

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

# MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO DE DIFERENTES MANIFESTACIONES DE LA FUERZA SOBRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO EN BALONMANO

---

TESIS DOCTORAL

**Daniel Aguilar Martínez**

14 de junio de 2017



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autor: Daniel Aguilar Martínez  
ISBN: 978-84-9163-448-5  
URI: <http://hdl.handle.net/10481/48144>

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Daniel Aguilar Martínez

Programa Oficial de Doctorado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte:  
Actividad Física y Salud

---

Directores:

Dr. D. Luis Javier Chiroso

Dr. D. Ignacio Chiroso

Dr. D. Ignacio Martín

Departamento de Educación Física y Deportes

*Universidad de Granada*



“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

D. Luis Javier Chiroso Ríos

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Granada

D. Ignacio Martín Tamayo

Doctor en Psicología, Universidad de Granada

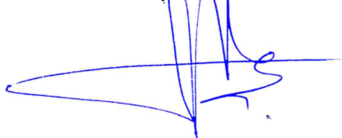
D. Ignacio Jesús Chiroso Ríos

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Granada

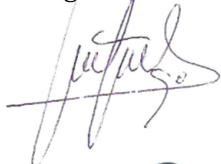
CERTIFICAN:

Que la presente Tesis Doctoral titulada “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano” ha sido realizada bajo nuestra dirección por D. Daniel Aguilar Martínez para optar al grado de Doctor en el Programa Oficial de Doctorado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte: Actividad Física y Salud. Concluida y reuniendo a nuestro juicio, las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizamos a su presentación a fin de que pueda ser definida ante el tribunal correspondiente. Y para que así conste, expiden y firman este informe en Granada, a 14 de Junio de 2017.

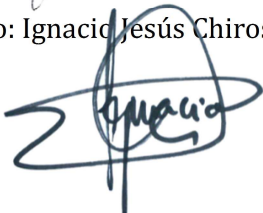
Fdo: D. Luis Javier Chiroso Ríos



Fdo: D. Ignacio Martín Tamayo



Fdo: Ignacio Jesús Chiroso Ríos



“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

**Si buscas resultados distintos,  
no hagas siempre lo mismo.**

*Albert Einstein (1879-1955)*

*Físico*

## **Agradecimientos**

Después de más de 60000 palabras y unas cuantas horas, quizás este sea uno de los puntos más difíciles que he tenido que desarrollar en el largo proceso que ha llevado la culminación de esta Tesis Doctoral. Sinceramente un camino demasiado largo, ha pasado mucho tiempo desde el comienzo hasta ver la luz al final. Un camino con montañas y valles, que ha puesto a prueba en diversas ocasiones la zona de confort y en el que solo la vista atrás para ver todo lo que había pasado, empujaba a mirar hacia adelante para terminar lo emprendido. Durante este tiempo, mucha gente se ha cruzado en el mismo, personas que han entrado con fuerzas y energías que han ayudado a levantarse ante cualquier traspíe, personas que han salido de forma voluntaria, necesaria e incluso involuntaria para demostrar que no tenían cabida en este trayecto.

Cualquier agradecimiento particular y exclusivo sería difícil por las personas y el tiempo que me han dedicado. No solo en el presente, en la finalización sino al inicio, en el pasado cuando se dudaba qué camino coger, qué decidir, dónde buscar... Ese momento fue el más importante para mí, sobre todo después de que me decidiera con firmeza la mejor línea a seguir, en donde se volcaba mi experiencia, mis ilusiones, mis creencias... amigo no es otra cosa que en el balonmano.

Un eslabón bastante importante de la cadena a la que me he agarrado, he tirado, me ha pesado y me ha permitido avanzar. No son otros que mis motores, mis alegrías y mi fuente de energía. Mis “M” benditas, mi familia, aquellos que han aguantado y llevado el tiempo sin verme metido en mi “estación mir”, han sobrellevado mis ausencias, mis contestaciones y mis lamentos y alegrías. Muchas gracias Mónica y Marco, sin vosotros sí que no hubiera sido nada posible y encima no tendría ningún sentido. A ti, Mónica por tu fuerza, tu energía, mano a mano, codo a codo, pulgada a pulgada, lo hemos conseguido, tus noches como asistente e incluso mi liberación de tareas. Marco, para buscar que te llenes de orgullo al conocer el camino que hicimos desde que cumpliste tu primer año, desde que me apagabas el pc comenzando a gatear y a descubrir el mundo que te rodeaba. Siempre buscando dar un paso más adelante, firme, un paso que sea capaz de afianzar el resto de la vida que nos quede por compartir.

A mi gran familia, la semilla y el sustento de toda la experiencia académica que llevo detrás. No sabéis lo que llega a llenar mi corazón, con todos los acontecimientos

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

pasados, los esfuerzos soportados y las noches y kilómetros dedicados, que pueda llegar a ser el primero en alcanzar un doctorado. Muchas gracias papá, José, muchas gracias mamá, Rafi, muchas gracias Roberto, hermano, por vuestro apoyo, vuestra falta de juicios sobre la demora en terminar el proceso y sobre todo por vuestra incondicionalidad, hiciera lo que hiciera, pasara lo que pasara. Y a todos mis primos y primas, mis sobrinos y sobrina y mis titas y titos, a mi familia política Manuel, Remedios y Daniel J., vuestro interés, inquietudes y preguntas también han sido una fuente de energía para mí. Y, como no, a mi abuelo Marcelo, viste mi graduación, te alegraste de mi licenciatura y espero que te enorgullezca mi doctorado. ¡Gracias!

Quien también se lleva gran parte de este trabajo son mis tutores. Grandes personas que desde el primer momento han mostrado total disponibilidad para llevar a buen puerto este trabajo. Muchísimas gracias por vuestra amistad, vuestra dedicación, vuestra paciencia, vuestro esfuerzo y consejos y ánimos para poder terminar, y sobre todo, el que aún queda por delante hasta la evaluación final. Eternamente agradecido Chupi, Ignacio y Luja. Amigo, el último de Filipinas tiene que terminar.

Y en el balonmano, ha sido donde he encontrado a mucha gente con la que compartir este momento y agradecimiento. A todos aquellos compañeros y compañeras, amigos, Jesús, Pedro, Paco, José Carlos... que me han animado, que han mostrado tanto interés para conocer la situación, que me han transmitido sus preocupaciones y hemos compartido referencias y conocimientos... Pero sobre todo, a aquellos que han preguntado, hemos sincronizado en la nube, revisiones, intenciones, llamadas telefónicas muy importantes y fundamentales para que hoy se recojan estas líneas. Muchas gracias, sin vosotros hubiera sido mucho más difícil.

Muy trascendentes también han sido todas aquellas personas que me han permitido compaginar diferentes esferas de mi vida con el desarrollo de esta Tesis. A Josema, Alberto, Sergio, José Manuel, Jordi, Rafa porque gracias a vuestra comprensión y trabajo he podido cambiar la lista de prioridades. A Ángela, por ayudarme con los asuntos burocráticos, a Darío, por su total disponibilidad a compartir conocimiento.

Muy especialmente a Manolo y a Víctor, el refuerzo que me habéis dado, la ayuda, las reuniones, no lo olvidaré fácilmente. Piezas fundamentales en los momentos de desánimo y desilusión ¡Muchísimas gracias!

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

A mis jugadores, compañeros y amigos que aguantaron tardes realizando pruebas piloto, dispuestos a cumplir al máximo con cualquier test: incrementales, máximos, curvas... cualquier cosa para ayudar, alcanzar su mejor rendimiento y conseguir todos los objetivos que se llegaron a proponer.

Espero no olvidar a nadie, incluso ni de aquellos que desearon que aparecieran piedras y muros difíciles de superar, a quienes vieron posible los cambios de ideas y olvidaron los castillos en el aire, también me ayudasteis a avanzar.

Por último, y de la forma más especial, un recuerdo a mis guardianas. A ti, Teresa, que me enseñaste a tener siempre una sonrisa ante cualquier revés que pudiera darme la vida, enseñándome a esforzarme al máximo y saber que pase lo que pase, lo más importante siempre es luchar, levantarme y estar toda la familia unida. Y a ti, Conchita, por enseñarme a buscar la bondad en las personas y a tener la fe necesaria para superar los problemas.

El punto más difícil de desarrollar, pero ahora que lo he completado, una grandísima satisfacción y orgullo personal, ya que si estoy terminando estas líneas es señal de que el final ya está muy cerca, que se ha conseguido y que voy a disfrutar el resto del camino que deba afrontar.

Enormemente agradecido a todos, de corazón.



## Índice

Índice de Tablas y Figuras.....	XIII
Abreviaturas.....	XVIII
Publicaciones y presentaciones de la Tesis Doctoral.....	XX
Resumen Tesis Doctoral.....	21
Capítulo 1_Marco conceptual.....	27
1 Contexto donde se ha realizado la investigación.....	28
1.1 El balonmano.....	28
1.2 La competición. Objetivos y características.....	33
1.3 Los jugadores: Valores antropométricos.....	36
1.4 Los parámetros de rendimiento.....	37
2 El lanzamiento como elemento técnico – táctico clave.....	43
2.1 Revisión del lanzamiento en balonmano.....	45
2.1.1 Búsqueda bibliográfica.....	47
2.1.2 Criterios de inclusión.....	48
2.1.3 Resultados.....	49
2.1.4 Fuerza y potencia.....	49
2.1.5 Velocidad de lanzamiento como variable independiente.....	55
2.1.6 Análisis biomecánico y/o cinemático.....	61
2.1.7 Valoraciones antropométricas.....	68
2.1.8 Conclusión.....	71
2.1.9 Aplicaciones prácticas.....	71
2.2 La técnica.....	72
2.2.1 Relación entre la velocidad de lanzamiento y la precisión.....	76
2.3 La cinemática.....	77
2.3.1 El lanzamiento en apoyo con carrera de 3 pasos.....	88
2.3.2 El lanzamiento en suspensión.....	90
3 El salto como parámetro de rendimiento.....	93
3.1 Revisión del salto en balonmano.....	96
3.1.1 Búsqueda bibliográfica.....	98
3.1.2 Criterios de inclusión.....	98
3.1.3 Resultados.....	99

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

3.1.4 Entrenamiento pliométrico y potencia .....	100
3.1.5 La altura del salto como variable independiente .....	104
3.1.6 Conclusión .....	110
3.1.7 Aplicaciones prácticas.....	110
4 La fuerza aplicada en balonmano.....	111
4.1 Manifestaciones de la fuerza .....	115
4.2 Relación entre las variables de fuerza, tiempo y velocidad .....	117
4.3 La potencia .....	120
4.4 La fuerza dinámica máxima.....	125
4.4.1 La fuerza dinámica máxima relativa .....	126
4.5 Relación entre la fuerza máxima y la fuerza explosiva.....	127
5 Planificación del entrenamiento en deportes colectivos.....	128
Capítulo 2 Estudio piloto .....	139
1 Introducción .....	140
2 Participantes.....	141
3 Diseño.....	142
4 Variables objeto de estudio .....	143
5 Test e instrumentos de medida .....	143
5.1 Prueba de velocidad de lanzamiento (Vb) .....	143
5.2 Prueba de salto vertical con contramovimiento (CMJ).....	144
5.3 Instrumentos de medida .....	144
6 Procedimiento .....	145
7 Análisis estadístico .....	146
8 Resultados .....	146
8.1 Velocidad de lanzamiento y altura salto con contramovimiento .....	146
8.2 Relación entre la velocidad de lanzamiento y la altura salto con contramovimiento .....	149
9 Discusión .....	150
10 Conclusiones.....	152
Capítulo 3 Planteamiento del problema .....	153
1 Planteamiento del problema .....	154
2 Objetivos .....	154
3 Hipótesis.....	156

# “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Capítulo 4 El método.....	157
1 Participantes.....	158
2 Diseño.....	160
2.1 Variables objeto de estudio.....	161
3 Test e Instrumentos de medida .....	163
3.1 Test .....	163
3.1.1 Prueba de Velocidad de Lanzamiento (Vb) .....	163
3.1.2 Prueba de Salto Vertical con contramovimiento (CMJ) .....	164
3.1.3 Prueba de potencia máxima (P <sub>máx</sub> ) muscular y estimación de fuerza máxima (1RM) del tren superior e inferior .....	165
3.2 Material e Instrumental .....	169
4 Procedimiento.....	172
4.1 Entrenamiento Técnico-Táctico (ETT) .....	175
5 Análisis estadístico .....	181
Capítulo 5 Resultados.....	183
1 Tren Superior.....	184
1.1 Velocidad de lanzamiento .....	184
1.2 Pico de potencia en tren superior (PP <sub>bb</sub> ) .....	186
1.3 Relación entre la velocidad de lanzamiento y el pico de potencia del tren superior .....	187
2 Tren Inferior .....	188
2.1 Salto Vertical con Contramovimiento (CMJ) .....	188
2.2 Pico de potencia del tren inferior (PP <sub>pp</sub> ) .....	189
2.3 Relación entre la altura del salto vertical con contramovimiento (CMJ) y el pico de potencia del tren inferior (PP <sub>pp</sub> ).....	191
3 Relación entre la velocidad de lanzamiento (Vb) y la altura del salto vertical con contramovimiento (CMJ) .....	191
4 Relación entre la velocidad de lanzamiento (Vb) y el pico de potencia del tren inferior (PP <sub>pp</sub> ) .....	192
Capítulo 6 Discusión.....	193
Capítulo 7 Conclusiones .....	207
1 Conclusiones.....	208
2 Limitaciones y Perspectivas de Futuro.....	209

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Capítulo 8 Referencias bibliográficas .....	211
1 Bibliografía .....	212
Anexos .....	241
1 Anexo I.....	242
2 Anexo II.....	243
3 Anexo III.....	245

## Índice de Tablas y Figuras

### Índice de Tablas

Tabla 1. Características de los estudios de fuerza, potencia y velocidad de lanzamiento .....	51
Tabla 2. Estudios con la velocidad de lanzamiento entre sus variables.....	57
Tabla 3. Estudios biomecánicos y /o cinemáticos con la velocidad de lanzamiento entre sus variables .....	63
Tabla 4. Estudios desde la perspectiva antropométrica con la velocidad de lanzamiento como variable independiente .....	69
Tabla 5. Variaciones y diferencias en el lanzamiento en balonmano (traducido de Wagner & Müller, 2008, p. 58).....	87
Tabla 6. Características de los estudios de entrenamiento de pliometrías y potencia y la altura del salto vertical .....	102
Tabla 7. Estudios con la altura del salto vertical entre sus variables.....	106
Tabla 8. Recomendaciones de entrenamiento según la posición específica de los jugadores de balonmano según la técnica, el análisis del movimiento y las demandas fisiológicas (traducido de Karcher & Buchheit, 2014, p. 809) .....	114
Tabla 9. Resumen de los estudios de velocidad de lanzamiento de entrenamiento de resistencia general en balonmano. Traducido de Szymanski (2012).....	123
Tabla 10. Características descriptivas de los participantes (n=12) .....	142
Tabla 11. Estadística descriptiva de la velocidad de lanzamiento (Vb) y la altura del salto con contramovimiento (CMJ) .....	147
Tabla 12. Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) entre la velocidad de lanzamiento (Vb) y la altura salto vertical con contramovimiento (CMJ).....	149
Tabla 13. Características descriptivas de los sujetos (n=11) que realizaron las pruebas de velocidad de lanzamiento (Vb).....	158
Tabla 14. Características descriptivas de los sujetos (n=13) que realizaron las pruebas de altura del salto (CMJ).....	159
Tabla 15. Método de entrenamiento (F1) de Fuerza Máxima combinado con el pico de potencia en M1 .....	162

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 16. Método de entrenamiento (F2) de contraste estado-dinámico combinado con el pico de potencia en M2 .....	162
Tabla 17. Método de entrenamiento (F3) con cargas 100% P <sub>máx</sub> combinado con pliometrías en M3 .....	162
Tabla 18. Planificación de la temporada completa dividida en 2 macrociclos compuestos de 11 mesociclos y 42 microciclos .....	177
Tabla 19. Estadística descriptiva de la velocidad de lanzamiento en función del momento, brazo dominante o no dominante y pre o post. ....	184
Tabla 20. Estadística descriptiva del pico de potencia del tren superior en función del momento, brazo dominante o no dominante y pre o post. ....	186
Tabla 21. Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) entre velocidad de lanzamiento y pico de potencia del tren superior .....	187
Tabla 22. Estadística descriptiva de la altura del salto vertical con contramovimiento en función del momento, brazo dominante o no dominante y pre o post .....	188
Tabla 23. Estadística descriptiva del pico de potencia en los miembros inferiores en función del momento, brazo dominante o no dominante y pre o post. ....	189
Tabla 24. Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) entre altura salto vertical con contramovimiento y pico de potencia del tren inferior .....	191
Tabla 25. Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) entre velocidad de lanzamiento y la altura del salto vertical con contramovimiento.....	191
Tabla 26. Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) entre velocidad de lanzamiento y pico de potencia del tren inferior.....	192

# “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

## Índice de figuras

Figura 1. Elementos formales e invariables del juego (Antón, 2006, p. 26) .....	30
Figura 2. (A) Puestos específicos en ataque 3:3 (D) Puestos específicos en defensa 3:2:1 .....	32
Figura 3. Terreno de juego de balonmano (International Handball Federation, 2010).....	34
Figura 4. Factores determinantes del rendimiento en balonmano. Influencias externas (ampliado de Wagner, Finkenzeller, et al., 2014) .....	38
Figura 5. Factores colectivos determinantes del rendimiento en balonmano (ampliado de Wagner, Finkenzeller, et al., 2014) .....	40
Figura 6. Factores individuales determinantes del rendimiento en balonmano (modificado de Wagner, Finkenzeller, et al., 2014) .....	42
Figura 7. Ciclo de juego y sus fases (Antón, 1990, p. 29) .....	44
Figura 8. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica de velocidad de lanzamiento.....	48
Figura 9. (A) Porcentaje la velocidad de lanzamiento en diferentes técnicas (B) Porcentaje del tipo de lanzamiento (Wagner, Finkenzeller et al., 2014, p. 810).....	56
Figura 10. Secuencia de movimiento de lanzamiento en el balonmano de pie por encima (A) y lateral (B) (Wagner et al., 2010a, p. 470).....	73
Figura 11. Secuencia de movimiento del lanzamiento de balonmano en salto, saque de tenis y remate de voleibol (Wagner, Pfusterschmied, et al., 2014, p. 348) .....	79
Figura 12. Diferentes fases y puntos característicos de los lanzamientos en (A) Waterpolo, (B) Beisbol, (C) Javalina y (D) Balonmano (Van den Tillaar, 2005, p. 11).....	80
Figura 13. Secuenciación del lanzamiento en apoyo con carrera de tres pasos en balonmano (Wagner et al., 2011, p. 74).....	88
Figura 14. Secuenciación del lanzamiento en suspensión en balonmano (Wagner et al., 2011, p. 74) .....	91
Figura 15. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica del salto vertical .....	99
Figura 16. Manifestaciones de la Fuerza (Tous, 1999 p. 32).....	116
Figura 17. Desarrollo de la fuerza muscular máxima (Fm) en el tiempo (Zatsiorsky & Kraemer, 2006 p. 26) .....	117

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Figura 18. Relaciones fuerza-velocidad y fuerza-potencia para contracciones concéntricas del músculo esquelético (Cormie et al., 2011a, p. 19).....	118
Figura 19. Curva fuerza-velocidad para las acciones musculares concéntricas y excéntricas (Zatsiorsky & Kraemer, 2006, p. 34).....	119
Figura 20. Modelo de planificación adaptado a los deportes colectivos propuesto por Seirul-lo modificado de Tous (1999).....	135
Figura 21. Diagrama representativo del sistema de planificación (Kelly & Coutts, 2007 p. 33).....	136
Figura 22. Programación de test y macrociclo de planificación.....	146
Figura 23. Diseño de la investigación de esta Tesis Doctoral.....	161
Figura 24. Tope mecánico en el pódico guiado para la realización de los ejercicios de sentadillas.....	168
Figura 25. Vista lateral y posterior de la pistola de radar utilizada para la obtención de los datos de velocidad de lanzamiento, Radar Gun Stalker ATS .....	169
Figura 26. Ergo Tester (Globus, Condogne, Italia) para obtener la altura del CMJ.....	170
Figura 27. Encoder lineal rotatorio Tesys 400 (Globus, Condogne, Italia) para registrar la velocidad de ejecución en los test de sentadilla y press de banca pectoral.....	171
Figura 28. Contenido de una sesión de entrenamiento (nº 168) con registro de PSEp y PSE real .....	180



“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Índice de gráficas

<i>Gráfica 1.</i> Velocidades de lanzamiento registradas por participante y media (X) en las 3 tomas de datos.....	148
<i>Gráfica 2.</i> Altura del salto con contramovimiento registradas por participante y media (X) en las 3 tomas de datos.....	149
<i>Gráfica 3.</i> Media de la velocidad de lanzamiento (en Km/h) en función de brazo dominante y no dominante y el momento de estudio.....	185
<i>Gráfica 4.</i> Pico de potencia del tren superior (en Watios) en función del momento de estudio y medidas pre-post .....	187
<i>Gráfica 5.</i> Valores medios de la altura del salto vertical con contramovimiento (CMJ) (en cm) en función del momento de estudio y valores pre-post.....	189
<i>Gráfica 6.</i> Pico de potencia del tren inferior (en Watios) en función del momento de estudio y medidas pre-post .....	190

## Abreviaturas

Vb	Velocidad de lanzamiento
CMJ	Salto vertical con contramovimiento
CMJ <sub>b</sub>	Salto vertical con contramovimiento con impulso de brazos
PPbb	Pico de Potencia de brazos
PPpp	Pico de Potencia de piernas
ETT	Entrenamiento Técnico – Táctico
JJOO	Juegos Olímpicos
IHF (en inglés)	Federación Internacional de Balonmano
EHF (en inglés)	Federación Europea de Balonmano
VO <sub>2</sub> máx	Consumo Máximo de Oxígeno
RFEBM	Real Federación Española de Balonmano
CEA	Ciclo Estiramiento–Acortamiento
C. f–t	Curva Fuerza–Tiempo
C. f–v	Curva Fuerza–Velocidad
Pmáx	Potencia máxima
W	Trabajo/Vatios
FT (en inglés)	Fibras Rápidas
ST (en inglés)	Fibras Lentas
RM	Repetición Máxima
FDM	Fuerza Dinámica Máxima
FDMR	Fuerza Dinámica Máxima Relativa
FIM	Fuerza Isométrica Máxima
MRE/MER (en inglés)	Máxima Rotación Externa
MRI/MIR (en inglés)	Máxima Rotación Interna
LFC (en inglés)	Apoyo del pie
ATR	Acumulación Transformación Realización
PSE/RPE (en inglés)	Percepción Subjetiva del Esfuerzo
PSEp	Percepción Subjetiva del Esfuerzo previsto
D-ND	Dominante – No Dominante
ASV	Altura Salto Vertical
CI	Contracción Isométrica
CP	Contracción Pliométrica

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

CC	Contracción Concéntrica
G	Gradual
CH	Choque
CG	Carga
R	Recuperación
CCP	Carga + Competición
CP	Competición
T	Tecnificación
A	Amistoso
X	Media
SD (en inglés)	Desviación Estándar
M1	Momento 1
M2	Momento 2
M3	Momento 3
$R_{xy}$	Coefficiente de correlación de Pearson
F1	Fuerza Máxima
F2	Contraste estado – dinámico
F3	Pmáx
DJ	Drop Jump (en inglés)
SJ	Squat Jump (en inglés)
F	Fuerza
V	Velocidad
RS	Resistencia
LYT	Lúdico y táctico
RSS	Repeat Shuffle Sprint (en inglés)
RSSA	Repeat Shuffle Sprint Ability (en inglés)
SSG	Small Sided Game (en inglés)

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

## **Publicaciones y presentaciones de la Tesis Doctoral**

*“Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano”* (Aguilar-Martínez, D.; Chiroso, L. J.; Martín, I.; Chiroso, I. J.; & Cuadrado-Reyes, J.) ha sido publicado en la *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte* (<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista48/artefecto323.htm>). Cumple con las condiciones de la Universidad en cuanto a los requisitos de revista de impacto JCR 2014:0,146 y encontrarse en 1<sup>er</sup> cuartil en In-Recs 2014: 0,300 y categoría A+ en ANEP

*“Throwing velocity as a key element in handball: a brief review”* se encuentra enviado a revista de impacto JCR.

*“Periodization in sports of long-term competition”* se encuentra enviado a revista de impacto JCR.

*“Effects of strength training in team handball’s performance”* se encuentra enviado a revista de impacto JCR.

## Resumen Tesis Doctoral

### *“Métodos de entrenamiento de diferentes manifestaciones de la fuerza sobre parámetros de rendimiento en balonmano”*

**Antecedentes:** Desde su introducción en los Juegos Olímpicos de Verano en Múnich en 1972, el balonmano se ha ido convirtiendo cada vez en un deporte más popular (Manchado, Tortosa-Martinez, Vila, Ferragut, & Platen, 2013). Cabe destacar que el balonmano es un deporte complejo que está determinado por el rendimiento individual de cada jugador, así como en la interacción y los componentes tácticos del equipo (Wagner, Finkenzeller, Würth, & Von Duvillard, 2014). También destacan acciones de juego como saltos, lanzamientos, actividades de alta intensidad, cambios de dirección, situaciones de uno contra uno, golpes y choques entre jugadores (Marques, Van den Tillaar, Vescovi, & González-Badillo, 2007; Krüger, Pilat, Ückert, Frech, & Mooren, 2014; Wagner, Finkenzeller, et al., 2014; Marques & González-Badillo, 2006; Povoas et al., 2012). El deporte requiere que los jugadores de balonmano posean varias habilidades técnicas (por ejemplo, lanzamiento y pase) (Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013; Van den Tillaar & Cabri, 2012) y habilidades motoras altamente desarrolladas, como la velocidad, la fuerza explosiva, la resistencia y la fuerza (Saeterbakken, Van den Tillaar, & Seiler, 2011). La fuerza es una necesidad en el entrenamiento, tanto de jugadores en formación como adultos para alcanzar un alto rendimiento (Ziv & Lidor, 2009).

Las pruebas de las capacidades físicas específicas en un equipo de balonmano deben incluir principalmente aceleraciones cortas con numerosas paradas y cambio de direcciones, lanzamientos, pases, saltos, intercepciones, contactos corporales ligeros y duros, así como algunos ataques rápidos entre 10 y 30 m. (Wagner, Orwat, et al., 2014). Wagner, Finkenzeller, et al. (2014) destacan la dificultad para determinar los factores que pueden influir en la optimización del equipo debido a la multifactorialidad del deporte condicionado por los conceptos tácticos, los factores sociales y los aspectos cognitivos que puedan presentar el colectivo y las influencias externas que puedan llegar a recibir. Llegan a la conclusión que la velocidad de salida del balón está

influenciada, desde el punto de vista del aumento de los resultados, por la fuerza y la potencia del tren superior, así como a la coordinación óptima del movimiento desde un patrón secuencial para aumentar la velocidad angular en la rotación de la parte superior del cuerpo. Entre todos los factores determinantes que pueden influir en el rendimiento de un equipo de balonmano, factores externos, individuales y colectivos, a lo largo del desarrollo de esta Tesis Doctoral se han tenido en cuenta los aspectos coordinativos específicos, el lanzamiento, y básicos, el salto y la fuerza de los deportistas.

Los valores de velocidad de salida del balón pueden llegar a depender de los valores de fuerza máxima que tiene cada jugador. Cuanto mayor es la profesionalización o categoría del jugador, mayores valores absolutos de fuerza y de velocidad de lanzamiento debe tener (Gorostiaga, Granados, Ibáñez, & Izquierdo, 2005; Granados, Izquierdo, Ibáñez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007; Matthys, Vaeyens, et al., 2013). En esta misma línea, los entrenadores deben conocer los parámetros de fuerza de los deportistas, ya que, uno de los objetivos principales de la teoría del entrenamiento es mejorar los resultados de los deportistas (Carvalho, Mourão, & Abade, 2014; Matthys, Vaeyens, et al., 2013).

Diferentes investigaciones incluyen para sus valoraciones de fuerza y potencia la medición de la altura del salto vertical con contramovimiento (en inglés Counter Movement Jump, CMJ) (Carvalho et al., 2014; Chelly, Hermassi, Aouadi, & Shephard, 2014; Dello Iacono, Martone, & Padulo, 2016; Hughes, Massiah, & Clarke, 2016; Mullane, Maloney, Chavda, Williams, & Turner, 2015; Wirth et al., 2016), entre otras.

Según Lehman, Drinkwater, & Behm (2013), el aumento de la fuerza y la potencia muscular puede aumentar la velocidad de salida del balón, aunque la mayor parte de la investigación se ha centrado en los miembros superiores. Así, la potencia muscular de las extremidades inferiores, evaluada con la altura del salto, puede alcanzar una correlación con la velocidad y dar a conocer la importancia del tren inferior en la cadena cinética del gesto específico (Lehman et al., 2013; Zapartidis et al., 2009).

Hasta donde se conoce, existen pocas evidencias que reflejen la aplicación de diferentes métodos de fuerza en una temporada para aumentar o mantener los parámetros de pico de potencia y de velocidad de lanzamiento en ambos brazos en jugadores de nivel de un

equipo de balonmano (Dechechi et al., 2010; Matthys, Vaeyens, et al., 2013) y ninguno en diferentes periodos de la temporada.

**Objetivos y procedimiento:** El principal objetivo de esta Tesis Doctoral fue examinar el efecto de diferentes métodos de fuerza concurrentes al entrenamiento técnico – táctico sobre la potencia muscular, la velocidad de lanzamiento en ambos brazos, dominante y no dominante, y la altura del salto vertical con contramovimiento en jugadores de un equipo de balonmano durante una temporada completa periodizada y en diferentes momentos de la competición.

La muestra de esta Tesis Doctoral ha estado compuesta por jugadores masculinos de un mismo Club (n=18). Se ha desarrollado con un alto componente ecológico ya que los participantes se encontraban compitiendo en la Liga Nacional de Balonmano. Debido a que la recogida de datos ha sido realizada durante una temporada completa, por diferentes motivos los sujetos caían en muerte experimental. Los participantes que han realizado las pruebas de velocidad de lanzamiento de esta Tesis Doctoral han sido 11 jugadores (N=11; 25,1±2,9 años) que han tenido un proceso de formación de 15,7±2,9 años. Los participantes que han realizado las pruebas de altura del salto con contramovimiento han sido 13 jugadores (N=13; 24±2,8 años) que han tenido un proceso de formación de 14,6±2,8 años.

Se trata de un **diseño cuasi experimental de medidas repetidas**, con un gran componente ecológico, dado que no se puede intervenir en la optimización de un grupo de jugadores y otro de control porque están en fase de competición de liga nacional (Concepción-Huertas et al., 2013; Cuadrado Reyes, Chiroso Ríos, Chiroso Ríos, Martín Tamayo, & Aguilar-Martínez, 2012; Gorostiaga, Granados, Ibáñez, González-Badillo, & Izquierdo, 2006) Se ha efectuado un análisis de 3 momentos diferentes de una temporada (M1, M2 y M3) con medidas pre y post, aplicando un método de entrenamiento de la fuerza diferente (F1, F2 y F3) de 8 semanas de duración, de los parámetros de rendimiento en balonmano: velocidad de lanzamiento, altura del salto vertical con contramovimiento y potencia muscular máxima de miembros superiores e inferiores.

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Para conocer la velocidad de lanzamiento se ha realizado un test usando el gesto específico en apoyo con carrera de tres pasos sobre una meta controlando la medida con una pistola de radar (Stalker Radar, Plano, TX, USA, con un rango de 10 a 199 km/h,  $\pm 2/3$  km/h). Para conocer la altura del salto vertical con contramovimiento se ha utilizado una alfombrilla de contacto (Ergo Tester, Globus, Condogne, Italia) para realizar las mediciones del test. Para las valoraciones de tren superior con el ejercicio de press banca y de tren inferior con el ejercicio de sentadilla, se han realizado mediciones con un Encoder lineal, rotatorio, Tesys 400 (Globus, Condogne, Italia), que funciona con un sistema de dínamo, y consta de un registro mínimo de posición de 1 mm y un cable cuyo extremo se aseguró en un sitio específico de la barra de modo que no moleste la ejecución del ejercicio. El funcionamiento permite que cuando el sujeto realice el ejercicio el cable se desplace en forma vertical, según la dirección del movimiento, detectando e informando la posición de la barra cada 10 ms (1000 Hz) a un interface conectado a un computadora donde el software REAL POWER 2001 versión J 62 (Real Power, Globus, Condogne, Italia), calcula automáticamente los valores de fuerza, velocidad y potencia media y pico.

### M1

- Pre
  - Día 1: Prueba de estimación de la fuerza máxima (1RM) y potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de estimación de la fuerza máxima (1RM) y potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)
- Aplicación de entrenamiento del método de fuerza ( $F_1$ ) durante 8 semanas
- Post
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)



## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

### M2

- Pre
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)
- Aplicación de entrenamiento del método de fuerza (F2) durante 8 semanas concurrente con las sesiones de entrenamiento técnico-táctico.
- Post
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)

### M3

- Pre
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)
- Aplicación de entrenamiento del método de fuerza (F3) durante 8 semanas concurrente con el entrenamiento técnico-táctico.
- Post
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)

**Resultados:** Los resultados quedan divididos con respecto a los test en tren superior e inferior. En el tren superior se encuentran diferencias muy significativas en la velocidad de salida de balón (Vb) entre el brazo dominante y no dominante ( $p < 0,001$ ). Del mismo modo, se muestran diferencias significativas entre la velocidad de lanzamiento en el brazo dominante en M2-M1 ( $p = 0,033$ ). Con respecto a la potencia muscular máxima (Pmáx) de los miembros superiores (PPbb) se obtienen diferencias significativas en M1-M3 ( $p = 0,007$ ) y M2-M3 ( $p = 0,027$ ). En el tren inferior se encuentran diferencias entre las medidas prepost en el salto vertical con contramovimiento (CMJ) ( $p = 0,022$ ) y en Pmáx de los miembros inferiores (PPpp) ( $p < 0,001$ ). Con respecto a las comparativas entre los diferentes momentos de estudio, en CMJ se alcanza significatividad en M2-M1 ( $p = 0,050$ ) y M2-M3 ( $p = 0,043$ ). En cuanto al PPpp se muestran diferencias significativas M2-M1 ( $p < 0,001$ ) y M2-M3 ( $p = 0,013$ ). También se han realizado diferentes relaciones entre las variables Vb, CMJ, PPbb y PPpp. Así, se alcanzan correlaciones entre: Vb-PPbb ( $r = 0,680$ ;  $p = 0,021$ ), Vb-CMJ ( $r = -0,682$ ;  $p = 0,021$ ) y Vb-PPpp, en dos momentos diferentes, [ $r = -0,675$ ;  $p = 0,023$ ] y [ $r = -0,692$ ;  $p = 0,018$ ].

**Conclusiones:** El entrenamiento de la fuerza con diferentes métodos concurrente con el entrenamiento técnico-táctico en un equipo de balonmano durante una temporada completa periodizada es eficaz sobre la potencia muscular del tren superior e inferior, la velocidad de lanzamiento y la altura del salto vertical con contramovimiento. Del mismo modo, se puede indicar que la mayor aportación de esta Tesis Doctoral es que el entrenamiento de la fuerza basado en el contraste estado-dinámico combinado con cargas del 100% Pmáx concurrente con el entrenamiento técnico-táctico es más eficaz sobre la velocidad de lanzamiento en el brazo dominante ( $p = 0,033$ ), la altura del salto con contramovimiento ( $p = 0,050$ ) y la potencia muscular del tren inferior ( $p < 0,001$ ) que solo la realización de un entrenamiento de fuerza máxima.

# Capítulo 1



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

## **1 Contexto donde se ha realizado la investigación**

### **1.1 El balonmano**

Desde su introducción en los Juegos Olímpicos (JJO) de Verano en Múnich en 1972, el balonmano se ha ido convirtiendo en un deporte cada vez más popular (Manchado et al., 2013). Como deporte reglado está organizado a través de 167 federaciones miembros de la lista de la Federación Internacional (IHF) con aproximadamente 19 millones de jugadores distribuidos entre 800 mil equipos (Ingebrigtsen, Jeffreys, & Rodahl, 2013; Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013). En Europa, se pueden encontrar ligas profesionales en más de 15 países, por ejemplo, Alemania, España, Francia, Hungría, Polonia, Dinamarca, entre otros (Karcher & Buchheit, 2014). En 2012, la Federación Europea (EHF) celebró el Campeonato de Europa Masculino (EURO) en Serbia que alcanzó una audiencia acumulada de televisión de 1,47 millones de personas y fue retransmitido en más de 200 países (Karcher & Buchheit, 2014).

Como deporte, el balonmano, tiene una predominancia de ejercicios intermitentes, donde la intensidad puede ir disminuyendo desde la primera a la segunda mitad del partido (Povoas et al., 2012). Así, sugieren que durante el partido puede aparecer cierta fatiga neuromuscular, por lo que, el entrenamiento de los jugadores de balonmano debe ir dirigido a aumentar las capacidades específicas de alta intensidad durante todo un partido y recuperar rápidamente durante los periodos menos intensos (descansos, pausas en el juego, cambios ataque-defensa...). Es una gran ayuda para los entrenadores interpretar las rotaciones apropiadas de los jugadores que permiten mantener un nivel de rendimiento físico óptimo o, al menos, limitar una posible caída de la eficiencia física (Karcher & Buchheit, 2014).

El balonmano está clasificado como un deporte de equipo de cooperación/oposición en espacio común (estandarizado) y participación simultánea. Jiménez Jiménez (2010), entiende por:

Deporte de cooperación/oposición al conjunto de situaciones motrices codificadas institucionalmente en forma de competición, donde la interacción motriz entre los participantes es simultánea y se desarrolla en un espacio común. Esta interacción motriz es de cooperación entre los componentes del mismo

equipo y de oposición con los componentes de distinto equipo, porque la situación es de enfrentamiento con roles antagónicos. (p. 322).

Destacando, el autor, los siguientes rasgos:

- a) Situación motriz: modelo concretado institucionalmente (federación) y estandarizado.
- b) Interacción motriz: presencia de compañeros y adversarios con los que comunicarse y contracomunicarse. Esta interacción motriz se desarrolla a través del sistema de roles estratégicos que asume el jugador.
- c) Aspectos Espaciales: ocupación común del espacio y uso diferenciado del mismo según los roles estratégicos que se asumen.
- d) Participación: los jugadores de los dos equipos que se enfrentan tienen la posibilidad de actuar simultáneamente sobre el móvil. La posesión o no del móvil por parte del jugador y su equipo determinará el comportamiento estratégico a desarrollar (ataque-defensa).

En este tipo de estructura de juego existen unos componentes técnico – tácticos que tienen una presencia constante en la enseñanza y aprendizaje del balonmano (figura 1): un espacio con unos subespacios delimitados y unas metas que se han de alcanzar y proteger; un móvil, que tiene una forma determinada, un volumen, un peso, una elasticidad, etc.; un marco temporal donde intentar conseguir los objetivos del juego; unos compañeros y adversarios con los que interactuar simultáneamente, comunicándose y contracomunicándose a través de la gestualidad propia; y unas reglas, que son las conductas permitidas y prohibidas (Antón, 2006; Jiménez Jiménez, 2010).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

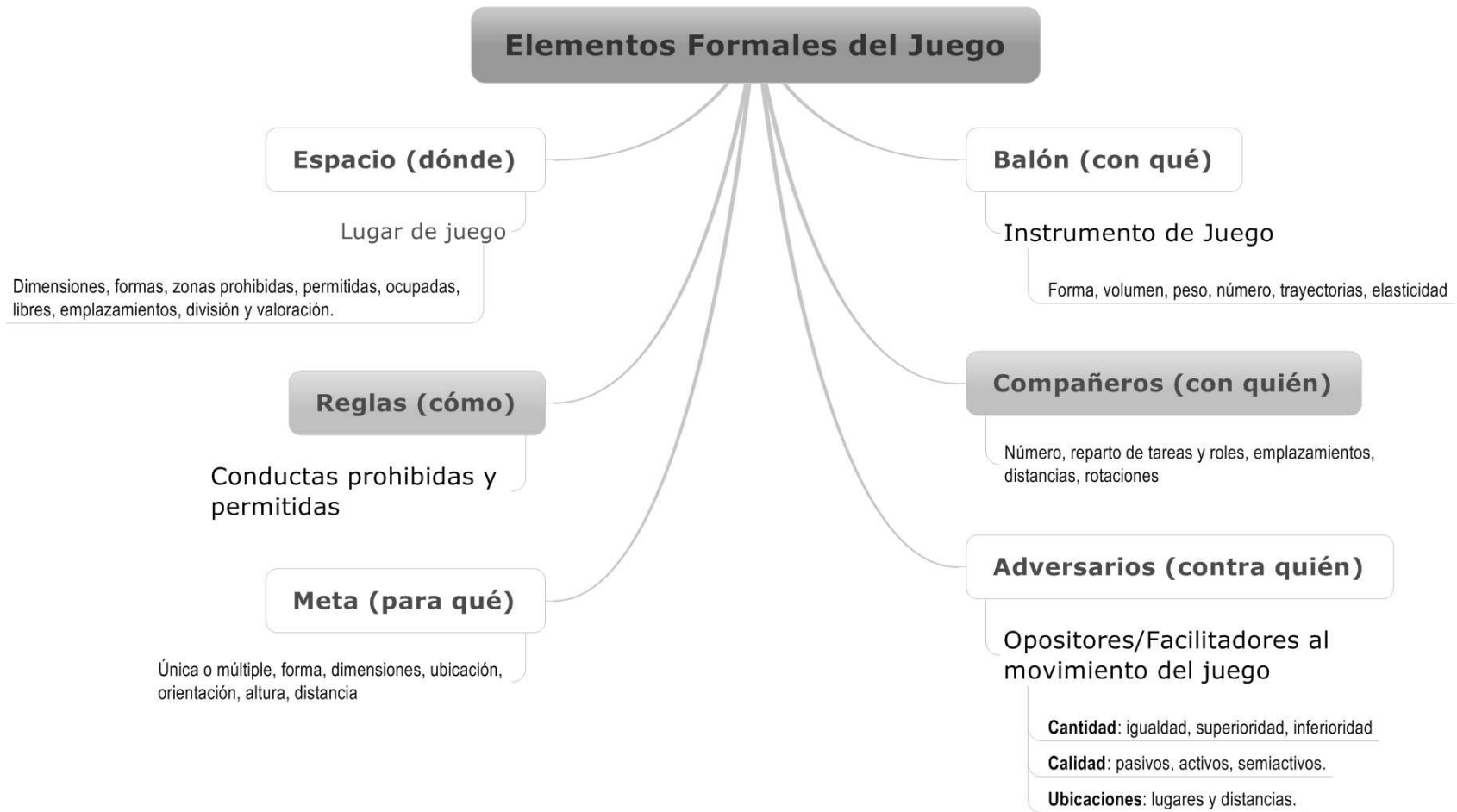
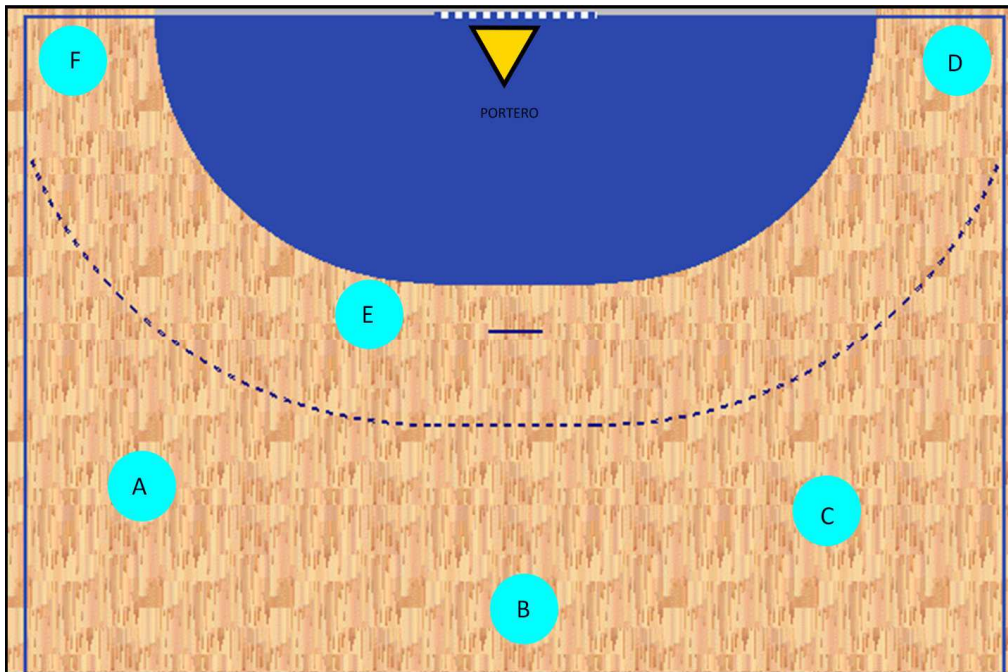


Figura 1. Elementos formales e invariables del juego (Antón, 2006, p. 26)

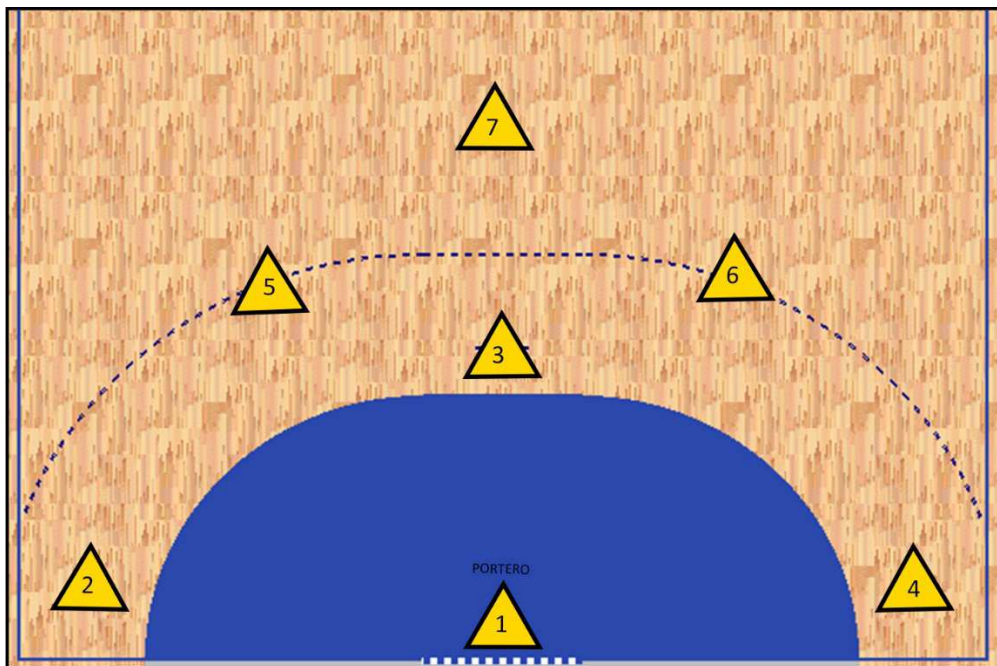
## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Dentro del rasgo de espacio y participantes, tienen en cuenta tanto a los compañeros como a los adversarios, los jugadores aportan diferentes contribuciones desde diferentes posiciones tanto ofensivas como defensivas (figura 2). Durante la evolución del juego, las posiciones de juego específicas individuales han sido clasificadas como: laterales, extremos, pivotes, centrales y porteros (Karcher & Buchheit, 2014; Zapartidis, Kororos, Christodoulidis, Skoufas, & Bayios, 2011). Con esta distribución para ocupar todo el espacio se puede buscar una maximización del rendimiento del equipo a través de la participación en las diferentes posiciones. Así, para buscar la consecución de los objetivos del juego, que no es otro que introducir el móvil (balón) dentro de la meta (portería) a través de diferentes técnicas de lanzamientos, para intentar establecer una posición óptima del jugador que lo efectúa, los movimientos deben ser rápidos en las distancias cortas, tener éxito en las acciones de uno contra uno sobre los jugadores defensivos y establecer comunicación con los compañeros usando diferentes tácticas ofensivas (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). El juego requiere que los participantes posean varias habilidades técnicas (por ejemplo, lanzamiento y pase) (Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013; Van den Tillaar & Cabri, 2012) y habilidades motoras altamente desarrolladas, como la velocidad, la fuerza explosiva, la resistencia y la fuerza (Saeterbakken et al., 2011). La fuerza es una necesidad en los jugadores en formación y experimentados para alcanzar un alto rendimiento (Ziv & Lidor, 2009).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”



A



D

Figura 2. (A) Puestos específicos en ataque 3:3 (D) Puestos específicos en defensa 3:2:1



## **1.2 La competición. Objetivos y características.**

La competición se caracteriza por tener altos ritmos defensivos y las acciones ofensivas tienen como objetivo marcar goles (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Karcher & Buchheit (2014) ponen de manifiesto que los jugadores internacionales pueden participar en un máximo de 80 partidos oficiales por temporada (JJOO, competiciones internacionales, competiciones de clubes internacionales y competiciones nacionales), mientras que otros pueden jugar muchos menos (~30 partidos en competiciones nacionales). Establecer las características de la competición es complejo, ya que es difícil determinar los factores que influyen en el rendimiento porque el deporte es multifactorial (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Por consiguiente, según los autores, el juego del balonmano está fuertemente condicionado por los conceptos tácticos, los factores sociales y los aspectos cognitivos que presenten el colectivo.

Según el Reglamento de la Real Federación Española de Balonmano (RFEBM), modificado en 2010 (Real Federación Española de Balonmano, 2010), en categoría Senior (mayores de 18 años), siete jugadores compiten por cada equipo (un portero y seis jugadores de campo), y el terreno de juego tiene unas dimensiones de 40 x 20 metros que consta de dos áreas de portería y un área de juego (figura 3). Los partidos, desde categoría cadete en adelante, se dividen en dos mitades de 30 minutos cada una. El tiempo de descanso entre cada mitad no puede exceder de 15 minutos. El equipo ganador es aquel equipo que anota más goles que el contrario. Wagner, Orwat, et al. (2014) muestran que el balonmano es un juego de acciones ofensivas y defensivas de ritmo elevado que incluye movimientos específicos (saltar, pasar, lanzar). Para marcar goles, los deportistas utilizan diferentes técnicas de lanzamiento, es decir, en apoyo, en salto, dependiendo de su posición de juego y/o las posiciones de los adversarios defensivos (Wagner, Buchecker, Von Duvillard, & Müller, 2010a) y los patrones técnicos específicos del movimiento se producen en respuesta a las diferentes situaciones tácticas del juego.

Para Jiménez Jiménez (2010) la acción de juego, no solo transcurre bajo coordenadas de ejecución, sino fundamentalmente de percepción y decisión. Así, como se ha mencionado anteriormente, los jugadores aparte de manejar aspectos técnicos propios

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

del juego también deben manejar una serie de componentes tácticos y desarrollar habilidades mentales. Así pues, la táctica se puede definir como el orden de actuación del jugador de balonmano, referente a una disciplina y estrategia en el juego, en base a sus percepciones y decisiones en momentos puntuales para elegir la forma más correcta de ejecución (Aguilar-Martínez, 2012).

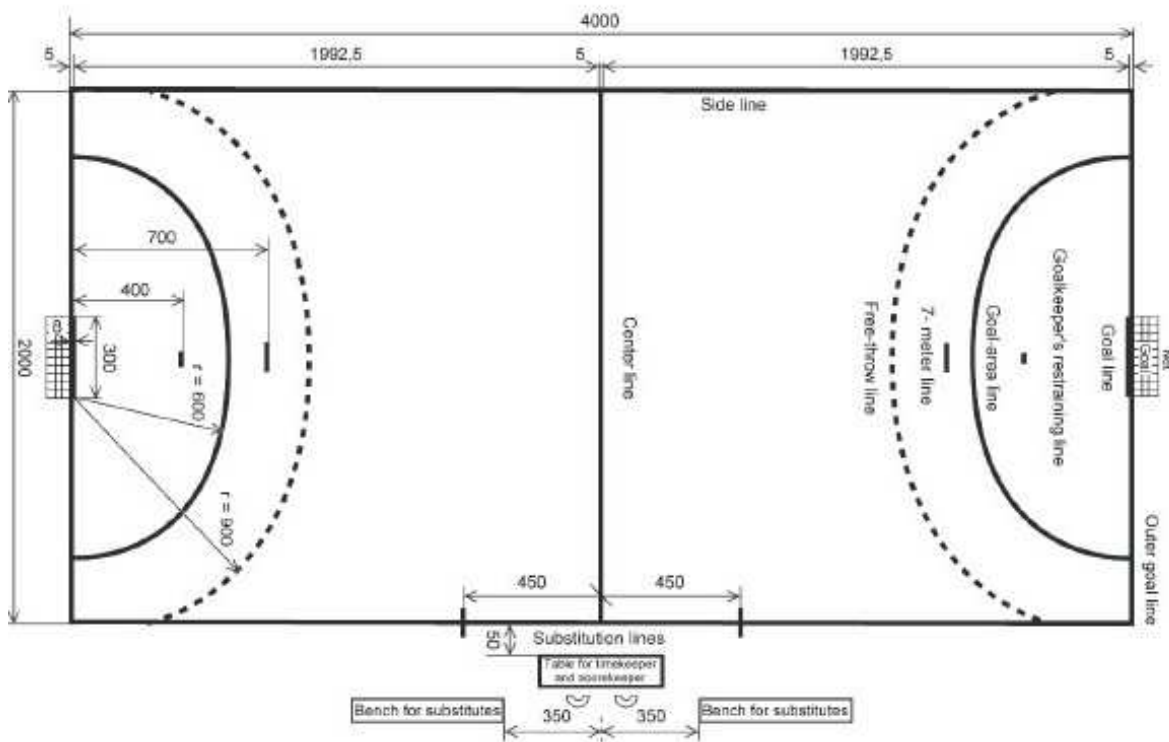


Figura 3. Terreno de juego de balonmano (International Handball Federation, 2010)

Desde un punto de vista fisiológico, durante el desarrollo del juego predominan los ejercicios intermitentes que utilizan principalmente el metabolismo aeróbico, con acciones intercaladas de alta intensidad que en gran medida utiliza el metabolismo anaeróbico (Povoas et al., 2012). Para los autores, dentro del desarrollo de un partido o entrenamiento, se puede: andar, trotar, correr rápido, realizar carreras de velocidad, ejecutar movimientos hacia atrás, ejecutar movimientos laterales de intensidad media, realizar movimientos laterales de intensidad alta. También destacan acciones de juego como saltos, lanzamientos, actividades de alta intensidad, cambios de dirección, situaciones de uno contra uno, golpes y choques entre jugadores (Krüger, Pilat, Ückert, Frech, & Mooren, 2014; Marques & González-Badillo, 2006; Marques, Van Den

Tillaar, Vescovi, & González-Badillo, 2007; Povoas et al., 2012; Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). De hecho, Povoas et al. (2012) indican que los altos requisitos musculares en contracciones excéntricas durante un partido podrían ser debidas a deceleraciones, paradas, lanzamientos, saltos, cambios de dirección y a la constante física del contacto entre jugadores asociado a situaciones de uno contra uno. Karcher & Buchheit (2014) muestran en su estudio que las actividades de baja intensidad como estar de pie (43-37%) y caminar (35-43%) representan la mayor proporción del tiempo del partido aunque la gran cantidad de contacto corporal probablemente aumenta la carga neuromuscular durante y después de los partidos. El tiempo medio de recuperación entre las actividades de alta intensidad (carreras de velocidad y de alta intensidad hacia los lados) es alrededor de 55 s, durante un partido de balonmano. También los movimientos de los jugadores se pueden caracterizar su mayor parte por las aceleraciones cortas (0-3m) con paradas (~ 30 por partido) y cambio de direcciones (~ 30 por partido) y menos por carreras cortas (10-30 m) (Povoas et al., 2012). Como se ha señalado, un jugador de balonmano camina y se detiene, mientras que esprintar y los cambios de ritmo comprenden solamente un ~ 4% de la duración total (Michalsik, Aagaard, & Madsen, 2013; Povoas et al., 2012). El resto del tiempo se dedica realizando en promedio ~ 7 tiros a puerta, ~ 50 pases, ~ 14 saltos, ~ 50 ~ 13 contactos ligeros y duros en la faceta ofensiva y defensiva durante un partido (Povoas et al., 2012).

Como inciden Karcher & Buchheit (2014), el conocimiento de las exigencias del juego también es esencial para el diseño del entrenamiento específico en balonmano. Los jugadores tienen que estar dotados de los entornos de aprendizaje más adecuados, que incluyen un buen diseño de las sesiones técnico – tácticas, y los aspectos físicos condicionales propios del balonmano (por ejemplo, fuerza, velocidad y resistencia) en la planificación del entrenamiento. Por último, para optimizar el rendimiento, esta periodización debe estar individualizada con respecto a las posiciones específicas de los jugadores y relacionada con las demandas físicas específicas en el terreno de juego. Sin embargo, indican que aún no se ha investigado sobre el efecto del tiempo de juego y el número de partidos acumulados en el nivel de entrenamiento durante toda una temporada.

### **1.3 Los jugadores: Valores antropométricos**

Zapartidis et al. (2011) señalan que existen muchas diferencias de aptitudes antropométricas y físicas entre las posiciones de juego entre los jugadores de balonmano. El mejor rendimiento en las habilidades motoras y el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2$  máx) se observaron en los laterales y extremos, mientras que los porteros alcanzaron valores inferiores en relación con todas las habilidades motoras de todos los otros jugadores. Los pivotes eran los más pesados y mostraron los valores más altos del índice de masa corporal. La velocidad del balón puede estar relacionada con las características de aptitud física, sobre todo en la potencia y la fuerza (Newton & Kraemer, 1994). Diferentes autores muestran que los factores antropométricos, tales como la estatura, la masa libre de grasa y el porcentaje de grasa corporal, y físicos ayudan a alcanzar velocidades de lanzamiento elevadas (Debanne & Laffaye, 2011; Krüger et al., 2014; Laffaye, Debanne, & Choukou, 2012; Manchado et al., 2013; Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013; Van den Tillaar & Ettema, 2004b; Zapartidis et al., 2009). Así, las características antropométricas se pueden considerar importantes para determinar las posibles actuaciones dentro del juego que pueden tener tanto los jugadores jóvenes como adultos en un equipo de balonmano (Matthys, Vaeyens, et al., 2013). Aunque no solo hay que tener en cuenta los valores antropométricos en el balonmano, sino en cualquier deporte donde predomine el lanzamiento para alcanzar los objetivos del juego (Ferragut et al., 2011; Vila et al., 2009). La altura de los jugadores sirve tanto para poder realizar finalizaciones a distancia por encima de la barrera defensiva, como para obtener una ventaja en la producción de energía en la cinemática del movimiento (Zapartidis et al., 2011). De esta forma, como señalan Debanne & Laffaye (2011), las variables antropométricas generales son buenos predictores de la velocidad de salida de balón que pueden alcanzar los jugadores.

Ya se ha mencionado que, los jugadores de balonmano se clasifican normalmente respecto a sus posiciones específicas de juego en ataque: los porteros, situados en la portería, la primera línea, compuesta por laterales y centrales, y la segunda línea, conformada por los pivotes y extremos (Rivilla-García, Navarro Valdivielso, Grande

Rodríguez, & Sampedro Molinero, 2012). Con respecto a estas posiciones de juego, como señalan Zapartidis et al. (2011) , los laterales son normalmente los jugadores más altos del equipo, seguidos de pivotes y porteros, a la vez que los extremos suelen ser los jugadores más bajos. Aunque en las etapas de formación, esta especificidad atendiendo a las ventajas antropométricas se deben tratar con cautela, ya que pueden estar atribuidas a la maduración del desarrollo físico (Rousanoglou, Noutsos, & Bayios, 2014). Así, atender a la especificidad de los jugadores únicamente en función de sus características antropométricas puede resultar un error para optimizar su rendimiento deportivo futuro.

#### **1.4 Los parámetros de rendimiento**

Para determinar el rendimiento en el equipo de balonmano, existen estudios que utilizan pruebas de resistencia general o específica, pruebas de saltos y carreras de velocidad y análisis del lanzamiento (Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso, & Cuadrado-Reyes, 2012; Gorostiaga, Granados, Ibáñez, & Izquierdo, 2005; Hermassi, Van den Tillaar, Khelifa, Chelly, & Chamari, 2015; Marques et al., 2012; Raeder, Fernández-Fernández, & Ferrauti, 2015; Rousanoglou, Noutsos, & Bayios, 2014; Serrien, Clijsen, Blondeel, Goossens, & Baeyens, 2015; Wagner et al., 2010a; Wagner et al., 2011). Por lo tanto, para determinar los factores que influyen estos parámetros basado en estudios científicos debe ayudar a aumentar la calidad de la formación de los entrenadores, así como también desarrollar métodos específicos de entrenamiento (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). De este modo, las pruebas de las capacidades físicas específicas en un equipo de balonmano debe incluir principalmente aceleraciones cortas con numerosas paradas y cambio de direcciones, lanzamientos, pases, saltos, intercepciones, contactos ligeros y duros corporales, así como algunos ataques rápidos entre 10 y 30 m. (Wagner, Orwat, et al., 2014).

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Diferentes investigaciones muestran la importancia de los factores cognitivos, las habilidades mentales y la oposición en la velocidad de salida de balón (Rivilla-García et al., 2012; Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Rivilla García et al. (2012) señalan que la velocidad no solo está determinada por factores físico-técnicos y de precisión sino que también existen situaciones de especial interés que pueden afectar, como son el puesto específico del jugador y la oposición. El grado de oposición adquiere una especial relevancia, ya que la oposición influye significativamente disminuyendo la velocidad de lanzamiento en todos los casos.

Wagner, Finkenzeller, et al. (2014) destacan la dificultad para determinar los factores que pueden influir en el rendimiento del equipo debido a la multifactorialidad del deporte condicionado por los conceptos tácticos, los factores sociales y los aspectos cognitivos que puedan presentar el colectivo y las influencias externas que puedan llegar a recibir. Es un deporte complejo que está determinado por el rendimiento individual de cada jugador, así como en la interacción entre todos los jugadores y los componentes tácticos del equipo (Massuça, Fragoso, & Teles, 2014; Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). En cuanto a los factores externos se debe tener especial interés sobre: la influencia de los materiales que puedan llegar a tener en el equipo al igual que las condiciones ambientales (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). En este punto, se pueden añadir como factores externos tanto la motivación como las experiencias previas, tanto positivas como negativas, que puedan tener los jugadores (figura 4).

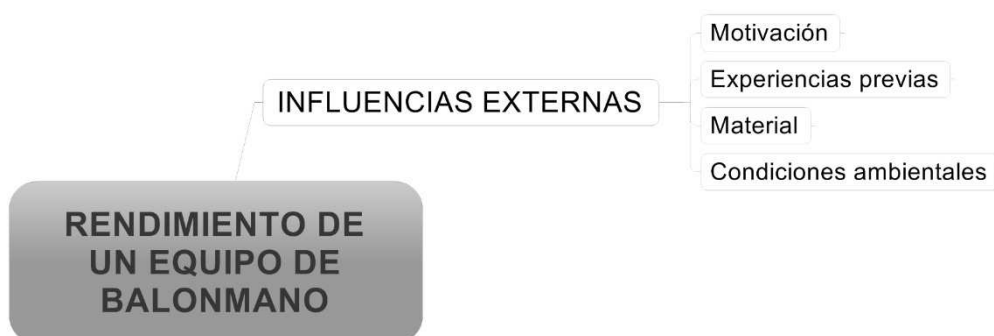


Figura 4. Factores determinantes del rendimiento en balonmano. Influencias externas (ampliado de Wagner, Finkenzeller, et al., 2014)

Como se ha visto con anterioridad, Wagner, Finkenzeller, et al. (2014), inciden en algunos factores de rendimiento, que mayor incidencia pueden tener el equipo desde el punto de vista colectivo, como son los conceptos tácticos, los factores sociales y los aspectos cognitivos. En cuanto a los conceptos tácticos se debe mostrar especial atención a: las acciones ofensivas y defensivas, los cambios de equipos durante los entrenamientos, las acciones grupales entre los jugadores, las finalizaciones en uno contra uno y la teoría y la práctica. Para conocer los factores sociales, los autores destacan: los factores internos, bajo la influencia que pueda tener el entrenador, el equipo y el liderazgo; los factores externos, la competición, los oponentes, los árbitros, los espectadores y los medios de comunicación; y, por último, el equipo, con atención a la eficacia en las globalidad de las situaciones, la asimilación de roles de todos los participantes, la cohesión que pueda alcanzar el grupo, la competitividad entre los jugadores y la comunicación entre todos los miembros del equipo. Del mismo modo, según los autores, los aspectos cognitivos que influyen se pueden identificar como: la atención que se presten en las acciones, la anticipación a cualquier situación de juego, la reacción ante diversos escenarios, la búsqueda de la toma de decisión acertada, la ejecución, las habilidades mentales, la personalidad de los jugadores y la percepción y la agudeza visual de los deportistas (figura 5).

Entre los factores de optimización individuales que se pueden tener en consideración, se pueden destacar: los aspectos de coordinación y agilidad, de fuerza y potencia, de resistencia específica, de antropometría y de nutrición (Massuça et al., 2014; Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Desde el punto de vista del rendimiento de los factores de coordinación y agilidad, Wagner, Finkenzeller, et al. (2014) realizan una clasificación en específicos, los patrones motrices propios como los lanzamientos, y básicos, como la flexibilidad, la velocidad, los cambios de dirección y los saltos. Dentro de los lanzamientos, realizan una profundización sobre la velocidad, realizando una revisión desde diferentes perspectivas, diferentes técnicas de ejecución (en apoyo con carrera y en salto), con oposición del portero y/o defensa – portero, la influencia de la velocidad angular de cadera, pelvis y la rotación interna del hombro, entre otros.

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”



Figura 5. Factores colectivos determinantes del rendimiento en balonmano (ampliado de Wagner, Finkenzeller, et al., 2014)



Llegan a la conclusión que la velocidad de lanzamiento está influenciada, desde el punto de vista del aumento de los resultados, por la fuerza y la potencia del tren superior, así como a la coordinación óptima del movimiento desde un patrón secuencial para aumentar la velocidad angular en la rotación de la parte superior del cuerpo. En cuanto a la altura del salto, tiene importancia para, en cuanto muestran los estudios, llegar a una posición vertical alta para lanzar sobre el bloque defensivo rival, cuando se realiza una finalización a distancia, desde el punto de vista ofensivo, y para realizar blocajes frente a las finalizaciones atacantes, desde el punto de vista defensivo, o para tener más tiempo para lanzar, con un aumento del tiempo de vuelo, para reaccionar a los movimientos del portero puede llegar a conseguir mejoras en el equipo (Massuça et al., 2014; Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Además, se suele utilizar la altura del salto con contramovimiento para determinar la potencia máxima del tren inferior y la altura del salto (Massuça et al., 2014). En cuanto al desarrollo de los factores de fuerza, se clasifican en específica y básica, destacando la potencia, la fuerza submáxima y la fuerza de resistencia. Wagner, Finkenzeller, et al. (2014) indican que el periodo de entrenamiento suele comprender entre 6 y 12 semanas de duración de miembros superiores e inferiores, con ejercicios básicos como el press de banca pectoral, las sentadillas y las rotaciones de tronco. De igual forma, con referencia a los aspectos de resistencia, se clasifica en específica, de partido, y básica, extensiva e intensiva y constante, interválica y de alta intensidad. Los factores de optimización de constitución – disposición, los autores advierten sobre la antropometría y la salud que los jugadores puedan sufrir en lo referente a la recuperación de lesiones, enfermedades y la adaptación a los entrenamientos. Para finalizar, los factores nutritivos, destacan la vertiente permitida, la alimentación y, se pueden añadir, las ayudas ergogénicas; y la prohibida, con las infracciones por dopaje (figura 6).

Entre todos los factores determinantes que pueden influir en el rendimiento de un equipo de balonmano a lo largo del desarrollo de esta Tesis Doctoral se han tenido en cuenta los aspectos coordinativos específicos, el lanzamiento, y básicos, el salto y la fuerza básica de los deportistas.

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”



Figura 6. Factores individuales determinantes del rendimiento en balonmano (modificado de Wagner, Finkenzeller, et al., 2014)

## **2 El lanzamiento como elemento técnico - táctico clave**

Uno de los factores destacados para el rendimiento del equipo y como elemento técnico-táctico individual más importantes o clave en la consecución de los objetivos del juego es el lanzamiento a portería (Antón, 2006; Bárcenas & Román Seco, 1991; Debanne & Laffaye, 2011; Laffaye et al., 2012; Gorostiaga, Granados, Ibáñez, González-Badillo, & Izquierdo, 2006), de cuya eficacia depende el éxito o fracaso de las acciones que lo preceden y la posibilidad de conseguir la victoria, objetivo final del juego (Raeder et al., 2015). Este medio técnico-táctico individual tiene una gran repercusión en el transcurso de la competición (figura 7) como acto de culminación del denominado ciclo de juego en ataque (Antón, 1990). Se estima que el éxito depende, en gran medida, de la velocidad del balón (Eliasz, Janik, & Wit, 1990; Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Marques et al., 2007; Raeder et al., 2015; Skoufas et al., 2003; Skoufas et al., 2008; Van den Tillaar & Ettema, 2011). Del mismo modo, cuanto más veloz y precisa sea la ejecución menor será la información visual, y por consiguiente, las posibilidades del portero y defensores para interceptarlo (Debanne & Laffaye, 2011; Gutiérrez-Dávila, Rojas, Ortega, Campos, & Párraga, 2011; Laffaye et al., 2012; Mraz, 1988; Párraga, Sánchez, & Oña, 2001; Román, 1989; Van den Tillaar & Cabri, 2012; Van den Tillaar & Ettema, 2003; Van Muijen, Joris, Kemper, & Schenau, 1991; Wagner et al., 2010a). Así, Debanne & Laffaye (2011) añaden interés en la duración del movimiento. Indican que la velocidad puede depender de: la capacidad del jugador para acelerar el balón en el movimiento, para reducir la información visual para el portero, y la precisión. Del mismo modo, algunos estudios indican que la velocidad y la precisión no son elementos antagónicos. Se pueden mantener lanzamientos precisos manteniendo valores cercanos a la velocidad máxima de salida del balón (85-90%) (García, Sabido, Barbado, & Moreno, 2013; Van den Tillaar & Ettema, 2003). Así, según Van den Tillaar & Cabri (2012) las sesiones de entrenamiento se pueden centrar en la mejora de la velocidad de salida del balón mediante la optimización de la técnica. También, se realizan métodos de entrenamiento basados en los principios de la sobrecarga, ya sea por la fuerza o por la velocidad del ejercicio para mejorar la velocidad (Van den Tillaar & Ettema, 2011).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

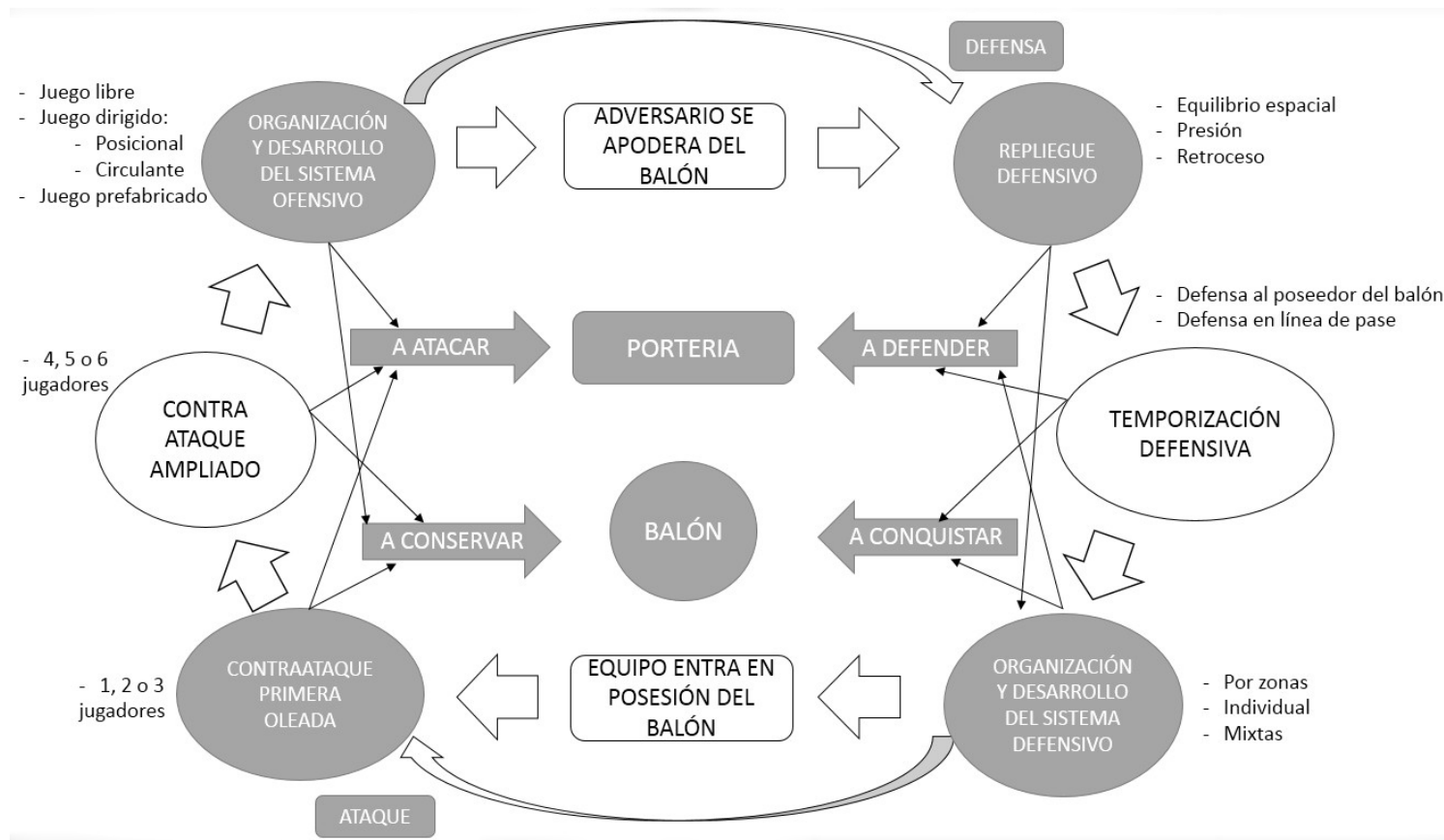


Figura 7. Ciclo de juego y sus fases (Antón, 1990, p. 29)

A modo de resumen, se estima que existen tres factores que son esenciales para regular la velocidad de lanzamiento: a) los relacionados con el proceso de aprendizaje de la técnica; b) aquellos que tienen que ver con la biomecánica y/o la cinemática del gesto; y c) los resultantes del desarrollo de fuerza y la potencia de las extremidades superiores e inferiores (Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010; Gorostiaga et al., 2005; Marques et al., 2007; Rivilla-García, Martínez, Grande, & Sampedro, 2011b).

## **2.1 Revisión del lanzamiento en balonmano**

El gesto técnico – táctico del lanzamiento está presente en diferentes tipos de deportes (Freeston, Carter, Whitaker, Nicholls, & Rooney, 2016; Marques et al., 2012; McCluskey et al., 2010; Melchiorri et al., 2011; Noguchi, Demura, Takahashi, Demura, & Mori, 2014; Oliver & Keeley, 2010; Palmer et al., 2013; Ramos Veliz, Requena, Suárez-Arrones, Newton, & Sáez-Sáez de Villarreal, 2014; Szymanski, Szymanski, Molloy, & Pascoe, 2004; Szymanski et al., 2006; Wormgoor, Harden, & Mckinon, 2010; Yu & Lee, 2013). Se producen con biomecánica similar en alguna fase del mismo, como en béisbol, críquet, softball, lanzamiento de jabalina y waterpolo (Anloague, Spees, Smith, Herbenick, & Rubino, 2012; Chow & Knudson, 2011; Gray, Watts, Debicki, & Hore, 2006; Hore, O’Brien, & Watts, 2005; Newsham, Keith, Saunders, & Goffinett, 1998; Nissen et al., 2009; Oliver & Keeley, 2010; Urbin, Fleisig, Abebe, & Andrews, 2013; Van den Tillaar, 2005; Wagner, Pfusterschmied, et al., 2014; Werner, Suri, Guido, Meister, & Jones, 2008). Estos lanzamientos se quedan alejados del objeto de estudio, ya que algunos tienen la fase de aproximación diferente como el béisbol, el críquet y el softball, o interviene un medio diferente (agua) que no permite realizar un apoyo del tren inferior para la transferencia de fuerza, como el waterpolo, o se realizan con objetivos diferentes como el voleibol y el lanzamiento de jabalina, por ejemplo.

Tal y como se ha mostrado con anterioridad, los principales factores determinantes del rendimiento que se han tenido en consideración a lo largo de esta Tesis Doctoral han sido: factores de coordinación y agilidad, como el lanzamiento y el salto, y factores de fuerza, en sus diferentes manifestaciones básicas (potencia y fuerza máxima). El

lanzamiento al ser un elemento clave para la culminación del ataque para conseguir marcar goles, que es el objetivo del juego del balonmano, ha sido uno de los principales elementos estudiados que aparece en las publicaciones científicas. Se ha afrontado su optimización desde diferentes perspectivas: biomecánicas (Berguen, Mensure, Tuncay, Aydin, & Cigdem, 2009; Plummer, Gascon, & Oliver, 2016; Rojas, Gutiérrez-Dávila, Ortega, Campos, & Párraga, 2012; Sachlikidis & Salter, 2007; Van den Tillaar, 2003), cinemáticas (Serrien et al., 2015; Van den Tillaar & Cabri, 2012; Van den Tillaar, Zondag, & Cabri, 2013; Wagner et al., 2010a; Wagner, Pfusterschmied, Klous, Von Duvillard, & Müller, 2012), antropométricas (Chaouachi et al., 2009; Debanne & Laffaye, 2011; Granados, Izquierdo, Ibáñez, Ruesta, & Gorostiaga, 2013; Laffaye et al., 2012; Manchado et al., 2013; Moss, McWhannell, Michalsik, & Twist, 2015; Van den Tillaar & Ettema, 2004b; Vila, Ferragut, Alcaraz, Rodriguez, & Cruz Martínez, 2008; Zapartidis et al., 2011), en relación con diferentes métodos de entrenamiento (Chelly et al., 2010; Cherif, Chtourou, Souissi, Aouidet, & Chamari, 2016; Hermassi, Chelly, Tabka, Shephard, & Chamari, 2011; Van den Tillaar & Ettema, 2006; Zaras et al., 2013), en temporadas (Dechechi et al., 2010; Gorostiaga et al., 2006; Granados, Izquierdo, Ibáñez, Ruesta, & Gorostiaga, 2008; Marques & González-Badillo, 2006; Marques, 2010), isocinéticos (Bayios, Anastasopoulou, Sioudris, & Boudolos, 2001; Çetin & Balci, 2015; Dos Santos Andrade, Fleury, Barbosia de Lira, Dubas, & da Silva, 2010; González-Rave et al., 2014), entre otras.

En cuanto al aumento de la velocidad de lanzamiento, existen estudios que muestran correlaciones entre la ganancia de la capacidad de producir fuerza y la mejora en la velocidad de los deportistas (Escamilla et al., 2010; Hermassi et al., 2015; Lehman, Drinkwater, & Behm, 2013; Ramos Veliz et al., 2014). De esta forma, el entrenamiento de las manifestaciones de la fuerza asociadas al aumento de la velocidad de salida del balón pueden ser utilizadas en la planificación de sesiones para aumentar los parámetros de rendimiento. Entre las investigaciones que usan planteamientos metodológicos para mejorar los parámetros de fuerza, van desde trabajos más generalizados, en los que se emplean ejercicios como press de banca pectoral o sentadillas (Bautista, Chiroso, Chiroso, Martin, & Rivilla, 2016; Bourdin et al., 2010; Hermassi et al., 2011; Ramos Veliz et al., 2014), a métodos más específicos para transferir el aumento de fuerza al gesto específico del deporte (Carter, Kaminski, Douex, Knight, & Richards, 2007; Çetin

& Balci, 2015; Ettema, Gløsen, & Van den Tillaar, 2008; Martínez Martín, 2010) y métodos con diferentes materiales (balones medicinales, bandas elásticas...) (Debanne & Laffaye, 2011; Ignjatovic, Markovic, & Radovanovic, 2012; Ikeda, Miyatsuji, Kawabata, Fuchimoto, & Ito, 2009; Maddigan, Behm, & Belfry, 2014; Mascarin et al., 2016; Raeder et al., 2015; Rivilla-García, Martínez, et al., 2011b; Saeterbakken et al., 2011; Van den Tillaar & Marques, 2013b).

Analizada la literatura existente, y con el balonmano como objeto de análisis, el principal objetivo de esta revisión puede ser determinar si un programa de entrenamiento de fuerza influye en el aumento de la velocidad de salida del balón. Como segundo objetivo, se pretende recopilar y organizar la mayor cantidad de evidencia científica sobre el tipo de lanzamiento utilizado en la literatura. Y, como tercer objetivo, esta revisión puede enumerar la evidencia científica desde las diferentes perspectivas que puedan abordar al balonmano.

### **2.1.1 Búsqueda bibliográfica**

Se identificaron artículos científicos mediante la búsqueda en las principales bases de datos electrónicas incluyendo: Web of Sciences, PubMed, SCOPUS, SportDiscus, MedLine y Google Scholar. Las búsquedas de palabras se ajustaron específicamente a cada base de datos para palabras de texto libre y categorías de términos gratuitos. A su vez, se han ido combinando los diferentes términos, en inglés, MeSH con las siguientes palabras clave: Maximal Strength, Resistance Training, Strength, Resistance Conditioning, Throw Performance, Throwing velocity, Overhead Throw\*, Handball, Team-handball, Power, Coordination.

Se usaron Booleanos (AND, OR) para combinar las palabras clave, limitando la búsqueda desde el 1 de Enero de 2000 hasta el 31 de Diciembre de 2016. Además se examinaron las bibliografías de otras revisiones previas relacionadas y de los trabajos finalmente seleccionados para la búsqueda de nuevos estudios.

### 2.1.2 Criterios de inclusión

Se identificaron los artículos que cumplieren todos los criterios de inclusión (figura 8) y se obtuvieron sus versiones a texto completo. La importancia de cada investigación fue medida en función de los siguientes criterios de inclusión: a) Los textos completos debían estar disponibles. b) La muestra estuviese sana. c) La muestra tuviese jugadores experimentados o jóvenes de élite. d) El tratamiento experimental fuese: un entrenamiento de fuerza. e) Se midiese la velocidad de lanzamiento del gesto específico.

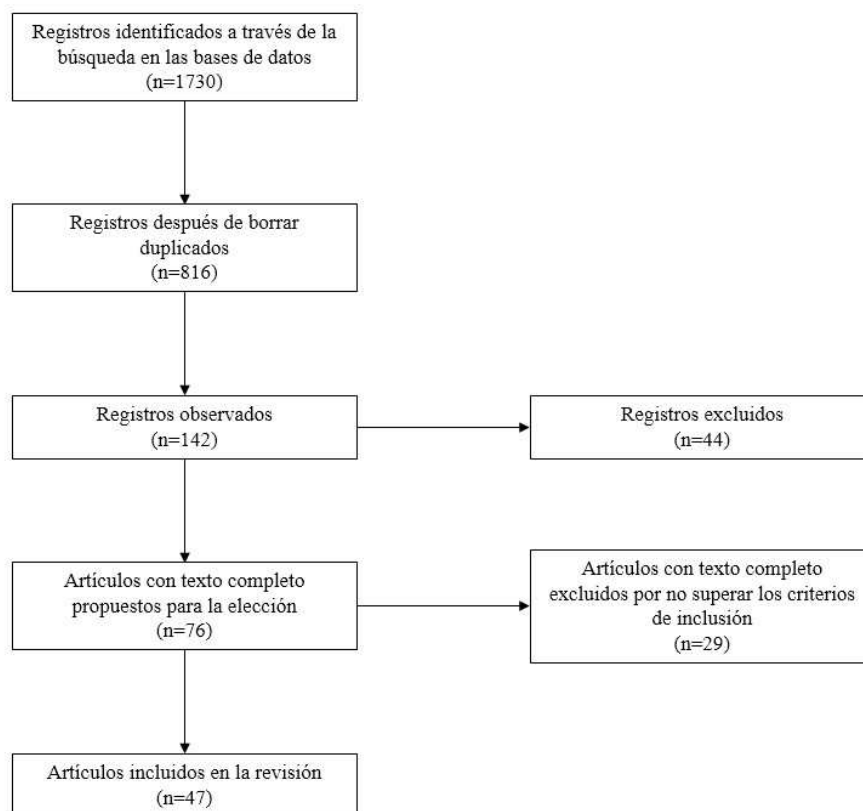


Figura 8. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica de velocidad de lanzamiento



### **2.1.3 Resultados**

Atendiendo a los criterios de inclusión se han clasificado los artículos seleccionados en diferentes subcategorías en relación a la aportación que pueden tener a los factores de rendimiento que se manifiestan en el balonmano. Las subcategorías sobre las que se han clasificado los artículos son: entrenamiento de fuerza y/o potencia y velocidad de lanzamiento, usan la velocidad de salida del balón como variable de rendimiento, realizan un análisis biomecánico/cinemático y las valoraciones antropométricas y su relación con los parámetros de rendimiento en los equipos de balonmano.

### **2.1.4 Fuerza y potencia**

Bautista, Chiroso, Robinson, et al. (2016) en un estudio con jugadores U19 de la selección nacional previo al Campeonato de Europa Junior de 2013, para realizar un análisis clúster para clasificar a los deportistas y aplicar un entrenamiento específico programado en función de las necesidades individuales, establecen como los principales parámetros capaces de discriminar el rendimiento físico a: la velocidad de lanzamiento, la valoración de una repetición máxima en los ejercicios de press de banca pectoral, la potencia media de la fase propulsiva y la potencia pico, entre otros. Gorostiaga et al. (2005) investigaron en dos grupos de participantes, jugadores de élite y amateurs, la potencia y la fuerza de los jugadores de élite y aficionados de balonmano y encontraron que los jugadores de élite tenían un máximo de una repetición máxima (1RMBP) en el press de banca pectoral (+ 22%), una mayor potencia media en las extremidades superiores (+ 20%) y en media sentadilla (+ 16%) comparado con los jugadores aficionados. Los autores encontraron una correlación positiva entre la velocidad de lanzamiento con carrera de 3 pasos y la producción de velocidad concéntrica a una carga del 30% de 1RMBP ( $r = 0,72$ ), así como la producción de potencia en la fase concéntrica durante la media sentadilla ( $r = 0,62$ ). En varios estudios también se encontraron una influencia positiva de la fuerza y la potencia sobre la velocidad de salida del balón (Aguilar-Martínez et al., 2012; Chelly et al., 2010; Cherif et al., 2016; Hermassi, Chelly, Fathloun, & Shephard, 2010; Hermassi et al., 2015; Marques et al., 2007) (tabla 1). Gorostiaga et al. (2005) sugirieron que alcanzar valores más altos de

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

fuerza máxima y potencia muscular puede dar ventaja para sostener las contracciones musculares fuertes durante movimientos específicos de balonmano. Por lo tanto, el entrenamiento de fuerza y potencia se debe mantener durante toda la temporada, ya que proporciona incrementos en la fuerza máxima y la velocidad de lanzamiento aunque hay que evitar los entrenamientos a intensidades bajas (Gorostiaga et al., 2006) y en los periodos en los que no se hace entrenamiento específico conocer que se pueden producir descensos en la velocidad (Marques & González-Badillo, 2006). De este modo, se debe llevar un registro de los cambios de fuerza que se pueden producir entre los jugadores, incluso dentro del mismo entrenamiento (Gómez Navarrete, Solana, Gómez-Valadés Horrillo, & Murillo, 2011). El entrenamiento de fuerza máxima y explosiva y potencia a intensidades altas es importante para mejorar el rendimiento en el equipo de balonmano (Chelly, Hermassi, Aouadi, & Shephard, 2014; Hermassi et al., 2011). En esta mejora también se debe prestar especial atención al mantenimiento de las acciones a intensidades altas, ya que pueden aumentar los niveles de fatiga fisiológica y afectar negativamente a la precisión y velocidad de salida del balón (Nuño et al., 2016). Para aumentar la fuerza y la potencia, se emplearon diferentes ejercicios dinámicos de fuerza y potencia durante los períodos de entrenamiento entre 6 y 12 semanas en varios estudios de capacitación (Aguilar-Martínez et al., 2012; Cherif et al., 2016; Hermassi et al., 2015; Marques & González-Badillo, 2006; Marques et al., 2007).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 1.

Características de los estudios de fuerza, potencia y velocidad de lanzamiento

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Gorostiaga et al. (2005)	Jugadores profesionales (n=15)	En apoyo sin carrera	23.8±1.9	Existe correlación positiva entre la velocidad de lanzamiento con carrera de 3 pasos y la producción de velocidad concéntrica a una carga del 30% de 1RMPB (r = 0.72), así como la producción de potencia concéntrica durante la acción de media sentadilla (r = 0.62).
		En apoyo con carrera	25.3±2.2	
	Jugadores amateurs (n=15)	En apoyo sin carrera	21.8±1.6	
		En apoyo con carrera	22.9±1.4	
Gorostiaga et al. (2006)	Jugadores Elite (n=15)	En apoyo sin carrera	23.80-26.00	La temporada de balonmano dio lugar a incrementos significativos en la fuerza máxima y la resistencia específica de la extremidad superior pero no en la extremidad inferior. Las correlaciones observadas sugieren que el entrenamiento de baja intensidad se debe dar menos atención, mientras que el entrenamiento con estímulos de alta intensidad se debe dar más atención en plena temporada.
		En apoyo con carrera	25.30-27.60	
Marques & González-Badillo (2006)	Jugadores experimentados (n=16)	En apoyo con carrera	24.56±1.83	En los periodos en los que no se hace un entrenamiento específico (post-temporada), se producen descensos tanto en la capacidad de salto como en la velocidad de lanzamiento en los individuos. Se puede señalar que si en esos periodos se siguen realizando trabajos técnico-tácticos, se puede mantener los niveles de las capacidades que se relacionan con el balonmano.

1RMPB; 1 Repetición Máxima Press Banca

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 1. Continuación

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Marques et al. (2007)	Jugadores de Elite (n=14)	En apoyo sin oposición	23.98±1.70	Los resultados indican que la velocidad de lanzamiento de equipo de élite se relaciona con la fuerza dinámica máxima, la potencia de pico, y la velocidad pico. Así, un régimen de entrenamiento diseñado para mejorar la velocidad de salida del balón se debe incluir ejercicios que tienen por objeto aumentar la fuerza y la potencia en la parte superior del cuerpo.
Chelly et al. (2010)	Top National Handball League (n=14)	En apoyo con carrera	23.00±1.80	Importancia de la fuerza explosiva, tanto de los miembros inferiores como superiores, en el lanzamiento en jugadores de balonmano
Hermassi et al. (2010)	Jugadores experimentados (Control n=8)	En apoyo sin carrera	15.70±0.90	El entrenamiento aumentó 1RMPO y 1RMPB, con RA aumentando sustancialmente con respecto a los controles (p<0.001 para ambas comparaciones). Por otra parte, la FC inducida mayor intensidad de los incrementos de RM, debido a su 1RMPO y 1RMPB valores fueron estadísticamente diferentes (p<0.05 y p<0.01, respectivamente). Ambos programas también mejoraron los 2 índices de rendimiento de lanzamiento (TW y TR) aunque la ganancia fue significativamente mayor para RA que para RM.
		En apoyo con carrera	17.30±0.80	
	Jugadores experimentados (Resistencia Moderada n=9)	En apoyo sin carrera	17.60±2.00	
		En apoyo con carrera	20.10±1.70	
Jugadores experimentados (Resistencia Alta n=9)	En apoyo sin carrera	17.20±0.80		
	En apoyo con carrera	20.80±1.00		

1RMPO; 1 Repetición Máxima Pull-Over, 1RMPB; 1 Repetición Máxima Press Banca, FC; Frecuencia Cardíaca, RM; Resistencia Moderada, TW; Lanzamiento en apoyo sin carrera, TR; Lanzamiento en apoyo con carrera, RA; Resistencia Alta

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 1. Continuación

<b>Autor/es</b>	<b>Muestra</b>	<b>Condiciones de lanzamiento</b>	<b>Velocidad (m·s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Resultados</b>
Gómez Navarrete et al. (2011)	Jugadores experimentados (n=10)	En apoyo sin carrera	19.33-19.56	La utilidad del registro de la curva fuerza-tiempo medida en condiciones isométricas para el registro de los cambios producidos en la capacidad de producción de fuerza de un sujeto durante un entrenamiento.
	Jugadores sin experiencia (n=13)	En apoyo sin carrera	14.42-14.64	
Hermassi et al. (2011)	Jugadores de Élite (Control n=12)	En apoyo sin carrera	28.80±3.20	El grupo RA mostro una mejora de la velocidad de lanzamiento tras el periodo de entrenamiento (p<0.01). El grupo control no mostro ninguna mejoría.
		En apoyo con carrera	35.10±3.10	
		En salto	31.00±2.30	
	Jugadores de Élite (Resistencia Alta n=12)	En apoyo sin carrera	34.60±1.20	
		En apoyo con carrera	38.10±1.80	
		En salto	35.40±2.80	
Aguilar-Martínez et al. (2012)	Jugadores experimentados (n=11)	En apoyo con carrera brazo dominante	27.93-28.70	Se muestran diferencias significativas en la velocidad de lanzamiento entre el brazo dominante y no dominante (p<0.001). Resulta más eficaz un entrenamiento de fuerza contraste estado-dinámico concurrente con el entrenamiento técnico-táctico (p=0,033) que solo un entrenamiento de fuerza máxima
		En apoyo con carrera brazo no dominante	20.54-21.19	
Chelly et al. (2014)	Jugadores de Elite Adolescentes (n=23)	En apoyo sin carrera	34.0±2.40	Grupo experimental (Pliometrias) aumento su velocidad en todos los tipos de lanzamiento: en carrera y en salto (p<0.001), en estático (p<0.01); No mejoras en el grupo control.
		En apoyo con carrera	36.50±1.30	
		En salto	35.70±1.90	

RA; Resistencia Alta

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 1. Continuación

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Hermassi et al. (2015)	Jugadores de Élite (Control n=10)	En apoyo sin carrera	20.00±1.00	El grupo de entrenamiento de fuerza mejoro significativamente (p<0.001) las velocidades en todos los tipos de lanzamiento: sin carrera (+24.2%), en salto (+22.1%), en carrera (+22.4%). El grupo de entrenamiento normal solo mejoro en salto (+16.7%). No se encontraron mejoras en el grupo control
		En apoyo con carrera	24.80±0.90	
		En salto	23.00±0.80	
	Jugadores de Élite (Resistencia Alta n=12)	En apoyo sin carrera	19.30±1.00	
		En apoyo con carrera	25.60±1.10	
		En salto	23.10±1.20	
	Jugadores de Élite (Entrenamiento regular n=12)	En apoyo sin carrera	19.80±1.70	
		En apoyo con carrera	24.90±1.40	
		En salto	23.10±1.30	
Bautista, Chiroso, Robinson, et al. (2016)	Jugadores de Élite U19 (n=16)	En apoyo con carrera	27.00±1.52	Las variables más capaces de discriminar el rendimiento físico fueron BRv, ST20, 1RM, PPEAKMP y PMPPMP. Los resultados para análisis clúster pueden aplicarse a una formación específica programada en función de las necesidades individuales.
Cherif et al. (2016)	Jugadores experimentados (n=11)	En salto (1ª línea)	27.10±1.10	El entrenamiento fue diseñado para mejorar la fuerza y la potencia con una intensidad del 85-95% del 1RM. Durante cada sesión, realizaron 3-5 series de 3-8 repeticiones con 3 min de descanso en el medio. La velocidad de lanzamiento (p <0.001) fue mayor después del período de entrenamiento en los jugadores de 2ª línea. El programa de entrenamiento resultó en una mejoría en el banco de prensa 1RM (p <0.001), 1RM cuello (p <0.001) y 1RM (p <0.001) en ambos casos. El grupo de control mostró una mejoría significativa sólo en la velocidad de lanzamiento (p <0.01) y de 1RM (p <0.01) en 2ª línea.
		En salto (2ª línea)	27.10±1.20	
	Jugadores Control (n=11)	En salto (1ª línea)	24.20±3.20	
		En salto (2ª línea)	25.40±2.30	
Nuño et al. (2016)	Jugadores entrenados (n=20)	En apoyo sin carrera	22.00-23.60	La velocidad máxima de lanzamiento (p<0.001) y la precisión (p <0.001) fueron afectadas significativamente después de completar los circuitos con diferentes pausas de recuperación y aumenta la fatiga fisiológica. Estas variables comenzaron a disminuir cuando los valores de cuantificación de fatiga eran altos o muy altos.

1RM; 1 Repetición Máxima, BRv; Ball Release Velocity (en inglés), ST20; Sprint Time 20m, PPEAKMP; Pico de potencia Fase de propulsión, PMPPMP; Potencia media de la fase de propulsión, U19; Jugadores Sub-19

### **2.1.5 Velocidad de lanzamiento como variable independiente**

En cuanto a la velocidad de lanzamiento, se puede señalar que no solo se toma como variable de rendimiento, sino que puede servir de apoyo para los diferentes investigadores para valorar otros parámetros relacionados con el balonmano. Así, esta variable, en la bibliografía, se ha utilizado para conocer: diferencias entre sujetos expertos y noveles, diferencias entre brazo dominante y no dominante, diferencias en resultados con la utilización de balones de diferentes pesos, diferencias entre realizar finalizaciones con o sin oposición, para conocer la viabilidad de juegos basados en la competición, entre otros.

Wagner & Müller (2008) indican que el lanzamiento en apoyo en carrera es con el que se alcanzan las velocidades más elevadas (figura 9A), en comparación con realizarlo en apoyo sin carrera o en salto. Sin embargo, los autores indican que en salto es el más utilizado por los jugadores (figura 9B), ya que permite una mejor posición para la finalización, se obtiene más tiempo para realizar la toma de decisión (observar al portero, finalizar o pasar a un compañero y la localización final) y para superar al bloque defensivo. En esta línea, se pueden encontrar diferentes estudios que muestran diferencias significativas entre la velocidad de lanzamiento con o sin oposición y teniendo en cuenta las posiciones específicas de los deportistas (Rivilla-García et al., 2012; Rivilla-García, Martínez, Grande, & Sampredo, 2011a; Rivilla-García, Martínez, et al., 2011b; Rivilla-García, Sampredo-Molinuevo, Navarro-Valdivielso, & Gómez-Ortíz, 2010).

También se pueden encontrar estudios que relacionan la velocidad del balón con la precisión (García et al., 2013; Van den Tillaar & Ettema, 2003; 2006) donde los jugadores con experiencia son capaces de realizar lanzamientos precisos a velocidades cercanas a la máxima (85% de la velocidad) e incluso si los deportistas son expertos o noveles (García et al., 2013; Van den Tillaar & Ettema, 2006).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

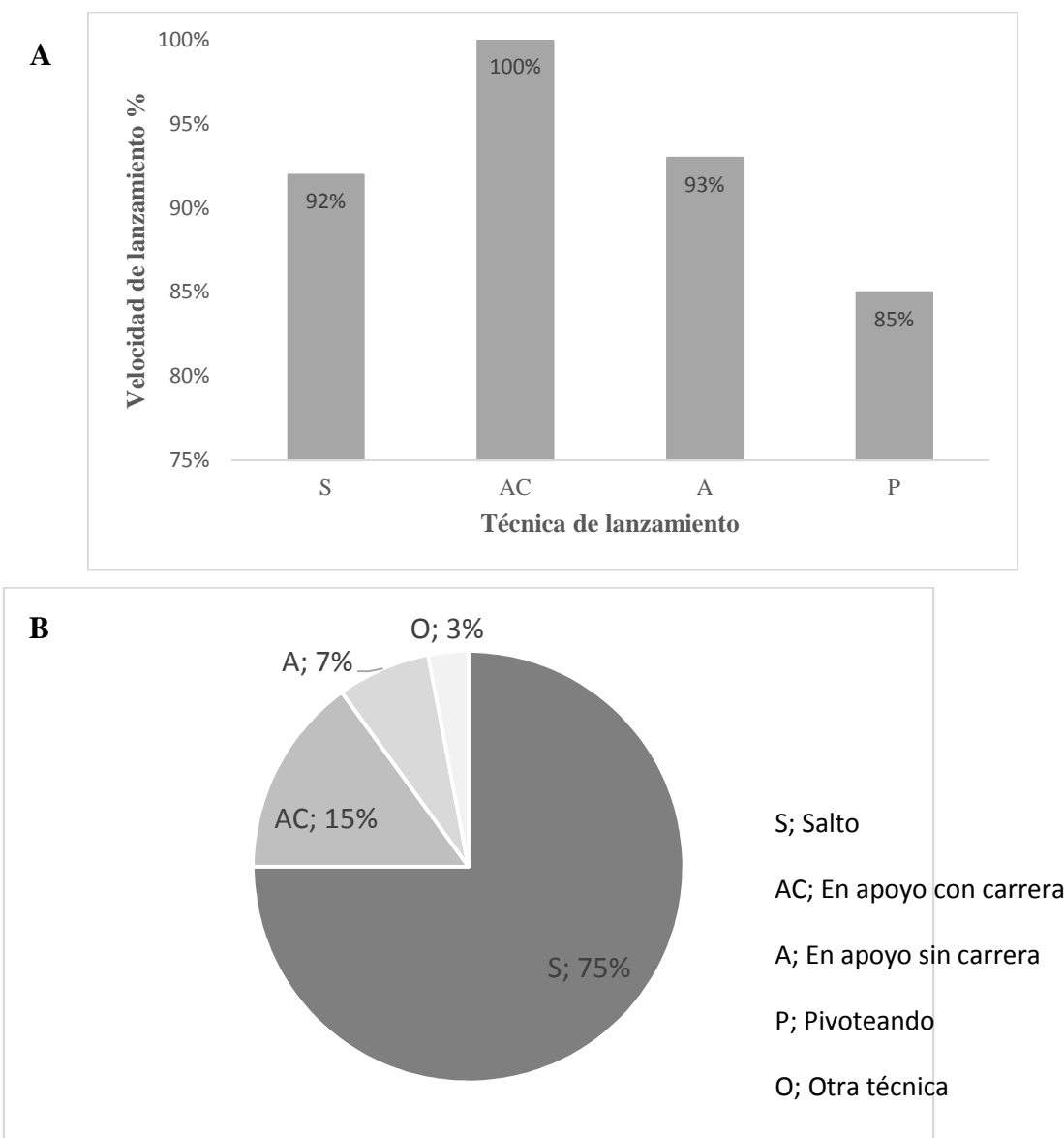


Figura 9. (A) Porcentaje la velocidad de lanzamiento en diferentes técnicas (B) Porcentaje del tipo de lanzamiento (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014, p.810)

Para finalizar, la variable de la velocidad de lanzamiento también está presente en diferentes estudios (tabla 2) que: comparan como afectan los juegos competitivos en diferentes parámetros fisiológicos (Dello Iacono, Ardigò, Meckel, & Padulo, 2016; Wagner, Orwat, et al., 2014), artículos que muestran diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre brazo dominante y no dominante (Aguilar-Martínez et al., 2012; Van den Tillaar & Ettema, 2009a) e incluso con mediciones isocinéticas determinan diferencias en la rotación interna y externa del hombro, que incide en la velocidad de salida del balón, entre ambos brazos (Bayios et al., 2001; Çetin & Balci, 2015).



“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 2

Estudios con la velocidad de lanzamiento entre sus variables

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Bayios et al. (2001)	League A1 (n=15)	En apoyo sin carrera	23.51±2.23	La relación entre la rotación interna y externa de hombro no fue estadísticamente significativa, excepto en el lanzamiento en salto. El principal hallazgo es que la rotación máxima interna y externa del hombro no es un buen indicador de la velocidad de lanzamiento que el jugador puede alcanzar, excepto en el lanzamiento en salto.
		En apoyo con carrera	26.27±3.21	
		En salto	22.74±2.16	
	League A2 (n=12)	En apoyo sin carrera	20.08±1.12	
		En apoyo con carrera	23.22±1.86	
		En salto	20.54±1.63	
	Estudiantes (n=15)	En apoyo sin carrera	16.85±1.58	
		En apoyo con carrera	18.90±1.98	
		En salto	15.54±1.42	
Van den Tillaar & Ettema (2003)	Jugadores experimentados (n=9)	En apoyo sin carrera	18.50-21.30	La precisión que manifestaron los jugadores a alta velocidad podría ser en realidad ya muy elevada y difícil de mejorar cuando se reduce la velocidad de lanzamiento. Además, la velocidad cuando la instrucción hizo hincapié en la precisión fue de aproximadamente el 85% de la velocidad máxima, lo que indica que los jugadores de balonmano con experiencia están capacitados para lanzar con precisión a una velocidad relativamente alta.
Van den Tillaar & Ettema (2006)	Jugadores experimentados (n=9)	En apoyo con carrera	21.6	Las velocidades lineales de la pelota y los extremos de los segmentos corporales y sus tiempos se vieron afectados por la instrucción de una manera similar en ambos grupos. Este hallazgo indica que la experiencia de formación no está relacionada con la velocidad pero si en la precisión en el lanzamiento
	Jugadores sin experiencia (n=13)	En apoyo con carrera	18.8	

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 2. Continuación

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Van den Tillaar & Ettema (2009a)	Jugadores experimentados (n=11)	En apoyo sin carrera brazo dominante	21.50±1.40	Diferencias significativas entre el brazo dominante y no dominante en el lanzamiento de la precisión y la velocidad se encontró: disminución de la velocidad máxima de los principales movimientos conjuntos y, especialmente, disminución de la velocidad de rotación interna del hombro
		En apoyo sin carrera brazo no dominante	16.10±0.90	
Rivilla-García et al. (2010)	Jugadores de Elite (n=15)	Lanzamiento sin oposición	27.23±1.25	Se confirma una influencia de la oposición y toma de decisión en la velocidad de lanzamiento, haciendo disminuir la misma. Existe una relación entre la velocidad de lanzamiento sin y con oposición positiva y significativa en los tres grupos analizados.
		Lanzamiento con oposición (P)	26.02±2.20	
	Jugadores Amateur (n=33)	Lanzamiento sin oposición	24.66±1.50	
		Lanzamiento con oposición (P)	23.75±2.36	
Jugadores en Formación (n=58)	Lanzamiento sin oposición	21.30±1.68		
	Lanzamiento con oposición (P)	19.99±2.20		
Rivilla-García, Martínez, et al. (2011a)	Jugadores de Élite (n=13)	En apoyo con carrera sin oposición	27.87±2.29	Los resultados indicaron correlaciones no muy altas entre el THMB y las otras pruebas (r=0.40). Los valores de correlación para TLMB-VS fueron muy altos en general (r=0.90) y en todos los grupos. Por el contrario, la correlación entre las pruebas de lanzamiento no fue alta, especialmente en los jugadores menores de 18 jugadores (r=0.62), jugadores de laterales (r=0.63) y jugadores centrales (r=0.59). La oposición tiene una influencia significativa en la velocidad de lanzamiento
		En apoyo con carrera con oposición (P)	28.74±1.27	
	Jugadores Amateur (n=35)	En apoyo con carrera sin oposición	25.93±1.32	
		En apoyo con carrera con oposición (P)	23.75±1.48	
	Jugadores en formación (n=46)	En apoyo con carrera sin oposición	24.42±1.84	
		En apoyo con carrera con oposición (P)	23.08±1.29	

(P); Portero, THMB; Lanzamiento con balón medicinal pesado, TLMB-VS; Velocidad de lanzamiento con balón medicinal ligero

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 2. Continuación

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Rivilla-García, Martínez, et al. (2011b)	Jugadores senior (n=43)	En apoyo con carrera sin oposición	25.35±2.20	Los datos indicaron correlaciones no muy altas entre el THMB y las otras pruebas(r=0.40). Los valores de correlación para TLMB-VS fueron muy altos en general (r=0.90) y en todos los grupos. Por el contrario, la correlación entre las pruebas de lanzamiento no fue alta, especialmente en los jugadores U18 (r=0.62), jugadores laterales (r=0.63) y jugadores centrales (r=0.59).El lanzamiento con balón medicinal predice adecuadamente la velocidad de lanzamiento; y que la oposición tiene una influencia significativa en la velocidad específica de lanzamiento
		En apoyo con carrera con oposición (P)	23.53±2.59	
	Jugadores en formación (n=51)	En apoyo con carrera sin oposición	22.09±1.99	
		En apoyo con carrera con oposición (P)	20.08±2.01	
Rivilla-García et al. (2012)	Jugadores de Élite y Amateur (n=48)	Lanzamiento sin oposición	26.96±1.52	VLSO era mayor que VLCO (p<0.01) en todos los casos. Los resultados sugieren que el puesto es determinante en los lanzamientos específicos. Igualmente, la oposición influye significativamente disminuyendo la velocidad de lanzamiento en todos los casos.
		Lanzamiento con oposición (P)	25.85±2.53	
García et al. (2013)	Jugadores experimentados (n=18)	En salto	20.83±1.43	Los expertos lanzan con mayor precisión (P<0.001) que los principiantes en ambas condiciones. Sin embargo, los efectos del tipo de instrucción son diferentes para los diferentes grupos. Los expertos lanzan más rápido que los novatos, en ambas condiciones de lanzamiento (P<0.001).El grupo de expertos se incrementó la velocidad de lanzamiento cuando las instrucciones hicieron hincapié en la velocidad, pero no era menos preciso. Los resultados indican que es conveniente para la velocidad de los expertos hacer lanzamientos para estar cerca de la velocidad máxima, ya que no parecen tener un efecto significativo en la precisión.
	Jugadores sin experiencia (n=24)	En salto	15.76±1.21	

(P); Portero, THMB; Lanzamiento con balón medicinal pesado, TLMB-VS; Velocidad de lanzamiento con balón medicinal ligero, VLSO; Velocidad de lanzamiento sin oposición, VLCO; Velocidad de Lanzamiento con oposición

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 2. Continuación

<b>Autor/es</b>	<b>Muestra</b>	<b>Condiciones de lanzamiento</b>	<b>Velocidad (m·s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Resultados</b>
Wagner, Orwat, et al. (2014)	Jugadores de Élite (n=5) Jugadores experimentados (n=12)	En salto	19.10±1.80	Realizar juegos basados en las exigencias de la competición, muestran validez y fiabilidad a la aplicación en competición de las demandas fisiológicas y biomecánicas a los deportistas
Çetin & Balci (2015)	Jugadores de Élite (n=9)	En apoyo con carrera con precisión	16.50±5.80	Las diferencias entre los grupos en términos de rotación interna y externa de hombro para los brazos dominantes y no dominantes son estadísticamente significativos (p <0.05).
		En apoyo con carrera sin precisión	22.80±6.60	
	Jugadores Amateur (n=9)	En apoyo con carrera con precisión	23.50±6.70	
		En apoyo con carrera sin precisión	22.70±7.80	
Dello Iacono, Ardigò, et al. (2016)	Jugadores de élite RSS (n=9)	En apoyo sin carrera	24.91±0.77	Ambos enfoques de entrenamiento (RSS y SSG) alcanzaron mejoras significativas en todas las variables de rendimiento después de 8 semanas. Se observan mejoras en la velocidad de lanzamiento en salto después de RSS mientras que las mejoras en apoyo sin carrera se obtienen tras el entrenamiento SSG
		En salto	27.96±0.75	
	Jugadores de élite SSG (n=9)	En apoyo sin carrera	26.18±1.18	
		En salto	27.83±1.10	

RSS; Repeat Shuffle Sprint, SSG; Small Sided Game

### **2.1.6 Análisis biomecánico y/o cinemático**

En la ejecución del lanzamiento en balonmano, aún con las diferentes técnicas que se emplean en el juego, la velocidad de salida del balón está influenciada fuertemente por la velocidad máxima angular de la pelvis, el tronco y el hombro (Serrien et al., 2015; Van den Tillaar & Ettema, 2004a; 2007; Wagner & Müller, 2008). Un estudio de Van den Tillaar (2009a) realizando mediciones en la secuenciación de proximal a distal, encontró que las velocidades máximas angulares ocurrían en un orden específico en las articulaciones, independientemente del género y la experiencia de los deportistas (Van den Tillaar & Cabri, 2012). Para efectuar el lanzamiento se comienza con una rotación de la pelvis, seguido de una rotación y flexión del tronco, para finalizar con una pronación del antebrazo y la flexión del hombro en el movimiento de continuación (Wagner et al., 2010a; Wagner, Buchecker, Von Duvillard, & Müller, 2010b; Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, et al., 2012). Del mismo modo, resulta que con jugadores con menor experiencia, la flexión y rotación del tronco sucede antes, resultando una disminución en la velocidad de salida del balón (Wagner, Pfusterschmied, Klous, et al., 2012). Cada técnica del gesto específico posee una cinemática propia, así Wagner et al. (2011) en un estudio comparativo encontraron que el lanzamiento donde se alcanzan los valores más elevados de velocidad, es en apoyo con carrera debido a una mayor aceleración de la pelvis y el tronco sobre el pie apoyado en el suelo (tabla 3). Uno de los factores externos que puede influir, tanto en la biomecánica como en la cinemática, es la oposición (Párraga et al., 2001; Rivilla-García, Grande, Sampedro, & Van den Tillaar, 2011). Esta oposición afecta negativamente a la velocidad, reduciéndola en todos los casos. Rivilla-García et al. (2011) muestran descensos en la velocidad de salida del balón de un 3,9% con la oposición del portero y un 8,6% de pérdida con la oposición de un portero y un jugador defensivo con respecto a los valores alcanzados sin oposición. Aunque no solo la oposición afecta a la cinemática y a la velocidad, sino que también puede ser alterada por: el tiempo de contacto del pie en el suelo en el instante previo a soltar el balón (Rousanoglou, Noutsos, Bayios, & Boudolos, 2014), el porcentaje de esfuerzo que el deportista realiza el lanzamiento (Plummer et al., 2016) y la forma en que realiza el armado del brazo en la fase de aproximación (Van den Tillaar, 2016; Van den Tillaar et al., 2013). En este punto, Plummer et al. (2016) utilizan en su estudio la velocidad de

lanzamiento condicionada por el esfuerzo que debe aplicar el deportista (50%, 75% y 100%), donde observaron diferencias cinemáticas en el hombro, el tronco y la pelvis a través de los niveles de esfuerzo estando la mayoría presentes en el momento de la liberación de la pelota y la máxima rotación interna del hombro, afectando del mismo modo muy significativamente ( $p < 0,001$ ) a la velocidad. Van den Tillaar (2016) y Van den Tillaar et al. (2013) señalan que la velocidad final del lanzamiento puede verse alterada por el tipo de armado de brazo, sin diferencias de género ni experiencia en los jugadores, según sea circular o tipo látigo. El movimiento de armado de brazo circular es más largo en el tiempo ( $p = 0,021$ ) y resulta una mayor velocidad en el momento de liberación de la pelota ( $p = 0,005$ ). Para finalizar, Rousanoglou, Noutsos, Bayios, et al. (2014) muestran como según la experiencia de los jugadores, los deportistas experimentados suelen emplear más tiempo en el apoyo del pie contra el suelo en el momento de despegue del lanzamiento en salto, y a la vez, resultando velocidades de salida del balón más elevadas que los deportistas noveles que utilizando menos tiempo en el último contacto contra el suelo ( $p < 0,05$ ).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 3

Estudios biomecánicos y/o cinemáticos con la velocidad de lanzamiento entre sus variables

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Párraga et al. (2001)	Jugadores de élite ASOBAL (n=16)	En salto con oposición	17.21-20.53	Los resultados muestran diferencias significativas en la velocidad de salida resultante del balón a nivel $p>0.01$ y en la velocidad de la componente horizontal a nivel $p>0.05$ , aunque no se manifiestan diferencias significativas en la componente vertical de la velocidad.
Van den Tillaar & Ettema (2004a)	Jugadores experimentados (n=7)	En apoyo sin carrera	18.20-24.10	Los sujetos no cambian su patrón "global" coordinación (cinemática) dentro del intervalo ensayado de pesos de la bola. Un modelo simple reveló que el 67% de la velocidad de la pelota en el lanzamiento pelota fue explicado por la suma de los efectos de la velocidad de la extensión del codo y la rotación interna del hombro
Van den Tillaar & Ettema (2007)	Jugadores experimentados (n=11)	En apoyo sin carrera	21.55±1.77	Se encontró una correlación significativa entre la velocidad máxima de la pelota y la velocidad de la rotación interna del hombro en el momento de la liberación ( $r=0.67$ ; $p=0.024$ )
Wagner & Müller (2008)	Jugadores experimentados (n=2)	En apoyo sin carrera	21.00-25.00	Correlaciones significativas entre la velocidad máxima del lanzamiento y la velocidad de la rotación interna del hombro durante la ejecución
Van den Tillaar & Ettema (2009b)	Jugadores experimentados (n=11)	En apoyo sin carrera	20.00	se observó una secuencia temporal de proximal a distal solamente para la iniciación de los movimientos de la articulación del hombro en el lanzamiento
Wagner et al. (2010a)	Jugadores de Élite (n=12)	En apoyo con carrera. Con oposición	24.00±1.30	Pocas diferencias en el armado de brazo en diferentes lanzamientos. En ambos los jugadores tratan de mover los segmentos corporales lo más rápido posible. Hay alteraciones en la posición del tronco
		En apoyo con carrera. Lanzamiento de cadera. Con oposición	22.60±1.70	

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 3. Continuación

<b>Autor/es</b>	<b>Muestra</b>	<b>Condiciones de lanzamiento</b>	<b>Velocidad (m·s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Resultados</b>
Wagner et al. (2010b)	Jugadores de Élite (n=12)	En salto	22.30±1.50	Para alcanzar mayor velocidad de lanzamiento en el salto, los jugadores deben aumentar la velocidad de rotación del tronco y la velocidad angular del hombro
	Jugadores de Nivel Bajo (n=14)	En salto	18.00±1.90	
Rivilla-García et al. (2011)	Jugadores de Élite (n=30)	Lanzamiento en salto sin oposición	26.80	Un aumento de los estímulos externos, probablemente influye en la cinemática de lanzamiento y por lo tanto la velocidad del balón máxima. Sin embargo, la experiencia no parece ser un factor que puede reducir la influencia de estos estímulos externos. La velocidad de lanzamiento sin oposición fue un 3,9% más rápida que con la oposición del portero y un 8,6% más rápida que con la oposición del portero y un jugador defensivo
		Lanzamiento en salto con oposición (P)	26.00	
		Lanzamiento en salto con oposición (P-D)	25.30	
	Jugadores Amateur (n=36)	Lanzamiento en salto sin oposición	25.40	
		Lanzamiento en salto con oposición (P)	24.00	
		Lanzamiento en salto con oposición (P-D)	23.10	
	Jugadores en formación (n=53)	Lanzamiento en salto sin oposición	23.20	
		Lanzamiento en salto con oposición (P)	22.60	
		Lanzamiento en salto con oposición (P-D)	21.00	



“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 3. Continuación

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Wagner et al. (2011)	Jugadores de Élite (n=14)	En apoyo sin carrera	22.30±1.20	Se encontraron diferencias significativas (p <0.001) en el rendimiento entre las cuatro técnicas de lanzamiento para la velocidad, pero no para el porcentaje de lanzamientos perdidos. Incluso utilizando diferentes técnicas de lanzamiento, la biomecánica del brazo de ejecución no se ve muy alterada, ya que prácticamente en todos los lanzamientos ejecutados el movimiento y velocidad del brazo se prácticamente el mismo
		En apoyo con carrera	23.90±1.20	
		En salto	21.90±1.60	
		Pivoteando	20.40±1.20	
Van den Tillaar & Cabri (2012)	Jugadores de Élite (n=11)	En apoyo sin carrera	21.10	La velocidad de lanzamiento de los jugadores de balonmano masculino fue significativamente mayor que la de las mujeres (p<0.05). No se encontraron diferencias importantes en la cinemática, excepto en las velocidades máximas de los extremos del segmento de mano y muñeca, lo que indica que los jugadores de balonmano masculino y femenino lanzan con la misma técnica.
	Jugadoras de Élite (n=11)	En apoyo sin carrera	19.20	
Wagner, Pfusterschmied, Klous, et al. (2012)	Jugadores sin experiencia (n=8)	En apoyo sin carrera	17.10	Los jugadores con experiencia mantienen niveles de velocidad de lanzamiento elevados incluso con variabilidad en la técnica ejecutada y en las diferentes instrucciones que pueden recibir
		En apoyo con carrera	18.90	
		En salto	17.80	
	Jugadores experimentados (n=8)	En apoyo sin carrera	21.10	
		En apoyo con carrera	23.80	
		En salto	20.90	
	Jugadores de Élite (n=8)	En apoyo sin carrera	22.80	
En apoyo con carrera		22.00		
En salto		24.00		

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 3. Continuación

<b>Autor/es</b>	<b>Muestra</b>	<b>Condiciones de lanzamiento</b>	<b>Velocidad (m·s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Resultados</b>
Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, et al. (2012)	Jugadores sin experiencia (n=8)	En apoyo con carrera	17.80±2.10	La experiencia no hace que los jugadores realicen el lanzamiento con una técnica diferente. Lo que se modifica con la experiencia es la velocidad de los segmentos. En concreto, el comienzo retrasado de la flexión del tronco al efectuar el lanzamiento
	Jugadores experimentados (n=8)	En apoyo con carrera	22.70±2.80	
	Jugadores de Élite (n=8)	En apoyo con carrera	24.20±2.80	
Van den Tillaar et al. (2013)	Jugadores experimentados (n=22; 11 hombres y 11 mujeres)	En apoyo sin carrera (armado circular)	21.90±2.00	El tiempo hasta alcanzar la velocidad máxima de los movimientos de las articulaciones estaba generalmente más cerca de la liberación de la bola con el armado circular (p=0.021). El movimiento de lanzamiento con armado circular es más largo con comparación con el armado tipo látigo.
		En apoyo sin carrera (armado tipo látigo)	20.60±2.00	
Rousanoglou, Noutsos, Bayios, et al. (2014)	Jugadores de Élite (n=15)	En apoyo con carrera	27.60±2.50	Las variables de GRF difirieron significativamente entre los grupos en la toma de 3 pasos (p<0.05). Se encontraron correlaciones significativas sólo para la velocidad de la bola y predominantemente para los jugadores principiantes durante el disparo de 3 pasos (p<0.05)
		En salto	23.20±2.10	
	Jugadores sin experiencia (n=15)	En apoyo con carrera	19.60±1.70	
		En salto	17.50±1.50	
Serrien et al. (2015)	Jugadores semiprofesionales (n=10)	En apoyo con carrera	21.05±3.53	Los jugadores mostraron más actividad en el plano transversal (rotación de la pelvis y del tronco y abducción horizontal del hombro), mientras que los jugadores femeninos de balonmano mostraron más actividad en el plano sagital (flexión del tronco). También la maniobra de armado del brazo fue bastante diferente
	Jugadoras semiprofesionales (n=10)	En apoyo con carrera	16.33±2.16	

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 3. Continuación

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Plummer et al. (2016)	Jugadores experimentados (n=11)	50% esfuerzo lanzamiento	16.80±4.40	Se observaron diferencias cinemáticas en el hombro, el tronco y la pelvis a través de los niveles de esfuerzo a lo largo de la serie de lanzamientos, siendo la mayoría de ellas presentes en la liberación de la pelota y en la rotación interna máxima del hombro. Se observaron diferencias significativas en la velocidad de lanzamiento entre los tres niveles de esfuerzo (p<0.001)
		75% esfuerzo lanzamiento	19.70±3.70	
		100% esfuerzo lanzamiento	21.80±5.60	
Van den Tillaar (2016)	Jugadores de élite (n=11)	En apoyo sin carrera (armado circular)	22.50	Se obtuvieron velocidades de lanzamiento más altas para ambos sexos cuando se usó la técnica con el armado circular (p=0.005). Además, el tipo de lanzamiento fue también diferente (p<0.001) en apoyo con carrera fue mayor que los otros dos tipos de lanzamientos
		En apoyo sin carrera (armado tipo látigo)	21.10	
		En apoyo con carrera (armado circular)	24.20	
		En apoyo con carrera (armado tipo látigo)	22.50	
		En salto (armado circular)	21.70	
	Jugadoras de élite (n=11)	En salto (armado tipo látigo)	21.10	
		En apoyo sin carrera (armado circular)	21.30	
		En apoyo sin carrera (armado tipo látigo)	20.10	
		En apoyo con carrera (armado circular)	22.40	
		En apoyo con carrera (armado tipo látigo)	22.10	
En salto (armado circular)	19.90			
En salto (armado tipo látigo)	20.00			

### **2.1.7 Valoraciones antropométricas**

Se han comparado, en diferentes estudios (tabla 4), jugadores de élite y jugadores con menos experiencia, resultando que los jugadores de élite eran más altos, más fuertes y más pesados que los jugadores con menos experiencia (Bayios et al., 2001; Gorostiaga et al, 2005; Laffaye et al., 2012; Wagner et al., 2010a). Del mismo modo, Van den Tillaar & Ettema (2004b) señalan que las diferencias de género con respecto a la fuerza y a la velocidad de lanzamiento, se encuentran en el efecto positivo del tamaño corporal y la masa muscular. En esta misma línea, Debanne & Laffaye (2011) encontraron que todas las variables antropométricas generales (masa corporal, masa magra, altura, IMC) se correlacionan con la velocidad de salida del balón ( $r>0,55$ ;  $p<0,001$ ). Del mismo modo, Rousanoglou, Noutsos, & Bayios (2014) encontraron esas mismas diferencias antropométricas en jugadores jóvenes de élite, por lo que en los procesos de selección de talentos se suelen buscar jugadores que puedan alcanzar valores antropométricos positivos. Para finalizar, se puede decir que las características físicas también están relacionadas con las posiciones de juego. Krüger et al. (2014) encontraron en jugadores participantes en la élite alemana en competición que con respecto a los datos antropométricos, los extremos mostraron una altura y peso significativamente más bajos en comparación con los jugadores de otras posiciones ( $p<0.05$ ). Por otra parte, el índice de masa corporal (IMC) de pivotes fue significativamente mayor en comparación con extremos y laterales ( $p<0.05$ ).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 4  
Estudios desde la perspectiva antropométrica con la velocidad de lanzamiento como variable independiente

<b>Autor/es</b>	<b>Muestra</b>	<b>Condiciones de lanzamiento</b>	<b>Velocidad (m·s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Resultados</b>
Van den Tillaar & Ettema (2004b)	Jugadores experimentados (n=20)	En apoyo sin carrera	23.20	La fuerza y la velocidad muestran una relación independiente, refuerza la noción de que la diferencia de género se basa en la diferencia en la masa muscular.
	Jugadoras experimentadas (n=20)	En apoyo sin carrera	19.10	
Debanne & Laffaye (2011)	Jugadores entrenados (n=42)	En apoyo sin carrera	21.70±2.53	Todas las variables antropométricas generales (masa corporal, masa magra, altura corporal, IMC) se correlacionaron con la velocidad de lanzamiento (r>0.55; p<0.001). La potencia máxima media se obtuvo con una carga media correspondiente al 42,5% del valor de press de banca 1-RM y estaba fuertemente correlacionada con la velocidad de lanzamiento (r=0.65; p<0.001)
Laffaye et al. (2012)	Jugadores de Élite (n=13)	En apoyo sin carrera	25.45±1.34	Los jugadores de élite son más altos (+ 7,75%) y más pesados (+ 24%) que los jugadores expertos, y tienen mayor fuerza de la extremidad superior (+ 23%), todos p <0.05. La ANOVA reveló un efecto significativo de la experiencia (p<0.001) y del tipo de lanzamiento (p<0.0001) sobre la velocidad de la bola, pero sin efecto de interacción.
		En apoyo con carrera	27.79±1.28	
	Jugadores experimentados (n=13)	En apoyo sin carrera	21.91±1.11	
		En apoyo con carrera	23.96±1.40	

IMC; Índice de Masa Corporal, 1-RM; 1 Repetición Máxima

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 4. Continuación

Autor/es	Muestra	Condiciones de lanzamiento	Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	Resultados
Krüger et al. (2014)	Jugadores profesionales 1 <sup>a</sup> División Alemana (n=34)	En apoyo sin carrera	20.20-23.70	Con respecto a los datos antropométricos, los extremos mostraron una altura y peso significativamente más bajos en comparación con los jugadores de otras posiciones (p< 0.05). Por otra parte, el índice de masa corporal (IMC) de pivotes fue significativamente mayor en comparación con extremos y laterales (p<0.05). En cuanto a las diferencias entre las clases de juego, encontramos que los pivotes de la primera división tenían un peso corporal significativamente mayor y el IMC que pivotes de la segunda división (p<0.05)
		En apoyo con carrera	20.20-25.20	
		En salto	19.70-23.80	
	Jugadores profesionales 2 <sup>a</sup> División Alemana (n=31)	En apoyo sin carrera	19.80-20.50	
		En apoyo con carrera	19.60-23.00	
		En salto	19.50-20.20	
Rousanoglou, Noutsos, & Bayios (2014)	Jugadores de élite en formación (n=60)	En apoyo sin carrera	24.14±1.89	El efecto global del nivel de juego fue significativo (p<0.05) para la antropometría (longitud de la mano y anchura y masa corporal y características de aptitud física (velocidad de lanzamiento y salto horizontal). Las diferencias significativas (p<0.05) entre U16 y U18 [mayor longitud de la mano (p=0.042), anchura de la mano (p=0.044) y velocidad lanzamiento (p=0.002) en U18], así como entre U16 y U20 [mayor Masa corporal (p=0.027), velocidad lanzamiento (p=0.001) y salto horizontal (p=0.041) en U20]. No se encontraron diferencias significativas entre U18 y U20 (p> 0.05)

U16; Sub16, U18; Sub-18, U20; Sub-20

### **2.1.8 Conclusión**

Se puede llegar a la conclusión que parte de los factores del rendimiento en el lanzamiento en balonmano para alcanzar valores elevados de velocidad, se debe a:

- La antropometría de los jugadores, ya que conforme mayor tamaño corporal suelen tener, mayores valores de velocidad son capaces de alcanzar, incluso teniendo en cuenta la posición en el juego.
- La fuerza y la potencia que sean capaces de alcanzar los deportistas tanto del tren superior como del tren inferior, mediante un entrenamiento específico para aumentar el rendimiento de los movimientos propios del deporte, así como para evitar una disminución en los periodos posteriores a la competición.
- Una óptima coordinación del movimiento específico debido a la secuenciación proximal a distal y al aumento de la máxima velocidad angular en las rotaciones del tronco y del hombro para adaptarse a diferentes situaciones (con oposición o sin oposición)

### **2.1.9 Aplicaciones prácticas**

- Para mejorar la velocidad de lanzamiento, los programas de entrenamiento de fuerza pueden tener una duración de 6-12 semanas con 2-3 sesiones por semana (Chelly et al., 2014).
- Se deben realizar ejercicios básicos de fuerza y potencia (press de banca pectoral, sentadillas y rotación de tronco (Marques, Marinho, & Van den Tillaar, 2010)
- Para intentar aumentar la máxima velocidad angular de rotación en el hombro, se pueden realizar lanzamientos con pelotas más pesadas y más ligeras que las de peso reglamentario (Van den Tillaar & Ettema, 2011).

## 2.2 La técnica

En el balonmano, la proyección del balón por encima de la cabeza es una de las actividades principales del juego y se utiliza tanto para comunicarse con los compañeros a través del pase como para finalizar las acciones para marcar goles (Van den Tillaar & Cabri, 2012; Zapartidis et al., 2009). Por lo que el entrenamiento puede intentar lograr una mejora de la velocidad de lanzamiento mediante una optimización de la técnica (Van den Tillaar & Cabri, 2012). Aun así, para lograr la máxima velocidad, los jugadores deben tener una técnica adecuada caracterizada por la sincronización y coordinación de las acciones consecutivas de los segmentos corporales, es decir una óptima coordinación intermuscular, junto con valores óptimos de fuerza y potencia muscular, tanto en las extremidades superiores como inferiores (Raeder et al., 2015). La técnica de lanzamiento varía entre jugadores y entre los diferentes deportes, en los que es el objetivo final del juego. La técnica se puede ver influenciada por diferencias en el rango de movimiento y en el momento de la aceleración de la pelvis y la rotación del tronco dependiendo del contacto con el suelo, en la flexión del tronco provocada por los posibles contactos del adversario durante la acción, en balonmano, y en la flexión del hombro y su rotación en función de los movimientos del brazo en la fase de despegue, en el voleibol (Wagner, Pfusterschmied, et al., 2014). Así, cada jugador puede tener una técnica de diferente o adaptarla en función de las situaciones en las que se encuentre la acción (Gutiérrez-Dávila, Ortega, & Párraga, 2013; Gutiérrez-Dávila et al., 2011; Rojas, Gutiérrez, Ortega, Párraga, & Campos, 2011). Las situaciones de juego cambian continuamente durante el partido, así como durante el movimiento articular, provocando que los deportistas deban alcanzar una buena variabilidad del movimiento en la técnica de lanzamiento (Wagner, Pfusterschmied, Klous, et al., 2012). Sobre esta incidencia de la variabilidad de movimiento que se produce durante el juego, Wagner et al. (2010a) en un estudio biomecánico de la finalización en función de la situación de un jugador defensivo, muestra como el lanzador modifica la posición del brazo para optimizar el lanzamiento (figura 10) dependiendo si quiere superar la oposición del defensor por encima o por un lado.



“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

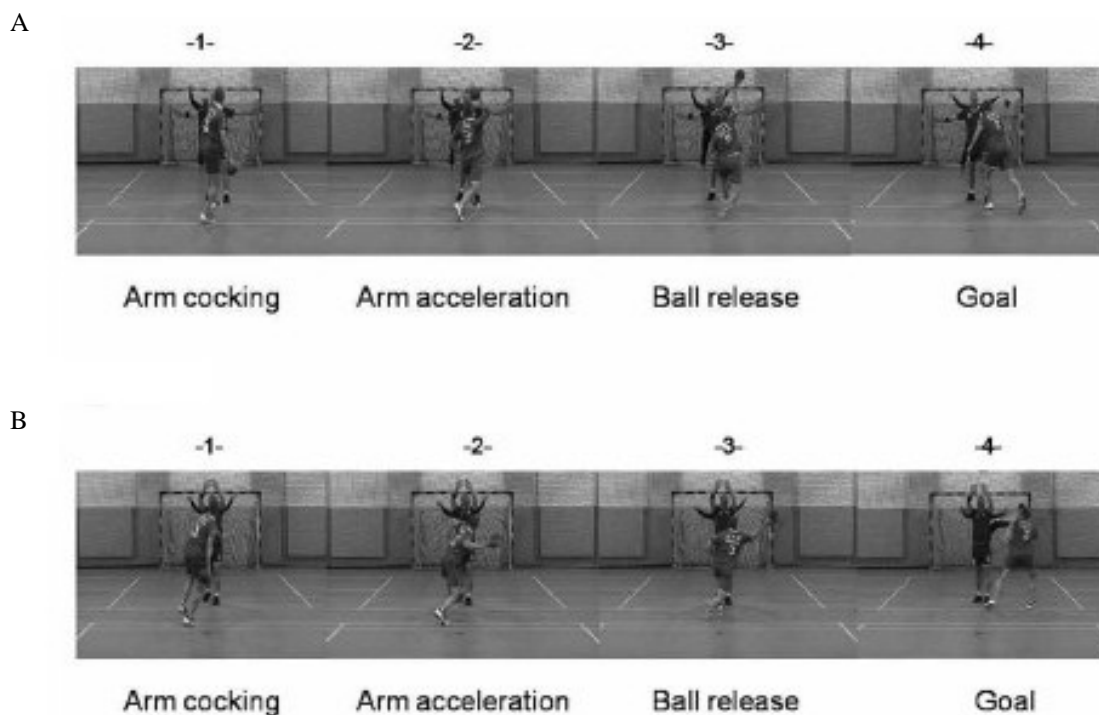


Figura 10. Secuencia de movimiento de lanzamiento en el balonmano de pie por encima (A) y lateral (B) (Wagner et al., 2010a, p.470)

Cada jugador posee un proceso de aprendizaje de la técnica diferente, es decir, realiza el lanzamiento conforme ha desarrollado en el entrenamiento su coordinación y sincronización muscular (Raeder et al., 2015). Según la experiencia del deportista en cuanto a la incorporación al juego, el enfoque de los ejercicios durante el entrenamiento y la lateralidad, se puede producir diferencias en la coordinación del gesto específico de unos jugadores a otros. De este modo, se puede señalar que aunque cada jugador tenga una técnica diferente, las directrices de coordinación y de fuerza en el entrenamiento específico están relacionadas (Serrien et al., 2015).

Según diversos estudios (Gray et al., 2006; Van den Tillaar & Ettema, 2006; 2009a; Zaras et al., 2013) la velocidad del lanzamiento en ambos brazos, dominante y no dominante, de la pelota y los extremos de los segmentos corporales y sus tiempos se ven afectados por la enseñanza de una manera similar en ambos brazos. Este hallazgo indica que la experiencia del entrenamiento no está relacionada con la velocidad y la precisión sino que está relacionada con las características antropométricas (es decir, la mano

anchura, la fuerza de prensión, el tamaño corporal y las proporciones), la compensación del antebrazo, la capacidad de equilibrio, las habilidades visuales, y también la técnica es decir, la coordinación y la sincronización neuromuscular (Raeder et al., 2015; Van den Tillaar & Ettema, 2006). Por lo que, la formación del jugador no es relevante, y en jugadores expertos y noveles, van a existir las mismas diferencias de velocidad entre ambos brazos, dominante y no dominante.

Una de las razones por las que los sujetos no expertos no pueden lanzar rápido con el brazo dominante es que no han desarrollado los mecanismos de coordinación para explotar momentos de interacción en el lanzamiento (Van den Tillaar & Ettema, 2006; Wagner & Müller, 2008) . Lo mismo puede ocurrir entre el brazo dominante y no dominante de un mismo sujeto. Evidentemente, el patrón de movimiento del brazo dominante es más eficaz, pero en jugadores expertos está más consolidado. Un estudio de Wagner et al. (2011) con jugadores expertos en cuatro tipo de lanzamientos de balonmano diferentes, dependiendo del contacto con el suelo, fueron capaces de utilizar dos estrategias diferentes para acelerar la pelvis y el tronco para producir diferencias en la velocidad de salida de balón. Según los autores, los jugadores fueron capaces de utilizar el brazo ejecutor de manera similar en las cuatro técnicas empleadas.

A partir de aquí, se puede señalar que las diferencias entre ambos brazos se pueden deber a que, en el brazo no dominante no han desarrollado los mecanismos de coordinación de manera efectiva para aprovechar los momentos de interacción (Gray et al., 2006; Hirashima & Ohtsuki, 2008). Aunque, existe una relación entre la coordinación dominante y no dominante en el lanzamiento, por lo que si un individuo obtiene la capacidad de ejecución de forma ambidiestra, puede aumentar con mayor facilidad su velocidad en ambos brazos a través de la transferencia (Sachlikidis & Salter, 2007). Aunque hay diferencias técnicas entre ambos brazos, existe una estabilidad en el gesto (Van den Tillaar & Ettema, 2006; Williams, 1996) y se puede deber por existir patrones de movimiento diferentes (Hore et al., 2005; Hore, Watts, Tweed, & Miller, 1996; Van den Tillaar & Ettema, 2009a; Williams, 1996).

Gracias a un estudio comparativo (Sachlikidis & Salter, 2007) entre brazo dominante y no dominante que se hizo en jugadores de cricket sub-17 y sub-19 de alto nivel, se pudo demostrar la importancia del trabajo técnico para la mejora de la velocidad de salida del balón, aunque se debe señalar que la mejora técnica tiene un límite y la velocidad de salida del balón aumenta hasta la máxima automatización del gesto. Aunque en los deportes en los que se realizan lanzamientos con una elevada velocidad final, una transferencia óptima del impulso de proximal a distal, es importante para mejorar el rendimiento (velocidad máxima de la pelota) (Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, et al., 2012). A partir de ahí, ya no hay mejora por motivos técnicos y empiezan a tenerse en cuenta otros factores, por ejemplo la aplicación de programas de fuerza. De todas formas, la aplicación de fuerza exclusivamente para la mejora del gesto específico no parece que sea la manera de incrementar las prestaciones en velocidad en deportistas ya formados con gestos automatizados (Ettema et al., 2008). Por lo tanto, hay que señalar que un solo factor no es suficiente para mejorar las prestaciones en velocidad de salida del balón en un jugador de balonmano.

Para aumentar la velocidad de lanzamiento, uno de los factores que se deben tener en cuenta, aparte de la fuerza del individuo, es el tiempo que necesita para realizar la acción. Con un mayor tiempo de preparación del gesto específico, los valores de velocidad pueden ser más altos a igual fuerza del jugador (Zapartidis et al., 2007; Zapartidis et al., 2009). Por lo que si el jugador en el momento de la finalización tiene oponentes o si utiliza una técnica diferente, la velocidad de salida del balón resultante se verá afectada por dichas variables (Wagner et al., 2010a).

Para poder mejorar, hay que tener en cuenta las fluctuaciones que la velocidad de salida de balón tiene en los jugadores de alto nivel en los diferentes momentos de la temporada (Gorostiaga et al., 2005; Gorostiaga et al., 2006; Granados et al., 2007; Granados et al., 2008; Marques & González-Badillo, 2006) en los que se ve claramente como el momento de la temporada influye en los picos de velocidad de salida de balón. Teniendo en cuenta esto, se pueden aplicar diferentes métodos de entrenamiento, en distintos periodos de la temporada, para intentar aumentar o mantener la velocidad máxima de salida de balón.

### **2.2.1 Relación entre la velocidad de lanzamiento y la precisión**

El lanzamiento se considera una de las habilidades técnicas más importantes en el balonmano, ya que es una de las principales acciones que realizan los jugadores sin ser abordados u obstaculizados por los jugadores defensivos rivales (Wagner et al., 2011; Zapartidis et al., 2009). En balonmano, la velocidad y la precisión del gesto específico se consideran que son los principales parámetros de rendimiento durante el juego pero no se pueden optimizar de forma simultánea (Çetin & Balci, 2015; Freeston & Rooney, 2014). Párraga et al. (2001) en un estudio de lanzamiento en salto en jugadores expertos, encontraron que la precisión no era afectada por la velocidad de salida del balón. Aunque en deportes en los que la precisión se puede ver influida por una variable impredecible como el portero, en balonmano y waterpolo, no se debe tener en cuenta para relacionar la velocidad y la precisión cuando existe esta oposición (Freeston, Rooney, Smith, & O’Meara, 2014).

Como se ha señalado anteriormente, Raeder et al. (2015) muestran que la precisión está relacionada con las características antropométricas (es decir, la anchura de la mano, la fuerza de prensión, el tamaño corporal y las proporciones), la capacidad de equilibrio, las habilidades visuales, y también la técnica (es decir, la coordinación y la sincronización neuromuscular). Pero, no solo factores propios del jugador pueden influir en la precisión, sino que también la particularidad del deporte y la oposición de los rivales. En las finalizaciones sin o con oposición no hay diferencias en la velocidad de salida del balón en los jugadores pero si hay diferencias en determinados factores biomecánicos (López, 2005).

Según Raeder et al. (2015) para lograr la máxima velocidad en la finalización, los jugadores de balonmano deben tener una técnica adecuada caracterizada por la sincronización y coordinación de las acciones consecutivas de los segmentos corporales, es decir una óptima coordinación intermuscular, junto con valores óptimos de fuerza y potencia muscular, tanto en las extremidades superiores como inferiores. En un estudio de García et al. (2013) con jugadores expertos sobre la influencia de las instrucciones en el lanzamiento en la velocidad y la precisión, cuando se hacía hincapié en las instrucciones sobre la velocidad, esta aumentaba pero no eran menos precisos. Según

los autores, en cuanto a la influencia de las instrucciones, los resultados de la precisión indican que los jugadores expertos son capaces de mantener la precisión, a pesar de las demandas de velocidad de salida del balón. Aun cuando se requiera tener una mayor precisión, se deben realizar los movimientos del gesto específico a la velocidad máxima del deportista (Freeston & Rooney, 2014; García et al., 2013).

### **2.3 La cinemática**

El lanzamiento en balonmano tiene una mecánica suficientemente estudiada desde diversas perspectivas: antropométricas y físicas (Laffaye et al., 2012; Plummer et al., 2016; Rousanoglou, Noutsos, Bayios, et al., 2014; Saeterbakken et al., 2011; Schwesig et al., 2016; Van den Tillaar & Ettema, 2004b; Zapartidis et al., 2009), cinemáticas (Berguen et al., 2009; Hore et al., 1996; Serrien et al., 2015; Van den Tillaar & Cabri, 2012; Van den Tillaar et al., 2013; Wagner et al., 2010a; 2010b; Wagner et al., 2011; Wagner, Pfusterschmied, Klous, et al., 2012; Wagner, Pfusterschmied, et al., 2014; Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, et al., 2012), biomecánicas (Eliasz et al., 1990; López, 2005; Sachlikidis & Salter, 2007; Van den Tillaar, 2005; Wagner & Müller, 2008), entrenamiento y fuerza (Skoufas et al., 2003; Skoufas et al., 2008; Van den Tillaar & Ettema, 2006; 2009a; Zapartidis et al., 2007), entre otras. Otros estudios sobre la cinemática en tres dimensiones del lanzamiento en balonmano que operan dentro de un enfoque determinista (Chow & Knudson, 2011) eran capaces de encontrar diferencias con variables cinemáticas o temporales entre jugadores de diferentes niveles de competición (Wagner et al., 2010b; Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, et al., 2012), diferentes edades y deportes con gestos específicos diferentes (Wagner, Orwat, et al., 2014).

Así, se puede señalar que también influye el grado de oposición o la zona de la finalización y la posición del jugador en el terreno de juego (Bárceñas & Román Seco, 1991; Bayer, 1987; Cherif et al., 2016; Freeston et al., 2014; Massuça, Branco, Miarka, & Fragoso, 2015; Rivilla-García et al., 2011; Rivilla-García, Martínez, et al., 2011a; Rivilla-García, Martínez, et al., 2011b; Rousanoglou, Noutsos, & Bayios, 2014; Vila et al., 2008; Zapartidis et al., 2011). Además conviene señalar que es diferente la técnica

que ejecuta un jugador en apoyo clásico que el que realiza en suspensión, como se podrá comprobar más adelante. Esta diferencia puede existir porque se produce una fase de vuelo, aunque en el movimiento del brazo, en jugadores de élite, tienen la misma ejecución (Wagner et al., 2011).

También se pueden encontrar diferencias mecánicas en la ejecución si los sujetos son expertos o noveles (García et al., 2013; Rousanoglou, Noutsos, Bayios, & Boudolos, 2015; Skoufas et al., 2008; Van den Tillaar & Ettema, 2006; Wagner, Pfusterschmied, Klous, et al., 2012; Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, et al., 2012), incluso si el lanzamiento se realiza con el brazo dominante o no dominante (Ettema et al., 2008; Genevois et al., 2014; Gray et al., 2006; Hore et al., 2005; Noguchi et al., 2014; Timmann, Lee, Watts, & Hore, 2008; Van den Tillaar & Ettema, 2009a).

En la misma línea de estudios cinemáticos de deportes en los que se produce un movimiento de finalización sobre la cabeza, los autores Wagner, Pfusterschmied, et al. (2014) indican en su trabajo de análisis de las secuencias de movimiento del gesto específico en balonmano en salto, en el saque de tenis y en el remate de voleibol que el orden de secuencia de segmentos de proximal a distal fue igual en los tres movimientos analizados (figura 11). Los autores resaltan la igualdad durante la secuenciación de los ángulos proximal a distal y la poca diferencia en la fase de aceleración. Estos datos indican que puede existir un patrón motor general en los movimientos de lanzamientos, modificable si se tiene un implemento o no (raqueta) y diferente en la fase de despegue (con una o dos piernas).

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

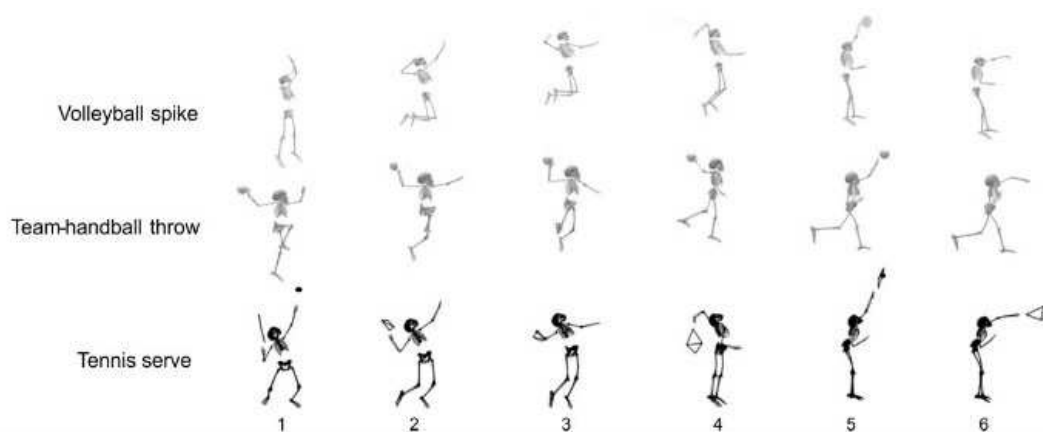


Figura 11. Secuencia de movimiento del lanzamiento de balonmano en salto, saque de tenis y remate de voleibol (Wagner, Pfusterschmied, et al., 2014, p.348)

Van den Tillaar (2005) en su estudio añade que las diferencias en la cinemática durante los lanzamientos en los diferentes deportes puede estar causado por la diferencia de peso o el tamaño del objeto que se lanza. Este estudio compara la cinética y la cinemática entre diferentes disciplinas deportivas: waterpolo, béisbol, jabalina y balonmano (figura 12). Esta comparativa mostró valores más altos en la velocidad de lanzamiento y la máxima velocidad de extensión del codo en el béisbol y los valores más bajos en waterpolo.

La cinemática y la cinética del gesto específico se clasifica en seis fases (Raeder et al., 2015; Van den Tillaar, 2005) y atendiendo a la comparativa entre los diferentes lanzamientos comparten fases y puntos característicos (figura 12). Estas fases son: aproximación, zancada, armado, aceleración del brazo, deceleración del brazo y continuación. Seguidamente, se va a describir los puntos que tienen en común los diferentes lanzamientos según Van den Tillaar (2005).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

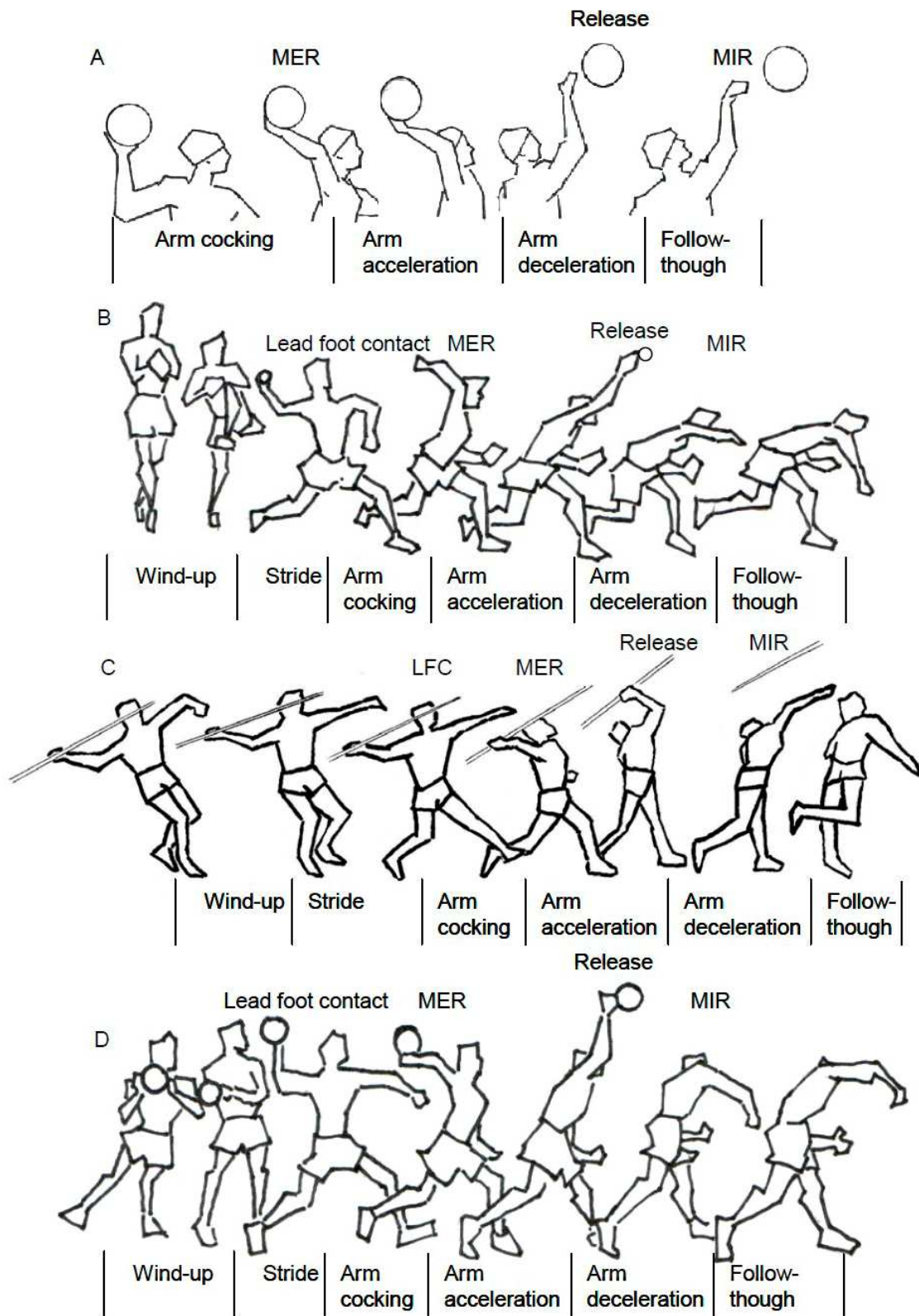


Figura 12. Diferentes fases y puntos característicos de los lanzamientos en (A) Waterpolo, (B) Béisbol, (C) Jabalina y (D) Balonmano (Van den Tillaar, 2005, p. 11)



### *Fase de aproximación*

Durante la fase aproximación, en el béisbol, el cricket, el fútbol americano (quarterback), el waterpolo y el balonmano el codo se flexiona mientras se inicia la fase y el movimiento de lanzamiento no se llega a iniciar aún. En el balonmano, en la fase de aproximación, ya vayan a realizar los jugadores en apoyo con carrera o en suspensión, el movimiento del brazo ejecutor se realiza de forma circular o tipo látigo (Van den Tillaar et al., 2013).

### *Fase de zancada*

Durante la fase de zancada en el béisbol, el cricket, el fútbol y el balonmano, el codo está extendido y luego flexionado. La magnitud de la flexión del codo es muy variable entre los diferentes deportes y nivel de desarrollo que puede tener cada deportista. La fase de zancada en el waterpolo está presente y se produce cuando el balón se saca del agua y se extiende el codo.

### *Fase de armado del brazo*

En esta fase, el ángulo del codo logra su grado máximo de flexión en béisbol, balonmano, críquet, waterpolo y el quarterback de fútbol americano. Durante esta fase se aumentan las fuerzas de compresión en el brazo y se produce la máxima rotación externa (MRE) en la articulación del hombro.

### *Fase de Aceleración del brazo*

Durante esta fase, el codo se extiende buscando la máxima velocidad en todas las disciplinas excepto en el lanzamiento de jabalina. En el lanzamiento de jabalina, durante esta fase, el codo primero se flexiona y después se extiende. Durante esta aceleración del brazo, en el codo se produce una extensión y se alcanza su velocidad angular máxima. En la mayoría de los deportes analizados en el artículo señalado, esta velocidad angular máxima se alcanza cerca de la mitad del recorrido (sobre el 91% de la velocidad de salida del balón final). La velocidad angular máxima de extensión del codo se debe a la rotación del tren superior y al movimiento de aducción del hombro y es

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

diferente en cada disciplina deportiva dependiendo del género, del gesto específico y del nivel de juego.

### *Fase de desaceleración del brazo*

En esta fase, el codo después del movimiento de extensión máximo anterior, se detiene y comienza a flexionarse de nuevo. Para que se produzca esta parada y continuación, se realiza una contracción excéntrica para la flexión. Para evitar una luxación en la articulación, se produce una fuerza máxima de compresión justo después de soltar el móvil del lanzamiento y se produce la máxima rotación interna (MRI) del hombro.

### *Fase de continuación*

Durante esta fase, el movimiento continúa hasta que la velocidad angular llega a 0. Así, la fuerza de compresión que se produce en el codo debe ser significativamente menor que los niveles alcanzados en la fase previa.

Van den Tillaar (2005) concluye que los gestos específicos en las diferentes disciplinas tienen una mecánica muy similar, diferenciándose en el tamaño y el peso del móvil que se lanza. Por lo que, la diferencia de la velocidad de salida de la pelota también resulta visible en las diferencias en la velocidad máxima de extensión del codo según los diferentes deportes. Así, el béisbol es el deporte que registra una mayor velocidad de extensión del codo, seguido del lanzamiento de jabalina, el críquet, el quarterback de fútbol americano, el balonmano y el waterpolo.

Se puede buscar cierta concreción en los jugadores de balonmano y en la misma línea que muestra el análisis cinemático del gesto específico (Van den Tillaar, 2005), como se ha visto con anterioridad, que la técnica que posea el jugador tendrá asociada una determinada mecánica. De igual modo, existe una relación entre la fuerza en el hombro y la velocidad de lanzamiento, por lo que si se aumenta la velocidad de movimiento en el hombro, desde su máxima rotación externa a la máxima rotación interna, y en el codo con la velocidad angular máxima de extensión, el balón saldrá con mayor velocidad hacia la meta (Van den Tillaar, 2005; Wagner et al., 2010a; Wagner & Müller, 2008). La implicación del rotador interno del hombro tiene una gran importancia, ya que el

73% de la contribución a la velocidad de salida del balón se realiza con la velocidad máxima de rotación interna del hombro y la velocidad máxima de extensión del pectoral durante el lanzamiento (Van den Tillaar & Ettema, 2007; Wagner et al., 2010b). Por lo que se sigue demandando mejoras en la potencia del hombro para poder aumentar la velocidad de desplazamiento de la carga y aumentar la velocidad del gesto específico en los jugadores de balonmano (Bayios et al., 2001). Este campo de estudio cinemático entre la fuerza, la velocidad de rotación en el hombro y la velocidad de salida del balón en los jugadores de balonmano, puede dar fruto a futuras investigaciones sobre el tema.

En el hombro a nivel articular, tener unos parámetros altos de velocidad de salida del balón, pueden provocar un compromiso que derive en lesión deportiva. Aunque el aumento del riesgo de lesión en el hombro, no son debidas completamente a dicha mecánica, sino a que, en el momento de la finalización del movimiento, aumentan los microtraumatismos derivados por el estrés competitivo y, a su vez, disminuye la aplicación de la fuerza por posibles cambios en el rango de movimiento y reducción del rendimiento de los rotadores externos (Nissen et al., 2009; Urbin et al., 2013; Yu & Lee, 2013). Otro factor de riesgo importante puede estar en la inestabilidad de la capsula posterior de la articulación del hombro provocado por la retroversión glenoidea durante la máxima rotación externa en la fase de armado del brazo ejecutor (Owens, Campbell, & Cameron, 2013). Aunque Plummer et al. (2016) en un estudio con jugadores de balonmano que vuelven a la competición después de una lesión en la extremidad superior, no observa diferencias cinemáticas en los hombros, el tronco y la pelvis durante la finalización con diferentes niveles de esfuerzo. Esta observación muestra que los jugadores de élite conocen el esfuerzo que implican en cada ejecución y que alteran la cinética en los segmentos proximales (la pelvis y el tronco) de la cadena cinética para compensar los movimientos que pueden ocurrir en la parte distal de la extremidad superior y no elevar el hombro en máxima rotación interna (MRI) en la fase de continuación en los lanzamientos de que requieren el esfuerzo máximo. Según Urbin et al. (2013) en un estudio con pitchers de béisbol, debe haber un equilibrio óptimo en la distribución de la carga de entrenamiento para no tener una incompatibilidad entre minimizar el riesgo de lesión (disminuir la cinética del gesto específico en el hombro) y maximizar el rendimiento (aumentar la velocidad de salida de la bola).

Para que se reduzca el riesgo de lesión, se puede aconsejar la realización de ejercicios que aumenten la potencia muscular en el hombro, complementándolos con movimientos rápidos del mismo para así incrementar su velocidad (Van den Tillaar & Ettema, 2007). Van den Tillaar & Ettema (2004a) indican que el 67% de la velocidad total del lanzamiento se obtiene por la suma de los efectos de la velocidad de extensión del codo y la rotación interna del hombro. Con la ejecución con balones de peso reglamentario y ligeros, se aumentan los movimientos rápidos de hombro, mediante la explotación del movimiento balístico y se obtenga mayor potencia en el momento finalización del gesto específico (Skoufas et al., 2003; Van den Tillaar & Ettema, 2004a; 2011; Van den Tillaar & Marques, 2013b). Una revisión de Escamilla, Speer, Fleisig, Barrentine, & Andrews (2000), aunque en lanzamientos con jugadores de béisbol, ya comunican que parece que el peso ideal de sobrepeso y de bajo peso en pelotas de béisbol está dentro de 20% del peso de un juego reglamentario. Los autores muestran que así, la mecánica no se altera y los pares de fuerza del hombro y del codo son similares, por lo que se pueden obtener beneficios con los entrenamientos con pelotas con sobrepeso y con peso bajo durante la temporada, especialmente si aumenta la velocidad de salida de la bola. Para finalizar, los autores del trabajo de revisión señalan que el entrenamiento con ambos tipos de pelotas de béisbol puede fortalecer el brazo y la musculatura del tronco, para reducir al mínimo posible el riesgo de lesión.

Así que, como se ha visto con anterioridad, tanto para mejorar la velocidad del gesto como para reducir el riesgo de lesión, la articulación del hombro es la más importante en la cinemática del movimiento. En la cinemática, tanto el brazo dominante como no dominante, se producen mejoras en la rotación pero no hay relaciones entre las velocidades que se alcanzan entre ellos (Newsham et al., 1998). Si el brazo ejecutor recibe entrenamiento técnico – táctico dichas velocidades, son muy diferentes, por lo que desarrollan un mayor rendimiento cuantitativo. Aunque, existen diferentes estudios que demuestran que, debido a las diferencias técnicas existentes entre brazo dominante y no dominante, disminuyen las velocidades angulares en distintos puntos y, este hecho, hace que la velocidad final sea diferente en cada brazo (Gray et al., 2006; Hore et al., 2005; Hore et al., 1996; Newsham et al., 1998; Sachlikidis & Salter, 2007; Van den Tillaar & Ettema, 2009b). Uno de los estudios mencionados, Hore et al. (2005) indican que entre el brazo dominante y no dominante, se produce un patrón distinto a la hora de

lanzar, por lo que la velocidad de salida del balón entre ambos es diferente y, también, la posible mejora que se pueda producir en la misma. Así, entre los dos brazos, al tener un patrón de movimiento distinto, muestran que la técnica del gesto específico difiere.

Aunque, Çetin & Balci (2015) valorando en jugadores de balonmano entrenados, de élite, la velocidad angular isocinética, indican que para lanzar a mayor velocidad no es necesario tener una mayor fuerza en el hombro. Los autores explican que los valores de velocidad de salida del balón final se obtienen mediante la suma de las fuerzas que intervienen en el lanzamiento, desde el apoyo del pie en el suelo hasta el momento de soltar el balón y no solo con la fuerza que pueda tener el deportista en la articulación del hombro. En esta misma línea de conseguir una mayor aplicación de los momentos de fuerza y la velocidad angular de los diferentes segmentos corporales implicados en el lanzamiento, primero se produce una mayor velocidad angular en las extremidades inferiores, seguido por la del brazo, el tronco, el antebrazo, la mano y los dedos (Van den Tillaar & Ettema, 2009b). En los últimos años, se han publicado estudios donde se ha abordado la velocidad de lanzamiento no solo desde el punto de vista biomecánico de la articulación del hombro, sino que también se ha comprobado las velocidades angulares del resto de segmentos implicados en toda la cadena cinética del lanzamiento. Wagner et al. (2010b) y Wagner et al. (2011) demostraron que las velocidades máximas de pelvis y de rotación y flexión de tronco correlacionan positivamente con la velocidad de lanzamiento, es decir, los mejores lanzadores tenían valores más altos de velocidad máxima de pelvis y de la velocidad de rotación del tronco. Como se ha visto Raeder et al. (2015) muestra que debe haber una buena coordinación y sincronización entre las extremidades superiores e inferiores para lograr la máxima velocidad de lanzamiento. Esta coordinación y sincronización está influenciada por el core (el núcleo central del cuerpo compuesto por los músculos de la zona abdominal, lumbar y glúteos), ya que manteniendo un core estable se controla la velocidad de rotación del torso durante el gesto específico y con un complejo lumbopélvico fuerte y estable se aumenta la velocidad de rotación en movimientos multisegmentarios (Oliver & Keeley, 2010; Saeterbakken et al., 2011).

Para finalizar, la mecánica de lanzamiento de cada jugador es particular y determinada tanto por factores internos como externos. Los factores internos del jugador se refieren a

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

los patrones de movimiento adquiridos durante el proceso de aprendizaje y los factores externos se ven influenciados por la oposición de los defensores, el portero, las indicaciones del entrenador e incluso, la toma de decisión del jugador sobre la ejecución del lanzamiento. Así, Wagner & Müller (2008) plantean en su estudio que los jugadores tienen unas variaciones en el patrón del gesto específico de balonmano y una variabilidad del movimiento en general, que hay que tener en cuenta para el análisis mecánico del mismo (tabla 5). Estas posibles variaciones del patrón de cada jugador están presentes desde la posición del pie en la fase de aproximación y zancada hasta el movimiento del brazo ejecutor en la fase de continuación del lanzamiento.

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 5

Variaciones y diferencias en el lanzamiento en balonmano (traducido de Wagner & Müller, 2008, p. 58)

Posición del pie Pie izquierdo adelantado Pie derecho adelantado Pies en paralelo	Recepción de balón Desde el frente Desde atrás Sobre la cabeza A nivel de la cadera A nivel de la rodilla	Posición de las articulaciones Flexión máxima Posición media Elongación máxima
De pie Dedos de los pies Talón Contacto total	Por el lado del brazo del lanzamiento Por el lado opuesto del brazo del lanzamiento Directo Pase después del contacto con el suelo	Posición del balón Sobre la cabeza A nivel de la cabeza A nivel de la cadera A nivel de la rodilla
Número de pasos Cero pasos	Dirección del lanzamiento	Lado del brazo del lanzamiento Lado opuesto del brazo del lanzamiento
Un paso Dos pasos Tres pasos	Alto Bajo En bote A media altura Izquierda Derecha	Movimiento articular Flexión Extensión Abducción Aducción Rotación Interna Rotación Externa
Secuencia de pasos Paso largo Paso corto Paso a la izquierda Paso a la derecha Paso al frente Paso atrás	Brazo sin lanzamiento Por encima de la cabeza Debajo de la cadera Al frente Atrás Lateral Proximal	Velocidad de movimiento Espacio Submáxima Máxima
Dirección de la puesta en marcha A la izquierda A la derecha Curvilínea	Parte superior del cuerpo Al frente Atrás Derecho Al lado del brazo de lanzamiento Al lado contrario del brazo de lanzamiento Aceleración alta	Ritmo de movimiento Rápido Lento Fase de aceleración rápida Fase de aceleración lenta
Salto Izquierda Derecha Ambas piernas Alto Lejos Hacia el brazo del lanzamiento Hacia el lado contrario del brazo de lanzamiento	Balón Balón pequeño Balón grande Balón ligero Balón pesado	Musculatura Máxima tensión Activada Relajada
Posición de lanzamiento 6m, 9m, 11m Zona izquierda, zona derecha, zona central		Brazo del lanzamiento al finalizar Hacia el lado del brazo de lanzamiento Hacia el lado contrario del brazo del lanzamiento

### 2.3.1 El lanzamiento en apoyo con carrera de 3 pasos

Como se ha mencionado con anterioridad, en el balonmano, la proyección del balón por encima de la cabeza es una de las actividades principales del juego y se utiliza tanto para comunicarse con los compañeros, a través del pase, como para finalizar las acciones para marcar goles (Van den Tillaar & Cabri, 2012; Zapartidis et al., 2009). De esta forma, esta técnica es la más utilizada en las investigaciones precedentes sobre la velocidad (tabla 2), ya que también es la forma más habitual de ejecutar el pase a los compañeros, en apoyo con carrera de tres pasos. Wagner et al. (2011) establece en su investigación una secuenciación de la ejecución en apoyo con carrera de tres pasos, y además de la carrera de aproximación, las fases del lanzamiento (figura 13) que describe coinciden con las fases que se han mostrado con anterioridad Raeder et al. (2015) y Van den Tillaar (2005). Wagner et al. (2011) incide sobre las diferencias significativas que se encuentran en el rendimiento del lanzamiento, sobre todo, entre los diferentes tipos de lanzamientos y la velocidad de los mismos, debido a las modificaciones que se producen en la cinemática del tren superior e inferior y la aceleración del desplazamiento del centro de masa.

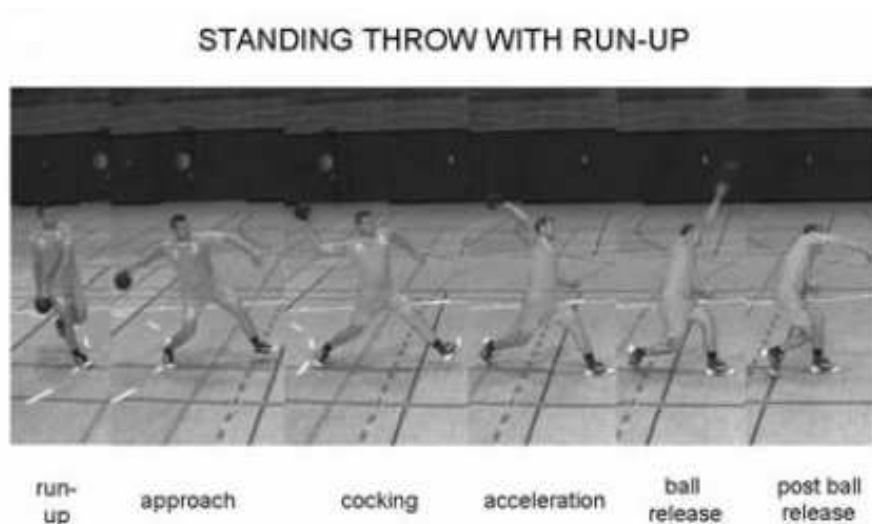


Figura 13. Secuenciación del lanzamiento en apoyo con carrera de tres pasos en balonmano (Wagner et al., 2011, p. 74)



## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Para efectuar el lanzamiento en apoyo con carrera de tres pasos, se deben tener en cuenta una serie de acciones durante esos tres pasos de aproximación, para aumentar los momentos de fuerza e iniciar una buena cinemática desde el tren inferior para realizar el lanzamiento. Antes de recibir el balón, los jugadores de balonmano utilizan sus desplazamientos para aumentar la velocidad horizontal y/o para colocarse en la posición correcta (Wagner et al., 2010a). Así, Rivilla-García, Martínez, et al. (2011b) describen los pasos previos a la acción de finalización de la siguiente forma, pudiendo variar en función de la técnica que tiene el jugador:

### *Primer paso*

El jugador realiza el primer paso con el pie opuesto del brazo ejecutor y adapta el balón con una mano. El brazo del lanzamiento se mueve a una posición horizontal a través de una flexión de hombro. A continuación, el tronco comienza a rotar en la dirección del brazo que va a realizar la finalización y el hombro del mismo brazo comienza la rotación externa con el codo flexionado a 90°.

### *Segundo paso*

El jugador realiza el segundo paso con el mismo pie del brazo del lanzamiento, la torsión del tronco aumenta hacia el brazo ejecutor y el codo se extiende. Estos aspectos son fundamentales para lograr una trayectoria más larga y un mayor tiempo de aplicación de la fuerza para obtener mayor aceleración en el gesto específico. Durante este segundo paso, el lanzamiento se encuentra en la fase armado de brazo.

### *Tercer paso*

El último paso se realiza con el pie opuesto del brazo ejecutor. Este último paso es el más largo, un aspecto importante para lograr la mayor precisión final. Aprovechando la cinemática producida tanto por la fuerza de los miembros inferiores como por la torsión del tronco en los pasos previos, el gesto específico termina con la mayor rotación

interna del hombro y la extensión del codo. El jugador, mira hacia el objetivo en el instante final de la torsión del tronco y, que en numerosas ocasiones, va acompañado de la flexión del tronco. Durante este último paso, se produce la fase de aceleración y deceleración del brazo en el lanzamiento.

Según Rousanoglou, Noutsos, Bayios, et al. (2014), cuanto menor es el tiempo de apoyo del último paso, mayor es la ineficiencia para transferir la fuerza en la cadena cinética e incluso esta situación puede predisponer a una lesión en el deportista.

Sin embargo, este lanzamiento en apoyo con carrera se caracteriza en que después de la adaptación del balón, el jugador en función del juego, se realiza con uno, dos o tres pasos (Wagner et al., 2010a). Al modificar el jugador, el ciclo de pasos durante el juego para adaptar la ejecución del gesto específico a la mejor toma de decisión, el momento de la fase de armado del brazo, buscando la máxima rotación externa del hombro puede variar, pero siempre para lograr un aumento en la velocidad de salida del balón, debe ir acompañado de una rotación y flexión del tronco (Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, et al., 2012).

### **2.3.2 El lanzamiento en suspensión**

Wagner et al. (2011) encontraron que entre el 73-75% de los lanzamientos que se producen durante la competición en balonmano se realizan en salto. Por consiguiente, para los autores, el lanzamiento en suspensión es la técnica más empleada en un equipo de balonmano, ya que además es la más utilizada en las acciones de finalización a distancia (desde la línea de 9 metros o más atrás). Además, como se ha visto con anterioridad, en el análisis de la cinemática del gesto específico en salto de diferentes deportes (figura 10) Wagner, Pfusterschmied, et al. (2014) manifiestan que las mayores diferencias entre los lanzamientos se encuentran en la fase de despegue. Por lo que, la ausencia de contacto con el suelo durante el movimiento del brazo ejecutor requiere una estrategia diferente que permita la transferencia de energía cinética desde el tronco para favorecer la velocidad de salida del balón (Rousanoglou, Noutsos, Bayios, et al., 2014).

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

En un estudio de diferentes técnicas de ejecución del gesto específico en un equipo de balonmano, Wagner et al. (2011) señalan que el lanzamiento en salto (figura 14) tiene las mismas fases que en apoyo solo diferenciando el momento del apoyo del pie para realizar el impulso. El resto de las fases tienen lugar en el aire, por lo que se realizan de manera diferente, como se ha señalado con anterioridad, para favorecer la transferencia de energía cinética.

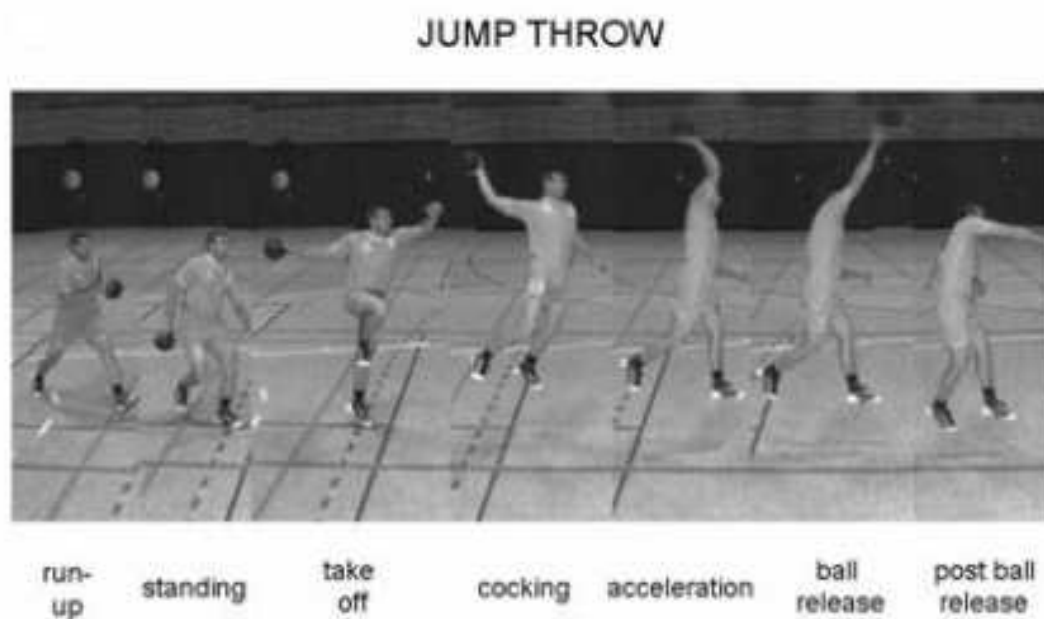


Figura 14. Secuenciación del lanzamiento en suspensión en balonmano (Wagner et al., 2011, p. 74)

En esta misma línea, durante la fase aérea del lanzamiento, se producen tres fases con una cinética propia (Van den Tillaar & Ettema, 2004a; 2007). Con respecto a la cinemática propia, se debe hacer hincapié en los movimientos, tanto del tren superior e inferior como del tronco, durante el gesto específico. Por lo que, los jugadores de balonmano, utilizando la técnica de finalización en suspensión, deben girar el tronco y la pelvis a través de movimientos opuestos de las piernas durante el vuelo (Wagner et al., 2010b; Wagner et al., 2011). Wagner et al. (2010b) inciden en su estudio de la cinemática que, en la fase de elevación se produce el armado del brazo desde que el jugador alcanza el máximo ángulo de flexión de la rodilla (mismo lado del lanzamiento) y el brazo ejecutor se mueve hacia atrás. En la fase de aceleración, es el tiempo donde se va aumentando la velocidad de liberación del balón y se produce desde el final del armado del brazo hasta el momento de soltar el balón. La fase de deceleración,

corresponde al momento en el que el jugador suelta el balón y se produce el mayor ángulo de rotación interno antes de que el jugador llegue a caer al suelo. Asimismo Wagner et al. (2011), como diferencias en cuanto al lanzamiento en apoyo y en suspensión, señala que durante la fase de aceleración la velocidad de la pelvis y el ángulo máximo de rotación del tronco son diferentes. Anterior a estas fases de la finalización sin contacto con el suelo, el jugador debe hacer una acción de frenado de la carrera para disminuir su impulso hacia adelante y crear una base estable de apoyo para la transferencia de energía segmentaria (Rousanoglou, Noutsos, Bayios, et al., 2014). Así, los autores manifiestan que se puede producir un aumento en la velocidad de salida del balón cuando la fuerza anteroposterior alcanza su punto máximo conforme dura más tiempo que puede estar asociado con la capacidad de estabilizar el cuerpo sobre una pierna en la acción de frenado previa a la fase de impulso.

En el lanzamiento en suspensión, gran parte del protagonismo y del resultado final se encuentra en la altura del salto. La altura del salto, así como la potencia máxima del tren inferior, se suele medir en los jugadores de balonmano con los saltos con contramovimiento (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Para aumentar la altura del salto hay que tener un desarrollo muscular estable y aumentar la potencia máxima del tren inferior (Çetin & Ozdol, 2012). Esta es importante para llegar a una posición vertical alta para lanzar sobre el bloque defensivo rival, cuando se efectúa un lanzamiento a distancia, o para tener más tiempo para finalizar, con un aumento del tiempo de vuelo, para reaccionar a los movimientos del portero (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Por lo que, como señalan los autores, la altura del salto, así como la potencia máxima del tren inferior, se suele medir en los jugadores de balonmano con los saltos con contramovimiento.

### **3 El salto como parámetro de rendimiento**

Muchos deportes requieren que los atletas aceleren su propio cuerpo, (por ejemplo, saltos altos o largos), un objeto (por ejemplo, una pelota en un lanzamiento) o un oponente (por ejemplo, las artes marciales) (Wirth et al., 2016). El balonmano, como el fútbol, el baloncesto y el rugby, entre otros deportes, son ejemplos donde se combinan movimientos cíclicos y acíclicos para tener éxito en la competición (Chelly et al., 2014). En los deportes de equipo, las mejoras físicas tienen grandes implicaciones ya que los jugadores realizan numerosos movimientos explosivos como patear, atacar, saltar, girar, correr y cambiar de ritmo y de dirección durante el partido (Chaouachi et al., 2009). Como señalan Carlock et al. (2004), la potencia es el producto de la fuerza y la velocidad y se puede expresar mediante un promedio o como un valor instantáneo que ocurre durante el desplazamiento de un objeto. Según los autores, el pico de potencia (en inglés peak power, PP) es el valor instantáneo más alto alcanzado durante un movimiento. Los efectos positivos sobre la potencia asociados con la mejora del rendimiento del salto vertical, se pueden ver afectados por las características del sujeto, y, en particular, el nivel de entrenamiento, la actividad deportiva, la edad, el género, el estado del deportistas dentro de una planificación anual, entre otros (Baker, 2001a; Slimani, Chamari, Miarka, Del Vecchio, & Chéour, 2016; Stone et al., 2003). La capacidad de los sistemas neuromusculares para producir una potencia de salida alta es uno de los componentes más importantes en la optimización deportiva (Kawamori & Haff, 2004). Así, los autores identifican que se deben realizar mediciones frecuentes para proporcionar estímulos apropiados al sistema neuromuscular para obtener información sobre el efecto de los programas de entrenamiento, el estado de los deportistas, etc. Cualquier error que se pueda cometer durante la medición de la altura del salto vertical, también se reflejará en la potencia de salida que se va a utilizar para evaluar las capacidades de los deportistas (Hanson, Leigh, & Mynark, 2007). Según los autores, en el Squat Jump (SJ) se puede alcanzar una mayor optimización en el salto si se considera la potenciación post-activación (PAP, en inglés) para aumentar tanto la potencia como el impulso. En esta misma línea, González-Badillo & Marques (2010) muestran en un estudio sobre la relación de diferentes parámetros de fuerza y mejora en el SJ que la altura del salto vertical presentó relaciones significativas tanto en la fase excéntrica (descendiente) como concéntrica (ascendente). Del mismo modo, los autores

indican que se observan fuertes correlaciones entre el aumento del salto con contramovimiento (en inglés Counter Movement Jump, CMJ) y la potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) durante la fase concéntrica ( $r=0.812-0.851$ ;  $p<0.001$ ) y el impulso medido durante esta misma fase correlacionó significativamente con el rendimiento del CMJ ( $r=0.829-0.870$ ;  $p<0.001$ ). Diferentes investigaciones incluyen para las valoraciones de fuerza y potencia la medición de la altura del CMJ (Dello Iacono, Martone, & Padulo, 2016; González-Badillo & Marques, 2010; Hanson et al., 2007; Hughes, Massiah, & Clarke, 2016; Markovic, Jukic, Milanovic, & Metikos, 2007; Marques et al., 2015; Massuça et al., 2014; Mullane, Maloney, Chavda, Williams, & Turner, 2015; Wirth et al., 2016; entre otras). Marques et al. (2015) señalan que el CMJ ha sido ampliamente utilizado en el entrenamiento, sin embargo, se disponen de datos cinemáticos limitados. Aunque, como medida de la fuerza explosiva pueden seleccionarse pruebas de rendimiento en el salto para evaluar las adaptaciones de los deportistas a un régimen de entrenamiento dado, incluyendo sujetos orientados a la aptitud o a la optimización del resultado (Vescovi, Rupf, Brown, & Marques, 2011).

Así pues, para aumentar los resultados en SJ y CMJ y los índices de fuerza reactiva, los ejercicios con sentadillas son más eficaces en el entrenamiento de fuerza debido a los mejores efectos en la transferencia del movimiento (Wirth et al., 2016). En esta misma línea, para optimizar el resultado en los saltos, se suelen realizar ejercicios pliométricos en las sesiones de entrenamiento. El ejercicio pliométrico implica estirar el músculo inmediatamente antes de realizar una rápida contracción concéntrica y esta acción combinada se conoce como un ciclo de estiramiento acortamiento (CEA) (Hermassi, Gabbett, Ingebrigtsen, et al., 2014). El entrenamiento pliométrico es más eficaz para mejorar porque aumenta el grado de coordinación, la fuerza de contracción muscular y la capacidad de los deportistas de usar los beneficios elásticos y neurales del CEA (Sáez-Sáez de Villarreal, Requena, & Newton, 2010; Toumi, Best, Martin, & Poumarat, 2004). Los ejercicios de pliometrias típicos se pueden ejecutar con saltos con contramovimiento (CMJ), saltos con recepción desde diferentes alturas (Drop Jump, DJ) y saltos con sentadillas (Squat Jump, SJ) (Saéz-Saez de Villarreal, Kellis, Kraemer, & Izquierdo, 2009). Los autores muestran que los ejercicios, citados anteriormente, se pueden combinar dentro de programas de entrenamiento o se pueden aplicar de manera independiente y se deben ejecutar con diferentes niveles de intensidad, desde saltos a

baja intensidad bipodales hasta saltos de alta intensidad unipodales. En la misma línea, los autores señalan que, para alcanzar una correcta optimización de los resultados los volúmenes de entrenamiento superiores a 10 semanas de duración y con un contenido mayor a 20 sesiones, ejercitando programas de alta intensidad (con más de 50 saltos por sesión) se pueden obtener mejoras significativas ( $p < 0,05$ ). También, los autores indican que, se recomiendan las combinaciones de diferentes tipos de ejercicios pliométricos (SJ+CMJ+DJ+saltos con piernas alternas+ejercicios de salto de ciclo de estiramiento-acortamiento) en lugar de utilizar solo un tipo ( $p < 0,05$ ). Para finalizar, se puede señalar que combinar el entrenamiento de fuerza con pliometrias mejora la fuerza, la potencia muscular, la coordinación, la velocidad, la agilidad y las habilidades motrices, en balonmano (Carvalho et al., 2014; Markovic et al., 2007; Michailidis et al., 2013; Ramírez-Campillo et al., 2015; Saéz-Saez de Villarreal et al., 2009; Sáez-Sáez de Villarreal et al., 2010).

En esta misma línea, existen investigaciones que se dirigen a aclarar y perfilar los efectos específicos de las pliometrias, verticales y horizontales, sobre las capacidades neuromusculares de los deportistas de élite (Loturco et al., 2015; Ramírez-Campillo, Gallardo, et al., 2015). Loturco et al. (2015) comparando los efectos del entrenamiento a corto plazo de ejercicios con pliometrias verticales y horizontales sobre el desempeño neuromuscular de jugadores jóvenes de fútbol, manifiestan la capacidad de la pliometria para transferir mejoras neuromusculares específicas a la aceleración, la velocidad y las habilidades en el salto de los deportistas. Así, los autores señalan que los saltos horizontales pueden estar más indicados para incrementar la aceleración en distancias cortas (hasta 10 metros). Esta mejora en la capacidad de sprint en distancias cortas es una meta trascendente para muchos deportes, y el salto con contramovimiento puede estar indicado para aumentar este rendimiento en deportes como el baloncesto, el fútbol o el balonmano (Marques et al., 2015).

### 3.1 Revisión del salto en balonmano

El rendimiento del salto vertical es importante en un gran número de deportes y, como se ha visto anteriormente, el balonmano es una disciplina con contactos muy intensos con un fuerte énfasis en la velocidad de carrera, los saltos, los cambios abruptos en la dirección y el lanzamiento (Gorostiaga, Izquierdo, Iturralde, Ruesta, & Ibáñez, 1999; Massuça et al., 2014). Así, la naturaleza intermitente y de alta intensidad de la disciplina hace que deban tenerse en consideración las capacidades neuromusculares y explosivas como elementos clave para unos resultados óptimos (Dello Iacono, Ardigò, et al., 2016). Durante el desarrollo del juego y el entrenamiento, la mayoría de las acciones específicas de juego implican ciclos de estiramiento-acortamiento (CEA), basándose en el hecho de que una contracción concéntrica produce un mayor par de fuerza cuando está precedida por una contracción excéntrica (Komi, 2000). Así, este uso del CEA parece ser particularmente apropiado para el balonmano, ya que los jugadores deben realizar con frecuencia saltos, carreras y aceleraciones (Hermassi, Gabbett, Ingebrigtsen, et al., 2014). Es fundamental desarrollar, a través del entrenamiento de fuerza, capacidades óptimas de salto vertical (Marques & González-Badillo, 2006). La potencia del tren inferior es un componente esencial para los jugadores de élite (Massuça et al., 2014), por lo que, la altura del salto en balonmano es trascendente para llegar a una posición vertical alta para lanzar sobre el bloque defensivo rival, cuando se efectúa un lanzamiento a distancia, o para tener más tiempo para realizar el lanzamiento, con un aumento del tiempo de vuelo, para reaccionar a los movimientos del portero para los jugadores ofensivos, para los defensivos es fundamental para intentar bloquear los lanzamientos rivales (Carvalho et al., 2014; Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Por lo que, como señalan los autores, la altura del salto, así como la potencia máxima del tren inferior, se suele medir mediante test de saltos con contramovimiento. La cinemática del tren superior y la velocidad el lanzamiento es diferente cuando se realiza el lanzamiento en salto con impulso con la pierna del brazo ejecutor o con dos apoyos, mientras que el lanzamiento en salto con el impulso de la pierna contraria al brazo ejecutor permite alcanzar mayores valores de velocidad de salida del balón (Wagner et al., 2011). Dello Iacono, Martone, et al. (2016) muestran que tanto con el entrenamiento de los saltos verticales como horizontales se pueden producir mejoras en los saltos y la capacidad de cambios de dirección en los deportistas. Según los autores,



específicamente los saltos con caídas (Drop Jump, DJ) se pueden alcanzar efectos de transferencia específica aguda a los comportamientos mecánicos relaciones con las acciones explosivas (saltos, sprints y cambios de dirección).

Fernández-Romero, Vila, & Cancela (2016) manifiestan como los parámetros antropométricos y físicos (saltos verticales, SJ, CMJ) son responsables de las diferencias existentes entre los diferentes niveles competitivos y de rendimiento incluso en deportistas jóvenes de nivel nacional. Así, teniendo en cuenta la gama de niveles competitivos existentes, se debe elaborar y aplicar criterios de selección adecuados que permitan identificar en la detección de talentos a los deportistas con capacidad para desempeñarse en niveles elevados de competencia (Ingebrigtsen et al., 2013). Como señalan Marques & González-Badillo (2006) para que los jugadores lleguen a niveles superiores de competición, la variedad de habilidades y componentes de la aptitud (precisión de lanzamiento, velocidad de carrera, capacidad de salto, etc.) deben estar optimizados. Los componentes de la aptitud física se consideran extensamente como algunos de los factores más importantes detrás del funcionamiento del equipo (Granados et al., 2007). En esta misma línea, Massuça et al. (2014) en un estudio sobre los atributos de los jugadores de élite a través de la medición de diferentes parámetros: antropométricos (masa corporal, circunferencia de cintura, etc.), físicos (tiempo de sprint en distancias cortas de 30 m., altura de salto con contramovimiento y potencia media, etc.), capacidades ofensivas, orientación motivacional basada en el ego (modelo psicológico), entre otros, contribuyeron a predecir las probabilidades de que los deportistas lleguen a ser jugadores de élite ( $p < 0,05$ ).

Por último, Laffaye et al. (2012) muestran que puede llegar a existir relación entre los parámetros de rendimiento expuestos en el desarrollo de esta Tesis Doctoral. Así, los autores señalan en su estudio multidimensional sobre la velocidad de lanzamiento que una de las posibles formas de mejorar la velocidad de lanzamiento depende de las cualidades pliométricas de las extremidades inferiores. Durante la revisión bibliográfica no se ha encontrado investigaciones que pongan de manifiesto en balonmano esta relación y, del mismo modo, las valoraciones de los resultados de la fuerza explosiva de las extremidades inferiores se han centrado en el efecto del entrenamiento pliométrico o como variable independiente para el conocimiento del estado físico de los deportistas a

través de la altura del salto vertical. De esta forma, puede ser un campo de estudio la relación que puede existir entre la fuerza explosiva y potencia máxima del tren inferior y la velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano.

### **3.1.1 Búsqueda bibliográfica**

Se identificaron artículos científicos mediante la búsqueda en las principales bases de datos electrónicas incluyendo: Web of Sciences, PubMed, SCOPUS, SportDiscus, MedLine y Google Scholar. Las búsquedas de palabras se ajustaron específicamente a cada base de datos para palabras de texto libre y categorías de términos gratuitos. A su vez, se han ido combinando los diferentes términos, en inglés, MeSH con las siguientes palabras clave: Plyometric, Plyometric Training, Jump Height, Strength, Resistance Conditioning, Jump Performance, Handball, Team-handball, Power, Jump Training.

Se usaron Booleanos (AND, OR) para combinar las palabras clave, limitando la búsqueda desde el 1 de Enero de 2000 hasta el 31 de Diciembre de 2016. Además se examinaron las bibliografías de otras revisiones previas relacionadas y de los trabajos finalmente seleccionados para la búsqueda de nuevos estudios.

### **3.1.2 Criterios de inclusión**

Los estudios que se detectaron que cumpliesen todos los criterios de inclusión se identificaron y se obtuvieron sus versiones a texto completo (figura 15). La importancia de cada investigación fue medida en función de los siguientes criterios de inclusión: a) Las investigaciones debían tener disponible el texto completo. b) La muestra estuviese sana. c) La muestra tuviese jugadores de élite, experimentados o jóvenes de élite. d) El tratamiento experimental fuese un entrenamiento pliométrico o de fuerza explosiva de miembros inferiores. e) Se midiese la altura del salto vertical

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

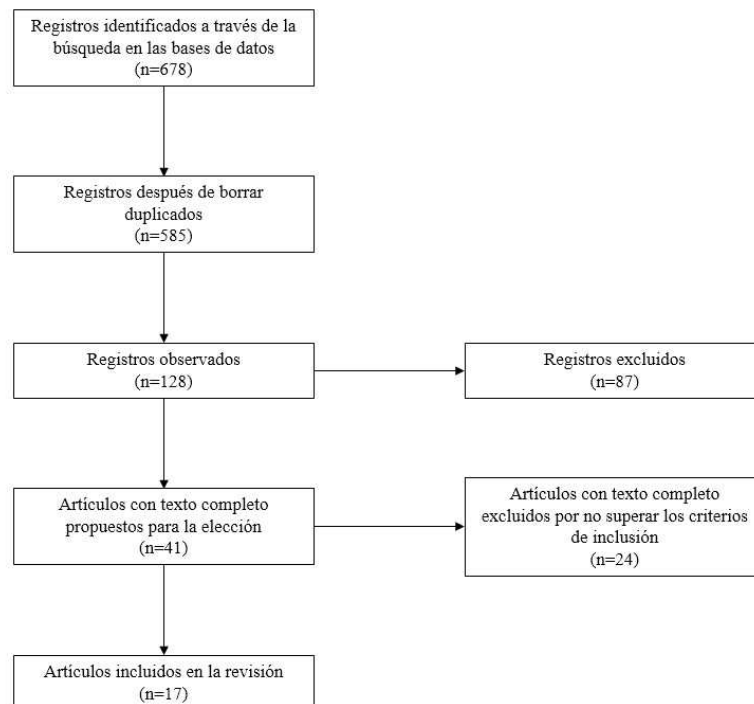


Figura 15. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica del salto vertical

### 3.1.3 Resultados

Atendiendo a los criterios de inclusión se han clasificado los artículos seleccionados en dos subcategorías en relación a la aportación que pueden tener sobre los parámetros de rendimiento que se manifiestan en el balonmano. Las dos subcategorías sobre las que se han clasificado los artículos han sido: entrenamiento pliométrico y/o potencia y la altura del salto vertical y aquellos que usan la altura del salto vertical como variable del rendimiento deportivo.

### 3.1.4 Entrenamiento pliométrico y potencia

En la revisión bibliográfica se han encontrado diferentes revisiones y meta-análisis sobre el entrenamiento de la pliometría y su rendimiento en diferentes deportes (Saéz-Saez de Villarreal et al., 2009; Sáez-Sáez de Villarreal et al., 2010; Slimani et al., 2016; Soriano, Jiménez-Reyes, Rhea, & Marín, 2015). En estas investigaciones, pocos artículos se centran en el desarrollo del entrenamiento pliométrico en jugadores de balonmano, aunque en las que se han incluido en este punto se alcanzan resultados significativos (tabla 6). Entre esos estudios Hermassi et al. (2011) muestran un grupo de entrenamiento de fuerza con jugadores de élite durante 8 semanas con cargas pesadas sobre la altura del salto vertical con test de Squat Jump y salto con contramovimiento (CMJ). Los autores alcanzan resultados altamente significativos ( $p < 0,01$ ) entre las medidas pre y pos de la altura del salto vertical en los test de SJ aunque señalan que el CMJ únicamente aumentó cuando en el programa de entrenamiento de fuerza se combinaba con ejercicios de salto (pliométricos). En esta misma línea, Carvalho et al. (2014) mediante la combinación de un entrenamiento de fuerza y pliometrias, esta vez durante 12 semanas, obtienen aumentos de los resultados en la altura del salto vertical tanto en los test de SJ como CMJ (6,1% y 3,8%, respectivamente) aunque sin resultados significativos entre las medidas pre y post del estudio (SJ,  $p = 0,105$ ; CMJ,  $p = 0,338$ ). Así, utilizando el entrenamiento pliométrico para aumentar el beneficio en las acciones explosivas, que se pueden llevar a cabo durante el entrenamiento y los partidos de un equipo de balonmano, durante 8 semanas se alcanzan mejoras significativas ( $p \leq 0,01$ ) y aumentos de la altura del salto vertical a través del test de SJ (entre 9,7% y 12,8%) y del test de CMJ (entre 9,5% y 11,4%) en jugadores jóvenes de élite (Chelly et al., 2014; Hermassi, Gabbett, Ingebrigtsen, et al., 2014). Es importante señalar que las mejoras observadas en el salto vertical podrían haber sido inducidas por varias adaptaciones neuromusculares como: un aumento de la fuerza neuronal en los músculos agonistas, los cambios en las características de rigidez mecánica del tendón muscular, las alteraciones en el tamaño y/o la arquitectura muscular y los cambios en la mecánica de una sola fibra (Saéz-Saez de Villarreal et al., 2009). Del mismo modo, diferentes estudios indican que no solo se utilizan los test de salto vertical para controlar los efectos del entrenamiento pliométrico en la fuerza explosiva. Dello Iacono, Ardigò, et al. (2016), utilizan los test de salto vertical como variables independientes después de realizar dos enfoques del

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

entrenamiento. Uno enfocado en simular las acciones que se producen en un partido de balonmano (SSG; Small-Sided Game, en inglés) y otro en el rendimiento de las acciones explosivas (lanzamientos y saltos) después de realizar carreras de velocidad (RSS; Repeated Shuttle Sprint, en inglés). Los autores señalan que ambos enfoques de entrenamiento alcanzan mejoras significativas en todas las variables estudiadas y, a su vez, observan mejoras en la altura del salto con contramovimiento después del entrenamiento RSS. Por último, Dello Iacono, Martone, et al. (2016) muestran que no únicamente los saltos verticales producen mejoras en los resultados del CMJ, sino que también utilizando en el entrenamiento protocolos de saltos horizontales, junto con los verticales, se pueden producir mejoras significativas ( $p=0,03$ ) en el salto y en la capacidad de los cambios de dirección en jugadores jóvenes de élite en balonmano.

Así, se pone de manifiesto a través de los estudios expuestos en esta revisión que para alcanzar una optimización de los resultados del salto, puede que sea necesaria la combinación de ejercicios pliométricos, tanto verticales como horizontales, junto con el entrenamiento de la fuerza, con cargas moderadas o pesadas, durante al menos 8 semanas en la planificación de un equipo de balonmano.

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 6  
Características de los estudios de entrenamiento de pliometrias y potencia y la altura del salto vertical

Autor/es	Muestra	Test de Salto Vertical	Altura (cm)	Resultados	
Hermassi et al. (2011)	Jugadores de élite. Grupo Resistencias Pesadas (n=12)	SJ	Pre	39.00±3.00	Los resultados muestran diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre la altura de SJ después de la aplicación de un entrenamiento con cargas pesadas de 8 semanas en temporada. El rendimiento del CMJ aumentó sólo en respuesta a la combinación de entrenamiento (un programa de entrenamiento de fuerzas más ejercicios de salto)
			Pos	44.00±2.00	
		CMJ	Pre	43.00±2.00	
			Pos	48.00±2.00	
	Jugadores de élite. Control (n=12)	SJ	Pre	40.00±3.00	
			Pos	38.00±2.00	
		CMJ	Pre	44.00±2.00	
			Pos	42.00±2.00	
Carvalho et al. (2014)	Jugadores semi-profesionales (n=22)	SJ	Pre	34.56±7.89	Se obtienen aumentos de SJ y CMJ, 6.1% y 3.8% respectivamente, mediante la combinación de entrenamiento de fuerza y pliometrias durante 12 semanas aunque sin significatividad (SJ, $p=0,105$ ; CMJ, $p=0,338$ )
			Pos	36.80±6.34	
		CMJ	Pre	38.68±8.12	
			Pos	40.20±8.58	

SJ; Squat Jump (en inglés), CMJ; Counter Movement Jump (en inglés)

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 6. Continuación

Autor/es	Muestra	Test de Salto Vertical	Altura (cm)	Resultados	
Chelly et al. (2014)	Jugadores jóvenes de élite (n=12)	SJ	Pre	39.00±4.00	Los resultados muestran diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre la altura de SJ y CMJ después de la aplicación durante 8 semanas de un entrenamiento pliométrico en jugadores jóvenes de élite ↑12.8% SJ and ↑9.5% CMJ
			Pos	44.00±4.00	
	CMJ	Pre	42.00±4.00		
		Pos	46.00±4.00		
	Jugadores jóvenes de élite Control (n=11)	SJ	Pre	39.00±3.00	
			Pos	40.00±3.00	
CMJ	Pre	41.00±3.00			
	Pos	42.00±3.00			
Hermassi, Gabbett, Ingebrigtsen, et al. (2014)	Jugadores jóvenes Grupo entrenamiento pliométrico (n=14)	SJ	Pre	41	Los resultados indicaron que 8 semanas de entrenamiento pliométrico en la práctica del balonmano indujeron efectos positivos en algunas acciones explosivas. Utilizando los test de salto, SJ y CMJ, como variables independientes de análisis de los métodos de entrenamiento aplicados. (Los resultados de SJ y CMJ aumentaron en 9,7% y 11,4%, respectivamente).
			Pos	44	
		CMJ	Pre	44	
			Pos	47	
	Jugadores jóvenes Grupo control (n=10)	SJ	Pre	39	
			Pos	40	
CMJ	Pre	41			
	Pos	41.5			
Dello Iacono, Ardigò, et al. (2016)	Jugadores de élite RSS (n=9)	CMJ	Pre	42.72±5.57	Ambos enfoques de entrenamiento (RSS y SSG) alcanzaron mejoras significativas en todas las variables de rendimiento después de 8 semanas. Se observan mejoras en la altura del CMJ después del entrenamiento RSS
			Pos	46.43±5.02	
	CMJ	Pre	41.53±3.76		
		Pos	43.87±3.67		
Dello Iacono, Martone, et al. (2016)	Jugadores jóvenes élite (n=18)	CMJ	Pre	42.58±4.46	Los protocolos de salto vertical y horizontal fueron eficaces en la producción de ejercicios relacionados con las mejoras en el salto y la capacidad de cambios de dirección. CMJ obtuvo diferencias significativas ( $p=0,003$ )
			Pos	45.38±4.97	

SJ; Squat Jump (en inglés), CMJ; Counter Movement Jump (en inglés), RSS; Repeated Shuttle Sprint (en inglés), SSG; Small-Sided Game (en inglés)

### **3.1.5 La altura del salto como variable independiente**

La altura del salto, al igual que el otro parámetro principal del rendimiento de esta Tesis Doctoral, se puede encontrar como variable independiente de apoyo para los diferentes investigadores para valorar otros parámetros relacionados con el balonmano. Así, esta variable se ha utilizado, en la bibliografía, para conocer (tabla 7): diferencias de capacidades físicas (entre: jugadores de élite y amateur, jugadores de élite durante una temporada completa y durante el periodo de desentrenamiento), diferencias en aptitudes físicos en jugadores jóvenes de élite o de captación de talento deportivo, comprobar estados de fuerza explosiva de miembros inferiores, para conocer la viabilidad de juegos basados en la competición, entre otros.

Bautista, Chiroso, Robinson, et al. (2016) en un estudio con jugadores U19 de la selección nacional previo al Campeonato de Europa Junior de 2013, para realizar un análisis clúster para clasificar y optimizar las capacidades de los deportistas al aplicar una entrenamiento específico programado en función de las necesidades individuales, establecen como los principales parámetros capaces de discriminar el rendimiento físico a: el salto vertical con contramovimiento y la carrera de velocidad de 20 metros, entre otros. Además, se pueden encontrar investigaciones donde los test de altura del salto, tanto SJ como CMJ, se usan para comprobar estas diferencias tanto entre jugadores de élite y amateur como jugadores de élite a lo largo de una temporada (Gorostiaga et al., 2005; Gorostiaga et al., 2006). Gorostiaga et al. (2006) desarrollan en su investigación durante una temporada completa, aunque sin encontrar diferencias significativas entre las diferentes medidas, oscilaciones en la altura del salto incrementándose hasta el comienzo de la segunda fase competitiva y descendiendo ligeramente (menos de 1 cm de media) hacía la parte final de la competición. En esta misma línea, Marques & González-Badillo (2006) muestran que la altura del CMJ no alcanza diferencias significativas después de 7 semanas de desentrenamiento, por lo que durante este periodo se puede centrar la atención en otros aspectos que registren mayor significación. También, se pueden encontrar diferencias en los resultados en los jugadores de élite dentro de diferentes equipos, en función de su ranking. Nikolaidis & Ingebrigtsen (2013) utilizan test de salto vertical (SJ, CMJ y CMJ con impulso de los brazos) en equipos de diferente ranking que participan en competiciones europeas de la



EHF (European Cup y European Challenge Cup). Los resultados que se obtienen en la investigación muestran que los jugadores del equipo mejor clasificado (campeón de la European Challenge Cup) obtienen mayor rendimiento en los saltos verticales que los jugadores del peor equipo clasificado. Por lo que, aunque si encontrar diferencias significativas en los resultados del SJ y/o CMJ, los aumentos o descensos de los registros en la altura del salto se puede decir que ayuda a optimizar el estado físico de los deportistas. Igualmente, no solo se controla el CMJ en jugadores de élite o con experiencia, sino que es en jugadores jóvenes donde tiene cierta relevancia tanto para su progresión hacia la élite como para las diferencias físicas que se pueden encontrar entre jugadores y jugadoras (Ingebrigtsen et al., 2013).

Diferentes investigaciones tienen en consideración los test de salto para comprobar la fuerza explosiva en los miembros inferiores, tanto en jugadores jóvenes y adultos de élite como experimentados (González-Rave et al., 2014; Hermassi, Gabbett, Spencer, et al., 2014; Massuça et al., 2014). Así, Fernández-Romero et al. (2016) combinan diferentes pruebas para evaluar la fuerza explosiva, a través de los test de salto con contramovimiento, con variables antropométricas. A su vez, Matthys, Vaeyens, et al., (2013) encontraron que aunque los jugadores jóvenes de élite alcanzan mejores resultados en los test de salto (aumento 8,2%) con respecto a aquellos deportistas que no lo son, no se encuentran diferencias significativas entre ambos niveles en los valores de fuerza explosiva.

Por último, Hermassi, Gabbett, Spencer, et al. (2014) señalan que la capacidad de salto vertical (SJ y CMJ) es independiente de la capacidad de realizar pruebas de velocidad (RSSA; Repeated Shuttle Sprint Ability, en inglés) al contrario de los resultados alcanzados por Dello Iacono, Ardigò, et al. (2016) por lo que, como se ha visto con anterioridad, se puede buscar la optimización de esta relación con los test de saltos horizontales y la inclusión en el entrenamiento de ejercicios con dicha finalidad.

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 7

Estudios con la altura del salto vertical entre sus variables

<b>Autor/es</b>	<b>Muestra</b>	<b>Test de Salto Vertical</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Resultados</b>	
Gorostiaga et al. (2005)	Jugadores de élite (n=15)	CMJ <sub>b</sub>	46.80±7.00	Utilizan el test de CMJ con impulso de brazos como variable independiente para comprobar las diferencias de rendimiento físico entre jugadores de élite y amateur. En este caso, no se muestran diferencias entre ambos grupos de jugadores	
	Jugadores amateurs (n=15)	CMJ <sub>b</sub>	46.90±7.00		
Gorostiaga et al. (2006)	Jugadores de élite (n=15)	CMJ <sub>b</sub>	Test 1	45.20±7.00	Utilizan el test de CMJ con impulso de brazos como variable independiente para comprobar las diferencias de rendimiento físico entre jugadores de élite y a lo largo de una temporada completa. En este caso, no se muestran diferencias entre las diferentes medidas
			Test 2	46.80±7.70	
			Test 3	48.20±7.20	
			Test 4	47.50±7.00	
Marques & González-Badillo (2006)	Jugadores de élite (n=16)	CMJ	Test 1	36.82±4.80	Utilizan el test de CMJ con impulso de brazos como variable independiente para comprobar las diferencias de rendimiento físico en el periodo de desentrenamiento. Los resultados muestran que los jugadores de élite no alcanzan diferencias significativas después de 7 semanas de desentrenamiento en CMJ
			Test 2	40.55±5.09	
			Test 3	41.62±5.60	
		CMJ <sub>20</sub>	Test 1	25.41±3.50	
			Test 2	29.40±4.40	
			Test 3	30.69±3.70	
		CMJ <sub>40</sub>	Test 1	18.86±3.10	
			Test 2	21.49±2.90	
			Test 3	23.34±3.50	

CMJ<sub>b</sub>; Salto con contramovimiento con impulso de brazos, CMJ<sub>20</sub>; Salto con contramovimiento con carga de 20 Kg en barra sobre los hombros, CMJ<sub>40</sub>; Salto con contramovimiento con carga de 40 Kg en barra sobre los hombros

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 7. Continuación

Autor/es	Muestra	Test de Salto Vertical	Altura (cm)	Resultados	
(Ingebrigtsen et al., 2013)	Jugadores jóvenes de élite U16 (n=14)	SJ	28.10±5.62	Los jugadores masculinos sub-16 parecen funcionar un poco mejor en todas las pruebas en comparación con los datos de rendimiento de los jugadores masculinos de U18., los hallazgos también indican que los jugadores femeninos de Sub-18 tienden a saltar más alto en SJ vs. Sub-16. No existen diferencias significativas y los test de Salto se usan para medir las habilidades en el salto	
		CMJ	29.94±6.41		
	Jugadores jóvenes de élite U18 (n=15)	SJ	30.11±6.56		
		CMJ	32.81±5.46		
	Jugadoras jóvenes de élite U16 (n=15)	SJ	23.25±3.42		
		CMJ	24.57±3.44		
	Jugadoras jóvenes de élite U18 (n=14)	SJ	25.80±4.27		
		CMJ	26.80±4.33		
(Matthys, Vaeyens, et al., 2013)	Jugadores jóvenes de élite (n=14)	CMJ	T1 (12-13 años)	31.80±4.70	Utiliza el test de CMJ como variable independiente para comprobar la fuerza explosiva de miembros inferiores. Los jugadores de élite realizaron un promedio de 8.2% mejor en el test de CMJ en comparación con los jugadores no de élite control durante los tres años. No se observaron diferencias significativas entre los niveles en el grupo más joven.
			T2 (13-14 años)	35.80±5.20	
			T3 (14-15 años)	38.10±4.00	
	Jugadores jóvenes no élite Control (n=39)	CMJ	T1 (12-13 años)	30.20±4.80	
			T2 (13-14 años)	33.50±4.90	
			T3 (14-15 años)	36.80±5.10	

SJ; Squat Jump (en inglés), CMJ; Salto con contramovimiento, U16; Sub-16, U18; Sub-18

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 7. Continuación

Autor/es	Muestra	Test de Salto Vertical	Altura (cm)	Resultados
(Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013)	Jugadores de élite participantes EC (n=14)	SJ	36.50±4.50	Utilizan los test de SJ, CMJ y CMJ con impulso de los brazos como variables independientes para determinar las características físicas de los deportistas en función del ranking de sus equipos. Los resultados muestran que los jugadores del equipo mejor clasificado tuvieron mayor rendimiento en los saltos verticales que el equipo peor clasificado
		CMJ	33.50±4.70	
		CMJ <sub>b</sub>	31.00±4.80	
	Jugadores de élite participantes EC (n=17)	SJ	37.70±3.70	
		CMJ	36.40±5.70	
		CMJ <sub>b</sub>	32.20±6.20	
	Jugadores de élite participantes ECC (n=13)	SJ	46.60±4.10	
		CMJ	43.10±6.10	
		CMJ <sub>b</sub>	40.60±6.10	
(González-Rave et al., 2014)	Jugadores experimentados (n=12)	SJ	31.21±4.32	Utiliza los test SJ y CMJ como variables independientes para relacionar la fuerza y la potencia de piernas, tanto dominante como no dominante
		CMJ	35.89±4.20	
(Hermassi, Gabbett, Spencer, et al., 2014)	Jugadores jóvenes de élite (n=22)	SJ	43.02±3.48	Los resultados muestran que la capacidad de saltar verticalmente (SJ y CMJ) es bastante independiente de la capacidad de realizar una prueba RSSA y los test de salto se realizan dentro de las valoraciones de fuerza explosiva en los participantes
		CMJ	45.73±2.26	

SJ; Squat Jump (en inglés), CMJ; Salto con contramovimiento, CMJ<sub>b</sub>; Salto con contramovimiento con impulso de brazos, EC; European Cup, ECC; European Challenge Cup, RSSA; Repeated Shuttle-Sprint Ability (en inglés)

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 7. Continuación

Autor/es	Muestra	Test de Salto Vertical	Altura (cm)	Resultados
(Massuça et al., 2014)	Jugadores top élite (n=37)	SJ	36.56±5.00	No existen diferencias significativas entre la altura del salto vertical (SJ y CMJ) entre los jugadores de balonmano top élite y aquellos que no lo son. Aunque los test son utilizados para comprobar la fuerza explosiva en el tren inferior y las probabilidades para llegar a ser deportistas de élite son, entre otros, SJ y CMJ (p=0,05)
		CMJ	38.72±4.67	
	Jugadores no-élite (n=107)	SJ	35.92±7.47	
		CMJ	38.50±8.21	
(Bautista, Chiroso, Robinson, et al., 2016)	Jugadores jóvenes de élite (n=16)	SJ	37.31±5.76	Utilizan los test SJ y CMJ como variables independientes para establecer un clúster y clasificar los grupos de jugadores para optimizar su entrenamiento
		CMJ	41.19±7.12	
(Fernández-Romero et al., 2016)	Jugadores jóvenes nivel nacional (n=32)	SJ	27.60±6.50	Combinar diferentes pruebas que evalúan la fuerza explosiva (CMJ) y la velocidad con variables antropométricas representan el 81.9% de la varianza total.
		CMJ	33.50±6.00	
		CMJ <sub>b</sub>	40.30±7.00	
	Jugadoras jóvenes nivel nacional (n=30)	SJ	23.30±3.60	
		CMJ	27.30±3.90	
		CMJ <sub>b</sub>	32.30±3.50	

SJ; Squat Jump (en inglés), CMJ; Salto con contramovimiento, CMJ<sub>b</sub>; Salto con contramovimiento con impulso de brazos,

### 3.1.6 Conclusión

Se puede llegar a la conclusión que la altura del salto vertical es un campo en el que todavía se puede incidir más por parte de la comunidad científica. Así, las conclusiones que se pueden alcanzar sobre la altura del salto pueden ser:

- El entrenamiento pliométrico, con ejercicios verticales y horizontales, combinado con el entrenamiento de fuerza, con cargas pesadas o moderadas.
- Es un campo donde la comunidad científica puede incidir sobre las relaciones entre los test de salto y los test específicos que se pueden llevar a cabo en balonmano.
- Los test de salto (DJ, SJ y CMJ) pueden ser indicativos del rendimiento físico que alcanzan los jugadores en un momento determinado o a lo largo de una temporada completa.

### 3.1.7 Aplicaciones prácticas

- Para mejorar la altura del salto, los programas de entrenamiento de la pliometría deben combinarse con el entrenamiento de fuerza y tener una duración entre 8 y 12 semanas con 2-3 sesiones por semana (Chelly et al., 2014; Slimani et al., 2016)
- Se deben realizar ejercicios combinados ejercicios de salto unilateral y bilateral, tanto verticales como horizontales, y la combinación de diferentes tipos ejercicios pliométricos (SJ+CMJ+DJ+saltos con piernas alternas+ejercicios de salto de ciclo de estiramiento-acortamiento) (Dello Iacono, Martone, et al., 2016; Saéz-Saez de Villarreal et al., 2009; Slimani et al., 2016).
- Se deben realizar ejercicios de sentadillas en el entrenamiento de fuerza para mejorar el rendimiento en el salto (Wirth et al., 2016)
- Se deben realizar test de salto (SJ, CMJ y DJ) para comprobar el estado óptimo físico de los jugadores.

## 4 La fuerza aplicada en balonmano

Los valores de velocidad de lanzamiento pueden depender de los valores de fuerza máxima que tiene cada jugador. Cuanto mayor es el nivel competitivo del jugador, mayores valores absolutos debe tener de fuerza y de velocidad de salida del balón (Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Matthys, Vaeyens, et al., 2013). Del mismo modo Matthys, Vaeyens et al. (2013) ponen de manifiesto, que con la edad la fuerza adquiere mayor importancia y aumenta en sus valores absolutos conforme mayor es el nivel competitivo del deportista. En esta misma línea, los entrenadores deben conocer los parámetros de fuerza de los deportistas, ya que, uno de los objetivos principales de la teoría del entrenamiento es mejorar el rendimiento de los deportistas (Carvalho et al., 2014; Matthys, Vaeyens, et al., 2013).

Hasta donde se conoce, existen pocas evidencias que reflejen la aplicación de diferentes métodos de fuerza en una temporada para aumentar o mantener los parámetros de potencia muscular y de velocidad de salida del balón en ambos brazos en jugadores de nivel de un equipo de balonmano (Dechechi et al., 2010; Matthys, Vaeyens, et al., 2013) y ninguno en diferentes periodos de la temporada. Si se puede encontrar en la bibliografía investigaciones que buscan mediante el aumento de parámetros de fuerza aumentar la velocidad de lanzamiento en diferentes deportes (Bourdin et al., 2010; Chelly et al., 2010; Cormie, McGuigan, & Newton, 2010; Dalziel, Neal, & Watts, 2002; Escamilla et al., 2010; Escamilla et al., 2012; Ettema et al., 2008; Freeston et al., 2016; Gómez Navarrete et al., 2011; Hermassi et al., 2015; Ignjatovic et al., 2012; Marques et al., 2012; Van den Tillaar & Marques, 2011; 2013a), entre otros. Aunque no existe mucha evidencia científica que examinen la relación entre el desarrollo de la velocidad de salida del balón en los jugadores de élite de balonmano con los índices de fuerza dinámica y potencia (Marques et al., 2007).

Según García Manso (2002), *“la fuerza ocupa un papel importante dentro del mundo del entrenamiento deportivo, bien como elemento principal del rendimiento o bien como base para generar la tensión necesaria para crear cualquier movimiento”* (p. 11). Por lo que, para buscar la optimización de los resultados deportivos en cualquier equipo, el entrenamiento de las diferentes manifestaciones de la fuerza debe tener un gran

protagonismo para mejorar las habilidades de los jugadores. Se puede señalar que la aplicación de cualquier estímulo físico mediante la modulación de la carga tiene un efecto positivo en el desarrollo de la fuerza de los deportistas. (Chirosa, 1998; García Manso, 2002). Del mismo modo, resulta efectivo el entrenamiento de desarrollo muscular con pesas, en participantes adultos, para aumentar la fuerza isométrica máxima (FIM), así como la fuerza explosiva y la fuerza dinámica máxima (FDM) del tren superior y, en menor medida, del tren inferior (Martínez Martín, 2010).

La fuerza va unida a la cinemática del gesto específico ya que se puede destacar la importancia de la fuerza explosiva, como una característica importante, tanto de los miembros inferiores como superiores, en jugadores de balonmano por las actividades de alta intensidad que llevan a cabo con frecuencia (lanzamientos, saltos, cambios rápidos de dirección) (Chelly et al., 2010; Massuça, Fragoso, & Teles, 2014). Del mismo modo, la velocidad de lanzamiento está relacionada con los movimientos balísticos, ya que existen estudios (Skoufas et al., 2003; Van den Tillaar & Ettema, 2011; Van Muijen et al., 1991) que indican que si se ejecutan lanzamientos con balones más ligeros que el peso reglamentario, aumenta la velocidad de rotación en el hombro, por lo que se mejora también la velocidad de lanzamiento. En un grupo entrenado, se debe combinar el entrenamiento de fuerza, tanto máxima como explosiva con el entrenamiento técnico-táctico para poder mejorar los valores alcanzados de velocidad (Naclerio Ayllón et al., 2004; Skoufas et al., 2008).

Así mismo, Marques et al. (2007) muestran que los valores de fuerza dinámica máxima, de pico de potencia y de pico de velocidad en el ejercicio de press de banca de pectoral se relacionan con la velocidad de lanzamiento en un equipo de élite de balonmano. Por lo que, para futuras investigaciones, si se mejoran estos parámetros de fuerza y cinéticos, aumentaremos también la velocidad. Pero no sólo es necesario aumentar los valores de fuerza para aumentar la velocidad, como se ha señalado con anterioridad, sino que también es necesario aumentar la velocidad de los movimientos del hombro (Wagner et al., 2010a). Este aumento se debe hacer de forma balística ya que al aumentar la velocidad angular en el hombro se aumenta la velocidad del gesto específico (Van den Tillaar & Ettema, 2007). Por último, con respecto a los factores del desarrollo de la fuerza y la potencia, hay que señalar que cuanto mayor es el nivel del



## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

jugador mayores son los parámetros de fuerza y potencia y tienen una mayor dificultad para incrementarlos.

Como señalan Manchado et al. (2013) los ejercicios de fuerza y de potencia pueden estar presentes en las rutinas de acondicionamiento para el aumento del porcentaje de masa muscular y de los niveles requeridos de fuerza explosiva máxima de la musculatura del tren superior e inferior. Ya que, según las diferentes acciones de juego (golpear, saltar, empujar, lanzamientos...), deben dar una mayor ventaja para aguantar las fuertes contracciones musculares.

La mayoría de las acciones específicas en el balonmano involucran al ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA) y acciones de alta intensidad (Carvalho et al., 2014; Matthys, Vaeyens, et al., 2013). A pesar de que las acciones de alta intensidad son muy cortas, estas acciones son importantes a tener en cuenta, ya que requieren altos niveles de resistencia y velocidad (Karcher & Buchheit, 2014). Muestran en su investigación de que el entrenamiento debe estar individualizado, ya que son diferentes las exigencias, tanto físicas como fisiológicas, de los jugadores con respecto a las posiciones y roles del juego. Así, muestran que los laterales y los pivotes realizan más acciones de alta intensidad que los extremos y, a su vez, los pivotes realizan más acciones de duelo que los laterales. Todas estas diferencias vienen derivadas de las demandas tácticas de cada posición específica y también deben tenerse en cuenta en los programas de entrenamiento. A su vez, muestran que cada posición específica debe tener una recomendación de entrenamiento según la técnica, el análisis del movimiento y las demandas fisiológicas (tabla 8).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 8.

Recomendaciones de entrenamiento según la posición específica de los jugadores de balonmano según la técnica, el análisis del movimiento y las demandas fisiológicas (traducido de Karcher & Buchheit, 2014, p. 809)

Cualidad Física	Orientación principal del entrenamiento/ justificación	Posición			
		Lateral	Pivote	Extremo	Portero
Fuerza	Objetivo principal	Hipertrofia/Explosividad/ Fuerza Máxima	Hipertrofia	Explosividad	Explosividad/Fuerza reactiva
	Justificación	Para desarrollar saltar, correr, habilidades de lanzamiento y tolerar mejor los contactos y duelos	Para tolerar mejor los contactos y duelos	Para el desarrollo del salto y habilidades de velocidad	Para mejorar la reactividad y rapidez
Velocidad	Tipo ejercicio principal	10-15 m	10 m	20-30 m	Movimientos específicos
	Justificación	Promedio de distancia del sprint más corto	Promedio de distancia del sprint más corto	Mayor promedio de distancia del sprint	No requiere velocidad en la carrera
Función Metabólica	Tipo ejercicio principal	30-30 s; 20-20 s	15-15 s	10-20 s; 5-25 s; repeticiones en sprint	15-15-30-30 s
	Justificación	Ajustar el tiempo promedio de la actividad y el ratio ataque/defensa	Ajustar el tiempo promedio de la actividad y el ratio ataque/defensa	Ajustar el tiempo promedio de la actividad y el ratio ataque/defensa	La reproducción de los patrones de actividad de juego no permite estimular el sistema cardiorrespiratorio a alta intensidad. Por lo que se deben usar otras formas genéricas de intervalos de entrenamiento. Como no suelen correr, por ejemplo, usar bicicleta
Prevención de lesiones	Grupo Muscular principal	Manguito de los rotadores	Músculos abdominales	Isquiotibiales	Músculos del hombro y del codo
	Justificación	Para aguantar un elevado número de pases y lanzamientos	Para tolerar los contactos y duelos	Para evitar la tensión muscular debido a la alta velocidad (zancadas amplias)	Prevenir la hiperextensión del codo durante los impactos del balón

#### **4.1 Manifestaciones de la fuerza**

Como indica Tous (1999) “*si hay un apartado en el que los diferentes especialistas en la materia no se ponen de acuerdo es en designar qué tipo de manifestaciones de la fuerza son principales y cuáles son una variante de las anteriores*” (p.28). Así pues, diferentes autores García Manso (2002), González Badillo & Gorostiaga Ayestarán (2002) y Tous (1999) identifican las manifestaciones de la fuerza dependiendo de varios elementos. “*La fuerza no suele manifestarse de forma pura*” (Tous, 1999, p.28), así que estos elementos diferenciadores pueden ser atendiendo a la tensión, velocidad, tipo de activación o contracción, fuerza resistencia, fuerza máxima, fuerza explosiva, isométrica máxima, fuerza activa, fuerza reactiva...

Por un lado González Badillo & Gorostiaga Ayestarán (2002), comprenden las manifestaciones de la fuerza dependiendo de la tensión, la velocidad en la ejecución y el tipo de activación o contracción producida. Identifican como la fuerza útil, en el ámbito deportivo, a aquella que se aplica o manifiesta a la velocidad que se realiza un gesto deportivo. Manifiestan que se producen dos relaciones vitales para comprender el significado de la propia fuerza y su entrenamiento:

- 1.- la relación entre la producción de fuerza y el tiempo necesario para ello
- 2.- la relación entre las manifestaciones de la fuerza y la velocidad del movimiento

Otro de los autores citados con anterioridad, García Manso (2002) diferencia entre manifestación activa y manifestación reactiva. Así la manifestación activa, la identifica con la contracción voluntaria muscular generando fuerza mediante la tensión que se produce en el músculo. Esta manifestación activa de la fuerza, genera otras manifestaciones dependiendo de los criterios de magnitud (fuerza máxima), velocidad de ejecución (fuerza veloz) y tiempo de duración (fuerza resistencia). La manifestación reactiva, se identifica en las contracciones musculares en las que se produce un ciclo de estiramiento-acortamiento de alta velocidad de ejecución. Su entrenamiento se basa en el trabajo muscular en la fase excéntrica del movimiento, y con una fase isométrica muy corta, se ejecuta una fase concéntrica. Así pues los entrenamientos orientados a la mejora de la fuerza reactiva son eficaces para mejorar la

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

velocidad de las acciones técnicas de diferentes deportes (saltar, lanzar, etc.). A su vez, el autor, diferencia las manifestaciones de la fuerza en función de su objeto, fruto de las diferentes funciones y características del deporte y momento de la temporada en la que se aplique dicha manifestación de la fuerza. En esta clasificación en función de su objeto destaca la fuerza de base, la fuerza de desarrollo, la fuerza de transferencia y la fuerza especial (técnica).

Tous (1999) en su aproximación y concreción sobre las manifestaciones de la fuerza, señala que la fuerza se manifiesta de forma diferente según el tipo de movimiento y la tensión muscular que se produzca. Bajo estas premisas, realiza su clasificación de las manifestaciones de la fuerza en: Estática, Activa y Reactiva (figura 16).



Figura 16. Manifestaciones de la Fuerza (Tous, 1999 p. 32)

Atendiendo a las aproximaciones mostradas por estos diferentes autores, durante el desarrollo de esta Tesis Doctoral se ha buscado el entrenamiento de la fuerza reactiva, con doble ciclo de trabajo muscular, para mejorar la velocidad de las acciones técnicas, unido a la mejor relación entre las manifestaciones de la fuerza y la velocidad del movimiento en diferentes momentos de la temporada en función del método de entrenamiento utilizado.

## 4.2 Relación entre las variables de fuerza, tiempo y velocidad

Dentro de las relaciones que se pueden mantener entre los parámetros de fuerza, tiempo y velocidad, vamos a centrarnos en las relaciones de fuerza – tiempo y de fuerza – velocidad. La relación fuerza – tiempo se concreta en la curva fuerza – tiempo (C. f – t) (figura 17).

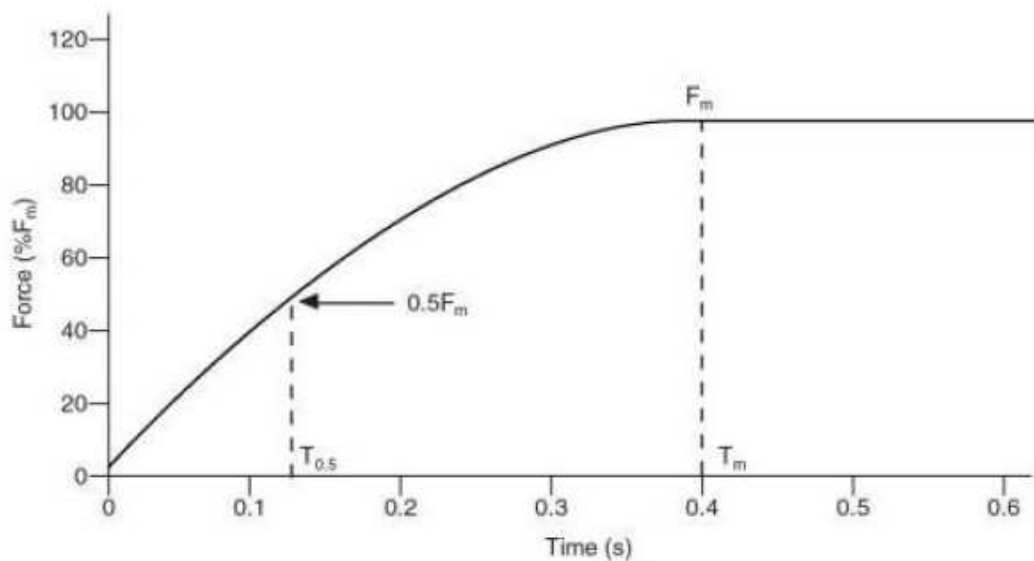


Figura 17. Desarrollo de la fuerza muscular máxima ( $F_m$ ) en el tiempo.  $T_m$  es el tiempo hasta la fuerza máxima  $F_m$ .  $T_{0.5}$  es el tiempo hasta 1/2 de  $F_m$  (Zatsiorsky & Kraemer, 2006 p. 26)

Estos dos parámetros son importantes a tener en cuenta durante la planificación y el control del entrenamiento de fuerza (González Badillo & Gorostiaga Ayestarán, 2002).

Zatsiorsky & Kraemer (2006) establecen una clasificación de la fuerza con respecto a la distribución del tiempo en la ejecución. Así, podemos determinar: una fuerza inicial, una fuerza explosiva y una fuerza máxima.

- Fase inicial: Es la capacidad de manifestar fuerza en el inicio de la tensión o contracción muscular.
- Fuerza explosiva: La zona donde se produce una buena relación entre el aumento de fuerza y el tiempo empleado.
- Fuerza máxima: Que puede ser la isométrica si la resistencia es insuperable o la máxima dinámica si hay desplazamiento.

Así, Zatsiorsky & Kraemer (2006) concretan que realizando entrenamiento de fuerza se incrementa la fuerza máxima y se reduce el tiempo para alcanzarla. Del mismo modo, y en la misma línea, dependiendo de los estímulos que se adquieran con el entrenamiento se producirán adaptaciones diferentes.

La relación más estudiada y desde hace más tiempo ha sido la que se establece entre la fuerza y la velocidad (Knudson, 2009). La relación fuerza – velocidad se concreta en la curva fuerza-velocidad (C. f-v) (figura 18).

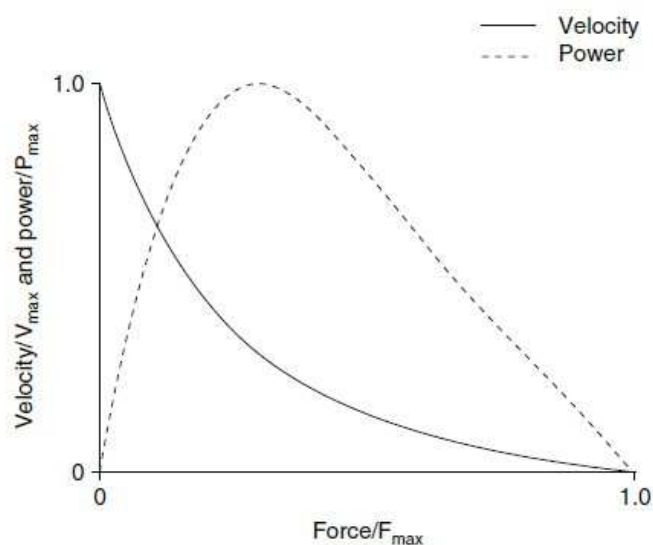


Figura 18. Relaciones fuerza-velocidad y fuerza-potencia para contracciones concéntricas del músculo esquelético. Fuerza, velocidad y potencia se normalizan a la máxima fuerza isométrica ( $F_{\max}$ ), velocidad máxima de acortamiento ( $V_{\max}$ ) y potencia máxima de salida ( $P_{\max}$ ), respectivamente (Cormie et al., 2011a, p. 19)

La relación fuerza-velocidad representa una propiedad característica del músculo que dicta sus capacidades de producción de energía (Cormie et al., 2011a). Esta relación (figura 19) define la fuerza y la potencia para las acciones musculares (excéntrica, isométrica y concéntrica) (Knudson, 2009; Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Aunque la fuerza y la velocidad mantienen una relación inversa: cuanto mayor sea la velocidad con la que se realiza un gesto deportivo, menor será la fuerza aplicada (Cormie et al., 2011a; González Badillo & Gorostiaga Ayestarán, 2002; Tous, 1999). Como señalan González Badillo & Gorostiaga Ayestarán (2002), no hay que interpretar que cuanto mayores sean los parámetros de fuerza, el deportista será más lento sino que cuanto mayores sean los parámetros de fuerza, con mayor probabilidad se podrá desplazar un cuerpo más rápido.

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Así, la relación fuerza – velocidad es una herramienta muy importante para evaluar el efecto del entrenamiento (Tous, 1999).

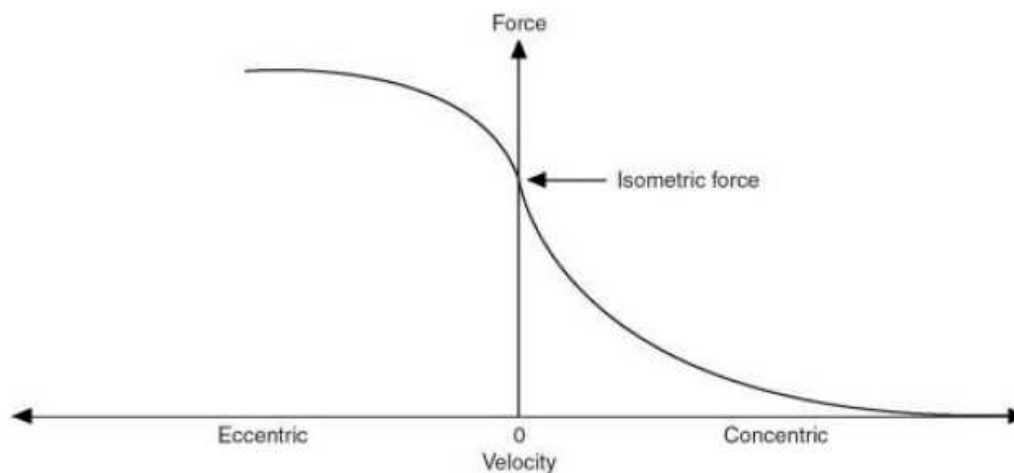


Figura 19. Curva fuerza-velocidad para las acciones musculares concéntricas y excéntricas (Zatsiorsky & Kraemer, 2006, p. 34)

Para poder optimizar la relación fuerza – velocidad, hay que identificar:

En primer lugar, el compromiso adecuado de la fuerza y la velocidad que crea la potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) depende de muchos factores, incluyendo: el tipo de fibra, el músculo y su capacidad contráctil, el segmento, la integridad física, el cuerpo), el movimiento, la técnica y la carga externa (Cormie et al., 2011a; Cronin & Sleivert, 2005). Además, Cormie et al. (2011a) inciden que no solo la morfología del músculo influye en la capacidad para generar  $P_{\text{máx}}$  sino que también influye la capacidad del sistema nervioso para activar adecuadamente los músculos implicados.

En segundo lugar, la obtención de la tasa más alta de trabajo ( $W$ ) (mayor efecto mecánico de la fuerza y la velocidad) no está solo relacionada con el éxito en el salto, en las carreras de velocidad, en el lanzamiento, u otras habilidades deportivas (Cronin & Sleivert, 2005). Así, el éxito en la mayoría de los deportes implica la maximización de otras variables de rendimiento como la velocidad, la fuerza, la técnica, o alguna combinación de estas variables (Knudson, 2009).

Así, como señala Tous (1999) “*en las curvas de fuerza-velocidad (C. f-v) nos interesa incidir sobre la zona de la curva más parecida a los gestos de nuestra especialidad, de*

*esa forma aumentaremos el rendimiento”* (p. 185), por lo que debemos conocer la curva tanto de nuestro deporte como de nuestros deportistas para poder llegar a una completa optimización. Aunque González Badillo & Gorostiaga Ayestarán (2002) coinciden en que la curva fuerza-velocidad es un elemento diferenciador en cada deporte pero determinan que el objetivo del entrenamiento no solo debe estar centrado en una zona de la curva, sino en la mejora permanente de la curva en su totalidad. Por la limitación en las herramientas que se pueden disponer para el análisis de los datos, es difícil conocer la C. f-v que se puede establecer en un lanzamiento para poder individualizar el entrenamiento y adecuarlo a la C. f-v del deportista. Por este motivo, durante la elaboración de esta Tesis Doctoral, nos hemos centrado en la mejora de la C. f-v en su totalidad, incidiendo en mayor medida sobre los valores máximos ( $P_{m\acute{a}x}$ ) obtenidos con encoder lineal.

### **4.3 La potencia**

Knudson (2009) en su aproximación al uso correcto del término de potencia, indica que no es adecuado referirse a ejercicios de potencia porque todos los movimientos, excepto aquellos estabilizadores en isometrías, implican cierto flujo de potencia muscular. Aunque la capacidad para optimizar la potencia muscular es fundamental para el éxito en muchas actividades deportivas (Cronin & Sleivert, 2005).

Como señalan González Badillo & Gorostiaga Ayestarán (2002):

La potencia es el producto de la fuerza por la velocidad en cada instante del movimiento. (...) Lo más importante es el mejor producto fuerza-velocidad conseguido a través del movimiento, es decir, el pico máximo de potencia, que define las características dinámicas durante el ejercicio. (p. 34).

Por lo que, el aumento de la fuerza y de la potencia son dos de los factores principales del rendimiento de los deportistas y se deben incluir en los programas de entrenamiento (Freeston et al., 2016; Marques, 2010; Zaras et al., 2013). Zatziorsky y Kraemer (2006) indican que potencia máxima se consigue en el intervalo intermedio de la fuerza y la velocidad. Así, como la velocidad del movimiento aumenta, la fuerza ejercida disminuye y aumenta la energía liberada. Una de las variables trascendentes para



aumentar la potencia y los resultados de los deportistas en ejercicios explosivos, como es correr o saltar, es la carga de entrenamiento que maximiza la potencia máxima (P<sub>máx</sub>) del músculo (Bourdin et al., 2010; Cronin & Sleivert, 2005). También, la P<sub>máx</sub> se define como la potencia máxima de salida en la contracción muscular concéntrica durante todo el rango de recorrido (Baker & Newton, 2005; McMaster, Gill, Cronin, & McGuigan, 2014). Así, como la P<sub>máx</sub> es importante para alcanzar la optimización de los resultados deportivos, hay que determinar la P<sub>máx</sub> de cada deportista y luego entrenar a dicha carga (Cronin & Sleivert, 2005; Dalziel et al., 2002). La P<sub>máx</sub> que se puede alcanzar el deportista depende de: la relación directa entre el porcentaje de fibras rápidas (FT) y fibras lentas (ST), la cantidad de masa muscular y el número de unidades motoras activadas durante un movimiento específico (González Badillo & Gorostiaga Ayestarán, 2002; Zaras et al., 2013).

Atendiendo a los factores sobre los que se puede intervenir para que los deportistas aumenten la P<sub>máx</sub>, está claro que la mayor actuación se debe centrar en el entrenamiento con una optimización de la carga y la aplicación de diferentes métodos para aumentar el número de unidades motoras activadas. De este modo, Cormie, McGuigan, & Newton (2011b) indican que el entrenamiento debe realizarse con la carga “óptima” ya que se produce un estímulo efectivo para poner a aumentar la P<sub>máx</sub> de un movimiento específico. En esta misma línea, los autores señalan que para poder maximizar la transferencia del entrenamiento al rendimiento, este entrenamiento de potencia debe involucrar el uso de patrones de movimiento, cargas y velocidades específicas del propio deporte. En este sentido, se puede señalar que los jugadores de balonmano, desde los principiantes a la élite, pasan parte de su entrenamiento usando el entrenamiento de fuerza y/o de potencia para aumentar sus valores en el lanzamiento (Zaras et al., 2013). Como bien dice Szymanski (2012) la verdadera variable de interés para el entrenador y los jugadores, así como el objetivo de las investigaciones con estos deportistas, es la velocidad de lanzamiento. Como se ha visto con anterioridad, la velocidad es un componente de la potencia. Así, existen muchos deportes donde el lanzamiento tiene un papel fundamental para el éxito y el rendimiento individual o colectivo. En deportes como el béisbol, el softball, el fútbol americano (quarterback), el balonmano, el cricket, el waterpolo y el lanzamiento de jabalina, el desarrollo, la mejora

y el mantenimiento de la velocidad del gesto específico puede ayudar a influir en el resultado final de una competición.

En esta línea, los principales objetivos de un programa de entrenamiento de fuerza para mejorar la velocidad de lanzamiento deben centrarse en la sobrecarga progresiva y en el entrenamiento específico (Escamilla et al., 2000). Este entrenamiento específico que refieren los autores significa que debe estar centrado en los movimientos que imitan las acciones del deporte. Por ejemplo, señalan que los jugadores de béisbol deben entrenar con bolas de peso superior e inferior al reglamentario. En la misma línea Van den Tillaar (2004) indica que para el entrenamiento de fuerza es más específico para el movimiento del gesto específico por encima de la cabeza el entrenamiento del tren superior con el ejercicio de press banca tradicional.

Baker & Newton (2005) inciden en la necesidad que tienen los deportistas de mantener niveles elevados de  $P_{máx}$ , por lo que deben mantener niveles muy altos de fuerza en los grupos musculares importantes en su deporte, tanto de músculos agonistas como antagonistas. Durante el entrenamiento se debe diferenciar entre los ejercicios que se utilizan para el desarrollo de fuerza, actuando sobre diferentes estímulos (series, repeticiones, tiempos de descanso, etc.) y la potencia (Baker & Newton, 2005). Así, Szymanski (2012) incide en que se deben incorporar en los entrenamientos de fuerza, los ejercicios especiales diseñados para desarrollar la potencia (tabla 9). Estos ejercicios no solo deben ser explosivos isotónicos, sino que también se pueden incorporar de resistencia balística, pliométricos e isocinéticos. Chelly et al. (2010) muestran como durante el periodo de pretemporada se aplican programas pliométricos sobre jugadores jóvenes de balonmano para que inicien la competición en niveles apropiados de condición física, de fuerza muscular, resistencia y potencia, a la vez que, pueden servir para reducir las lesiones y optimizar el resultado deportivo mediante el fortalecimiento de los ligamentos, los tendones y los huesos.

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 9

Resumen de los estudios de velocidad de lanzamiento de entrenamiento de resistencia general en balonmano. Traducido de Szymanski (2012)

Estudio	Sujetos	Número y Sexo	Deporte	Método de entrenamiento	Duración (semanas)	Cambio de Fuerza	Grupo Control	Cambio en la velocidad
Barata (1992)	Instituto	12 H	Balonmano	Isotónico (8X12RM)	9	SN	Sin entrenamiento	Aumento
Hoff & Almasbakk (1995)	2ª División	6 M	Balonmano	Isotónico (85% 1RM)	9	Aumento	Sin entrenamiento extra (aumento)	Aumento
Hermassi et al. (2010)	Elite	9 H	Balonmano	Isotónico (80-95% 1RM)	10	Aumento	Régimen estándar en temporada (sin cambio)	Aumento
		9H	Balonmano	Isotónico (55-75% 1RM)	10	Aumento	Régimen estándar en temporada (sin cambio)	Aumento
Hermassi et al. (2011)	Elite	12 H	Balonmano	Isotónico (80-95% 1RM)	8	Aumento	Régimen estándar en temporada (sin cambio)	Aumento
Saeterbakken et al. (2011)	Instituto	14 M	Balonmano	Isotónico (4x4-6RM) Ejercicios de estabilidad y core	6	SN	Entrenamiento normal en Temporada (sin cambio)	Aumento

Ejercicios de entrenamiento de la fuerza explosiva que desarrollan potencia

H=Hombre M=Mujer SN=Sin medida RM= Repetición Máxima

En cuanto a los ejercicios balísticos, un estudio de Cormie et al. (2010) en atletas muestra que existe poca diferencia en el rendimiento de los atletas que realizan programas de entrenamiento de potencia balística y entrenamiento de fuerza con cargas altas. En la investigación, con los ejercicios balísticos, buscando la mejora en la producción de P<sub>máx</sub> y la optimización de los resultados deportivos, requerían al atleta ejercer toda la fuerza posible en períodos cortos de tiempo con el objetivo de proyectar el objeto acelerado en un espacio libre (por ejemplo: saltar, lanzar, patear). Los autores concluyen que tanto el entrenamiento de la potencia con ejercicios balísticos y las etapas iniciales de entrenamiento de fuerza con cargas máximas han sido asociadas con las mejoras significativas en los resultados y en el aumento de la activación neural que proporciona la activación de un número mayor de unidades motoras.

Ya se puede concretar que la potencia es una variable elemental en el rendimiento de un jugador de balonmano, tanto por su componente de fuerza como de velocidad. Aunque para valorar el éxito del entrenamiento de la potencia sobre deportista no solo se puede intervenir sobre el tren superior y con el resultado de su velocidad de salida de balón. Ya que Manske, Tajchman, Stranghoner, & Ellenbecker (2004) en un estudio isocinético con pitchers de béisbol señala que la potencia de los músculos del manguito rotador pueden no ser un componente crítico del gesto específico. Estos músculos del manguito rotador proporcionan una estabilización dinámica y la aceleración y desaceleración de la articulación glenohumeral. En el estudio inciden en la compensación que se puede crear con la generación de potencia tanto del tronco como de las piernas. En esta misma línea, Bourdin et al., (2010) incide en que en el lanzamiento interviene todo el cuerpo. Las extremidades inferiores inician el movimiento, continuado por el tronco y finalizado por la acción de las extremidades superiores. Diferentes investigaciones incluyen para sus valoraciones de fuerza y potencia la medición de la altura del salto vertical con contramovimiento (en inglés Counter Movement Jump, CMJ) (Carlock et al., 2004; González-Badillo & Marques, 2010; Hanson, Leigh, & Mynark, 2007; Hermassi et al., 2014; Markovic, Jukic, Milanovic, & Metikos, 2007; Marques et al., 2015; Massuça et al., 2014), entre otras. Laffaye et al. (2012) muestran que la forma de mejorar la velocidad de salida del balón depende de las cualidades pliométricas de las extremidades inferiores. De hechos, los autores, señalan que durante una carrera de tres pasos, los jugadores se desplazan en un

tiempo de contacto corto, avanzan muy rápidamente y pueden mejorar la aceleración de la pelota. Así, como más adelante se desarrolla en esta Tesis Doctoral, para realizar un mejor análisis del rendimiento deportivo del lanzamiento, se evalúan las capacidades musculares de los miembros inferiores y superiores.

#### **4.4 La fuerza dinámica máxima**

Tous (1999) denomina la fuerza dinámica máxima (FDM) como la manifestación activa de la fuerza producida por un ciclo simple de trabajo muscular. A su vez, McMaster et al. (2014) define la FDM como la cantidad máxima de la fuerza que un deportista puede producir en contra de una carga externa durante un movimiento determinado. Tous (1999) hace hincapié en el movimiento sin límite de tiempo, y señala que aunque se produce un Ciclo de Estiramiento-Acortamiento (CEA), aunque su efecto con cargas máximas es despreciable (González Badillo & Gorostiaga Ayestarán, 2002). González Badillo & Gorostiaga Ayestarán (2002) manifiestan que *“la fuerza máxima expresada estará referida al ángulo en el que se produce la mínima velocidad de desplazamiento”* (p. 53). Así, en la valoración se mide un valor de fuerza elevado, a lenta velocidad y sin dependencia de la elasticidad muscular (González Badillo & Gorostiaga Ayestarán, 2002). La fuerza máxima es una parte integral de la mayoría de los deportes, especialmente en deportes de contacto (McMaster et al., 2014).

Zatsiorsky y Kraemer (2006) muestran varias particularidades del desarrollo de la FDM para la práctica del deporte. Estas son:

- No es posible ejercer una fuerza máxima con movimientos muy rápidos, por lo que si un deportista inicia la primera fase de un movimiento rápido, su capacidad para aplicar una gran fuerza en la segunda fase se ve reducida.
- Los valores de fuerza máxima isométrica que puede alcanzar un deportista determina los parámetros que puede alcanzar en condiciones dinámicas.

Según McMaster et al. (2014) los ejercicios más comunes en la evaluación de la FDM en deportistas son el press banca y la sentadilla. La FDM de los deportistas puede variar

mucho, entre unas disciplinas deportivas y otras, porque está influenciada por la antropometría, la morfología, la edad cronológica, la edad fisiológica y la experiencia de entrenamiento.

#### **4.4.1 La fuerza dinámica máxima relativa**

González Badillo y Gorostiaga Ayestarán (2002) denomina la Fuerza Dinámica Máxima Relativa (FDMR) como *“la máxima fuerza expresada ante resistencias inferiores a la que se corresponde con la Fuerza Dinámica Máxima”* (p. 53). También, los autores amplían su definición *“como la capacidad muscular para imprimir velocidad a una resistencia inferior a aquella con la que se manifiesta la FDM”* (p. 54). Es decir, la FDMR es aquel porcentaje de trabajo de una Repetición Máxima (RM) con la que se realizan la mayoría de los ejercicios para alcanzar diferentes estímulos durante las sesiones de entrenamiento de los deportistas. En la mayoría de las sesiones de entrenamiento durante la competición, el objetivo se centra en la mejora sistemática de esta manifestación de la fuerza. Los autores muestran que *“un deportista solo tiene la fuerza que es capaz de aplicar a una velocidad dada”* (p. 54) por lo que se deben buscar las mejoras entre la velocidad de desplazamiento de la carga y la FDMR en los deportistas. Como se ha visto con anterioridad, las acciones musculares poseen tres tipos de contracciones: excéntricas, isométricas y concéntricas. En las contracciones excéntricas se producen los mayores valores de fuerza, dependiendo de la velocidad y la resistencia, en las contracciones isométricas puede existir la mayor contracción voluntaria máxima y los valores de fuerza son buenos indicativos para comprobar las modificaciones que se manifiestan por el entrenamiento y, por último, las contracciones concéntricas donde se comprueba una menor aplicación de fuerza y, debido a que hay movimiento, muy relacionada con la velocidad, es decir, a mayor velocidad de desplazamiento de la carga menor será el porcentaje de fuerza aplicada (FDMR). Como manifiestan Tous (1999) y González Badillo & Gorostiaga Ayestarán (2002), la relación entre la fuerza de estas acciones musculares tiene importancia en el entrenamiento, ya que se puede conocer el déficit de fuerza de cada deportista. Este déficit de fuerza viene dado por la diferencia entre la fuerza activa y estática, es decir, en la diferencia entre la

fuerza isométrica máxima (FIM) y la fuerza dinámica máxima (FDM) por lo que para reducir dicho déficit habrá que incrementar los valores de FDMR en el entrenamiento.

#### **4.5 Relación entre la fuerza máxima y la fuerza explosiva**

Como muestra McMaster et al. (2014) la fuerza máxima y cualidades balísticas varían ampliamente dentro y a través de los deportes, debido a los requisitos específicos y a las características físicas de los participantes. La fuerza explosiva es un aspecto fundamental en muchas disciplinas y se ha convertido en un aspecto esencial y está presente en la mayoría de los programas de entrenamiento de fuerza de los deportistas (Marques et al., 2010). Por ejemplo, Marques, Saavedra, Abrantes, & Aidar (2011) sugiere que un método de entrenamiento diseñado para mejorar la velocidad de salida del balón en jugadores de balonmano debe hacer hincapié en el movimiento a máxima velocidad de press de banca usando cargas ligeras. Existen varios estudios que muestran una influencia positiva entre los valores altos de fuerza máxima y la potencia para mejorar las contracciones musculares fuertes durante los movimientos específicos que se llevan a cabo en balonmano (Chelly et al., 2010; Cherif et al., 2016; Debanne & Laffaye, 2011; Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Marques et al., 2007). Por lo tanto, es muy importante el entrenamiento de fuerza y de potencia para mejorar el rendimiento del equipo de balonmano (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Un ejemplo típico de acción explosiva es el lanzamiento, ya que se puede señalar que es una acción donde la velocidad y la fuerza tienen una mayor importancia y relación (Hermassi et al., 2015). Aunque como ya hemos visto con anterioridad, no solo intervienen los miembros superiores en la acción explosiva, sino que se utiliza todo el cuerpo (Bourdin et al., 2010). De esta forma, los autores, muestran que los niveles de fuerza máxima del tren inferior es un elemento significativo en el gesto específico y que valores máximos altos dan como resultado una mayor optimización. Así, se pueden encontrar dos campos de actuación para mejorar el lanzamiento, pudiendo intervenir durante el entrenamiento de fuerza tanto para que los deportistas maximicen los valores de fuerza máxima como para que aumenten los valores de fuerza explosiva y potencia. Para buscar que los deportistas puedan alcanzar valores elevados de fuerza, (Gómez Navarrete et al., 2011) se centran

en el entrenamiento de contraste, para aumentar los parámetros de fuerza explosiva y potencia, separando cargas de trabajo de distinta intensidad (cargas altas primero y explosivas después). En esta misma línea también se puede intervenir para mejorar el rendimiento, con la introducción del entrenamiento pliométrico cada pequeños períodos de tiempo, especialmente de las acciones explosivas que se pueden encontrar en el juego como el lanzamiento, el salto o los desplazamientos en velocidad (Chelly et al., 2010; Chelly et al., 2014).

## **5 Planificación del entrenamiento en deportes colectivos**

La planificación del entrenamiento en los deportes colectivos se puede afrontar desde diferentes puntos de vista. La planificación se puede centrar exclusivamente en: los contenidos técnico – tácticos que deba desarrollar con conjunto de los jugadores, los métodos de entrenamiento para el acondicionamiento metabólico y la unión de ambos aspectos dentro de la totalidad de las sesiones de entrenamiento que puedan llegar a cabo los jugadores durante una temporada completa. En esta línea, se pueden obtener planificaciones y/o periodizaciones, como más adelante concretaremos, únicamente centradas en la metodología de fuerza para alcanzar el máximo rendimiento deportivo de periodos concretos o temporadas completas (Allerheeligen, 2003; Baker, 1998; 2001; 2007; Baker & Newton, 2005; Buford, Rossi, Smith, & Warren, 2007; Dawson, 1996; Fleck, 1999; Gamble, 2006; Hartmann et al., 2015; Hoffman & Kang, 2003; Kelly & Coutts, 2007; Kirby, Erickson, & McBride, 2010; Willoughby, 1993), comparando métodos lineales y ondulatorios de entrenamiento más actuales (Hartmann, Bob, Wirth, & Schmidbleicher, 2009; Loturco et al., 2014; Miranda et al., 2011; Prestes, Lima, Frollini, Donatto, & Conte, 2009; Rhea et al., 2003; Thiengo et al., 2013; Zourdos et al., 2012) y comparaciones de diferentes métodos de entrenamiento para incluir en el mejor momento de la planificación (Ettema et al., 2008; Ferrer Contreras, 2007; Gorostiaga, Izquierdo, Iturralde, Ruesta, & Ibáñez, 1999; MacDonald, Lamont, & Garner, 2012; Stone et al., 2000; Van den Tillaar, 2004; Young, Wilson, & Byrne, 1999), entre otras publicaciones.



Según Issurin (2010), las teorías del entrenamiento comenzaron hace cinco décadas, cuando el conocimiento de la preparación de los atletas y las capacidades biológicas se basaban en una cantidad relativamente pequeña de hallazgos objetivos de investigación. Como señala el autor, en ese momento se estableció la planificación tradicional del entrenamiento mediante una división de toda la temporada en periodos de menor tamaño. Este modelo tradicional de planificación resulta porque el entrenamiento de los atletas se vuelve más profesional y se describe como una secuencia de diferentes unidades de entrenamiento (larga duración, media duración y corta duración de ciclos de entrenamiento y de sesiones) para que los atletas pudieran alcanzar los resultados estatales deseados. Este modelo tradicional tiene una carga única, considerada en la primera fase del ciclo, que causa fatiga y produce una reducción aguda de la capacidad de trabajo del atleta. La segunda fase se caracteriza por una marcada fatiga y un proceso de recuperación pronunciado. Este ciclo se utiliza como principio de la supercompensación del entrenamiento. Así, en la misma línea en relación con el modelo tradicional de planificación, Zatsiorsky & Kraemer (2006) indican que los cambios que se producen en los deportistas como resultado del entrenamiento se pueden clasificar en:

- Efectos agudos, son los cambios que ocurren durante el ejercicio
- Efectos inmediatos, son aquellos que se producen como resultado de una única sesión de entrenamiento y se manifiestan poco después de la sesión de ejercicios
- Efectos acumulativos, se producen como resultado de la sesión de entrenamiento continuo
- Efectos tardíos, son los que se manifiestan durante un intervalo de tiempo dado después de una rutina de entrenamiento
- Efectos parciales, se producen los cambios por medio de entrenamientos individuales
- Efectos residuales, son la retención de los cambios tras la finalización de los entrenamientos más allá de los períodos de tiempo durante el tiempo que se pueden producir las adaptaciones.

Issurin (2010) pone de manifiesto que la planificación de la preparación en los deportes de equipo difiere completamente de las rutinas de planificación de las disciplinas atléticas. El autor, en su trabajo de revisión llega a la conclusión de que la aplicación del modelo tradicional sigue siendo válido para deportistas jóvenes y de bajo nivel, cuyas

fases de competición son relativamente cortas y similares a las de los deportes individuales. La clasificación básica de las unidades estructurales que comprenden el modelo tradicional son: macrociclo, mesociclo y microciclo (Rowbottom, 2000; Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Así, Zatsiorsky & Kraemer (2006), definen los *microciclos* son la agrupación de varios días de entrenamiento. Normalmente el microciclo tiene una duración de 1 semana. Los *mesociclos* son un sistema de varios microciclos cuya duración es de 4 semanas con un rango posible entre 2 y 6 semanas. El *macrociclo* como una unidad estructural que se refiere a una temporada entera de competición, incluyendo la temporada y los periodos de posttemporada. La duración típica de un macrociclo es de un año o medio año. Los periodos que integran el macrociclo se denominan periodos de preparación, de competición y de transición y cada uno de estos periodos de entrenamiento lo componen varios mesociclos.

Para Issurin (2010), en el modelo tradicional los macrociclos se dividen en periodos de entrenamiento con dos partes principales, la primera más generalizada y con trabajo preliminar (fase preparatoria) y la segunda con más trabajo de competición específica (periodo de competición). Los siguientes niveles de jerarquía están reservados a los mesociclos (ciclos de entrenamiento de tamaño medio) y microciclos. Repartir los volúmenes de carga y ajustar las intensidades de trabajo, son las decisiones más importantes a tomar en las distintas estructuras, como se podrá comprobar más adelante. En consecuencia, el autor muestra que el conocimiento acerca de la planificación del entrenamiento es decisivo cuando se requiere el aumento de la fuerza explosiva, de la velocidad, de la coordinación y de las habilidades técnicas.

La organización de programas de entrenamiento en macrociclos y periodos de entrenamiento se llama periodización. Fleck (1999) define la periodización como una distribución planificada de variaciones específicas introducidas en los métodos de entrenamiento a intervalos de tiempo para optimizar el aumento de fuerza, de potencia, de hipertrofia muscular y de las habilidades motrices. Según Dantas, García-Manso, Salum de Godoy, Sposito-Araujo, & Gomes (2010) en un estudio centrado en la aplicabilidad de los modelos de periodización, Tradicional, Acumulación-Transformación-Realización (ATR) y de Campanas Estructurales, cada modelo de periodización tiene características propias que buscan la evolución controlada del deportista y su equipo interviniendo racionalmente sobre los factores que pueden

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

condicionar su rendimiento. Los autores, en función de la aplicabilidad del modelo de planificación los agrupan de dos formas distintas:

- Monásticos, cuando el modelo se destina a buscar la optimización de una determinada cualidad física.
- Eclécticos, cuando el modelo busca optimizar diversas cualidades físicas a la vez, sin perder eficacia en alguna de ellas.

A su vez, Martínez (2001) establece cinco factores de entrenamiento que se pueden presentar en los deportes de equipo y se pueden concretar de la siguiente forma:

- Factores técnicos, presentes en las tareas de entrenamiento de dominios técnicos.
- Factores tácticos, presentes con todos los componentes de la competición: compañeros, oponentes, balón, reglamento y resultado
- Factores físicos, presentes en la preparación física de los equipos, buscando retrasar la fatiga y aumentar el acondicionamiento metabólico para soportar las tareas técnico-tácticas
- Factores informacionales, relacionados con todos los aspectos relativos al conocimiento del reglamento, de la competición, de la estrategia, de los sistemas de juego...
- Factores psicológicos, presentes en los diferentes estados de ánimo de los jugadores y a la forma hacer frente a las sesiones de entrenamiento y a la competición.

La planificación del entrenamiento en los deportes colectivos requiere múltiples objetivos de entrenamiento. Como indica Martínez (2001) *“el objetivo de la planificación es poner en orden los métodos de entrenamiento en un periodo de tiempo más o menos amplio, para aumentar el rendimiento en competición”* (p. 123). Estos objetivos pueden incluir la hipertrofia, la fuerza máxima, la potencia, el acondicionamiento metabólico y la prevención de lesiones, entre otros (Gamble, 2004). Como señala Fleck (1999) la variación del entrenamiento está cada vez más reconocido como una clave para la formulación de recetas exitosas de entrenamiento. Así, en los deportes colectivos, el modelo típico de periodización incluirá las siguientes fases: preparación general, preparación específica, pre-competición y competición (Dawson,

1996). Durante una temporada de un equipo de deportes colectivos, la planificación de la misma es una parte importante para poder optimizar el rendimiento de los jugadores, pero no solo durante la competición sino también es una necesidad llevar la planificación en diferentes fases del año, en particular el periodo fuera de temporada y en pretemporada (Gamble, 2006). El autor indica que cualquier periodización no es lineal, sino que se varían los parámetros del entrenamiento tanto dentro como entre microciclos. A su vez, señala, que la variación dentro de los microciclos es fundamental en los deportes colectivos para evitar el sobreentrenamiento y, también, variar el estímulo del entrenamiento y evitar la fatiga neural. En esta misma línea, el autor marca el periodo de entrenamiento fuera de temporada como el periodo de tiempo que hay antes del inicio de las sesiones técnicas y tácticas de preparación, cuyo descanso hasta su comienzo depende de la voluntad del cuerpo técnico.

Marques (2010) muestra que los programas tradicionales de entrenamiento de la fuerza y la potencia en los equipos de balonmano pueden producir mejoras locales en la fuerza y en la resistencia muscular. Pero, el autor señala, que es poco probable que los programas tradicionales de entrenamiento de la resistencia muscular puedan alcanzar a la totalidad de los jugadores de un equipo de balonmano, por lo que, se deben buscar métodos alternativos en entrenamiento de la fuerza y la potencia. Por otra parte, debido a que las acciones de un equipo durante la temporada en competición, deben prolongarse durante largos periodos de tiempo (entre 6-10 meses), es importante mantener niveles altos de rendimiento en cuanto a la resistencia muscular (Wallace & Cardinale, 1997). Así, durante la planificación de la temporada, encontramos que se debe alternar los métodos de entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento para: provocar un mayor número de estímulos en los deportistas, mantener sus niveles óptimos en el tiempo lo máximo posible y en óptimas condiciones a la competición, reducir el riesgo de lesiones, retrasar el inicio de la fatiga, aumentar la potencia y disminuir el desentrenamiento que se puede producir durante la temporada (Kritz, Mamula, Messey, & Hobbs, 2008; Marques, 2010; Martínez, 2001; Mujika, 2016). Martínez (2001) pone el acento en que no solo hay que conocer, por parte de los entrenadores, los métodos de entrenamiento y las características fundamentales del deporte, sino que también, se debe alcanzar un buen conocimiento de la situación del deportista. El autor señala que se pueden establecer dos grupos de deportistas: jugadores

en formación y jugadores formados que se encuentran en la etapa de máximo rendimiento.

Kelly y Coutts (2007) ponen de manifiesto que uno de los principales problemas que pueden encontrar los entrenadores es determinar la adecuación de las cargas de entrenamiento durante la fase de competición en la temporada. Hay que buscar programas de entrenamiento donde se relacione la sala de musculación y el campo (Kritz et al., 2008). Así, se debe buscar una alteración de la intensidad durante las fases de la temporada y, a su vez, los microciclos se deben adaptarse al calendario de partidos (Gamble, 2006). La competición debe ser el referente para distribuir los objetivos de las estructuradas de la planificación. El autor, muestra que los microciclos pueden tener una relación diferente entre las semanas de carga y descarga de 1:1, 2:1 o 3:1, por ejemplo. En esta misma línea, existen diferentes factores que condicionan las cargas de entrenamiento, como por ejemplo, las competiciones menores o los periodos de descanso en mitad de la temporada (por competiciones internacionales o por estructuración del calendario competitivo), la calidad de los equipos rivales, el número de días de entrenamiento entre partidos y cualquier desplazamiento relacionado con los partidos como visitante (Gamble, 2006; Kelly & Coutts, 2007). Por último, el éxito de una temporada, en cuanto a la periodización de los contenidos de entrenamiento también puede verse afectado por la compresión de los entrenadores del proceso de entrenamiento, la dinámica de cargas, la cuantificación y la prescripción del volumen y la intensidad de las sesiones de entrenamiento tanto técnico-tácticas como físicas y el equilibrio entre entrenamiento, descanso y recuperación (Kelly & Coutts, 2007; Martínez, 2001; Mujika, 2016; Rowbottom, 2000). Así, es necesario llevar a cabo un sistema para el control del entrenamiento que permita a los entrenadores planificar y supervisar la carga de trabajo que realizan los deportistas y asegurar un balance adecuado entre estrés/recuperación y la relación entre entrenamiento y rendimiento (Kelly & Coutts, 2007; Mujika, 2016; Rowbottom, 2000).

Así se pueden encontrar diferentes situaciones que hacen reflexionar sobre la aplicación de los modelos de planificación y se pueden centrar en:

- ¿Cómo organizar una temporada con un periodo competitivo que dura entre 30 o 40 semanas y que tiene un número de partidos que oscila entre 30 a 60?

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

- ¿Qué modelo de planificación debo seguir para alcanzar las adaptaciones fisiológicas oportunas?
- ¿Tengo la exigencia de que el equipo juegue bien y logre la victoria en el mayor número de partidos?

La estructuración del entrenamiento debe ser flexible y no puede seguir un modelo único de organización. El punto de inflexión entre los modelos tradicionales y los modelos actuales, se encuentra la utilización de sistemas más flexibles y eficaces en la organización del entrenamiento. Como anuncia Mujika (2016) es importante cuantificar la carga de trabajo, tanto la interna (fisiológica) como la externa. La carga de trabajo externa es aquella que no se cuantifica con el estrés biológico que producen las sesiones de entrenamiento. En este sentido, establece que hay tres cargas de entrenamiento externas distintas, que pueden cambiar dentro de la estructuración del entrenamiento. Estas cargas son:

- La carga planeada antes de que comience la temporada
- La carga prescrita diariamente
- La carga real completada por cada atleta individual.

Una de las preguntas que se puede tener presente es ¿cómo cuantifico o de qué manera valoro el estímulo que estoy administrando? La adecuación de las estructuras de planificación a los deportes colectivos, pasa primero por tener un procedimiento de control automatizado, operativo y eficaz que permita cuantificar magnitud de la carga aplicada. Un estudio de Concepción-Huertas et al. (2013) con jugadores de balonmano utilizó la escala de PSE (Percepción Subjetiva del Esfuerzo) de Borg variando la intensidad del ejercicio de 6 a 20 puntos. A su vez, Mujika (2016) destaca el amplio uso que la cuantificación del PSE tiene para los investigadores y profesionales para evaluar el equilibrio entre el estrés y la recuperación, para poder ajustar los programas de entrenamiento y determinar las relaciones de la carga externa, la carga interna y el rendimiento de los deportistas. En esta misma línea, Cuadrado Reyes, Chiroso Ríos, Chiroso Ríos, Martín Tamayo, & Aguilar-Martínez (2012) muestran la utilidad de cuantificar la carga de entrenamiento como un proceso básico en la práctica, para los componentes del cuerpo técnico y para los deportistas, ya que aprenden de forma más

precisa la carga entre ciclos y periodos de entrenamiento. La monitorización del entrenamiento tiene por objetivo cuantificar el impacto de las cargas de trabajo de cara a poder ajustar los sucesivos estímulos y asegurar o no la recuperación. Esto no significa que deban de cuantificarse todos los entrenamientos. Dantas et al. (2010) encontraron en su estudio sobre la aplicabilidad de los modelos de planificación dos aspectos sobre los que no pudieron profundizar. Estos aspectos que quedaron al descubierto fueron: la atención a las exigencias del calendario y las características específicas del entrenamiento. Así, la competición debe ser el referente utilizado en la organización de las estructuras de la planificación en los deportes colectivos. En los deportes colectivos, como característica más relevante, desde el punto de vista de la planificación, tienen un largo periodo de planificación que dura entre 6 y 8 meses, con 1 o 2 competiciones semanales. Algunas otras características, como ciertos períodos de descanso intermedios y la disputa de un Play off por el título o el descenso, etc. Aunque estas últimas características no son comunes a todos ellos. En los deportes colectivos, se intenta que todos los jugadores estén en un estado óptimo de rendimiento durante la temporada, para alcanzar estados de forma óptima (peaking) de la mayor parte de ellos en los momentos claves de la competición (figura 20).

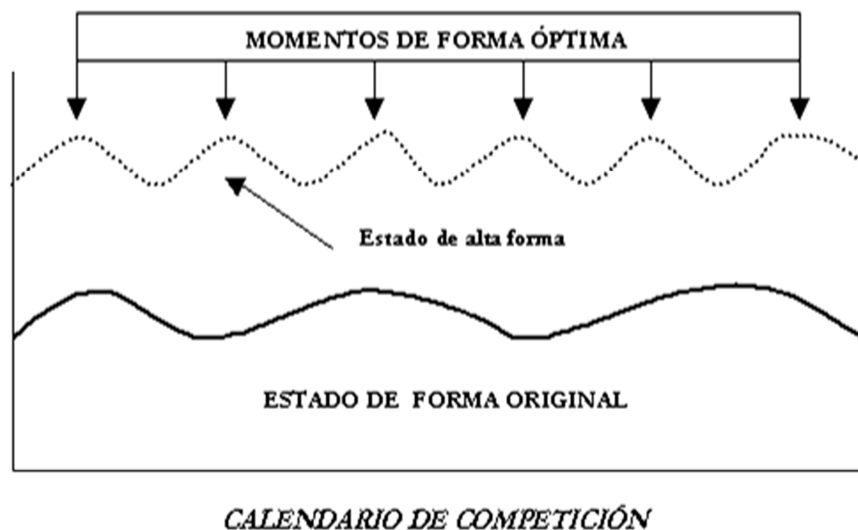


Figura 20. Modelo de planificación adaptado a los deportes colectivos propuesto por Seirul-lo modificado de Tous (1999)

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Para finalizar, en esta misma línea, aproximándose a los métodos de planificación actuales, Kelly & Coutts (2007), en su trabajo sobre la planificación y monitorización de las cargas de entrenamiento en la fase competitiva en los deportes de equipo, desarrollan un sistema de planificación del entrenamiento buscando que los entrenadores puedan establecer la dificultad de cada partido, diseñar la carga de entrenamiento semanal y revisar la programación de los pasos que han seguido. Los pasos que estiman los autores, para desarrollar su sistema de planificación son (figura 21):

- Paso 1.- Predecir la dificultad de cada partido
- Paso 2.- Planificar la carga de entrenamiento semanal
- Paso 3.- Supervisar la carga de entrenamiento semanal real
- Paso 4.- Revisar y volver al paso 1.

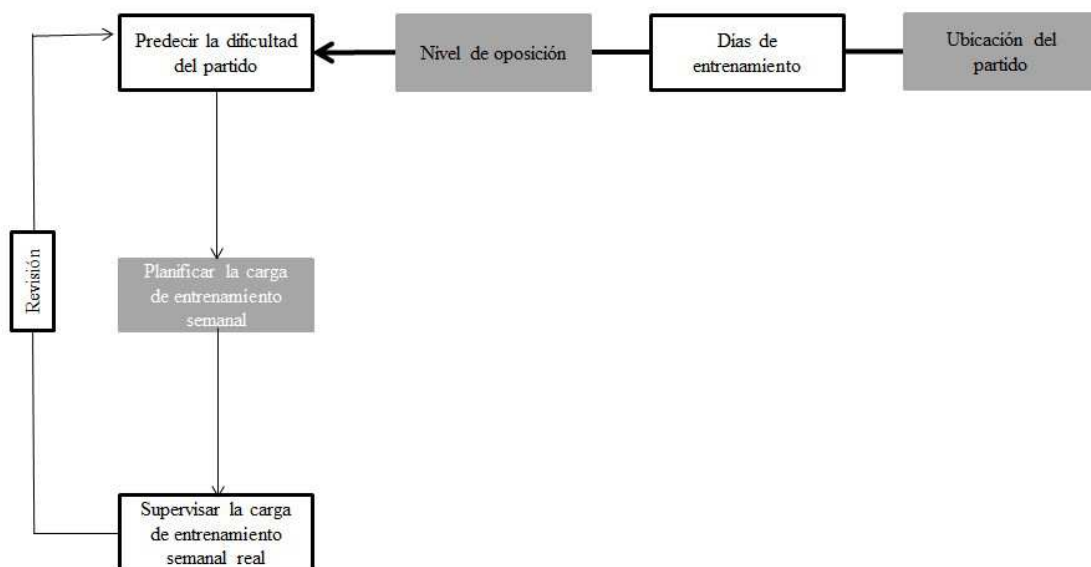


Figura 21. Diagrama representativo del sistema de planificación (Kelly & Coutts, 2007 p. 33)



Con respecto al sistema, utilizado por Kelly & Coutts (2007), para la planificación del entrenamiento en los deportes colectivos, vamos a ampliar cada uno de los pasos.

- *Predecir la dificultad de cada partido*, los autores determinan que el cuerpo técnico debe predecir la dificultad de cada partido de la temporada, utilizando tres factores principalmente. Estos factores que influyen en la dificultad de los partidos son: el nivel de oposición de los rivales, los días de entrenamiento entre los partidos y la ubicación del partido.
  - *El nivel de oposición.*- Cada equipo, incluido el equipo propio, se debe clasificar del más fuerte al más débil, en función de los objetivos a conseguir. Está claro que la clasificación de los rivales debe ser diferente entre un equipo con aspiraciones al título que entre un equipo con objetivo de evitar el descenso de categoría.
  - *Los días de entrenamiento entre partidos.*- El número de días entre un partido y otro puede oscilar entre 4 y 8 días, por lo que ese rango tiene un impacto significativo en la preparación del equipo.
  - *La ubicación del partido.*- Puede influir en la preparación del entrenamiento, sobre todo si son distancias o estancias largas, y también hay que tener en cuenta los partidos que tienen lugar en casa y a domicilio.
- *Planificar la carga de entrenamiento semanal*, hay que tener en cuenta el volumen y la intensidad que los deportistas deben alcanzar. La intensidad del entrenamiento por cada entrenamiento se puede establecer mediante escalas de esfuerzo modificadas de los diferentes ejercicios (Cuadrado Reyes et al., 2012) y el volumen de entrenamiento se cuantifica mediante la totalidad del tiempo. Como bien señalan Kelly & Coutts (2007), los entrenadores suelen realizar sesiones técnico-tácticas de mayor duración en los periodos previos a los partidos importantes, creyendo que los jugadores se pueden optimizar su rendimiento con los entrenamientos complementarios de fuerza y acondicionamiento físico.
- *Supervisar la carga de entrenamiento semanal*, el cuerpo técnico debe contar con herramientas que sirvan para comprobar si se están alcanzando por parte de los jugadores las intensidades planificadas. Cuadrado Reyes et al. (2012) utiliza

también como herramienta de supervisión un valor estimado previo al entrenamiento por parte del cuerpo técnico (PSEp) que sirva para realizar comparativas entre los valores reales de PSE alcanzados por los deportista al final de cada sesión de entrenamiento y la PSEp por el cuerpo técnico. Los autores consideran un método útil para comprobar si la dinámica de cargas planificadas se solapan a las que realmente se están administrando a los jugadores, para mejorar los ajustes permanentes de los entrenamientos. Se debe tener en cuenta que existen una serie de circunstancias que pueden influir en las sesiones de entrenamiento, por lo que hay que conocer:

- Lo que sucede en el interior del deportista después de que éste analiza las condiciones del entorno dónde debe realizar su actividad competitiva.
- Modificando la organización de los acontecimientos y situaciones del entorno, se estimula al deportista a elaborar nuevos comportamientos.
- El deportista es capaz de modificar lo que percibe y, por tanto, controlar y mejorar la vertiente motriz de sus conductas.
- El deportista se va formando según sus intereses y características personales, y no como lo entiende el entrenador que, en algún caso, puede estar equivocado.

Por último, una vez que el cuerpo técnico, como responsables de la organización-dirección, conocen todos los elementos y recursos de que disponen, establecerán en su modelo de planificación del equipo:

- Medios de preparación – entrenamiento. Seleccionaran los medios de entrenamiento más adecuados, al tiempo que periodizaran y tendrán un orden de utilización de cada uno
- Dispositivos para el seguimiento del procedimiento (monitorización, análisis cualitativas del proceso, seguimiento cuantitativo de volumen e intensidad...)
- Momentos para alcanzar los picos máximos de estado físico (individuales, por grupos y/o colectivos). Estando relacionados, por supuesto, con las exigencias de la temporada y las particularidades del equipo.
- Evolución de los sistemas de juego. Alcanzar en la programación los objetivos del desarrollo técnico – táctico del equipo y su evolución durante la temporada.

# Capítulo 2

## Estudio piloto

## 1 Introducción

El balonmano es un deporte incluido en los Juegos Olímpicos (JJO) de Verano en Múnich en 1972, se juega con gran intensidad y en el que priman actividades intermitentes como correr, cambios de velocidad y saltos, añadiendo lanzamientos, golpeos y choques entre los jugadores (Marques et al., 2007). Uno de los objetivos principales del juego, no es otro que, introducir el móvil (balón) dentro de la meta (portería) a través de diferentes técnicas en la ejecución. Los jugadores para marcar goles, se realizan lanzamientos, en apoyo, en salto, dependiendo de su posición de juego y/o las posiciones de los adversarios defensivos (Wagner et al., 2010a) y los patrones técnicos específicos del movimiento se producen en respuesta a las diferentes situaciones tácticas del juego. El deporte requiere que los participantes posean varias habilidades técnicas (por ejemplo, lanzamiento y pase) (Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013; Van den Tillaar & Cabri, 2012) y habilidades motoras altamente desarrolladas, como la velocidad, la fuerza explosiva, la resistencia y la fuerza (Saeterbakken et al., 2011). La fuerza es una necesidad tanto en los jugadores en formación y como experimentados (Ziv & Lidor, 2009).

El lanzamiento y el salto se encuentran entre las variables individuales del rendimiento en los jugadores de balonmano (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). El lanzamiento es el acto de culminación del ciclo de juego en ataque (Antón, 1990) y su éxito depende en gran medida de la velocidad de salida del balón (Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Marques et al., 2007; Skoufas et al., 2003; Skoufas et al., 2008). Así, cuanto más veloz y precisa sea la ejecución del gesto específico menor será el tiempo que tendrá el portero para percibir su trayectoria e interceptarlo (Mraz, 1988; Párraga et al., 2001; Román, 1989; Van den Tillaar & Ettema, 2003; Van Muijen et al., 1991). El grado de oposición y la posición del jugador en la pista también puede alterar la velocidad de salida del balón (Bárcenas & Román Seco, 1991; Bayer, 1987; Rivilla-García et al., 2011; Vila et al., 2008). Además el lanzamiento en apoyo contiene elementos cinemáticos diferentes al que se realiza en salto, y del mismo modo, existen diferencias entre los deportistas si son expertos o noveles (Skoufas et al., 2008; Van den Tillaar & Ettema, 2006) e incluso si la finalización se realiza con el brazo dominante o no dominante (Gray et al., 2006; Hore et al., 2005; Van den Tillaar & Ettema, 2009a).

La altura del salto en balonmano es importante para, en la parcela ofensiva, llegar a una posición vertical alta para lanzar sobre el bloque defensivo rival, o para tener más tiempo para realizar el gesto específico, para reaccionar a los movimientos del portero; y en la parcela defensiva para bloquear los lanzamientos de los adversarios (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). De esta forma, se suele utilizar el salto con contramovimiento para medir la potencia del tren inferior en jugadores de balonmano (Gorostiaga et al., 2005; Vila et al., 2008).

Para finalizar, el propósito de este estudio ha sido registrar la evolución de la velocidad de lanzamiento y la altura del salto con contramovimiento en jugadores de balonmano durante una temporada y comprobar si existen relaciones positivas entre ambas variables.

## **2 Participantes**

La muestra de este estudio ha sido de 12 jugadores (N=12; 23,17±2,92 años; tabla 10) experimentados de un equipo senior de balonmano de categoría nacional masculina. Los participantes han entrenado con el mismo entrenador durante todo el tiempo que duró el estudio.

Antes de su comienzo, se realizó un examen médico, incluyendo una prueba de esfuerzo con electrocardiograma, para eliminar cualquier problema médico que impidiese llevar a cabo la investigación.

Los sujetos y entrenadores fueron informados cuidadosamente sobre los procedimientos experimentales y los posibles riesgos y beneficios que podía entrañar el proyecto y firmaron su consentimiento para participar en el estudio.

Los jugadores no tomaron esteroides anabólico-androgénicos exógenos ni otro tipo de sustancias prohibidas o drogas que pudiesen afectar el rendimiento o el balance hormonal durante este estudio. La Federación Española de Balonmano sometió a varios jugadores a controles periódicos de dopaje, sin que hubiese caso alguno de infracción. Tampoco ingirieron medicamentos que pudiesen alterar los resultados del estudio. Los

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

sujetos eran libres de retirarse sin ningún tipo de penalización en cualquier momento. Se realizaron mediciones de la composición corporal antes de cada toma de datos.

Tabla 10

Características descriptivas de los participantes (N=12)

<b>Características Antropométricas</b>	<b>Media <math>\pm</math> Desviación estándar</b>
Edad (años)	23,17 $\pm$ 2,92
Altura (cm)	187,25 $\pm$ 7,29
Peso (Kg)	93,62 $\pm$ 7,60
Masa Grasa (% Kg)	12,28 $\pm$ 3,52

### 3 Diseño

Se trata de un **diseño cuasi experimental de medidas repetidas**, con un gran componente ecológico, ya que se realiza en un equipo de balonmano durante el periodo de competición oficial.

Dadas las características de los datos, este estudio piloto tiene un carácter cuantitativo. Por el grado de manipulación de las variables se considera que es un estudio descriptivo, en el que se desarrolla una primera actuación de carácter inferencial y una segunda correlacional.

Para la realización de este estudio, en la primera parte se ha efectuado mediciones de velocidad de lanzamiento y altura del salto con contramovimiento en 3 momentos diferentes de una temporada (Gorostiaga et al., 2005). Se busca conocer las diferencias que hay tanto en la velocidad de salida de balón como en la altura del salto con contramovimiento en diferentes momentos del periodo competitivo.

En la segunda parte, se ha empleado un análisis correlacional para estudiar las posibles relaciones entre la velocidad de lanzamiento y la altura del salto con contramovimiento, con el propósito de comprobar el grado de influencia concomitante de determinadas variables sobre otras.

#### **4 Variables objeto de estudio**

Las variables dependientes e independientes a tratar en el siguiente estudio son las siguientes. Como variables dependientes se pueden encontrar:

- Variable Dependiente (VD<sub>1</sub>): Velocidad de lanzamiento (Vb)
- Variable Dependiente (VD<sub>2</sub>): Altura del salto con contramovimiento (CMJ)

Como variable independiente se puede encontrar en el desarrollo de esta investigación:

- Variable Independiente (VI<sub>1</sub>): Momento de la temporada que se ha realizado el control (M1, M2 y M3)

#### **5 Test e instrumentos de medida**

Los test que se han llevado a cabo para obtener los datos de este estudio piloto han sido: la prueba de velocidad de lanzamiento (Vb) y la prueba de salto vertical con contramovimiento (CMJ).

##### **5.1 Prueba de velocidad de lanzamiento (Vb)**

Se ha realizado la prueba de velocidad de salida de balón, sobre el lanzamiento en apoyo con carrera de tres pasos (Gorostiaga et al., 2005; Marques et al., 2007; Skoufas et al., 2008; Van den Tillaar & Ettema, 2006) registrando los valores de velocidad mediante una pistola radar Stalker ATS (Stalker, Radar, Plano, TX, USA, con un rango de 10 a 199 Km/h,  $\pm 2/3$  Km/h). La pistola radar se calibró según las especificaciones del fabricante y se situó fija adaptada a la altura del hombro del deportista, detrás de la portería para establecer contacto visual con el balón y el jugador y, así, tratar de eliminar cualquier error de ángulo en la medición. Se utilizó un balón oficial de la IHF con 475g de peso como máximo y 58 cm de diámetro. Después de 10 minutos de un calentamiento estandarizado, comenzaron los deportistas a ejecutar los lanzamientos en

tres series de tres intentos cada una, con 1-2 minutos de recuperación entre serie y 10-15 segundos entre cada acción (Gorostiaga et al., 2005), usando el brazo dominante y la técnica preferida por el jugador. El mejor lanzamiento es el que se ha utilizado para el posterior análisis. Los entrenadores supervisaron toda la prueba para asegurarse de que los jugadores estaban utilizando una técnica adecuada. Se permitió a todos los participantes la utilización de una sustancia adhesiva sobre sus manos para poder simular las acciones de juego reales (Gorostiaga et al. 2005).

## **5.2 Prueba de salto vertical con contramovimiento (CMJ)**

Para la prueba de salto vertical con contramovimiento (CMJ), se utilizó un sistema de alfombrilla de contacto (Ergo Tester, Globus, Condogne, Italia) y calculando automáticamente la altura del salto midiendo el tiempo de vuelo. Los participantes para la realización de un salto máximo en la cortina de contacto partían desde una posición vertical con piernas extendidas, para flexionando las rodillas hasta alcanzar aproximadamente 90°, para comenzar una acción máxima explosiva concéntrica en la dirección opuesta para alcanzar la máxima altura (Granados et al., 2008). Las manos debían mantenerse en la cadera, para evitar la contribución de los brazos al impulso (Carlock et al., 2004) y, a la vez, se les indicó que aterrizaran en una posición similar a la de despegue (Granados et al., 2008). Se registraron dos series de tres saltos máximos, intercalados con aproximadamente 10 s de descanso entre saltos y 90 s de descanso entre series. El intento de mayor altura fue utilizado para su posterior análisis.

## **5.3 Instrumentos de medida**

El instrumental empleado para llevar a cabo la investigación estaba compuesto por:

- Pistola de radar Stalker ATS (Stalker Radar, Plano, TX, USA) con un rango de 10 a 199 km/h,  $\pm 2/3$  km/h.



- Ergo Tester, (Globus, Condogne, Italia), alfombrilla de contacto donde la altura del salto vertical se determina a partir del tiempo de vuelo usando un cálculo estándar.
- SPSS Software (IBM Statistics Inc, IL, USA)

## 6 Procedimiento

Todos los controles se han llevado a cabo en el periodo de competición del equipo de balonmano. El macrociclo de la temporada (44 semanas) duró desde agosto hasta mayo y consistió en: dos periodos preparatorios (de las semanas 1 a 7 y de las semanas 20 a 22), dos periodos de competición (de las semanas 8 a 19 y de las semanas 23 a 41) y un periodo de recuperación (de las semanas 42 a 44). Después del periodo preparatorio, de 7 semanas de duración, se han realizado las mediciones en tres momentos diferentes (figura 22) durante la temporada (Gorostiaga et al., 2006): M1, al inicio del periodo competitivo (septiembre); M2, en la parte intermedia del periodo competitivo (enero); y M3, al final del periodo competitivo (mayo). Las pruebas se han integrado en las planificaciones semanales de entrenamientos por parte del cuerpo técnico. Los jugadores se han familiarizado con el sistema de control realizado, ya que durante el periodo precompetitivo han realizado las mismas pruebas, aunque sin llevar un control de los registros alcanzados. Así, el procedimiento de evaluación ha sido estandarizado e iniciado siempre dos días después de la disputa del partido, a principios de semana, con el mismo protocolo de prueba. El orden de los participantes en las pruebas ha sido aleatorizado. Los jugadores, antes del inicio de la sesión de entrenamiento, realizaban el calentamiento estandarizado y con el campo dividido en dos zonas, una para la realización de la prueba de velocidad de lanzamiento y la otra para el salto con contramovimiento, se dirigían nominalmente a hacer la prueba.

El objetivo ha sido intentar intervenir provocando la menor incidencia posible en la vida cotidiana del equipo, cumpliendo, eso sí, los criterios de fiabilidad y validez en el control de las diferentes medidas.

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

MACROCICLO		PREPARATORIO							COMPETICIÓN												PREP.		
									M1 ×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
SEMANAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
MACROCICLO		COMPETICIÓN																			REC.		
		M2 ×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	M3 ×	×	×			
SEMANAS		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44

Figura 22. Programación de test y macrociclo de planificación  
PREP.; Preparatorio, REC.; Recuperación, ×; Partido

## 7 Análisis estadístico

Los resultados son expresados como media ( $\bar{X}$ ) y desviación estándar (SD), error estándar de la medida (SEM), mínimo y máximo e intervalos de confianza 95%. La relación entre las variables: Velocidad de lanzamiento y altura de salto vertical con contramovimiento se proporcionan con el coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ). La intensidad de una correlación se definió como  $r = 0 - 0,1$  (trivial),  $r = 0,1 - 0,3$  (pequeño),  $r = 0,3 - 0,5$  (moderado),  $r = 0,5 - 0,7$  (grande),  $r = 0,7 - 0,9$  Muy grande) y  $r = 0,9 - 1$  (casi completo)(Hopkins, 2003). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando SPSS software (IBM Statistics Inc, Illinois, EE.UU.).

## 8 Resultados

### 8.1 Velocidad de lanzamiento y altura salto con contramovimiento

Se muestra la estadística descriptiva (tabla 11) de los datos registrados de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ ) y altura del salto con contramovimiento (CMJ).

La media de la velocidad de lanzamiento entre los tres momentos registrados (gráfica 1) resultaron ser: entre el M1 y M2 un 6,13% menor, entre el M2 y M3 se produjo un

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

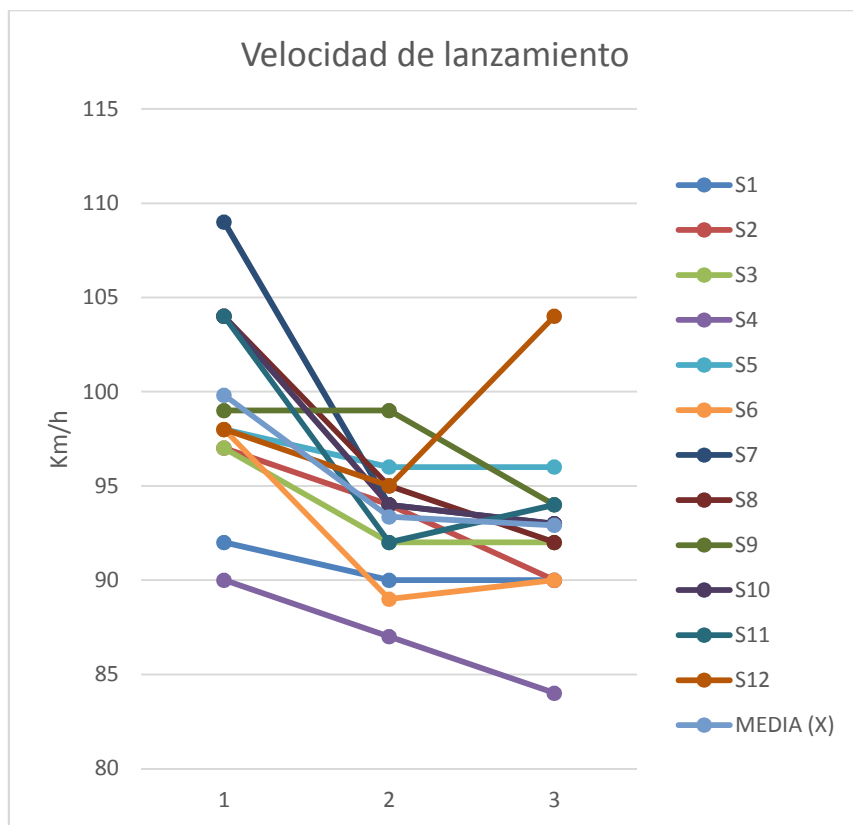
descenso entre los valores medios de 0,45% y, finalmente, un 6,55% menor en el M3 que en el M1.

Tabla 11  
Estadística descriptiva de la velocidad de lanzamiento (Vb) y la altura del salto con contramovimiento (CMJ)

		N=12	X	SD	SEM	Mín	Máx	Intervalo de	
								confianza 95%	
								Límite inferior	Límite superior
Vb	M1		99.17	5.36	1.55	90	109	96.33	101.92
	M2		93.08	3.29	0.95	87	99	91.33	94.75
	M3		92.67	4.68	1.35	84	104	90.42	95.42
CMJ	M1		40.64	4.68	1.35	33.40	48.90	38.21	43.27
	M2		45.89	5.90	1.70	35	54.50	42.58	48.95
	M3		44.28	5.47	1.58	35.50	54.50	41.39	47.17

Media (X), desviación estándar (SD), error estándar de la medida (SEM), valores mínimos y máximos (Mín-Máx) e intervalo de confianza 95%

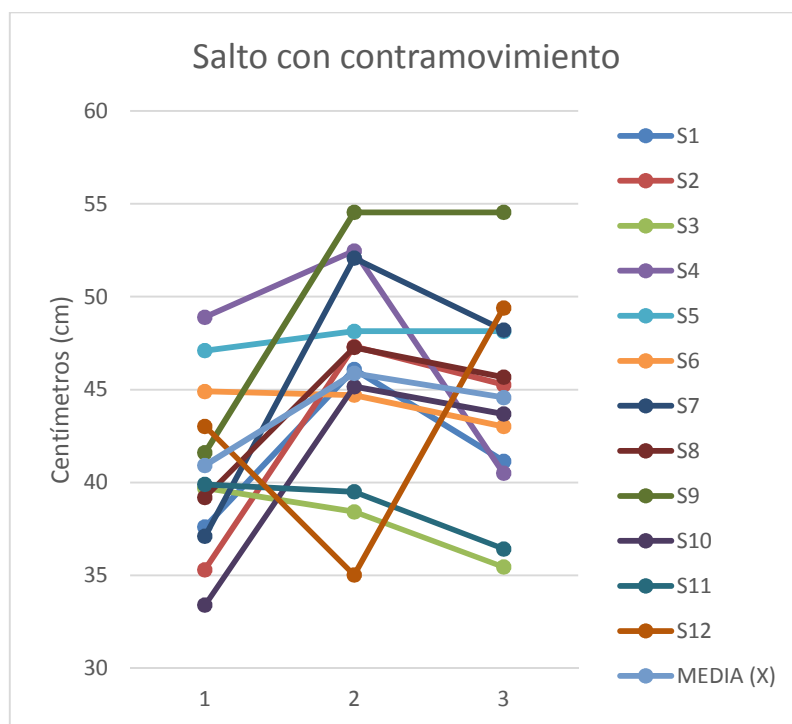
“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”



Gráfica 1. Velocidades de lanzamiento registradas por participante y media (X) en las 3 tomas de datos

La media de la altura del salto vertical con contramovimiento entre los tres momentos registrados (gráfica 2) resultaron ser: entre el M1 y M2 un aumento del 12,91%, entre el M2 y M3 se produjo un descenso entre los valores medios de 3,50% y, finalmente, un 8,96% mayor en el M3 que en el M1.

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”



Gráfica 2. Altura del salto con contramovimiento registradas por participante y media (X) en las 3 tomas de datos

## 8.2 Relación entre la velocidad de lanzamiento y la altura salto con contramovimiento

Se ha realizado correlaciones de Pearson ( $r_{xy}$ ) entre las medidas de la velocidad de lanzamiento y la altura del salto con contramovimiento entre los tres momentos de toma de datos (tabla 12).

Tabla 12.  
Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) la velocidad de lanzamiento ( $V_b$ ) y la altura salto vertical con contramovimiento (CMJ)

	M1	M2	M3
$r_{xy}$	-,494	,115	,433
Sig	,103	,721	,160

Los resultados muestran que no existe relación entre la velocidad de lanzamiento y la altura del salto con contramovimiento en los jugadores de este equipo de balonmano.

## 9 Discusión

El propósito de este estudio fue registrar la evolución de la velocidad de lanzamiento y la altura del salto con contramovimiento en jugadores de balonmano durante una temporada. En este estudio se ha recogido, tanto de la velocidad de salida del balón como del salto vertical con contramovimiento desde el inicio al fin de la competición. Se debe señalar que la media de la velocidad de lanzamiento final ha sido un 6,55% menor que la registrada al inicio. Al contrario, la media de la altura del salto vertical final ha sido un 8,96% mayor que la recogida al inicio. Estas fluctuaciones que se producen durante la temporada (Gorostiaga et al., 2005; Gorostiaga et al., 2006; Granados et al., 2007; Granados et al., 2008; Marques & González-Badillo, 2006) donde la velocidad de salida de balón que se registra en los jugadores de alto nivel en los diferentes momentos de la temporada en los que se ve como el momento de la temporada influye en el rendimiento.

Se puede realizar una comparativa entre los resultados alcanzados por deportistas de élite y los resultados obtenidos por los participantes de este estudio piloto. Así, en cuanto a la velocidad de lanzamiento en apoyo con carrera alcanzada por jugadores de élite es de  $25.3 \pm 2.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (Gorostiaga et al., 2005), y los deportistas de este estudio piloto alcanzan  $26,38 \pm 1.23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , resultando ser valores mayores a los jugadores de élite. De igual forma, en el estudio anteriormente mencionado, los deportistas de élite registran unos valores medios de  $46.8 \pm 7 \text{ cm}$  de altura en CMJ, y los participantes del estudio piloto la media de CMJ se midió en  $43.61 \pm 5.35 \text{ cm}$ .

En diversas investigaciones (Barata, 1992; Gorostiaga et al., 2006; Granados et al., 2008; Marques & González-Badillo, 2006) se encuentran mejoras de la velocidad de lanzamiento cercanas al 7%, aunque relacionadas con el entrenamiento de fuerza y el aumento de las acciones explosivas que se producen en las sesiones de entrenamiento. En esta investigación, en lugar de registrar un incremento, tiene como resultado un descenso entre la velocidad de salida de balón inicial y final.

En cuanto a la comparativa antropométrica entre jugadores de élite y jugadores experimentados, Gorostiaga et al. (2005) obtienen valores medios de los jugadores de

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

élite de  $95.2 \pm 13$  Kg de peso,  $188.7 \pm 8$  cm de altura,  $13.8 \pm 2$  de porcentaje de masa grasa y  $31 \pm 3$  años de edad. En el caso de los participantes de este estudio, sus valores antropométricos medios están más cercados a este grupo de jugadores, alcanzando:  $93.62 \pm 7.6$  Kg de peso,  $187.25 \pm 7.29$  cm de altura,  $12.28 \pm 3.52$  de porcentaje de masa grasa y  $23.17 \pm 2.92$  años de edad.

Sin embargo, no se han obtenido correlaciones significativas en este estudio piloto entre la velocidad de lanzamiento y la potencia del tren inferior, medida a través del CMJ (Gorostiaga et al., 2005; Vila et al., 2008), al igual que los jugadores amateurs en el estudio de diferencias entre jugadores de élite y amateurs en balonmano de Gorostiaga et al. (2005).

El tipo de diseño garantiza validez externa al ser el diseño ecológico y de fácil aplicabilidad, pero plantea problemas de validez interna al no ser la muestra de participantes elegida al azar. Se debe señalar, que el estudio está hecho en un equipo en liga nacional durante el proceso de competición y parece más interesante que hacer otro diseño donde se pierda la validez de estudiar el jugador en su hábitat natural.

Se indica, que en esta investigación, se han escogido como participantes hombres de categoría senior, ya que sí intervienen criterios en la selección como la diferencia de edad y la formación de los jugadores en balonmano (Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Vila et al., 2008; Visnapuu & Juerimae, 2009). Por estos motivos, se ha elegido un equipo masculino con un proceso de entrenamiento largo en las mismas condiciones para evitar, en la medida de lo posible, contaminación de estas variables mencionadas.

## 10 Conclusiones

Las principales conclusiones que se pueden señalar a partir de este estudio piloto son:

- Pese a realizarse multitud de acciones explosivas de lanzamiento durante la temporada (Gorostiaga et al., 2006), en esta selección de participantes, la velocidad de salida del balón final ha sido inferior a la registrada al inicio de la competición.
- Existe un aumento de la altura del salto con contramovimiento entre el final y el inicio de la competición.
- No existen relaciones significativas entre la velocidad de lanzamiento y la altura del salto con contramovimiento en los jugadores del equipo de balonmano.
- En el entrenamiento de los deportistas se debe combinar el entrenamiento de fuerza con el entrenamiento técnico-táctico para aumentar las acciones explosivas durante la temporada y aumentar y/o mantener los parámetros de rendimiento en balonmano (velocidad de lanzamiento y altura del salto con contramovimiento).



# Capítulo 3

## Planteamiento del problema



## **1 Planteamiento del problema**

Una vez revisada la bibliografía relacionada con los parámetros de rendimiento en balonmano, se pueden señalar varias condiciones que sostienen la siguiente formulación de problemas de investigación sobre esta temática:

- Existen pocos estudios que muestren las modificaciones sobre los parámetros de rendimiento en un equipo de balonmano durante una temporada completa
- Hay pocas evidencias científicas que muestren la relación entre los diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza sobre los parámetros de rendimiento (velocidad de lanzamiento y altura del salto con contramovimiento) durante una temporada completa

Bajo la necesidad de resolver estas cuestiones, se pueden plantear los problemas de investigación:

- ¿Qué relación se puede encontrar entre los parámetros de rendimiento y la fuerza del tren superior e inferior en balonmano?
- ¿Qué relación existe entre los parámetros de rendimiento y el momento de la temporada?
- ¿Cómo puede influir la planificación del entrenamiento en los deportes colectivos en los parámetros de rendimiento en balonmano?

## **2 Objetivos**

En función de los problemas planteados, el principal objetivo de esta Tesis Doctoral fue examinar el efecto de diferentes métodos de fuerza concurrentes al entrenamiento técnico – táctico sobre la potencia muscular, la velocidad de lanzamiento en ambos brazos, dominante y no dominante, y la altura del salto vertical con contramovimiento en jugadores de un equipo de balonmano durante una temporada completa periodizada y en diferentes momentos de la competición.

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Este objetivo principal se puede dividir en objetivos secundarios, presentes igualmente en el desarrollo de esta Tesis Doctoral.

- Conocer el efecto de diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza sobre el pico de potencia del tren superior e inferior, la altura del salto con contramovimiento y la velocidad de lanzamiento.
- Comprobar si existen diferencias en la velocidad de salida de balón y la altura del salto con contramovimiento en función del momento de la temporada.
- Examinar las diferencias en la velocidad de lanzamiento entre ambos brazos, dominante y no dominante, con relación a la existencia de entrenamiento de fuerza exclusivo o la concurrencia de entrenamiento de fuerza y entrenamiento técnico – táctico
- Conocer la relación entre la velocidad de salida de balón y el pico de potencia del tren superior en jugadores de balonmano en función del método de entrenamiento utilizado.
- Conocer la relación entre la altura del salto y el pico de potencia del tren inferior en jugadores de balonmano en función del método de entrenamiento empleado.
- Conocer la relación entre la potencia del tren inferior y la velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano en función del método de entrenamiento desarrollado.

### 3 Hipótesis

Esta Tesis Doctoral se ha llevado a cabo bajo las siguientes hipótesis:

H<sub>1</sub>: *El empleo de diferentes métodos de entrenamiento de fuerza sobre la potencia muscular del tren superior e inferior produce cambios positivos en el rendimiento de la variable velocidad de lanzamiento y la variable altura del salto con contramovimiento en jugadores de balonmano.*

H<sub>2</sub>: *Los jugadores de balonmano presentan diferencias en el rendimiento en las variables velocidad de lanzamiento y altura del salto con contramovimiento en función del momento de la temporada.*

H<sub>3</sub>: *Existen diferencias en el rendimiento observado con respecto a la velocidad de lanzamiento con el brazo dominante y el brazo no dominante en función de entrenamiento de fuerza exclusivo o el entrenamiento de fuerza y entrenamiento técnico – táctico concurrente.*

H<sub>4</sub>: *La velocidad de lanzamiento presenta una relación positiva con el pico de potencia del tren superior alcanzado por los jugadores de balonmano en función del método de entrenamiento de fuerza desarrollado.*

H<sub>5</sub>: *La altura del salto con contramovimiento presenta una relación positiva con el pico de potencia del tren inferior por los jugadores de balonmano en función del método de entrenamiento de fuerza empleado.*

H<sub>6</sub>: *Existe relación positiva entre la potencia del tren inferior y la velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano.*

# Capítulo 4

## El método



RSIDAD  
ANADA

## 1 Participantes

La muestra de esta Tesis Doctoral ha estado compuesta por jugadores masculinos de un mismo Club (n=18) desde el periodo preparatorio hasta la finalización de la competición. Se ha desarrollado con un alto componente ecológico ya que los participantes se encontraban compitiendo en la Liga Nacional de Balonmano. Debido a que la recogida de datos ha sido realizada durante una temporada completa, por diferentes motivos los deportistas caían en muerte experimental, en el momento de los controles de valoración de los sujetos para la prueba de velocidad de lanzamiento y para la prueba de altura de salto vertical con contramovimiento han sido diferentes en su número, (n=11) y (n=13) respectivamente.

Los participantes que han realizado las pruebas de velocidad de lanzamiento de esta Tesis Doctoral han sido 11 jugadores (N=11;  $25,1 \pm 2,9$  años; tabla 13) que han tenido un proceso de formación de  $15,7 \pm 2,9$  años. Los participantes que han realizado las pruebas de altura del salto de esta Tesis Doctoral han sido 13 jugadores (N=13;  $24 \pm 2,8$  años; tabla 14) que han tenido un proceso de formación de  $14,6 \pm 2,8$  años. Los participantes han entrenado con el mismo entrenador y en el mismo club 2 años previos y durante el tiempo que duró el periodo de toma de datos. Se tomaron datos acerca de la historia clínica, edad, mediciones de masa grasa corporal y talla antes de cada toma de datos.

Tabla 13.

Características descriptivas de los sujetos (n=11) que realizaron las pruebas de velocidad de lanzamiento (Vb)

<b>Características Descriptivas</b>	<b>Media <math>\pm</math> Desviación estándar</b>
Edad (años)	$25,1 \pm 2,9$
Altura (cm)	$188,7 \pm 4,7$
Peso (Kg)	$90,6 \pm 10$
Masa Grasa (% Kg)	$11,5 \pm 2,8$
Experiencia Entrenamiento Balonmano (años)	$15,7 \pm 2,9$

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 14

Características descriptivas de los sujetos (n=13) que realizaron las pruebas de altura del salto (CMJ)

<b>Características descriptivas</b>	<b>Media <math>\pm</math> Desviación estándar</b>
Edad (años)	24 $\pm$ 2,8
Altura (cm)	187 $\pm$ 0,1
Peso (Kg)	88,38 $\pm$ 6,1
Masa Grasa (% Kg)	11,21 $\pm$ 2,3
Experiencia Entrenamiento Balonmano (años)	14,62 $\pm$ 2,8

Como criterios de inclusión en la muestra se han tenido en cuenta los siguientes criterios: a) estar en el momento de la toma de datos en activo (competición oficial de balonmano) y sin lesión, b) aceptar participar en el experimento de forma voluntaria, c) firmar consentimiento informado para participar en el experimento, d) no haber sufrido una lesión desde cuatro meses antes de la realización de las pruebas.

Antes de comenzar, se realizó un examen médico a los jugadores, incluyendo una prueba de esfuerzo con electrocardiograma, para eliminar cualquier problema médico que les impidiese llevar a cabo la investigación.

Los sujetos y entrenadores fueron informados cuidadosamente sobre los procedimientos experimentales y los posibles riesgos y beneficios que podía entrañar el proyecto, firmaron su consentimiento para participar en el estudio y se comunicó que podían retirarse sin ningún tipo de penalización en cualquier momento.

Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes en el estudio, que fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Granada (nº: 362/CEIH/2017) y por lo tanto se ha realizado de acuerdo con las normas éticas establecidas en la Declaración de Helsinki. Todos los participantes estaban altamente capacitados para la realización de ejercicio intenso diario.

Los jugadores no tomaron esteroides anabólico-androgénicos exógenos ni otro tipo de sustancias prohibidas o drogas que pudiesen afectar a los resultados. La Real Federación Española de Balonmano (RFEBM) sometió a varios jugadores a controles periódicos de

dopaje, sin que hubiese caso alguno de infracción. Tampoco ingirieron medicamentos que pudiesen alterar los resultados de la Tesis Doctoral.

## 2 Diseño

Se trata de un **diseño cuasi experimental de medidas repetidas**, con un gran componente ecológico. Como uno de los objetivos era comprobar el efecto de diferentes métodos de entrenamiento para la mejora de la velocidad de salida del lanzamiento, se utilizó el brazo no dominante, que sólo hacía el trabajo de fuerza, como un intento de grupo de control con la salvedad de que se parte de niveles iniciales diferentes y que el control exhaustivo del brazo no dominante a lo largo de todo el estudio no es del todo viable.

Para la realización de este estudio, se ha efectuado un análisis de 3 momentos diferentes de una temporada con medidas pre y post, de 8 semanas de duración, de los parámetros de rendimiento en balonmano, velocidad de lanzamiento, altura del salto vertical con contramovimiento y potencia muscular máxima (figura 23). Se partía cuando los jugadores alcanzaban tanto la velocidad de salida de balón como la altura del salto de temporadas anteriores para que no se viera influenciada por el periodo de desentrenamiento entre los intervalos de confianza 95% de registros (Marques & González-Badillo, 2006). Se busca conocer la diferencia que existe en la velocidad de lanzamiento y en la altura del salto vertical con contramovimiento sólo con el entrenamiento de fuerza o con el entrenamiento técnico – táctico de competición combinado con el entrenamiento de diferentes métodos de fuerza. A su vez, también se busca comprobar la correlación entre la potencia del tren inferior y la velocidad de salida del balón para conocer la importancia de las extremidades inferiores en la cadena cinemática del gesto específico en balonmano (Zapartidis et al., 2009). Se han utilizado 3 métodos diferentes de entrenamiento de la fuerza unidos a las sesiones de entrenamiento técnico – táctico del equipo en competición durante una temporada completa: Fuerza Máxima combinado con pico de potencia (F1), Contraste estato-dinámico combinado con pico de potencia (F2) y cargas en el pico de potencia 100%



## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

combinado con ejercicios pliométricos (F3) (Carvalho et al., 2014; Chelly et al., 2014, 2010; Hermassi et al., 2011; Kirby et al., 2010; Marques, 2010; Szymanski, 2012).



Figura 23. Diseño de la investigación de esta Tesis Doctoral

### 2.1 Variables objeto de estudio

Las variables dependientes e independientes a tratar en el siguiente estudio son las siguientes. Como variables dependientes se pueden encontrar:

- Variable Dependiente (VD<sub>1</sub>): Velocidad de lanzamiento (Vb)
- Variable Dependiente (VD<sub>2</sub>): Pico de potencia del tren superior (PPbb)
- Variable Dependiente (VD<sub>3</sub>): Altura del salto vertical (CMJ)
- Variable Dependiente (VD<sub>4</sub>): Pico de potencia del tren inferior (PPpp)

Como variables independientes se pueden encontrar en el desarrollo de esta Tesis Doctoral:

- Variable Independiente (VI<sub>1</sub>): Momento de aplicación de la diferente metodología de entrenamiento de la fuerza con 3 niveles (M1, M2 y M3).
  - En M1, aplicación de un método de entrenamiento de fuerza (tabla 15) con cargas máximas de 1RM combinado con cargas en el pico de Potencia (F1).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 15

Método de entrenamiento (F1) de Fuerza Máxima combinado con el pico de potencia en M1

---

**F1 – Fuerza Máxima y Pico de Potencia**

---

2 SESIONES DE FM (5 SERIES 3 REP 85-95% 1RM) + PLIOMETRIA

2 SESIONES DE PICO POTENCIA (5-6 SERIES 5-6 REP 100% P<sub>máx</sub>) + PLIOMETRIA

---

- En M2, aplicación de un método de entrenamiento de fuerza con contrastes estado – dinámicos (tabla 16) combinado con cargas en el Pico de Potencia (F2) concurrente con el entrenamiento técnico – táctico (ETT)

Tabla 16

Método de entrenamiento (F2) de contraste estado-dinámico combinado con el pico de potencia en M2

---

**F2 – Contraste Estado – Dinámico**

---

3 SESIONES POR SEMANA

4X [3VECES (3”CI-90°+3”CC P<sub>máx</sub>)] + 5CP CON 3 MIN REC.

SENTADILLA + CMJ

PRESS BANCA + CAMBIO POSICION MANOS FLEXION BRAZOS

DOMINADAS + LANZ BALON MEDICINAL 3KG

3 X 6 REP MAX VEL + 3 CP CON 3 MIN REC.

---

- En M3, aplicación de un método de entrenamiento de fuerza con cargas del 100% del Pico de Potencia (tabla 17) y ejercicios pliométricos (F3) concurrente con el entrenamiento técnico – táctico (ETT).

Tabla 17

Método de entrenamiento (F3) con cargas 100% P<sub>máx</sub> combinado con pliometrias en un momento M3

---

**F3 – Pico Potencia 100% P<sub>máx</sub> + Pliometria**

---

3 SESIONES POR SEMANA

EJERCICIOS PRINCIPALES: SENTADILLA-P BANCA

3 X 6 REP 100% P<sub>máx</sub> + 6 EJERCICIOS PLIOMETRIA

---

- Variable Independiente (VI<sub>2</sub>): Con 2 niveles, pre y post. Se tomaron medidas antes y después de la aplicación de cada método de entrenamiento de la fuerza.
- Variable Independiente (VI<sub>3</sub>): Con 2 niveles, se toman la velocidad de lanzamiento del brazo dominante (D) y brazo no dominante (ND), aunque con respecto al pico de potencia del tren superior se toma cuando se ejerce con ambos brazos simultáneamente.

### **3 Test e Instrumentos de medida**

#### **3.1 Test**

Los test que se han llevado a cabo para obtener los datos a tratar en la Tesis Doctoral han sido: la prueba de velocidad de lanzamiento (Vb), la prueba de salto vertical con contramovimiento (CMJ) y potencia máxima muscular del tren superior e inferior (PPbb y Pppp, respectivamente).

##### **3.1.1 Prueba de Velocidad de Lanzamiento (Vb)**

La máxima velocidad de salida del balón se controló con una pistola de radar Stalker ATS (Stalker Radar, Plano, TX, USA, con un rango de 10 a 199 km/h,  $\pm 2/3$  km/h) usando el lanzamiento en apoyo clásico con carrera con tres apoyos a una distancia de 9m frontal a la posición de la pistola de radar. La pistola de radar se encuentra en "modo de pico" para detectar máxima la velocidad del balón (Raeder et al., 2015). La técnica utilizada es la más usada en un equipo de balonmano, tanto para finalizar las acciones como para pasar a los compañeros de equipo, y en la mayoría de las investigaciones precedentes (Bautista, Chiroso, Robinson, et al., 2016; Chelly et al., 2010; Gorostiaga et al., 2006; Granados et al., 2013; Hermassi et al., 2015; Krüger et al., 2014; Laffaye et al., 2012; Marques et al., 2007; Marques et al., 2011; Rivilla-García, Martínez, et al., 2011b; Serrien et al., 2015; Skoufas et al., 2008; Van den Tillaar & Ettema, 2006; 2009a; Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, et al., 2012). La pistola de radar se calibró de acuerdo con las especificaciones del fabricante y estaba situada fija adaptada

a la altura del hombro del lanzador, detrás de la meta para establecer contacto óptico con el balón y el jugador para tratar de eliminar cualquier error de ángulo en el lanzamiento de medición de la velocidad. Se utilizó un balón oficial de la IHF con 475gr de peso como máximo y 58cm de diámetro. Después de 10 minutos de un calentamiento estandarizado comenzaron las acciones a máxima velocidad usando ambos brazos, dominante y no dominante, y la técnica preferida por el jugador para efectuar el gesto específico. Se realizaron tres series de tres lanzamientos con dos minutos de recuperación entre serie y 10-15 segundos entre cada acción (Gorostiaga et al., 2005). Los jugadores recibieron instrucciones de lanzamiento similares a los requisitos que tienen en competición, donde deben realizar los intentos de forma tan rápida y precisa como sea posible para marcar gol (Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, et al., 2012). El mejor lanzamiento es el que se ha utilizado para el posterior análisis. Los entrenadores supervisaron toda la prueba para asegurarse de que los sujetos estaban utilizando una técnica adecuada.

Los sujetos iban conociendo inmediatamente la velocidad que alcanzaban para mantener la motivación (Rivilla-García et al., 2012). Además, el tipo de instrucción que reciben los jugadores expertos puede influir en la velocidad de salida del balón pero no en la precisión (García et al., 2013; Párraga et al., 2001; Van den Tillaar & Ettema, 2003). Por lo tanto, la precisión puede no estar relacionada con la velocidad. Se permitió a todos los sujetos la utilización de una sustancia adhesiva sobre sus manos para poder simular las acciones de juego reales (Rivilla-García et al., 2011).

### **3.1.2 Prueba de Salto Vertical con contramovimiento (CMJ)**

Gracias a un estudio sobre fuerza de miembros inferiores con valoraciones isocinéticas en jugadores de balonmano de élite (González-Rave et al., 2014), no se encontraron diferencias en las valoraciones isocinéticas de flexión y extensión de rodilla entre la pierna dominante y no dominante. Así, la ejecución del salto con contramovimiento durante el proceso de esta Tesis Doctoral se determinó ejecutarlo de forma bilateral.

Por lo que, para la prueba de salto vertical con contramovimiento (CMJ), se utilizó un sistema de cortina de contacto (Ergo Tester, Globus, Condogne, Italia) y la altura del salto se calcula automáticamente midiendo el tiempo de vuelo (Krüger et al., 2014; Ramos Veliz et al., 2014). Los sujetos partían de una posición vertical, llegando a una flexión de las rodillas alrededor de 90°, estirando los músculos extensores de la pierna seguido de una extensión máxima explosiva en la dirección opuesta (Bautista, Chiroso, Robinson, et al., 2016), hasta alcanzar la altura máxima. Las manos se mantenían colocadas en las caderas durante los saltos, para evitar la posible contribución de los brazos al impulsar (Dello Iacono, Martone, et al., 2016; Fernández-Romero et al., 2016; Hermassi et al., 2014; Moss & Twist, 2015; Vila et al., 2012). Para evitar los desplazamientos horizontales y laterales durante el salto, los sujetos recibieron instrucciones para: aterrizar en la plataforma en una posición similar a la de inicio del salto (Granados et al., 2013) y no encoger las piernas en el momento del aterrizaje para aumentar el tiempo de vuelo (Lehman et al., 2013). Se realizaron tres saltos máximos de cada sujeto con 90 segundos de descanso entre ellos y el intento de mayor altura fue el utilizado para su posterior análisis (González-Rave et al., 2014; Granados et al., 2013; Krüger et al., 2014; Lehman et al., 2013). Para mantener la motivación, los participantes conocían inmediatamente la altura del salto (Bautista, Chiroso, Robinson, et al., 2016; Vila et al., 2012).

### **3.1.3 Prueba de potencia máxima (P<sub>máx</sub>) muscular y estimación de fuerza máxima (1RM) del tren superior (PP<sub>bb</sub>) e inferior (PP<sub>pp</sub>)**

Como determinan Cronin & Sleivert (2005), es importante determinar la potencia máxima (P<sub>máx</sub>) para mejorar el rendimiento deportivo, por lo que se debe conocer la P<sub>máx</sub> que desarrolla cada deportista para poder entrenar en dicha carga. Según un estudio de McMaster et al. (2014) sobre metodologías de mediciones de fuerza explosiva (balística), para las valoraciones de tren superior con el ejercicio de press banca y de tren inferior con el ejercicio de sentadilla, utilizan principalmente encoder lineal para la recopilación de datos. Así, se han realizado mediciones con un Encoder lineal, rotatorio, Tesys 400 (Globus, Condogne, Italia), que funciona con un sistema de dínamo, y consta de un registro mínimo de posición de 1 mm y un cable cuyo extremo

se aseguró en un sitio específico de la barra de modo que no moleste la ejecución del ejercicio. El funcionamiento permite que cuando el sujeto realice el ejercicio el cable se desplace en forma vertical, según la dirección del movimiento, detectando e informando la posición de la barra cada 10 mls (1000 Hz) a un interface conectado a un computadora donde el software REAL POWER 2001 versión J 62 (Real Power, Globus, Condogne, Italia), calcula automáticamente los valores de fuerza, velocidad y potencia media y pico.

Debido a las diferencias individuales de los sujetos para alcanzar la  $P_{m\acute{a}x}$ , no se utilizó la misma carga, cercana al 30% de una repetición máxima (1RM) por los diferentes grupos musculares que se iban a evaluar (Cronin & Sleivert, 2005). De la misma forma, los autores, señalan que los sujetos con experiencia deben ser evaluados tanto en potencia media y/o potencia pico. Se determinó realizar las mediciones de la curva  $f - v$  y de estimación de 1 repetición máxima sobre dos ejercicios presentes en las sesiones de fuerza y que pueden ser factores principales para aumentar la velocidad de lanzamiento y la altura del salto vertical con contramovimiento. Estos ejercicios principales para la evaluación fueron: para los miembros superiores el ejercicio de press de banca y para los miembros inferiores el ejercicio de sentadilla (Bourdin et al., 2010; Hermassi et al., 2011).

Para la realización de la curva  $f - v$  de miembros superiores, todos los participantes utilizaron un peso inicial de 26 kg (Marques et al., 2007), que posteriormente se aumentaba en incrementos de 10 o 5 kg de cada ensayo. Para empezar la prueba y con la ayuda de dos entrenadores, la barra estaba colocada sobre el pecho del deportista obligándolo a permanecer allí cerca de 1 segundo antes de iniciar el movimiento en un esfuerzo por minimizar sus efectos contra-movimiento en cualquiera de los resultados. A continuación, el sujeto recibió instrucciones para realizar una acción concéntrica desde esta posición inicial, lo más rápidamente posible, hasta la extensión completa de los codos, con al menos 3 minutos de descanso entre los ensayos para reducir la probabilidad de fatiga. A través del registro de la velocidad de la fase concéntrica, la potencia de la fase concéntrica y el máximo estimado de una repetición (1RM) con el encoder lineal (Tesy 400, Globus, Italia). Así, la velocidad se puede utilizar para estimar con precisión la intensidad de la carga y, de igual forma cada intensidad

(%1RM) tiene su propia velocidad máxima en fase concéntrica (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Sánchez-Medina, Pérez, & González-Badillo, 2010). Así, se puede concretar que para una carga del 100% 1 RM en press banca la velocidad se aproximará a  $0.16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Una vez finalizada la prueba y procesados los datos, se determinó la carga de una repetición máxima y la carga correspondiente a la potencia máxima media para cada deportista. Se anulaba un ensayo: si parecía existir un contra-movimiento inicial de la barra, si el sujeto bajaba la espalda o los glúteos se elevaban desde la banca, o si el sujeto no lograba extender el codo.

Para la realización de la curva  $f - v$  de miembros inferiores, todos los participantes usaron un peso inicial de 24 Kg (Bourdin et al., 2010) que posteriormente se aumentaba en incrementos de 10 o 5 Kg en cada ensayo, hasta que el sujeto, con la ayuda del software, se lograba cuantificar los valores de pico de potencia ( $P_{\text{máx}}$ ) y la estimación de una repetición máxima (1RM). Para empezar la prueba y con la ayuda de dos entrenadores, los deportistas comenzaban desde una posición vertical. La barra estaba agarrada con ambas manos y apoyada sobre los hombros. Los deportistas, a la señal, flexionaban las rodillas aproximadamente hasta alcanzar los  $90^\circ$  (Hermassi et al., 2011), obligándolos a permanecer allí cerca de 1 segundo antes de iniciar el movimiento en un esfuerzo por minimizar sus efectos contra-movimiento en cualquiera de los resultados, para posteriormente realizar una extensión concéntrica hasta recuperar la posición vertical completamente. Los sujetos fueron instruidos a realizar el ejercicio tan rápido como pudieran y, por lo tanto, para las cargas más ligeras, los sujetos despegaron del suelo y se colocaron topes mecánicos por debajo de la barra para asegurar la repetitividad de las posiciones apropiadas de los miembros inferiores (Bourdin et al., 2010). Para reducir la probabilidad de fatiga, se mantenían 3 minutos de descanso entre los ensayos. A través del registro de la velocidad de la fase concéntrica, la potencia de la fase concéntrica y el máximo estimado de una repetición (1RM) con el encoder lineal (Tesys 400, Globus, Italia). Así, la velocidad se puede utilizar para estimar con precisión la intensidad de la carga (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). De igual forma, cada intensidad (%1RM) tiene su propia velocidad máxima en fase concéntrica (Sánchez-Medina et al., 2010) aunque en los miembros inferiores la velocidad media para establecer la RM es más alta que en los miembros superiores. Así,

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

se puede concretar que para una carga del 100% 1 RM en press banca la velocidad se aproximará a  $0.30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Loturco et al., 2016). Una vez finalizada la prueba y procesados los datos, se determinó la carga de una repetición máxima y la carga correspondiente a la potencia máxima media para cada deportista. Se anulaba un ensayo: si parecía existir un contra-movimiento inicial de la barra, si el sujeto no llegaba en la flexión de rodillas hasta los topes mecánicos (figura 24), o si el sujeto no lograba extender la pierna.

Para motivar un mejor funcionamiento y las ejecuciones a máxima velocidad de los sujetos, recibían un estímulo verbal fuerte en cada ensayo. En todos los ejercicios se ha controlado las angulaciones de partida con goniómetro manual, y las trayectorias de los desplazamientos mediante pórticos o máquinas de tracción guiadas.



*Figura 24.* Tope mecánico en el pórtico guiado para la realización de los ejercicios de sentadillas



### 3.2 Material e Instrumental

El instrumental empleado para la obtención de datos y su posterior tratamiento en esta Tesis Doctoral estaba compuesto por:

- Pistola de radar Stalker ATS (Applied Concepts, Plano, TX, USA) con un rango de 10 a 199 km/h,  $\pm 2/3$  km/h (figura 25).



Figura 25. Vista lateral y posterior de la pistola de radar utilizada para la obtención de los datos de velocidad de lanzamiento, Radar Gun Stalker ATS

- Ergo Tester (Globus, Condogne, Italia) cortina de contacto donde la altura del salto vertical (CMJ) se determina a partir del tiempo de vuelo usando un cálculo estándar (figura 26).
- Encoder lineal, rotatorio, Tesys 400 (Globus, Condogne, Italia) y consta de un registro mínimo de posición de 1 mm detectando e informando la posición de la barra cada 10 mls (10000 Hz) (figura 27)

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

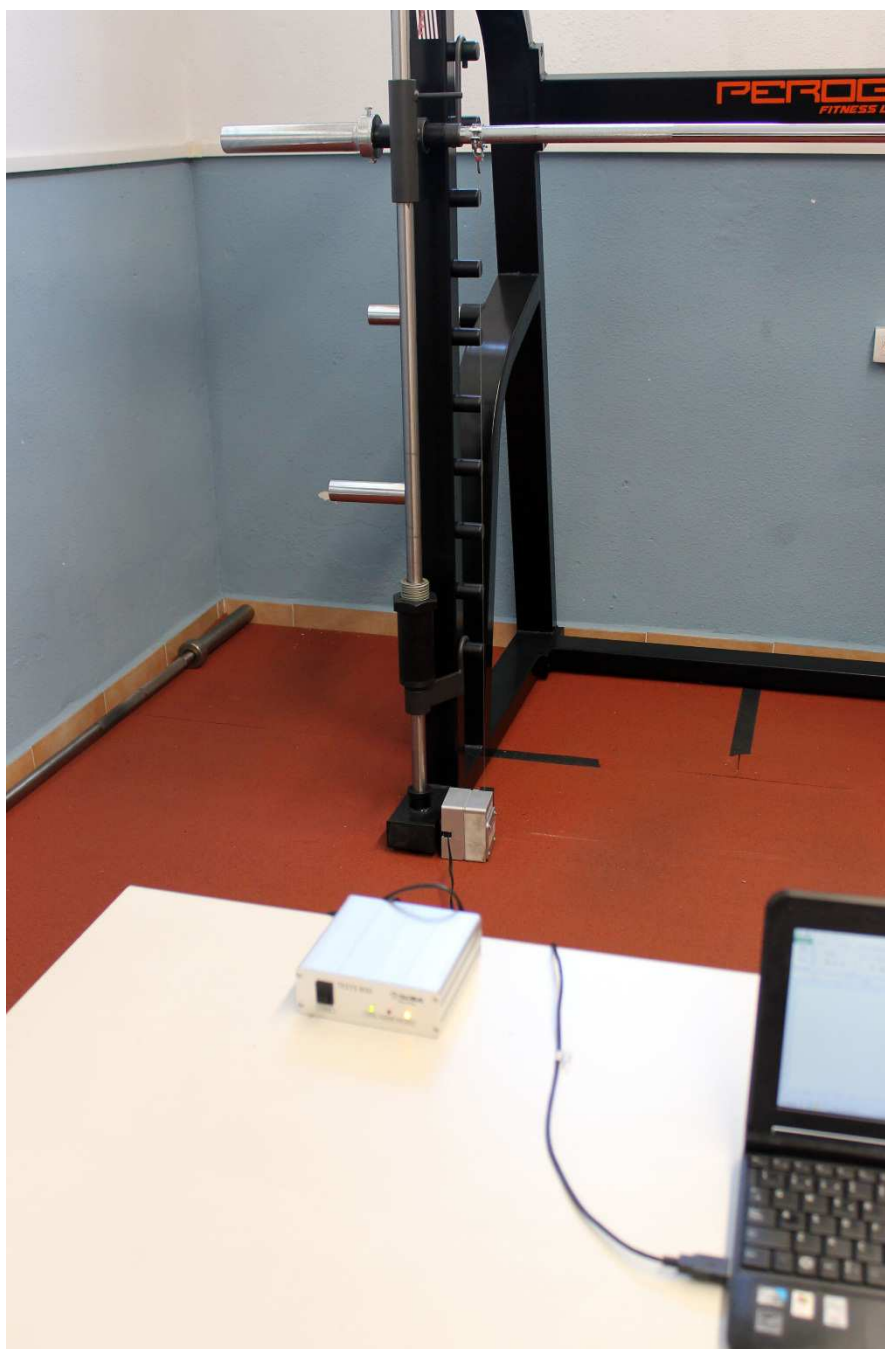


*Figura 26.* Ergo Tester (Globus, Condogne, Italia) para obtener la altura del CMJ

Para el posterior análisis de los datos, se han utilizado los siguientes instrumentos:

- REAL POWER 2001 versión J 62, calcula automáticamente los valores de fuerza, velocidad y potencia media y pico para obtener la C. f-v
- SPSS Software (IBM Statistics Inc, IL, USA)

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”



*Figura 27.* Encoder lineal rotatorio Tesys 400 (Globus, Condogne, Italia) para registrar la velocidad de ejecución en los test de sentadilla y press de banca pectoral

## 4 Procedimiento

Todos los controles se han llevado a cabo en el periodo de competición. Los jugadores han estado familiarizados con el sistema de control realizado, ya que todos los sujetos han realizado las mismas pruebas en años anteriores con un mínimo de 2. Durante el procedimiento desarrollado en esta Tesis Doctoral se han buscado estrategias que reduzcan al mínimo la fatiga para asegurarse que los jugadores puedan hacer las pruebas de manera óptima (Moss & Twist, 2015). Los autores advierten que rara vez las estrategias para limitar la fatiga de los jugadores se centran en la distribución del trabajo y los periodos de descanso de los jugadores. Así, el procedimiento de evaluación ha sido estandarizado comenzando siempre después de dos días de recuperación tras la disputa del partido a principios de semana, con el mismo protocolo de prueba. El orden de participación de los sujetos en las pruebas ha sido aleatorizado.

Se han controlado los métodos de entrenamiento de la fuerza para ver cómo afectan a la velocidad de lanzamiento y a la potencia muscular en tres momentos diferentes de la temporada. Los controles se han realizado, tomando medidas repetidas (pre y post) con 8 semanas de duración entre ellas, en los participantes en: en un momento de la temporada (off-season) sin entrenamiento técnico – táctico (M1) previo a periodo preparatorio; en un momento intermedio de la temporada (M2) concurrente con el entrenamiento técnico-táctico en el periodo de competición; y en un momento final de la temporada (M3) concurrente con el entrenamiento técnico-táctico en el periodo de competición (figura 23). El control sobre la velocidad de salida del balón en el gesto específico del brazo dominante y no dominante y el control de la altura del salto vertical con contramovimiento también con medidas repetidas (pre y post) con 8 semanas de intervalo entre ellas. Entre los factores que pueden influir también se han controlado el volumen y la intensidad de los lanzamientos y evolución de la curva fuerza - velocidad, analizando fundamentalmente el pico de potencia tanto de miembros superiores como inferiores.

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

El objetivo ha sido intentar intervenir provocando la menor incidencia posible en la vida cotidiana del equipo, cumpliendo, eso sí, los criterios de fiabilidad y validez en control de las diferentes medidas.

Los test se realizaron durante cuatro sesiones en días consecutivos, organizados temporalmente como se detalla a continuación, en cada control de la medida:

### M1

- Pre
  - Día 1: Prueba de estimación de la fuerza máxima (1RM) y potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de estimación de la fuerza máxima (1RM) y potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)
- Aplicación de entrenamiento del método de fuerza (F1) durante 8 semanas
- Post
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)

### M2

- Pre
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)
- Aplicación de entrenamiento del método de fuerza (F2) durante 8 semanas concurrente con las sesiones de entrenamiento técnico-táctico.

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

- Post
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)

### M3

- Pre
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)
- Aplicación de entrenamiento del método de fuerza (F3) durante 8 semanas concurrente con el entrenamiento técnico-táctico.
- Post
  - Día 1: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren superior.
  - Día 2: Prueba de potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) muscular del tren inferior.
  - Día 3: Prueba de velocidad de lanzamiento ( $V_b$ )
  - Día 4: Prueba de salto con contramovimiento (CMJ)

Los participantes se dividiendo en grupos de 3-4 sujetos, con el objetivo de reducir el tiempo total de duración de las mediciones, y entre los descansos de ejecución de cada test, respetando estos tiempos, los deportistas mantenían el mismo orden de participación en cada test.

La ejecución de los test tuvo el mismo orden en todos los grupos y el calentamiento, descrito anteriormente, fue el mismo para todos los sujetos. Todos los participantes realización los test bajo las mismas condiciones e indicaciones. No existió efecto de aprendizaje, ya que los deportistas estaban familiarizados con los ejercicios que se realizaban en cada test.

#### **4.1 Entrenamiento Técnico-Táctico (ETT)**

Como se ha visto con anterioridad, Issurin (2010) en su trabajo de revisión llega a la conclusión de que la aplicación del modelo tradicional sigue siendo válido para deportistas jóvenes y de bajo nivel, cuyas fases de competición son relativamente cortas y similares a las de los deportes individuales. (Zatsiorsky & Kraemer, 2006) realizan una definición de las unidades estructurales que comprenden el modelo tradicional (macrociclo, mesociclo y microciclo). Para Issurin (2010), en el modelo tradicional los macrociclos se dividen en periodos de entrenamiento con dos partes principales, la primera más generalizada y con trabajo preliminar (fase preparatoria) y la segunda con más trabajo de competición específica (periodo de competición). Los siguientes niveles de jerarquía están reservados a los mesociclos (ciclos de entrenamiento de tamaño medio) y microciclos. La planificación que se diseñado ha seguido una forma ecléctica de aplicabilidad, donde se han buscado optimizar diversas cualidades físicas a la vez, sin perder eficacia en alguna de ellas (Dantas et al., 2010). La estructura de la planificación se ha ajustado a los modelos de planificación aplicada a los deportes de largo periodo competitivo.

Se ha analizado la periodización durante 8 semanas en diferentes momentos de la competición. Ya que Szymanski (2012) muestra que los jugadores de balonmano pueden obtener mejoras en la velocidad de lanzamiento con programas de entrenamiento de resistencia con cargas pesadas de 8 – 10 semanas. Dado que los jugadores objeto de estudio, estaban en el periodo de competición se intentó equiparar las cargas de entrenamiento técnico – táctico (ETT) entre los momentos evitando tener una gran incidencia en el desarrollo del trabajo de los entrenadores sobre el equipo. Del mismo modo, algunas sesiones de fuerza en lugar de realizarse en la sala de musculación, se realizaban directamente sobre la pista de juego. En estas sesiones se buscaba un entrenamiento integrado de fuerza y técnico – táctica (Martínez, 2001)

Los participantes fueron estudiados en dos periodos de la planificación. El primer periodo en de fin de temporada (off-season) donde no se realizan sesiones de entrenamiento técnico-táctico y fue a partir de la segunda semana de junio hasta la segunda semana de agosto y, así, evitar el periodo de desentrenamiento (Marques &

González-Badillo, 2006). El segundo periodo de estudio, ya dentro de la planificación de la temporada en deportes de larga duración, a partir de la tercera semana de septiembre hasta la segunda semana de mayo, el periodo correspondiente a la fase de competición en la liga española de balonmano que participaban. La planificación de la temporada se basa en Seirullo y el modelo tradicional de Verjoshansky (Issurin, 2010) y fueron estructuradas en macrociclos-mesociclos-microciclos-sesiones (Zatsiorsky & Kraemer, 2006). La planificación consta de 2 macrociclos, con 11 mesociclos y 42 microciclos (tabla 18). Los microciclos, habitualmente, consistían en cinco sesiones de entrenamiento por semana de 2h30min de duración (lunes a viernes) y el sábado el partido correspondiente a la competición. Como se ha visto con anterioridad, Gamble (2006) indica que cualquier periodización no es lineal, sino que se varían los parámetros del entrenamiento tanto dentro como entre microciclos y, éstos, deben adaptarse al calendario de partidos. En este apartado en relación a las cargas de entrenamiento en la fase competitiva en los deportes de equipo, Kelly & Coutts (2007) desarrollan un sistema de planificación del entrenamiento buscando que los entrenadores puedan establecer la dificultad de cada partido, diseñar la carga de entrenamiento semanal y revisar la programación de los pasos que han seguido.



“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Tabla 18  
Planificación de la temporada completa dividida en 2 macrociclos compuestos de 11 mesociclos y 42 microciclos

MACROCICLO 1																				MACROCICLO 2																					
MESOCICLOS																																									
1					2					3				4				5		6		7				8				9				10				11			
PREPARATORIO					COMPETICION					COMPETICION				COMPETICION				COMPETICION		PREPARATORIO + COMPETICION		COMPETICION				COMPETICION				COMPETICION				COMPETICION				POSTEMPORADA			
MICROCICLOS																																									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
TIPO DE ENTRENAMIENTO																																									
G	CH	CH	CG	R	CCP	CCP	CCP	R	CP	CP	CP	R	CG	CG	CP	R	CP	CP	R	CG	CP	CCP	CP	R	CCP	CP	CP	CP	R	CCP	CP	R	CCP	CG	CP	CP	CP	CP	R	T	T
5	10	8	9	6	7	7	8	6	6	5	6	4	5	6	5	5	6	5	4	5	5	6	6	5	6	6	5	5	7	6	5	2	6	5	6	6	5	5	2	4	4
PARTIDO																																									
				2A	2A	3	8	6	1	9	10	12	5	7	11	4	13	14		A	16	3	8	6	1	9	10	12	5	7	11	4	A	13	14	2	16				
				5*	4*	5*	5*	3*	4*	4*	4*	5*	3*	5*	4*	3*	5*	4*	3*	5*	3*	5*	5*	4*	3*	3*	4*	3*	3*	5*	4*	3*	5*	4*	3*	5*	2*				
Nº SESIONES																																									
CLASIFICACION RIVAL																																									
DIFICULTAD																																									

Tipo de entrenamiento: G, Gradual; CH, Choque; CG, Carga; R, Recuperación; CCP, Carga+Competición; CP, Competición; T; Tecnificación; A, Amistoso; clasificación rival con \_ partido como visitante (P. E.: 10)

## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

Además de los pasos que estiman los autores, para desarrollar su sistema de planificación hay que tener en cuenta el objetivo del equipo, ya que difiere la dificultad de cada partido en función de si la planificación se realiza en equipos cuyo objetivo es la parte superior de la clasificación final o en equipos cuyo objetivo es evitar la parte inferior. Así, los pasos que los autores desarrollan para realizar su sistema de planificación son (figura 21):

- Paso 1.- Predecir la dificultad de cada partido
- Paso 2.- Planificar la carga de entrenamiento semanal
- Paso 3.- Supervisar la carga de entrenamiento semanal real
- Paso 4.- Revisar y volver al paso 1.

También, como se ha indicado anteriormente, es importante cuantificar las cargas de entrenamiento, tanto las que se han planteado antes del inicio de la temporada, como las que se prescribe diariamente, como las reales que se llegan a completarse por los deportistas (Mujika, 2016). Además, también se llegó a controlar para monitorizar la carga de entrenamiento una herramienta de supervisión con un valor estimado previo al entrenamiento por parte del cuerpo técnico y poder comparar los valores reales de PSE (figura 28). alcanzados por los deportistas al finalizar cada sesión (Cuadrado Reyes et al., 2012).

En cuanto a los ciclos de entrenamiento y competición de la temporada, se programaron de la siguiente forma (tabla 18):

- Macro ciclo I, consta de 5 mesociclos compuestos de 20 microciclos dando como resultado 123 sesiones de entrenamiento. Se comienza con un microciclo gradual (con un alto volumen de carga y de intensidad media-baja), tres microciclos de choque (con un incremento de la intensidad) y un microciclo de recuperación y control para completar la fase de preparación previa a la competición. A partir de ahí, desde el microciclo 6 al 20, se van intercalando los microciclos de competición con microciclos de recuperación y/o control, generalmente en relación 3:1 hasta finalizar el macrociclo I, con diferentes cargas de entrenamiento (volumen e intensidad) en función del partido

correspondiente a la competición (Concepción-Huertas et al., 2013; Gamble, 2006; Kelly & Coutts, 2007).

- Macro ciclo II, contiene 6 mesociclos compuestos de 22 microciclos dando como resultado 108 sesiones de entrenamiento. Se comienza con una fase de preparación, compuesta por dos microciclos de carga de volumen a modo de fase preparatoria para la competición. A partir de ahí, desde el microciclo 22 hasta el 39 se van intercalando los microciclos de competición con microciclos de recuperación y/o control, generalmente en relación 3:1 hasta finalizar el macrociclo II, con diferentes cargas de entrenamiento (volumen e intensidad) en función del partido correspondiente a la competición. Desde el macrociclo 39 al 43 se realiza sesiones de post temporada para evitar que el periodo de desentrenamiento sea demasiado elevado, aparte de recibir los deportistas diferentes prescripciones de ejercicios físicos para mantener el acondicionamiento metabólico (Concepción-Huertas et al., 2013; Gamble, 2006; Kelly & Coutts, 2007; Marques & González-Badillo, 2006).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

	Competición									
	nº 168									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ATAQUE			Lanz		Relac Puest		Lanz	Lanz Circ Balon	Lanz Relac Puest	
						Record Comp				
DEFENSA									3x4 - 1x2	
					6:0 - 3:2:1			5:1 Zonal		
PORTERIA		(2) Cal Espec		(1) W Esp	(1) W Esp		(1) W Esp	(1) W Esp	(1) W Esp	
			(2) Cal Porter	(1) Lanz	(1) Lanz	(2) Lanz	(1) Lanz	(1) Lanz	(1) Lanz	
CONTRATAQUE							Aleman toca			
SITUA ESPECIALES										
F		6 C C I								
V							Desp			
RS										
LYT		2 Charla								
Calentamiento			1 General							
Tiempo Planificado	15	30	10	10	15	15	10	15	15	
Tiempo Total			40	50	65	80	90	105	120	120
RPEp					16	17	18	17		17
RPE Real (X)				16,4	16,8	17,3	18,7	17,6		17,7

Figura 28. Contenido de una sesión de entrenamiento (nº 168) con registro de PSEp y PSE real

Lanz: Lanzamientos; Relac Puest: relación de puestos; Record comp: recordatorio completo; Circ Balon: Circulación balón; (2) Cal Espec: calentamiento específico con 2 porteros; (2) Cal Porter: calentamiento en portería con 2 porteros; (1) W Esp: trabajo específico 1 portero; (1) Lanz: lanzamientos 1 portero; (2) Lanz: lanzamientos 2 porteros; 6 CCI: 6 ejercicios en circuito continuo intensivo; Desp: velocidad desplazamiento; RPEp: Percepción Subjetiva del esfuerzo prevista; RPE Real (X): Media Percepción Subjetiva del Esfuerzo Real; F: Fuerza; V: Velocidad; RS: Resistencia; LYT: ejercicios lúdicos y tácticos

## 5 Análisis estadístico

Los resultados son expresados como media ( $X$ ) y desviación estándar ( $SD$ ). El efecto general de las variables independientes sobre las medidas tomadas antes y después se ha llevado a cabo mediante un ANOVA de medidas repetidas con: tres factores intrasujeto ( $M1$ ,  $M2$  y  $M3$ ), momento de la medida (pre y post) y brazo de ejecución (dominante y no dominante) para el tren superior; y dos factores intrasujeto ( $M1$ ,  $M2$  y  $M3$ ), momento de la medida (pre y post) para el tren inferior. Previo al ANOVA se realizó el test de esfericidad de Mauchly. En el caso de obtener significación, se eligió la prueba más conservadora de Greenhouse–Geisser. Para las comparaciones por pares, en aquellas variables independientes con más de dos niveles, se ha aplicado el test de Bonferroni con un nivel de significación para todos los casos de  $P \leq 0,050$ . Se ha mantenido un intervalo de confianza del 95% en todos los casos. La relación entre las variables: Velocidad de lanzamiento y pico de potencia del tren superior, velocidad de lanzamiento y altura de salto vertical con contramovimiento, velocidad de lanzamiento y pico de potencia del tren inferior y altura del salto vertical con contramovimiento y pico de potencia del tren inferior se proporcionan con el coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ). La intensidad de una correlación se definió (Hopkins, 2003) como  $r = 0 - 0,1$  (trivial),  $r = 0,1 - 0,3$  (pequeño),  $r = 0,3 - 0,5$  (moderado),  $r = 0,5 - 0,7$  (grande),  $r = 0,7 - 0,9$  Muy grande) y  $r = 0,9 - 1$  (casi completo). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando SPSS software (IBM Statistics Inc, Illinois, EE.UU.).

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

# Capítulo 5

## Resultados



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

## 1 Tren Superior

### 1.1 Velocidad de lanzamiento

Se muestran los resultados de la velocidad de lanzamiento (tabla 19). La velocidad de salida del balón siempre es mayor con el brazo dominante respecto al no dominante.

Tabla 19  
Estadística descriptiva de la velocidad de lanzamiento en función del momento, brazo dominante o no dominante y pre o post.

N=11			Media	Desviación estándar	SEM	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Dominante	M1	Pre	101,73	3,61	1,09	99,30	104,15
		Pos	99,36	4,06	1,22	96,64	102,09
	M2	Pre	103,00	6,11	1,84	98,89	107,11
		Pos	104,45	5,37	1,62	100,84	108,06
	M3	Pre	102,36	4,59	1,38	99,28	105,44
		Pos	104,27	5,31	1,60	100,70	107,84
No dominante	M1	Pre	75,91	7,63	2,30	70,78	81,04
		Pos	76,64	6,72	2,03	72,18	81,16
	M2	Pre	74,54	6,93	2,09	69,89	79,20
		Pos	73,36	5,77	1,74	69,49	77,24
	M3	Pre	73,91	7,31	2,20	68,97	78,82
		Pos	74,18	3,03	0,91	72,15	76,21

Media, Desviación estándar, error estándar de la medida (SEM) e intervalo de confianza 95%

La prueba de esfericidad de Mauchly no es significativa para la variable momento ( $W_2=0,799$ ;  $p=0,363$ ). No se realiza para las otras dos variables dado que sólo tienen dos niveles. Tampoco es significativa la esfericidad para las interacciones entre la variable momento y la de brazo dominante-no dominante ( $W_2=0,839$ ;  $p=0,454$ ), con la variable pre post ( $W_2=0,991$ ;  $p=0,960$ ), ni la interacción entre las tres ( $W_2=0,892$ ;  $p=0,598$ ). Por tanto se puede asumir esfericidad de las matrices de varianzas-covarianzas como supuesto del análisis.

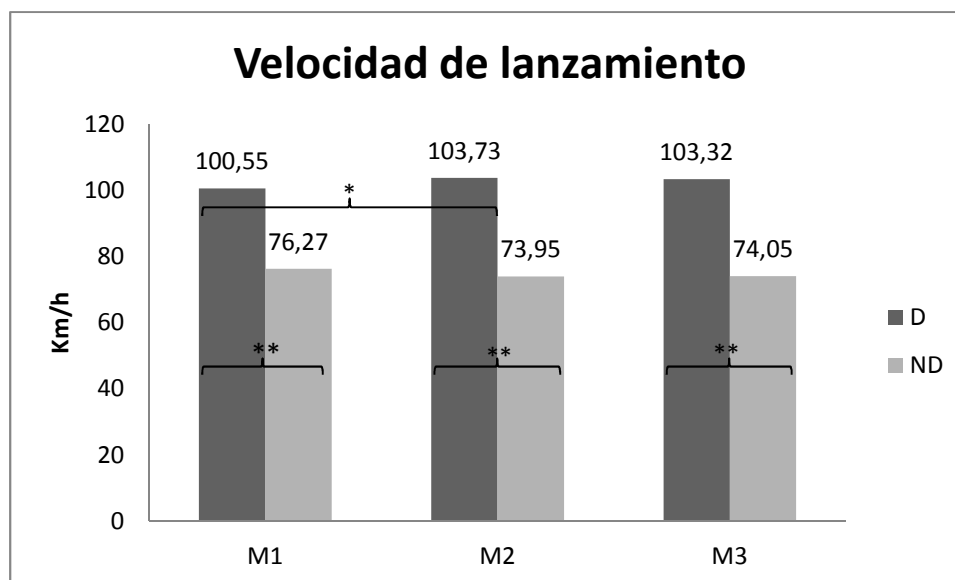
Por tanto, se estudió el ANOVA suponiendo esfericidad. Los resultados obtenidos mostraron significación en la variable dominante-no dominante y en la interacción de momento con dominante-no dominante. En este caso hubo significación para la variable Dominante y No Dominante [ $F(1;10)=209,660$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta^2=0,954$ ;  $1-\beta=1,000$ ], y para la interacción momento y dominante y no dominante [ $F(2,20)=7,360$ ;  $p=0,004$ ;



## “Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

$\eta^2=0,424$ ;  $1-\beta= 0,899$ ), pero no para la prepost [ $F(1,10)=0.033$ ;  $p=0,859$ ;  $\eta^2=0,003$ ;  $1-\beta= 0,053$ ], ni para la interacción momento y prepost [ $F(2,20)=0,938$ ;  $p=0,408$ ;  $\eta^2=0,086$ ;  $1-\beta= 0,189$ ], ni para la interacción dominante y no dominante y prepost [ $F(1,10)=0,188$ ;  $p=0,674$ ;  $\eta^2=0,018$ ;  $1-\beta= 0,068$ ], ni para la interacción momento y dominante y no dominante y prepost [ $F(2,20)=2,488$ ;  $p=0,108$ ;  $\eta^2=0,199$ ;  $1-\beta= 0,441$ ]).

La media para la velocidad de lanzamiento en el brazo dominante es de 102,53 Km/h mientras que en el brazo no dominante es de 74,76 Km/h. Por su parte el estudio de las comparaciones de Bonferroni entre las medias de la interacción momento por brazo dominante-no dominante muestran diferencias significativas (gráfica 3) entre todas las medias ( $p<0,001$ ) y también en el brazo dominante entre el M1 y M2 ( $p=0,033$ ).



Gráfica 3. Media de la velocidad de lanzamiento (en Km/h) en función de brazo dominante y no dominante y el momento de estudio

\*Significatividad  $P<0,050$

\*\*Significatividad  $P<0,001$

## 1.2 Pico de potencia en tren superior (PPbb)

Se muestran los resultados obtenidos del pico de potencia en los miembros superiores (tabla 20).

Tabla 20

Estadística descriptiva del pico de potencia del tren superior en función del momento, brazo dominante o no dominante y pre o post.

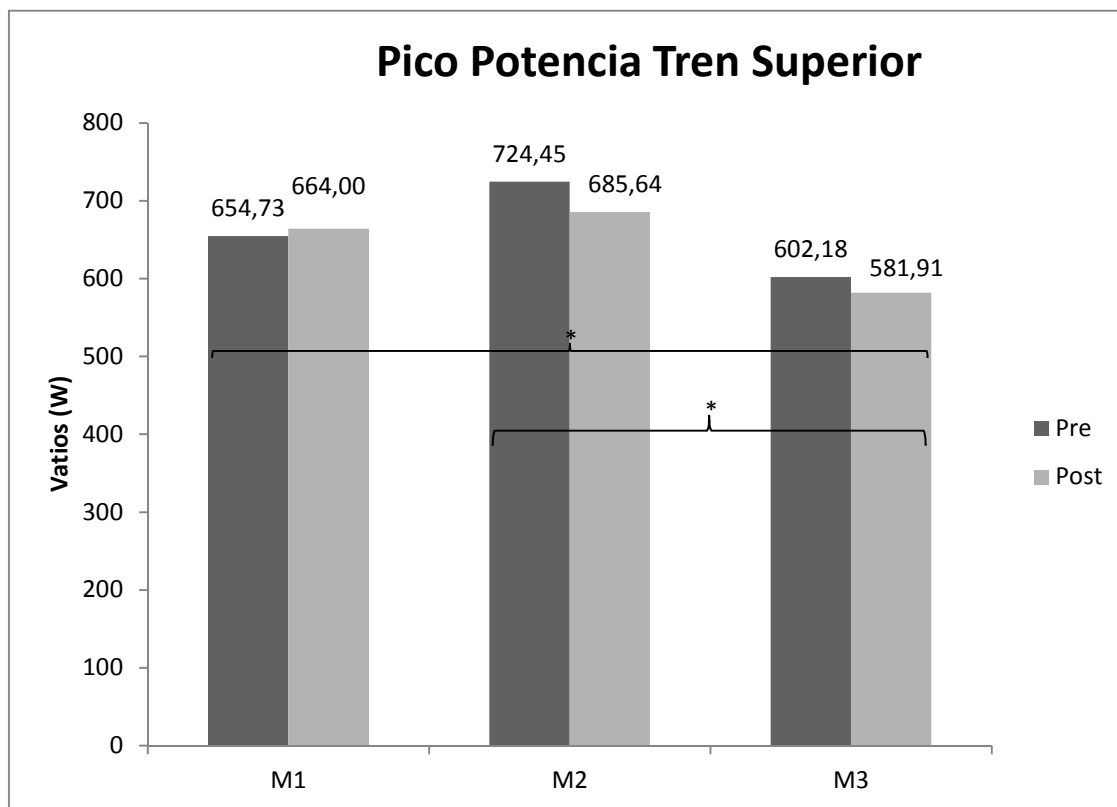
N=11	Media	Desviación estándar	SEM	Intervalo de confianza 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
M1	Pre	654,73	59,16	17,84	614,98	694,47
	Pos	664,00	54,29	16,37	627,53	700,47
M2	Pre	724,45	100,78	30,39	656,48	792,16
	Pos	685,64	129,53	39,05	598,61	772,66
M3	Pre	602,18	68,84	20,76	555,93	648,43
	Pos	581,91	59,30	17,88	542,07	621,75

Media, Desviación estándar, error estándar de la medida (SEM) e intervalo de confianza 95%

El análisis de la variable dependiente pico de potencia también se realizó mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos variables independientes momento y pre-post. La prueba de esfericidad de Mauchly fue significativa para la variable momento ( $W_2=0,345$ ;  $p=0,008$ ) pero no para la interacción entre ambas variables ( $W_2=0,930$ ;  $p=0,721$ ). Por tanto se eligió la prueba de Greenhouse-Geisser en el primer caso.

En este caso hubo significación para la variable momento [ $F(1,208;12,082)=5,870$ ;  $p=0,027$ ;  $\eta^2=0,370$ ;  $1-\beta=0,651$ ], pero no para la prepost [ $F(1,10)=3,069$ ;  $p=0,110$ ;  $\eta^2=0,235$ ;  $1-\beta=0,354$ ], ni para la interacción [ $F(2,20)=2,036$ ;  $p=0,157$ ;  $\eta^2=0,169$ ;  $1-\beta=0,370$ ].

El análisis de las comparaciones a través de la prueba de Bonferroni en la variable momento entre las tres medias muestra diferencias (gráfica 4) entre la M1 y M3 ( $p=0,007$ ) y entre la M2 y la M3 ( $p=0,027$ ).



Gráfica 4. Pico de potencia del tren superior (en Watios) en función del momento de estudio y medidas pre-post

\*Significatividad  $P < 0,050$

### 1.3 Relación entre la velocidad de lanzamiento y el pico de potencia del tren superior

Se han realizado correlaciones entre las medidas de la velocidad de lanzamiento pre y post y las medidas pre y post de pico de potencia del tren superior entre los tres momentos de la temporada (tabla 21).

Tabla 21  
Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) entre velocidad de lanzamiento y pico de potencia del tren superior

		M1	M2	M3
PRE	$r_{xy}$	,680*	-,309	,435
	Sig	,021	,355	,181
POST	$r_{xy}$	,267	-,233	,208
	Sig	,428	,491	,539

\*Significatividad  $P < 0,050$

## 2 Tren Inferior

### 2.1 Salto Vertical con Contramovimiento (CMJ)

Se muestran los resultados (tabla 22) de la altura del salto vertical con contramovimiento (CMJ).

Tabla 22

Estadística descriptiva de la altura del salto vertical con contramovimiento en función del momento, brazo dominante o no dominante y pre o post.

N=13		Media	Desviación estándar	SEM	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
M1	Pre	43,04	4,18	1,16	40,51	45,57
	Pos	44,42	4,42	1,23	41,75	47,10
M2	Pre	43,32	3,75	1,04	41,05	45,59
	Pos	45,07	4,67	1,29	42,25	47,89
M3	Pre	41,73	4,61	1,28	38,94	44,52
	Pos	41,81	5,41	1,50	38,55	45,08

Media, Desviación estándar, error estándar de la medida (SEM) e intervalo de confianza 95%

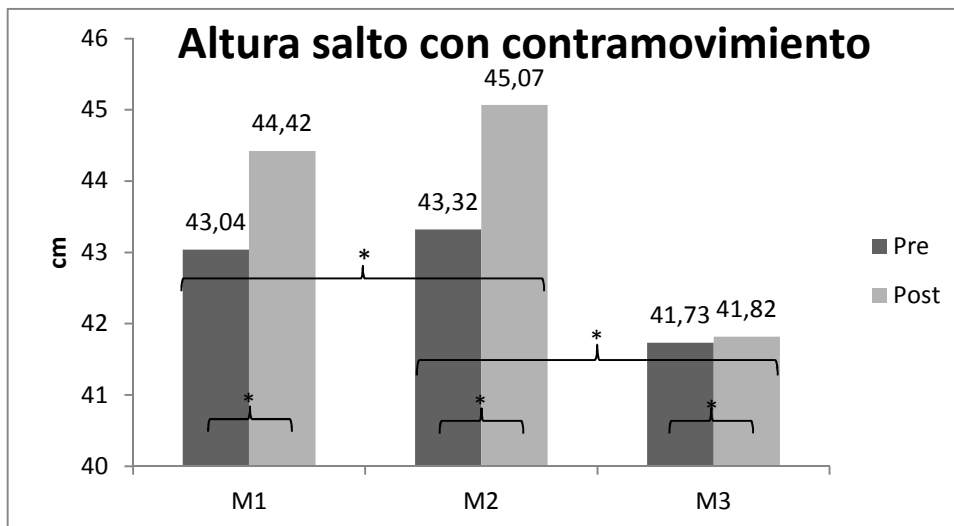
El análisis de la variable dependiente se realizó mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos variables independientes momento y pre-post. La prueba de esfericidad de Mauchly fue significativa para la variable momento ( $W_2=0,302$ ;  $p=0,001$ ) pero no para la interacción entre ambas variables ( $W_2=0,868$ ;  $p=0,460$ ). Por tanto se eligió la prueba de Greenhouse-Geisser en el primer caso.

En este caso hubo significación para la variable momento [ $F(1,178;14,138)=5,900$ ;  $p=0,025$ ], aunque se puede asumir esfericidad de las matrices de varianzas-covarianzas como supuesto del análisis para las demás variantes.

Por tanto, se estudió el ANOVA suponiendo esfericidad. Los resultados obtenidos muestran significación en la variable pre-post pero no en la interacción de momento con pre-post. En este caso hubo significación para la variable prepost [ $F(1;12)=6,894$ ;  $p=0,022$ ] pero no para la interacción momento y prepost [ $F(2,24)=3,056$ ;  $p=0,066$ ].

El análisis de las comparaciones mediante la prueba de Bonferroni en la variable momento entre las tres medias muestra diferencias significativas (gráfica 5) entre el M1

y M2 ( $p=0,050$ ), entre el M2 y el M3 ( $p=0,043$ ) y entre las medias de las medidas prepost existen diferencias significativas ( $p=0,022$ ).



Gráfica 5. Valores medios de la altura del salto vertical con contramovimiento (CMJ) (en cm) en función del momento de estudio y valores pre-post.  
\*Significatividad  $P \leq 0,050$

## 2.2 Pico de potencia del tren inferior (PPpp)

Se muestran los resultados (tabla 23) obtenidos de la medición del pico de potencia en los miembros inferiores (PPpp).

Tabla 23

Estadística descriptiva del pico de potencia en los miembros inferiores en función del momento, brazo dominante o no dominante y pre o post.

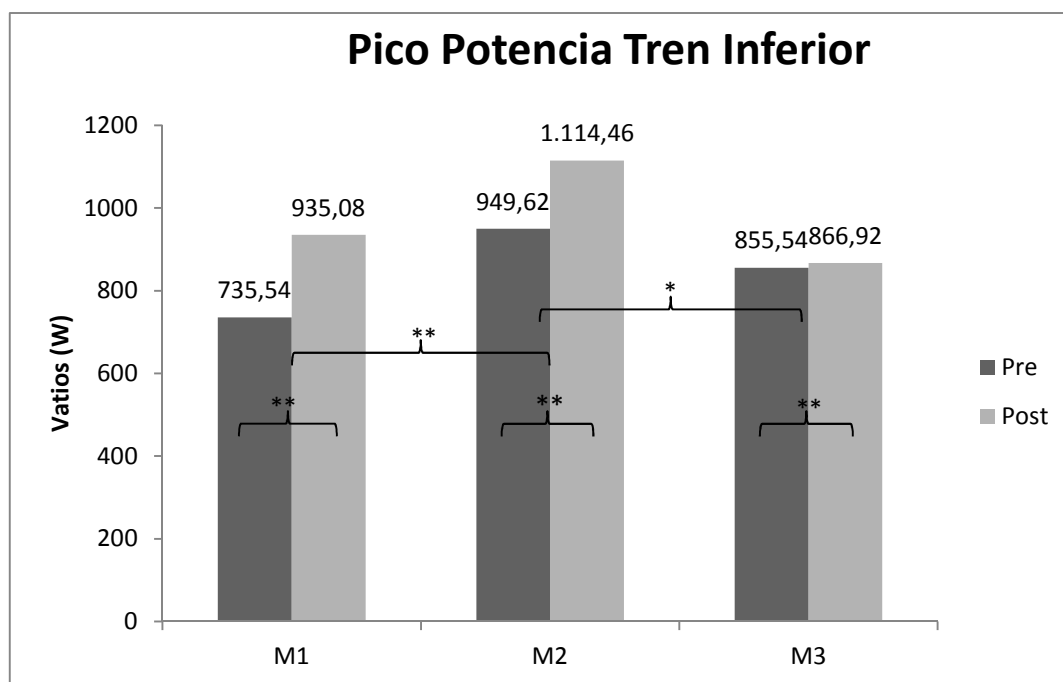
N=13	Media	Desviación estándar	SEM	Intervalo de confianza 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
M1	Pre	735,54	97,45	27,03	676,65	794,43
	Pos	935,08	79,17	21,96	887,23	982,92
M2	Pre	949,61	78,24	21,70	902,33	996,90
	Pos	1114,46	223,13	61,89	979,62	1249,30
M3	Pre	855,54	117,99	32,72	784,24	926,84
	Pos	866,92	127,16	35,27	790,08	943,76

Media, Desviación estándar, error estándar de la medida (SEM) e intervalo de confianza 95%

El análisis de la variable dependiente se realizó mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos variables independientes, momento y pre-post. La prueba de esfericidad de Mauchly fue significativa para la variable momento ( $W_2=0,403$ ;  $p=0,016$ ) y para la interacción entre ambas variables ( $W_2=0,324$ ;  $p=0,002$ ). Por tanto se eligió la prueba de Greenhouse-Geisser en ambos casos.

En este caso hubo significación para la variable momento [ $F(1,310;15,719)=16,392$ ;  $p<0,001$ ] y para la interacción entre ambas variables [ $F(1,193;14,317)=5,745$ ;  $p=0,026$ ]. Para la variable prepost se puede asumir esfericidad de las matrices de varianzas-covarianzas como supuesto del análisis. Por tanto, al estudiar el ANOVA suponiendo esfericidad los resultados obtenidos muestran significación en la variable prepost [ $F(1;12)=28,200$ ;  $p<0,001$ ].

El análisis de las comparaciones mediante la prueba de Bonferroni en la variable momento entre las tres medias muestra diferencias (gráfica 6) entre el M1 y M2 ( $p<0,001$ ) y entre el M2 y M3 ( $p=0,013$ ) y el análisis de las comparaciones entre las medias de las medidas prepost señalan diferencias significativas ( $p<0,001$ ).



Gráfica 6. Pico de potencia del tren inferior (en Watios) en función del momento de estudio y medidas pre-post

\*Significatividad  $P<0,050$  \*\*Significatividad  $P<0,001$

### 2.3 Relación entre la altura del salto vertical con contramovimiento (CMJ) y el pico de potencia del tren inferior (PPpp)

Se han realizado correlaciones entre las medidas pre y post de la altura del salto vertical con contramovimiento y las medidas pre y post de pico de potencia del tren inferior entre los tres momentos de la temporada (tabla 24).

Tabla 24  
Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) entre altura salto vertical con contramovimiento y pico de potencia del tren inferior

		M1	M2	M3
PRE	$r_{xy}$	,020	-,179	,127
	Sig	,948	,558	,680
POST	$r_{xy}$	,214	-,036	,109
	Sig	,483	,907	,723

### 3 Relación entre la velocidad de lanzamiento y la altura del salto vertical con contramovimiento (CMJ)

Se han realizado correlaciones entre las medidas pre y post de la velocidad de lanzamiento y las medidas pre y post de la altura del salto vertical con contramovimiento entre los tres momentos de la temporada (tabla 25).

Tabla 25  
Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) entre velocidad de lanzamiento y la altura del salto vertical con contramovimiento

		M1	M2	M3
PRE	$r_{xy}$	,682*	,475	,389
	Sig	,021	,140	,238
POST	$r_{xy}$	,272	,474	,212
	Sig	,418	,141	,513

\*Significatividad  $P < 0,050$

#### 4 Relación entre la velocidad de lanzamiento y el pico de potencia del tren inferior

Se han realizado correlaciones entre las medidas pre y post de la velocidad de lanzamiento y las medidas pre y post de pico de potencia del tren inferior entre los tres momentos de la temporada (tabla 26).

Tabla 26  
Coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) y significación (Sig.) entre velocidad de lanzamiento y pico de potencia del tren inferior

		M1	M2	M3
PRE	$r_{xy}$	-,116	-,675*	-,452
	Sig	,734	,023	,163
POST	$r_{xy}$	-,563	-,419	-,692*
	Sig	,071	,200	,018

\*Significatividad  $P < 0,050$



# Capítulo 6

## Discusión



RSIDAD  
ANADA

El propósito principal de esta Tesis Doctoral fue examinar el efecto de diferentes métodos de fuerza concurrentes al entrenamiento técnico – táctico sobre la potencia muscular, la velocidad de lanzamiento en ambos brazos, dominante y no dominante, y la altura del salto vertical con contramovimiento en jugadores de un equipo de balonmano durante una temporada completa periodizada y en diferentes momentos de la competición. Se puede decir que es eficaz la aplicación de un método de fuerza concurrente con el entrenamiento técnico-táctico sobre los parámetros de rendimiento, tanto en la velocidad de salida del balón en ambos brazos, dominante y no dominante, ( $p=0,033$ ), como en la altura del salto vertical con contramovimiento ( $p=0,050$ ) y en la potencia muscular de miembros inferiores ( $p<0,001$ ). Del mismo modo, no solo se aumentan los valores de velocidad del gesto específico exclusivamente con la concurrencia de entrenamiento técnico – táctico a los métodos de entrenamiento de la fuerza en una sala de musculación. Diferentes investigaciones manifiestan que los jugadores de balonmano uniendo a las sesiones de entrenamiento técnico – táctico, por el incremento de las acciones explosivas, ejercicios programados en la planificación con balones medicinales se aumentan, igualmente, la velocidad del gesto específico (Hermassi et al., 2015; Ignjatovic et al., 2012; Rivilla-García, Martínez, et al., 2011b; Rivilla-García, Martínez Martín, Navarro-Valdivielso, & Sampedro Molinuelo, 2011; Raeder et al., 2015; Szymanski et al., 2007). Como señalan Raeder et al. (2015) los ejercicios de entrenamiento con balones medicinales parecen ser una estrategia de entrenamiento de la fuerza útil y económica para la optimización funcional a través de la realización de actividades con movimientos específicos de la disciplina deportiva. Por lo que, se puede señalar que cobra una gran importancia la planificación e integración de sesiones de fuerza y el entrenamiento técnico – táctico. Hermassi et al. (2010) manifiestan que los métodos de fuerza se deben acompañar de ejercicios técnico-tácticos para desarrollar habilidades necesarias en el juego aunque no todos los métodos de unión de fuerza y entrenamiento técnico-táctico producen los mismos efectos.

El siguiente objetivo fue conocer el efecto de diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza sobre el pico de potencia del tren superior e inferior, la altura del salto con contramovimiento y la velocidad de lanzamiento. Hay que señalar que existen diferencias significativas entre las medidas pre y post a la aplicación de una metodología de entrenamiento de la fuerza tanto en la potencia muscular del tren

inferior ( $p < 0,001$ ) y en la altura del salto vertical con contramovimiento ( $p = 0,022$ ). Así, se puede indicar que la mayor aportación de esta Tesis Doctoral es que el entrenamiento de la fuerza basado en el contraste estado-dinámico concurrente con el entrenamiento técnico-táctico es más eficaz sobre la velocidad de salida del balón en el brazo dominante ( $p = 0,033$ ), la altura del salto con contramovimiento ( $p = 0,050$ ) y la potencia muscular del tren inferior ( $p < 0,001$ ) que solo la realización de un entrenamiento de fuerza máxima. A su vez, el entrenamiento de fuerza basado en contraste estado-dinámico en la repetición con cargas 100%  $P_{\text{máx}}$  concurrente con el entrenamiento técnico-táctico es más eficaz sobre la potencia muscular del tren superior ( $p = 0,027$ ) e inferior ( $p = 0,013$ ), la altura del salto vertical con contramovimiento ( $p = 0,043$ ) que el entrenamiento de fuerza basado en cargas 100%  $P_{\text{máx}}$  concurrente con el entrenamiento técnico-táctico. Hay que señalar que el método de aplicar el entrenamiento de fuerza basándose en el pico de potencia y la combinación con entrenamiento (Naclerio Ayllón et al., 2004) viene desarrollado porque en un entrenamiento estándar, consistente en movimientos de polea, no hace mejorar la velocidad del gesto específico en jugadores expertos (6.1% vs 1.4%,  $P = .085$ ) (Ettema et al., 2008). Dalziel et al. (2002) combinan los ejercicios de potencia 30% de 1 - RM con el entrenamiento específico en balonmano para aumentar los niveles de pico de potencia y la velocidad de salida del balón. Del mismo modo, Debanne & Laffaye (2011) muestran en su estudio correlaciones entre la potencia máxima de salida y la velocidad de lanzamiento  $r = 0,45$  (velocidad de la barra con carga del 30% 1RM en press de banca pectoral) y  $r = 0,80$ . Según los autores, el press de banca pectoral con cargas bajas (30-45% de 1RM) muestran mejores correlaciones, en cuanto a  $P_{\text{máx}}$ , que las cargas más altas. En este trabajo, los niveles de  $P_{\text{máx}}$  de miembros superiores de los jugadores se mantienen entre el 20-40% de 1 RM, coincidiendo con estas afirmaciones. Además, Zaras et al. (2013) muestran que la potencia del tren inferior se puede aumentar con diferentes cargas de entrenamiento, es decir 60-90% 1 RM. En esta misma línea, un meta análisis centrado en las optimización de las cargas para la producción de la potencia máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) en los ejercicios del tren inferior de Soriano, Jiménez-Reyes, Rhea, & Marín (2015) muestran diferentes zonas de trabajo. Así, según los autores, las cargas moderadas de [30-70% de 1RM] parecen proporcionar la carga óptima a la producción de potencia en los ejercicios de sentadillas y las cargas de entrenamiento más ligeras (<30% de 1RM) parecen proporcionar la

carga óptima para la producción de P<sub>máx</sub> en el squat jump (SJ). En este trabajo, los niveles de pico de potencia (P<sub>máx</sub>) del tren inferior de los jugadores se mantienen entre el 50-70% de 1RM, coincidiendo parcialmente con esta afirmación. Analizando de forma pormenorizada los cambios que se han producido con la aplicación del método de entrenamiento de la fuerza basado en el contraste estado-dinámico en la repetición con cargas del 100% P<sub>máx</sub>, la velocidad de lanzamiento aumentó un 1,4%. Este incremento se confirma según Gorostiaga et al. (2006) en la eficacia de la combinación de entrenamiento de fuerza concurrente al entrenamiento técnico – táctico en donde se producen multitud de acciones explosivas de lanzamiento. Los incrementos son menores que los alcanzados en investigaciones precedentes que encontraron mejoras en torno al 7% (Barata, 1992; Gorostiaga et al., 2006; Granados et al., 2008; Marques & González-Badillo, 2006). Por el contrario, Escamilla et al. (2010) y Escamilla et al. (2012) obtienen mejoras en la velocidad de salida de la bola de jugadores de béisbol, independientemente del método de entrenamiento que se aplican en ellos. Puesto que los estudios son realizados con jugadores de media de edad entre 11 a 17 años, debido a que los deportistas todavía tienen margen hasta el incremento de los valores máximos de velocidad de salida de la bola, por lo que, basta con aplicar métodos de entrenamiento que creen estímulos musculares para generar mayor velocidad de lanzamiento. Así mismo, también se produjeron aumentos en el rendimiento tanto de la altura del salto vertical como en la potencia muscular del tren inferior, 4% y 17,4% respectivamente. El incremento del CMJ ha sido menor que el encontrado en investigaciones precedentes, aunque con jugadores jóvenes de balonmano y solo con la aplicación de entrenamiento con ejercicios pliométricos, los deportistas alcanzan aumentos entre el 9,5% y el 11,4% (Chelly et al., 2014; Hermassi et al., 2011; Hermassi et al., 2014; Hermassi et al., 2016). Existen diferencias significativas entre las medidas pre y post del CMJ en todos los momentos de la temporada ( $p=0,022$ ). De esta forma, se han producido aumentos en CMJ en todos los momentos de estudio, M1, M2 y M3, 3,2%, 4% y 0,2%, respectivamente. Estos aumentos pueden deberse tanto a las mejoras en la potencia de los jugadores de balonmano como a las adaptaciones neuromusculares que se pueden producir por la combinación de los métodos de entrenamiento de la fuerza y el entrenamiento técnico – táctico por el mayor número de acciones explosivas, balísticas y pliométricas (Chelly et al., 2014; Hermassi et al., 2014;

Slimani, Chamari, Miarka, Del Vecchio, & Chéour, 2016). El trabajo de entrenamiento de la fuerza y pliometrias es esencial para los deportistas de alto nivel para aumentar el rendimiento en el salto vertical (Hermassi et al., 2014; Saéz-Saez de Villarreal, Kellis, Kraemer, & Izquierdo, 2009). Carvalho et al. (2014) ya demostraron que los jugadores de balonmano pueden aumentar la fuerza máxima y la altura del salto de los miembros inferiores con un programa combinado de resistencia y entrenamiento pliométrico. Durante el desarrollo de este trabajo, el método de entrenamiento en el M1 (F1) consistía en ejercicios con cargas máximas (85-95% 1 RM) y ejercicios pliométricos, coincidiendo con esta afirmación.

En esta misma línea, se llega a la conclusión en este grupo de jugadores, que el entrenamiento de la fuerza máxima combinada con carga del 100% P<sub>máx</sub> es más eficaz sobre la potencia muscular del tren superior ( $p=0,007$ ) que el entrenamiento de la fuerza basado en cargas 100% P<sub>máx</sub> concurrente con el entrenamiento técnico-táctico. Bien es cierto, que para el entrenamiento de la P<sub>máx</sub> se puede realizar sin la necesidad de material específico. Como muestran Bautista et al. (2014) se pueden entrenar a los deportistas para que mantengan una percepción de la velocidad de ejecución en los ejercicios de press banca, para obtener una retroalimentación continua en cada repetición e incluso poder ajustar las cargas de alta potencia sin tener que depender de un sistema de valoración externo. Del mismo modo, Cronin & Sleivert (2005) ya muestran la dificultad que existe para poder entrenar con los deportistas en un encoder que determine la velocidad de desplazamiento de la carga en todos los ejercicios, por la disponibilidad material y temporal durante el entrenamiento. Además, para una adecuada ejecución, se debe alcanzar la máxima velocidad voluntaria (Zapartidis et al., 2009), por lo que realizar entrenamientos sobre la velocidad de ejecución de las actividades puede ser interesante para aumentar la velocidad del gesto específico. Analizando de forma pormenorizada los datos obtenidos, se han producido un descenso de un 2,3% en la velocidad de lanzamiento entre el pre y el post. El descenso contrasta con las recomendaciones de Szymanski (2012) con lanzadores de béisbol, ya que con un programa de entrenamiento de resistencia de 8 semanas de duración con ejercicios de cadena cinética cerrada con cargas entre el 55-95% de 1 RM, los jugadores no aumentan la velocidad de salida del balón. Del mismo modo, se producen aumentos tanto en la

potencia muscular del tren superior, 1,4%, y muy significativamente en la potencia muscular del tren inferior, 27,1%, y en el CMJ, 3,2%.

A continuación, se ha de señalar que el momento de la temporada condiciona las variables del rendimiento. Existen evidencias científicas que señalan que el aumento de las acciones explosivas, como el lanzamiento o el salto, que se producen en deportistas entrenados con valores altos de inicio y buen nivel de ejecución técnica donde las mejoras pueden ser más difíciles porque estar más cerca de su techo (Gorostiaga et al., 2006; Granados et al., 2008; Marques & González-Badillo, 2006). Sin embargo, como señalan Karcher & Buchheit (2014), aún no se han llegado a reportar estudios sobre el efecto del tiempo de juego y el número acumulado de partidos en el nivel del entrenamiento afectando, probablemente, al nivel de condición física y a la optimización de los jugadores a lo largo de una temporada completa. Se ha tenido en cuenta las fluctuaciones que la velocidad de salida de balón tiene en los jugadores de alto nivel en los diferentes momentos de la temporada (Gorostiaga et al., 2005; Gorostiaga et al., 2006; Granados et al., 2007; Granados et al., 2008; Hermassi et al., 2011, Hermassi et al., 2015; Marques, 2010; Marques & González-Badillo, 2006) en los que se ve como el momento de la temporada influye en los picos de velocidad de salida de balón, aunque conforme los jugadores van llegando a niveles máximos tienen una gran dificultad para poder incrementarlos rápidamente (Matthys, Vaeyens, et al., 2013). Concretamente, Gorostiaga et al. (2006) indican que en jugadores de élite, la condición física puede mejorar durante la primera parte de la temporada y tiende a estabilizarse o, incluso, disminuir ligeramente hacia el final de la temporada. Coincidiendo con esta afirmación, en las medidas de los parámetros de rendimiento recogidos durante esta Tesis Doctoral, los valores medios máximos se han alcanzado, mayoritariamente, en la primera parte de la temporada (M2), entre septiembre y diciembre. Así, en M2 se han obtenido los valores medios máximos de: la velocidad de salida de balón en el brazo dominante (POS; 104,45 Km/h), la potencia máxima muscular del tren superior (PRE; 724,45 W) e inferior (POS; 1114,46 W) y el CMJ (PRE; 45,07 cm). En el momento inicial de la temporada (M1) se ha alcanzado el valor medio máximo de la velocidad de lanzamiento con el brazo no dominante (POS; 76,64 Km/h). Se puede indicar que hay significación entre la velocidad de salida del balón y la potencia muscular con relación al momento en el que se encuentren. Con respecto al P<sub>máx</sub> del tren superior, existen

diferencias significativas entre M1 y M3 ( $p=0,007$ ) que tienen su relación con el método de entrenamiento de la fuerza utilizado (F1) y, también, los resultados son significativos entre M2 y M3 ( $p=0,027$ ) utilizando los métodos de entrenamiento de la fuerza concurrentes a la preparación técnico – táctica por lo que aumentan las acciones explosivas que realizan los jugadores. A lo largo de la temporada, en relación con las mediciones realizadas se han producido incrementos en las variables dependientes de análisis, en la velocidad de lanzamiento un 2,5% y en la potencia muscular máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) del tren inferior un 17,9%, entre la medida pre en M1 y la medida post en M3. En la esta misma línea, y en consideración a las fluctuaciones mencionadas con anterioridad, se han producido descensos, en la potencia muscular máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) del tren superior un 11.1% y en el CMJ un 2,8%, entre la medida pre en M1 y la medida post en M3. En relación al pico de potencia de piernas, existen diferencias altamente significativas ( $p<0,001$ ) entre las medidas pre y post en los diferentes momentos de la temporada. En consecuencia, los aumentos entre las medidas pre y post en los diferentes momentos de la temporada son más acusados. Aunque el mayor se registra en el momento M1 con un 27,1% de incremento, puede ser debido a la combinación, como se ha visto con anterioridad, de ejercicios pliométricos después del entrenamiento de fuerza máxima (Carvalho et al., 2014; Szymanski, 2012). En los momentos de la temporada en los que se combinan el entrenamiento de fuerza con el entrenamiento técnico – táctico, M2 y M3, el aumento del  $P_{\text{máx}}$  del tren inferior entre las medidas pre y post es de 17,4% y 1,3%, respectivamente. Según se ha mostrado anteriormente, y coincidiendo de nuevo con Gorostiaga et al. (2006), la condición física en jugadores que alcanzar su techo tiende a estabilizarse o disminuir a lo largo de la temporada. De igual forma existen diferencias entre los diferentes momentos de la temporada y en la combinación de entrenamiento de fuerza y entrenamiento técnico – táctico, como se ha visto. Así, se obtienen diferencias altamente significativas entre M1 y M2 ( $p<0,001$ ) y M2 y M3 ( $p=0,013$ ), como bien se ha indicado aumentan las acciones explosivas que realizan los jugadores y resulta ser más eficaz el entrenamiento de fuerza de contraste estato – dinámico combinado con el entrenamiento técnico – táctico (M2) que el entrenamiento de fuerza de potencia pico 100% combinado con el entrenamiento técnico – táctico (M3) para aumentar el  $P_{\text{máx}}$  del tren inferior.

Siguiendo con los objetivos de esta Tesis Doctoral, examinar las diferencias en la velocidad de lanzamiento entre ambos brazos, dominante y no dominante, con relación a la existencia de entrenamiento de fuerza exclusivo o la concurrencia de entrenamiento de fuerza y entrenamiento técnico – táctico, ha sido uno de ellos. Como se ha podido comprobar existen diferencias entre la velocidad de salida del balón del brazo dominante y no dominante en función de la aplicación de un método de entrenamiento de la fuerza (F2) concurrente con el entrenamiento técnico-táctico ( $p=0,033$ ) que solo la realización de entrenamiento de la fuerza. Al examinar las diferencias entre la velocidad de salida del balón en ambos brazos, dominante y no dominante, se obtienen resultados altamente significativos ( $p<0,001$ ) entre todas las medias, a priori cuestión que parece lógica por las diferencias de intervención de ambos brazos. Para poder disminuir las diferencias existentes entre ambos brazos, se debe combinar el entrenamiento técnico-táctico para asimilar los patrones de movimiento del brazo dominante y no dominante para buscar mejores resultados a la hora de realizar el gesto específico a portería. Como indican Van den Tillaar & Ettema (2009a) y Noguchi et al. (2014) en muchos deportes de equipo como béisbol, cricket y el balonmano el lanzamiento es el movimiento más importante. En estos deportes, solo el brazo dominante es el usado como ejecutor. El brazo dominante y no dominante se diferencian por los movimientos que se realizan después de la fase de aceleración del balón. Los menores índices de velocidad de salida del balón con el brazo no dominante se debe a la inexperiencia de los jugadores para realizar el gesto específico dado que es un movimiento poco habitual (Timmann et al., 2008; Van den Tillaar & Ettema, 2009a). Esto mismo llega a suceder en otras disciplinas deportivas en las que el lanzamiento es uno de los principales para conseguir los objetivos del juego, como el béisbol, la predominancia lateral influye en la MRI y la flexión del codo para el gesto específico (Noguchi et al., 2014). Aunque, también es cierto que los autores no encuentran diferencias significativas de potencia entre las empuñaduras de los miembros superiores dominante y no dominante. Por lo que, como el lanzamiento una de las habilidades más decisivas en el balonmano, los jugadores deben realizar finalizaciones con el brazo no dominante para intentar adquirir los mismos patrones de movimiento. Del mismo modo, Van den Tillaar & Ettema (2009a) señalan que las diferencias no se deben ni a la experiencia ni a diferentes entrenamientos, sino que es el resultado de una disminución de las velocidades



angulares en distintos puntos obteniendo velocidades diferentes entre ambos brazos. De esta forma, es mejor realizar en entrenamiento de fuerza y los lanzamientos con ambos brazos a la vez, ya que el brazo no dominante también se utiliza con frecuencia para agarrar y sostener objetos pesados en la vida diaria (Noguchi et al., 2014). Conforme aumenta el proceso de especialización en los jugadores, las diferencias entre ambos brazos se van haciendo mayores. Debido a que en el proceso de formación, generalmente, se va reduciendo paulatinamente el empleo del brazo no dominante. Esto sugiere que en el proceso de iniciación y consolidación del aprendizaje de los jugadores la ambidiestría debe ser uno de los objetivos de los entrenadores para ampliar la riqueza motriz y aumentar las posibilidades de éxito del deportista.

Para mostrar interacción entre la velocidad de lanzamiento con el pico de potencia existen estudios que encuentran relación entre el pico de potencia de miembros superiores y la velocidad de salida del balón (Chelly et al., 2010; Cherif et al., 2016; Marques et al., 2011). En el desarrollo de esta Tesis Doctoral, se obtienen correlaciones entre la velocidad de lanzamiento y el pico de potencia en un momento (M1) ( $r_{xy}=0,680$ ;  $p=0,021$ ) en el que no se realiza entrenamiento técnico – táctico. Como en M2 y M3 no existe correlación entre ambas variables y la velocidad de salida del balón, sin embargo, aumenta. Este hecho puede ser debido a la mejora de la coordinación intermuscular y a la inclusión del entrenamiento técnico – táctico con un aumento de los movimientos explosivos en sus ejercicios, a la realización en el entrenamiento de lanzamientos con balones más ligeros, la realización de tareas con pliometrias y la ejecución de ejercicios con balones medicinales (Chelly et al., 2014; Hermassi et al., 2011; Hermassi et al., 2015; Ignjatovic et al., 2012; Raeder et al., 2015; Rivilla-García, Martínez, et al., 2011b; Rivilla-García et al., 2011; Skoufas et al., 2003; Szymanski et al., 2007; Van den Tillaar & Ettema, 2011). La velocidad de salida del balón también puede verse influenciada por el tipo de fibras musculares y la reclutación de unidades motoras rápidas (Hoff & Almasbakk, 1995; Zapartidis et al., 2011). La activación de fibras más frecuente en balonmano son las fibras de tipo IIX, que disminuyen después de un entrenamiento de fuerza pero no de potencia (Zapartidis et al., 2011; Zaras et al., 2013). Al mismo tiempo, se muestran descensos del P<sub>máx</sub> de miembros superiores en diferentes momentos de la temporada M2 y M3, 5,3% y 3,4% respectivamente, y aumentos de la velocidad de salida de balón en los mismos momentos (M2 y M3), 1,4% y 1,9%

respectivamente. Este hecho puede verse afectado por las adaptaciones neurales de los ejercicios durante las sesiones con entrenamiento técnico – táctico, donde la mejora tras entrenamientos de potencia puede aumentar la fuerza muscular y la retención de la proporción de fibras musculares tipo IIx (Zaras et al., 2013). Del mismo modo, Gorostiaga et al. (2006) y Marques et al. (2007) no encontraron asociación entre la velocidad de lanzamiento utilizando 3 pasos y los incrementos de fuerza máxima dinámica (1-RM) después de un entrenamiento de resistencia en jugadores de élite de balonmano. En esta Tesis Doctoral, se ha utilizado los niveles de fuerza máxima dinámica (1-RM) para comprobar su influencia en la potencia y la velocidad de salida del balón que desarrollan los jugadores de balonmano en un momento de la temporada (M1). Del mismo modo, existen correlaciones ( $r_{xy}=0,680$ ;  $p=0,021$ ) entre la velocidad de lanzamiento del brazo dominante y la potencia muscular del tren superior en el momento de la temporada (M1) que los jugadores sólo reciben entrenamiento de la fuerza máxima combinado con series de potencia (F1). Se obtiene un aumento de la velocidad de salida del balón con el brazo no dominante del 1,1% y un aumento de la potencia muscular del 3,2 %. En ninguno de los casos es significativo, por lo que, es difícil comparar los datos de dichos estudios.

Diferentes investigaciones incluyen para sus valoraciones de fuerza y potencia la medición de la altura del salto vertical con contramovimiento (en inglés Counter Movement Jump, CMJ) (Carlock et al., 2004; Carvalho et al., 2014; Chelly et al., 2014; Dello Iacono et al., 2016; González-Badillo & Marques, 2010; Hanson et al., 2007; Hermassi et al., 2014; Hughes et al., 2016; Markovic et al., 2007; Marques et al., 2015; Mullane et al., 2015; Wirth et al., 2016), entre otras. Además, Saéz-Saez de Villarreal et al. (2009) indican en su trabajo de meta-análisis que los ejercicios típicos de pliometrias pueden incluir el CMJ, el Drop Jump (DJ) y el Squat Jump (SJ) y pueden combinarse en un programa de entrenamiento o aplicarse de forma independiente. También muestran que teniendo en cuenta el tipo de contracción, la función del músculo en CEA se encuentran efectos positivos mayores con el entrenamiento pliométrico en DJ y CMJ que en SJ. Como muestran Massuça et al. (2014) la altura del CMJ se relaciona con la potencia de piernas ( $p<0,01$ ) que es un componente esencial para los jugadores de balonmano. Sin embargo, en las mediciones realizadas en esta Tesis Doctoral no se ha encontrado correlación entre CMJ y  $P_{máx}$  de miembros inferiores en ninguno de los

tres momentos de la temporada [M1( $r=0,020$ ;  $p=0,948$ ); M2 ( $r=-0,036$ ;  $p=0,907$ ); M3 ( $r=0,109$ ;  $p=0,723$ )] aunque la  $P_{\text{máx}}$  ha alcanzado un aumento del 17,9% desde M1PRE hasta M3POS y diferencias muy significativas entre las medidas pre pos de  $P_{\text{máx}}$  en miembros inferiores ( $p<0,001$ ) y CMJ ( $p=0,022$ ). Al contrario, si se han encontrado correlaciones entre la velocidad de lanzamiento y la altura del salto vertical con contramovimiento ( $r=0,682$ ;  $p=0,021$ ) en M1 sin entrenamiento técnico-táctico y en la medición pre. Posteriormente, esta relación se vuelve no significativa ( $r=0,272$ ;  $p=0,418$ ), aunque tanto los valores de CMJ aumentan 3,2% pero la velocidad de salida del balón se ve reducida un 2,3%. De esta forma, se puede señalar que al aplicar cargas altas (85-90% 1RM) afecta a la relación entre la velocidad de salida del balón y la altura del salto con contramovimiento.

La velocidad de lanzamiento y la potencia del tren inferior están relacionadas en función del método de entrenamiento de fuerza. Según Lehman et al. (2013), el aumento de la fuerza y la potencia muscular puede aumentar la velocidad del gesto específico, aunque la mayor parte de la investigación se ha centrado en los miembros superiores. Así, la potencia muscular de las extremidades inferiores, evaluada con la altura del salto, puede alcanzar una correlación con la velocidad de lanzamiento y dar a conocer la importancia del tren inferior en la cadena cinética (Lehman et al., 2013; Zapartidis et al., 2009). En esta misma línea, Laffaye et al. (2012) buscan en su estudio como las pruebas de reactividad del tren inferior, con valoraciones de la altura del salto pueden ser un buen complemento para explicar la velocidad de salida del balón con una carrera de tres pasos. Los movimientos corporales del tren inferior influyen en los cambios de los movimientos del tren superior y pueden afectar también al rendimiento (Wagner et al., 2011). La altura del salto en balonmano es importante para llegar a una posición vertical alta para lanzar sobre el bloque defensivo rival, cuando se realiza una finalización a distancia, o para tener más tiempo para realizar la acción, con un aumento del tiempo de vuelo, para reaccionar a los movimientos del portero (Wagner, Finkenzeller, et al., 2014). Por lo que, como señalan los autores, la altura del salto, así como la potencia máxima del tren inferior, se suele medir en los jugadores de balonmano con los saltos con contramovimiento. Lehman et al. (2013) en un estudio sobre lanzadores de béisbol señalan que existe una desconcertante falta de correlación entre la fuerza del tren inferior y la velocidad de lanzamiento, más si cabe, cuando algunas investigaciones

demuestran que el aumento de los parámetros de fuerza del tren inferior permiten mayores velocidades. En esta misma línea, Zapartidis et al. (2009) destacan la importancia de las extremidades inferiores en la cadena cinética del gesto específico en balonmano con una correlación moderada ( $r_{xy}=0,321$ ). Dentro del trabajo de fuerza, Gorostiaga et al. (2005) encontró en jugadores de balonmano de élite y aficionados una correlación significativa ( $r_{xy}=0,610$ ) entre la salida de potencia durante una prueba de media sentadilla y la velocidad de salida del balón con una carrera de tres pasos. En esta misma línea, Laffaye et al. (2012) obtienen correlación entre ejercicios reactivos de salto y la velocidad de lanzamiento ( $r_{xy}=0,450$ ). En este estudio, la correlación que se ha obtenido entre las variables de velocidad de lanzamiento y altura del salto vertical ha sido ( $r_{xy}=0,682$ ,  $p=0,021$ ) en el momento de la temporada M1 que solamente se realizaba entrenamiento de fuerza máxima (F1). Del mismo modo, las correlaciones entre la velocidad de lanzamiento y el pico de potencia del tren inferior resulta ser negativa en dos momentos de aplicación, M2 y M3. En el momento M2, la correlación es negativa ( $r_{xy}=-0,675$ ;  $p=0,023$ ) en los valores pre, es decir, los valores pico de potencia de piernas reducen la velocidad de lanzamiento si en el momento de aplicación del método de fuerza no hay combinación con el entrenamiento técnico – táctico. En el momento M3, la correlación es negativa ( $r_{xy}=-0,692$ ;  $p=0,018$ ) además cuando se produce los menores aumentos entre las medidas pre y post del pico de potencia del tren inferior (1,3%) y del CMJ (0,2%). Por lo que parece indicar que cuando los jugadores llegan hacia la parte final de la temporada, en este caso, tienden a estabilizarse aunque el aumento de un parámetro suponga la disminución del otro. Como se ha mencionado, los parámetros de rendimiento de velocidad de lanzamiento, CMJ y Pmáx aumentan a lo largo de los momentos de la temporada, sobretodo M2 y M3, por la combinación de los métodos de fuerza con el entrenamiento técnico – táctico y el mayor número de acciones explosivas y pliométricas.

El tipo de diseño garantiza validez externa al ser el diseño ecológico y de fácil aplicabilidad, pero plantea problemas de validez interna al no ser la muestra de participantes elegida al azar, no haber contrabalanceado los momentos de estudio y no poder controlar de forma exhaustiva la variable brazo dominante y no dominante. En el entrenamiento, los jugadores en alguno de los momentos no se ha controlado si, por ejemplo, utilizan el brazo no dominante para realizar acciones específicas de las cuales

es imposible inhibir en el proceso de esta investigación. Se debe señalar, que el estudio está hecho en un equipo en liga nacional durante el proceso de competición y parece más interesante comparar cuales son los resultados entre un brazo y otro, teniendo la certeza de que el brazo no dominante prácticamente no es usado por los jugadores que hacer otro diseño donde se pierda la validez de estudiar el jugador en su hábitat natural.

Se indica, que en esta investigación, se han escogido como participantes hombres de categoría senior, ya que sí intervienen criterios en la selección como la diferencia de edad y la formación de los jugadores en la velocidad de lanzamiento (Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Vila et al., 2008; Visnapuu & Juerimae, 2009). Por estos motivos, se ha elegido un equipo masculino con un proceso de entrenamiento largo en las mismas condiciones para evitar, en la medida de lo posible, contaminación de estas variables. En las investigaciones precedentes el número de participantes es similar, bien es cierto que al tratarse de un estudio en un equipo de balonmano en competición la muerte experimental afecta en las mediciones (Chelly et al., 2010; Plummer et al., 2016; Van den Tillaar & Ettema, 2003; 2004a; 2009a; Wagner, Orwat, et al., 2014). Además, como señalan Van den Tillaar & Ettema (2004b), la fuerza va relacionada con la masa corporal libre de grasa. Así a mayor masa muscular se obtienen mayores valores de fuerza y correlaciones con la velocidad de salida del balón. Bien es cierto, que las cualidades físicas avanzadas en los jugadores de alto nivel, influyen sobre la velocidad de lanzamiento, del mismo modo, que se ve influenciada por la posición en el terreno de juego y la especificación (Zapartidis et al., 2011) y durante el desarrollo de esta Tesis Doctoral no se han tenido en cuenta estas variables.

En definitiva, el entrenamiento de fuerza y de potencia es uno de los más habituales para mejorar los resultados deportivos con alteraciones que pueden derivarse de adaptaciones neurales y morfológicas (Cherif et al., 2016). Aunque este entrenamiento se debe combinar con el entrenamiento técnico – táctico y teniendo en cuenta las fluctuaciones que se pueden producir durante una temporada completa y la periodización que se puede ver alterada en función de los partidos durante la competición para aumentar los parámetros de rendimiento en un equipo de balonmano.

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

# Capítulo 7

## Conclusiones



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

## 1 Conclusiones

- El entrenamiento de la fuerza con diferentes métodos concurrente con el entrenamiento técnico-táctico en un equipo de balonmano durante una temporada completa periodizada es eficaz sobre la potencia muscular del tren superior e inferior, la velocidad de lanzamiento y la altura del salto vertical con contramovimiento.
- El entrenamiento de la fuerza basado en el contraste estado-dinámico es eficaz sobre la velocidad de lanzamiento en el brazo dominante, la altura del salto con contramovimiento y la potencia muscular del tren inferior.
- El entrenamiento de la fuerza con carga del 100% P<sub>máx</sub> y pliometrias es eficaz sobre la altura del salto con contramovimiento y la potencia muscular del tren inferior.
- El momento de la temporada condiciona el rendimiento de la velocidad de lanzamiento y la altura del salto vertical con contramovimiento, ya que conforme los jugadores van llegando a niveles máximos en los parámetros de rendimiento tienen una gran dificultad para poder incrementarlos.
- La combinación de un entrenamiento técnico-táctico concurrente con el entrenamiento de fuerza presenta diferencias en el rendimiento de la velocidad de lanzamiento del brazo dominante y no dominante.
- Existe correlación entre la velocidad de lanzamiento y el pico de potencia de tren superior en función del método de entrenamiento desarrollado.
- No existe correlación entre la altura del salto con contramovimiento y el pico de potencia del tren inferior en función del método de fuerza empleado en este grupo de jugadores de balonmano.
- La velocidad de lanzamiento y la potencia del tren inferior está relacionada en función del método de entrenamiento de fuerza utilizado en jugadores de balonmano.
- Como en el proceso de formación de los jugadores, generalmente, se va reduciendo paulatinamente el empleo del brazo no dominante existen diferencias entre todas las medias de las velocidades de lanzamiento entre el brazo



dominante y no dominante. Esto sugiere que en el proceso de iniciación y consolidación del aprendizaje de los deportistas la ambidiestría debe ser uno de los objetivos de los entrenadores para ampliar la riqueza motriz y aumentar las posibilidades de éxito.

## **2 Limitaciones y Perspectivas de Futuro**

Como muestran Matthys, Vaeyens et al. (2013) hay una falta de estudios longitudinales en balonmano, además al realizar el trabajo en un equipo en pleno periodo de competición no se ha podido contrabalancear los momentos del estudio. Se puede añadir que los resultados indican que se puede obtener diferencias significativas entre la velocidad de salida del balón y el pico de potencia del tren superior, por lo que, se debería ampliar la muestra para poder comprobar dichos indicios. Del mismo modo, existen relaciones entre la potencia del tren inferior y la velocidad del gesto específico, aunque se puede apreciar que puede afectar las acciones explosivas y pliométricas que se llevan a cabo durante las sesiones de entrenamiento técnico – tácticas en la cadena cinética del lanzamiento y no tanto los valores de P<sub>máx</sub> de los miembros inferiores.

Entonces, sobre estos aspectos se abren nuevos caminos hacia para el estudio de variables que tengan que ver con la formación y aprendizaje. Se pueden estudiar periodos en los que se base el entrenamiento en la utilización del brazo dominante combinado con periodos en los que se base el entrenamiento en la utilización del brazo no dominante para comprobar si se obtiene una mayor riqueza motriz y transferencia para un mejor desarrollo, de una habilidad tan fundamental en el balonmano como es el lanzamiento.

Aunque, durante el desarrollo de esta Tesis Doctoral, no se han tenido en cuenta algunas posibles diferencias que pueden afectar al rendimiento físico. Estas diferencias se ponen de manifiesto entre las características antropométricas que pueden existir entre los jugadores en función de su puesto específico en el juego (Vila et al., 2012). El puesto específico puede ser determinante, sobre todo en etapas formativas, tanto en la distancia del lanzamiento de un balón medicinal como en la velocidad de lanzamiento de los jugadores (Rivilla-García et al., 2011). Los laterales y los centrales suelen ser más altos

y tienen una masa corporal mayor en comparación con los extremos, lo que puede ayudar a obtener una mayor aceleración segmentaria (Van den Tillaar & Ettema, 2004b). De esta forma, los jugadores que participan en los extremos rara vez mantienen contacto físico con los defensores rivales, al contrario que los jugadores que participan desde el pivote, donde tanto la altura como el peso corporal tiene una mayor importancia (Matthys, Fransen, Vaeyens, Lenoir, & Philippaerts, 2013).

En cuanto a las perspectivas de futuro, como se ha desarrollado a lo largo de esta Tesis Doctoral, se puede continuar en la investigación sobre el aumento de la velocidad de movimiento en la articulación del hombro y la velocidad de lanzamiento en jugadores con experiencia. Igualmente, un campo de investigación por desarrollar está en la ejecución de la velocidad durante el entrenamiento de fuerza y la relación entre la velocidad de salida del salón y la altura del salto. Para finalizar, como señalan Lehman et al. (2013), existen pocos estudios mostrando la incidencia de la fuerza del tren inferior sobre la velocidad de lanzamiento y su entrenamiento para aumentar los parámetros de rendimiento en equipos de balonmano.

# Capítulo 8

Referencias

Bibliográficas



UNIVERSIDAD  
GRANADA

## 1 Bibliografía

- Aguilar-Martínez, D. (2012). Nuevas tecnologías aplicadas al control del rendimiento: El balonmano 3.0. In *Congreso de Investigación y Formación en Balonmano. Libro de Actas* (pp. 73–76). Granada, España: Congreso Investigación y Formación en Balonmano.
- Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I. J., & Cuadrado-Reyes, J. (2012). The effect of power training on throwing velocity in team handball. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 12(48), 729–744.
- Allerheiligen, B. (2003). In-season strength training for power athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 25(5), 25–28.
- Anloague, P. A., Spees, V., Smith, J., Herbenick, M. A., & Rubino, L. J. (2012). Glenohumeral range of motion and lower extremity flexibility in collegiate-level baseball players. *Sports Health*, 4(1), 25–30.  
<http://doi.org/10.1177/1941738111422336>
- Antón, J. L. (1990). *Balonmano: fundamentos y etapas del aprendizaje: un proyecto de escuela española*. Madrid: Gymnos.
- Antón, J. L. (2006). *Balonmano: táctica grupal ofensiva : concepto, estructura y metodología*. (J. L. Antón García, Ed.) (2ª Edición). Granada: El Autor.
- Baker, D. (1998). Applying the in-season periodization of strength and power training to football. *Strength and Conditioning Journal*, 20(2), 18–24.
- Baker, D. (2001a). Acute and Long-Term Power Responses to Power Training: Observations on the Training of an Elite Power Athlete. *Strength and Conditioning Journal*, 23(1), 47–56.
- Baker, D. (2001b). The effects of an in-season of concurrent training on the maintenance of maximal strength and power in professional and college-aged rugby league football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 172–177.
- Baker, D. (2007). Cycle-Length Variants in Periodized Strength/Power Training. *Strength and Conditioning Journal*, 29(4), 10–17.

- Baker, D., & Newton, R. U. (2005). Methods to increase the effectiveness of maximal power training for the upper body. *Strength and Conditioning Journal*, 27(6), 24–32.
- Barata, J. (1992). Changes in ball velocity in the handball free throw, induced by two different speed-strength training programs. *Motricidade Humana*, 8(1), 45–55.
- Bárceñas, D., & Román Seco, J. (1991). *Balonmano: Técnica y metodología*. Madrid: Gymnos.
- Bautista, I. J., Chiroso, I. J., Chiroso, L. J., Martín, I., González, A., & Robertson, R. J. (2014). Development and validity of a scale of perception of velocity in resistance exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(3), 542–549.
- Bautista, I. J., Chiroso, I. J., Chiroso, L. J., Martín, I., & Rivilla, J. (2016). RPE y velocidad como marcadores de intensidad en el press de banca. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 16(62), 229–241. <http://doi.org/10.15366/rimcafd2016.62.004>
- Bautista, I. J., Chiroso, I. J., Robinson, J. E., Van der Tillaar, R., Chiroso, L. J., & Martínez Martín, I. (2016). A new physical performance classification system for elite handball players: cluster analysis. *Journal of Human Kinetics*, 51, 131–142. <http://doi.org/10.1515/hukin-2015-0177>
- Bayer, C. (1987). *Técnica del balonmano: la formación del jugador*. Barcelona: Hispano Europea.
- 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.
- Berguen, M., Mensure, A., Tuncay, C., Aydin, O., & Cigdem, B. (2009). 3d Kinematic analysis of overarm movements for different sports. *Kinesiology*, 41(1), 105–111.
- Bourdin, M., Rambaud, O., Dorel, S., Lacour, J.-R., Moyen, B., & Rahmani, A. (2010). Throwing performance is associated with muscular power. *International Journal of Sports Medicine*, 31(7), 505–510. <http://doi.org/10.1055/s-0030-1249622>
- Buford, T. W., Rossi, S. J., Smith, D. B., & Warren, A. J. (2007). A comparison of

- periodization models during nine weeks with equated volume and intensity for strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1245–1250.
- Carlock, J. M., Smith, S. L., Hartman, M. J., Morris, R. T., Ciroslan, D. A., Pierce, K. C., ... Stone, M. H. (2004). The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 534–9. <http://doi.org/10.1519/R-13213.1>
- Carter, A. B., Kaminski, T. W., Douex, A. T. J., Knight, C. A., & Richards, J. G. (2007). Effects of high volume upper extremity plyometric training on throwing velocity and functional strength ratios of the shoulder rotators in collegiate baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 208–215. <http://doi.org/10.1519/R-19315.1>
- Carvalho, A., Mourão, P., & Abade, E. (2014). Effects of strength training combined with specific plyometric exercises on body composition, vertical jump height and lower limb strength development in elite male handball players: a case study. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 125–132. <http://doi.org/10.2478/hukin-2014-0040>
- Çetin, E., & Balci, N. (2015). The effects of isokinetic performance on accurate throwing in team handball. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 1872–1877. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.850>
- Çetin, E., & Ozdol, Y. (2012). Jump shot performance and strength training in young team handball players. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 3187–3190. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.034>
- Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B. B., Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151–157. <http://doi.org/10.1080/02640410802448731>
- 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. <http://doi.org/10.1519/JSC.00000000000000279>

- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010). 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. <http://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. <http://doi.org/10.5604/20831862.1224096>
- Chirosa, L. J. (1998). *Eficacia del entrenamiento con un método de contraste por la mejora de la fuerza de impulsión en relación a otro tipo convencional en balonmano* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada.
- Chow, J. W., & Knudson, D. V. (2011). Use of deterministic models in sports and exercise biomechanics research. *Sports Biomechanics*, 10(3), 219–233. <http://doi.org/10.1080/14763141.2011.592212>
- Concepción-Huertas, M., Chirosa Ríos, L. J., Haro, T. de, Romero, V., Aguilar-Martínez, D., Leonardo-Mendonça, R. C., ... Acuña-Castroviejo, D. (2013). Changes in the redox status and inflammatory response in handball players during one-year of competition and training. *Journal of Sports Sciences*, 31(11), 1197–1207. <http://doi.org/10.1080/02640414.2013.773404>
- 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. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power. Part 1. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. <http://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power. Part 2. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146. <http://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>
- Cronin, J., & Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal

- power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213–34.
- Cuadrado Reyes, J., Chiroso Ríos, L. J., Chiroso Ríos, I. J., Martín Tamayo, I., & Aguilar-Martínez, D. (2012). La percepción subjetiva del esfuerzo para el control de la carga entrenamiento en una temporada en un equipo de balonmano. *Revista de Psicología del Deporte*, 21(2), 331–339.
- Dalziel, W. M., Neal, R. J., & Watts, M. C. (2002). A comparison of peak power in the shoulder press and shoulder throw. *Journal of Science and Medicine in Sports*, 5(3), 229–235.
- Dantas, E. H. M., García-Manso, J. M., Salum de Godoy, E., Sposito-Araujo, C. A., & Gomes, A. C. (2010). Aplicabilidad de los modelos de periodización del entrenamiento deportivo. Una revisión sistemática. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 6(20), 231–241. <http://doi.org/10.5232/ricyde2010.02005>
- Dawson, B. (1996). Periodization of speed and endurance training. In P. Reaburn & D. Jenkins (Eds.), *Training for speed and endurance* (pp. 76–96). St. Leonards, Australia: Allen & Unwin.
- 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.
- Dechechi, C. J., Abrahao Machado, E. F., Ide, B. N., Lopes, C. R., Brenzikofer, R., & Vaz de Macedo, D. (2010). Study of the effect of a physical training season on performance of a women’s under 21 handball team. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 16(4), 295–300.
- Dello Iacono, A., Ardigò, L. P., Meckel, Y., & Padulo, J. (2016). Effect of small-sided games and repeated shuffle sprint training on physical performance in elite handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(3), 830–840. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001139>
- Dello Iacono, A., Martone, D., & Padulo, J. (2016). Acute effects of drop-jump protocols on explosive performances of elite handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(11), 3122–3133.



<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001393>

- Dos Santos Andrade, M., Fleury, A. M., Barbosia de Lira, C. A., Dubas, J. P., & da Silva, A. C. (2010). Profile of isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of shoulder rotator muscles in elite female team handball players. *Journal of Sports Sciences*, 28(7), 743–749. <http://doi.org/10.1080/02640411003645687>
- Eliasz, J., Janik, J., & Wit, A. (1990). Ball flight velocity during throws in handball. *Sport Wyczynowy*, 28, 12–34.
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Yamashiro, K., Mikla, T., Dunning, R., Paulos, L., & Andrews, J. R. (2010). Effects of a 4-week youth baseball conditioning program on throwing velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3247–3254. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181db9f59>
- Escamilla, R. F., Ionno, M., DeMahy, M. S., Fleisig, G. S., Wilk, K. E., Yamashiro, K., ... Andrews, J. R. (2012). Comparison of three baseball-specific 6-week training programs on throwing velocity in high school baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1767–1781. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182578301>
- Escamilla, R. F., Speer, K. P., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., & Andrews, J. R. (2000). Effects of throwing overweight and underweight baseballs on throwing velocity and accuracy. *Sports Medicine*, 29(4), 259–272.
- Ettema, G., Gløsen, 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.
- Fernández-Romero, J. J., Vila, H., & Cancela, J. M. (2016). Anthropometric analysis and performance characteristics to predict selection in young male and female handball players. *Motriz: Revista de Educação Física*, 22(4), 283–289. <http://doi.org/10.1590/s1980-6574201600040011>
- Ferragut, C., Vila, H., Abraldes, J., Argudo, F., Rodriguez, N., & Alcaraz, P. (2011). Relationship among maximal grip, throwing velocity and anthropometric parameters in elite water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 26–32.

- Ferrer Contreras, M. C. (2007). Efectos de dos métodos de entrenamiento de fuerza sobre el Índice de Bosco en jugadoras de balonmano de División de Honor. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (11), 33–36.
- Fleck, S. J. (1999). Periodized strength training: a critical review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 82–89.
- Freeston, J. L., Carter, T., Whitaker, G., Nicholls, O., & Rooney, K. B. (2016). Strength and Power Correlates of Throwing Velocity on Subelite Male Cricket Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1646–1651. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001246>
- Freeston, J., & Rooney, K. (2014). Throwing speed and accuracy in baseball and cricket players. *Perceptual and Motor Skills*, 118(3), 637–650. <http://doi.org/10.2466/30.PMS.118k25w4>
- Freeston, J., Rooney, K., Smith, S., & O’Meara, D. (2014). Throwing performance and test-retest reliability in Olympic female water polo players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(8), 2359–2365.
- Gamble, P. (2004). Physical preparation for elite-level rugby union football. *Strength and Conditioning Journal*, 26(4), 10–23. [http://doi.org/10.1519/1533-4295\(2004\)0262.0.CO;2](http://doi.org/10.1519/1533-4295(2004)0262.0.CO;2)
- Gamble, P. (2006). Periodization of training for team sports athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 28(5), 56–66.
- García, J. A., Sabido, R., Barbado, D., & Moreno, F. J. (2013). Analysis of the relation between throwing speed and throwing accuracy in team-handball according to instruction. *European Journal of Sport Science*, 13(2), 149–154. <http://doi.org/10.1080/17461391.2011.606835>
- García Manso, J. M. (2002). *La fuerza: Fundamentación, valoración y entrenamiento*. Barcelona: Gymnos.
- Genevois, C., Berthier, P., Guidou, V., Muller, F., Thiebault, B., & Rogowski, I. (2014). Effects of 6-week sling-based training of the external-rotator muscles on the shoulder profile in elite female high school handball players. *Journal of Sport Rehabilitation*, 23(4), 286–95. <http://doi.org/10.1123/jsr.2012-0108>

- Gómez Navarrete, J. S., Solana, R. S., Gómez-Valadés Horrillo, J. M., & Murillo, D. B. (2011). Influencia aguda de la aplicación de un tratamiento de fuerza basado en el método de contrastes combinado, sobre la precisión y la velocidad del lanzamiento en balonmano. *E-Balonmano.com: Journal of Sports Science / Revista de Ciencias del Deporte*, 7(1), 5–16.
- González-Badillo, J. J., & Marques, M. C. (2010). Relationship between kinematic factors and countermovement jump height in trained track and field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3443–7. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bac37d>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352. <http://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- González-Rave, J. M., Juárez, D., Rubio-Arias, J. A., Clemente-Suárez, V. J., Martínez-Valencia, M. A., & Abian-Vicen, J. (2014). Isokinetic leg strength and power in Elite handball players. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 227–233. <http://doi.org/10.2478/hukin-2014-0050>
- González Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo* (3ª Edición). Barcelona: Inde.
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibáñez, J., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2006). Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(2), 357–366. <http://doi.org/10.1249/01.mss.0000184586.74398.03>
- 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.
- Gorostiaga, E. 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.
- 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.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibáñez, J., Ruesta, M., & Gorostiaga, E. M. (2008). Effects of an entire season on physical fitness in elite female handball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(2), 351–361.  
<http://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815b4905>
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibáñez, J., Ruesta, M., & Gorostiaga, E. M. (2013). Are there any differences in physical fitness and throwing velocity between national and international elite female handball players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 723–732.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825fe955>
- Gray, S., Watts, S., Debicki, D., & Hore, J. (2006). Comparison of kinematics in skilled and unskilled arms of the same recreational baseball players. *Journal of Sports Sciences*, 24(11), 1183–1194.
- Gutiérrez-Dávila, M., Ortega, M., & Párraga, J. (2013). Influence of the throwing direction on biomechanics of movement patterns in handball throws. *E-Balonmano.com*, 9, 59–70.
- Gutiérrez-Dávila, M., Rojas, F. J., Ortega, M., Campos, J., & Párraga, J. (2011). Anticipatory strategies of team-handball goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, 29(12), 1321–1328. <http://doi.org/10.1080/02640414.2011.591421>
- Hanson, E. D., Leigh, S., & Mynark, R. G. (2007). Acute effects of heavy- and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1012–1017. <http://doi.org/10.1519/R-20716.1>
- Hartmann, H., Bob, A., Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2009). Effects of different periodization models on rate of force development and power ability of the upper extremity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1921–1932.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b73c69>
- Hartmann, H., Wirth, K., Keiner, M., Mickel, C., Sander, A., & Szilvas, E. (2015).

Short-term periodization models: Effects on strength and speed-strength performance. *Sports Medicine*, 45(10), 1373–86. <http://doi.org/10.1007/s40279-015-0355-2>

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

Hermassi, S., Gabbett, T., Ingebrigtsen, J., Van den Tillaar, R., Chelly, M., & Chamari, K. (2014). Effects of a short-term in-season plyometric training program on repeated-sprint ability, leg power and jump performance of elite handball players. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(5), 1205–1216. <http://doi.org/10.1260/1747-9541.9.5.1205>

Hermassi, S., Gabbett, T. J., Spencer, M., Khalifa, R., Chelly, M. S., & Chamari, K. (2014). Relationship between explosive performance measurements of the lower limb and repeated shuttle-sprint ability in elite adolescent handball players. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(5), 1191–1204. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1260/1747-9541.9.5.1191>

Hermassi, S., Ingebrigtsen, J., Schwesig, R., Fieseler, G., Delank, K. S., Chamari, K., ... Chelly, M. S. (2016). Effects of in-season short-term aerobic and high-intensity interval training program on repeated sprint ability and jump performance in handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, (Epub ahead of print).

Hermassi, S., Van den Tillaar, R., Khelifa, R., Chelly, M. S., & Chamari, K. (2015). Comparison of in-season specific resistance- vs. a regular throwing training program on throwing velocity, anthropometry and power performance in elite

- handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2105–2014. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000855>
- Hirashima, M., & Ohtsuki, T. (2008). Exploring the mechanism of skilled overarm throwing. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(4), 205–211. <http://doi.org/10.1097/JES.0b013e31818781cf>
- Hoff, J., & Almasbakk, 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.
- Hoffman, J. R., & Kang, J. (2003). Strength changes during an in-season resistance-training program for football. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 109–114.
- Hopkins, W. G. (2003). New View of Statistics: Effect Magnitudes. Retrieved October 8, 2015, from <http://sportssci.org/resource/stats/effectmag.html>
- Hore, J., O'Brien, M., & Watts, S. (2005). Control of joint rotations in overarm throws of different speeds made by dominant and nondominant arms. *Journal of Neurophysiology*, 94(6), 3975–3986.
- Hore, J., Watts, S., Tweed, D., & Miller, B. (1996). Overarm throws with the nondominant arm: kinematics of accuracy. *Journal of Neurophysiology*, 76(6), 3693.
- Hughes, J. D., Massiah, R. G., & Clarke, R. (2016). The potentiating effect of an accentuated eccentric load on countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (Epub ahead of print). <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001455>
- Ignjatovic, A. M., Markovic, Z. M., & Radovanovic, D. S. (2012). Effects of 12-week medicine ball training on muscle strength and power in young female handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2166–2173. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823c477e>
- Ikeda, Y., Miyatsuji, K., Kawabata, K., Fuchimoto, T., & Ito, A. (2009). Analysis of trunk muscle activity in the side medicine-ball throw. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2231–2240.

<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8676f>

Ingebrigtsen, J., Jeffreys, I., & Rodahl, S. (2013). Physical characteristics and abilities of junior elite male and female handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 302–309.

<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318254899f>

International Handball Federation. (2010). Floor Regulations. Retrieved from [http://www.ihf.info/files/Uploads/NewsAttachments/0\\_IHF\\_STATUTS\\_CHAP\\_13C\\_GB.pdf](http://www.ihf.info/files/Uploads/NewsAttachments/0_IHF_STATUTS_CHAP_13C_GB.pdf)

Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine*, 40(3), 189–206.

Jiménez Jiménez, F. (2010). Estudio praxiológico de la estructura de las situaciones de enseñanza en los deportes de cooperación/oposición de espacio común y participación simultánea: Balonmano y Fútbol Sala. In J. Antón García, M. I. Piñar López, & D. Aguilar-Martínez (Eds.), *La evolución científica del balonmano a través de las Tesis Doctorales presentadas en España en los últimos 20 años: Aplicaciones prácticas* (pp. 319–354). Granada, España.

Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797–814.

<http://doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z>

Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 675–84.

[http://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2)

Kelly, V. G., & Coutts, A. J. (2007). Planning and monitoring training loads during the competition phase in team sports. *Strength and Conditioning Journal*, 29(4), 32–37.

Kirby, T. J., Erickson, T., & McBride, J. M. (2010). Model for progression of strength, power, and speed training. *Strength and Conditioning Journal*, 32(5), 86–90.

<http://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181f3ee5d>

Knudson, D. V. (2009). Correcting the use of the term “power” in the strength and conditioning literature. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6),

- 1902–1908. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b7f5e5>
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197–206.
- Kritz, M., Mamula, R., Messey, K., & Hobbs, M. (2008). In-season strength and conditioning programming for collegiate baseball pitchers: a unified approach. *Strength and Conditioning Journal*, 30(4), 59–69.  
<http://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31817f8e8d>
- Krüger, K., Pilat, C., Ückert, K., Frech, T., & Mooren, F. C. (2014). Physical performance profile of handball players is related to playing position and playing class. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 117–125.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318291b713>
- Laffaye, G., Debanne, T., & Choukou, M. A. (2012). Is the ball velocity dependent on expertise? A multidimensional study in handball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12(3), 629–642.
- Lehman, G., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2013). Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 902–908.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182606c79>
- López, P. (2005). *Efecto de la oposición sobre los factores biomecánicos del lanzamiento en salto en balonmano* (Tesis doctoral). Universidad de Jaén, Jaén, España.
- Loturco, I., Pereira, L. A., Cal Abad, C. C., Gil, S., Kitamura, K., Kobal, R., & Nakamura, F. Y. (2016). Using bar velocity to predict the maximum dynamic strength in the half squat exercise. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 11(5), 697–700. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0316>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Zanetti, V., Kitamura, K., Cal Abad, C. C., & Nakamura, F. Y. (2015). Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2182–2191. <http://doi.org/10.1080/02640414.2015.1081394>
- Loturco, I., Tricoli, V., Roschel, H., Nakamura, F. Y., Cal Abad, C. C., Kobal, R., ...



- González-Badillo, J. J. (2014). Transference of traditional versus complex strength and power training to sprint performance. *Journal of Human Kinetics*, *41*(1), 265–273. <http://doi.org/10.2478/hukin-2014-0054>
- MacDonald, C. J., Lamont, H. S., & Garner, J. C. (2012). A comparison of the effects of 6 weeks of traditional resistance training, plyometric training, and complex training on measures of strength and anthropometrics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(2), 422–431. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220df79>
- Maddigan, M. E., Behm, D. G., & Belfry, G. R. (2014). High-intensity interval training for improvement of overhand throwing velocity. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, *19*(1), 36. <http://doi.org/10.1123/ijatt.2013-0046>
- Manchado, C., Tortosa-Martinez, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013). Performance factors in women’s team handball: Physical and physiological aspects. A review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(6), 1708–1719. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891535>
- Manske, R. C., Tajchman, C. S., Stranghoner, T. A., & Ellenbecker, T. S. (2004). Difference in isokinetic torque acceleration energy of the rotator cuff: competitive male pitchers versus male nonathletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(3), 447–450. <http://doi.org/10.1519/1533-4287>
- Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(2), 543–9. <http://doi.org/10.1519/R-19535.1>
- Marques, M. C. (2010). In-season strength and power training for professional male team handball players. *Strength and Conditioning Journal*, *32*(6), 74–81. <http://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181fbec32>
- Marques, M. C., & González-Badillo, J. J. (2006). In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(3), 563–571. <http://doi.org/10.1519/R-17365.1>
- Marques, M. C., Izquierdo, M., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Ferraz, R., &

- González-Badillo, J. J. (2015). Association between force-time curve characteristics and vertical jump performance in trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 2045–9.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000739>
- Marques, M. C., Liberal, S. M., Costa, A. M., Van den Tillaar, R., Sánchez-Medina, L., Martins, J. C., & Marinho, D. A. (2012). Effect of two different training programs with same workload on throwing velocity by experienced water polo players. *Perceptual and Motor Skills*, 115(3), 895–902.  
<http://doi.org/10.2466/25.23.PMS.115.6.895-902>
- Marques, M. C., Marinho, D. A., & Van den Tillaar, R. (2010). A load-velocity relationship for men and women in overhead throwing performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(3), 524–526.
- Marques, M. C., Saavedra, F. J., Abrantes, C., & Aidar, F. J. (2011). Associations between rate of force development metrics and throwing velocity in elite team handball players: A short research report. *Journal of Human Kinetics*, (Special Issue), 53–57.
- Marques, M. C., Van den Tillaar, R., Vescovi, J. D., & González-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.
- Martínez, I. (2001). La planificación del periodo de competición en deportes colectivos. In J. Viciano Ramírez & L. J. Chiroso (Eds.), *El entrenamiento integrado en deportes de equipo* (pp. 113–127). Granada, España: ReproDigital.
- Martínez Martín, I. (2010). Estudio de la influencia en los factores de rendimiento del balonmano de distintos métodos del trabajo de la fuerza. In J. L. Antón García, M. I. Piñar López, & D. Aguilar-Martínez (Eds.), *La evolución científica del balonmano a través de las Tesis Doctorales presentadas en España en los últimos 20 años: Aplicaciones prácticas* (pp. 479–522). Granada, España.
- Mascarin, N. C., Barbosa de Lira, C. A., Vancini, R. L., de Castro Pochini, A., da Silva, A. C., & Dos Santos Andrade, M. (2016). Strength training using elastic band improves muscle power and throwing performance in young female handball

- players. *Journal of Sport Rehabilitation*, (Epub ahead of print), 1–25.  
<http://doi.org/10.1123/jsr.2015-0153>
- Massuça, L., Branco, B., Miarka, B., & Fragoso, I. (2015). Physical fitness attributes of team-handball players are related to playing position and performance level. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6(1), e24712. <http://doi.org/10.5812/asjasm.24712>
- Massuça, L. M., Fragoso, I., & Teles, J. (2014). Attributes of Top Elite Team-Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 178–186.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318295d50e>
- Matthys, S. P. J., Franssen, J., Vaeyens, R., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2013). Differences in biological maturation, anthropometry and physical performance between playing positions in youth team handball. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1344–1352. <http://doi.org/10.1080/02640414.2013.781663>
- Matthys, S. P. J., Vaeyens, R., Franssen, J., Deprez, D., Pion, J., Vandendriessche, J., ... Philippaerts, R. (2013). A longitudinal study of multidimensional performance characteristics related to physical capacities in youth handball. *Journal of Sports Sciences*, 31(3), 325–334. <http://doi.org/10.1080/02640414.2012.733819>
- McCluskey, L., Lynskey, S., Leung, C. K., Woodhouse, D., Briffa, K., & Hopper, D. (2010). Throwing velocity and jump height in female water polo players: Performance predictors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 236–240.  
<http://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.02.008>
- McMaster, D. T., Gill, N., Cronin, J., & McGuigan, M. (2014). A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. *Sports Medicine*, 44(5), 603–623. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0145-2>
- Melchiorri, G., Padua, E., Padulo, J., D’Ottavio, S., Campagna, S., & Bonifazi, M. (2011). Throwing velocity and kinematics in elite male water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(4), 541–546.
- Michailidis, Y., Fatouros, I. G., Primpa, E., Michailidis, C., Avloniti, A., Chatzinikolaou, A., ... Kambas, A. (2013). Plyometrics’ Trainability in Preadolescent Soccer Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 38–49. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182541ec6>

- Michalsik, L., Aagaard, P., & Madsen, K. (2013). Locomotion characteristics and match-induced impairments in physical performance in male elite team handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 590–599.  
<http://doi.org/10.1055/s-0032-1329989>
- Miranda, F., Simao, R., Rhea, M., Bunker, D., Prestes, J., Leite, R. D., ... Novaes, J. (2011). Effects of linear vs. daily undulatory periodized resistance training on maximal and submaximal strength gains. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1824–1830. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e7ff75>
- Moss, S. L., McWhannell, N., Michalsik, L. B., & Twist, C. (2015). Anthropometric and physical performance characteristics of top-elite, elite and non-elite youth female team handball players. *Journal of Sports Sciences*, 33(17), 1780–1789.  
<http://doi.org/10.1080/02640414.2015.1012099>
- Moss, S. L., & Twist, C. (2015). Influence of different work and rest distributions on performance and fatigue during simulated team handball match play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2697–2707.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000959>
- Mraz, J. (1988). *Análisis del 6º campeonato del mundo junior de balonmano*. Santiago de Compostela: Escola Galega do Deporte.
- Mujika, I. (2016). Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, (Epub ahead of print), 1–25. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0403>
- Mullane, M. D., Maloney, S. J., Chavda, S., Williams, S., & Turner, A. N. (2015). Effects of concurrent activation potentiation on countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3311–3316.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001010>
- Naclerio Ayllón, F., Santos Leyva, J., & Pantoja García, D. (2004). Relación entre los parámetros de fuerza, potencia y velocidad, en jugadoras de softball. *Kronos*, (6), 13–20.
- Newsham, K., Keith, C., Saunders, J., & Goffinett, A. (1998). Isokinetic profile of baseball pitchers' internal/external rotation 180, 300, 450 s<sup>-1</sup>. *Medicine and*

*Science in Sports and Exercise*, 30(10), 1489–1495.

- Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning Journal*, 16(5), 20–31.
- Nikolaidis, P. T., & Ingebrigtsen, J. (2013). Physical and physiological characteristics of elite male handball players from teams with a different ranking. *Journal of Human Kinetics*, 38, 115–124. <http://doi.org/10.2478/hukin-2013-0051>
- Nissen, C. W., Westwell, M., Ounpuu, S., Patel, M., Solomito, M., & Tate, J. (2009). A biomechanical comparison of the fastball and curveball in adolescent baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 37, 1492–1498. <http://doi.org/10.1177/0363546509333264>
- Noguchi, T., Demura, S., Takahashi, K., Demura, G., & Mori, Y. (2014). Differences in muscle power between the dominant and nondominant upper limbs of baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 82–6. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182909112>
- Nuño, A., Chiroso, I. J., Van den Tillaar, R., Guisado, R., Martín, I., Martínez, I., & Chiroso, L. J. (2016). Effects of fatigue on throwing performance in experienced team handball players. *Journal of Human Kinetics*, 54, 103–113. <http://doi.org/10.1515/hukin-2016-0039>
- Oliver, G. D., & Keeley, D. W. (2010). Pelvis and torso kinematics and their relationship to shoulder kinematics in high-school baseball pitchers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3241–3246. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc22de>
- Owens, B. D., Campbell, S. E., & Cameron, K. L. (2013). Risk factors for posterior shoulder instability in young athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 41(11), 2645–2649. <http://doi.org/10.1177/0363546513501508>
- Palmer, T. G., Mattacola, C. G., Uhl, T. L., Hewett, T. E., Howell, D., & Viele, K. (2013). Effects of a sport specific training program on throwing velocity in softball and baseball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(5), 525–525.

- Párraga, J. A., Sánchez, A., & Oña, A. (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.
- Plummer, H. A., Gascon, S. S., & Oliver, G. D. (2016). Biomechanical comparison of three perceived effort set shots in team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (Epub ahead of print), 1.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001475>
- Povoas, S. C. A., Seabra, A. F. T., Ascensao, A. A. M. R., Magalhaes, J., Soares, J. M. C., & Rebelo, A. N. C. (2012). Physical and physiological demands of elite team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3365–3375.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248aeec>
- Prestes, J., Lima, C. De, Frollini, A. B., Donatto, F. F., & Conte, M. (2009). Comparison of linear and reverse linear periodization effects on maximal strength and body composition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 266–274. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874bf3>
- Raeder, C., Fernández-Fernández, J., & Ferrauti, A. (2015). Effects of six weeks of medicine ball training on throwing velocity, throwing precision, and isokinetic strength of shoulder rotators in female handball players: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1904–1914.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000847>
- Ramírez-Campillo, R., Burgos, C. H., Henríquez-Olguín, C., Andrade, D. C., Martínez, C., Álvarez, C., ... Izquierdo, M. (2015). Effect of unilateral, bilateral, and combined plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1317–28.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000762>
- Ramírez-Campillo, R., Gallardo, F., Henriquez-Olguín, C., Meylan, C. M. P., Martínez, C., Álvarez, C., ... Izquierdo, M. (2015). Effect of vertical, horizontal, and combined plyometric training on explosive, balance, and endurance performance of young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1784–1795. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000827>
- Ramos Veliz, R., Requena, B., Suárez-Arrones, L., Newton, R. U., & Sáez-Sáez de

- Villarreal, E. (2014). Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 1007–1014.  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000240>
- Real Federación Española de Balonmano. (2010). Reglas de Juego. Retrieved from [http://rfebm.net/upload/descargas/RFEBM\\_Reglamento\\_SALA.pdf](http://rfebm.net/upload/descargas/RFEBM_Reglamento_SALA.pdf)
- Rhea, M. R., Phillips, W. T., Burkett, L. N., Stone, W. J., Ball, S. D., Alvar, B. A., & Thomas, A. B. (2003). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 82–87.
- 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., Martínez, I., Grande, I., & Sampedro, J. (2011a). Precisión y velocidad de lanzamiento en función de la oposición y nivel competitivo en balonmano. *Kronos*, 10(2), 33–40.
- Rivilla-García, J., Martínez, I., Grande, I., & Sampedro, J. (2011b). Relation between general throwing tests with a medicine ball and specific tests to evaluate throwing velocity with and without opposition in handball. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 414–426.
- Rivilla-García, J., Martínez Martín, I., Navarro-Valdivielso, F., & Sampedro Molinuelo, J. (2011). Diferencias en la distancia de lanzamiento y velocidad de balón según el puesto específico en jugadores de balonmano sub-18. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 7(22), 12–23.
- Rivilla-García, J., Navarro Valdivielso, F., Grande Rodríguez, I., & Sampedro Molinero, J. (2012). Capacidad de lanzamiento en balonmano en función del puesto específico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 48(12), 699–714.
- Rivilla-García, J., Sampedro-Molinuelo, J., Navarro-Valdivielso, F., & Gómez-Ortíz,

- M. J. (2010). Influencia de la oposición en la velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano de élite, amateur y formación. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 6(18), 91–99.  
<http://doi.org/10.5232/ricyde2010.01806>
- Rojas, F. J., Gutiérrez-Dávila, M., Ortega, M., Campos, J., & Párraga, J. (2012). Biomechanical analysis of anticipation of elite and inexperienced goalkeepers to distance shots in handball. *Journal of Human Kinetics*, 34, 41–8.  
<http://doi.org/10.2478/v10078-012-0062-0>
- Rojas, F. J., Gutiérrez, M., Ortega, M., Párraga, J., & Campos, J. (2011). Intraindividual variability of the movement patterns in expert handball throwers. In *International Symposium on Biomechanics in Sports: Conference Proceedings* (Vol. 1). Porto, Portugal.
- Román, J. (1989). *Análisis de los VII campeonatos del mundo junior de balonmano, Galicia 1989*. Santiago de Compostela: Junta de Galicia, Secretaría Xeral para o Deporte,.
- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., & Bayios, I. A. (2014). Playing level and playing position differences of anthropometric and physical fitness characteristics in elite junior handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(5), 611–621.
- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2014). Ground reaction forces and throwing performance in elite and novice players in two types of handball shot. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 49–55.  
<http://doi.org/10.2478/hukin-2014-0006>
- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2015). 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), 41–6.
- Rowbottom, D. G. (2000). Periodization of training. In W. G. Garret & D. T. Kirkendall (Eds.), *Exercise and Sport Science* (pp. 499–514). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.



- Sachlikidis, A., & Salter, C. (2007). A biomechanical comparison of dominant and non-dominant arm throws for speed and accuracy. *Sports Biomechanics*, 6, 334–344. <http://doi.org/10.1080/14763140701491294>
- Saeterbakken, A. H., Van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing velocity in female handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 712–718.
- Saéz-Saez de Villarreal, E., Kellis, E., Kraemer, W. J., & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 495–506. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318196b7c6>
- Sáez-Sáez de Villarreal, E., Requena, B., & Newton, R. U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 513–522. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.005>
- Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., & González-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123–129. <http://doi.org/10.1055/s-0029-1242815>
- Schwesig, R., Hermassi, S., Wagner, H., Fischer, D., Fieseler, G., Molitor, T., & Delank, K.-S. (2016). Relationship between range of motion and isometric strength on elbow and shoulder joints and ball velocity in woman team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (Epub ahead of print), 1. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001450>
- Serrien, B., Clijsen, R., Blondeel, J., Goossens, M., & Baeyens, J.-P. (2015). Differences in ball speed and three-dimensional kinematics between male and female handball players during a standing throw with run-up. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 7, 27. <http://doi.org/10.1186/s13102-015-0021-x>
- Skoufas, D., Papadopoulou, S., Patikas, D., Zaggelidis, G., Skoufa, E., & Christodoulidis, T. (2008). The effect of arm and forearm loading on the throwing velocity of novice handball players: Influences during training and detraining. *Physical Training*, 11, 2.
- Skoufas, D., Stefanidis, P., Michailidis, C., Hatzikotoulas, K., Kotzamanidou, M., &

- Bassa, E. (2003). The effect of handball training with underweighted balls on the throwing velocity of novice handball players. *Journal of Human Movement Studies*, 44(2), 157–172.
- Slimani, M., Chamari, K., Miarka, B., Del Vecchio, F. B., & Chéour, F. (2016). Effects of plyometric training on physical fitness in team sport athletes: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 231–247. <http://doi.org/10.1515/hukin-2016-0026>
- Soriano, M. A., Jiménez-Reyes, P., Rhea, M. R., & Marín, P. J. (2015). The optimal load for maximal power production during lower-body resistance exercises: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(8), 1191–205. <http://doi.org/10.1007/s40279-015-0341-8>
- Stone, M. H., O’Bryant, H. S., McCoy, L., Coglianese, R., Lehmkuhl, M., & Schilling, B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 140–147.
- Stone, M. H., Potteiger, J. A., Pierce, K. C., Proulx, C. M., O’Bryant, H. S., Johnson, R. L., & Stone, M. E. (2000). Comparison of the effects of three different weight-training programs on the one repetition maximum squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 332–337.
- Szymanski, D. J. (2012). Effects of various resistance training methods on overhand throwing power athletes: a brief review. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 61–74. <http://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826dc3de>
- Szymanski, D. J., McIntyre, J. S., Szymanski, J. M., Bradford, T. J., Schade, R. L., Madsen, N. H., & Pascoe, D. D. (2007). Effect of torso rotational strength on angular hip, angular shoulder, and linear bat velocities of high school baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1117–1125. <http://doi.org/10.1519/00124278-200711000-00024>
- Szymanski, D. J., McIntyre, J. S., Szymanski, J. M., Molloy, J. M., Madsen, N. H., & Pascoe, D. D. (2006). Effect of wrist and forearm training on linear bat-end, center of percussion, and hand velocities and on time to ball contact of high school baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 231–240.

<http://doi.org/10.1519/R-17134.1>

Szymanski, D. J., Szymanski, J. M., Molloy, J. M., & Pascoe, D. D. (2004). Effect of 12 weeks of wrist and forearm training on high school baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(3), 432–440.

<http://doi.org/10.1519/13703.1>

Thiengo, C. R., Talamoni, G. A., Braga da Silva, R. N., Dos Santos Morceli, H., Porfírio, J. C., Dos-Santos, J. W., & Drigo, A. J. (2013). Efeito do modelo de periodização com cargas seletivas sobre capacidades motoras durante um mesociclo preparatório em jogadores de futsal. *Revista Brasileira de Ciências Do Esporte*, *35*(4), 1035–1050. <http://doi.org/10.1590/S0101-32892013000400015>

Timmann, D., Lee, P., Watts, S., & Hore, J. (2008). Kinematics of arm joint rotations in cerebellar and unskilled subjects associated with the inability to throw fast. *The Cerebellum*, *7*(3), 366–378. <http://doi.org/10.1007/s12311-008-0037-9>

Toumi, H., Best, T. M., Martin, A., & Poumarat, G. (2004). Muscle plasticity after weight and combined (weight + jump) training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(9), 1580–8.

Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo.

Urbín, M. A., Fleisig, G. S., Abebe, A., & Andrews, J. R. (2013). Associations between timing in the baseball pitch and shoulder kinetics, elbow kinetics, and ball speed. *The American Journal of Sports Medicine*, *41*(2), 336–342.

Van den Tillaar, R. (2003). *Effect of different constraints on coordination and performance in overarm throwing* (Tesis doctoral). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU Trondheim, Norway.

Van den Tillaar, R. (2004). Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(2), 388–396. <http://doi.org/10.1519/R-12792.1>

Van den Tillaar, R. (2005). The biomechanics of the elbow in overarm throwing sports. *International Sportmed Journal*, *6*(1), 7–24.

Van den Tillaar, R. (2016). Comparison of range of motion tests with throwing kinematics in elite team handball players. *Journal of Sports Sciences*, *34*(20),

- 1976–1982. <http://doi.org/10.1080/02640414.2016.1149601>
- Van den Tillaar, R., & Cabri, J. M. H. (2012). Gender differences in the kinematics and ball velocity of overarm throwing in elite team handball players. *Journal of Sports Sciences*, *30*(8), 807–813. <http://doi.org/10.1080/02640414.2012.671529>
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Influence of instruction on velocity and accuracy of overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*, *96*(2), 423–434.
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2004a). A force-velocity relationship and coordination patterns in overarm throwing. *Journal of Sports Science and Medicine*, *3*(4), 211–219.
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2004b). Effect of body size and gender in overarm throwing performance. *European Journal of Applied Physiology*, *91*(4), 413–418. <http://doi.org/10.1007/s00421-003-1019-8>
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2006). A comparison between novices and experts of the velocity-accuracy trade-off in overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*, *103*(2), 503–514. <http://doi.org/10.2466/pms.103.2.503-514>
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2007). A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. *Journal of Applied Biomechanics*, *23*(1), 12–19.
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2009a). A comparison of overarm throwing with the dominant and non-dominant arm in experienced team handball players. *Perceptual and Motor Skills*, *109*(1), 315–326. <http://doi.org/10.2466/pms.109.1.315-326>
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2009b). Is there a proximal-to-distal sequence in overarm throwing in team handball? *Journal of Sports Sciences*, *27*(9), 949–955. <http://doi.org/10.1080/02640410902960502>
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2011). A comparison of kinematics between overarm throwing with 20% underweight, regular, and 20% overweight balls. *Journal of Applied Biomechanics*, *27*(3), 252–257.
- Van den Tillaar, R., & Marques, M. C. (2011). A comparison of three training programs with the same workload on overhead throwing velocity with different weighted balls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(8), 2316–2321.

<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f159d6>

Van den Tillaar, R., & Marques, M. C. (2013a). Effect of different training workload on overhead throwing performance with different weighted balls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1196–1201.

<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318267a494>

Van den Tillaar, R., & Marques, M. C. (2013b). Reliability of seated and standing throwing velocity using differently weighted medicine balls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1234–1238.

<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182654a09>

Van den Tillaar, R., Zondag, A., & Cabri, J. (2013). Comparing performance and kinematics of throwing with a circular and whip-like wind up by experienced handball players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(6), 373–380. <http://doi.org/10.1111/sms.12091>

Van Muijen, A. E., Joris, H., Kemper, H. C. G., & Schenau, G. J. V. I. (1991).

Throwing practice with different ball weights : effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. *Sports Training, Medicine and Rehabilitation*, 2(2), 103–113.

Vescovi, J. D., Rupf, R., Brown, T. D., & Marques, M. C. (2011). Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12-21 years of age.

*Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(5), 670–678.

<http://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01081.x>

Vila, H., Ferragut, C., Alcaraz, P. E., Rodríguez, N., & Cruz Martínez, M. (2008).

Anthropometric and strength characteristics in young handball players by playing positions. *Archivos de Medicina Del Deporte*, XXV(125), 167–177.

Vila, H., Ferragut, C., Argudo, F. M., Abraldes, J. A., Rodríguez, N., & Alacid, F.

(2009). Relationship between anthropometric parameters and throwing velocity in water polo players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(1), 57–68.

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.

<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823b0a46>

Visnapuu, M., & Juerimae, T. (2009). Relations of anthropometric parameters with scores on basic and specific motor tasks in young handball players. *Perceptual and Motor Skills*, 108(3), 670–676.

Wagner, H., Buchecker, M., Von Duvillard, S., & Müller, E. (2010a). Kinematic comparison of team handball throwing with two different arm positions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 469–483.

Wagner, H., Buchecker, M., Von Duvillard, S., & Müller, E. (2010b). Kinematic description of elite vs. low level players in team-handball jump throw. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(1), 15–23.

Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & Von Duvillard, S. (2014). Individual and team performance in team-handball: a review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(4), 808–816.

Wagner, H., & Müller, E. (2008). The effects of differential and variable training on the quality parameters of a handball throw. *Sports Biomechanics*, 7, 54–71.  
<http://doi.org/10.1080/14763140701689822>

Wagner, H., Orwat, M., Hinz, M., Pfusterschmied, J., Bacharach, D. W., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2014). Testing game based performance in team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (Epub ahead of print).  
<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000580>

Wagner, H., Pfusterschmied, J., Klous, M., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2012). Movement variability and skill level of various throwing techniques. *Human Movement Science*, 31(1), 78–90. <http://doi.org/10.1016/j.humov.2011.05.005>

Wagner, H., Pfusterschmied, J., Tilp, M., Landlinger, J., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2014). Upper- body kinematics in team- handball throw, tennis serve, and volleyball spike. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(2), 345–354. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01503.x>

Wagner, H., Pfusterschmied, J., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *Journal of Sports*

“Métodos de Entrenamiento de diferentes manifestaciones de la Fuerza sobre Parámetros de Rendimiento en Balonmano”

*Science and Medicine*, 10(1), 73–80.

- Wagner, H., Pfusterschmied, J., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2012). Skill-dependent proximal-to-distal sequence in team-handball throwing. *Journal of Sports Sciences*, 30(1), 21–29. <http://doi.org/10.1080/02640414.2011.617773>
- Wallace, M. B., & Cardinale, M. (1997). Conditioning for team handball. *Strength and Conditioning Journal*, 19(6), 7–12.
- Werner, S. L., Suri, M., Guido, J. A., Meister, K., & Jones, D. G. (2008). Relationships between ball velocity and throwing mechanics in collegiate baseball pitchers. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 17(6), 905–908. <http://doi.org/10.1016/j.jse.2008.04.002>
- Williams, K. (1996). Environmental versus biological influences on gender differences in the overarm throw for force: dominant and nondominant arm throws. *Women in Sport & Physical Activity Journal*, 5(2), 29–40.
- Willoughby, D. S. (1993). The effects of mesocycle-length weight training programs involving periodization and partially equated volumes on upper and lower body strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(1), 2–8.
- Wirth, K., Hartmann, H., Sander, A., Mickel, C., Szilvas, E., & Keiner, M. (2016). The impact of back squat and leg-press exercises on maximal strength and speed-strength parameters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1205–1212. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001228>
- Wormgoor, S., Harden, L., & Mckinon, W. (2010). Anthropometric, biomechanical, and isokinetic strength predictors of ball release speed in high-performance cricket fast bowlers. *Journal of Sports Sciences*, 28(9), 957–965. <http://doi.org/10.1080/02640411003774537>
- Young, W. B., Wilson, G. J., & Byrne, C. (1999). A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance. *International Journal of Sports Medicine*, 20(5), 295–303.
- Yu, J.-H., & Lee, G.-C. (2013). Comparison of shoulder range of motion, strength, and endurance in amateur pitchers practicing repetitive overhead throwing. *Isokinetics and Exercise Science*, 21(2), 135–140.

- Zapartidis, I., Gouvali, M., Bayios, I., & Boudolos, K. (2007). Throwing effectiveness and rotational strength of the shoulder in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(2), 169–178.
- Zapartidis, I., Kororos, P., Christodoulidis, T., Skoufas, D., & Bayios, I. (2011). Profile of young handball players by playing position and determinants of ball throwing velocity. *Journal of Human Kinetics*, 27(1), 17–30.
- Zapartidis, I., Skoufas, D., Vareltzis, I., Christodoulidis, T., Toganidis, T., & Kororos, P. (2009). Factors influencing ball throwing velocity in young female handball players. *Open Sports Medicine Journal*, 3, 39–43.
- 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), 130–7.
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training* (2<sup>a</sup> Edición). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2009). Physical characteristics, physiological attributes, and on-court performances of handball players: A review. *European Journal of Sport Science*, 9(6), 375–386. <http://doi.org/10.1080/17461390903038470>
- Zourdos, M. C., Khamoui, A. V., Jo, E., Park, B.-S., Lee, S.-R., Panton, L. B., ... Kim, J.-S. (2012). Changes in maximal strength with two different models of daily undulating periodization in trained powerlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44, 86–86.



# Anexos



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

## 1 Anexo I

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Mediante este documento usted otorga su consentimiento para la inclusión de sus datos en la Tesis Doctoral “**MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO DE DIFERENTES MANIFESTACIONES DE LA FUERZA SOBRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO EN BALONMANO**” y nos autoriza a intervenir en los términos acordados. Antes de firmar este documento usted debe haber sido informado de forma verbal y por escrito sobre dicho estudio.

### CONSENTIMIENTO

Manifiesto que estoy conforme con mi inclusión en el estudio propuesto y que he recibido y comprendido en su totalidad la información dada sobre éste. Así mismo, se me ha informado sobre mi derecho a solicitar más información complementaria, a la confidencialidad de los datos obtenidos y a retirar mi consentimiento y participación en el momento que considere oportuno, sin obligación de justificar mi voluntad y sin que ello se derive en ninguna consecuencia adversa para mi persona. También manifiesto que mi participación es totalmente voluntaria.

Si requiere información adicional se puede poner en contacto con nuestro personal en el teléfono 696945008 o en el correo [daguilarmar@gmail.com](mailto:daguilarmar@gmail.com).

### DATOS DEL DEPORTISTA

D. \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_ jugador del Club \_\_\_\_\_ manifiesta su voluntad de participar en la Tesis Doctoral “Métodos de entrenamiento de diferentes manifestaciones de la fuerza sobre parámetros de rendimiento en balonmano” tras haber sido debidamente informado por D. Daniel Aguilar Martínez (investigador principal).

Firma

Fecha:

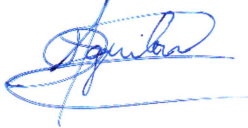


Refrendan y suscriben el compromiso anterior declarando que son fidedignos los datos consignados en este documento y se comprometen a actuar respetando la confidencialidad y la protección de datos junto con las normativas aplicables a la investigación biomédica.

Que firmamos a los efectos oportunos en Granada a 17 de Abril de 2017

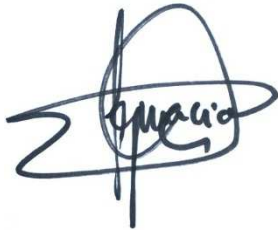
Alumno:

Fdo.: Daniel Aguilar Martínez



Tutor asistencial y docente:

Fdo.: Ignacio Jesús Chiroso Ríos



Tutor docente y asistencial:

Fdo.: Luis Javier Chiroso Ríos



Nota: el tutor docente puede ser el mismo que el asistencial o existir varios tutores, requiriéndose en ese caso una firma por cada uno de ellos.



### 3 Anexo III

#### HOJA DE INFORMACIÓN AL DEPORTISTA

##### TESIS: METODOS DE ENTRENAMIENTO DE DIFERENTES MANIFESTACIONES DE LA FUERZA SOBRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO EN BALONMANO

Estimado señor:

Este documento constituye su aceptación formal para colaborar de forma voluntaria en el siguiente proyecto de investigación. Además de ser, requisito indispensable para participar en él.

A continuación, se explicaran los tratamientos a los que el sujeto de estudio se someterá, con la intención de que pueda decidir libremente su incorporación al proyecto.

En el proyecto se llevarán a cabo durante una temporada completa de competición de su equipo:

Se llevarán a cabo toma de datos en tres momentos diferentes de la temporada, con intervalos de 8 semanas entre cada control. Se realizará un test y un postest en cada momento contando en todos los controles con valoraciones: antropométricas (TANITA TBF-300), curva de fuerza – velocidad de miembros superiores e inferiores (encoder lineal rotatorio TESYS 400 y software REAL POWER 2001 versión J 62), velocidad de lanzamiento (pistola radar Stalker), altura de salto vertical con contramovimiento (Ergojump), sin interferir en el transcurso habitual de las sesiones de entrenamiento técnico – táctico desarrolladas por el cuerpo técnico. A su vez, en cada momento de la temporada se llevará a cabo un entrenamiento con una metodología diferente, donde las sesiones se llevarán a cabo en la sala de musculación y bajo la supervisión y control del cuerpo técnico del Club.

Comprendido todo lo anterior:

Yo, D. \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ acepto participar en el estudio “Métodos de entrenamiento de diferentes manifestaciones de la fuerza sobre parámetros de rendimiento en

balonmano” que se llevará a cabo en la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada.

Si decido participar en dicho experimento, comprendo que durante el proceso deberé comprometerme a:

- 1. Asistir a las valoraciones planificadas.**
- 2. Permitir el uso de los datos recogidos en las evaluaciones del estudio para la elaboración de dicha investigación.**
- 3. No realizar ningún tipo de entrenamiento de fuerza que no esté indicado y/o supervisado por el cuerpo que pueda suponer una variable contaminante en el estudio.**
- 4. Indicar cualquier problema, o patología que sea relevante y que pueda afectar directamente a mi seguridad o desempeño tanto en las mediciones previas o posteriores.**

Por todo lo anterior hago constar, que he recibido información clara y concisa sobre la participación en este proyecto, habiéndose resuelto todas las dudas y preguntas que hayan surgido acerca del mismo.

Igualmente certifico que he sido informado de los siguientes puntos:

- 1. Comprendo que mi participación es voluntaria.**
- 2. Comprendo que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta de ninguna manera en mí.**
- 3. Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.**
- 4. Las muestras obtenidas en este estudio sólo serán utilizadas para los fines específicos del mismo.**

Granada, a            de            , del            .

Firma:

