometric, and ballistic training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *28*(5), 1494–1505. <https://doi.org/10.1111/sms.13045>
- James, Lachlan P, Roberts, L. A., Haff, G. G., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2017). Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(5), 1378–1386. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001201>
- Janicijevic, D., González-Hernández, J., Gu, Y., & Garcia-Ramos, A. (2020). Differences in the magnitude and reliability of velocity variables collected during 3 variants of the bench press exercise. *Journal of Sports Sciences*, *38*(7), 759–766.
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Garcia-Ramos, A., Cuadrado-Penafiel, V., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, *6*, e5937. <https://doi.org/10.7717/peerj.5937>
- Jukic, I., & Tufano, J. (2019b). Rest redistribution functions as a free and ad-hoc equivalent to commonly used velocity-based training thresholds during clean pulls at different loads. *Journal of Human Kinetics*, *68*, 5–16. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0052>
- Jukic, I., & Tufano, J. J. (2019c). Shorter but more frequent rest periods: no effect on velocity and power compared to traditional sets not performed to failure. *J Hum Kinet*, *66*, 257–268. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0070>

- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current Sports Medicine Reports*, Vol. 1, pp. 165–171.
<https://doi.org/10.1249/00149619-200206000-00007>
- Kuhn, L., Weberrub, H., & Horstmann, T. (2019). Effects of core stability training on throwing velocity and core strength in female handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9), 1479–1486. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09295-2>
- Lachlan p. james, llion a. roberts, g. gregory haff, v. g. k., and, & beckman, e. m. (2015). *validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull*. 1378–1386.
- Latella, C., Teo, W.-P., Drinkwater, E. J., Kendall, K., & Haff, G. G. (2019). The acute neuromuscular responses to cluster set resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(12), 1861–1877. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01172-z>
- Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., Lindsell, R., & Pyne, D. (2004a). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(4), 361–367.
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., & Lindsell, R. P. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 172–176. <https://doi.org/10.1519/R-13893.1>
- Lehman, G., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2013a). Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 902–908. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/04000/Correlation_of_Throwing_Velocity_to_the_Results_of.5.aspx
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., & McGuigan, M. R. (2018). Power output in traditional and ballistic bench press in elite athletes: Influence of training background. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–8. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1496517>
- Machado, C., Cortell-Tormo, J. M., & Tortosa-Martínez, J. (2018). Effects of two different training periodization models on Physical and physiological aspects of elite female team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 280–287.
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, · Per, Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>

- Manchado, C., Tortosa, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013a). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects a review. *Journal Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708–1719.
- Mangine, G. T., Ratamess, N. A., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., Kang, J., & Chilakos, A. (2008). The effects of combined ballistic and heavy resistance training on maximal lower- and upper-body strength in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 132–139. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f5729>
- Marques & Gonzalez Badillo JJ. (2006). *In Season resistance training and detraining in profesional team handball players*.
- Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007a). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414–422. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.414>
- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., & Fernández-Del-Olmo, M. (2014). Effects of set configuration of resistance exercise on perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*, 119(3), 825–837. <https://doi.org/10.2466/25.29.PMS.119c30z3>
- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., Fustes-Piñeiro, S., & González-Hernández, R. (2014). Neuromuscular performance is affected by set configuration and the type of resistance exercise. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 9(25 SUPPL.). Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84906487043&partnerID=40&md5=1f8620e673d1172cd17c4f925c0945f2>
- Mc Evoy, K., & Newton, R. (1998b). Baseball Throwing Speed and Base Running Speed: The Effects of Ballistic Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 216–221.
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75–82. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2002\)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2002)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2)
- Mohamed souhail chelly, souhail hermassi, r. a., & shephard, a. r. j. (2014). *effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players*. 28(5), 1401–1410.
- Moir, G. L., Graham, B. W., Davis, S. E., Guers, J. J., & Witmer, C. A. (2013). Effect of cluster set configurations on mechanical variables during the deadlift exercise. *J Hum*

- Kinet*, 39, 15–23. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0064>
- Morales-Artacho, A. J., Padial, P., García-Ramos, A., Pérez-Castilla, A., & Feriche, B. (2017). Influence of a cluster set configurations on the adaptations to short-term power training. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Newton, R. U., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Humphries, B. J., & Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.12.1.31>
- Newton, Robert, & McEvoy, K. (1994). Baseball Throwing Velocity: A Comparison of Medicine Ball Training and Weight Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(3), 198–203. <https://doi.org/10.1519/00124278-199408000-00013>
- Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S. C., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2016b). Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 235–243. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001023>
- Oliver, Jonathan M, Jagim, A. R., Sanchez, A. C., Mardock, M. a, Kelly, K. a, Meredith, H. J., ... Kreider, R. B. (2013). Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength {&} Conditioning Association*, 27(11), 3116–3131. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891672>
- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2018). Determinat factors of physical performance and specific throwing in handball players of different ages. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1778–1786.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J., Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916–924.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., ... González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/SMS.12678>

- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., & García-Ramos, A. (2019b). Precision of 7 commercially available devices for predicting the bench press 1-repetition maximum from the individual load-velocity relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0801>
- Piscitelli, F., Milanese, C., Sandri, M., Cavedon, V., & Zancanaro, C. (2016). Investigating predictors of ball-throwing velocity in team handball: the role of sex, anthropometry, and body composition. *Sport Sciences for Health*, *12*(1), 11–20.
<https://doi.org/10.1007/s11332-015-0248-7>
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housch, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J., & Triplett, N. T. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Rene schwesig, alexander koke, david fischer, georg fieseler, p. j., delank, k.-s., & hermassi, a. s. (2016). *validity and reliability of the new handball-specific complex test*. 476–486.
- Riemann, B. L., Hipko, N., Johnson, W., Murphy, T., & Davies, G. J. (2019). Effects of medicine ball mass on the intensity of 90°/90° plyometric throwing exercise. *Physical Therapy in Sport*, *40*, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.10.002>
- Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Salvador, E. P., & Cyrino, E. S. (2011). Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(5), 1418–1422.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c4b>
- Rivilla-Garcia, J., Grande, I., Sampedro, J., & van den Tillaar, R. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *Journal of Sports Science and Medicine*, *10*(3), 534–539.
- Rivilla García, J., Grande Rodríguez, I., Chiroso, L., Gómez Ortiz, M., & Sampedro Molinuevo, J. (2011). Differences and Relationship Between Standard and Specific Throwing Test in Handball According to the Competitive and Professional Level. *Journal of Sport and Health Research*, *3*(2), 143–152.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(2), 333–341.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>

- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2014). Self-paced and temporally constrained throwing performance by team-handball experts and novices without foreknowledge of target position. *Journal of Sports Science and Medicine*, *14*(1), 41–46.
- Ruiz Perez., L. & P. R. (2008). El estudio del desarrollo motor: entre la tradición y el futuro. *Fuentes. Revista de La Facultad de Ciencias de La Educacion*, (8), 243–258.
- Ruiz Pérez, L. (1995). Concepciones cognitivas del desarrollo motor humano. *Revista de Psicología General y Aplicada: Revista de La Federación Española de Asociaciones de Psicología*, Vol. 48, pp. 47–57.
- Hermassi, & roland van den tillaar, riadh khelifa, mohamed souhail chelly, a. k. c. (2004). *comparison of in-season-specific resistance vs. aregular throwing training program on throwing velocity,anthropometry, and power performance in elite handball players*. *18*(1), 59–62.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., & Moya, M. (2016a). Effects of 4-Week training intervention with unknown loads on power output performance and throwing velocity in junior team handball players. *PLoS ONE*, *11*(6), e0157648.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157648>
- Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(3), 712–718.
- Sáez de Villarreal, E., Requena, B., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2013). Enhancing sprint and strength performance: Combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(2), 146–150. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.007>
- Sakamoto, A., Kuroda, A., Sinclair, P. J., Naito, H., & Sakuma, K. (2018). The effectiveness of bench press training with or without throws on strength and shot put distance of competitive university athletes. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(9), 1821–1830. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3917-9>
- Sale, D G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5 Suppl), S135-45. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009>
- Sánchez-Medina, L, Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, *1*(2), E80–E88.

- Sánchez-Medina, Luis, & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- Sánchez Vinuesa, A., Oña Sicilia, A., & Párraga Montilla, J. (2001). Importancia de la velocidad de salida del balón y de la precisión como parámetros de eficacia en el lanzamiento en salto a distancia en balonmano. *Apunts: Educación Física y Deportes*, (66), 44–51.
- Sarvestan, J., Riedel, V., Gonosová, Z., Linduška, P., & Přidalová, M. (2019). Relationship between anthropometric and strength variables and maximal throwing velocity in female junior handball players – A pilot study. *Acta Gymnica*, 49(3), 132–137. <https://doi.org/10.5507/ag.2019.012>
- Schoenfeld, B., & Grgic, J. (2019). Does training to failure maximize muscle hypertrophy? *Strength & Conditioning Journal*, 41(5), 108–113. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000473>
- Schwesig, R., Koke, A., Fischer, D., Fieseler, G., Jungermann, P., Delank, K. S., & Hermassi, S. (2016). Validity and Reliability of the New Handball-Specific Complex Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 476–486. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001061>
- Skoufas, D., Kotzamanidis, C., Hatzikotoylas, K., Bebetos, G., & Patikas, D. (2003). The relationship between the anthropometric variables and the throwing performance in handball. *Journal of Human Movement Studies*, 45(5), 469–484.
- Spiering, B., Kraemer, W., Anderson, J., Armstrong, L., Nindl, B., Volek, J., & Maresh, C. (2008). Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Medicine*, 38(7), 527–540.
- Spieszny, M., & Zubik, M. (2018). Modification of Strength Training Programs in Handball Players and its Influence on Power during the Competitive Period. *Journal of Human Kinetics*, 63(1), 149–160. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0015>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>

- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016a). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, *46*(10), 1419–1449.
<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Szymanski, D. J. (2012a). Effects of various resistance training methods on overhand throwing power athletes. *Strength and Conditioning Journal*, *34*(6), 61–74.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826dc3de>
- Tony, L., Evon, J., & Pastiglione, J. (1998). The effect of an upper body strength program on intercollegiate baseball throwing velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *12*(2), 116–119.
- Torrejon, A., Janicijevic, D., Haff, G. G., & Garcia-Ramos, A. (2019a). Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *European Journal of Applied Physiology*, *119*(6), 1409–1417.
<https://doi.org/10.1007/s00421-019-04131-8>
- Torrejon, Alejandro, Balsalobre-Fernandez, C., Haff, G. G., & Garcia-Ramos, A. (2018). The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *Sports Biomechanics*, 1–11.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1433872>
- Tufano, J. J., Brown, L. E., Haff, G. G., & Gregory Haff, G. (2017a). Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(3), 848–867. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001581>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Petkovic, A., Frick, J., & Gregory Haff, G. (2017). Effects of cluster sets and rest-redistribution on mechanical responses to back squats in trained men. *Journal of Human Kinetics*, *58*(1), 35–43. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=124483016&site=ehost-live&scope=site>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(7), 885–892. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0602>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Oliver, J. M., Kreutzer, A., & Haff, G. G. (2019). Different cluster sets result in similar metabolic, endocrine, and perceptual responses in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(2), 346–354.

- <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001898>
- van den Tillaar. (2004). Effect of Different Training Programs on the Velocity of Overarm Throwing: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18. <https://doi.org/10.1519/R-12792.1>
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing By Experienced Team Handball Players. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 731–742.
- Vernillo, G., Temesi, J., Martin, M., & Millet, G. Y. (2018). Mechanisms of fatigue and recovery in upper versus lower limbs in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(2), 334–343. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001445>
- Vila, H., & Ferragut, C. (2019). Throwing speed in team handball: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 724–736. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1649344>
- Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abalades, J. A., Alcaraz, P. E., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2146–2155. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823b0a46>
- Vila, H. E. V, Manchado, C. A. M., Odriguez, N. U. R., Ose, J., L caraz, P. edro E. M. A., & Erragut, C. A. F. (2012). *Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women*. (31), 2146–2155.
- Vuleta, D., Sporiš, G., Talović, M., & Jelešković, E. (2010). Reliability and factorial validity of power tests for handball players. *Sport Science*, 3(1), 42–46.
- Wagner, H., Orwat, M., Hinz, M., Pfusterschmied, J., Bacharach, D. W., von Duvillard, S. P., & Muller, E. (2016). Testing game-based performance in team-handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2794–2801.
- Wagner, H., Sperl, B., Bell, J., & von Duvillard, S. P. (2019). Testing specific physical performance in mael team handball players and the realaiontship to general testes in team sports. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 4(33), 1056–1064.
- Walker, S., Davis, L., Avela, J., & Hakkinen, K. (2012). Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 356–362. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.12.009>

- Weakley, J. J. S., Till, K., Darrall-Jones, J., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J., Read, D. B., & Jones, B. L. (2017a). The influence of resistance training experience on the between-day reliability of commonly used strength measures in male youth athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(7), 2005–2010. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2017/07000/The_Influence_of_Resistance_Training_Experience_on.31.aspx
- Weakley, J., Ramirez-Lopez, C., McLaren, S., Dalton-Barron, N., Weaving, D., Jones, B., ... Banyard, H. (2019). The Effects of 10%, 20%, and 30% Velocity Loss Thresholds on Kinetic, Kinematic, and Repetition Characteristics During the Barbell Back Squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–9. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-1008>
- Winchester, J. B., McBride, J. M., Maher, M. A., Mikat, R. P., Allen, B. K., Kline, D. E., & McGuigan, M. R. (2008). Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(6), 1728–1734. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181821abb>
- Winett, R. A., & Carpinelli, R. N. (2001). Potential health-related benefits of resistance training. *Preventive Medicine*, *33*(5), 503–513. <https://doi.org/10.1006/pmed.2001.0909>
- Young, W. B., Newton, R. U., Doyle, T. L. A., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G., & Dawson, B. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules Football: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *8*(3), 333–345. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(05\)80044-1](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(05)80044-1)
- Zapartidis, I., Skoufas, D., Vareltsis, I., Christodoulidis, T., Toganidis, T., & Kororos, P. (2009). Factors Influencing Ball Throwing Velocity in Young Female Handball Players. *The Open Sports Medicine Journal*, *3*(1), 39–43. <https://doi.org/10.2174/1874387000903010039>
- Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., ... Terzis, G. (2013). Effects of strength vs. Ballistic-power training on throwing performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, *12*(1), 130–137.
- Ziv, G., Lidor, R., Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J. A., ... Gorostiaga, E. M. (2007). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*,

28(2), 860–867. <https://doi.org/10.1080/17461390903038470>

FIGURE CAPTIONS

Figure 1. Standardized differences (95% confidence intervals) of the changes in the one-repetition maximum (1RM) and throwing velocity (TV) between the traditional group (TRG) and rest redistribution group (RRG) (upper panel), TRG and control group (CG) (middle panel), and RRG and CG (lower panel). The probability that the true difference was trivial (i.e., standardized differences from -0.20 to 0.20) is depicted.

Figure 2. Relationship between the 1-repetition maximum and throwing velocity in pretest (upper panel) and posttest (lower panel).

Figure 3. Relationship between the change in the 1-repetition maximum and the change in throwing velocity after the training program.

ESTUDIO IV. VERSIÓN EN INGLÉS.

Changes in Bench Press Performance and Throwing Velocity after Strength-Oriented and Ballistic Resistance Training Programs

Jesualdo Cuevas-Aburto, Danica Janicijevic, Alejandro Pérez-Castilla, Luis Javier Chiroso-Ríos, Amador García-Ramos.

The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, J Sports Med Phys Fitness-11011

April 2, 2020

ABSTRACT

Background: This study aimed to compare the effect of two upper-body resistance training programs (strength-oriented vs. ballistic) on bench press (BP) performance and handball throwing velocity (HTV). **Methods:** Thirty resistance-trained males were randomly assigned to a strength-oriented training group (STG) or a ballistic training group (BTG). The study consisted of 11 sessions: 2 pre-tests (week 1), 8 training sessions (weeks 2-5), and 1 post-test (week 6). The STG performed the BP at the 70-90% of the one-repetition maximum (1RM), and the BTG the BP throw at the 40% of 1RM. BP performance (BP 1RM and maximum velocity achieved against 20 kg [BP20]) and HTV were assessed before and after training. **Results:** The STG enhanced BP 1RM (effect size [ES] = 0.24) but not BP20 (ES = 0.21) or HTV (ES = 0.10). The BTG enhanced BP20 (ES = 0.63) but not BP1RM (ES = 0.27) or HTV (ES = 0.02). HTV was not significantly correlated with the BP 1RM ($r \leq 0.181$) or BP20 ($r \leq 0.220$). **Conclusions:** These results indicate that a short-term RT program based exclusively on the BP exercise performed against either heavy (strength-oriented) or light loads (ballistic) is not effective to increase HTV in resistance-trained men with little handball experience.

KEYWORDS: linear position transducer, one-repetition maximum, strength training, transfer of training.

INTRODUCTION

Well-designed resistance training (RT) programs provoke a number of biological adaptations (e.g., loss of body fat or increase in muscle mass) which are commonly associated with an improved health status and athletic performance.(Kraemer, Ratamess, & French, 2002; Suchomel, Nimphius, & Stone, 2016b) Designing an appropriate RT program is a complex process that requires taking into account multiple factors such as sex, age, training level, or sport specificity.(Szymanski, 2012a) Multiple variables should be considered for prescribing an appropriate RT program (frequency, exercise selection and order, muscle action, load applied, volume, rest periods, or repetition velocity).(Bird et al., 2005) However, the intensity or external load lifted, commonly expressed as a percentage of the 1-repetition maximum (1RM), is the variable with the highest influence on the biological adaptations induced by RT.(Ratamess et al., 2009) Strength-oriented RT programs that involve heavy external loads (> 75% of 1RM) have been recommended to increase maximal strength capacity, whereas lifting lower external loads (< 50% of 1RM) at maximal velocity (i.e., power-oriented RT) has been recommended for increasing maximal power capacity and athletic performance.(Cormie et al., 2011b; Winchester et al., 2008) Conventional non-ballistic RT exercises such as the squat or bench press are typically performed within strength-oriented RT programs and their ballistic variants (e.g., jump squat and bench press throw) are more common within power-oriented RT programs. However, although ballistic RT has been recommended for enhancing maximal power capacity and athletic performance,(Winchester et al., 2008; Zaras et al., 2013) several longitudinal studies have questioned the superiority of power-oriented RT compared to strength-oriented RT for relatively weak individuals and beginners.(Cormie, McGuigan, & Newton, 2010; Hermassi et al., 2010; L. P. James et al., 2018)

Strength-oriented and power-oriented RT programs are supposed to have a selective impact on neuromuscular adaptations. An increment in muscle cross sectional area and inter-muscular coordination could be preferably obtained through strength-oriented RT,(Digby G. Sale, 1988) while the reduction in motor unit activation threshold and the increase in motor unit firing frequency could be more pronounced after power-oriented RT.(Häkkinen, Komi, & Alen, 1985) However, both RT programs seem to induce comparable increments in athletic performance in beginners or weak participants. Cormie et al. (2010) reported similar gains in jumping and sprinting performance after 10 weeks (three sessions per week) of strength-oriented RT (back squat at 75-90% of 1RM) and ballistic RT (jump squats at \leq 30% of 1RM) in relatively

weak men. Zaras et al. (2013) recruited 20 novice shot-put throwers and reported significant and comparable increments in shot put performance after 6 weeks (three sessions per week) of strength-oriented RT (leg press, bench press, and half squat at 6RM) and ballistic RT (ballistic variants of leg press, bench press, and half squat at 30% of 1RM). According to McBride et al. (2002), 8 weeks of training using vertical jumps performed against light (30% of 1RM) and heavy loads (80% of 1RM) can induce similar increments in the back squat 1RM performance in males with different RT experience, whereas other studies have suggested that the combination of strength-oriented and ballistic RT may induce the highest increment in maximal strength capacity.(Mangine et al., 2008; Sáez de Villarreal et al., 2013) To shed more light on this topic, it would be interesting to investigate whether other types of athletic performance tasks could be selectively affected by strength-oriented and ballistic RT programs.

Overarm throwing is a fast, discrete, and complex ballistic movement which is considered a key technical element for successful performance in different sports such as team handball, baseball, or cricket.(Freeston, Ferdinands, & Rooney, 2007b) For example, maximal handball throwing velocity (HTV) has been demonstrated to discriminate between elite and amateur male handball players.(E. M. Gorostiaga, Granados, Ibáñez, & Izquierdo, 2005) HTV depends on the rate of force development,(Behm & Sale, 1993) which can be improved by both strength-oriented and ballistic RT.(Maffiuletti et al., 2016) However, there is discrepancy regarding which training type (strength-oriented or ballistic) can provoke greater increments in HTV. Mc Evoy & Newton (1998) showed that ballistic RT could be a viable option for increasing HTV, but other studies have shown that strength-oriented RT could be at least the same effective as ballistic RT to enhance HTV.(Hermassi et al., 2010; Tony et al., 1998) Irrespective of the magnitude of the load, authors agree that the intention to perform the RT exercises at maximal intended velocity is one of the most important factors to increase functional high-velocity adaptations.(Behm & Sale, 1993; Cronin et al., 2002; González-Badillo et al., 2014b) However, previous studies that investigated the effect of different training program on HTV did not specify whether participants were instructed to lift the loads at the maximal intended velocity.(Hermassi et al., 2010; Mc Evoy & Newton, 1998a; Tony et al., 1998) Therefore, it is interesting to investigate which training type (strength-oriented or ballistic) is more effective to increase HTV when participants are always instructed to lift the loads at maximal intended velocity.

The traditional and ballistic bench press (BP) exercise have been extensively used to increase upper-body strength and power capacities.(Marques, van den Tilaar, et al., 2007a) Several studies have also analyzed the effect of BP training on HTV.(M. S. Chelly et al., 2010a; Robert Newton & McEvoy, 1994) However, although it would be reasonable to expect a higher increment in HTV after ballistic BP training compared to strength-oriented BP training due to the higher specificity of training, no previous study has compared the effect of both training methods on HTV performance. The use of the traditional and ballistic BP exercise to enhance HTV performance could be justified by the positive associations reported in previous studies between BP performance (1RM and velocity of the bar reached against submaximal loads) and HTV in handball players.(M. S. Chelly et al., 2010a; Marques, van den Tilaar, et al., 2007a) However, there is less information about the relationship between these variables in participants with less experience in handball, while to our knowledge no study has examined whether participants who experience larger increments in BP performance after a short-term RT program could also experience larger increments in HTV performance.

To address the gaps identified in the literature, in this study we explored the changes in BP performance and HTV after a short-term RT program based exclusively on the BP exercise performed against either heavy (strength-oriented) or light loads (ballistic). The main aim of the present study was to compare the effect of a 4-week strength-oriented and ballistic RT program on BP performance (BP 1RM and velocity achieved against 20 kg [BP20]) and HTV. As a secondary aim, the association of HTV with the 1RM and BP20 was examined for both the raw values collected before and after training as well as for the percent changes obtained after training. Our main hypothesis was that the strength-oriented RT program would induce a higher increment in BP 1RM, while the ballistic RT program would provoke a higher increment in BP20 and HTV.(Cormie, McGuigan, et al., 2010) It was also hypothesised that both the raw values and the percent changes of BP performance (BP 1RM and BP20) and HTV would be significantly correlated, although HTV was expected to present a higher correlation with BP20 in comparison to the BP 1RM.(Marques, van den Tilaar, et al., 2007a)

MATERIALS AND METHODS

Participants

The study protocol adhered to the tenets of the Declaration of Helsinki and was approved 15th of October 2019 by the Institutional Review Board (number:935/CEIH/2019; chairperson name: Enrique Herrera Viedma). Thirty resistance-trained men were randomly assigned to a strength-oriented training group (STG; $n = 15$, age = 24.3 ± 3.5 years, body mass = 81.1 ± 14.0 kg, body height 1.76 ± 0.05 m) or a ballistic training group (BTG; $n = 15$, age = 22.6 ± 3.4 years, body mass = 80.3 ± 12.6 kg, body height = 1.77 ± 0.07 m). All participants were healthy and physically active, but none of them was a professional athlete. All participants reported to have experience with BP training (2.8 ± 3.1 years) and they were practicing team handball at a recreational level. Participants completed the study protocol without missing any session and they were forbidden to perform additional upper-body strength training over the course of the study. They were informed about research purposes and procedures and signed a written informed consent form before the commencement of the study.

Design

A longitudinal pre-post design with random assignment of the participants to 2 parallel groups (STG and BTG) was used to compare the effect of strength-oriented and ballistic RT programs on BP performance and HTV. The study protocol consisted of 11 sessions that were performed during a 6-week period: 2 pre-tests (week 1), 8 training sessions (weeks 2-5; twice per week separated by at least 48 hours), and 1 post-test (week 6). Data of the 2 pre-test sessions, which were separated by 48-72 hours of rest, were used to assess the reliability of the dependent variables (BP 1RM, BP20, and HTV). The post-test was performed 4-5 days after the last training session and it was compared against the second pre-test to determine the changes in performance. All testing and training sessions were performed at the university research laboratory at a consistent time of the day for individual participants (± 1 hour).

Testing procedure

Body height (Seca 202, Seca Ltd., Hamburg, Germany) and body mass (TBF-171 300A, Tanita Corporation of America Inc., Arlington Heights, IL, USA) were determined at the beginning of the first pre-test session. All testing sessions began with the same standardised warm-up: 5 minutes of jogging at a self-selected pace, dynamic stretching, and 10 push-ups. After warming up, participants rested for 3 minutes before the dependent variables were assessed in the following order: HTV, BP20, and BP 1RM.

- *Handball throwing velocity (HTV)*: The specific warm-up consisted of 4-6 submaximal throws. Later, 4 maximal throws were performed separated by 1 minute with the dominant arm and the average value of the 3 best throws was used for statistical analyses. A 7-meters standing handball throw was used for assessing HTV using a Stalker Acceleration Testing System (ATS) II radar device (Model: Stalker ATS II, Applied Concepts, Dallas, TX, USA). Participants were instructed to throw a handball size III ball (mass = 480 g; circumference = 58 cm) towards the radar device which was positioned at a 5 m distance from the participants and behind a stopping net (i.e., the net prevented the impact of the ball with the radar). The same researcher (JCA) supervised and recorded all throws and instructed the participants immediately before each trial to throw the ball at the maximal possible velocity towards the radar device. Velocity feedback was provided immediately after every throw.

- *Velocity achieved during the bench press against 20 kg (BP20)*: The specific warm-up consisted of 10 continuous repetitions during the BP exercise performed with increasing effort against 20 kg. Subsequently, participants rested for 3 minutes and they performed 3 maximal trials of the BP exercise against 20 kg separated by 10 seconds. The maximum concentric velocity was recorded with a linear velocity transducer (T-Force System; Ergotech, Murcia, Spain) that was attached to the barbell and sampled the velocity-time data at a frequency of 1,000 Hz. Participants received velocity feedback after each repetition and they were encouraged to perform all repetitions at the maximal intended velocity. The trial with the fastest maximum velocity was used for statistical analyses. The maximum velocity was used instead of other velocity variables because it can be obtained with a higher reliability. The BP was performed against 20 kg because this was the mass of the unloaded Smith Machine barbell used in the present study (FFittech, Taipei, Taiwan). Participants performed the BP using the 5-point body contact position technique (head, upper back, and buttocks firmly on the bench with both feet flat on the floor), a self-selected grip width, and the touch-and-go technique. (Alejandro Torrejon, Balsalobre-Fernandez, Haff, & Garcia-Ramos, 2018)

- *Bench press 1-repetition maximum (BP 1RM)*: A standard incremental loading test was used to determine the BP 1RM in a Smith machine. (García-Ramos, Pestaña-Melero, Pérez-Castilla, Rojas, & Haff, 2018b) Initial external load was 30 kg for all participants and it was increased in increments of 10 kg until the mean concentric velocity (MCV) was lower than 0.50

$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. From that moment, the load was increased from 5 to 1 kg until the 1RM load was reached. Three repetitions were performed when the MCV was above $1.00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 2 repetitions when the MCV ranged between $1.00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and $0.50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, and 1 repetition when the MCV was lower than $0.50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. A passive rest period of 3-5 minutes was implemented between successive loads.

Training procedure

All training sessions began with the same general warm-up (5 minutes of jogging at a self-selected pace, dynamic stretching, and 10 push-ups) which was followed by a specific warm-up (3 sets of 10, 5, and 2 repetitions at 40%, 60% and 80% of 1RM, respectively). The training program consisted of 8 training sessions (2 sessions per week). The STG used the traditional BP and the BTG the ballistic BP variant (i.e., bench press throw). For the STG, the training program consisted of 4 sets of 8 repetitions at 70% of 1RM (sessions 1-2), 5 sets of 4 repetitions at 85% of 1RM (sessions 3-5), and 6 sets of 2 repetitions at 90% of 1RM (sessions 6-8). For the BTG, the training program consisted of 5 sets of 5 repetitions at 40% of 1RM (sessions 1-2), 6 sets of 5 repetitions at 40% of 1RM (sessions 3-5), and 4 sets of 6 repetitions at 40% of 1RM (sessions 6-8). The rest between sets was always set to 4 minutes. The BP was always performed in a Smith machine using a self-selected grip width and the touch-and-go technique. Participants were verbally encouraged to perform all repetitions with maximal effort and velocity feedback was provided after each repetition. The load was adjusted on every session to match the desired relative load (% of 1RM) by the recording of movement velocity.

Statistical analyses

Descriptive data of the dependent variables (BP 1RM, BP20, and HTV) are presented as means and SD. Reliability of the dependent variables was calculated from the two pre-test sessions through paired samples *t*-tests, the Cohen's *d* effect size (ES), the coefficient of variation (CV) and the intraclass correlation coefficient (ICC, model 3.1) using a custom spreadsheet. (W. Hopkins, 2000) A mixed model analysis of variance (ANOVA) was applied to each dependent variable with the "training group" (STG vs. BTG) as between-participant factor and "time" (pre-test 2 vs. post-test) as within-participant factor. The magnitude of the changes was quantified through the raw mean differences, Cohen's *d* ES, and their respective 95% confidence intervals (95% CI). The Cohen's *d* ES was calculated using the pre-test SD for within-group comparisons and the pre-test pooled SD for between-group comparisons. The magnitude of the ES was quantified using the following scale: negligible (< 0.20), small (0.20–0.49), moderate (0.50–

0.79), and large (≥ 0.80). (Cohen, 1988) The relationship of HTV with the BP 1RM and BP20 was quantified through the Pearson's correlation coefficient (r). The magnitude of the r coefficient was quantified using the following scale: trivial (0.00–0.09), small (0.10–0.29), moderate (0.30–0.49), large (0.50–0.69), very large (0.70–0.89), nearly perfect (0.90–0.99) and perfect (1.00). (William G. Hopkins et al., 2009) Statistical analyses were performed using the software package SPSS (IBM SPSS version 25.0, Chicago, IL, USA). Statistical significance was set at an alpha level of 0.05.

RESULTS

All dependent variables were obtained with a very high reliability ($CV < 5\%$ and $ICC > 0.80$; Table 1). The ANOVA applied on 1RM values revealed a significant main effect of time ($F = 17.4$, $p < 0.001$; higher values at post-test [85.7 ± 17.2 kg] compared to pre-test [81.5 ± 16.7 kg]: 95%CI = 2.1–6.3 kg), but the main effect of group ($F = 0.2$, $p = 0.678$) and the time \times group interaction ($F = 0.5$, $p = 0.493$) did not reach statistical significance. Pairwise comparisons revealed that the STG ($p < 0.001$, $ES = 0.24$, 95% CI = 2.6–7.2 kg), but not the BTG ($p = 0.060$, $ES = 0.27$, 95% CI = -0.2–7.2 kg), showed a significant increment in the 1RM at post-test. The ANOVA applied on BP20 revealed a significant main effect of time ($F = 8.8$, $p = 0.006$; higher values at post-test [2.22 ± 0.26 m·s⁻¹] compared to pre-test [2.12 ± 0.27 m·s⁻¹]: 95%CI = 0.03–0.17 m·s⁻¹), but the main effect of group ($F = 0.0$, $p = 0.960$) and the time \times group interaction ($F = 1.0$, $p = 0.328$) did not reach statistical significance. Pairwise comparisons revealed that the BTG ($p = 0.003$, $ES = 0.63$, 95%CI = 0.05–0.22 m·s⁻¹), but not the STG ($p = 0.256$, $ES = 0.21$, 95%CI = -0.06–0.19 m·s⁻¹), showed a significant increment in BP20 at post-test. The ANOVA applied on HTV failed to show any significant difference (time: $F = 1.0$, $p = 0.327$; group: $F = 0.7$, $p = 0.418$; time \times group: $F = 0.2$, $p = 0.650$). The net training effect obtained by comparing the ES between STG and BTG was negligible for the BP 1RM and HTV, while small changes in favor of the BTG was observed for BP20 (Figure 1).

[Table 1]

[Figure 1]

The HTV was not significantly correlated at any time point with the 1RM ($r \leq 0.181$, $p \geq 0.338$) or BP20 ($r \leq 0.220$, $p \geq 0.242$) (Figure 2). The percent change in HTV neither was correlated with the percent change in the 1RM ($r = -0.061$, $p = 0.748$) or BP20 ($r = 0.190$, $p = 0.315$) (Figure 3).

[Figure 2]

[Figure 3]

DISCUSSION

The present study compared the effect of two different RT programs (strength-oriented vs. ballistic) on HTV, BP 1RM, and BP20. The main findings showed that (1) all dependent variables were obtained with a very high reliability, (2) STG enhanced only BP 1RM performance, while BTG enhanced only BP20 performance, (3) neither STG nor BTG increased HTV performance, and (4) HTV was not significantly correlated with the BP 1RM and BP20. These results indicate that a short-term RT program based exclusively on the BP exercise performed against either heavy (strength-oriented) or light loads (ballistic) is not effective to increase HTV performance in resistance-trained men with little handball experience.

Supporting our main hypothesis, the RT programs implemented in this study revealed a selective impact on maximum strength and power adaptations. Namely, the STG only improved the BP 1RM and the BTG only improved BP20. These results are in line with previous findings reported by Cormie et al. (2010) who observed higher increments in the maximal strength capacity after a 10 week of strength training at 75%-90% of 1RM in comparison to ballistic training at 0%-30% of 1RM. Our findings are also in agreement with Winchester et al. (2008) who demonstrated an increase in maximal power capacity, but not in maximal strength capacity, after 8 weeks of ballistic training in resistance trained men. However, in contrast to our study, McBride et al. (2002) showed comparable increments in back squat 1RM performance after 8 weeks of strength-oriented (vertical jumps at 80% of 1RM) and power-oriented RT (vertical jumps at 30% of 1RM). A possible explanation for these discrepancies could be that McBride et al. (2002) instructed their participants to jump against very heavy loads, and it is known that the benefits of ballistic training are reduced when heavy loads are used.(Cormie, Mcguigan, et al.,

2010; R. U. Newton, Kraemer, Häkkinen, Humphries, & Murphy, 1996; Robert Newton & McEvoy, 1994) Therefore, it is evident that the manner of performing the exercises (i.e., ballistic vs. non-ballistic) is one important factor that needs to be considered when designing RT programs.

Although the BP exercise has been extensively used for increasing HTV,(Cherif et al., 2016; Hermassi et al., 2010; Robert Newton & McEvoy, 1994) the results of the present study indicate that neither strength-oriented nor ballistic RT conducted exclusively with the BP exercise are effective to increase HTV in resistance-trained men. These findings are in an apparent contradiction with previous studies which demonstrated an increase in HTV after both ballistic and strength-oriented RT programs conducted with the BP exercise.(Hermassi et al., 2010; Mc Evoy & Newton, 1998a; Tony et al., 1998) The higher RT experience of our participants (2.8 ± 3.1 years) could explain these contradictory findings, being possible that RT programs based exclusively on the BP exercise are only effective to increase HTV performance in participants with little or no previous RT experience.(Hermassi et al., 2010; Mc Evoy & Newton, 1998a; Tony et al., 1998) However, it is possible that the longer duration of the RT programs in previous studies (8-10 weeks) also explained their larger increases in HTV. Therefore, it is evident that 4 weeks (8 sessions) of RT are not enough to induce increments in HTV in resistance-trained men if they do not implement specific throwing drills.

Rejecting our second hypothesis, BP performance was not significantly correlated with HTV at any time point. Although significant improvements were noted in BP 1RM for the STG and in BP20 for the BTG, HTV remained unchanged after training for both groups. Previous studies have reported moderate to strong positive correlations between BP performance and HTV.(M. S. Chelly et al., 2010a; Marques, van den Tilaar, et al., 2007a) The lack of significant correlations reported in our study is intriguing, especially considering the very high reliability of all dependent variables collected in the present study. A possible explanation for the discrepancy in results between the current and previous studies could be explained by the participants characteristics. Namely, previous studies recruited handball athletes, while in the current study participants presented RT experience, but they were not active handball players. Handball athletes recruited in previous studies had both RT experience and a high level of throwing technique, which might explain the higher correlations between BP performance and HTV.

Therefore, it seems that significant correlations between BP performance and HTV could be reached only within athletes with a refined throwing technique.

Regarding the possible limitations and future research, we should acknowledge that although our participants were resistance trained men, they had little experience with handball training. This could be the main reason for the low correlations observed between BP performance and HTV. Another limitation is that we did not include throwing specific drills during the training program, which seems to be an unavoidable training requisite for increasing HTV within participants with little handball experience. Therefore, future studies should recruit handball players and include throwing specific drills as a part of the training program in order to investigate whether under these conditions the changes in BP performance are significantly associated with the changes in HTV.

CONCLUSIONS

Summing up, a 4-week RT program based exclusively on the BP exercise is able to selectively impact upper-body maximum strength and power adaptations. The strength-oriented RT group enhanced BP 1RM performance, the ballistic training group enhanced BP20 performance, and none of the groups enhanced HTV performance. Contrary to previous findings reported for handball players, no significant correlations were observed between BP performance and HTV in our participants (resistance-trained men with little handball experience). These results confirm that the improvement in HTV depends more from technical skills rather than from the upper-body strength and power capacities of the athletes.

REFERENCES

- Aeder, C. H. R., Hernandez, J. A. F. E., & Errauti, A. L. F. (2015). Effects of Six Weeks of Medicine Ball Training on Throwing Velocity, Throwing Precision,. *Journal Of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1904–1914.
- Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I. J., & Cuadrado-Reyes, J. (2012b). Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Revista Internacional de Edicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 12(48), 729–744.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. Maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 410–418. <https://doi.org/10.1055/s-2003-41171>
- Ahtiainen, Juha P, Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Hakkinen, K. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquee*, 29(5), 527–543. <https://doi.org/10.1139/h04-034>
- Amarante do Nascimento, M., Borges Januário, R. S., Gerage, A. M., Mayhew, J. L., Cheche Pina, F. L., & Cyrino, E. S. (2013a). Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1636–1642. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/06000/Familiarization_and_Reliability_of_One_Repetition.24.aspx
- Andrade, M. D. S., Fachina, R., Cruz, W., Benito-Silva, A., da Silva, A. C., & De Lira, C. A. B. (2011). Strength field tests performance are correlated with isokinetic strength of shoulder rotator muscles in female handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitnees*, 47(3), 381–390.
- Andrade, M. S., De Carvalho Koffes, F., Benedito-Silva, A. A., Da Silva, A. C., & De Lira, C. A. B. (2016). Effect of fatigue caused by a simulated handball game on ball throwing velocity, shoulder muscle strength and balance ratio: A prospective study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13102-016-0038-9>
- Baker, D. G., & Newton, R. U. (2007). Change in power output across a high-repetition set of bench throws and jump squats in highly trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1007–1011. <https://doi.org/10.1519/R-22376.1>

- Balsalobre-Fernandez, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Bautista, I.J.; Chiroso, I.J.; Chiroso, L.J.; Martin, I.; Rivilla, J. (2016). Original Rpe and Velocity How Intensity Markers of. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 15.
- Bayios, I. A., Anastasopoulou, E. M., Sioudris, D. S., & Boudolos, K. D. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 229–235.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 74(1), 359–368.
- Bird, S. P., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, 35(10), 841–851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
- Burd, N. A., Andrews, R. J., West, D. W. D., Little, J. P., Cochran, A. J. R., Hector, A. J., ... Phillips, S. M. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *The Journal of Physiology*, 590(2), 351–362. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.221200>
- Calero Morales, S., & González Catalá, S. A. (2014). *Teoría y metodología de la Educación Física*. <https://doi.org/http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9227>
- Chelly, M., Ghenem, M., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z., & Shephard, R. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2670–2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e2728f>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., & Shephard, R. J. (2014). Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1401–1410. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000000279>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010a). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480–1487.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>

Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010b). Relationships between Power and Strength of the Upper and Lower Limb Muscles and Throwing Velocity in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480–1487.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>

Cherif, M., Chtourou, H., Souissi, N., Aouidet, A., & Chamari, K. (2016). Maximal power training induced different improvement in throwing velocity and muscle strength according to playing positions in elite male handball players. *Biology of Sport*, 33(4), 393–398. <https://doi.org/10.5604/20831862.1224096>

Clark, R. A., Bryant, A. L., & Humphries, B. (2008). A comparison of force curve profiles between the bench press and ballistic bench throws. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1755–1759. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874735>

Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., ... Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences second edition*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med. Sci. Sports Exerc*, 42(8), 1582–1598. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>

Cronin, J. B., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2002). Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, 42(3), 267–273.

Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*, 29(7), 705–713. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.552112>

Eriksrud, O., Sæland, F. O., Federolf, P. A., & Cabri, J. (2019). Functional mobility and dynamic postural control predict overhead handball throwing performance in elite female team handball players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 91–100.

- Ettema, G., Glosen, T., & Van Den Tillaar, R. (2008). Effect of specific resistance training on overarm throwing performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(2), 164–175. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.2.164>
- Fieseler, G., Hermassi, S., Hoffmeyer, B., Schulze, S., Irlenbusch, L., Bartels, T., ... Schwesig, R. (2017). Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: A tool for talent profiling. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(7–8), 985–992. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06938-9>
- Fleck, S. J., Smith, S. L., Craib, M. W., Denahan, T., Snow, R. E., & Mitchell, M. L. (1992). Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(2), 120–124. <https://doi.org/10.1519/00124278-199205000-00010>
- Folland, J. P., Irish, C. S., Roberts, J. C., Tarr, J. E., & Jones, D. A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(5), 370–373. <https://doi.org/10.1136/bjism.36.5.370>
- Freeston, J., Ferdinands, R., & Rooney, K. (2007a). Throwing velocity and accuracy in elite and sub-elite cricket players: A descriptive study. *European Journal of Sport Science*, 7(4), 231–237. <https://doi.org/10.1080/17461390701733793>
- Fulton, S. K., Pyne, D., Hopkins, W., & Burkett, B. (2009). Variability and progression in competitive performance of Paralympic swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 27(5), 535–539. <https://doi.org/10.1080/02640410802641418>
- Gabbett, T., Kelly, J., Ralph, S., & Driscoll, D. (2009). Physiological and anthropometric characteristics of junior elite and sub-elite rugby league players, with special reference to starters and non-starters. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.06.008>
- García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baños-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Boullosa, D., ... Jiménez-Reyes, P. (2017). Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002301>
- García-Ramos, A., Padial, P., Haff, G., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., & Feriche, B. (2015b). Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the ballistic bench press exercise. *Journal of Strength & Conditioning*

- Research*, 29(9), 2388–2396. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000891>
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2018a). Differences in the load-velocity profile between 4 bench press variants. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 326–331. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0158>
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2018b). Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1273–1279. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001998>
- Girman, J. C., Jones, M. T., Matthews, T. D., & Wood, R. J. (2014). Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. *European Journal of Sport Science*, 14(2), 151–159. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.775351>
- Godwin, M. S., Fernandes, J. F. T., & Twist, C. (2018). Effects of variable resistance using chains on bench throw performance in trained rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 950–954. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002421>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014a). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- González-Hernández, J., García-Ramos, A., Capelo-Ramírez, F., Castaño-Zambudio, A., Marquez, G., Boullosa, D., & Jiménez-Reyes, P. (2017). Mechanical, metabolic, and perceptual acute responses to different set configurations in full squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002117>
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>
- Gorostiaga, E M, Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>

- Gorostiaga, Esteban M., Izquierdo, M., Iturralde, P., Ruesta, M., & Ibáñez, J. (1999). Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *80*(5), 485–493. <https://doi.org/10.1007/s004210050622>
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibáñez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(10), 860–867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>
- Gutiérrez-Dávila, M., Ortega-Becerra, M., Parraga, J., Campos, J., & Rojas, F. J. (2011). Variability of the temporary sequence of the kinetichain of the handball trow. *Revista Internacional de Medicina En Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, *11*(43), 455–471.
- Gutiérrez Dávila, M., Rojas Ruiz, F., Ortega Becerra, M., Párraga Montilla, J., & Campos Granell, J. (2012). Variabilidad funcional como factor de eficiencia en los lanzamientos a portería en balonmano. *E-Balonmano.Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, *8*(2), 121–134.
- Häkkinen, K., Komi, P., & Alen, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, *125*(4), 587–600.
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., & Newton, M. J. (2011). The effect of cluster loading on force, velocity, and power during ballistic jump squat training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *6*(4), 455–468. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.4.455>
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., Pickering, S. L., & Newton, M. J. (2011). Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(8), 2118–2126. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220b6a3>
- Harriss, D. J., Macsween, A., & Atkinson, G. (2019). Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 40, pp. 813–817. <https://doi.org/10.1055/a-1015-3123>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2010). The effect of heavy-vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(9), 2408–2418. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e58d7c>

- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(9), 2424–2433. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182030edb>
- Hermassi, S., Delank, K. S., Fieseler, G., Bartels, T., Chelly, M. S., Khalif, R., ... Schwesig, R. (2019). Relationships Between Olympic Weightlifting Exercises, Peak Power of the Upper and Lower Limb, Muscle Volume and Throwing Ball Velocity in Elite Male Handball Players. *Sportverletz Sportschaden*, *33*(2), 104–112. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1055/a-0625-8705>
- Hermassi, S., Ghaith, A., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint performance in handball players. *PLoS ONE*, *14*(7), e0214827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221189>
- Hermassi, S., Wollny, R., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of In-Season Circuit Training on Physical Abilities in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(4), 944–957. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002270>
- Hermassi, & van den Tillaar, Khelifa, C. A. C. (2015). Comparison of in-season-specific resistance vs. aregular throwing training program on throwing velocity, anthropometry, and power performance in elite handball players. *Strength And Conditioning*, *18*(1), 59–62.
- Hoff, J., & Almåsbygg, B. (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *9*(4), 255–258. <https://doi.org/10.1519/00124278-199511000-00011>
- Hopkins, W. (2000). Calculations for reliability (Excel spreadsheet).
- Hopkins, William G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sánchez-Otero, T., Mayo, X., Jiménez, A., & Chapman, M. L. (2012). Acute effects of distribution of rest between repetitions. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(5), 351–358. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299699>

- Iglesias-Soler, E., Fernandez-del-Olmo, M., Mayo, X., Farinas, J., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., ... Tuimil, J. L. (2017). Changes in the Force-Velocity Mechanical Profile After Short Resistance Training Programs Differing in Set Configurations. *Journal of Applied Biomechanics*, *33*(2), 144–152. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0181>
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., Farinas, J., & Fernandez-Del-Olmo, M. (2016a). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of Sports Sciences*, *34*(15), 1473–1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibáñez, J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, *87*(3), 264–271. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0628-y>
- James, L. P., Gregory Haff, G., Kelly, V. G., Connick, M. J., Hoffman, B. W., & Beckman, E. M. (2018). The impact of strength level on adaptations to combined weightlifting, plyometric, and ballistic training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *28*(5), 1494–1505. <https://doi.org/10.1111/sms.13045>
- James, Lachlan P, Roberts, L. A., Haff, G. G., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2017). Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(5), 1378–1386. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001201>
- Janicijevic, D., González-Hernández, J., Gu, Y., & Garcia-Ramos, A. (2020). Differences in the magnitude and reliability of velocity variables collected during 3 variants of the bench press exercise. *Journal of Sports Sciences*, *38*(7), 759–766.
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Garcia-Ramos, A., Cuadrado-Penafiel, V., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, *6*, e5937. <https://doi.org/10.7717/peerj.5937>
- Jukic, I., & Tufano, J. (2019a). Rest redistribution functions as a free and ad-hoc equivalent to commonly used velocity-based training thresholds during clean pulls at different loads. *Journal of Human Kinetics*, *68*, 5–16. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0052>
- Jukic, I., & Tufano, J. J. (2019c). Shorter but more frequent rest periods: no effect on velocity and power compared to traditional sets not performed to failure. *J Hum Kinet*, *66*, 257–268. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0070>

- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current Sports Medicine Reports*, Vol. 1, pp. 165–171.
<https://doi.org/10.1249/00149619-200206000-00007>
- Kuhn, L., Weberrub, H., & Horstmann, T. (2019). Effects of core stability training on throwing velocity and core strength in female handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9), 1479–1486. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09295-2>
- Lachlan p. james, llion a. roberts, g. gregory haff, v. g. k., and, & beckman, e. m. (2015). *validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull*. 1378–1386.
- Latella, C., Teo, W.-P., Drinkwater, E. J., Kendall, K., & Haff, G. G. (2019). The acute neuromuscular responses to cluster set resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(12), 1861–1877. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01172-z>
- Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., Lindsell, R., & Pyne, D. (2004a). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(4), 361–367.
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., & Lindsell, R. P. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 172–176. <https://doi.org/10.1519/R-13893.1>
- Lehman, G., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2013a). Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 902–908. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/04000/Correlation_of_Throwing_Velocity_to_the_Results_of.5.aspx
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., & McGuigan, M. R. (2018). Power output in traditional and ballistic bench press in elite athletes: Influence of training background. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–8. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1496517>
- Machado, C., Cortell-Tormo, J. M., & Tortosa-Martínez, J. (2018). Effects of two different training periodization models on Physical and physiological aspects of elite female team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 280–287.
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, · Per, Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>

- Manchado, C., Tortosa, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013a). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects a review. *Journal Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708–1719.
- Mangine, G. T., Ratamess, N. A., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., Kang, J., & Chilakos, A. (2008). The effects of combined ballistic and heavy resistance training on maximal lower- and upper-body strength in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 132–139. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f5729>
- Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007a). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414–422. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.414>
- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., & Fernández-Del-Olmo, M. (2014). Effects of set configuration of resistance exercise on perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*, 119(3), 825–837. <https://doi.org/10.2466/25.29.PMS.119c30z3>
- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., Fustes-Piñeiro, S., & González-Hernández, R. (2014). Neuromuscular performance is affected by set configuration and the type of resistance exercise. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 9(25 SUPPL.). Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84906487043&partnerID=40&md5=1f8620e673d1172cd17c4f925c0945f2>
- Mc Evoy, K., & Newton, R. (1998a). Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 216–221.
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75–82. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2002\)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2002)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2)
- Mohamed souhail chelly, souhail hermassi, r. a., & shephard, a. r. j. (2014). *effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players*. 28(5), 1401–1410.
- Moir, G. L., Graham, B. W., Davis, S. E., Guers, J. J., & Witmer, C. A. (2013). Effect of cluster set configurations on mechanical variables during the deadlift exercise. *J Hum Kinet*, 39, 15–23. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0064>
- Morales-Artacho, A. J., Padial, P., García-Ramos, A., Pérez-Castilla, A., & Feriche, B. (2017).

- Influence of a cluster set configurations on the adaptations to short-term power training. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Newton, R. U., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Humphries, B. J., & Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, *12*(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.12.1.31>
- Newton, Robert, & McEvoy, K. (1994). Baseball Throwing Velocity: A Comparison of Medicine Ball Training and Weight Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *8*(3), 198–203. <https://doi.org/10.1519/00124278-199408000-00013>
- Newton, RU, Kraemer, W. J., Hakkinen, K., Humphries, B., & Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, *12*(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.12.1.31>
- Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S. C., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2016a). Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(1), 235–243. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001023>
- Oliver, Jonathan M, Jagim, A. R., Sanchez, A. C., Mardock, M. a, Kelly, K. a, Meredith, H. J., ... Kreider, R. B. (2013). Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, *27*(11), 3116–3131. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891672>
- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2018). Determinat factors of physical performance and specific throwing in handball players of different ages. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(6), 1778–1786.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J., Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, *35*(11), 916–924.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., ... González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *27*(7), 724–735.

<https://doi.org/10.1111/SMS.12678>

Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., & García-Ramos, A. (2019a). Precision of 7 Commercially Available Devices for Predicting the Bench Press 1-Repetition Maximum From the Individual Load-Velocity Relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0801>

Piscitelli, F., Milanese, C., Sandri, M., Cavedon, V., & Zancanaro, C. (2016). Investigating predictors of ball-throwing velocity in team handball: the role of sex, anthropometry, and body composition. *Sport Sciences for Health*, 12(1), 11–20.

<https://doi.org/10.1007/s11332-015-0248-7>

Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housch, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J., & Triplett, N. T. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>

Rene schwesig, alexander koke, david fischer, georg fieseler, p. j., delank, k.-s., & hermassi, a. s. (2016). *validity and reliability of the new handball-specific complex test*. 476–486.

Riemann, B. L., Hipko, N., Johnson, W., Murphy, T., & Davies, G. J. (2019). Effects of medicine ball mass on the intensity of 90°/90° plyometric throwing exercise. *Physical Therapy in Sport*, 40, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.10.002>

Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Salvador, E. P., & Cyrino, E. S. (2011). Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1418–1422.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c4b>

Rivilla-Garcia, J., Grande, I., Sampedro, J., & van den Tillaar, R. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(3), 534–539.

Rivilla García, J., Grande Rodríguez, I., Chiroso, L., Gómez Ortiz, M., & Sampedro Molinuevo, J. (2011). Differences and Relationship Between Standard and Specific Throwing Test in Handball According to the Competitive and Professional Level. *Journal of Sport and Health Research*, 3(2), 143–152.

Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333–341.

<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>

- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2014). Self-paced and temporally constrained throwing performance by team-handball experts and novices without foreknowledge of target position. *Journal of Sports Science and Medicine*, *14*(1), 41–46.
- Ruiz Perez., L. & P. R. (2008). El estudio del desarrollo motor: entre la tradición y el futuro. *Fuentes. Revista de La Facultad de Ciencias de La Educacion*, (8), 243–258.
- Ruiz Pérez, L. (1995). Concepciones cognitivas del desarrollo motor humano. *Revista de Psicología General y Aplicada: Revista de La Federación Española de Asociaciones de Psicología*, Vol. 48, pp. 47–57.
- Hermassi, & roland van den tillaar, riadh khelifa, mohamed souhaïel chelly, a. k. c. (2004). *comparison of in-season-specific resistance vs. aregular throwing training program on throwing velocity,anthropometry, and power performance in elite handball players*. *18*(1), 59–62.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., & Moya, M. (2016b). Effects of 4-Week training intervention with unknown loads on power output performance and throwing velocity in junior team handball players. *PLoS ONE*, *11*(6), 1–12.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157648>
- Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(3), 712–718.
- Sáez de Villarreal, E., Requena, B., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2013). Enhancing sprint and strength performance: Combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(2), 146–150. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.007>
- Sakamoto, A., Kuroda, A., Sinclair, P. J., Naito, H., & Sakuma, K. (2018). The effectiveness of bench press training with or without throws on strength and shot put distance of competitive university athletes. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(9), 1821–1830. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3917-9>
- Sale, D G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5 Suppl), S135-45. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009>
- Sale, Digby G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5), S135–S145. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131120-00001>
- Sánchez-Medina, L, Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017).

- Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, 1(2), E80–E88.
- Sánchez-Medina, Luis, & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- Sánchez Vinuesa, A., Oña Sicilia, A., & Párraga Montilla, J. (2001). Importancia de la velocidad de salida del balón y de la precisión como parámetros de eficacia en el lanzamiento en salto a distancia en balonmano. *Apunts: Educación Física y Deportes*, (66), 44–51.
- Sarvestan, J., Riedel, V., Gonosová, Z., Linduška, P., & Přidalová, M. (2019). Relationship between anthropometric and strength variables and maximal throwing velocity in female junior handball players – A pilot study. *Acta Gymnica*, 49(3), 132–137. <https://doi.org/10.5507/ag.2019.012>
- Schoenfeld, B., & Grgic, J. (2019). Does training to failure maximize muscle hypertrophy? *Strength & Conditioning Journal*, 41(5), 108–113. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000473>
- Schwesig, R., Koke, A., Fischer, D., Fieseler, G., Jungermann, P., Delank, K. S., & Hermassi, S. (2016). Validity and Reliability of the New Handball-Specific Complex Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 476–486. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001061>
- Skoufas, D., Kotzamanidis, C., Hatzikotoylas, K., Bebetos, G., & Patikas, D. (2003). The relationship between the anthropometric variables and the throwing performance in handball. *Journal of Human Movement Studies*, 45(5), 469–484.
- Spiering, B., Kraemer, W., Anderson, J., Armstrong, L., Nindl, B., Volek, J., & Maresh, C. (2008). Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Medicine*, 38(7), 527–540.
- Spieszny, M., & Zubik, M. (2018). Modification of Strength Training Programs in Handball Players and its Influence on Power during the Competitive Period. *Journal of Human Kinetics*, 63(1), 149–160. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0015>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>

- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016a). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, *46*(10), 1419–1449.
<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Szymanski, D. J. (2012b). Effects of Various Resistance Training Methods on Overhand Throwing Power Athletes. *Strength and Conditioning Journal*, *34*(6), 61–74.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826dc3de>
- Tony, L., Evon, J., & Pastiglione, J. (1998). The effect of an upper body strength program on intercollegiate baseball throwing velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *12*(2), 116–119.
- Torrejon, A., Janicijevic, D., Haff, G. G., & Garcia-Ramos, A. (2019a). Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *European Journal of Applied Physiology*, *119*(6), 1409–1417.
<https://doi.org/10.1007/s00421-019-04131-8>
- Torrejon, Alejandro, Balsalobre-Fernandez, C., Haff, G. G., & Garcia-Ramos, A. (2018). The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *Sports Biomechanics*, 1–11.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1433872>
- Tufano, J. J., Brown, L. E., Haff, G. G., & Gregory Haff, G. (2017a). Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(3), 848–867. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001581>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Petkovic, A., Frick, J., & Gregory Haff, G. (2017). Effects of cluster sets and rest-redistribution on mechanical responses to back squats in trained men. *Journal of Human Kinetics*, *58*(1), 35–43. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=124483016&site=ehost-live&scope=site>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(7), 885–892. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0602>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Oliver, J. M., Kreutzer, A., & Haff, G. G. (2019). Different cluster sets result in similar metabolic, endocrine, and perceptual responses in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(2), 346–354.

- <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001898>
- van den Tillaar. (2004). Effect of Different Training Programs on the Velocity of Overarm Throwing: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18. <https://doi.org/10.1519/R-12792.1>
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing By Experienced Team Handball Players. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 731–742.
- Vernillo, G., Temesi, J., Martin, M., & Millet, G. Y. (2018). Mechanisms of fatigue and recovery in upper versus lower limbs in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(2), 334–343. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001445>
- Vila, H., & Ferragut, C. (2019). Throwing speed in team handball: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 724–736. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1649344>
- Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abalades, J. A., Alcaraz, P. E., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2146–2155. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823b0a46>
- Vila, H. E. V, Manchado, C. A. M., Odriguez, N. U. R., Ose, J., L caraz, P. edro E. M. A., & Erragut, C. A. F. (2012). *Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women*. (31), 2146–2155.
- Vuleta, D., Sporiš, G., Talović, M., & Jelešković, E. (2010). Reliability and factorial validity of power tests for handball players. *Sport Science*, 3(1), 42–46.
- Wagner, H., Orwat, M., Hinz, M., Pfusterschmied, J., Bacharach, D. W., von Duvillard, S. P., & Muller, E. (2016). Testing game-based performance in team-handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2794–2801.
- Wagner, H., Sperl, B., Bell, J., & von Duvillard, S. P. (2019). Testing specific physical performance in mael team handball players and the realaiontship to general testes in team sports. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 4(33), 1056–1064.
- Walker, S., Davis, L., Avela, J., & Hakkinen, K. (2012). Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 356–362. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.12.009>

- Weakley, J. J. S., Till, K., Darrall-Jones, J., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J., Read, D. B., & Jones, B. L. (2017a). The influence of resistance training experience on the between-day reliability of commonly used strength measures in male youth athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(7), 2005–2010. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2017/07000/The_Influence_of_Resistance_Training_Experience_on.31.aspx
- Weakley, J., Ramirez-Lopez, C., McLaren, S., Dalton-Barron, N., Weaving, D., Jones, B., ... Banyard, H. (2019). The Effects of 10%, 20%, and 30% Velocity Loss Thresholds on Kinetic, Kinematic, and Repetition Characteristics During the Barbell Back Squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–9. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-1008>
- Winchester, J. B., McBride, J. M., Maher, M. A., Mikat, R. P., Allen, B. K., Kline, D. E., & McGuigan, M. R. (2008). Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(6), 1728–1734. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181821abb>
- Winett, R. A., & Carpinelli, R. N. (2001). Potential health-related benefits of resistance training. *Preventive Medicine*, *33*(5), 503–513. <https://doi.org/10.1006/pmed.2001.0909>
- Young, W. B., Newton, R. U., Doyle, T. L. A., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G., & Dawson, B. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules Football: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *8*(3), 333–345. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(05\)80044-1](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(05)80044-1)
- Zapartidis, I., Skoufas, D., Vareltsis, I., Christodoulidis, T., Toganidis, T., & Kororos, P. (2009). Factors Influencing Ball Throwing Velocity in Young Female Handball Players. *The Open Sports Medicine Journal*, *3*(1), 39–43. <https://doi.org/10.2174/1874387000903010039>
- Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., ... Terzis, G. (2013). Effects of strength vs. Ballistic-power training on throwing performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, *12*(1), 130–137.
- Ziv, G., Lidor, R., Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J. A., ... Gorostiaga, E. M. (2007). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*,

28(2), 860–867. <https://doi.org/10.1080/17461390903038470>

Table 1. Magnitude of the bench press 1-repetition maximum (BP 1RM), bench press peak velocity against 20 kg (BP20), and handball throwing velocity (HTV) from the two consecutive pre-test trials and the post-test trial for the strength training group (STG) and ballistic training group (BTG).

Variable	Group	Pre-test 1	Pre-test 2	Post-test	Reliability (Pre-test 1 vs. Pre-test 2)			
					<i>P</i>	ES	CV	ICC
BP 1RM (kg)	STG	83.1 ± 20.1	82.4 ± 20.1	87.3 ± 21.4*	0.082	-0.07	3.02%	0.98
	BTG	82.1 ± 12.3	80.5 ± 13.0	84.0 ± 12.2				
BP20 (m·s ⁻¹)	STG	2.15 ± 0.25	2.14 ± 0.33	2.21 ± 0.30	0.243	-0.13	4.82%	0.84
	BTG	2.15 ± 0.22	2.10 ± 0.22	2.24 ± 0.23*				
HTV (km·h ⁻¹)	STG	60.8 ± 6.7	61.0 ± 6.2	61.6 ± 5.9	0.889	-0.01	2.45%	0.97
	BTG	63.8 ± 9.5	63.5 ± 9.0	63.7 ± 8.8				

ES, Cohen's *d* effect size; CV, coefficient of variation, ICC, intraclass correlation coefficient. Reliability of the dependent variables was calculated from the data of the two pre-test for the two groups merged. *, Significantly different than pre-test 2 ($p < 0.05$).

FIGURE CAPTIONS

Figure 1. Standardised differences (95% confidence intervals) of the changes in the bench press one-repetition maximum (BP 1RM), bench press peak velocity achieved against 20 kg (BP20), and handball throwing velocity (HTV) between the strength training group (STG) and ballistic training group (BTG). The probability that the true difference was trivial (i.e., standardised differences from -0.20 to 0.20) is depicted.

Figure 2. Relationship of handball throwing velocity (HTV) with the bench press 1-repetition maximum (BP 1RM) (left panels) and the bench press peak velocity achieved against 20 kg (BP20) (right panels) at pre-test 1 (upper panels), pre-test 2 (middle panels) and post-test (lower panels).

Figure 3. Relationship of the change in handball throwing velocity (HTV) with the change in the bench press 1-repetition maximum (BP 1RM) (upper panel) and the change in the bench press peak velocity achieved against 20 kg (BP20) (lower panel).

14. Aprobación del comité de ética

UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación y Transferencia

COMITE DE ETICA EN INVESTIGACION
DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

La Comisión de Ética en Investigación de la Universidad de Granada, visto el informe preceptivo emitido por la Presidenta del Comité en Investigación Humana, tras la valoración colegiada del Comité en sesión plenaria, en el que se hace constar que la investigación propuesta respeta los principios establecidos en la legislación internacional y nacional en el ámbito de la biomedicina, la biotecnología y la bioética, así como los derechos derivados de la protección de datos de carácter personal,

Emita un Informe Favorable en relación a la investigación titulada: 'EFECTO DE DISTINTAS CONFIGURACIONES DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA SOBRE LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN Y PERCEPCIÓN DE ESFUERZO' que dirige D./ Dña. JESUALDO DANIEL CUEVAS ABURTO, con NIF 16367550, quedando registrada con el nº: 935/CEIH/2019.

Granada, a 15 de Octubre de 2019.





EL PRESIDENTE
Fdo: Enrique Herrera Viedma

EL SECRETARIO
Fdo: Francisco Javier O'Valle Ravassa

**GUIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DEL LANZAMIENTO
EN EL BALONMANO**

Introducción.

En los últimos años, el balonmano ha alcanzado gran relevancia en el ámbito competitivo y se está masificando rápidamente a nivel escolar. Es un deporte que se caracteriza por su velocidad y dinamismo lo que lo hace muy atractivo para quien lo practica como a sus espectadores. Una de las acciones de mayor relevancia es el lanzamiento a portería, lo que pudiese estar relacionado con el impacto de esta acción sobre el resultado final.

Por lo que, es una oportunidad tomar el creciente desarrollo de este deporte a nivel nacional y desarrollar en nuestros niños y jóvenes competencias motrices superiores que faciliten la práctica de este deporte y así lograr que los niños en edad escolar se interesen por el balonmano. La Federación Internacional de Balonmano ha lanzado un programa de educación y capacitación en todo el mundo para profesores en las escuelas denominado "Diversión, pasión y salud", programa que está abierto a todos los interesados a nivel mundial.

En el plano escolar nacional, las Bases Curriculares (BC) de la Asignatura de Educación Física y Salud (EDFS), implementadas por el Ministerio de Educación (MINEDUC) del gobierno de Chile, establece un esquema de trabajo de la motricidad del niño iniciado en la educación pre-básica (5 años) comenzando con el desarrollo de las Habilidades Motrices Básicas (HMB) Locomoción, estabilidad y manipulación, hacia las Habilidades Motrices Específicas (HME), de la manipulación que son movimientos cuya acción fundamental se centra en el manejo de objetos, y están compuestos por dos tipos de patrones motrices básicos, los lanzamientos y las recepciones (Hanson, 1965). En el contexto escolar, algunas acciones motrices propias de los deportes son muy utilizadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es el caso del balonmano que en su práctica regular requiere del dominio de estas HME, facilitando la enseñabilidad y transferencias a la vida diaria del sujeto en formación.

Esta guía didáctica, pretende servir de ayuda a profesores, monitores y/o entrenadores para favorecer las prácticas del lanzamiento en las clases/entrenamientos, para ello realizaremos una compilación de los juegos y/o actividades más utilizados en el proceso enseñanza aprendizaje de esta habilidad y lo asociaremos a rangos etarios para su aplicación. Debemos aclarar que, si bien nuestra propuesta considera las acciones motrices pertinentes a cada edad,

las acciones motrices implicadas en ello podrán ser modificadas por medio de normas, reglas y condiciones técnico-tácticas que el profesor estime convenientes a la edad de los niños.

Conceptualización Básica de la Motricidad asociada al Lanzamiento.

Sánchez Bañuelos (2003) indica que la edad es un factor fundamental a tener en cuenta a la hora de plantear el aprendizaje de tareas motrices, ya que las tareas se deben proponer acuerdo con el proceso evolutivo en el que se encuentren los alumnos. Propone que:

1. Desarrollo de las habilidades perceptivas, a través de las tareas motrices habituales, 1º de primaria.
2. Desarrollo de las habilidades y destrezas básicas, hasta el 2º ciclo de primaria (4º).
3. Iniciación y desarrollo de las habilidades motrices específicas, para el 3º ciclo de primaria.

De acuerdo a los Objetivos de Aprendizaje (OA) declarados en las BC, en el eje de las HMB, los objetivos formulados hacen referencia al desarrollo de la habilidad motriz en cuanto capacidad de movimiento adquirida por aprendizaje, entendiendo el desarrollo de la habilidad motriz como producto de un proceso de aprendizaje motor. De modo que, el término habilidad motriz hace referencia a un patrón de movimiento a lograr. Respecto de los AO, declarados para el sistema escolar en Chile en el eje de las HMB, estos están orientados por niveles, con fines prácticos se presenta una tabla a modo de síntesis donde se relacionan los niveles educacionales, propuestas metodológicas para el trabajo de aula, los OA e indicadores de evaluación sugeridos por unidad de aprendizaje, nivel educacional que para los efectos de esta propuesta formativa cada nivel taxonómico corresponde a 2 cursos, por lo que las modificaciones corresponden a cursos impares. (tabla 1)

Tabla 1. Representación de los objetivos de aprendizaje vinculados a la acción de lanzamiento, nivel educacional, indicadores de logro y metodología de trabajo propuestas en las bases curriculares del MINEDUC.

Cursos	Objetivos de Aprendizaje del eje Habilidades Motrices Básicas	Propuesta metodológica	Indicadores de logro
1ero Básico	EF01OA01 Demostrar habilidades motrices básicas de locomoción, manipulación y estabilidad en una variedad de juegos y actividades físicas, lanzar un balón hacia un compañero, caminar y correr consecutivamente, lanzar y recoger un balón....	Juegos	-Lanzan objetos de diferentes formas y tamaños con una o ambas manos hacia un objetivo determinado. -Lanzan con precisión, utilizando objetos de distintos tamaños. -Lanzan con una mano objetos de distintos tamaños, a distintas distancias; por ejemplo: lanzan un balón con una mano a un compañero o hacia un arco, entre otros
3ero Básico	EF03OA01 Demostrar capacidad para ejecutar de forma combinada las habilidades motrices básicas de locomoción, manipulación y estabilidad en diferentes direcciones, alturas y niveles, ejemplo, correr y lanzar un objeto con una mano, caminar...	Juegos pre-deportivos	-Lanzan y reciben un balón mientras se desplazan.
5to Básico	EF05(6)OA01 Demostrar la aplicación de las habilidades motrices básicas adquiridas, en una variedad de actividades deportivas; por ejemplo: lanzar un balón hacia la portería...	Juegos deportivos	-Aplican habilidades específicas de manipulación en juegos deportivos; por ejemplo: reciben eficazmente implementos en situaciones de juego, lanzan oportunamente de acuerdo a la situación.
7mo Básico	EF07OA01 Aplicar, combinar y ajustar las habilidades motrices específicas de locomoción, manipulación y estabilidad en, al menos: Un deporte de oposición/colaboración (hándbol, entre otros)...	Deportes	-Manipulan implementos de diferentes tamaños y los lanzan o ubican en diferentes posiciones durante el juego.

Las clases de educación física o los entrenamientos de un deporte, se asocian a una constante interacción con el medio en el que el niño/niña debe desempeñarse de manera eficaz y eficiente, para conseguir OA, luego llegar a ser competente motrizmente en tareas más complejas supone un proceso dinámico y complejo caracterizado por una progresión de cambios en el control de toda una serie de procedimientos técnicos de actuación de manera aislada o en relación con otros (Ruiz Pérez, 1995)

Por medio de la práctica sistemática, los escolares aprenden a ser competentes, puesto que, aprenden a interpretar mejor las situaciones que requieren una actuación eficaz y porque desarrollan los recursos necesarios para responder de forma ajustada a las demandas de la situación, esto supone un sentimiento de confianza de poder salir airosos de las situaciones-problema planteadas en el deporte y manifestar la alegría de ser causa de transformaciones en su medio; de ahí que las acciones deportivas se conviertan en un escenario privilegiado para el desarrollo de la competencia motriz. (Ruiz Perez., 2008), la Educación Física tiene entre sus grandes misiones favorecer el desarrollo de la competencia motriz de los escolares, de ahí que haya presentado siempre un elevado interés por conocer cómo son las competencias motrices a lo largo del ciclo vital, como emergen, como se transforman y la forma de cultivarlas.

El Lanzamiento en el Balonmano

El lanzamiento es la acción de impulsar el balón hacia la portería con el lógico objetivo de superar al portero y conseguir gol. El balonmano es un deporte de colaboración/oposición, una de las acciones de mayor relevancia es el lanzamiento, este fundamento ofensivo es una habilidad física, técnico-táctica individual fundamental en múltiples deportes; béisbol, softbol, balonmano, lanzamiento de jabalina, voleibol, tenis, etc. (Hermassi & van den Tillaar, Khelifa, Chelly, 2004). En los deportes colectivos, además de la precisión y buena ejecución técnica, es también de suma importancia una alta velocidad de lanzamiento para reducir el tiempo de reacción de los defensores.... (H. E. V Vila et al., 2012).

De acuerdo a Bernstein (1962), un escolar al aprender un deporte debería ser capaz de establecer sinergias o estructuras de coordinación que le convirtiesen en un sistema controlable, y este proceso de aprender a coordinar sus acciones no puede ser equivalente a reproducir un mismo conjunto de órdenes nerviosas una y otra vez, sino que supone el desarrollo de una competencia (dexterity) para resolver una tarea motriz de forma diferente cada vez que la tiene que llevar a cabo.

Existen tres conjuntos de factores que son determinantes para regular la velocidad de lanzamiento: a) aquellos relacionados con la mecánica del gesto; b) los relacionados con los procesos coordinativos (coordinación intra e intermuscular); c) los resultantes del desarrollo de fuerza y/o la potencia de las extremidades.

Algunos autores hacen mención a tres características específicas del juego que tiene una gran influencia sobre la acción del lanzamiento; 1. La técnica específica del lanzamiento. 2. El espacio de juego y 3. El tiempo. El primero está condicionado por la ejecución correcta del tipo de lanzamiento, así como por los desplazamientos y otras acciones permitidas por el reglamento (Bautista, Chiroso, Chiroso, Martín, Rivilla, 2016). El segundo es un factor a considerar puesto que está condicionado por 2 elementos fundamentalmente, a) los espacios definidos por el reglamento, los que están delimitados y estandarizados, b) las condiciones del juego, mismas que varían de acuerdo a las oportunidades que se puede generar el deportista como aquellas que permite el rival Rivilla-García, (2009) *“La esencia del juego se manifiesta a partir de la búsqueda y conquista del espacio, estimando que el dominio y la creación de espacios de poder*

son el fundamento simbólico sobre el que se sustenta el juego en balonmano”. El tercer factor, para Lasierra (1993), “*El tiempo es un parámetro o elemento estructural de los deportes de equipo*”. Esto se fundamenta en que las acciones del juego ocurren en un tiempo y condiciones definidas, ahora bien, si analizamos la relación presente entre estos tres factores existe una estrecha relación entre ellos y si el deportista logra dominar estas variables en las acciones de juego tendrá una mayor oportunidad de éxito en el juego.

Principios didácticos para la enseñanza del lanzamiento.

De acuerdo a lo planteado por (Calero Morales & González Catalá, 2014) proponen que, el proceso de educación de las capacidades condicionales y coordinativas. Junto con la selección de medios, métodos y elementos más efectivos para el desarrollo de las capacidades, algunos principios metodológicos son:

Principio sensoperceptual, consiste en la influencia pedagógica sobre los sentidos producto de la “demostración” la que debe superar la simple acción de mirar, llegando a una representación completa y multilateral del mundo objetivo.

Principio de la asequibilidad e individualización, exige que la enseñanza sea comprensible y posible de acuerdo con las características individuales de los estudiantes y está basado en la correspondencia óptima de las tareas, medios, métodos de la educación física con las posibilidades de los alumnos.

Principio de la sistematicidad, se realiza en la práctica, mediante la continuidad del proceso de la educación física y de la alteración óptima de las cargas con el descanso, la repetición y variabilidad de las clases y ejercicios, la observación de la sucesión de las clases y de la interrelación entre las distintas partes de su contenido.

Principio del aumento dinámico y gradual de las exigencias, en el proceso de la educación motriz es necesario renovar constantemente las tareas, elevar su dificultad, aumentar gradualmente el volumen y la intensidad de las cargas.

Aplicaciones prácticas del lanzamiento.

Como sea mencionado anteriormente, esta guía se centrará en acciones didácticas para enseñanza del lanzamiento de balonmano, en un rango etario de 6 a 11 años, por lo que nos ocuparemos básicamente del lanzamiento bajo una progresión metodológica desde los 6 a 9 años utilizaremos una metodología global y multivariada favoreciendo la ambidestria, a partir de los 9 años se propone el armado clásico, esto facilitara el trabajo motriz de los niños y favorecerá el proceso de enseñanza de esta habilidad.











Tal como indica la evidencia científica, los 3 factores relacionados con la eficiencia del lanzamiento a) la mecánica del gesto; b) procesos coordinativos; c) los resultantes del desarrollo de fuerza y/o la potencia de las extremidades, dependen entre otras variables del nivel de preparación del ejecutante, para ello es fundamental que en la fase formativa se provea de una arsenal amplio y variado de acciones motrices que más tarde se potenciarán con la adquisición de la técnica y los elementos tácticos propios de la práctica del deporte.

Así también, la utilización de materiales y recursos de aprendizaje se han reducido al mínimo para facilitar la aplicación de estos juegos o actividades, para que la carencia de estos recursos no sea un impedimento o limitante para la práctica y aprendizaje de la habilidad de lanzamiento en niños y jóvenes. En esta guía, favorecemos la utilización del juego como estrategia de enseñanza, puesto que, es un elemento natural, posee una función sociabilizadora, sirve para relacionarse con el entorno, para desarrollar la imaginación que conduce a la creatividad y el desarrollo de las capacidades físicas.

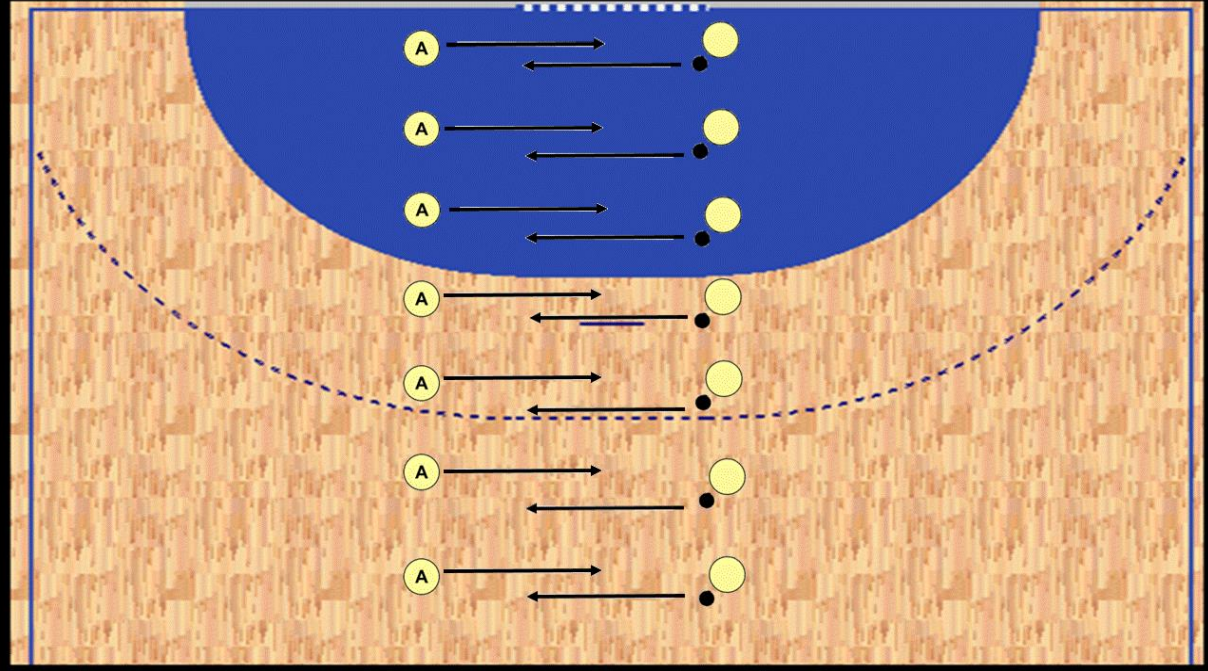
Para Jean Piaget (1956), *“el juego forma parte de la inteligencia del niño, porque representa la asimilación funcional o reproductiva de la realidad según cada etapa evolutiva del individuo”*.

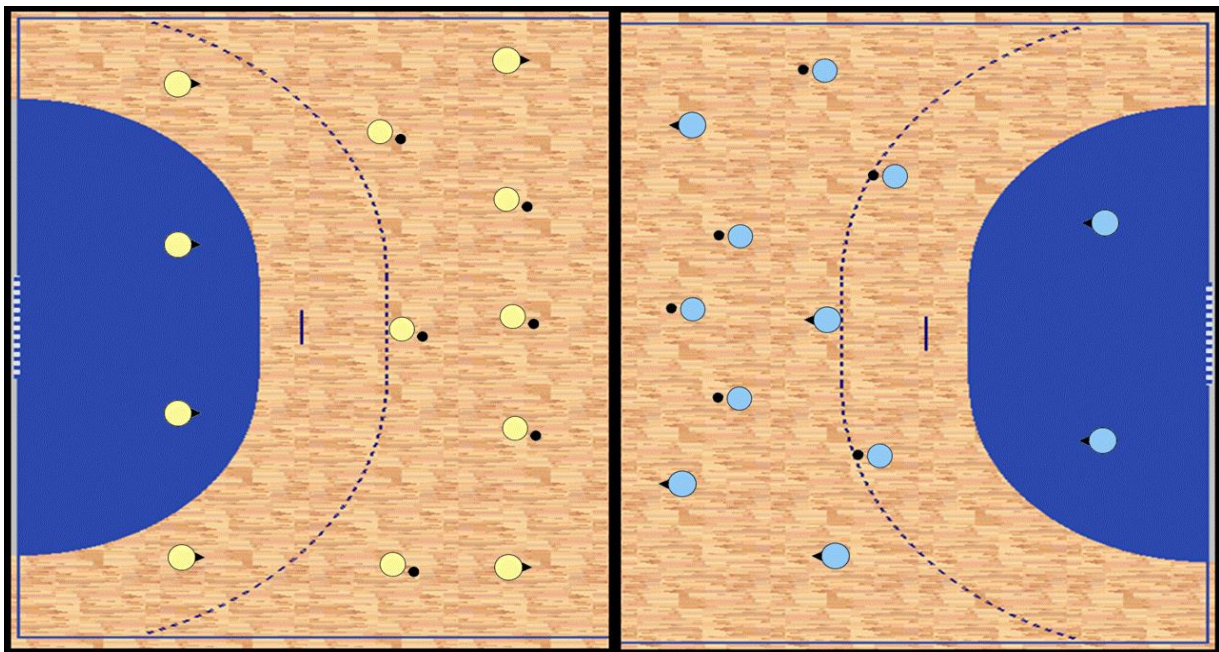
Simbología del balonmano.

La simbología es el lenguaje gráfico utilizado en la confección de explicaciones visuales, de fácil comprensión independiente del idioma, en ello utilizamos imágenes y expresiones representativas del deporte y se pueden expresar ideas y conceptos complejos de una manera simple. Esto facilita dar a conocer el mensaje y las condiciones en las que se desarrollaran las acciones en el campo de juego.

Símbolo	Significado
	Desplazamiento en ataque
	Finta simple en ataque
	Bote en ataque
	Jugador atacante
	Jugador orientado
	Jugador defensor
	Jugador con balón
	Cono
	Línea demarcatoria
	Lanzamiento

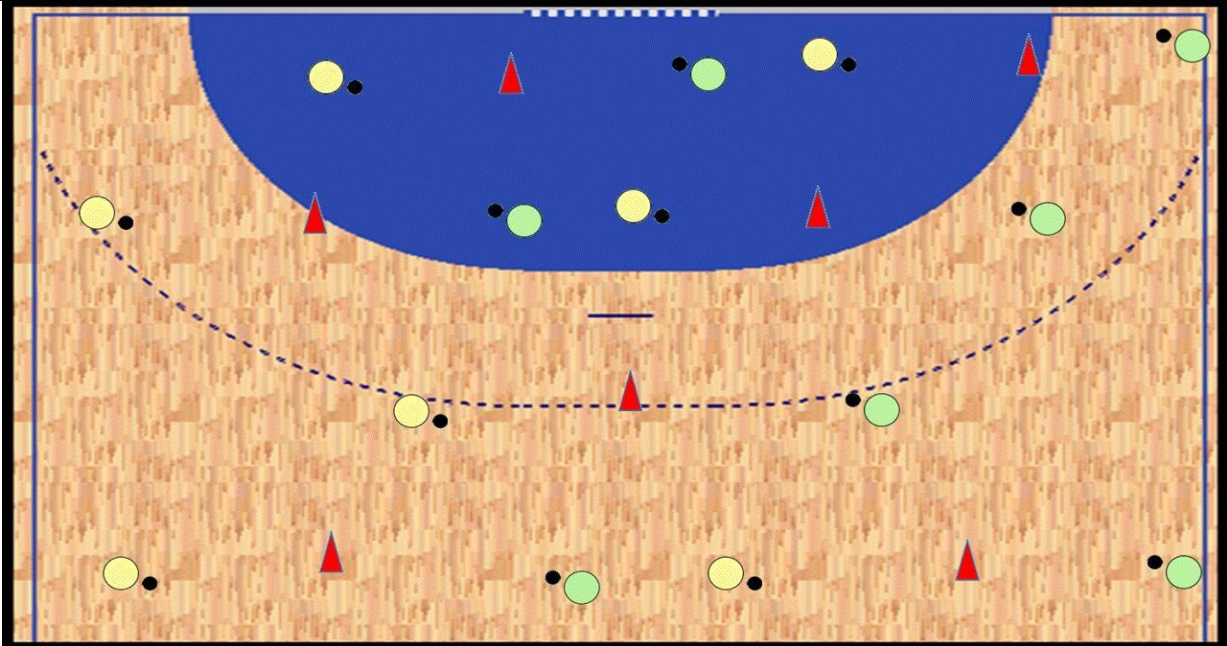
Juegos asociados a niños de 6 y 7 años de edad.

Nombre	Pases en parejas
Materiales	1 pelotita de tenis o similar por pareja
Descripción	
<p>En parejas frente a frente con una pelotita los estudiantes se ubicarán en posición bípeda, el juego consiste en que los participantes deberán lanzarse la pelotita con su compañero del frente, de manera libre a diferente altura y dirección utilizando ambas extremidades para arrojar la pelotita en el rango de espacio cubierto por el compañero. Cada 3 pases buenos se contará un punto, ganará la pareja que logre completar 5 puntos.</p>	
Representación gráfica	
	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Los estudiantes se podrán desplazar libremente por el espacio sin perder el control de la pelotita y mantener la distancia adecuada para alcanzar a cubrir el espacio entre el compañero con el lanzamiento. 2. El lanzamiento se realizará con la extremidad menos hábil. 3. El lanzamiento deberá realizarse con algunas exigencias técnicas como por ejemplo, que el lanzamiento debe ser sobre el hombro, cubrir una distancia mínima etc. 	

Nombre	El bombardero
Materiales	1 Pelotita o balón para cada estudiante
Descripción	
<p>Se dividirá el grupo en 2 grupos equitativos cada uno con 1 balón o pelotita, cada grupo ocupará la mitad de la cancha. A la señal del profesor, lanzaran la pelotita hacia el sector de la cancha del equipo opuesto, tratando de acumular el mayor número de pelotitas en el sector del rival. Así también, podrá devolver al terreno rival las pelotitas que estén en su sector de la cancha, se permitirá el lanzamiento de 1 pelotita a la vez.</p> <p>No se permitirá golpear a los rivales cruzar la línea media de la cancha, ganara el equipo que al finalizar el tiempo asignado por el profesor, tenga menos pelotitas en su sector de la cancha.</p>	
Representación gráfica	
	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se puede dividir el campo de juego en 4 sectores y organizar el grupo en 4 distintos equipos para que compitan entre ellos. 2 El lanzamiento se realizará con la extremidad menos hábil. 	

Nombre	Derriba el cono
Materiales	12 Pelotitas o balones, 10 conos
Descripción	
<p>Los estudiantes se dividirán en 2 grupos equitativos y se les asignara ½ cancha, a cada grupo se les entregara 6 balones.</p> <p>Al sonido del silbato cada equipo deberá lanzar sus balones hacia los conos del campo contrario que estarán ubicados en la línea final de la cancha sin sobre pasar la línea de mitad de cancha, el juego se ejecuta por el espacio de 3 minutos y se contabilizaran los conos derribados del equipo contrario.</p>	
Representación gráfica	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se pueden contabilizar como puntos solo los lanzamientos ejecutados sobre el hombro. 2. 2 ó 3 jugadores podrán realizar acciones de portero evitando el contacto de los balones con los conos. 	

Nombre	El espejo
Materiales	Balones
Descripción	
<p>Se formarán parejas frente a frente, separados a un mínimo de 3 metros con 1 balón por pareja. Uno de los estudiantes hará la función de líder y ejecutara un lanzamiento hacia su compañero (el seguidor), este deberá imitar los movimientos realizados por líder y devolver el balón al seguidor, si el seguidor replica el movimiento continua el juego, en caso de no poder realizarlo el líder contabiliza un punto (en este caso se invierten los roles líder – seguidor), el jugador que logré 5 puntos gana el juego.</p>	
Representación gráfica	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se puede ejecutar el juego incorporando desplazamientos entre los integrantes de la pareja, un tercer jugador en la función de defensa o limitando el uso de las extremidades superiores. 2. Además se podrán incluir portería para ejecutar lanzamientos. 	

Nombre	Golpea el cono
Materiales	2 Balones, 1 cono por pareja
Descripción	
Trabajo en parejas, ubicados frente a frente separados por 8 metros aprox., colocaran 1 cono entre ambos, cada uno tendrá 1 balón con el cual deberán golpear el cono que esta ubicado al centro, la idea es llevar el cono hasta la posición del compañero mediante golpes con el balón al cono. Al conseguir el objetivo, puedes cambiar de parejas.	
Representación gráfica	
	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se puede modificar el juego exigiendo que el lanzamiento sea solo con la extremidad superior menos hábil. 2. Que el lanzamiento sea con un armado clásico, con rosca etc. 	

Nombre	El quemado
Materiales	2 juegos de petos de colores, 1 Balón.

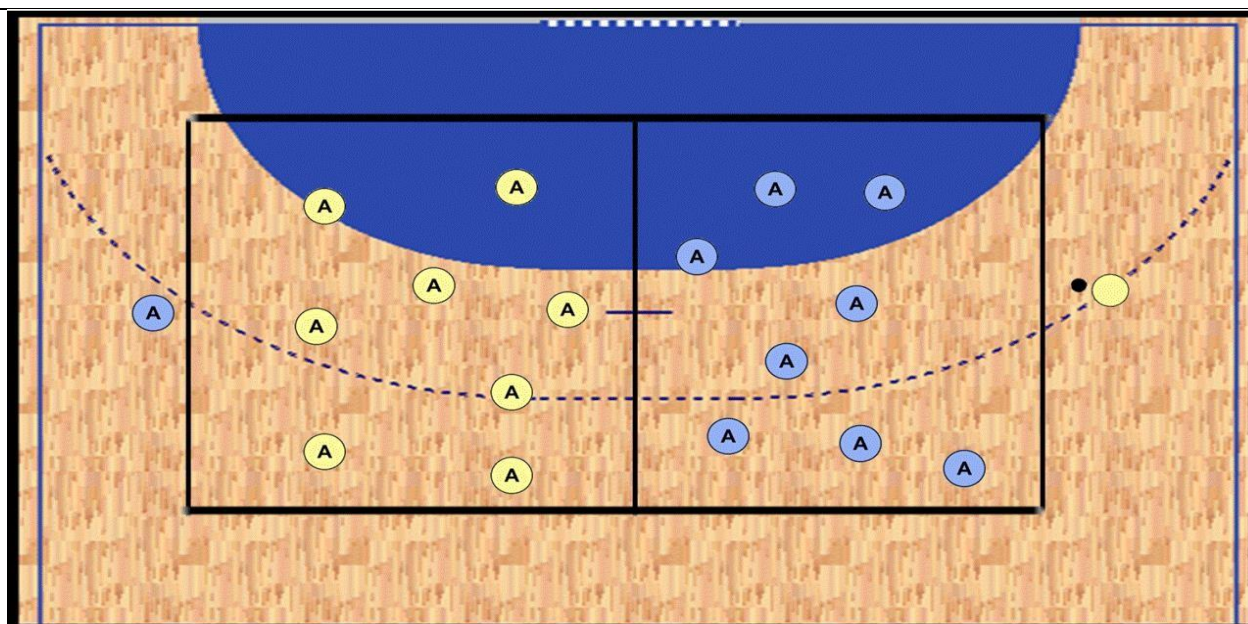
Descripción

El quemado consiste en formar dos equipos equitativos, en donde cada equipo debe ubicarse en un lado del campo de juego. De los participantes uno por cada equipo, se ubicará en el lado contrario a su equipo, por fuera del campo de juego, con el fin de que este jugador pueda quemar a los participantes del equipo contrincante.

Los jugadores que se encuentran dentro del espacio permitido, se “quemen” entre ellos, en donde para poder “quemar” (golpear con el balón) un participante, deben lanzar el balón con fuerza y precisión para golpear al jugador del equipo contrario.

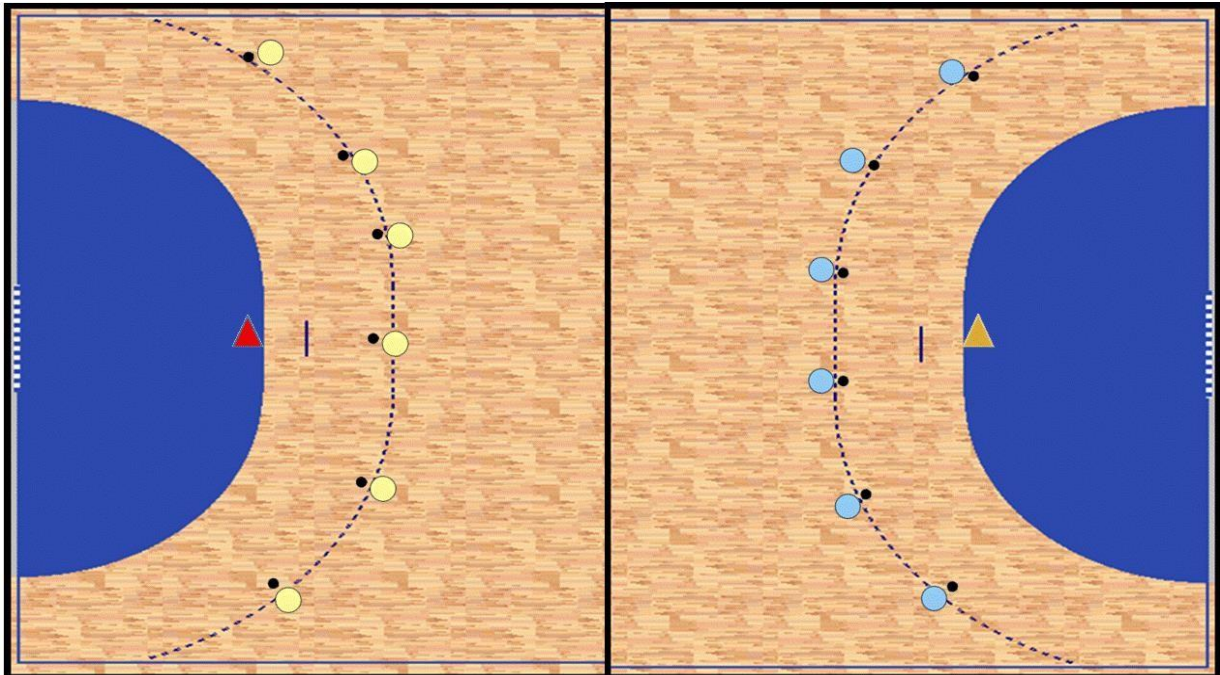
Los jugadores pueden correr libremente por el espacio permitido, en donde deben esquivar el balón para que no los golpee. Si a un jugador le tiran el balón y lo toma, este no será “quemado”, pero si le lanzan el balón y lo toma y se le cae o lo golpean con este será quemado.

Representación gráfica



Variante

1. El juego será mas dinámico y atractivo si incorporamos 1 segundo balón al juego.
2. Para entrenar la dirección del lanzamiento podemos condicionar la zona corporal a la cual se debe lanzar para quemar al rival.
3. Utilizar la extremidad menos hábil para ejecutar el lanzamiento.
4. Incluir un segundo balón para incrementar el número de lanzamientos

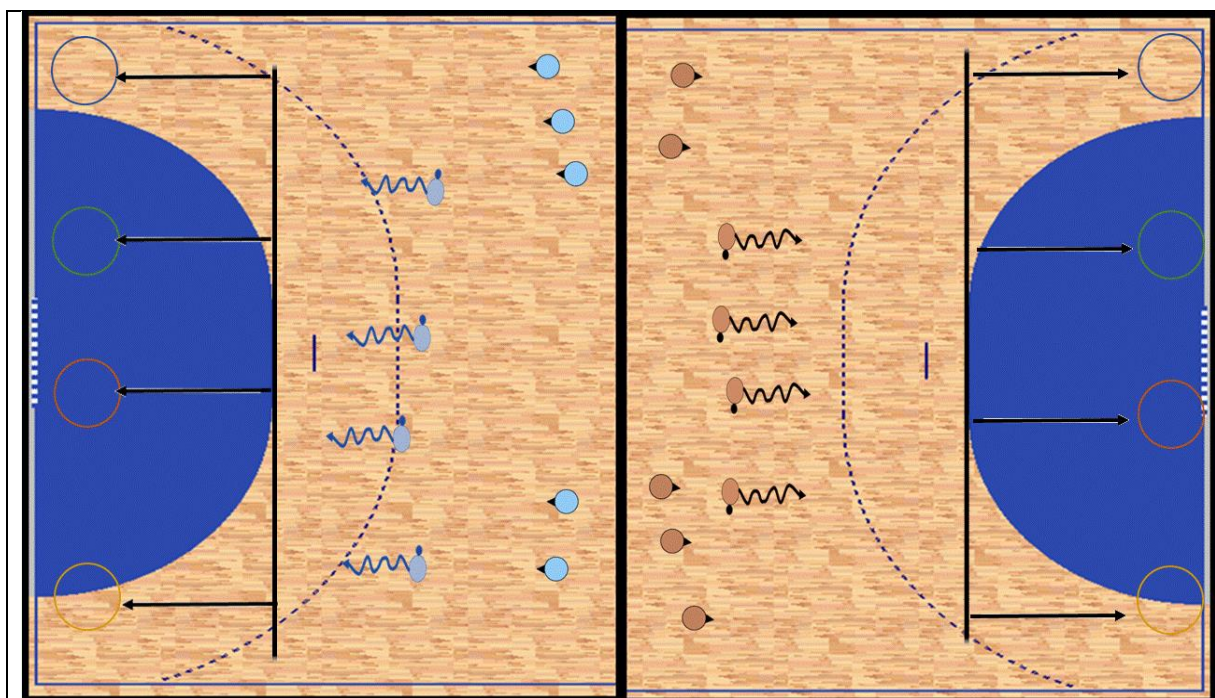
Nombre	Balón – balón Gol
Materiales	6 balones, 1 cono, 1 arco por equipo
Descripción	
<p>Se formarán 2 equipo de 6 jugadores, cada equipo ocupara 1 zona de ataque, los jugadores estarán de pie sobre la proyección del golpe franco, cada uno tendrá 1 balón mientras que se deposita 1 balón a 3 metros de la línea de gol. Cada jugador golpeará con su balón al balón que está cerca del arco, el objetivo es que entre todos los integrantes del equipo y mediante los golpes con el balón introduzcan el balón libre al arco. Ganará el juego el equipo que introduce el balón libre al arco en el menor tiempo posible.</p>	
Representación gráfica	
	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se pueden utilizar balones de diferente densidad y peso para el balón libre, 2. Lanzar con la extremidad menos hábil. 3. Dividir la cancha en 4 zonas y formar 4 equipos para favorecer la participación de mayor número de jugadores. 	

Juegos asociados a niños de 8 y 9 años de edad.

Nombre	El castillo
Materiales	1 cono 3 balones por grupo.
Descripción	
<p>Se forman grupos de 8 estudiantes. Cada grupo dispondrá de 1 cono y tres balones.</p> <p>En un círculo de 1 metro de diámetro se ubicará el cono, en este espacio no podrá circular ningún jugador, se fijará un segundo círculo de 5 metros de separación del cono, en este espacio se ubicarán 3 jugadores que realizarán las funciones de arquero, estos tratarán de evitar que los balones toquen el cono. Los 5 integrantes del grupo lanzarán balones al cono tratando de derribarlo.</p>	
Representación gráfica	
<p>El diagrama ilustra el juego 'El castillo' en un espacio rectangular con un fondo de madera. En la parte superior hay una zona azul semicircular. Dos equipos están distribuidos simétricamente. Cada equipo tiene un cono rojo en el centro de un círculo negro de 1 metro de diámetro. Alrededor de este círculo central hay tres triángulos azules que representan a los arqueros. Un círculo más grande de 5 metros de diámetro define el espacio de juego. Se muestran balones amarillos y líneas de lanzamiento que indican el movimiento de los balones desde los jugadores hacia el cono central de cada equipo.</p>	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para incrementar las opciones de los atacantes, estos se podrán dar pases y desplazar alrededor del círculo en búsqueda del mejor ángulo de lanzamiento, los desplazamientos solo se pueden realizar con pases. 2. Reducir el número de balones y aumentar la intensidad del juego por medio de los pases y lanzamientos. 	

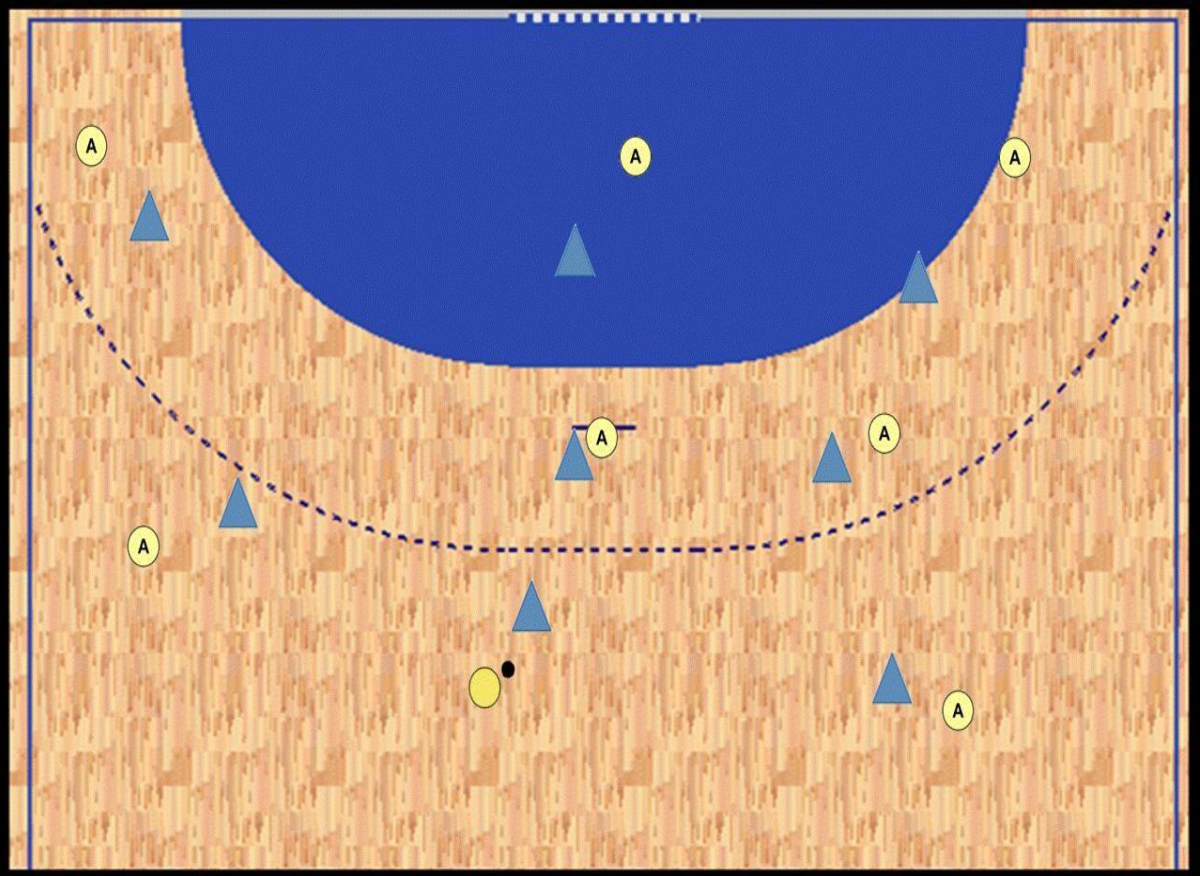
Nombre	Tiro al blanco
Materiales	4 aros de diferentes colores, 12 balones.
Descripción	
<p>Se dividirá el grupo en 4 grupos equitativos, en una pared se colgarán 4 aros (ula – ula), frente a cada se formará un grupo en hilera, a una distancia de 4 metros al aro. Los 3 primeros tendrán un balón, en orden lanzaran el balón hacia el aro (si pasa el balón por el aro sumara 1 punto), recogerá el balón y lo entregara al jugador de la hilera y luego se ubicará al final. Así sucesivamente, ganará el equipo que logra 25 puntos.</p>	
Representación gráfica	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para mejorar la potencia del lanzamiento aumentaremos la distancia entre la zona de lanzamiento y el aro, o aumentaremos el peso del balón 2. Para trabajar la dirección del lanzamiento podemos reducir del diámetro del aro. 	

Nombre	Lanza y suma		
Materiales	4 aros de diferentes colores, 4 balones.		
Descripción			
Se dividirá el grupo en 4 equipos equitativos, se colgarán 4 aros de diferentes colores en la pared a distinta altura y se demarcaran líneas de lanzamiento frente a los aros a diferentes distancias y se le asignará diferentes puntajes por ejemplo;			
Color aro	Altura metros	Distancia lanzamiento metros	Puntaje
Naranja	1,5	3	1
Amarillo	2	4	2
Azul	2,5	5	3
Verde	3	6	4
El equipo de ubicará en la línea de la mitad de cancha, los jugadores con balón correrán boteando el balón hasta la línea demarcatoria de 5 metros para ejecutar 1 lanzamiento frente al aro de su elección, luego pasaran el balón a un compañero Cada equipo deberá sumar una determinada cantidad de puntos los que se conseguirán sumando los lanzamientos de cada integrante del equipo.			
Representación gráfica			



Variante

1. Para incrementar la dificultad de la ejecución se puede exigir que la aproximación del jugador al aro se debe ejecutar con bote de balón con la extremidad menos hábil.

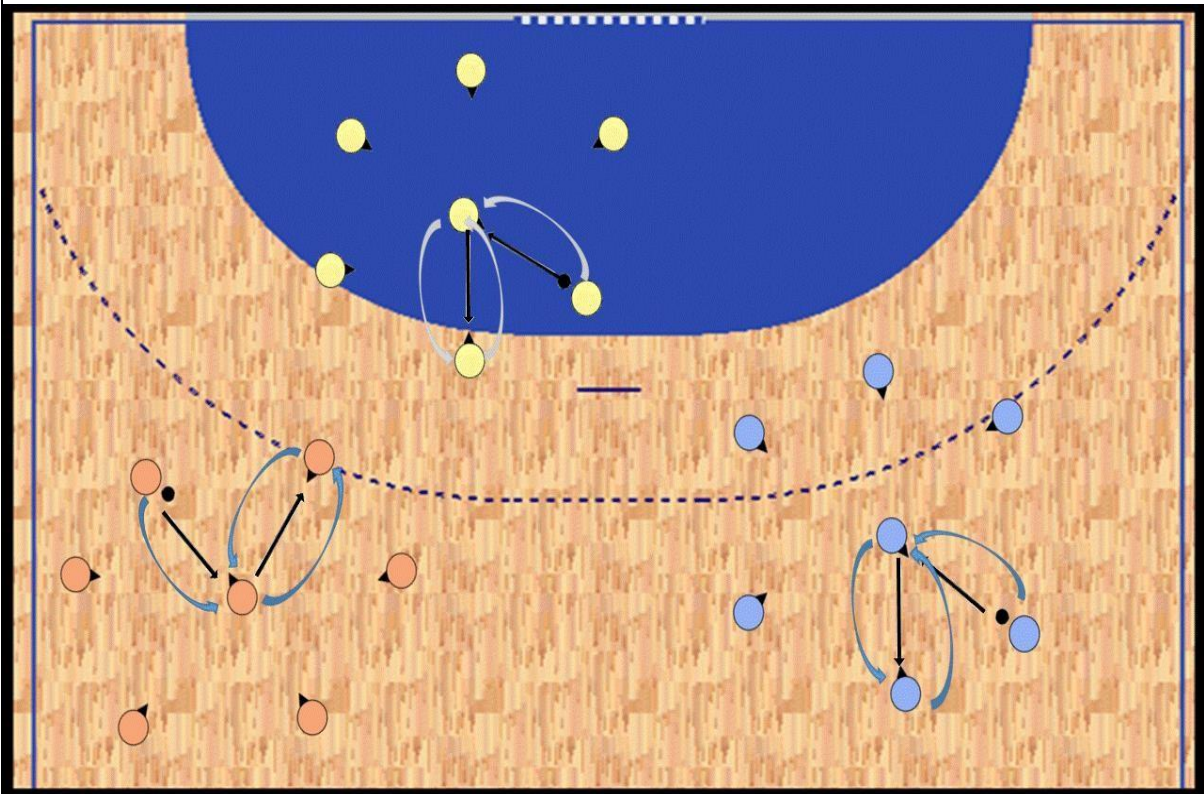
Nombre	Los 10 pases
Materiales	3 juegos de petos, 1 balón
Descripción	
<p>Se divide al grupo en 3 equipos equitativos diferenciados por colores de petos, el juego consiste en que un equipo consiga pasarse 10 veces consecutivas el balón, sin que un integrante de otro equipo lo intercepte y, no se puede devolver el pase a la persona que nos ha entregado el pase. El desplazamiento de cada jugador es libre en el espacio asignado al juego.</p>	
Representación gráfica	
	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para trabajar la lateralidad podemos exigir ejecuta el pase con la extremidad menos hábil. 2. Para trabajar la toma de decisiones se podrá intencionar el pase siguiendo el orden de una numeración previamente establecida. 	

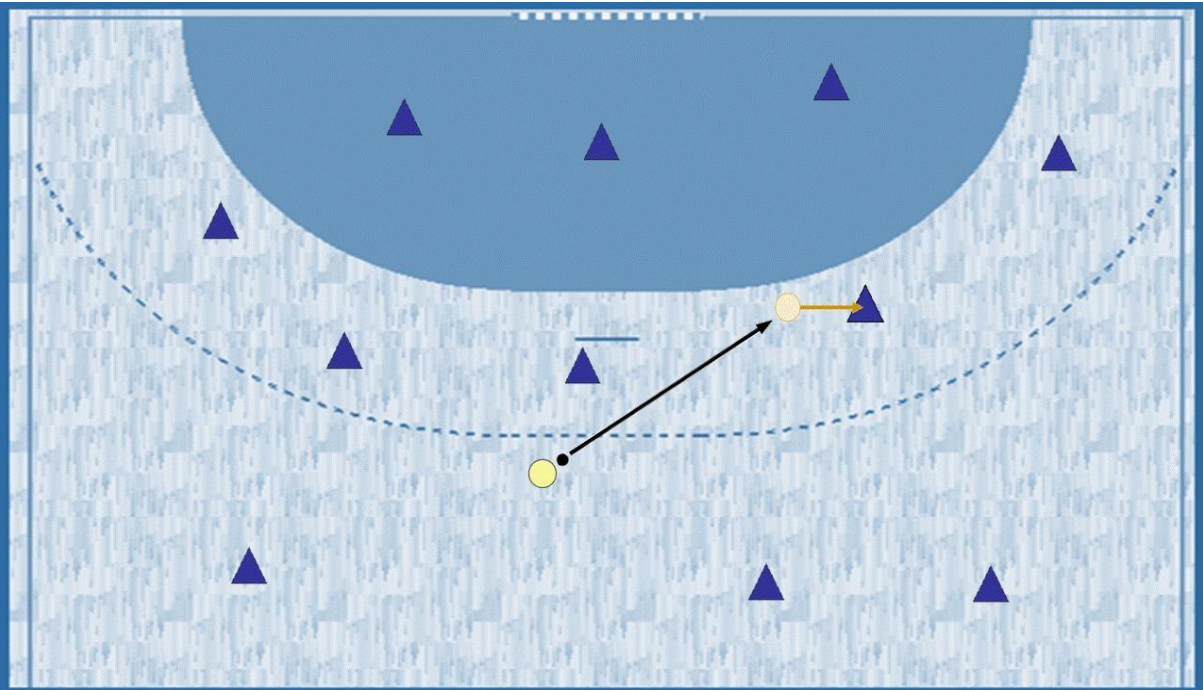
Nombre	Lanzar y atrapar
Materiales	1 pared, 1 balón por equipo
Descripción	
<p>Se divide el grupo en equipos de 4, cada equipo tendrá un balón y se ubicara frente a la pared en hilera, el primero de la hilera lanzará el balón contra la pared, el segundo de la deberá atrapar el balón antes que caiga al piso, el equipo de logre dar 10 pases contra la pared sin que el balón toque el piso ganará el juego.</p>	
Representación gráfica	
<p>El diagrama ilustra el juego con cuatro jugadores en una línea frente a una pared. El primer jugador lanza el balón contra la pared, y los siguientes jugadores lo atrapan y lanzan de nuevo contra la pared. Se muestran flechas que indican el movimiento del balón y los jugadores.</p>	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se puede aumentar la dificultad del juego lanzando el balón contra el piso para que en un segundo rebote impacte contra la pared para luego ser atrapado por el segundo jugador. 2. Los lanzamientos podrán ser ejecutados de manera libre, esto llevara a que el jugador que atrapa el balón este atento a los cambios de ritmo, dirección y potencia que el balón trae. 3. Al lanzador le permitirá practicar distintos tipos de lanzamiento. 	

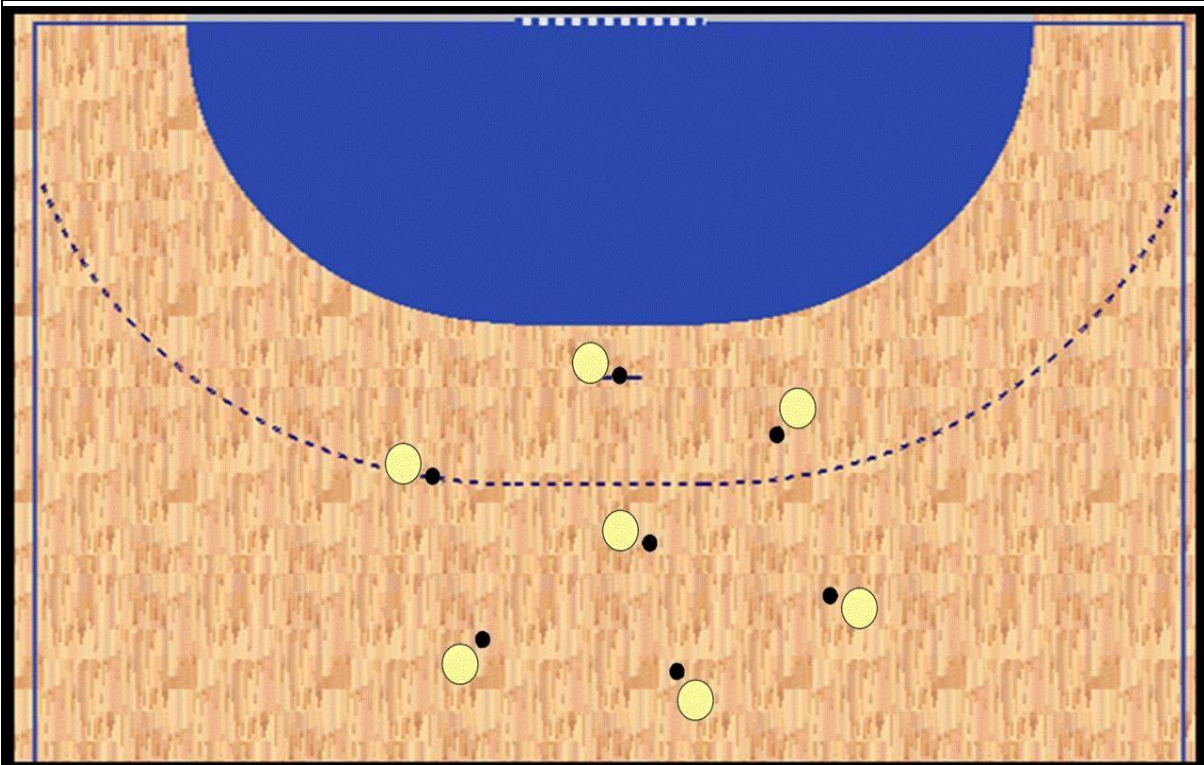
Nombre	Derriba conos
Materiales	20 conos, 1 balón
Descripción	
<p>Se dividirá a los participantes en dos grupos equitativos, distribuidos en el espacio de juego entre ambas líneas de golpe franco, cada equipo contará con 1 balón. Por sobre la línea de meta se pondrán 10 conos y cada equipo deberá intentar derribar los conos del equipo contrario. Mientras que los que se encuentren en su mismo lado de la cancha deberán evitar que el equipo contrincante derribe sus conos lanzando los balones al otro lado de la cancha, el balón puede pasar de un jugador a otro por medio de pases, los jugadores no podrán avanzar en el terreno de juego con el balón controlado y el rival podrá interceptar el balón. El equipo con más conos derribados gana.</p>	
Representación gráfica	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El juego puede ser más dinámico al incorporando balones progresivamente. 2. Al incorporar un portero el atacante deberá realizar una selección de tiro. 	

Juegos para niños de 10 y 11 años de edad.

Nombre	Lanzamiento al blanco con salto
Materiales	6 aros, 3 balones
Descripción	
<p>Se formarán 2 equipos equitativamente, los jugadores se deben ubicar en una hilera a 7 metros de la pared. En la pared estarán marcadas 2 grupos de aros con los números tres, seis y nueve, los cuales otorgarán el puntaje de cada lanzamiento. A la señal del profesor, uno a uno los jugadores de un equipo se disponen a lanzar los balones hacia los números que están marcados en la pared cada jugador tendrá la oportunidad de realizar tres lanzamientos con salto detrás de la línea demarcatoria, de manera alternada, mientras que el otro equipo se encarga de contabilizar los puntos del rival.</p> <p>Los lanzamientos sin un despegue previo no serán contabilizados, las mayores puntuaciones se logran con los números ubicados en los ángulos superiores de la pared. El equipo que logra una mayor puntuación es el ganador.</p>	
Representación gráfica	
<p>El diagrama muestra dos escenarios de lanzamiento. En el lado izquierdo, un jugador se prepara para lanzar un balón hacia un aro con el número '3'. Se muestran tres trayectorias de lanzamiento: una azul hacia el aro '3', una marrón hacia el aro '6' y una amarilla hacia el aro '9'. Debajo del jugador, se ilustra el salto con una línea de onda y un balón que se eleva. En el lado derecho, se muestra un lanzamiento similar, pero con un balón que se eleva más alto, indicando un salto más potente.</p>	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para trabajar lateralidad, el lanzamiento se puede ejecutar con la extremidad superior menos hábil. 2. Para trabajar la adaptación el ejecutando deberá seguir la instrucción dada por el profesor en la fase previa al despegue. 	

Nombre	La red
Materiales	1 Balón por cada 7 jugadores
Descripción	
<p>Se formarán equipos de 7 jugadores, 6 de ellos formaran un círculo (1-2-3-4-5 y 6) y 1 estará al centro. Uno de los compañeros del círculo tendrá el balón en sus manos y lo lanzará sobre el hombro al jugador del centro para luego reemplazar su posición, el jugador del centro lanzara el balón al jugador del círculo que esta hacia la derecha del primer lanzador y reemplazara su posición, así sucesivamente.</p>	
Representación gráfica	
 <p>El diagrama ilustra la actividad 'La red' en un espacio con una red azul. Se muestran dos equipos de jugadores: uno con jugadores rojos y otro con jugadores azules. Los jugadores están distribuidos en un círculo y uno está en el centro. Se indican trayectorias de pase y desplazamiento de los jugadores.</p>	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se puede incrementar la dificultad del juego, ejecutando el pase con la extremidad superior menos hábil, 2. Al incorporar un segundo balón el juego será más dinámico. 3. Para trabajar la capacidad de ajuste y adaptación, el profesor podrá cambiar el sentido del desplazamiento mediante instrucciones (derecha – izquierda) o la señal del silbato 	

Nombre	Los cazadores
Materiales	1 Balón.
Descripción	
<p>Este juego se trata de “cazar” tocando con el balón en un espacio determinado del cuerpo de un compañero, al ser tocado por el balón, este pasara a ser cazador, el juego comienza cuando los 2 cazadores, elegidos por el profesor, lanzan el balón tratando de tocar con el balón suavemente a sus compañeros. Los cazadores no se pueden desplazar con el balón en las manos, pueden entregar pases a otro cazador y correr hacia diferentes lugares en búsqueda de una mejor condición para cazar a un compañero. Si eres tocado por el balón, estarás cazado serás parte de los cazadores. El juego termina una vez que todos son cazadores.</p>	
Representación gráfica	
	
Variantes	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para aumentar la dificultad del lanzamiento se deberá cumplir con acciones como la distancia, tipo de lanzamiento etc. 2. Para trabajar la lateralidad se podrá lanzar con una extremidad y cazar al compañero con la otra extremidad opuesta. 	

Nombre	Balón al aire
Materiales	7 Balones por grupo
Descripción	
Se formarán equipos de 7 jugadores, 6 de ellos formaran un círculo con diámetro de mínimo de 6 metros y 1 estará al centro. El jugador del centro lanzara el balón al aire lo más alto posible, los compañeros del círculo deberán interceptar el balón lanzado al aire con el que tiene en sus manos.	
Representación gráfica	
 El diagrama muestra un área de juego con un fondo de parquet de madera. En la parte superior, una zona azul representa un área restringida o una zona de lanzamiento. Una línea azul discontinua forma un arco que define el perímetro de un círculo de jugadores. Dentro de este círculo, se sitúan seis jugadores, cada uno con un balón amarillo en sus manos. Un jugador adicional, también con un balón amarillo, se encuentra en el centro del círculo. Este jugador central es el responsable de lanzar el balón al aire, y los otros seis jugadores deben intentar interceptarlo con sus propios balones.	
Variante	
1. Se puede aumentar la dificultad al disminuir el tamaño del balón lanzado al aire.	

Nombre	Ataque al balón
Materiales	1 Balón medicinal, 12 balones
Descripción	
<p>El grupo se divide en 4 equipos equitativos, se coloca un cono en el círculo central de la cancha, a cada equipo se entregan 3 balones, y se ubican detrás de la línea demarcatoria ubicada a 5 metros del balón medicinal, el juego consiste en golpear el balón del centro con los balones de balonmano y desplazarlo hacia el frente del equipo rival.</p> <p>Los jugadores no podrán sobre pasar la línea demarcatoria y se podrá utilizar cualquier balón disponible en mi zona de juego.</p>	
Representación gráfica	
Variante	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se puede aumentar la dificultad ejecutando los lanzamientos con la extremidad superior menos hábil. 2. Utilizar balones de menor peso para incrementar el número de lanzamientos. 3. Aumentar el peso de los balones para mejorar la potencia del lanzamiento. 	

Referencias.

- Sánchez Bañuelos, F (2003). *Didáctica de la educación física*. Editorial Alhambra. España ISBN 978-84-205-3456-5
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento Total*. Editorial Paidotribo, Barcelona España ISBN 84-8019-805-2.
- Hahn, E. (1988). *Entrenamiento con niños*, Biblioteca de Catalunya, Barcelona España ISBN 8427012047
- Navarro, F. (1994). *Principios del entrenamiento y estructuras de la planificación deportiva*. Madrid: C.O.E. /U.A.M.
- Lasierra G. (1993). *Análisis de la interacción motriz en los deportes de equipo. Aplicación del análisis de los universales ludomotores al balonmano*. Revista Apunts: Educación Física y Deportes. Instituto Nacional de Educación Física de Catalunya N°32.
- Aeder, C. H. R., Hernandez, J. A. F. E., & Errauti, A. L. F. (2015). Effects of Six Weeks of Medicine Ball Training on Throwing Velocity, Throwing Precision, *Journal Of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1904–1914.
- Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I. J., & Cuadrado-Reyes, J. (2012a). Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 12(48), 729–744.
- Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I. J., & Cuadrado-Reyes, J. (2012b). Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Revista Internacional de Edicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 12(48), 729–744.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. Maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 410–418. <https://doi.org/10.1055/s-2003-41171>
- Ahtiainen, Juha P, Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Hakkinen, K. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquee*, 29(5), 527–543. <https://doi.org/10.1139/h04-034>
- Amarante do Nascimento, M., Borges Januário, R. S., Gerage, A. M., Mayhew, J. L., Cheche Pina, F. L., & Cyrino, E. S. (2013a). Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1636–1642. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/06000/Familiarization_and_Reliability_of_One_Repetition.24.aspx
- Amarante do Nascimento, M., Borges Januário, R. S., Gerage, A. M., Mayhew, J. L., Cheche Pina, F. L., & Cyrino, E. S. (2013b). Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1636–1642.

- Andrade, M. D. S., Fachina, R., Cruz, W., Benito-Silva, A., da Silva, A. C., & De Lira, C. A. B. (2011). Strength field tests performance are correlated with isokinetic strength of shoulder rotator muscles in female handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 381–390.
- Andrade, M. S., De Carvalho Koffes, F., Benedito-Silva, A. A., Da Silva, A. C., & De Lira, C. A. B. (2016). Effect of fatigue caused by a simulated handball game on ball throwing velocity, shoulder muscle strength and balance ratio: A prospective study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13102-016-0038-9>
- Baker, D. G., & Newton, R. U. (2007). Change in power output across a high-repetition set of bench throws and jump squats in highly trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1007–1011. <https://doi.org/10.1519/R-22376.1>
- Balsalobre-Fernandez, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Bautista, I.J.; Chiroso, I.J.; Chiroso, L.J.; Martin, I.; Rivilla, J. (2016). Original Rpe and Velocity How Intensity Markers of. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 15.
- Bayios, I. A., Anastasopoulou, E. M., Sioudris, D. S., & Boudolos, K. D. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 229–235.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 74(1), 359–368.
- Bird, S. P., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, 35(10), 841–851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
- Burd, N. A., Andrews, R. J., West, D. W. D., Little, J. P., Cochran, A. J. R., Hector, A. J., ... Phillips, S. M. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *The Journal of Physiology*, 590(2), 351–362. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.221200>
- Calero Morales, S., & González Catalá, S. A. (2014). *Teoría y metodología de la Educación Física*. <https://doi.org/http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9227>
- Chelly, M., Ghenem, M., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z., & Shephard, R. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2670–2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e2728f>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., & Shephard, R. J. (2014). Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1401–1410. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000279>

- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010a). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(6), 1480–1487. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010b). Relationships between Power and Strength of the Upper and Lower Limb Muscles and Throwing Velocity in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(6), 1480–1487. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Cherif, M., Chtourou, H., Souissi, N., Aouidet, A., & Chamari, K. (2016). Maximal power training induced different improvement in throwing velocity and muscle strength according to playing positions in elite male handball players. *Biology of Sport*, *33*(4), 393–398. <https://doi.org/10.5604/20831862.1224096>
- Clark, R. A., Bryant, A. L., & Humphries, B. (2008). A comparison of force curve profiles between the bench press and ballistic bench throws. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(6), 1755–1759. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874735>
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., ... Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences second edition*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med. Sci. Sports Exerc*, *42*(8), 1582–1598. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*(8), 1582–1598. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, *41*(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, *41*(2), 125–146. <https://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>
- Cronin, J. B., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2002). Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, *42*(3), 267–273.
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*, *29*(7), 705–713. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.552112>
- Eriksrud, O., Sæland, F. O., Federolf, P. A., & Cabri, J. (2019). Functional mobility and dynamic postural control predict overhead handball throwing performance in elite female

- team handball players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 91–100.
- Ettema, G., Glosen, T., & Van Den Tillaar, R. (2008). Effect of specific resistance training on overarm throwing performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(2), 164–175. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.2.164>
- Fieseler, G., Hermassi, S., Hoffmeyer, B., Schulze, S., Irlenbusch, L., Bartels, T., ... Schwesig, R. (2017). Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: A tool for talent profiling. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(7–8), 985–992. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06938-9>
- Fleck, S. J., Smith, S. L., Craib, M. W., Denahan, T., Snow, R. E., & Mitchell, M. L. (1992). Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(2), 120–124. <https://doi.org/10.1519/00124278-199205000-00010>
- Folland, J. P., Irish, C. S., Roberts, J. C., Tarr, J. E., & Jones, D. A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(5), 370–373. <https://doi.org/10.1136/bjsm.36.5.370>
- Freeston, J., Ferdinands, R., & Rooney, K. (2007a). Throwing velocity and accuracy in elite and sub-elite cricket players: A descriptive study. *European Journal of Sport Science*, 7(4), 231–237. <https://doi.org/10.1080/17461390701733793>
- Freeston, J., Ferdinands, R., & Rooney, K. (2007b). Throwing velocity and accuracy in elite and sub-elite cricket players: A descriptive study. *European Journal of Sport Science*, 7(4), 231–237. <https://doi.org/10.1080/17461390701733793>
- Fulton, S. K., Pyne, D., Hopkins, W., & Burkett, B. (2009). Variability and progression in competitive performance of Paralympic swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 27(5), 535–539. <https://doi.org/10.1080/02640410802641418>
- Gabbett, T., Kelly, J., Ralph, S., & Driscoll, D. (2009). Physiological and anthropometric characteristics of junior elite and sub-elite rugby league players, with special reference to starters and non-starters. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.06.008>
- García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baños-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Boullosa, D., ... Jiménez-Reyes, P. (2017). Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002301>
- García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baños-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Boullosa, D., ... Jiménez-Reyes, P. (2020). Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(3), 663–670. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002301>
- García-Ramos, A., Padial, P., Haff, G., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., & Ferliche, B. (2015a). Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the ballistic bench press exercise. *Journal of Strength & Conditioning*

- Research*, 29(9), 2388–2396. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000891>
- García-Ramos, A., Padial, P., Haff, G., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., & Feriche, B. (2015b). Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the ballistic bench press exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(9), 2388–2396. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000891>
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2018a). Differences in the load-velocity profile between 4 bench press variants. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 326–331. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0158>
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2018b). Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1273–1279. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001998>
- Girman, J. C., Jones, M. T., Matthews, T. D., & Wood, R. J. (2014). Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. *European Journal of Sport Science*, 14(2), 151–159. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.775351>
- Godwin, M. S., Fernandes, J. F. T., & Twist, C. (2018). Effects of variable resistance using chains on bench throw performance in trained rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 950–954. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002421>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014a). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014b). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 18(May 2014), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- González-Hernández, J., García-Ramos, A., Capelo-Ramírez, F., Castaño-Zambudio, A., Marquez, G., Boullosa, D., & Jiménez-Reyes, P. (2017). Mechanical, metabolic, and perceptual acute responses to different set configurations in full squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002117>
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>
- Gorostiaga, Esteban M., Izquierdo, M., Iturralde, P., Ruesta, M., & Ibáñez, J. (1999). Effects of

- heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(5), 485–493. <https://doi.org/10.1007/s004210050622>
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibañez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860–867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>
- Gutiérrez-Dávila, M., Ortega-Becerra, M., Parraga, J., Campos, J., & Rojas, F. J. (2011). Variability of the temporary sequence of the kinetichain of the handball trow. *Revista Internacional de Medicina En Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 11(43), 455–471.
- Gutiérrez Dávila, M., Rojas Ruiz, F., Ortega Becerra, M., Párraga Montilla, J., & Campos Granell, J. (2012). Variabilidad funcional como factor de eficiencia en los lanzamientos a portería en balonmano. *E-Balonmano.Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, 8(2), 121–134.
- Häkkinen, K., Komi, P., & Alen, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4), 587–600.
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., & Newton, M. J. (2011). The effect of cluster loading on force, velocity, and power during ballistic jump squat training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(4), 455–468. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.4.455>
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., Pickering, S. L., & Newton, M. J. (2011). Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2118–2126. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220b6a3>
- Harriss, D. J., Macsween, A., & Atkinson, G. (2019). Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 40, pp. 813–817. <https://doi.org/10.1055/a-1015-3123>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2010). The effect of heavy-vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2408–2418. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e58d7c>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2424–2433. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182030edb>
- Hermassi, S., Delank, K. S., Fieseler, G., Bartels, T., Chelly, M. S., Khalif, R., ... Schwesig, R. (2019). Relationships Between Olympic Weightlifting Exercises, Peak Power of the Upper and Lower Limb, Muscle Volume and Throwing Ball Velocity in Elite Male Handball Players. *Sportverletz Sportschaden*, 33(2), 104–112. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1055/a-0625-8705>

- Hermassi, S., Ghaith, A., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint performance in handball players. *PLoS ONE*, *14*(7), e0214827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221189>
- Hermassi, S., Wollny, R., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of In-Season Circuit Training on Physical Abilities in Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(4), 944–957. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002270>
- Hermassi, & van den Tillaar, Khelifa, C. A. C. (2015). Comparison of in-season-specific resistance vs. aregular throwing training program on throwing velocity, anthropometry, and power performance in elite handball players. *Strength And Conditioning*, *18*(1), 59–62.
- Hoff, J., & Almåsbaek, B. (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *9*(4), 255–258. <https://doi.org/10.1519/00124278-199511000-00011>
- Hopkins, W. (2000). Calculations for reliability (Excel spreadsheet).
- Hopkins, Will G. (2009). Sport Performance at the Oslo Conference of the European College of Sport Science. *Sportscience*, *13*, 1–6. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=58495047&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- Hopkins, William G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Hopkins, William G, Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sánchez-Otero, T., Mayo, X., Jiménez, A., & Chapman, M. L. (2012). Acute effects of distribution of rest between repetitions. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(5), 351–358. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299699>
- Iglesias-Soler, E., Fernandez-del-Olmo, M., Mayo, X., Farinas, J., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., ... Tuimil, J. L. (2017). Changes in the Force-Velocity Mechanical Profile After Short Resistance Training Programs Differing in Set Configurations. *Journal of Applied Biomechanics*, *33*(2), 144–152. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0181>
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., Farinas, J., & Fernandez-Del-Olmo, M. (2016a). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of Sports Sciences*, *34*(15), 1473–1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Rio-Rodriguez, D., Carballeira, E., Farinas, J., & Fernandez-Del-Olmo, M. (2016b). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of Sports Sciences*, *34*(15), 1473–1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>

- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibáñez, J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87(3), 264–271. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0628-y>
- James, L. P., Gregory Haff, G., Kelly, V. G., Connick, M. J., Hoffman, B. W., & Beckman, E. M. (2018). The impact of strength level on adaptations to combined weightlifting, plyometric, and ballistic training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(5), 1494–1505. <https://doi.org/10.1111/sms.13045>
- James, Lachlan P, Roberts, L. A., Haff, G. G., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2017). Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1378–1386. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001201>
- Janicijevic, D., González-Hernández, J., Gu, Y., & Garcia-Ramos, A. (2020). Differences in the magnitude and reliability of velocity variables collected during 3 variants of the bench press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 38(7), 759–766.
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Garcia-Ramos, A., Cuadrado-Penafiel, V., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937. <https://doi.org/10.7717/peerj.5937>
- Jukic, I., & Tufano, J. (2019a). Rest redistribution functions as a free and ad-hoc equivalent to commonly used velocity-based training thresholds during clean pulls at different loads. *Journal of Human Kinetics*, 68, 5–16. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0052>
- Jukic, I., & Tufano, J. (2019b). Rest redistribution functions as a free and ad-hoc equivalent to commonly used velocity-based training thresholds during clean pulls at different loads. *Journal of Human Kinetics*, 68, 5–16. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0052>
- Jukic, I., & Tufano, J. J. (2019c). Shorter but more frequent rest periods: no effect on velocity and power compared to traditional sets not performed to failure. *J Hum Kinet*, 66, 257–268. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0070>
- Jukic, I., & Tufano, J. J. (2019d). Shorter but more frequent rest periods: no effect on velocity and power compared to traditional sets not performed to failure. *J Hum Kinet*, 66, 257–268. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0070>
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current Sports Medicine Reports*, Vol. 1, pp. 165–171. <https://doi.org/10.1249/00149619-200206000-00007>
- Kuhn, L., Weberrub, H., & Horstmann, T. (2019). Effects of core stability training on throwing velocity and core strength in female handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9), 1479–1486. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09295-2>
- LACHLAN P. JAMES, LLION A. ROBERTS, G. GREGORY HAFF, V. G. K., AND, & BECKMAN, E. M. (2015). VALIDITY AND RELIABILITY OF A PORTABLE ISOMETRIC MID-THIGH CLEAN PULL. 1378–1386.
- Latella, C., Teo, W.-P., Drinkwater, E. J., Kendall, K., & Haff, G. G. (2019). The acute

- neuromuscular responses to cluster set resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(12), 1861–1877. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01172-z>
- Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., Lindsell, R., & Pyne, D. (2004a). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(4), 361–367.
- Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., Lindsell, R., & Pyne, D. (2004b). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(4), 361–367.
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., & Lindsell, R. P. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 172–176. <https://doi.org/10.1519/R-13893.1>
- Lehman, G., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2013a). Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 902–908. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/04000/Correlation_of_Throwing_Velocity_to_the_Results_of.5.aspx
- Lehman, G., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2013b). Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4).
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., & McGuigan, M. R. (2018). Power output in traditional and ballistic bench press in elite athletes: Influence of training background. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–8. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1496517>
- Machado, C., Cortell-Tormo, J. M., & Tortosa-Martínez, J. (2018). Effects of two different training periodization models on Physical and physiological aspects of elite female team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 280–287.
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, · Per, Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Manchado, C., Tortosa, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013a). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects a review. *Journal Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708–1719.
- Manchado, C., Tortosa, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013b). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708–1719.
- Mangine, G. T., Ratamess, N. A., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., Kang, J., & Chilakos, A. (2008). The effects of combined ballistic and heavy resistance training on maximal lower- and upper-body strength in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 132–139. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f5729>
- Marques & Gonzalez Badillo JJ. (2006). *In Season resistance training and detraining in profesional team handball players*.
- Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007a).

- Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414–422. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.414>
- Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007b). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414–422.
- Marques, M. C., van den Tillaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414–422.
- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., & Fernández-Del-Olmo, M. (2014). Effects of set configuration of resistance exercise on perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*, 119(3), 825–837. <https://doi.org/10.2466/25.29.PMS.119c30z3>
- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., Fustes-Piñeiro, S., & González-Hernández, R. (2014). Neuromuscular performance is affected by set configuration and the type of resistance exercise. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 9(25 SUPPL.). Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84906487043&partnerID=40&md5=1f8620e673d1172cd17c4f925c0945f2>
- Mc Evoy, K., & Newton, R. (1998a). Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 216–221.
- Mc Evoy, K., & Newton, R. (1998b). Baseball Throwing Speed and Base Running Speed: The Effects of Ballistic Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 216–221.
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75–82. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2002\)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2002)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2)
- MOHAMED SOUHAIEL CHELLY, SOUHAIL HERMASSI, R. A., & SHEPHARD, A. R. J. (2014). *EFFECTS OF 8-WEEK IN-SEASON PLYOMETRIC TRAINING ON UPPER AND LOWER LIMB PERFORMANCE OF ELITE ADOLESCENT HANDBALL PLAYERS*. 28(5), 1401–1410.
- Moir, G. L., Graham, B. W., Davis, S. E., Guers, J. J., & Witmer, C. A. (2013). Effect of cluster set configurations on mechanical variables during the deadlift exercise. *J Hum Kinet*, 39, 15–23. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0064>
- Morales-Artacho, A. J., Padial, P., García-Ramos, A., Pérez-Castilla, A., & Feriche, B. (2017). Influence of a cluster set configurations on the adaptations to short-term power training. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Newton, R. U., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Humphries, B. J., & Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.12.1.31>

- Newton, Robert, & McEvoy, K. (1994). Baseball Throwing Velocity: A Comparison of Medicine Ball Training and Weight Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(3), 198–203. <https://doi.org/10.1519/00124278-199408000-00013>
- Newton, RU, Kraemer, W. J., Hakkinen, K., Humphries, B., & Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.12.1.31>
- Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S. C., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2016a). Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 235–243. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001023>
- Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S. C., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2016b). Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 235–243. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001023>
- Oliver, Jonathan M, Jagim, A. R., Sanchez, A. C., Mardock, M. a, Kelly, K. a, Meredith, H. J., ... Kreider, R. B. (2013). Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength {&} Conditioning Association*, 27(11), 3116–3131. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891672>
- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2018). Determinat factors of physical performance and specific throwing in handball players of different ages. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1778–1786.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J., Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916–924.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., ... González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/SMS.12678>
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., & García-Ramos, A. (2019a). Precision of 7 Commercially Available Devices for Predicting the Bench Press 1-Repetition Maximum From the Individual Load-Velocity Relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0801>
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., & García-Ramos, A. (2019b). Precision of 7 commercially available devices for predicting the bench press 1-repetition maximum from the individual load-velocity relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0801>

- Piscitelli, F., Milanese, C., Sandri, M., Cavedon, V., & Zancanaro, C. (2016). Investigating predictors of ball-throwing velocity in team handball: the role of sex, anthropometry, and body composition. *Sport Sciences for Health*, *12*(1), 11–20. <https://doi.org/10.1007/s11332-015-0248-7>
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housch, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J., & Triplett, N. T. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- RENE SCHWESIG, ALEXANDER KOKE, DAVID FISCHER, GEORG FIESELER, P. J., DELANK, K.-S., & HERMASSI, A. S. (2016). *VALIDITY AND RELIABILITY OF THE NEW HANDBALL-SPECIFIC COMPLEX TEST*. 476–486.
- Riemann, B. L., Hipko, N., Johnson, W., Murphy, T., & Davies, G. J. (2019). Effects of medicine ball mass on the intensity of 90°/90° plyometric throwing exercise. *Physical Therapy in Sport*, *40*, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.10.002>
- Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Salvador, E. P., & Cyrino, E. S. (2011). Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(5), 1418–1422. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c4b>
- Rivilla-García, J. (2009). Estudio del lanzamiento en balonmano en función del grado de especificidad e implicación cognitiva. *Tesis Doctoral*.
- Rivilla-Garcia, J., Grande, I., Sampedro, J., & van den Tillaar, R. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *Journal of Sports Science and Medicine*, *10*(3), 534–539.
- Rivilla García, J., Grande Rodriguez, I., Chiroso, L., Gómez Ortiz, M., & Sampedro Molinuevo, J. (2011). Differences and Relationship Between Standard and Specific Throwing Test in Handball According to the Competitive and Professional Level. *Journal of Sport and Health Research*, *3*(2), 143–152.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(2), 333–341. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2014). Self-paced and temporally constrained throwing performance by team-handball experts and novices without foreknowledge of target position. *Journal of Sports Science and Medicine*, *14*(1), 41–46.
- Ruiz Perez., L. & P. R. (2008). El estudio del desarrollo motor: entre la tradición y el futuro. *Fuentes. Revista de La Facultad de Ciencias de La Educacion*, (8), 243–258.
- Ruiz Pérez, L. (1995). Concepciones cognitivas del desarrollo motor humano. *Revista de Psicología General y Aplicada: Revista de La Federación Española de Asociaciones de Psicología*, Vol. 48, pp. 47–57.
- S HERMASSI, & ROLAND VAN DEN TILLAAR, RIADH KHLIFA, MOHAMED

- SOUHAIEL CHELLY, A. K. C. (2004). *COMPARISON OF IN-SEASON-SPECIFIC RESISTANCE VS. AREGULAR THROWING TRAINING PROGRAM ON THROWING VELOCITY, ANTHROPOMETRY, AND POWER PERFORMANCE IN ELITE HANDBALL PLAYERS*. *18*(1), 59–62.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., & Moya, M. (2016a). Effects of 4-Week training intervention with unknown loads on power output performance and throwing velocity in junior team handball players. *PLoS ONE*, *11*(6), e0157648. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157648>
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., & Moya, M. (2016b). Effects of 4-Week training intervention with unknown loads on power output performance and throwing velocity in junior team handball players. *PLoS ONE*, *11*(6), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157648>
- Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(3), 712–718.
- Sáez de Villarreal, E., Requena, B., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2013). Enhancing sprint and strength performance: Combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(2), 146–150. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.007>
- Sakamoto, A., Kuroda, A., Sinclair, P. J., Naito, H., & Sakuma, K. (2018). The effectiveness of bench press training with or without throws on strength and shot put distance of competitive university athletes. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(9), 1821–1830. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3917-9>
- Sale, D G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5 Suppl), S135-45. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009>
- Sale, Digby G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5), S135–S145. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131120-00001>
- Sánchez-Medina, L, Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, *1*(2), E80–E88.
- Sánchez-Medina, Luis, & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- Sánchez Vinuesa, A., Oña Sicilia, A., & Párraga Montilla, J. (2001). Importancia de la velocidad de salida del balón y de la precisión como parámetros de eficacia en el lanzamiento en salto a distancia en balonmano. *Apunts: Educación Física y Deportes*, *(66)*, 44–51.
- Sarvestan, J., Riedel, V., Gonosová, Z., Linduška, P., & Přidalová, M. (2019). Relationship between anthropometric and strength variables and maximal throwing velocity in female junior handball players – A pilot study. *Acta Gymnica*, *49*(3), 132–137. <https://doi.org/10.5507/ag.2019.012>
- Schoenfeld, B., & Grgic, J. (2019). Does training to failure maximize muscle hypertrophy?

- Strength & Conditioning Journal*, 41(5), 108–113.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000473>
- Schwesig, R., Koke, A., Fischer, D., Fieseler, G., Jungermann, P., Delank, K. S., & Hermassi, S. (2016). Validity and Reliability of the New Handball-Specific Complex Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 476–486.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001061>
- Skoufas, D., Kotzamanidis, C., Hatzikotoylas, K., Bebetos, G., & Patikas, D. (2003). The relationship between the anthropometric variables and the throwing performance in handball. *Journal of Human Movement Studies*, 45(5), 469–484.
- Spiering, B., Kraemer, W., Anderson, J., Armstrong, L., Nindl, B., Volek, J., & Maresh, C. (2008). Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Medicine*, 38(7), 527–540.
- Spieszny, M., & Zubik, M. (2018). Modification of Strength Training Programs in Handball Players and its Influence on Power during the Competitive Period. *Journal of Human Kinetics*, 63(1), 149–160. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0015>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785.
<https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016a). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449.
<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016b). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449.
<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Szymanski, D. J. (2012a). Effects of various resistance training methods on overhand throwing power athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 61–74.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826dc3de>
- Szymanski, D. J. (2012b). Effects of Various Resistance Training Methods on Overhand Throwing Power Athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 61–74.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826dc3de>
- Tony, L., Evon, J., & Pastiglione, J. (1998). The effect of an upper body strength program on intercollegiate baseball throwing velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 116–119.
- Torrejón, A., Janicijević, D., Haff, G. G., & García-Ramos, A. (2019a). Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 119(6), 1409–1417.
<https://doi.org/10.1007/s00421-019-04131-8>
- Torrejón, A., Janicijević, D., Haff, G. G., & García-Ramos, A. (2019b). Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on

barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 119(6), 1409–1417.
<https://doi.org/10.1007/s00421-019-04131-8>

- Torrejon, Alejandro, Balsalobre-Fernandez, C., Haff, G. G., & Garcia-Ramos, A. (2018). The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *Sports Biomechanics*, 1–11.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1433872>
- Tufano, J. J., Brown, L. E., Haff, G. G., & Gregory Haff, G. (2017a). Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 848–867. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001581>
- Tufano, J. J., Brown, L. E., Haff, G. G., & Gregory Haff, G. (2017b). Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 848–867. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001581>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Petkovic, A., Frick, J., & Gregory Haff, G. (2017). Effects of cluster sets and rest-redistribution on mechanical responses to back squats in trained men. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 35–43. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=124483016&site=ehost-live&scope=site>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 885–892. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0602>
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Oliver, J. M., Kreutzer, A., & Haff, G. G. (2019). Different cluster sets result in similar metabolic, endocrine, and perceptual responses in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 346–354.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001898>
- van den Tillaar. (2004). Effect of Different Training Programs on the Velocity of Overarm Throwing: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18.
<https://doi.org/10.1519/R-12792.1>
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing By Experienced Team Handball Players. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 731–742.
- Vernillo, G., Temesi, J., Martin, M., & Millet, G. Y. (2018). Mechanisms of fatigue and recovery in upper versus lower limbs in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(2), 334–343. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001445>
- Vila, H., & Ferragut, C. (2019). Throwing speed in team handball: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 724–736.
<https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1649344>
- Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J. A., Alcaraz, P. E., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2146–2155. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823b0a46>

- Vila, H. E. V, Manchado, C. A. M., Odriguez, N. U. R., Ose, J., L caraz, P. edro E. M. A., & Erragut, C. A. F. (2012). *FAMILIARIZATION AND RELIABILITY OF ONE REPETITION MAXIMUM STRENGTH TESTING IN OLDER WOMEN*. (31), 2146–2155.
- Vuleta, D., Sporiš, G., Talović, M., & Jelešković, E. (2010). Reliability and factorial validity of power tests for handball players. *Sport Science*, 3(1), 42–46.
- Wagner, H., Orwat, M., Hinz, M., Pfusterschmied, J., Bacharach, D. W., von Duvillard, S. P., & Muller, E. (2016). Testing game-based performance in team-handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2794–2801.
- Wagner, H., Sperl, B., Bell, J., & von Duvillard, S. P. (2019). Testing specific physical performance in mael team handball players and the realaiontship to general testes in team sports. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 4(33), 1056–1064.
- Walker, S., Davis, L., Avela, J., & Hakkinen, K. (2012). Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 356–362. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.12.009>
- Weakley, J. J. S., Till, K., Darrall-Jones, J., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J., Read, D. B., & Jones, B. L. (2017a). The influence of resistance training experience on the between-day reliability of commonly used strength measures in male youth athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(7), 2005–2010. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2017/07000/The_Influence_of_Resistance_Training_Experience_on.31.aspx
- Weakley, J. J. S., Till, K., Darrall-Jones, J., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J., Read, D. B., & Jones, B. L. (2017b). The influence of resistance training experience on the between-day reliability of commonly used strength measures in male youth athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(7), 2005–2010.
- Weakley, J., Ramirez-Lopez, C., McLaren, S., Dalton-Barron, N., Weaving, D., Jones, B., ... Banyard, H. (2019). The Effects of 10%, 20%, and 30% Velocity Loss Thresholds on Kinetic, Kinematic, and Repetition Characteristics During the Barbell Back Squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–9. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-1008>
- Winchester, J. B., McBride, J. M., Maher, M. A., Mikat, R. P., Allen, B. K., Kline, D. E., & Mcguigan, M. R. (2008). Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1728–1734. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181821abb>
- Winett, R. A., & Carpinelli, R. N. (2001). Potential health-related benefits of resistance training. *Preventive Medicine*, 33(5), 503–513. <https://doi.org/10.1006/pmed.2001.0909>
- Young, W. B., Newton, R. U., Doyle, T. L. A., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G., & Dawson, B. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules Football: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(3), 333–345. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(05\)80044-1](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(05)80044-1)

- Zapartidis, I., Skoufas, D., Vareltzis, I., Christodoulidis, T., Toganidis, T., & Kororos, P. (2009). Factors Influencing Ball Throwing Velocity in Young Female Handball Players. *The Open Sports Medicine Journal*, 3(1), 39–43. <https://doi.org/10.2174/1874387000903010039>
- Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., ... Terzis, G. (2013). Effects of strength vs. Ballistic-power training on throwing performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(1), 130–137.
- Ziv, G., Lidor, R., Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J. A., ... Gorostiaga, E. M. (2007). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 860–867. <https://doi.org/10.1080/17461390903038470>
- Piaget J. (1997). El valor del juego en su Teoría Estructuralista. Obtenido de Einnova: <http://biblioteca.UCM.es/revcul/e-learning-innova/6/art431.php>.