



UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
Departamento de Enfermería

POTENCIACIÓN POST ACTIVACIÓN Y RENDIMIENTO EN
DEPORTES CON PREDOMINIO DE LA FUERZA EXPLOSIVA
ELÁSTICA – REFLEJA

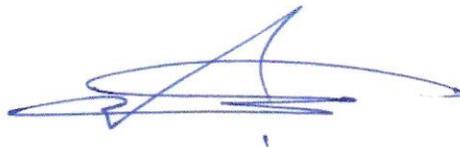
Memoria que presenta para aspirar al grado de Doctor
por la Universidad de Granada D. Álvaro Huerta Ojeda

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Álvaro Cristian Huerta Ojeda
ISBN: 978-84-9125-940-4
URI: <http://hdl.handle.net/10481/43902>

D. Rafael Guisado Barrilao
Doctor en Medicina
Universidad de Granada

CERTIFICA:

Que la presente Tesis Doctoral titulada “POTENCIACIÓN POST ACTIVACIÓN Y RENDIMIENTO EN DEPORTES CON PREDOMINIO DE LA FUERZA EXPLOSIVA ELÁSTICA – REFLEJA” ha sido realizada bajo mi dirección, por D. Álvaro Huerta Ojeda para optar al grado de Doctor en el Programa Oficial de Doctorado en Actividad Física y Salud. Concluida y reuniendo a mi juicio, las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizo a su presentación a fin de que pueda ser defendida ante el tribunal correspondiente. Y para que así conste, expide y firma este informe en Granada, a 13 de mayo de 2016.



Fdo.: Rafael Guisado Barrilao

D. Luis Javier Chiroso Ríos
Doctor en Ciencias de la Actividad Física y Deportes
Universidad de Granada

CERTIFICA:

Que la presente Tesis Doctoral titulada “POTENCIACIÓN POST ACTIVACIÓN Y RENDIMIENTO EN DEPORTES CON PREDOMINIO DE LA FUERZA EXPLOSIVA ELÁSTICA – REFLEJA” ha sido realizada bajo mi dirección, por D. Álvaro Huerta Ojeda para optar al grado de Doctor en el Programa Oficial de Doctorado en Actividad Física y Salud. Concluida y reuniendo a mi juicio, las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizo a su presentación a fin de que pueda ser defendida ante el tribunal correspondiente. Y para que así conste, expide y firma este informe en Granada, a 13 de mayo de 2016.



Fdo.: Luis Javier Chiroso Ríos

Garantía de Autoría

El doctorando Álvaro Cristian Huerta Ojeda y los directores de la tesis Luis Javier Chirosa Ríos y Rafael Guisado Barrilao, garantizamos al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores al ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

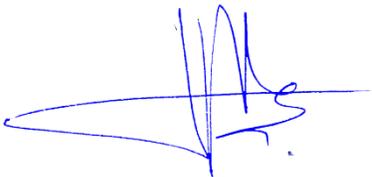
Granada 13 de mayo de 2016

Doctorando



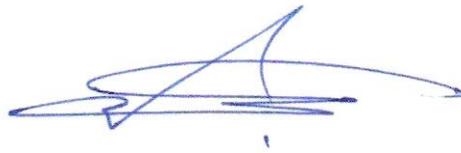
Fdo.: Álvaro Cristian Huerta Ojeda

Director de la Tesis



Fdo.: Luis Javier Chirosa Ríos

Director de la Tesis



Fdo.: Rafael Guisado Barrilao

“El genio se compone del dos por ciento de talento y del noventa y ocho por ciento de perseverante aplicación”

Ludwig van Beethoven

Agradecimientos

Sin dudas, este acápite es el estadístico descriptivo más difícil de desarrollar en este informe, ya que en él se deben describir todas aquellas personas que han permitido el desarrollo de esta Tesis Doctoral...

Cuando nació el sueño de optar al grado de Doctor, hubo dos personas que sin conocerme abrieron las puertas de la Universidad de Granada. Ese desinteresado acto de nobleza me ha permitido visualizar un mundo de investigación sin límites, donde cada persona determina hasta donde quiere avanzar y llegar. Completar los estudios de tercer ciclo en una Institución con 500 años de historia es algo que pocos podemos contar, junto a esto, relacionarme con profesionales altamente calificados me permitió realizar un gran avance en el área de la Actividad Física y el Deporte.

Ocupo estas líneas para agradecer al Doctor Rafael Guisado Barrilao. El Doctor Guisado creyó desde el principio en mis capacidades, aún sin conocerme depositó su confianza en un extranjero, entregando lo que él denominó "...trabajo e información actualizada y de calidad, este último elemento es difícil de conseguir en tu País...". Gracias Rafael por tu constante apoyo hacia mi persona y el proceso de investigación desarrollado.

La otra pieza fundamental para concretar esta importantísima etapa de formación profesional, fue el Doctor Luis Javier Chiroso Ríos. El Doctor Chiroso, Luja para los amigos, junto a su familia tienen como característica esencial conocer la idiosincrasia del pueblo chileno, reconociendo nuestras costumbres, modismos y gustos. Esto hace que uno se sienta "en casa" al llegar a la lejana Granada. Luja, gracias por tu confianza, por creer en mi trabajo, por alentarme en esos pasajes difíciles de la investigación, por recibirme en tu casa, por hacerme sentir como parte de tu familia y por considerarme tu amigo.

Sin lugar a dudas, somos seres que necesitamos a personas que en todo momento y sin condiciones nos apoyen, alienten y corrijan. Doy gracias por haber cruzado mi camino con Nancy, ella ha sido mi compañera en gran parte de este trabajo, siendo un gran pilar en los momentos bajos y altos... gracias "Negrita" por ser parte de este proyecto.

También, agradezco el apoyo y gran respaldo al Capitán de Corbeta Señor Jaime Rodenas Bustamante, Jefe del Departamento de Educación de la Escuela Naval "Arturo Prat" de Chile, quién abrió las puertas de la Institución para realizar el presente estudio con los Brigadieres y Cadetes Navales; a los subalternos que tuvieron una gran disposición en el desarrollo de la intervención, acá estuvieron presentes el Capitán de Corbeta Señor Luis Sarnataro Lillo, Jefe Área Físico – Deportiva de la Escuela Naval de Chile; al Decano de Educación Física Señor Nicolás Aguad Olivares, a los Profesores de Educación Física y Educación que fueron tangencialmente soporte en el desarrollo de la Investigación. Al equipo UDLA sede Viña del Mar, en especial a la Directora de Carrera Señorita Marianela Cataldo Guerra.

Durante el proceso doctoral fue fundamental la interrelación con profesionales expertos en las distintas áreas del conocimiento, es así como para dar un buen término a cada capítulo del presente informe, hubo ayudas fundamentales y desinteresadas. En relación a lo anterior, hago un especial agradecimiento a Marta Altamirano Villarreal, Pablo Cáceres Serrano, Sergio Galdames Maliqueo, Ximena Huerta Ojeda, Daniel Lobos Ojeda y George Folch King.

Se agradece al S2 IM Juan Silva, S2 IM Cristobal Inostroza, CB 2 IM Rafael Méndez, CB 2 IM Carlos Villa, CB 2 Patricio Salazar, CB 2 IM Garlan Carvajal, CB 2 IM Juan Barría, CB 2 IM Moises Abad, CB Luis Díaz, CB Alexis Castillo, ST Juan Almengor, GAMA Benjamín Ossa, GAMA Pablo Romero, GAMA Sebastián Fainé, Brigadier José Concha, Cadete Carlos Belmar, Jurgen Mrugalski, Sergio Villouta y Kyle Ludwig por el apoyo desinteresado en el presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	xiv
Publicaciones y Presentaciones de la Tesis Doctoral	xvi
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. El Pentatlón Militar como disciplina de alto rendimiento.....	3
1.1.1. Pruebas masculinas.....	5
1.1.2. Incentivos y premios	6
1.1.3. Mejores rendimientos deportivos de Chile en Campeonatos Internacionales	6
1.1.4. Estudios científicos del Pentatlón Militar	7
1.1.5. Pentatletas como sujetos de estudio	7
1.2. Fuerza Explosiva, formas de valoración y desarrollo.	8
1.2.1. Clasificación.....	9
Fuerza Activa	9
Fuerza-máxima.....	9
Fuerza-veloz	10
Fuerza-resistencia	10
Fuerza Reactiva	10
Elástica-Refleja.	11
Explosiva Elástica-Refleja	12
1.2.2. Métodos de desarrollo de la capacidad de fuerza.....	12
Método Búlgaro o de Contraste	12
Método Dinámico Excéntrico.	13
Pliometría.....	13
Isometría	14
Electroestimulación.....	14
Resistencia Variable.....	15
Íter-Sesión	15
Intra-Sesión	15
Intra-Repetición.....	16
Intra-Serie.....	17
1.3. Potenciación Post Activación.....	17
1.3.1. Fases de la PAP	18
1.3.2. Relación activación-recuperación en la PAP	19
1.3.3. Ciclo Contráctil	19
1.3.4. Fisiología de la PAP	20

1.3.5. Métodos de activación para conseguir PAP	21
1.3.6. Intensidad de activación para producir PAP	25
1.4. Efecto de la Resistencia Variable sobre la Potenciación Post Activación	26
1.4.1. Búsqueda bibliográfica.....	27
1.4.2. Criterios de inclusión y exclusión	29
1.4.3. Evaluación de la calidad metodológica	30
1.4.4. Cantidad de resultados disponibles	30
1.4.5. Resistencia Variable.....	31
Resistencia Variable Intra-Sesión.....	32
Resistencia Variable Intra-Serie	32
Resistencia Variable Intra-Repetición	33
 OBJETIVOS.....	 39
2.1. Planteamiento del problema	39
2.2. Objetivos.....	39
2.2.1. Objetivos Generales	39
2.2.2. Objetivos Específicos.....	40
Estudio I:.....	40
Estudio II:.....	40
Estudio III:	40
Estudio IV:.....	40
Estudio V:.....	41
 METODOLOGÍA.....	 42
3.1. Tratamiento.....	42
3.2. Valoración de indicadores sanguíneos de daño muscular	43
3.3. Diseño de experimentación	43
3.3.1. Diseños para Press Banca.....	43
3.3.2. Diseños para Sentadilla	45
3.4. Población del estudio.....	47
3.4.1. Muestra Estudio I y II:.....	49
3.4.2. Muestra Estudio III:.....	49
3.4.3. Muestra Estudio IV y V:	50
3.6. Procedimiento de evaluación.....	50
3.6.1. Caracterización de la muestra.....	51
3.6.2. Medición de RM y Potencias	51
3.6.2. Lanzamiento de Granada.....	51
3.6.2. Evaluación de 30 metros planos	53
3.6.3. Medición de Lactato.....	54
Medición de Lactato para estudios I, II y III	54
Medición de Lactato para estudios IV y V	54
3.6.4. Calentamientos estandarizados.....	54
Calentamientos estandarizados en estudios I, II y III	54
Calentamientos estandarizados en estudios IV y V	54

3.7. Programas de trabajo	55
3.7.1. Programa de trabajo Estudio I.....	55
3.7.2. Programa de trabajo Estudio II.....	56
3.7.3. Programa de trabajo Estudio III	60
3.7.4. Programa de trabajo Estudio IV	62
3.7.5. Programa de trabajo Estudio V	64
3.8. Análisis estadístico	67
3.8.1. Análisis estadístico en el Estudio I.....	67
3.8.2. Análisis estadístico en el Estudio II	68
3.8.3. Análisis estadístico en el Estudio III	68
3.8.4. Análisis estadístico en el Estudio IV	68
3.8.5. Análisis estadístico en el Estudio V	69
3.6. Limitantes de la Investigación.....	69
 RESULTADOS	 70
4.1. Resultados Estudio I.....	70
4.2. Resultados Estudio II.....	76
4.3. Resultados Estudio III	82
4.4. Resultados Estudio IV	93
4.5. Resultados Estudio V	100
 DISCUSIÓN.....	 106
Discusión Estudio I.....	106
Discusión Estudio II	109
Discusión Estudio III.....	111
Discusión Estudio IV.....	114
Discusión Estudio V	116
 CONCLUSIONES.....	 118
Conclusiones Generales.....	118
Aplicabilidad del Estudio	120
Futuras Investigaciones	121
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntaje para Pentatlón Militar ²	6
Tabla 2. Resumen de las publicaciones que abordan el tema de PAP.....	22
Tabla 3. Estrategia de búsqueda mediante selección y combinación de palabras clave.....	28
Tabla 4. Criterios de inclusión.	30
Tabla 5. Lista de artículos incluidos con puntuación según la escala NOS.	31
Tabla 6. Características de las publicaciones que relacionan Resistencia Variable y PAP.....	35
Tabla 7. Características de la muestra (media \pm DS) del Estudio I y II.	49
Tabla 8. Características de la muestra (media \pm DS) del Estudio III.	50
Tabla 9. Características de la muestra (media \pm DS) del Estudio IV y V.	50
Tabla 10. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS con Press Banca para la serie control y la cuatro series experimentales en el Estudio I.....	72
Tabla 11. Análisis Post hoc para D max, D pro y P pro posterior a la PAP a través de Press Banca en el Estudio I.	73
Tabla 12. Resultados (media \pm DS) de los indicadores sanguíneos de daño muscular antes y después de la aplicación de dos métodos de RVIS a través de Press Banca para Estudio II.	77
Tabla 13. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Press Banca para la serie control y las cuatro series experimentales en el Estudio II.....	80
Tabla 14. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Press Banca para la serie control y las cuatro series experimentales en el GP.	84
Tabla 15. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Press Banca para la serie control y las cuatro series experimentales en el GA.....	85
Tabla 16. Análisis Post hoc para el GP y el GA posterior a la PAP a través de Press Banca en el Estudio III.....	86
Tabla 17. Comparación entre el GP y GA para todas las variables de estudio antes y después de la aplicación del tratamiento de RVIS a través de Press Banca en el Estudio III.	87
Tabla 18. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Sentadilla para la serie control y las cuatro series experimentales en el Estudio IV.....	95
Tabla 19. Análisis Post hoc para t pro, t min y [La] posterior a la PAP a través de Sentadilla en el Estudio IV.	96
Tabla 20. Resultados (media \pm DS) de los indicadores sanguíneos de daño muscular antes y después de la aplicación de dos métodos de RVIS a través de Sentadilla para Estudio V.	100
Tabla 21. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Sentadilla para la serie control y las cuatro series experimentales en el Estudio V.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de la capacidad de fuerza (tomado de García Manso, 2002) ¹²	9
Figura 2. Modelo de tres elementos presentado por Hill (tomado de Gutiérrez, 1999) ²⁷	11
Figura 2. Fases de Potenciación Post Activación (tomado de Sale, 2002) ⁴⁸	18
Figura 3. Coexistencia entre estímulo y recuperación para conseguir PAP (tomado de Sale, 2002) ⁴⁸	19
Figura 4. Estructura del Filamento Grueso (tomado de Guyton, 2011) ⁵⁵	20
Figura 5. Reclutamiento de los diferentes tipos de fibras musculares según la intensidad de la fuerza de contracción muscular (tomado de López-Chicharro, 2010) ⁶⁸	26
Figura 6. Identificación de estudios en la revisión sistemática.....	29
Figura 7. Diseño Cross Over Intra Sujeto para Press Banca.....	44
Figura 8. Diseño Cross Over Intra Sujeto para medir indicadores sanguíneos de daño muscular en Press Banca.....	45
Figura 9. Diseño Cross Over Intra Sujeto para Sentadilla.....	46
Figura 10. Diseño Cross Over Intra Sujeto para medir indicadores sanguíneos de daño muscular en Sentadilla.....	47
Figura 11. Granada para varones (575 gm) usada para los Estudios I, II y III.....	52
Figura 12. Plataforma de lanzamiento usada para los Estudios I, II y III.....	52
Figura 13. Secuencia de repeticiones de 30 m planos en los Estudios IV y V.....	53
Figura 14. Diseño Experimental de RVIS a través de Press Banca para Estudio I.....	55
Figura 15. Diseño de sesión experimental de RVIS a través de Press Banca para Estudio I.....	56
Figura 16. Diseño Experimental de RVIS a través de Press Banca para Estudio II.....	58
Figura 17. Diseño de sesión Experimental 1 (E1) de RVIS a través de Press Banca para Estudio II.	59
Figura 18. Diseño de sesión Experimental 2 (E2) de RVIS a través de Press Banca para Estudio II.	59
Figura 19. Diseño Experimental de RVIS a través de Press Banca para el Estudio III.....	61
Figura 20. Diseño de sesión experimental de RVIS a través de Press Banca para el Estudio III. ...	62
Figura 21. Diseño Experimental de RVIS a través de Sentadilla para el Estudio IV.....	63
Figura 22. Diseño de sesión experimental de RVIS a través de Sentadilla para Estudio IV.....	63
Figura 23. Diseño Experimental de RVIS a través de Sentadilla para Estudio V.....	65
Figura 24. Diseño de sesión Experimental 1 (E1) de RVIS a través de Sentadilla para Estudio V.....	66
Figura 25. Diseño de sesión Experimental 2 (E2) de RVIS a través de Sentadilla para Estudio V.....	66
Figura 26. Delta de velocidad máxima entre la serie control y las 4 series experimentales.....	74
Figura 27. Delta de velocidad promedio entre la serie control y las 4 series experimentales.....	74

Figura 28. Delta de distancia de la velocidad máxima entre la serie control y las 4 series experimentales.....	74
Figura 29. Delta de distancia máxima entre la serie control y las 4 series experimentales.....	75
Figura 30. Delta de distancia promedio entre la serie control y las 4 series experimentales.....	75
Figura 31. Delta de [La] entre la serie control y las 4 series experimentales.....	75
Figura 32. Delta de potencia promedio entre la serie control y las 4 series experimentales.....	76
Figura 33. Delta de potencia máxima entre la serie control y las 4 series experimentales.....	76
Figura 34a. [CK-MB] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.....	78
Figura 34b. Delta de CK-MB entre línea de base y los dos métodos experimentales de RVIS.....	78
Figura 35a. [CK-Total] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.....	78
Figura 35b. Delta de CK-Total entre línea de base y los dos métodos experimentales de RVIS.....	78
Figura 36a. [Cortisol] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.....	79
Figura 36b. Delta de Cortisol entre línea de base y los dos métodos experimentales de RVIS.....	79
Figura 37a. Delta de [La] E1.....	81
Figura 37b. Delta de [La] E2.....	81
Figura 38a. Delta de distancia máxima E1.....	81
Figura 38b. Delta de distancia máxima E2.....	81
Figura 39a. Delta de distancia promedio E1.....	82
Figura 39b. Delta de distancia promedio E2.....	82
Figura 40a. Delta de velocidad máxima en grupo profesional.....	88
Figura 40b. Delta de velocidad máxima en grupo aficionado.....	88
Figura 41. Velocidad máxima en grupo profesional y aficionado.....	88
Figura 42a. Delta de velocidad promedio en grupo profesional.....	89
Figura 42b. Delta de velocidad promedio en grupo aficionado.....	89
Figura 43. Velocidad promedio en grupo profesional y aficionado.....	89
Figura 44a. Delta de distancia de la velocidad máxima en grupo profesional.....	90
Figura 44b. Delta de distancia de la velocidad máxima en grupo aficionado.....	90
Figura 45. Distancia de la velocidad máxima en grupo profesional y aficionado.....	90
Figura 46a. Delta de distancia máxima en grupo profesional.....	91
Figura 46b. Delta de distancia máxima en grupo aficionado.....	91
Figura 47. Distancia máxima en grupo profesional y aficionado.....	91
Figura 48a. Delta de distancia promedio en grupo profesional.....	92
Figura 48b. Delta de distancia promedio en grupo aficionado.....	92
Figura 49. Distancia promedio en grupo profesional y aficionado.....	92
Figura 50a. Delta de concentraciones de Lactato en grupo profesional.....	93

Figura 50b. Delta de concentraciones de Lactato en grupo aficionado.	93
Figura 51. Concentraciones de Lactato en grupo profesional y aficionado.	93
Figura 52. Delta de tiempo mínimo en 10 m entre serie control y 4 series experimentales.....	97
Figura 53. Delta de tiempo promedio en 10 m entre serie control y 4 series experimentales.....	97
Figura 54. Delta de tiempo mínimo en 20 m entre serie control y 4 series experimentales.....	97
Figura 55. Delta de tiempo promedio en 20 m entre serie control y 4 series experimentales.....	98
Figura 56. Delta de tiempo mínimo en 30 m entre serie control y 4 series experimentales.....	98
Figura 57. Delta de tiempo promedio en 30 m entre serie control y 4 series experimentales.....	98
Figura 58. Delta de [La] entre serie control y 4 series experimentales.	99
Figura 59. Delta de potencias promedio entre serie control y 4 series experimentales.....	99
Figura 60. Delta de potencias máximas entre serie control y 4 series experimentales.	99
Figura 61a. [CK-MB] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.	101
Figura 61b. Delta de CK-MB entre línea de base y los dos tratamientos experimentales de RVIS.	101
Figura 62a. [CK-Total] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.....	101
Figura 62b. Delta de CK-Total entre línea de base y los dos tratamientos experimentales de RVIS.	101
Figura 63a. [Cortisol] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.	101
Figura 63b. Delta de Cortisol entre línea de base y los dos métodos experimentales de RVIS.....	101
Figura 64a. Delta de [La] E1.....	104
Figura 64b. Delta de [La] E2.	104
Figura 65a. Delta de tiempo mínimo E1.....	104
Figura 65b. Delta de tiempo mínimo E2.....	105
Figura 66a. Delta de tiempo promedio E1.....	105
Figura 66b. Delta de tiempo promedio E2.....	105

LISTADO DE ABREVIATURAS

Abalakov	AB
Adenosín Trifosfato	ATP
Centímetro(s)	cm
Counter Move Jump	CMJ
Coefficiente de Variación	CV
Concentraciones de Lactato	[La]
Consejo Internacional del Deporte Militar	CISM
Consumo Máximo de Oxígeno	VO ₂ máx.
Contracción Máxima Isométrica	CMI
Creatín Kinasa	CK
Creatín Kinasa Metabólica	CK-MB
Creatin Kinasa Total	CK-Total
Decilitro(s)	dL
Delta	Δ
Distancia de la Velocidad Máxima	D vel max
Distancia Máxima	D max
Distancia Promedio	D pro
Drop Jump	DJ
Entrenamiento de Alta Intensidad	HIT
Giga Herz	GHz
Gramo(s)	g
Grupo Aficionado	GA
Grupo Profesional	GP
Hora(s)	h
Índice de Correlación	IC
Índice de Masa Corporal	IMC
Kilogramo(s)	Kg
Kilogramos por metros cuadrados	Kg/m ²
Kilómetros por hora	Km/h
Kolmogorov-Smirnov	K-S
Lanzamiento 1	L1
Lanzamiento 2	L2
Lanzamiento 3	L3
Litro(s)	L
Mega Herz	MHz
Metro(s)	m
Metros por segundo	m/s
Micro Gramo(s)	μg
Micro Litro(s)	μL

Milímetros Cuadrados	mm ²
Milimoles	mmol
Minuto(s)	min
Peso Corporal	PC
Fosfato inorgánico	Pi
Por ciento	%
Potenciación Post Activación	PAP
Potencias Máximas	P max
Potencias Promedio	P pro
Repeated Sprint Ability	RSA
Repetición 1	R1
Repetición 2	R2
Repetición 3	R3
Repetición Máxima	RM
Resistencia Variable	RV
Resistencia Variable Intra-Serie	RVIS
Segundo(s)	s
Squat Jump	SJ
Special Judo Fitness Test	SJFT
Tamaño del Efecto	TE
Tiempo Promedio en 30 metros	t pro
Tiempo Mínimo en 30 metros	t min
Una Repetición Máxima	1RM
Unidades por Litro	UL
Velocidad Máxima	V max
Velocidad Promedio	V pro
Watt(s)	W

Publicaciones y Presentaciones de la Tesis Doctoral

De la presente Tesis Doctoral se desprenden los siguientes logros:

Publicaciones

Artículos Publicados

- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Cáceres P. Acute effect of a Complex Training protocol of back squats on 30-m sprint times of elite male military athletes. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(3):___-___.

Artículos Aceptados

- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Chiroso I, Cáceres P. Effect of two Complex Training protocols of back squats in blood indicators of muscular damage in military athletes. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(5):___-___.
- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Chiroso I, Cáceres P. Efecto agudo de un programa de Complex Training sobre la velocidad del lanzamiento de la granada en pentatletas militares. *Arch Med Deporte.* In Press.

Artículos en Revisión

- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Chiroso I, Huerta X. Comportamiento del Cortisol, CK y Lactato una sesión de resistencia variable. *Rev Bras Med Esporte.* In Review.
- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Chiroso I. Efecto agudo de Complex Training sobre la distancia del lanzamiento de la granada en pentatletas militares profesionales y aficionados. *Apunts Med Esport.* In Review.
- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Chiroso I. Efecto de la Resistencia Variable sobre la Potenciación Post Activación: una revisión sistemática. *Arch Med Deporte.* In Review.

- Huerta A. Evolución del Pentatlón Militar como disciplina de alto rendimiento. *Revista Marina*. In Review.

Comunicaciones en seminarios y congresos

- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Huerta X, Chiroso I, Galdames S, Campos C. Efecto agudo de un programa de Resistencia Variable Intra-Serie sobre la velocidad, distancia y la fatiga en pentatletas militares. II Seminario de Fisiología del Ejercicio y Entrenamiento Deportivo. Viña del Mar, Chile, 21 de noviembre de 2014.
- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Huerta X. Potenciación Post Activación, Aplicaciones prácticas al Entrenamiento. 60° Congreso de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte. Santiago, Chile, 05 de agosto de 2015.
- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Cáceres P. Potenciación Post Activación, Aplicaciones prácticas al Entrenamiento. Segunda Jornada de Actualización en Educación Física para la Salud y el Deporte. Valparaíso, Chile, 16 de septiembre de 2015.
- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Cáceres P. Potenciación Post Activación y Fuerza Explosiva. Primer Seminario de Fisiología y Entrenamiento Deportivo. Viña del Mar, Chile, 20 de octubre de 2015.
- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Huerta X. Comportamiento del Cortisol, CK y Lactato una sesión de Complex Training. III Congreso Nacional en Educación Física Universidad Autónoma de Chile. Temuco, Chile, 12 de noviembre de 2015.
- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Cáceres P. Efecto agudo de Complex Training sobre la distancia del lanzamiento de la granada en pentatletas militares profesionales y aficionados. III Congreso Nacional en Educación Física Universidad Autónoma de Chile. Temuco, Chile, 12 de noviembre de 2015.

- Huerta A, Chiroso L, Guisado R, Cáceres P. Efecto agudo de un Complex Training en Sentadilla sobre el tiempo en 30 metros planos y los índices de fatiga en atletas militares. III Congreso Nacional en Educación Física Universidad Autónoma de Chile. Temuco, Chile, 13 de noviembre de 2015.

RESUMEN

El enfoque de la presente tesis doctoral se debe entender desde el punto de vista de la cuantificación y estimulación de la fuerza explosiva elástica-refleja, esta capacidad física está presente en la mayoría de los deportes y, por lo tanto, se deben seguir buscando nuevas y mejores formas de estimulación y desarrollo. **Objetivo:** El objetivo principal de esta tesis fue determinar el efecto agudo de programas de Resistencia Variable Intra-Serie (RVIS) en la fuerza explosiva. Como segundo objetivo, se planteó determinar las variaciones en los indicadores sanguíneos de daño muscular posterior a la aplicación de programas de RVIS. Mientras que el tercer objetivo, fue comparar el efecto agudo de programas de RVIS en deportistas profesionales y aficionados. **Método:** *Participantes:* 10 pentatletas militares profesionales y 9 pentatletas militares aficionados pertenecientes a las Fuerzas Armadas y de Orden chilena fueron parte de los estudios. *Diseño:* Los cinco estudios de esta tesis tuvieron un diseño cuasi experimental cross-over intra sujeto. *Protocolos aplicados:* Los protocolos de RVIS utilizados fueron dos: el primero de ellos, con cargas livianas más cargas pesadas (5 x 30 % de 1RM + 4 x 60 % de 1RM) tanto para los miembros superiores como inferiores a través de Press Banca y Sentadilla respectivamente. Mientras que el segundo protocolo, ocupó cargas pesadas más cargas livianas (4 x 60 % de 1RM + 5 x 30 % de 1RM) tanto para los miembros superiores como inferiores a través de Press Banca y Sentadilla respectivamente. *Análisis:* Para los análisis de datos se utilizó una *ANOVA de medias repetidas*, mientras que el tamaño del efecto se calculó a través de la prueba *Eta Cuadrado Parcial*. **Resultados:** Al finalizar el Estudio I, se observó un incremento los niveles de fuerza explosiva elástica-refleja en los miembros superiores a través de ejercicios de Press Banca sólo para el grupo profesional. Al término del Estudio II, se evidenció que no existieron alteraciones en los indicadores sanguíneos de fatiga y daño muscular posterior a la aplicación de protocolos en base a RVIS en Press Banca. Al concluir el Estudio III, se comprobó que los sujetos con bajo nivel de entrenamiento no consiguen potenciar la musculatura al ser estimulados con las mismas cargas de entrenamiento que los sujetos altamente entrenados. Al finalizar el Estudio IV, se observó un incremento en los niveles de fuerza explosiva elástica-refleja en los miembros inferiores a través de ejercicios de Sentadilla, manifestados en el test de 30 m planos. Al concluir el Estudio V, se evidenció que no existen alteraciones en el

principal indicador sanguíneo de daño muscular (Cortisol) posterior a la aplicación de protocolos en base a RVIS en Sentadilla. **Conclusiones:** Al término de los estudios se concluye que la estimulación a través de RVIS genera PAP en la musculatura ejercitada. Esa PAP se evidencia en el aumento de la fuerza explosiva elástica-refleja, y por consiguiente el aumento del rendimiento deportivo sin provocar alteraciones orgánicas dañinas en los sujetos de estudio. Por último, el principal hallazgo de esta investigación fue el desarrollo de una nueva metodología de entrenamiento en base a RVIS.

PALABRAS CLAVE: Resistencia Variable, Potenciación Post Activación, Rendimiento Deportivo, Pentatlón Militar.

Nota para el lector: Las referencias bibliográficas presentadas en esta Tesis Doctoral han seguido las normas AMA 10ª edición.

INTRODUCCIÓN.

1.1. El Pentatlón Militar como disciplina de alto rendimiento

Posterior a la Segunda Guerra Mundial (1946), un oficial francés, el Capitán Henri Debrus propuso a los altos mandos militares la idea de organizar una competición deportiva de uso exclusivo para el Ejército. Su atención se dirigió a una técnica de entrenamiento físico militar practicada por unidades aerotransportadas de los Países Bajos (paracaidistas, comandos, buzos y patrulleros). La técnica de entrenamiento consistía en saltar en las zonas de lanzamiento, correr por una ruta señalizada de 20 kilómetros, donde enfrentaban situaciones adversas como obstáculos, cruces de ríos, acciones de combate con tiro real y, finalmente, la realización de operaciones de combate con armas pequeñas y lanzamiento de granadas. El Capitán Debrus, teniendo el método holandés como una guía, eliminó el salto en paracaídas y modificó las otras pruebas con el propósito de formar un sistema que constituiría una forma ideal de completar el entrenamiento en tierra¹.

La primera competición organizada tuvo lugar en el “Centro de Entrenamiento Físico Militar” en Friburgo, zona de ocupación francesa en Alemania. El campeonato se realizó en agosto de 1947, con la participación de equipos belgas, franceses y holandeses. Las regulaciones mejoradas, como resultado de este torneo, fueron aprobadas por las autoridades militares francesas, mientras que las disciplinas incluidas en la competencia fueron adoptadas bajo el nombre de *Pentatlón Militar*.

El Consejo Internacional del Deporte Militar (CISM), se interesó en este proyecto y se dedicó a la creación y organización de un campeonato internacional anual. Después de su modesto comienzo en 1950, cuando sólo tres naciones participaron en el campeonato, el Pentatlón Militar se ha convertido en una de las competiciones militares más importantes de CISM, realizándose una cita mundial cada año con una gran participación de países¹. También es importante mencionar, que el Campeonato Mundial CISM sólo se ha cancelado tres veces desde 1950, debido principalmente a la alta tensión política o la guerra en la región organizadora.

Una incorporación importante fue la que se produjo en 1988, en ese año las Naciones Escandinavas aprobaron las primeras reglas para competidoras femeninas, participando en el Campeonato Nórdico de Pentatlón Militar. Desde el Mundial de 1991 en Oslo, Noruega, las competidoras femeninas han estado presentes, adaptando sólo algunas normas anteriormente aplicadas a los hombres².

Luego de la abolición de la asociación deportiva del Pacto de Varsovia y de la adhesión de los países del Antiguo Bloque del Este al CISM, el Pentatlón Militar tuvo un nuevo impulso evidenciado en la creación de los campeonatos continentales en Europa (el primer Campeonato Europeo fue realizado en 1992 en la ciudad de Munich, Alemania). Sumado a lo anterior, en 1993 con ocasión de la segunda Eurocopa CISM desarrollada en Wiener Neustadt, Austria, una nueva prueba de Pentatlón Militar fue incorporada, ésta fue la prueba de relevos en la Cancha con Obstáculos. A partir de 1995, la prueba de relevos ha sido parte del programa del Campeonato del Mundo CISM.

Durante la última década, el Pentatlón Militar se ha ampliado notablemente y cada año una serie de competiciones se organizan en todo el mundo, con énfasis principal en Europa. Sin embargo, la cita deportiva más importante es el Campeonato del Mundo, acá la cantidad de países participantes ha aumentado progresivamente, es así como en la última cita mundial realizada en Mungyeong, Corea del Sur, 26 naciones enviaron a sus equipos representativos. Durante la última década China y Brasil han dominado los campeonatos del mundo en hombres, mientras que las mujeres más exitosas provienen de los equipos de China, Dinamarca y recientemente de la República Popular de Corea.

Cada 4 años el CISM organiza los Juegos Mundiales Militares. El último de estos encuentros deportivos correspondió a los VI Juegos Mundiales Militares 2015 realizados en la ciudad de Mungyeong, Corea del Sur. En esta cita mundial participaron 24 deportes, dentro de éstos el Pentatlón Militar es la disciplina deportiva más representativa de las fuerza armadas, ya que expone todas las habilidades y destrezas que debe tener un soldado en combate.

El Pentatlón Militar ha trascendido más allá de las instituciones castrenses, este deporte también se ha relacionado con el deporte civil. Es así como varios países nórdicos y de Europa central han adoptado el Pentatlón Militar organizando competencias para civiles. Tal fue el impacto del Pentatlón Militar, que en 1997 fue agregado como un deporte de exhibición en los Juegos Mundiales Civiles en Lahti, Finlandia.

1.1.1. Pruebas masculinas

Es este deporte, se compite en las siguientes pruebas:

- Tiro con el rifle estándar (200 metros y/o 300 metros): esta prueba se divide en dos partes. En la primera, *tiro lento o precisión*, se disparan 10 proyectiles en 10 minutos; en la segunda, *tiro rápido*, se disparan 10 proyectiles en un minuto. En ambos casos, la prueba se realiza en la posición de tendido y al acertar sólo dianas en el blanco se puede obtener un total máximo de 1.150 puntos pentatlón.
- Carrera con obstáculos (500 metros con 20 obstáculos): es un ejercicio físico que consiste en vencer una serie de obstáculos. Esta prueba tiene un formato de carrera, es decir, se debe completar el recorrido en el menor tiempo posible. El recorrido exige correr, arrastrarse por el suelo, saltar, trepar, colgarse y mantenerse en equilibrio sobre objetos delgados³.
- Natación con obstáculos (50 metros con 4 obstáculos): en esta prueba se debe cruzar nadando una piscina de 50 metros que posee cuatro obstáculos, también tiene un formato de carrera, es decir, se debe completar el recorrido en el menor tiempo posible. Para obtener 1.000 puntos pentatlón, cada deportista debe registrar 31.5 segundos, variando en ± 24 puntos por segundo que baje o suba.
- Lanzamiento de la Granada: esta prueba se divide en dos etapas: la primera, *lanzamiento de precisión*, consiste en lanzar 16 granadas en tres minutos a cuatro aros ubicados en el piso a una distancia de 20, 25, 30 y 35 metros respectivamente. En la segunda, *lanzamiento de distancia*, se lanzan 3 granadas en 1 minuto 30 segundos. El puntaje final de la prueba se obtiene sumando los puntos de la etapa de precisión y de distancia. Para obtener 1.000 puntos pentatlón, se deben sumar 170 puntos entre ambas etapas.

- Cross Country (8 Km para los competidores masculinos): el objetivo es probar la capacidad aeróbica de los deportistas. Esta prueba tiene un formato de carrera, es decir, se debe completar el recorrido de 8 Km en el menor tiempo posible. Para obtener 1.000 puntos pentatlón, los corredores deber realizar los 8 Km en 28 minutos.

1.1.2. Incentivos y premios

En relación a la premiación, ésta se realiza por prueba individual, puntaje general individual (sumando las cinco pruebas), y puntaje general por equipo (suman puntaje los cuatro primeros de cada equipo).

Para determinar los puntajes existe una tabla de puntuación para varones (Tabla 1).

Tabla 1. Puntaje para Pentatlón Militar².

Prueba	Tiro a 200 m	Tiro a 300 m	Carrera de Obstáculos	Natación de Obstáculos	Lanzamiento de la Granada	Cross Country 8 Km
Rendimiento base (=1000 puntos)	180 puntos tiro	170 puntos tiro	2 min 40.0 s	31.5 s	170 puntos granada	28 min 00.0 s
Incremento del rendimiento	para ± 1 puntos tiro	para ± 1 puntos tiro	para ± 1 s	para ± 1 s	para ± 1 puntos granada	para ± 1 s
Incremento de puntos Pentatlón	± 7 Puntos Pentatlón	± 5 Puntos Pentatlón	± 5 Puntos Pentatlón	± 24 Puntos Pentatlón	± 4 Puntos Pentatlón	± 1 Puntos Pentatlón

1.1.3. Mejores rendimientos deportivos de Chile en Campeonatos Internacionales

A nivel sudamericano, Chile ha logrado el segundo lugar por equipo los años 1998 y 2002 en Lima, Perú y Buenos Aires, Argentina respectivamente. En el año 1998, el cabo primero de la Fuerza Aérea, Juan Medina Huentupil, obtuvo el segundo lugar individual logrando 5.406,4 puntos (actual récord nacional).

A nivel mundial, el cabo primero de la Fuerza Aérea, Juan Medina Huentupil, obtuvo el primer lugar en Cross Country en el Campeonato Mundial Militar en Brasil 1994, y luego

en la misma modalidad, repite el primer lugar en los Segundos Juegos Mundiales Militares en Croacia 1999.

En el año 2004, en el campeonato mundial realizado en Chile, se obtuvo el 4° lugar en la modalidad de relevos (Cancha de Obstáculos) entre 27 países. En este evento nuestro país obtuvo el récord nacional por equipo con 21.147,1 puntos.

En el 61° Campeonato Mundial de Pentatlón Militar realizado en Corea del Sur el año 2014, Chile obtuvo el 4° lugar por equipos en la modalidad de Cross Country entre 24 países⁴, mientras que en la última cita mundial (2015), 26 países presentaron equipo completo (06 integrantes por equipo) y Chile ocupó el 6° puesto por equipo.

1.1.4. Estudios científicos del Pentatlón Militar

Pese al creciente desarrollo que ha tenido este deporte, son muy escasos los estudios científicos publicados en donde se haya trabajado con pentatletas militares en cada una de las pruebas que conforma este deporte⁵. No obstante, existen algunos artículos que describen morfológicamente a militares⁶, y dentro de estos estudios encontramos a pentatletas militares.

1.1.5. Pentatletas como sujetos de estudio

Trabajar con muestras provenientes de las Fuerzas Armadas genera algunas ventajas metodológicas, ya que se pueden controlar diversas variables. En este sentido, existen varias publicaciones con muestras militares, pero estos estudios no trabajaron sobre las pruebas del Pentatlón Militar, más bien buscaron el desarrollo de capacidades físicas y/o algunas otras variables⁷.

Debido al creciente profesionalismo del Pentatlón Militar como deporte de alto rendimiento, en las últimas décadas las Instituciones Castrenses han incorporado a profesionales de la Educación Física para ayudar en la preparación física y destrezas específicas de los soldados que compiten en este deporte. Consecuencia de lo anterior, se

han generado avances en la evaluación, control y programación de cargas de entrenamiento en las distintas pruebas. En estudios no publicados, se ha evidenciado en base a mediciones de Lactato, Consumo Máximo de Oxígeno e indicadores de daño muscular⁸, las vías energéticas predominantes en cada prueba. Es así como en el Tiro con Rifle predomina el sistema aeróbico y el componente psicológico, pero el control del estrés es fundamental para un buen rendimiento. En la Cancha de Obstáculos predomina el sistema glucolítico (se han medido sobre 21 mmol/L como Lactatos máximos en sangre capilar)⁸. En la Natación con Obstáculos el sistema ATP-PC es el más utilizado. En el Lanzamiento de la Granada también el sistema ATP-PC es el principal responsable de la contracción muscular, sin embargo el control del estrés en la fase de precisión también es importante. Por último, en el Cross Country de 8 Km predomina el Consumo Máximo de Oxígeno.

En la revisión realizada se encontraron varios estudios enfocados en lanzamientos⁹⁻¹¹, pero ninguno con aplicaciones prácticas reales relacionadas con las características propias del deporte. Consecuencia de lo anterior, en el presente estudio se trabajó con la prueba del Lanzamiento de la Granada. La idea principal de los autores fue encontrar métodos de entrenamiento físico apropiados y aplicables a las exigencias específicas de esta prueba, para lo cual se consideraron las siguientes características: vía energética predominante, características individuales de los sujetos (niveles de fuerza y potencia), lugar físico de entrenamiento y competición.

1.2. Fuerza Explosiva, formas de valoración y desarrollo.

Para la mejor comprensión de este apartado, se abordará el concepto “Fuerza”, con perspectivas que van desde la clasificación de fuerza y de potencia, diferenciado las distintas dimensiones de cada capacidad física. Además, se realizará una revisión de los métodos de entrenamiento más utilizados para mejorar dicha cualidad física.

1.2.1. Clasificación

Para esta tesis doctoral se utilizó la clasificación de fuerza propuesta por García-Manso (2002)¹². Él clasificó esta capacidad en activa y reactiva, la primera de ellas la subdividió en Fuerza-máxima, Fuerza-veloz y Fuerza-resistencia, mientras que la segunda en Fuerza elástica-refleja y Fuerza explosiva elástica-refleja.

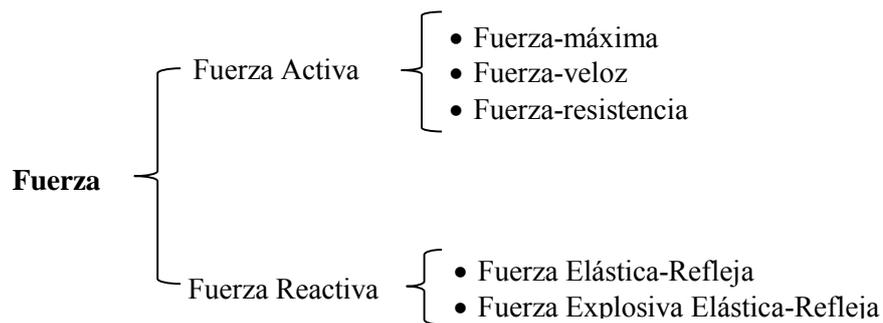


Figura 1. Clasificación de la capacidad de fuerza (tomado de García Manso, 2002)¹².

Fuerza Activa

La fuerza activa involucra solamente la tensión generada de forma voluntaria por el sistema neuromuscular, teniendo dentro de sus componentes los ilustrados en la Figura 1. Los que serán definidos a continuación:

Fuerza-máxima

Corresponde a la mayor tensión capaz de generar el sistema neuromuscular por medio de una acción voluntaria máxima. Esta capacidad física ha sido medida principalmente a través de una repetición máxima (1RM)^{13,14}, RM indirecta¹⁵ y contracciones máximas isométricas¹⁶.

Fuerza-veloz

Corresponde a la capacidad que posee el sistema neuromuscular de vencer una resistencia con una alta velocidad de contracción. Al igual que la fuerza máxima, esta capacidad es voluntaria y no involucra sistemas que incrementan la fuerza como el arco reflejo y los componentes en series y paralelo. Cabe mencionar, que dependerá de la carga empleada la velocidad de contracción obtenida, es así como una carga muy elevada impedirá los movimientos potentes^{17,18}. Esta capacidad física ha sido evaluada a través de varios métodos, dentro de estos encontramos el Squat Jump^{19,20}, el encoder (siempre que el movimiento comience desde una posición estática)^{21,22}, entre otros.

Fuerza-resistencia

Corresponde a la capacidad de mantener una tensión a un nivel constante por un tiempo prolongado, resistiendo el agotamiento muscular que provoca una sobrecarga de una modalidad deportiva específica. Este tipo de fuerza, al igual que la fuerza máxima y veloz, posee varias formas de medición y control^{23,24}.

Fuerza Reactiva

Corresponde a una capacidad física específica, que permite desarrollar un elevado nivel de tensión muscular inmediatamente después de un intenso estiramiento mecánico de los músculos²⁵. La fuerza reactiva involucra la tensión generada de forma voluntaria, más los componentes elásticos y la activación refleja, ambos elementos permiten incrementar los niveles de fuerza.

El Componente elástico en serie y paralelo corresponde a un modelo presentado por Hill (1950)²⁶, que busca esclarecer el proceso de la contracción muscular y la intervención de elementos no contráctiles, pero involucrados en el proceso de contracción muscular. El modelo expone al tejido muscular como un conjunto de tres elementos: un elemento contráctil, un elemento elástico situado en serie con respecto al elemento contráctil y un elemento elástico situado en paralelo con respecto a los otros dos (Figura 2).

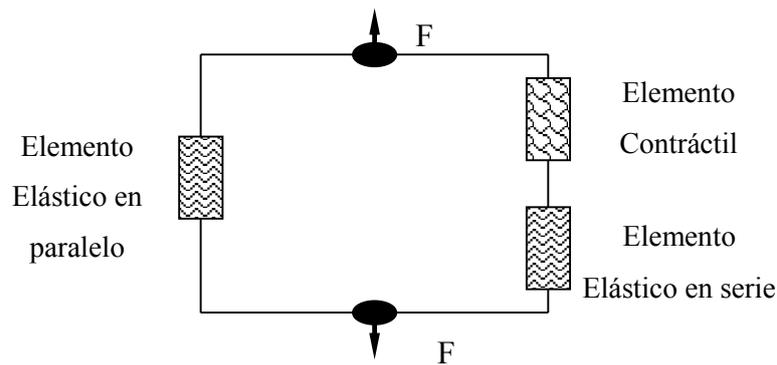


Figura 2. Modelo de tres elementos presentado por Hill (tomado de Gutiérrez, 1999)²⁷.

De manera más específica, el elemento contráctil está relacionado con el sistema de filamentos de Actina y Miosina y la capacidad de generar tensión dependiendo de la cantidad de enlaces existentes entre ellos, mientras que el elemento elástico en serie está relacionado con los tendones, las aponeurosis de la membrana intersarcomérica y la elasticidad propia de las fibras musculares, y por último el elemento elástico en paralelo se identifica como el sarcolema, el tejido conjuntivo que rodea las fibras musculares, a los fascículos musculares y al propio músculo, así como otros factores variables como la temperatura, o la cantidad de fibras colágenas existentes en el tejido conectivo.

Elástica-Refleja.

La fuerza elástica-refleja corresponde a la contracción voluntaria de unidades motoras posterior a un estiramiento de las mismas. Dicho estiramiento (contracción excéntrica), genera un potencial de energía cinética almacenada especialmente en los tendones y en la cabeza de la Miosina, esta energía potenciará la segunda fase del movimiento, que corresponde a una contracción concéntrica.

Este tipo de movimientos se realiza a velocidades bajas, por tanto la potencia es menor al ser comparada con la fuerza explosiva elástica-refleja. Cabe mencionar, que fase de acoplamiento debe ser en un tiempo prudente, de no ser así gran parte de la energía potencial almacenada preferentemente en tendones y en la cabeza de la Miosina se disipará en calor²⁵.

Explosiva Elástica-Refleja

La fuerza explosiva elástica-refleja, tiene lugar cuando la acción deportiva es de carácter explosivo, a la vez que el alargamiento previo a la acción concéntrica muscular es de amplitud limitada y su velocidad de ejecución es muy elevada¹². Por lo tanto, sigue el mismo principio de la fuerza elástica-refleja, pero en este caso los tiempos de acoplamiento son muy breves. Como consecuencia de esto, las potencias se elevan considerablemente.

Esta capacidad física ha sido evaluada a través de varios métodos, dentro de estos encontramos: encoder^{17,21}, CMJ¹⁸, Abalakov²⁹, Test de Sargent³⁰.

1.2.2. Métodos de desarrollo de la capacidad de fuerza

La capacidad fuerza poseen diversos métodos para su estimulación y desarrollo, en este apartado, sólo se mencionarán sistemas para el desarrollo de la fuerza explosiva elástica-refleja, dejando de lado las otras manifestaciones de fuerza, ya que se alejan del objetivo de esta investigación.

Método Búlgaro o de Contraste

Este método se caracteriza por utilizar sobrecargas pesadas y ligeras realizadas rápidamente en la misma sesión. Por ejemplo: 4 x 5RM o 5 s de sentadilla estática, seguido de 4 CMJ³¹.

El objetivo de este método radica en el alto reclutamiento motor y la rápida transferencia a realidades deportivas. Usa como argumento la poca pérdida de potencia en los períodos preparatorios o básicos, donde el deportista adquiere una fuerza elevada en desmedro de la potencia.

Este método es de carácter predominantemente dinámico concéntrico, por tanto los componentes elásticos en serie no son del todo utilizados.

Método Dinámico Excéntrico.

Como su nombre lo indica, corresponde a un método donde la carga sobrepasa las posibilidades voluntarias de contracción del músculo, y por tanto el sujeto se ve obligado a trabajar alejando los puntos de inserción de los tendones (normalmente a favor de la fuerza de gravedad).

Al trabajar con este tipo de métodos se ha observado cierta ganancia de fuerza excéntrica³², y por lo tanto debiese ser incluido en los programas de entrenamiento, pero efectos retardados en este sistema han revelado aumento en variables que indican daño muscular como Creatín Kinasa³³.

Pliometría

Uno de los métodos empleados para el desarrollo de la fuerza explosiva elástica-refleja es la pliometría, este sistema de entrenamiento que “aprovecha” los componentes elásticos musculares y tendinosos (elementos en serie) para aumentar la tensión en la fase concéntrica del movimiento. Las contracciones *pliométricas* presentan una fase excéntrica, donde los componentes en serie acumulan energía cinética potencial, una fase de acoplamiento, que debe ser muy breve para no perder la energía acumulada, y una fase concéntrica, donde la energía potencial acumulada en la primera fase incrementa la tensión voluntaria (activa) generada por el sujeto.

En un análisis más específico, Gutiérrez (1999) señaló que “la cabeza de la Miosina presenta una rotación, adoptando una posición final retrógrada que supone un incremento de la energía potencial elástica del músculo sin variar su longitud”²⁷.

Los trabajos con pliometría han reportado diferentes resultados: Cadore et al. (2013)⁵, reportaron descensos significativos en SJ y CMJ luego de 100, 200 y 300 saltos. En contraste, Ramirez-Campillo et al. (2013)³⁴ reportaron incrementos significativos en SJ luego de siete semanas de entrenamiento, ellos ocuparon un volumen de 120 saltos semanales. Los ejemplos anteriores son una pequeña muestra de los amplios resultados

que se reportan usando pliometría como método para desarrollar la fuerza explosiva, esto se debe a que las variaciones que se pueden realizar en la carga son infinitas, pero independiente del protocolo utilizado, se debe cuidar la cantidad y altura de los saltos para no dañar a los deportistas.

Isometría

Las contracciones musculares isométricas, corresponden a un tipo de entrenamiento donde no existen movimientos de las palancas corporales, acá los puntos de origen e inserción muscular quedan fijos, es decir, la distancia entre estos dos puntos se mantiene constante durante toda la contracción muscular. Con este tipo de estímulos, algunos autores no han reportados cambios significativos en fuerza explosiva³⁵, sin embargo, otros como Hirayama et al. (2014)²⁸, en una sesión con cargas incrementales que terminaron con contracciones isométricas, reportaron cambios en la fuerza explosiva evaluada a través del CMJ; de igual forma, Oliveira et al. (2013)³⁶ reportaron incrementos en la fuerza máxima isométrica luego de estimular con isometría.

La evidencia existente al aplicar este método de entrenamiento ha mostrado distintos resultados, en algunos de ellos con incrementos en los niveles de fuerza explosiva^{28,36}, pero a diferencia de la pliometría, el trabajo isométrico posee un inconveniente en su control, ya que durante el desarrollo de las sesiones de entrenamiento es difícil monitorear las intensidades de las contracciones musculares, esto hace que los protocolos aplicados no sean del todo replicables.

Electroestimulación

Este sistema de entrenamiento, corresponde a contracciones musculares impulsadas por un dispositivo que emite señales eléctricas, éstas *imitan* el potencial de acción proveniente del Sistema Nervioso Central. Los impulsos eléctricos son enviados a los músculos a través de electrodos adheridos a la piel, próxima a la musculatura, causando la contracción muscular. Es importante mencionar que la mayoría de los resultados reportados para este tipo de estímulos, han mostrado aumentos en la fuerza de contracción luego de

electroestimulación^{24,37}. Sin embargo, los incrementos en la capacidad de fuerza han sido, en la gran mayoría de los casos, fuerza isométrica bajo condiciones de laboratorio.

Resistencia Variable

Los métodos de resistencia variable, también definidos como Complex Training, han tomado un rol protagónico en diversos estudios^{38,39}, estos métodos de entrenamiento consisten en variar la intensidad de la carga en las sesiones de trabajo. Su fundamento se basa en la respuesta que genera el Sistema Nervioso Central al cambiar las intensidades de trabajo. Alguno de los posible beneficios del entrenamiento con resistencia variable es la Potenciación Post Activación (PAP) y por tanto un incremento del rendimiento deportivo de los atletas⁴⁰.

Con la finalidad de ordenar la gran variedad de entrenamiento con resistencia variable, se presenta la siguiente clasificación:

Ínter-Sesión

Este tipo de resistencia variable consiste en cambiar la intensidad de las cargas de trabajo en sesiones de entrenamiento distintas, es decir, la segunda sesión de entrenamiento dentro de un microciclo debe incrementar o disminuir la intensidad de trabajo. Argus et al. (2012)²⁰, reportaron incrementos significativos en la fuerza explosiva valorada a través del CMJ luego de la variación de las cargas de trabajo de forma incremental. Los autores, estimularon dos veces por semana, cambiando la carga en estas dos sesiones, además, todas las semanas aumentaban la carga de trabajo.

Intra-Sesión

Este tipo de resistencia variable consiste en cambiar la intensidad de las cargas dentro de la sesión, es decir, las series de entrenamiento deben incrementar o disminuir la intensidad de trabajo. Este método de entrenamiento puede solaparse con el *Método de Contraste*, ya que la estructura es muy parecida, sin embargo su diferencia central radica en que el

Método de Contraste siempre tiene cargas pesadas y luego una acción motriz (test físico o técnica deportiva), mientras que el de *Resistencia Variable Intra-Sesión* cambia la intensidad de la carga de forma aleatoria conforme el entrenador programe el entrenamiento.

Algunos estudios con Resistencia Variable Intra-Sesión usaron isometría más pliometría dentro de la misma sesión⁴¹. En este estudio García-Pinillo et al. (2014), reportaron cambios en la fuerza explosiva medida a través del CMJ sólo para el grupo experimental. Hirayama et al. (2014)²⁸, modificaron la carga dentro de la sesión, estimulando con cargas incrementales y terminando con contracciones isométricas. Al término del estudio se reportaron cambios en la fuerza explosiva evaluada a través del CMJ. Okuno et al. (2013)³⁹, ocuparon las siguientes cargas: 1 x 5 al 50 % 1RM + 1 x 3 al 70 % 1RM + 5 x 1 al 90 % 1RM, al finalizar el estudio ellos reportaron diferencias significativas entre el grupo experimental y control.

Intra-Repetición

Este tipo de resistencia variable consiste en cambiar la intensidad de las cargas dentro de la repetición, es decir, las repeticiones de entrenamiento deben incrementar o disminuir la intensidad de trabajo. Este método de entrenamiento puede ser ejecutado de tres maneras: con elásticos, con cadenas o con dispositivos electrónicos que permiten variar la resistencia de forma programada y exacta.

Algunos estudios con *Resistencia Variable Intra-Repetición* usaron elásticos para disminuir el tiempo de recuperación de lesiones⁴². También se han usado bandas adheridas a las barras de Press Banca, Sentadilla y Peso Muerto⁴³. En resumen, y al igual que varios métodos de entrenamiento, se han reportado estudios con y sin cambios significativos en la fuerza explosiva^{44,45}.

Intra-Serie

Este tipo de resistencia variable consiste en cambiar la intensidad de las cargas dentro de la serie, es decir, durante el desarrollo de las series de entrenamiento se deben incrementar o disminuir las intensidades de trabajo cada cierto número de repeticiones. Este método de entrenamiento puede ser ejecutado con dispositivos electrónicos que permiten variar la resistencia cada cierto número de repeticiones de forma programada o de forma manual por los entrenadores, esta última acción es igualmente exacta que el uso de dispositivos electrónicos, pero es menos eficiente.

Son pocos los estudios que han experimentado con *Resistencia Variable Intra-Serie* para aumentar la fuerza explosiva de la extremidad superior³⁸, además los cambios reportados en esa capacidad física fueron no significativo. Sin embargo, en la mayoría de los estudios consultados que usaron *Resistencia Variable Intra-Serie* como método de entrenamiento, lo hicieron con protocolos de fuerza (80-100 % de 1RM)^{20,38,39,43,46}, por tanto, no existen estudios concluyentes de *Resistencia Variable Intra-Serie* en zonas de potencia (desde un 60 a 80 % de 1RM o de 0.6 a 0.9 m/s de velocidad vertical de la barra). Consecuencia de lo anterior, es una necesidad conocer el comportamiento de la fuerza explosiva elástica-refleja en zonas de potencia, y cómo esta fuerza se incrementa debido a la PAP de la musculatura involucrada en el movimiento.

1.3. Potenciación Post Activación

En búsqueda de mejores rendimientos deportivos, consecuencia de adaptaciones orgánicas a cargas de trabajo, se han creado, modificado y adaptado diferentes métodos de entrenamiento. Es así como para desarrollar la fuerza explosiva existen diversas formas de estimulación, dentro de las que encontramos protocolos de intensidad ascendente²⁸, de contraste³¹, isométricos y dinámicos⁴⁷, pliométricos³⁴, entre otros. Sin embargo, la especificidad de los atletas ha hecho que el trabajo desarrollado por los entrenadores sea minucioso e individual para cada requerimiento.

Consecuencia de lo anterior, y con la finalidad de incrementar al máximo los niveles de fuerza explosiva, se han buscado nuevas formas de estimulación, entre éstas se encuentra la Potenciación Post Activación (PAP).

1.3.1. Fases de la PAP

La PAP es un método de entrenamiento que permite incrementar los niveles de fuerza muscular de forma natural⁴⁸. En este proceso se describen tres fases:

Fase 1: en esta etapa se produce la evaluación de una capacidad física NO potenciada, que puede ser un gesto deportivo^{49,50} o test físico³⁵. Esta fase permite medir el nivel inicial de los sujetos que posteriormente serán potenciados.

Fase 2: aplicación de estímulo que desencadena la potenciación. En esta fase, tal como se explicó en párrafos precedentes, se han aplicado diferentes formas de estimulación, cada una de ellas con distintas características de volumen, intensidad y pausa^{41,51,52}.

Fase 3: en esta fase se evalúa el comportamiento de la capacidad física medida en la *Fase 1*, pero ahora en estado potenciado. Es importante mencionar que la forma de evaluar el gesto deportivo o la capacidad física debe ser la misma ocupada en la *Fase 1* (Figura 2).

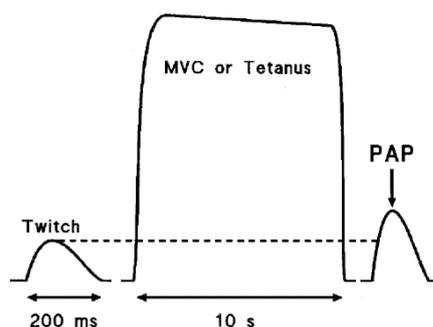


Figura 2. Fases de Potenciación Post Activación (tomado de Sale, 2002)⁴⁸.

1.3.2. Relación activación-recuperación en la PAP

Para que un sujeto logre conseguir una PAP se debe cumplir con dos condiciones: por un lado, la señal neural generada por la activación debe permanecer en la placa motora por unos instantes y no desvanecerse; mientras que por otro, la fatiga muscular generada por la misma activación se debe disipar lo antes posible⁵³. Si la carga de activación es adecuada y el tiempo de pausa es el correcto, el sujeto verá incrementada su capacidad de fuerza explosiva⁴⁰ (Figura 3).

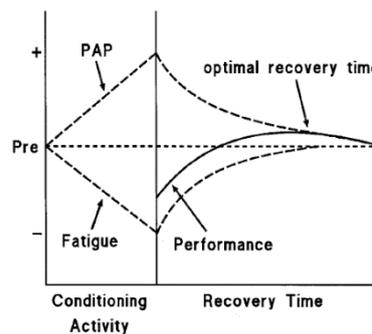


Figura 3. Coexistencia entre estímulo y recuperación para conseguir PAP (tomado de Sale, 2002)⁴⁸.

1.3.3. Ciclo Contráctil

La unión Miosina-ATP es esencial en el ciclo contráctil del músculo esquelético, esta asociación permite el desacoplamiento entre la Actina y la Miosina existente en la fase de reposo muscular. Lo anterior es posible debido a que el Filamento Grueso posee más afinidad por el nucleótido que por la Actina. También es importante tener presente que el acoplamiento Miosina-ATP sólo se llevará a cabo de forma óptima, siempre que la interacción de los sistemas energéticos genere la suficiente cantidad de ATP para que el músculo pueda comenzar una contracción muscular real.

Posterior a la unión Miosina-ATP se produce la hidrólisis del ATP, desencadenando varios acontecimientos intracelulares. Primero, y pese a que se dividen, el ADP y el Pi siguen ligados a la Miosina (proceso definido como fosforilación); segundo, la energía liberada por la hidrólisis produce una rotación de la Miosina; y, tercero, por segunda vez la Miosina se une con una molécula de Actina, pero ahora alejada de 1 a 3 moléculas de

la unión anterior. Esta unión es débil, pero prepara a las miofibrillas para el *golpe de fuerza*⁵⁴.

El *golpe de fuerza* corresponde a la activación de los puentes cruzados, estas uniones entre Actina y Miosina, a diferencia de las uniones descritas en el párrafo precedente, son muy fuertes y corresponden a la contracción muscular propiamente tal. El proceso anteriormente descrito se debe, principalmente, a la unión del calcio proveniente del Retículo Sarcoplasmático con la Troponina. Es importante mencionar que los puentes cruzados aumentarán su fuerza a medida que la Miosina se desprende del Pi (proceso definido como desfosforilación). En la fase final del *golpe de fuerza* la Miosina libera el ADP que aún lleva acoplado, lo que provoca una nueva unión estrecha entre Actina y Miosina, dando origen a una nueva contracción rígida a la espera de la siguiente señal neural⁵⁴.

1.3.4. Fisiología de la PAP

Para comprender el proceso fisiológico de la PAP, es necesario describir la composición del filamento grueso de las fibras musculares, en él se encuentran dos cadenas pesadas de 200.000 Dalton cada una y cuatro cadenas ligeras de 20.000 Dalton cada una⁵⁵. Dentro de estas últimas, se encuentran las *Cadenas Livianas Esenciales*, éstas son las más proximales y entregan solidez estructural a la cabeza de la Miosina; también se encuentran las *Cadenas Livianas Reguladoras*, a estas cadenas se les atribuye el proceso de PAP, ya que aumentan su capacidad de fosforilación alterando el estado del puente cruzado, generando una mayor cantidad de unidades motoras activas⁵⁶.

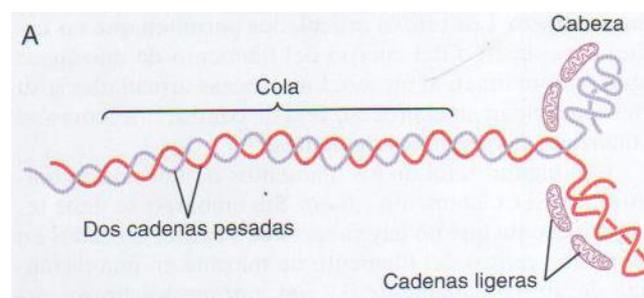


Figura 4. Estructura del Filamento Grueso (tomado de Guyton, 2011)⁵⁵.

La fosforilación de las *Cadenas Livianas Reguladoras* de Miosina es un proceso relativamente rápido, pero la desfosforilación, a cargo de una enzima desfosfatasa, se consigue luego de 4 a 5 minutos de reposo en mamíferos a 37° C^{57,58}. La PAP permite aumentar la velocidad de acercamiento entre Actina y Miosina, también aumenta la fuerza a concentraciones de calcio submaximales debido a un aumento en la sensibilidad, por último, una mayor fuerza por mayor cantidad de puentes cruzados activos⁵⁹, lo que conlleva a un incremento de la fuerza explosiva.

1.3.5. Métodos de activación para conseguir PAP

Como se mencionó en párrafos anteriores, para conseguir PAP se debe generar un estímulo que fosforee las *Cadenas Livianas Reguladoras* de la Miosina⁶⁰. En las revisiones realizadas se han encontrado diversas formas de aplicación de cargas de trabajo, las que varían en volumen, intensidad, densidad y tiempo de recuperación. También se han estudiado diversos deportes, condicionando la PAP a las características específicas de los atletas.

A continuación se describen algunos métodos usados para producir PAP y los resultados conseguidos por los investigadores:

Tabla 2. Resumen de las publicaciones que abordan el tema de PAP.

Autores	Año	Tratamiento	Resultados
Turner et al. ⁶¹	2015	a) 3 x 10 repeticiones de pliometría alternado pie. b) 3 x 10 repeticiones de pliometría alternado pie + 10 % PC. c) Control. Parámetro de control: 20 m antes de la activación, 20 m 15 s después, y a los 2, 4, 8 y 16 min de recuperación. *La condición control no lleva PAP.	Incrementos Significativos ($p < 0.05$) en la velocidad (m/s) en los min 4 y 8 para los protocolos “a” y “b” al compararlo con los sujetos control.
Wyland et al. ⁶²	2015	a) 5 x 3 al 85 % de 1RM de 1/2 sentadilla. b) 5 x 3 al 85 % de 1RM de 1/2 sentadilla con banda elástica. c) Control. Parámetro de control: 3 x 9.1 m antes de la activación, 5 x 9.1 m inmediatamente después, y al min 1, 2, 3 y 4 de recuperación. *La condición control no lleva PAP.	Descensos significativos ($p = 0.002$) en 9.1 m sólo con el protocolo “b”.
Arabatzi et al. ⁵⁰	2014	CMI de 3 s en 1/2 sentadilla con 2 min pausa entre series. Parámetro de control: 3 SJ con 5 s de pausa (15 min antes de activación, 20 s y 4 min posteriores a la estimulación). *La condición control no lleva PAP.	Incrementos significativos ($p < 0.05$) en SJ sólo para hombres adultos.
Naclerio et al. ²⁹	2014	a) 1 x 80 % de 1RM en 1/2 sentadilla sin vibración. b) 1 x 80 % de 1RM en 1/2 sentadilla con vibración. c) Control. Parámetro de control: 3 CMJ y un DJ (altura óptima de caída). *La condición control no lleva PAP.	Incrementos significativos ($p < 0.05$) en CMJ después de 4 min de recuperación. Incrementos significativos ($p = 0.015$) con el protocolo volumen bajo independientemente de la condición. Incrementos significativos ($p = 0.015$) en DJ con el protocolo de vibración después de 1 min de recuperación.
Seitz et al. ⁶³	2014	1 x 3 al 90 % de 1RM en 1/2 sentadilla. Parámetro de control: SJ a los 15 s, 3, 6, 9 y 12 min de recuperación.	Incrementos significativos ($p < 0.05$) en SJ a partir de los 3 min de recuperación en los sujetos más fuertes. Incrementos significativos ($p < 0.05$) en SJ a partir de los 6 min de recuperación en los sujetos más débiles.

Esformes et al. ⁶⁴	2013	a) 3 RM de 1/2 sentadilla. b) 3 RM de 1/4 sentadilla. Parámetro de control: CMJ a los 5 min de recuperación.	Incrementos significativos ($p < 0.05$) en CMJ con ambos protocolos.
Okuno et al. ³⁹	2013	1x 5 al 50 % de 1RM + 1 x 3 al 70 % de 1RM + 5 x 1 al 90 % de 1RM. Parámetro de control: Test de RSA (6 x 30 m). *La condición control no lleva PAP.	Diferencias significativas ($p < 0.01$) en el mejor tiempo y tiempo promedio de RSA sólo para el grupo experimental.
de Assis et al. ⁵¹	2012	a) 1 min de recuperación. b) 3 min de recuperación. c) 5 min de recuperación. d) 7 min de recuperación. Parámetro de control: Potencia en Press Banca.	Diferencias significativas ($p = 0.003$) en la potencia promedio en Press Banca. Diferencia significativa en el análisis post hoc en 1 y 7 min de recuperación.
Batista et al. ³⁵	2011	a) 1 CMI de 5. b) 3 CMI de 5. Parámetro de control: CMJ 5 min antes y después de los protocolos de activación.	Diferencias no significativas ($p > 0.05$) en CMJ.
Mitchell et al. ⁶⁵	2011	a) 5 CMJ, 8 min de recuperación, 5 CMJ. b) 5 CMJ, 4 min de recuperación, 5RM, 4 min de recuperación, 5 CMJ. Parámetro de control: 5 CMJ antes y después de los protocolos de activación.	Diferencia significativa ($p < 0.05$) en CMJ sólo con protocolo "b".
Tsolakis et al. ²²	2011	a) CMI de 5 seg en Press Banca. b) CMI de 5seg en Press Piernas. c) Pliometría (3 x 5 flexiones en Press Banca). d) Pliometría (3 x 5 flexiones en Press Piernas). Parámetro de control: CMJ antes, inmediatamente después, y a los 4, 8 y 12 min posteriores del protocolos de activación.	Incrementos significativos ($p < 0.05$) en potencia máxima en la ejecución del CMJ sólo en varones a los 4 min post activación isométrica en piernas, luego de eso disminuyó con las recuperación (8 y 12 min).

Bevan et al. ⁶⁶	2010	1 x 3 repeticiones al 91 % de 1RM. Parámetro de control: 10 m antes, inmediatamente después, y a los 4, 8, 12 y 16 min posteriores del protocolos de activación.	Diferencia no significativa ($p > 0.05$) en 10 m.
McCann et al. ⁶⁷	2010	a) 5 RM en Sentadilla con 4 min de recuperación. b) Sentadilla con 5 min de recuperación. c) Clean con 4 min de recuperación. d) Clean con 5 min de recuperación. Parámetro de control: Salto Vertical antes y después del protocolo de activación.	Diferencia significativa ($p < 0.05$) en la altura del salto con 4 min de recuperación.

CMI (Contracción Máxima Isométrica); 1RM (Una Repetición Máxima); PC (Peso Corporal); SJ (Squat Jump); CMJ (Counter Move Jump); AB (Abalakov).

1.3.6. Intensidad de activación para producir PAP

Al observar con detalle la Tabla 2, se puede apreciar lo siguiente:

- En sólo dos de los estudios presentados se reportaron diferencias no significativas^{35,66}. Esto permite inferir que las cargas aplicadas son eficientes para conseguir PAP o que las conductas de entrada de los sujetos permite avances significativos en los niveles iniciales de fuerza explosiva.
- También se aprecia que los métodos de activación más utilizados para la PAP son: pliometría^{61,65}, isometría^{35,22,50} y contracciones dinámicas con valores sobre el 80 % de intensidad (1RM)^{29,39,62-64,66,67}.
- Por otro lado, los test más utilizados para evidenciar los incrementos de fuerza explosiva, antes y después de la aplicación de los protocolos PAP, son: CMJ^{22,29,35,64,65,67}, SJ^{50,63}, DJ²⁹, Test de Carreras y/o RSA^{39,61,62}, potencias en Press Banca⁵¹, entre otros.
- Por último, en la tabla queda en evidencia que sólo en uno de los estudios referenciados se utilizó resistencia variable³⁹, de forma más específica *Resistencia Variable Intra-Serie*. La utilización de resistencia variable dentro del proceso de entrenamiento para conseguir PAP ha sido poco estudiada, menos aún en zonas de potencia (desde 0.6 a 0.9 m/s de velocidad vertical de la barra), esto podría deberse a los pocos y costosos dispositivos que permiten variar la resistencia durante el trabajo, al igual que el uso de bandas elásticas que genera *Resistencia Variable Intra-Repetición* es poco objetivo y confiable, ya que no permite cuantificar de forma exacta la resistencia aplicada y por último, cambiar de forma manual la carga en las halteras dentro de una sesión provoca un trabajo lento y poco eficiente. No obstante, al parecer, estimular con este tipo de cargas genera más beneficios en relación a los estímulos aplicados con resistencia constante.

Aplicar cargas de trabajo en zonas de potencia podría generar los siguientes beneficios: primero, al igual que las contracciones con altos porcentajes de 1RM (sobre el 80 % de 1RM), este tipo de estímulos también reclutaría las fibras II_x (Figura 5); segundo, al ser estímulos *moderados*, la desaparición de la fatiga post activación debería producirse antes

que en los estímulos *máximos*. Es así como, reclutando fibras II_x y eliminando la fatiga de forma rápida, se podrá conseguir PAP quizás de forma más eficiente.

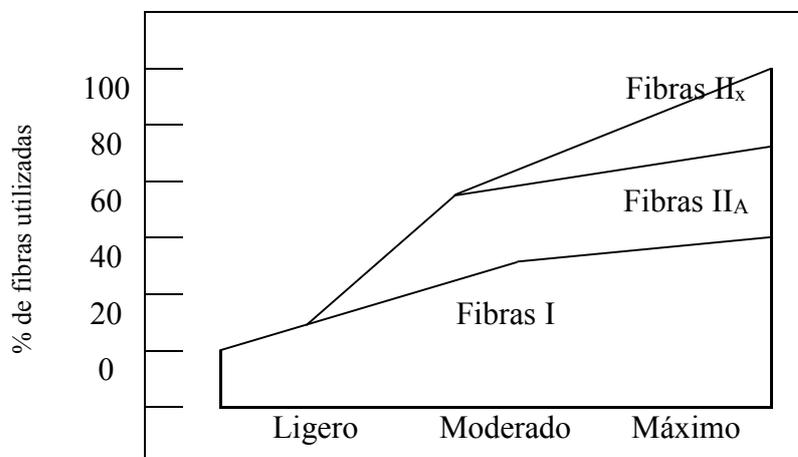


Figura 5. Reclutamiento de los diferentes tipos de fibras musculares según la intensidad de la fuerza de contracción muscular (tomado de López-Chicharro, 2010)⁶⁸.

Teniendo presente que la PAP es una forma natural de optimizar los niveles de fuerza explosiva, que el trabajo con resistencias variables en zonas de potencia está poco explorado y que podría generar más beneficios que estimular con cargas de resistencia constante, sólo queda desarrollar protocolos que abarquen las variables mencionadas anteriormente.

1.4. Efecto de la Resistencia Variable sobre la Potenciación Post Activación

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, son varios los métodos de entrenamientos usados para mejorar los niveles de fuerza explosiva en deportistas. Dentro de estos métodos se encuentra la pliometría⁹, los entrenamientos de contraste³¹, los protocolos dinámicos excéntricos³³, las cargas isométricas³⁶, la electro estimulación²⁴, los entrenamientos deportivos que incorporan la Resistencia Variable (RV)^{39,41,42}, entre otros.

En relación a los entrenamientos deportivos basados en RV, es importante mencionar que la característica principal de estos sistemas de entrenamiento es la variación o cambio de intensidad en la sesión de trabajo. En los últimos años, se ha evidenciado que esta metodología de estimulación ha adquirido un rol protagónico en diversas

investigaciones^{38,39}. Atribuyéndose los incrementos en los niveles de fuerza explosiva a la activación que se genera en el Sistema Nervioso Central el cambio de intensidades en la repetición, serie o sesión trabajo.

Alguno de los posible beneficios de la estimulación con protocolos de RV podría ser la Potenciación Post Activación (PAP), y por lo tanto, un incremento en la fuerza explosiva de los deportistas^{40,48}. En este sentido, y al igual que cualquier método de entrenamiento, la RV podría desencadenar tres procesos que generan PAP. En base a estas tres fases, se puede mencionar lo siguiente: la primera corresponde a la evaluación de una capacidad física NO potenciada. La segunda, corresponde a la aplicación de un estímulo que desencadena la potenciación (en esta fase se puede activar con RV). La tercera fase se vuelve a evaluar la capacidad física medida en la Fase 1, pero ahora en estado potenciado.

Al parecer, estimular con RV con el propósito de generar PAP es una buena alternativa para incrementar de forma aguda los niveles de fuerza explosiva. Sin embargo, existe poca evidencia que vincule los distintos métodos de RV con PAP, lo anterior es válido tanto para los miembros inferiores como los miembros superiores. El objetivo principal de esta revisión sistemática fue investigar cuáles fueron los métodos de Resistencia Variable utilizados para generar PAP entre enero de 2011 y enero de 2016. Como objetivo secundario se visualizaron las intensidades de estimulación y los cambios en los niveles de fuerza explosiva reportados en cada uno de los estudios consultados.

1.4.1. Búsqueda bibliográfica

Para el desarrollo de esta revisión sistemática, se realizó una exhaustiva búsqueda literaria tanto a mano como electrónica. Para ello, se utilizaron las diferentes combinaciones de las palabras clave presentadas en la Tabla 3. La búsqueda electrónica identificó artículos publicados a través de Web of Science (WOS), Scopus, Sport Discuss, PubMed y Medline.

Tabla 3. Estrategia de búsqueda mediante selección y combinación de palabras clave.

Pasos	Estrategia	WOS	Scopus	Sport Discuss	PubMed	Medline
1	post-activation potentiation	73	39	42	36	27
2	potentiation muscle	491	1079	21	396	340
3	activation muscle	19078	18512	1166	17821	13838
4	#1 OR #2 OR #3	19413	19348	1219	18133	14082
5	complex training	8832	7045	97	14906	5066
6	contrast training	4637	3135	40	7688	2995
7	strength training	8325	8507	2259	10725	6925
8	resistance training	6046	7117	2010	6452	5597
9	#5 OR # 6 OR #7 OR # 8	24355	21701	3743	32228	17299
10	#4 AND #9	692	539	138	568	437

La estrategia de búsqueda se dividió en cinco fases (Figura 6). La primera fase fue una búsqueda electrónica en las diferentes bases de datos. Todos los duplicados fueron eliminados en esta fase de la búsqueda, un total de 1162 artículos fueron identificados para el filtro de título y resumen. La fase dos consistió en una revisión de todos los títulos y resúmenes de los artículos que podían incluirse en la revisión; al final de esta fase, quedaron 30 artículos. En la fase tres, los artículos se leyeron completos, de esta forma se identificaron los artículos finales para el análisis. Tras leer los artículos completos, 23 estudios fueron eliminados, 21 de ellos no usaban resistencia variable como método de activación, uno no relacionaba la resistencia variable usada en el estudio con PAP, y uno por la imposibilidad de conseguir el texto completo. La fase cuatro consistió en añadir los artículos encontrados en la búsqueda a mano. Las referencias de los artículos añadidos fueron revisadas con la posibilidad de identificar nuevos estudios. Aquí se incluyeron dos estudios. Además, revisores independientes estuvieron de acuerdo en los 9 artículos incluidos para el análisis.

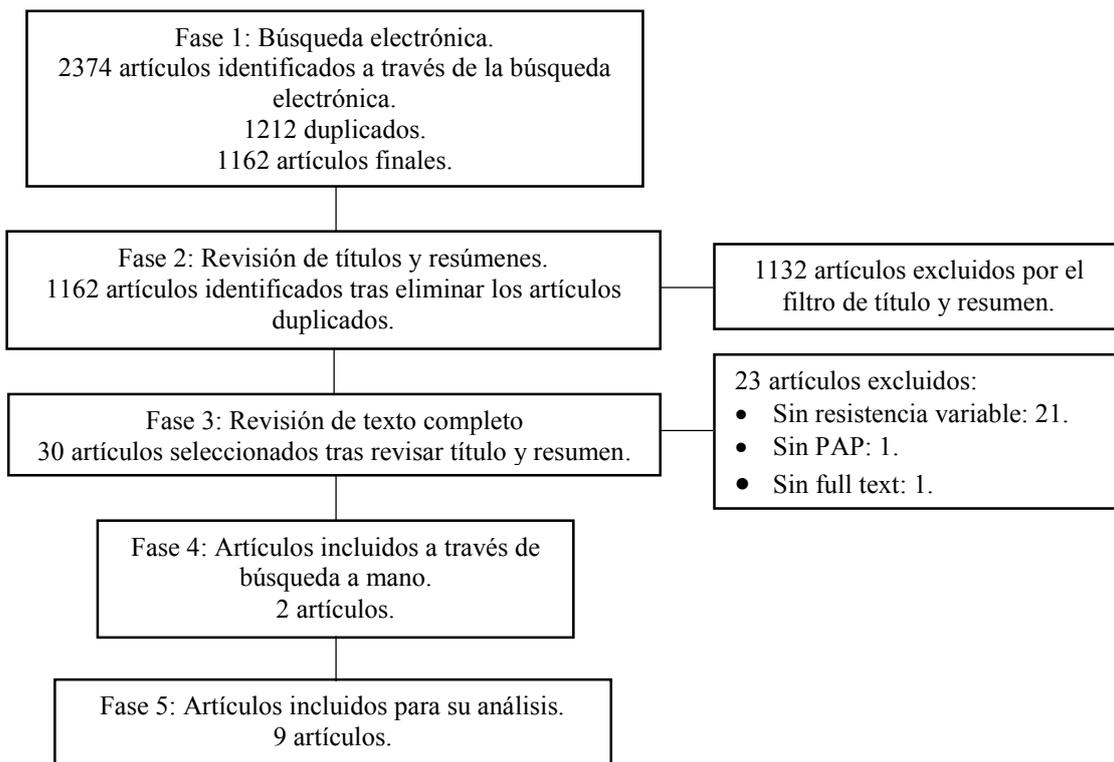


Figura 6. Identificación de estudios en la revisión sistemática.

1.4.2. Criterios de inclusión y exclusión

Los límites de búsqueda fueron: artículos publicados en los últimos cinco años (enero de 2011 a enero 2016), escritos en inglés, portugués, francés o español y el ámbito de estudio u otros criterio respecto a la base de datos.

La importancia de cada estudio se evaluó de acuerdo a los criterios de inclusión establecidos en la Tabla 4. Los estudios que no cumplieron con los criterios de inclusión fueron excluidos. Las discrepancias encontradas se resolvieron por consenso de los investigadores.

Tabla 4. Criterios de inclusión.

Diseño del estudio	Experimental
Población	Adultos varones sanos deportistas (entrenados – no entrenados)
Intervención	a) Entrenamiento de fuerza que combina cargas y produce potenciación (agudo o crónico)
Comparador	El aumento de la PAP genera incremento de la fuerza
Resultados	Positivos y negativos

1.4.3. Evaluación de la calidad metodológica

La escala Newcastle-Ottawa (NOS) se utilizó para evaluar la calidad de los estudios. La clasificación se realiza en base a tres criterios: selección (máximo cuatro estrellas), comparabilidad (máximo dos estrellas) y resultados (máximo tres estrellas). Los artículos con puntuación de siete a nueve fueron considerados de calidad metodológica *alta*, de cuatro a seis *moderada*, y menor de cuatro *baja*.

1.4.4. Cantidad de resultados disponibles

La búsqueda se realizó electrónicamente y a mano. Se identificaron 2374 artículos, de los cuales 1212 duplicados fueron eliminados, quedando 1162 artículos filtrados para su inclusión. Los títulos y resúmenes fueron evaluados según su relevancia para la revisión sistemática, resultando en 30 artículos. Se obtuvieron los textos completos de 29 citas. Después de aplicar los criterios de inclusión de estos documentos al texto completo, se excluyeron 23 artículos. Tras realizar la búsqueda a mano, se incluyeron dos estudios, quedando finalmente 9 artículos para analizar.

En relación a la puntuación obtenida por los artículos según la escala NOS, un estudio obtuvo una puntuación moderada, mientras que los ocho restantes obtuvieron una puntuación de calidad alta, siendo máxima en siete estudios (Tabla 5).

Tabla 5. Lista de artículos incluidos con puntuación según la escala NOS.

	Selección	Comparabilidad	Resultados	Total
Chiu & Salem ⁶⁹	***		***	6
Crum et al. ⁷⁰	****	**	***	9
Fukutani et al. ⁷¹	***	*	***	7
García-Pinillos et al. ⁴¹	****	**	***	9
Hirayama et al. ²⁸	****	**	***	9
Miarka et al. ⁷²	****	**	***	9
Nacleiro et al. ²⁹	****	**	***	9
Okuno et al. ³⁹	****	**	***	9
Wyland et al. ⁶²	****	**	***	9

1.4.5. Resistencia Variable

Aunque la PAP se puede generar en cualquier grupo muscular⁴⁸, las metodologías de aplicación de RV son muy amplias. En este sentido, las investigaciones revisadas permitieron observar distintos estilos de intervención en varias modalidades deportivas. Esta diversidad de métodos de aplicación de RV para generar PAP, hizo que la comparación y síntesis de los resultados fuese más compleja. Con el propósito de ordenar la información y dar cumplimiento al objetivo de esta revisión, los estudios se dividieron en tres categorías basadas en los métodos de Resistencia Variable: (i) Resistencia Variable Intra-Sesión (n = 3), (ii) Resistencia Variable Intra-Repetición (n = 1) y (iii) Resistencia Variable Intra-Serie (n = 5) (Tabla 6).

Los métodos de Resistencia Variable han tomado un rol protagónico en las últimas décadas^{38,39}. Básicamente, estos sistemas de entrenamiento varían la intensidad de trabajo dentro de la sesión de entrenamiento. Como su base se fundamenta en la activación del Sistema Nervioso Central al variar las intensidades de las cargas, algunos investigadores han probado este tipo de metodología para desencadenar PAP en los deportistas, y con esto incrementar el rendimiento deportivo⁴⁰.

A continuación, y luego de una minuciosa revisión sistemática de los últimos cinco años, se presentan sólo aquellos estudios que relacionaron algunas de las resistencias variables (Intra-Serie, Intra-Repetición o Inter-Serie) con PAP:

Resistencia Variable Intra-Sesión

García-Pinillo et al. (2014)⁴¹, usaron isometría más pliometría dentro de la misma sesión de entrenamiento. Estos investigadores reportaron cambios significativos ($p < 0.001$) en la fuerza explosiva evaluada a través del CMJ sólo para el grupo experimental, de igual forma, en el mismo estudio se reportaron cambios en el test de Balsom y la velocidad del pateo del balón. En otro estudio de Resistencia Variable Intra-Sesión, estimularon con cargas incrementales a través de media Sentadilla, terminando con contracciones isométricas máximas en el mismo ejercicio, mientras que el parámetro de control fue la valoración de la fuerza explosiva a través del test CMJ (las evaluaciones se realizaron al término de cada carga). Al finalizar el estudio, Hirayama et al. (2014)²⁸ reportaron cambios en la fuerza explosiva a partir del 60 % de 1RM (60 % de 1RM – 80 % de 1RM y CMI $p < 0.05$). En un estudio presentado Okuno et al. (2013)³⁹, incrementaron las cargas dentro de la sesión de la siguiente manera: 1 x 5 al 50 % 1RM + 1 x 3 al 70 % 1RM + 5 x 1 al 90 % 1RM, mientras que el parámetro de control fue el test Repeated Sprint Ability (RSA). Al finalizar el estudio, los investigadores reportaron diferencias significativas en el mejor tiempo y el tiempo promedio en el test RSA sólo para el grupo experimental ($p < 0.01$).

Resistencia Variable Intra-Serie

Este tipo de entrenamiento consiste en incrementar o disminuir las intensidades de trabajo durante el desarrollo de las series. En relación a esta forma de estimulación, algunos autores han reportado lo siguiente: Chiu & Salem (2012)⁶⁹, evidenciaron cambios significativos en la fuerza explosiva evaluada a través de CMJ ($p < 0.05$), estos investigadores aplicaron dos series de cuatro repeticiones de arranques incrementales (80 – 80 – 90 – 100 % de 1RM). Sin embargo, Crum et al. (2012)⁷⁰, ocupando dos métodos incrementales en Sentadilla (a: 1 x 30 – 1 x 40 – 3 x 50 % de 1RM en Sentadilla. b: 1 x 30 – 1 x 40 – 3 x 65 % de 1RM en Sentadilla), no reportaron cambios significativos en ninguna de las condiciones ($p > 0.05$).

En otra investigación, Fukutani et al. (2014)⁷¹ ocuparon dos métodos incrementales de entrenamiento a través de Sentadilla (a: 1 x 45 – 1 x 60 – 3 x 75 – 3x 90 % de 1RM. b: 1 x 45 – 1 x 60 – 3 x 75 % de 1RM), mientras que el parámetro de control para evaluar la fuerza explosiva fue el CMJ (esta evaluación se realizó antes y después de la aplicación de los protocolos). Al finalizar el estudio, los investigadores reportaron incrementos significativos en la fuerza explosiva con ambas metodologías ($p < 0.05$). Otro estudio que buscó desencadenar PAP fue el presentado por Miarka et al. (2011)⁷², estos investigadores aplicaron tres tratamientos (Tabla 6), mientras que el parámetro de control fue un test específico aplicado al Judo (SJFT). Al término de la investigación, los autores reportaron un incremento significativo en la cantidad de lanzamientos posterior a la aplicación de un protocolo pliométrico ($p < 0.05$), la característica específica de este método fue el incremento de las alturas de las vallas durante la serie (10 x 3 saltos 20 – 40 – 60 cm con pausa de 30 s).

Otras metodologías utilizadas para desencadenar PAP, ha sido la combinación de ejercicio de fuerza con vibración. En este sentido, Nacleiro et al. (2014)²⁹ compararon dos protocolos de Sentadilla con y sin vibración en la fase final de la serie. Estos investigadores ocuparon como parámetro de control el CMJ y Drop Jump (DJ). Al finalizar el estudio, los investigadores reportaron lo siguiente: incrementos significativos en CMJ después de 4 min de recuperación ($p < 0.05$), incrementos significativos en DJ con el protocolo de vibración después de 1 min de recuperación ($p = 0.015$).

Resistencia Variable Intra-Repetición

También, en la búsqueda de PAP, se han utilizado sobrecargas con bandas elásticas. En este sentido, Wyland et al. (2015).⁶² aplicaron tres condiciones experimentales. La primera de ellas definida como “control” consistió en la aplicación del test Sit & Rest durante 5 min. El segundo protocolo tuvo 5 series de 3 repeticiones al 85 % de 1RM más una carga isométrica. El tercer tratamiento incluyó 5 series de 3 repeticiones al 85 % de 1RM con una carga adicional de 30 % a través de una banda elástica. El parámetro de control fue el test de 10 yardas (9.1 m). Al término del estudio, los investigadores

reportaron una disminución significativa en el test de 9.1 m ($p = 0.002$) a los 4 min de pausa.

Tabla 6. Características de las publicaciones que relacionan Resistencia Variable y PAP.

Autores	Año	Tipo de Resistencia	Tratamiento	Resultados
Chiu & Salem ⁶⁹	2012	Intra-Serie	a) 2 x 4 arranques (70 - 80 - 90 - 100 % de 1RM). Parámetro de control: CMJ (antes, entre y al final de la sesión).	Diferencias significativas ($p < 0.05$) en CMJ desde la línea de base y la ínter medición. Diferencias significativas ($p < 0.05$) en CMJ desde la línea de base y la medición final.
Crum et al. ⁷⁰	2012	Intra-Serie	a) Control. b) 1 x 30 - 1 x 40 - 3 x 50 % de 1RM en Sentadilla. c) 1 x 30 - 1 x 40 - 3 x 65 % de 1RM en Sentadilla. Parámetro de control: CMJ un minuto antes de cada condición; CMJ 0,5, 3, 5, 10, y 15 minutos de cada condición.	No hubo diferencias significativas en CMJ para ninguna de las condiciones ($p > 0.05$).
Fukutani et al. ⁷¹	2104	Intra-Serie	a) Condición de pesada: 1 x 45 - 1 x 60 - 3 x 75 - 3 x 90 % de 1RM en Sentadilla. b) Condiciones moderadas: 1 x 45 - 1 x 60 - 3 x 75 % de 1RM en Sentadilla. Parámetro de control: 3 CMJ antes y después del ambas condiciones.	En ambas condiciones se registraron aumentos significativos en CMJ ($p > 0.05$).
García-Pinillos et al. ⁴¹	2014	Intra-Sesión	a) Isometría + pliometría sin cargas externas. b) Control. Parámetro de control: CMJ, Velocidad en 5, 10, 20 y 30 m, test de agilidad y velocidad de pateo.	Sólo para el grupo experimental se observaron cambios significativos en CMJ, test de Balsom y velocidad de pateo del balón ($p < 0.001$). Para ambos grupos se observó una diferencia significativa en 5, 10, 20 y 30 m ($p < 0.05$).
Hirayama et al. ²⁸	2014	Intra-Sesión	a) 1 x 20 - 1 x 40 - 1 x 60 - 1 x 80 % 1RM - 1 CMI en 1/2 Sentadilla. b) Control. Parámetro de control: CMJ posterior a cada ejecución.	Se observaron diferencias significativas en CMJ posterior a la aplicación de cargas con: 60 % de 1RM, 80 % de 1RM y CMI ($p < 0.05$).

Miarka et al. ⁷²	2011	Intra-Serie	<ul style="list-style-type: none"> a) Control de prueba espacial para Judo (SJFT). b) Pliometría + SJFT. c) Fuerza máxima + SJFT. d) Ejercicio de contraste + SJFT. 	Se encontraron diferencias significativas en el número de lanzamiento durante la condición “b” (pliometría) al compararla con el Control ($p < 0.05$).
Nacleiro et al. ²⁹	2014	Intra-Serie	<ul style="list-style-type: none"> a) 1 x 80 % de 1RM en 1/2 Sentadilla sin vibración. b) 1 x 80 % de 1RM en 1/2 Sentadilla con vibración. c) Control. Parámetro de control: 3 CMJ y un DJ (altura óptima de caída).	Incrementos significativos en CMJ después de 4 min de recuperación ($p < 0.05$). Incrementos significativos con el protocolo volumen bajo independientemente de la condición ($p = 0.015$). Incrementos significativos en DJ con el protocolo de vibración después de 1 min de recuperación ($p =$
Okuno et al. ³⁹	2013	Intra-Sesión	<ul style="list-style-type: none"> a) 1 x 5 al 50 % de 1RM + 1 x 3 al 70 % de 1RM + 5 x 1 al 90 % de 1RM. b) Control. Parámetro de control: Test de RSA (6 x 30 m).	Diferencias significativas en el mejor tiempo y tiempo promedio de RSA sólo para el grupo experimental ($p < 0.01$).
Wyland et al. ⁶²	2015	Intra-Repetición	<ul style="list-style-type: none"> a) Control: test Sit & Rest durante 5 min. b) 5 x 3 al 85% de 1RM + isometría en Sentadilla. c) 5 x 3 al 85% de 1RM + 30 % de carga adicional a través de una banda elástica. Parámetro de control: test de 10 yardas (9.1 m).	Disminución significativa en el test de 9.1 m ($p = 0.002$) a los 4 min de pausa.

CMI (Contracción Máxima Isométrica); 1RM (Una Repetición Máxima); PC (Peso Corporal); SJ (Squat Jump); CMJ (Counter Move Jump); AB (Abalakov); DJ (Drop Jump) SJFT (prueba espacial para Judo).

Tipo de Resistencia Variable: el objetivo principal de esta revisión fue investigar cuáles fueron los métodos de Resistencia Variable utilizados para generar PAP. En relación a este objetivo, se pudo observar que la gran mayoría de los artículos encontrados ocuparon Resistencia Variable Intra-Serie para generar PAP^{29,69-72}, en segundo lugar, se encontraron los entrenamientos de Resistencia Variable Intra-Sesión^{28,29,41}, y en tercer lugar, se encontraron los tratamientos de Resistencia Variable Intra-Repetición con un estudio⁶².

Segmentos corporales trabajados: en ocho de los nueve estudios de RV consultados se enfocaron en los miembros inferiores. También fue importante analizar que en estos ocho estudios mencionados, hubo dos tipos de test utilizados para evaluar la fuerza explosiva. En seis de ocho investigaciones ocuparon el test CMJ^{28,29,41,69-71}, mientras que en las restantes dos investigaciones se utilizaron test de carreras (RSA y test de 10 x 10 m)^{39,62}.

Mención especial para el estudio presentado por Miarka et al. (2011)⁷². Estos investigadores probaron un protocolo para mejorar el “Ippon-Seoi-Nage”, ésta corresponde a una técnica específica de Judo. La medición de rendimiento en este estudio fue un test específico aplicado al Judo (SJFT). Al ser una técnica que usa todo el cuerpo, incorpora tanto los miembros superiores como los inferiores. Al término de la investigación, los autores reportaron un incremento significativo en el JSFT posterior a la aplicación de un protocolo pliométrico ($p < 0.05$).

Cabe mencionar, que realizada la revisión sistemática, no se encontraron investigaciones que relacionaran RV y PAP para los miembros superiores. Por lo tanto, esta es una de las alternativas metodológicas para futuros estudios que busquen el desarrollo de la fuerza explosiva.

Duración de los estudios: en siete de los nueve estudios consultados se determinó el efecto agudo de la RV sobre la fuerza explosiva, es decir, si los métodos de activación en base a RV desencadenaban PAP en los participantes del estudio dentro de la sesión de entrenamiento. Los restantes dos estudios, se enfocaron en los efectos crónicos, es decir, las adaptaciones neuromusculares a largo plazo que produce la RV^{29,41}.

Intensidades de estimulación: en relación al objetivo secundario de esta revisión, se pudo visualizar que todos aquellos tratamientos que usaron intensidades sobre el 75 % de 1RM obtuvieron incrementos significativos en la fuerza explosiva^{29,69,70}. Lo anterior, se base en el reclutamientos de fibras tipo II⁶⁸, ya que este tipo de fibras son las más propensas a generar PAP²¹. Por el contrario, en aquellos estudios que usaron intensidades inferiores al 70 % de 1RM no se evidenciaron incrementos en la fuerza explosiva⁷⁰. Este último tipo de estímulos posee dos condiciones favorables para generar PAP, por un lado, la baja intensidad ayuda a disipar la fatiga más prontamente, y por otro, también permite reclutar fibras tipo II siempre que las velocidades de movimiento sean elevadas.

Hasta donde el conocimiento alcanza, no existen protocolos del RVIS en zonas de potencia (0.6 a 0.9 m/s de velocidad vertical de la barra¹⁷) que desencadenen PAP y que hayan tenido cambios significativos en la fuerza explosiva. Consecuencia de lo anterior, es una necesidad conocer el comportamiento de la fuerza explosiva elástica refleja en zonas de potencia, y cómo esta fuerza se incrementa debido a la PAP de la musculatura involucrada en el movimiento.

OBJETIVOS

2.1. Planteamiento del problema

Con la finalidad de optimizar el entrenamiento deportivo se han descrito, analizado y desarrollado nuevas herramientas y procesos metodológicos, capaces de llevar a límites sorprendentes a deportistas aficionados y de alto rendimiento. Sin embargo, aún quedan variables en el desarrollo de las capacidades físicas por analizar.

La fuerza explosiva ha sido definida y conceptualizada en capítulos anteriores. De igual manera, los métodos de Resistencia Variable (RV) han sido definidos y clasificados. También se han fundamentado de forma teórica los incrementos de la fuerza explosiva, revisando las distintas modificaciones de las resistencias durante las repeticiones, series y sesiones, pero el uso de *Resistencia Variable Intra-Serie* (RVIS) aún no ha sido probado como activador para generar Potenciación Post Activación (PAP).

2.2. Objetivos

2.2.1. *Objetivos Generales*

- El objetivo general principal de esta tesis doctoral, fue determinar el efecto agudo de programas de RVIS en la fuerza explosiva.
- El objetivo general secundario, fue determinar las variaciones de los indicadores sanguíneos de daño muscular posterior a la aplicación de programas de RVIS.
- El tercer objetivo general de la tesis, fue comparar el efecto agudo de programas de RVIS en deportistas profesionales y aficionados.

2.2.2. *Objetivos Específicos*

Con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos generales de la tesis, se desarrollaron cinco estudios. Cada uno de estos estudios tuvo objetivos específicos relacionados de forma directa con el objetivo general:

Estudio I:

- Determinar el efecto agudo de un programa de RVIS en Press Banca sobre la velocidad y distancia del lanzamiento de la granada.
- Determinar la fatiga local y general en pentatletas militares.

Estudio II:

- Determinar las variaciones en los indicadores sanguíneos de daño muscular posterior a la aplicación de dos programas de RVIS a través de Press Banca en pentatletas militares.
- Determinar el efecto agudo de dos programas de RVIS en Press Banca sobre la distancia del lanzamiento de la granada en pentatletas militares.

Estudio III:

- Comparar el efecto agudo de un programa de RVIS en Press Banca sobre la velocidad y distancia del lanzamiento de la granada en pentatletas militares profesionales y aficionados.
- Evaluar los indicadores de fatiga en pentatletas militares profesionales y aficionados.

Estudio IV:

- Determinar el efecto agudo de un programa de RVIS en Sentadilla sobre el tiempo realizado en 30 m planos.

- Determinar la fatiga local y general en pentatletas militares.

Estudio V:

- Determinar las variaciones en los indicadores sanguíneos de daño muscular posterior a la aplicación de dos programas de RVIS a través de Sentadilla en pentatletas militares.
- Determinar el efecto agudo de dos programas de RVIS en Sentadilla sobre el tiempo realizado en 30 m planos.

METODOLOGÍA

3.1. Tratamiento

En el desarrollo de esta tesis doctoral se utilizaron dos tipos de Resistencia Variable Intra-Serie (RVIS). La primera de ellas definida como Experimental 1 (E1), consistente en cuatro series, cada una de ellas con nueve repeticiones. Las primeras cinco repeticiones se trabajaron al 30 % de 1RM, mientras que las siguientes cuatro repeticiones se trabajaron al 60 % de 1RM. En la primera fase de la tesis doctoral fue ejecutado el tratamiento con Press Banca y en la segunda fase se ejecutó el tratamiento con Sentadilla.

La segunda forma de RVIS fue definida como Experimental 2 (E2), consistente en cuatro series, cada una de ellas con nueve repeticiones. Las primeras cuatro repeticiones se trabajaron al 60 % de 1RM, mientras que las siguientes cinco repeticiones se trabajaron al 30 % de 1RM. En la primera fase de la tesis doctoral fue ejecutado el tratamiento con Press Banca y en la segunda fase se ejecutó el tratamiento con Sentadilla.

En ambos tratamientos de RVIS, entre las cargas livianas y las cargas pesadas, hubo una pausa de cinco segundos, esta pausa fue exclusivamente para el ajuste del peso en ambos ejercicios (Press Banca y Sentadilla), por lo tanto, no formó parte de ninguna estrategia metodológica.

Realizada la activación con Press Banca o Sentadilla, cada serie concluía con un gesto deportivo y prueba física, es así como en el tratamiento con Press Banca, las series para E1 y E2 concluían con tres lanzamientos de granadas separados por 15 segundos cada uno, mientras que para el tratamiento con Sentadilla, las series para E1 y E2 concluían con tres carreras de 30 metros planos separados por 120 segundos cada una.

Al término de cada serie para E1 y E2, tanto en Press Banca como en Sentadilla, se evaluaban las concentraciones de Lactato sanguíneo.

3.2. Valoración de indicadores sanguíneos de daño muscular

Para determinar las modificaciones en los indicadores sanguíneos de daño muscular generadas por cada uno de los tratamientos con RVIS (Press Banca o Sentadilla), se realizaron las siguientes mediciones: se utilizó una medición de base (Baseline) antes de la aplicación de los protocolos, una segunda medición a las 24 horas de aplicado el tratamiento E1 y una tercera medición a las 24 horas de aplicado el tratamiento E2.

Todas las mediciones se realizaron en el Banco de Sangre del Hospital Naval de la Armada de Chile, ubicado en la ciudad de Viña del Mar, Quinta Región, Chile.

Cabe mencionar, que los tratamientos con Press Banca y Sentadilla fueron desarrollados con cinco meses de separación.

Los indicadores sanguíneos de daño muscular utilizados para esta tesis doctoral fueron: Cortisol, Creatín Kinasa Metabólica (CK-MB) y Creatín Kinasa Total (CK-Total).

3.3. Diseño de experimentación

Tanto en el tratamiento de Press Banca como en el de Sentadilla se utilizó un diseño cuasi experimental Cross Over Intra Sujeto.

3.3.1. Diseños para Press Banca

Sólo el tratamiento de Press Banca fue aplicado en dos grupos de sujetos con niveles distintos de entrenamiento. El primero de ellos definido como Grupo Profesional (GP), mientras que el segundo fue definido como Grupo Aficionado (GA).

En ambos grupos, se utilizó el mismo diseño (cuasi experimental Cross Over Intra Sujeto). En ambos casos, cada grupo fue dividido en dos subgrupos equitativos, mientras que los sujetos fueron incluidos en estos de forma aleatoria.

En la primera jornada de intervención los Subgrupos 1 y 3 fueron tratados con E1 y los Subgrupos 2 y 4 fueron tratados con E2. 48 posteriores a esta aplicación cada subgrupo fue intervenido con el segundo tratamiento (E2 y E1 respectivamente) (Figura 7).

TRATAMIENTO EXPERIMENTAL PRESS BANCA (PRIMERA JORNADA)	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL PRESS BANCA (SEGUNDA JORNADA)
Grupo Profesional - Subgrupo 1 ($n = 5$): E1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM	Grupo Profesional - Subgrupo 1 ($n = 5$): E2 *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM
Grupo Profesional - Subgrupo 2 ($n = 5$): E2 *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM	Grupo Profesional - Subgrupo 2 ($n = 5$): E1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM
Grupo Aficionado - Subgrupo 3 ($n = 5$): E1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM	Grupo Aficionado - Subgrupo 3 ($n = 5$): E2 *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM
Grupo Aficionado - Subgrupo 4 ($n = 4$): E2 *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM	Grupo Aficionado - Subgrupo 4 ($n = 4$): E1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM

E1 (Tratamiento Experimental 1); E2 (Tratamiento Experimental 2); 1RM (Una Repetición Máxima); % (porcentaje).

Figura 7. Diseño Cross Over Intra Sujeto para Press Banca.

En el tratamiento con Press Banca se cuantificaron los indicadores sanguíneos de daño muscular para el GP. En este análisis las variables medidas fueron: Cortisol, CK-MB y CK-Total, mientras que el diseño de estudio fue cuasi experimental Cross Over Intra Sujeto (Figura 8).

PERFIL BIOQUÍMICO TEST	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL 1 Y 2 PRESS BANCA	PERFIL BIOQUÍMICO POST-TEST	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL 1 Y 2 PRESS BANCA	PERFIL BIOQUÍMICO POST-TEST
Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS	Grupo Profesional - Subgrupo 1 ($n = 5$): E1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM Grupo Profesional - Subgrupo 2 ($n = 5$): E2 *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS	Grupo Profesional - Subgrupo 1 ($n = 5$): E2 *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM Grupo Profesional - Subgrupo 2 ($n = 5$): E1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS

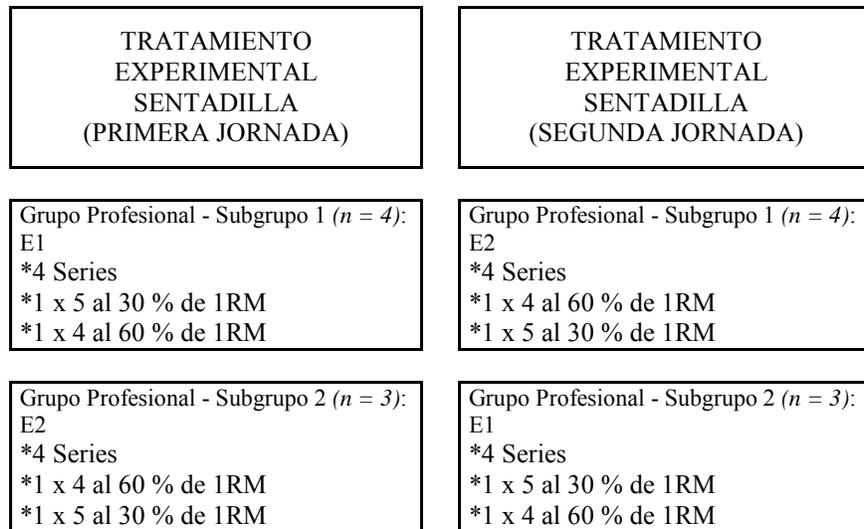
RVIS (Resistencia Variable Intra-Serie); E1 (Tratamiento Experimental 1); E2 (Tratamiento Experimental 2); 1RM (Una Repetición Máxima); % (porcentaje).

Figura 8. Diseño Cross Over Intra Sujeto para medir indicadores sanguíneos de daño muscular en Press Banca.

3.3.2. Diseños para Sentadilla

El tratamiento con Sentadilla sólo fue aplicado en el GP, pero al igual que el tratamiento con Press Banca el grupo fue dividido en dos subgrupos equitativos de forma aleatoria.

En el primer día de intervención el Subgrupo 1 fue tratado con E1 y el Subgrupos 2 fue tratado con E2. 48 horas posteriores a esta aplicación cada subgrupo fue intervenido con el segundo tratamiento (E2 y E1 respectivamente) (Figura 9).



E1 (Tratamiento Experimental 1); E2 (Tratamiento Experimental 2); 1RM (Una Repetición Máxima); % (porcentaje).

Figura 9. Diseño Cross Over Intra Sujeto para Sentadilla.

De igual manera que el tratamiento con Press Banca, en el tratamiento con Sentadilla se cuantificaron los indicadores sanguíneos de daño muscular para el GP. En este análisis las variables medidas fueron: Cortisol, CK-MB y CK-Total, mientras que el diseño de estudio fue cuasi experimental Cross Over Intra Sujeto (Figura 10).

PERFIL BIOQUÍMICO TEST	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL 1 Y 2 SENTADILLA	PERFIL BIOQUÍMICO POST-TEST	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL 1 Y 2 SENTADILLA	PERFIL BIOQUÍMICO POST-TEST
Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS	Grupo Profesional - Subgrupo 1 ($n = 4$): E1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS	Grupo Profesional - Subgrupo 1 ($n = 4$): E2 *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS
	Grupo Profesional - Subgrupo 2 ($n = 3$): E2 *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM		Grupo Profesional - Subgrupo 2 ($n = 3$): E1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM	

RVIS (Resistencia Variable Intra-Serie); E1 (Tratamiento Experimental 1); E2 (Tratamiento Experimental 2); 1RM (Una Repetición Máxima); % (porcentaje).

Figura 10. Diseño Cross Over Intra Sujeto para medir indicadores sanguíneos de daño muscular en Sentadilla.

El diseño Cross Over Intra Sujeto surge como una alternativa remedial para trabajar con muestras pequeñas, debido a que usa a los mismos individuos de experimentación como parámetro inicial de control. Cada vez que se aplica un tratamiento y se usa un diseño Cross Over Intra Sujeto se duplica el número de individuos. En la presente tesis doctoral y como quedó explícito en párrafos anteriores, en los estudios I, II y III hubo 19 sujetos, subiendo a 57 casos al utilizar el mencionado diseño (se aplicaron 2 tratamientos); de forma parecida, en los estudios IV y V hubo 7 casos, llegando a 21 con el uso del diseño de investigación (se aplicaron 2 tratamientos).

3.4. Población del estudio

El Pentatlón Militar es el deporte de aplicación militar más importante del Consejo Internacional del Deporte Militar (CISM), siendo la competencia más significativa el Campeonato del Mundo. En la última cita mundial (2015), 26 países presentaron equipo completo (06 integrantes por equipo) y Chile ocupó el 6° puesto.

El Pentatlón Militar consiste en cinco exigentes pruebas: Tiro con el rifle estándar (200 y/o 300 m), Carrera con Obstáculos (500 m), Natación con Obstáculos (50 m), Lanzamiento de la Granada y Cross Country de 8 Km.

Los sujetos escogidos para el desarrollo de los estudios I, II, III, IV y V, fueron parte de los Seleccionados Institucionales de Pentatlón Militar de la Armada y de Carabineros de Chile.

Tanto en la Armada como en Carabineros de Chile existe una marcada diferencia en el nivel de los deportistas que practican Pentatlón Militar. En ambas reparticiones castrenses existen funcionarios con dedicación exclusiva para los entrenamientos y competencias, ellos fueron clasificados como Grupo Profesional (GP). De forma paralela, todos los atletas que practicaban Pentatlón Militar como parte de un programa de estudios dentro de las Escuelas de formación fueron denominados como Grupo Aficionado (GA).

De manera cuantitativa, el GP sumaba en promedio 34 horas de entrenamiento semanal para preparar las cinco pruebas del deporte, mientras que el GA sólo alcanzaba 11 horas semanales.

Durante los años 2014 y 2015, las Fuerzas Armadas y de Orden de Chile tenían una población de 19 pentatletas profesionales. Del número antes mencionado, 10 sujetos fueron parte de los estudios I, II y III, cifra equivalente al 52.6 % de la población. Mientras que para los estudios IV y V, siete pentatletas profesionales fueron parte de la muestra, cifra equivalente al 36.8 % de la población.

En el año 2014, las Fuerzas Armadas y de Orden de Chile tenían una población de 60 pentatletas aficionados. De esta cifra, nueve sujetos participaron de los estudios I, II y III, cifra equivalente al 15.0 % de la población.

El criterio principal de inclusión, fue que todos los participantes debían tener a lo menos seis meses representando a las Instituciones Armadas antes del estudio. Además, todos los deportistas y entrenadores fueron informados del objetivo de este estudio y de los posibles

riesgos del experimento, todos firmaron un consentimiento informado antes de la aplicación del tratamiento. El consentimiento informado y el estudio fueron aprobados por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Granada, España (registro número 933).

A continuación, se expondrán tablas que identifican a los sujetos que participaron en los cinco estudios de esta Tesis Doctoral:

3.4.1. Muestra Estudio I y II:

Diez pentatletas militares pertenecientes a las Fuerzas Armadas y de Orden de Chile (edad: 28.5 ± 4.8 años; peso: 66.2 ± 2.8 kg; estatura: 171.4 ± 3.7 cm; Índice de Masa Corporal: 22.6 ± 1.2 Kg/m²; porcentaje graso: 11.3 ± 2.9 %) fueron parte del estudio (Tabla 7).

Tabla 7. Características de la muestra (media \pm DS) del Estudio I y II.

Grupo Experimental (n=10)	
Edad (años)	28.5 \pm 4.8
Estatura (cm)	171.4 \pm 3.7
Peso (kg)	66.2 \pm 2.8
IMC (Kg/m ²)	22.6 \pm 1.2
Porcentaje Graso	11.3 \pm 2.9

IMC (Índice de Masa Corporal).

3.4.2. Muestra Estudio III:

Diecinueve pentatletas militares pertenecientes a las Fuerzas Armadas y de Orden de Chile (edad: 24.8 ± 5.3 años; peso: 66.2 ± 4.8 Kg; estatura: 172.4 ± 5.2 cm; Índice de Masa Corporal: 22.3 ± 1.2 Kg/m²; porcentaje graso: 11.4 ± 2.5 %) fueron parte del estudio (Tabla 8).

Tabla 8. Características de la muestra (media \pm DS) del Estudio III.

	Grupo Profesional (n=10)	Grupo Aficionado (n=9)
Edad (años)	28.5 \pm 4.8	20.8 \pm 1.6
Estatura (cm)	171.4 \pm 3.7	173.6 \pm 6.5
Peso (Kg)	66.2 \pm 2.8	66.2 \pm 6.5
IMC (Kg/m ²)	22.6 \pm 1.2	21.9 \pm 1.2
Porcentaje Graso	11.3 \pm 2.9	11.5 \pm 2.0

IMC (Índice de Masa Corporal).

3.4.3. Muestra Estudio IV y V:

Siete pentatletas militares pertenecientes a la Armada de Chile (edad: 25.0 \pm 2.6 años; peso: 67.1 \pm 2.0 kg; estatura: 172.7 \pm 3.6 cm; índice masa corporal: 22.5 \pm 1.0 kg/m²; porcentaje graso: 12.0 \pm 2.6 %) fueron parte del estudio (Tabla 9).

Tabla 9. Características de la muestra (media \pm DS) del Estudio IV y V.

	Grupo Experimental (n = 7)
Edad (años)	25.0 \pm 2.6
Estatura (cm)	172.7 \pm 3.6
Peso (kg)	67.1 \pm 2.0
IMC (Kg/m ²)	22.5 \pm 1.0
Porcentaje Graso	12.0 \pm 2.6

IMC (Índice de Masa Corporal).

3.6. Procedimiento de evaluación

Como primera medida de intervención, los estudios se realizaron en el período específico de la curva anual de trabajo, de esta manera los entrenamientos de RVIS acoplaban a las exigencias del cuerpo técnico. Durante todo el experimento los participantes estuvieron

supervisados por los investigadores. Además, previo a cualquier proceso de intervención, los sujetos fueron pesados y medidos. Junto a esto, se les solicitó que se abstuvieran de ingerir cafeína, medicamentos y cualquier sustancia que incrementara el metabolismo durante todo el experimento.

3.6.1. Caracterización de la muestra

Para la caracterización de la muestra, el peso y la estatura se midieron con la Balanza y Estadiómetro Health o Meter Professional[®]. La balanza puede medir hasta 204 Kg y posee una vara que va desde 60 cm hasta 214 cm de altura. Los pliegues cutáneos se midieron con un calíper que posee una presión constante de 10 g/mm². Los pliegues cutáneos medidos para determinar el porcentaje graso fueron el Bíceps, Tríceps, Subescapular y Supra Espinal, utilizando el método de Durnin & Womersley (1974)⁷³.

3.6.2. Medición de RM y Potencias

Tanto la RM como las potencias máximas (P max) y potencias promedio (P pro) en Press Banca y Sentadilla durante el trabajo de RVIS de los estudios, fueron evaluadas con el Encoder Lineal CHRONO JUMP[®] a través del software CHRONOJUMP Versión 1.4.6.0[®]. La RM fue evaluada de forma indirecta en dos sesiones separadas por 24 h (test – re-test); para la obtención de 1RM Indirecta, se utilizó la fórmula propuesta por Sanchez-Medina et al. (2010)⁷⁴. 24 h posteriores al re-test, se evaluó una serie control al 60 % de 1RM, esto tuvo por finalidad verificar la zona de potencia de cada deportista¹⁷. Durante los experimentos, los métodos de RVIS en Press Banca y Sentadilla fueron monitoreados tanto en sus cargas livianas (30 % de 1RM) como en sus cargas pesadas (60 % de 1RM), esto permitió verificar la aparición de fatiga durante el desarrollo de la intervención.

3.6.2. Lanzamiento de Granada

En los estudios I, II y III, la PAP fue evaluada a través del lanzamiento de “granada”. Este implemento deportivo forma parte de las cinco pruebas del Pentatlón Militar (Figura 11).

Para medir las velocidades máximas de lanzamiento de la granada, se utilizó un RADAR GUN Marca Bushnell® Modelo Speedster III con un rango de medición de 16-177 Kilómetros por hora (Km/h) sobre 58 metros (m), con transmisor radar de 24.125 Giga Herz (GHz) y transmisor de datos de 916.68 Mega Herz (MHz). Tanto en la serie control como en las cuatro series del método experimental, cada sujeto lanzó tres proyectiles desde la plataforma reglamentaria de lanzamiento de granada (Figura 12). Para el análisis se utilizó la velocidad máxima del mejor lanzamiento (V_{max}) (km/h) y el promedio de las velocidades máximas de los tres lanzamientos por serie (V_{pro}) (km/h).

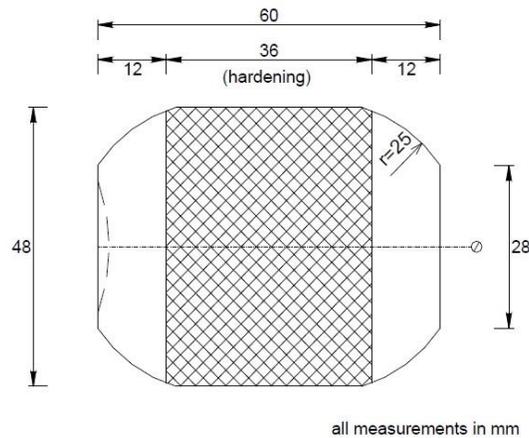


Figura 11. Granada para varones (575 gm) usada para los Estudios I, II y III.

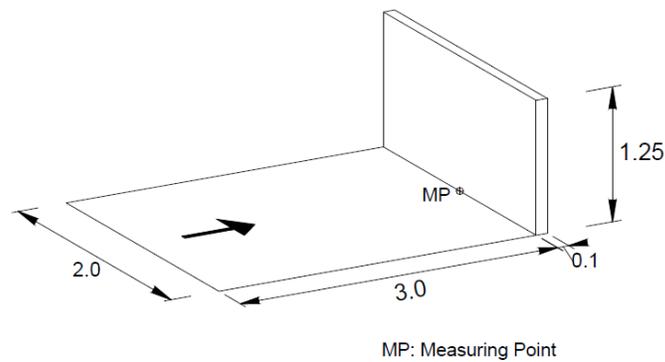


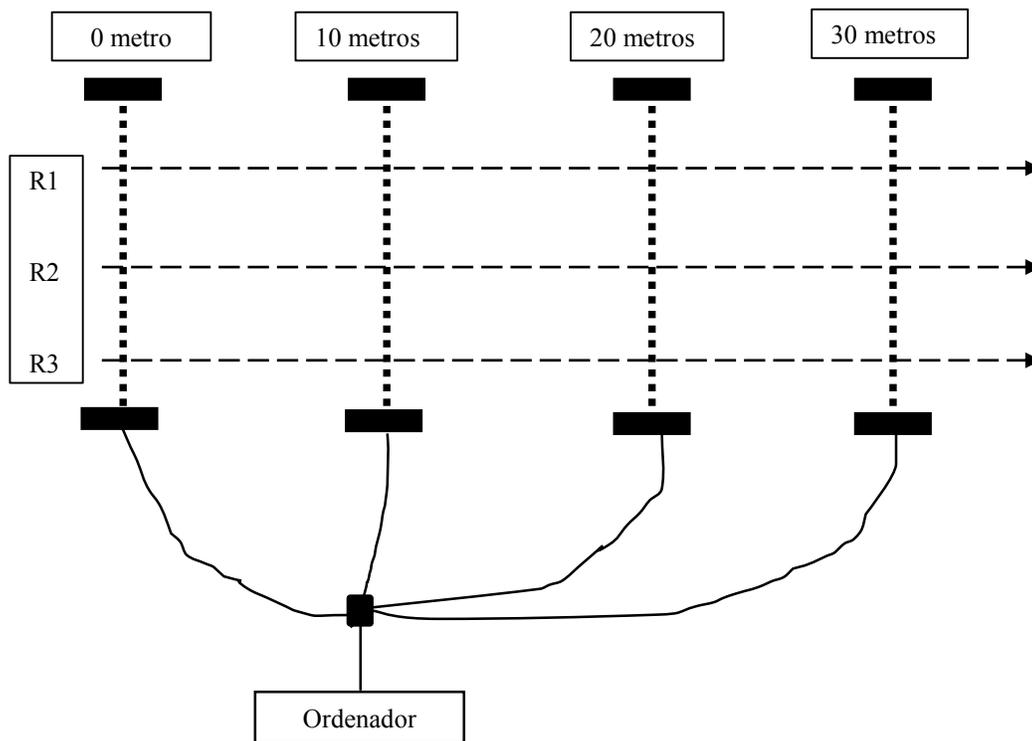
Figura 12. Plataforma de lanzamiento usada para los Estudios I, II y III.

En cada uno de los tres lanzamientos de la serie control y de las cuatro series experimentales, la distancia se midió con una cinta métrica de 60 m graduada en centímetros (cm); para el análisis se utilizó la distancia correspondiente a la velocidad máxima del mejor lanzamiento

(D vel max) (m), la mayor distancia de los tres lanzamientos (D max) (m) y el promedio de las distancias de los tres lanzamientos (D pro) (m).

3.6.2. Evaluación de 30 metros planos

En los estudios IV y V, los 30 m planos fueron evaluados desde el inicio (0 m), a los 10 m, 20 m y 30 m (Figura 13). Para medir el tiempo parcial (10 y 20 m), más el tiempo final (30 m), se utilizó una FOTO CÉLULA CHRONO JUMP[®] a través del software CHRONOJUMP Versión 1.4.6.0[®]. Tanto en la serie control como en las cuatro series del método experimental, cada sujeto realizó tres carreras de 30 m planos en el menor tiempo posible, cada una de estas repeticiones tuvo una pausa de 120 s. Para el análisis estadístico, se utilizó el tiempo mínimo de la mejor repetición (t min) (s) y el promedio de los tiempos mínimos de las tres repeticiones por serie (t pro) (s).



R1 (repetición 1); R2 (repetición 2); R3 (repetición 3); ■---■ (pódico de foto célula).

Figura 13. Secuencia de repeticiones de 30 m planos en los Estudios IV y V.

3.6.3. Medición de Lactato

Las concentraciones de Lactato [La] para los cinco estudios, se evaluaron con el medidor h/p/Cosmos Sirius[®] que genera una detección enzimática-amperométrica de Lactato con una precisión de $\pm 3 \%$ (desviación estándar mínima de 0.2 milimoles por litro (mmol/L)), volumen de muestra 0.2 micro litros (μL) y con una rango de medición de 0.5 – 25.0 mmol/L.

Medición de Lactato para estudios I, II y III

El Lactato se midió al término de los tres lanzamientos de la serie control y de las cuatro series experimentales.

Medición de Lactato para estudios IV y V

El Lactato, tanto para la serie control como las cuatro series experimentales, se midió 120 s posteriores al término de la tercera repetición.

3.6.4. Calentamientos estandarizados

Calentamientos estandarizados en estudios I, II y III

En los estudios I, II y III tanto para evaluación de 1RM indirecta como para la serie control y las cuatro experimentales, el calentamiento consistió en 10 minutos (min) de trote, de éstos los primeros cinco min fueron libres y los otros con movimientos balísticos de la extremidad superior (flexiones, extensiones, aducciones y abducciones de hombro).

Calentamientos estandarizados en estudios IV y V

En los estudios I, II y III tanto para la evaluación de 1RM indirecta como para la serie control y las cuatro experimentales, el calentamiento consistió en 10 min de trote, de éstos los primeros cinco min fueron libres y los otros con movimientos balísticos de la extremidad

inferior (flexiones, extensiones, aducciones y abducciones de caderas, además de flexiones y extensiones de rodillas y tobillos).

3.7. Programas de trabajo

3.7.1. Programa de trabajo Estudio I

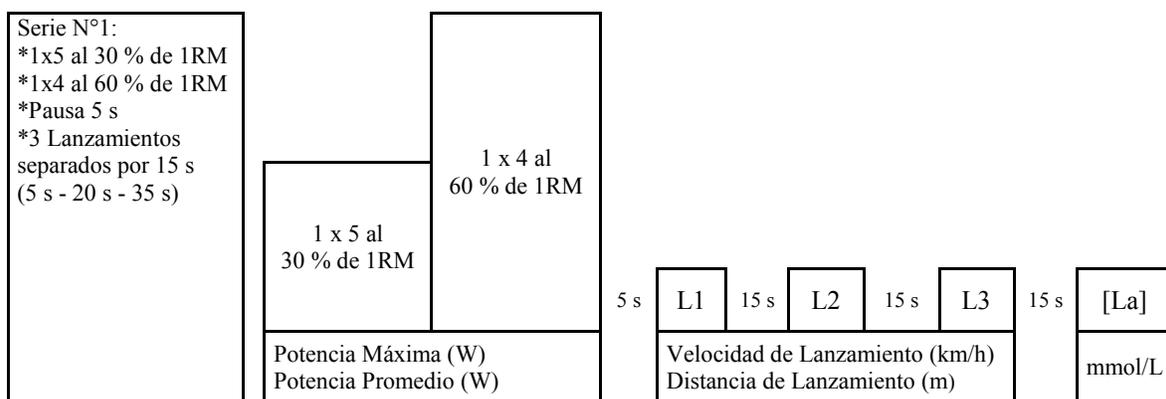
En el Estudio I, el programa de trabajo incluyó la medición de 1RM indirecta en test y re-test con una separación de 24 horas (h); posterior al re-test, se comprobó el 60 % de 1RM (1 serie de 4 repeticiones), esto tuvo por objetivo corroborar si los sujetos se encontraban en la zona óptima de potencia¹⁷, dichos valores de P max y P pro fueron considerados como serie control. Una vez terminada la comprobación del 60 % de 1RM, los sujetos lanzaron tres proyectiles a la mayor velocidad y distancia que les fuera posible, de estos datos se consideró la V max, V pro, D vel max, D max y D pro. Todos estos datos fueron parte de la serie control. Una vez finalizado el tercer lanzamiento de granada, a todos los sujetos se les midieron las [La], antecedente utilizado como parte de la serie control (Figura 14).

SEMANA 1			SEMANA 2
MARTES	MIÉRCOLES	VIERNES	MARTES
PRESS BANCA RM TEST (DÍA 1)	PRESS BANCA RM RE-TEST (DÍA 2)	SERIE CONTROL (DÍA 3)	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL (DÍA 4)
Test Incremental	Test Incremental	Serie Control: *1 x 4 al 60 % de 1RM	Series Experimentales: *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM
		3 Lanzamientos de granada: Velocidad de Lanzamiento (km/h) Distancia de Lanzamiento (m)	3 Lanzamientos de granada: Velocidad de Lanzamiento (km/h) Distancia de Lanzamiento (m)
		*Concentraciones de Lactato (mmol/L)	*Concentraciones de Lactato (mmol/L)

km/h (kilómetros por hora); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato); m/s (metros por segundo).

Figura 14. Diseño Experimental de RVIS a través de Press Banca para Estudio I.

La sesión de intervención con RVIS consistió en: 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada separada por 15 s y medición de Lactato 15 s posterior al último lanzamiento de granada (Figura15).



km/h (kilómetros por hora); s (segundos); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato); W (Watts); L1 (Lanzamiento 1); L2 (Lanzamiento 2); L3 (Lanzamiento 3).

Figura 15. Diseño de sesión experimental de RVIS a través de Press Banca para Estudio I.

3.7.2. Programa de trabajo Estudio II

Posterior a la valoración de 1RM (test – re-test), antes y después de la aplicación de los tratamientos (Serie Control, Experimental 1 y 2) a todos los participantes se les evaluó el perfil bioquímico, pruebas consistentes en la valoración de: CK-MB, CK-Total y Cortisol, esto tuvo por finalidad valorar el nivel de daño muscular generado por la RVIS.

El análisis de sangre fue realizado a través del *método enzimático* para la CK-MB y la CK-Total. Para el Cortisol, el método usado fue el *Inmunoanálisis Quimioluminiscente de Micropartículas*. Todas las mediciones y análisis fueron realizadas en el Hospital Naval de la Armada de Chile.

En la valoración del perfil bioquímico se utilizaron tres mediciones. La primera de ellas corresponde a la línea de base (baseline) en ayuno, previo a ésta hubo un lavado (wash up) de 48 h; posterior a esta medición, el grupo de diez sujetos fue dividido en dos grupos de

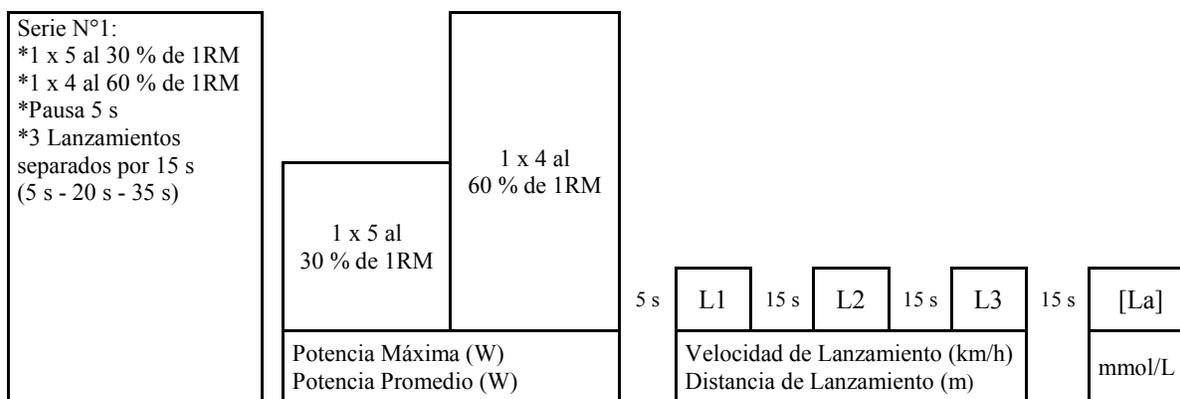
cinco de forma aleatoria, el *subgrupo 1* trabajó con E1, mientras el *subgrupo 2* trabajó con E2; 24 h posteriores a este tratamiento se volvió a medir el perfil bioquímico en ayuno; en el segundo día de tratamiento el *subgrupo 1* trabajó con E2, mientras el *subgrupo 2* trabajó con E1; 24 h posteriores del segundo día de tratamiento se volvió a medir el perfil bioquímico en ayuno (Figura 16).

SEMANA 1			SEMANA 2				
MARTES	MIÉRCOLES	VIERNES	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
PRESS BANCA RM TEST (DÍA 1)	PRESS BANCA RM RE-TEST (DÍA 2)	SERIE CONTROL (DÍA 3)	PERFIL BIOQUÍMICO TEST (DÍA 4)	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL 1 Y 2 (DÍA 5)	PERFIL BIOQUÍMICO POST-TEST (DÍA 6)	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL 1 Y 2 (DÍA 7)	PERFIL BIOQUÍMICO POST-TEST (DÍA 8)
Test incremental para curva Fuerza/Velocidad para toda la muestra (m/s)	Test incremental para curva Fuerza/Velocidad para toda la muestra (m/s)	<p>Serie Control: *1 x 4 al 60 % de 1RM</p> <p>*3 Lanzamientos de granada: *Velocidad de Lanzamiento (km/h) *Distancia de Lanzamiento (m)</p> <p>*Concentraciones de Lactato (mmol/L)</p>	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS	<p>Experimental 1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM <i>Subgrupo 1</i></p>	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS	<p>Experimental 1 *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM <i>Subgrupo 2</i></p>	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS
		<p>Experimental 2: *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM <i>Subgrupo 2</i></p>		<p>Experimental 2: *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM <i>Subgrupo 1</i></p>			
		<p>*3 Lanzamientos de granada: *Velocidad de Lanzamiento (km/h) *Distancia de Lanzamiento (m)</p> <p>*Concentraciones de Lactato (mmol/L)</p>		<p>*3 Lanzamientos de granada: *Velocidad de Lanzamiento (km/h) *Distancia de Lanzamiento (m)</p> <p>*Concentraciones de Lactato (mmol/L)</p>		<p>*3 Lanzamientos de granada: *Velocidad de Lanzamiento (km/h) *Distancia de Lanzamiento (m)</p> <p>*Concentraciones de Lactato (mmol/L)</p>	

km/h (kilómetros por hora); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); m/s (metros por segundo).

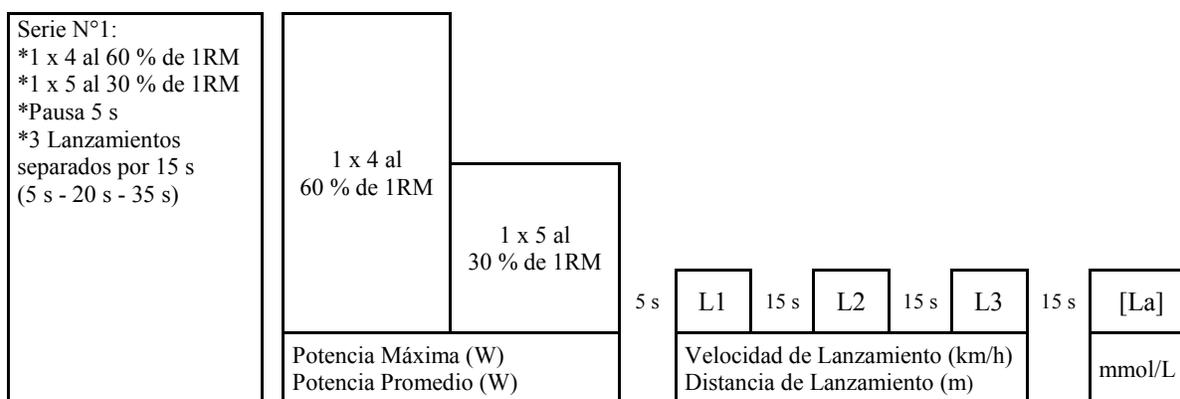
Figura 16. Diseño Experimental de RVIS a través de Press Banca para Estudio II.

Se aplicaron dos tratamientos, el primero definido con Experimental 1 (E1), consistió en: 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada (Figura 17); el segundo tratamiento definido como Experimental 2 (E2), consistió en: 4 series de 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada (Figura 18).



km/h (kilómetros por hora); s (segundos); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato); W (Watts); L1 (Lanzamiento 1); L2 (Lanzamiento 2); L3 (Lanzamiento 3).

Figura 17. Diseño de sesión Experimental 1 (E1) de RVIS a través de Press Banca para Estudio II.



km/h (kilómetros por hora); s (segundos); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato); W (Watts); L1 (Lanzamiento 1); L2 (Lanzamiento 2); L3 (Lanzamiento 3).

Figura 18. Diseño de sesión Experimental 2 (E2) de RVIS a través de Press Banca para Estudio II.

3.7.3. Programa de trabajo Estudio III

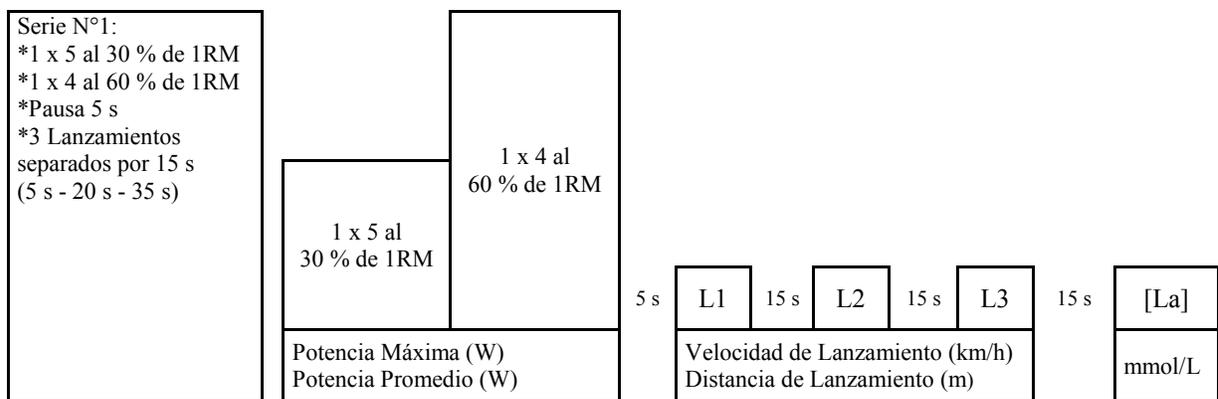
En el estudio III, el programa de trabajo incluyó la medición de 1RM indirecta en test y re-test, estas dos pruebas tuvieron una separación de 24 h y, posterior a esto, se comprobó el 60 % de 1RM (1 serie de 4 repeticiones), esto tuvo por objetivo corroborar si los sujetos se encontraban en la zona óptima de potencia¹⁷, dichos valores de P max y P pro fueron considerados como serie control (ver Estudios I y II). Una vez terminada la comprobación del 60 % de 1RM, los sujetos lanzaron tres proyectiles a la mayor velocidad y distancia que les fuera posible, de estos datos se consideró la V max, V pro, D vel max, D max y D pro, todos estos datos fueron parte de la serie control. Una vez finalizado el tercer lanzamiento de granada, a todos los sujetos se les midieron las [La], antecedente utilizado como parte de la serie control (Figura 19).

SEMANA 1			SEMANA 2
MARTES	MIÉRCOLES	VIERNES	MARTES
PRESS BANCA RM TEST (DÍA 1)	PRESS BANCA RM RE-TEST (DÍA 2)	SERIE CONTROL (DÍA 3)	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL (DÍA 4)
Test incremental para curva Fuerza/Velocidad para toda la muestra (m/s)	Test incremental para curva Fuerza/Velocidad para toda la muestra (m/s)	Serie Control: *1 x 4 al 60 % de 1RM	Grupo Profesional: *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM
			3 Lanzamientos de granada: Velocidad de Lanzamiento (km/h) Distancia de Lanzamiento (m)
			*Concentraciones de Lactato (mmol/L)
			Grupo Aficionado: *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM
		3 Lanzamientos de granada: Velocidad de Lanzamiento (km/h) Distancia de Lanzamiento (m)	3 Lanzamientos de granada: Velocidad de Lanzamiento (km/h) Distancia de Lanzamiento (m)
		*Concentraciones de Lactato (mmol/L)	*Concentraciones de Lactato (mmol/L)

km/h (kilómetros por hora); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato); m/s (metros por segundo).

Figura 19. Diseño Experimental de RVIS a través de Press Banca para el Estudio III.

La sesión de intervención con RVIS consistió en: 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada separada por 15 s (Figura 20).



km/h (kilómetros por hora); s (segundos); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato); W (Watts); L1 (Lanzamiento 1); L2 (Lanzamiento 2); L3 (Lanzamiento 3).

Figura 20. Diseño de sesión experimental de RVIS a través de Press Banca para el Estudio III.

3.7.4. Programa de trabajo Estudio IV

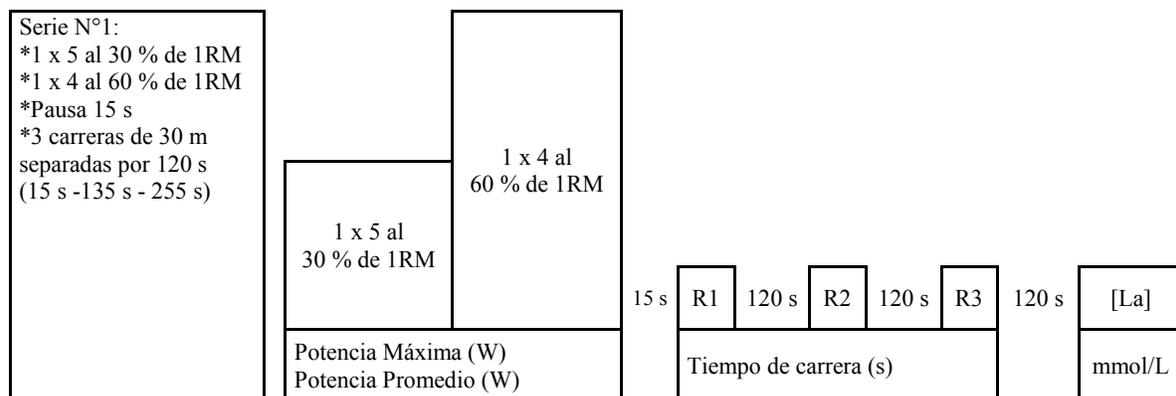
El programa de trabajo incluyó la medición de 1RM indirecta en Sentadilla. Ésta se evaluó en test y re-test con una separación de 24 h. Posterior a esto, se comprobó el 60 % de 1RM (1 serie de 4 repeticiones), el objetivo fue corroborar si los sujetos se encontraban en la zona óptima de potencia¹⁷, dichos valores de P max y P pro fueron considerados como serie control. Una vez terminada la comprobación del 60 % de 1RM, los sujetos realizaron tres carreras de 30 m desde una partida estática a la mayor velocidad les fuera posible y de estos datos se consideró el t min y t pro. Todos estos datos fueron parte de la serie control. Una vez finalizada la tercera repetición de 30 m, a todos los sujetos se les midieron las [La], antecedente utilizado como parte de la serie control (Figura 21).

SEMANA 1			SEMANA 2
MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	MARTES
SENTADILLA REPETICIÓN MÁXIMA TEST (DÍA 1)	SENTADILLA REPETICIÓN MÁXIMA RE-TEST (DÍA 2)	SERIE CONTROL (DÍA 3)	TRATAMIENTO EXPERIMENTAL (DÍA 4)
Test Incremental	Test Incremental	Serie Control: *1 x 4 al 60 % de 1RM	Series Experimentales: *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM
		3 Carreras de 30 m (s)	3 Carreras de 30 m (s)
		*Concentraciones de Lactato (mmol/L)	*Concentraciones de Lactato (mmol/L)

s (segundos); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato).

Figura 21. Diseño Experimental de RVIS a través de Sentadilla para el Estudio IV.

La sesión de intervención con RVIS consistió en: 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60% de 1RM + 3 repeticiones de 30 m separada por 120 s (Figura 22).



s (segundos); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato); W (Watts); R1 (repetición 1); R2 (repetición 2); R3 (repetición 3).

Figura 22. Diseño de sesión experimental de RVIS a través de Sentadilla para Estudio IV.

3.7.5. Programa de trabajo Estudio V

En el Estudio V, posterior a la valoración de 1RM (test – re-test), antes y después de la aplicación de los tratamientos (Serie Control, Experimental 1 y 2), a todos los participantes se les evaluó el perfil bioquímico, pruebas consistentes en la valoración de: CK-MB, CK-Total y Cortisol. Estos indicadores sanguíneos permitieron valorar el nivel de daño muscular generado por la RVIS.

El análisis de sangre fue realizado a través del *método enzimático* para la CK-MB y la CK-Total. Para el Cortisol, el método usado fue el *Inmunoanálisis Quimioluminiscente de Micropartículas*. Todas las mediciones y análisis fueron realizadas en el Hospital Naval de la Armada de Chile.

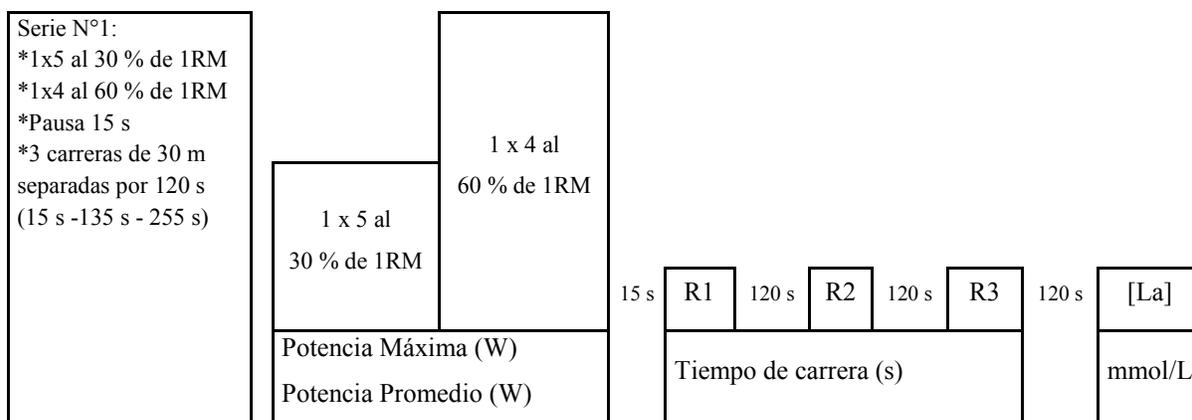
En la valoración del perfil bioquímico, se utilizaron tres mediciones. La primera de ellas corresponde a la línea de base (baseline) en ayuno, previo a esta hubo un lavado (wash up) de 48 h; posterior a esta medición el grupo de siete sujetos fue dividido en dos grupos aleatorios (subgrupo 1: $n = 4$, subgrupo 2: $n = 3$). El *subgrupo 1* trabajó con E1, mientras el *subgrupo 2* trabajó con E2; 24 horas posteriores a este tratamiento se volvió a medir el perfil bioquímico en ayuno. En el segundo día de tratamiento, el *subgrupo 1* trabajó con E2, mientras el *subgrupo 2* trabajó con E1; 24 horas posteriores del segundo día de tratamiento se volvió a medir el perfil bioquímico en ayuno (Figura 23).

SEMANA 1			SEMANA 2				
MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
SENTADILLA RM Indirecto TEST (DÍA 1)	SENTADILLA RM Indirecto RE-TEST (DÍA 2)	SERIE CONTROL (DÍA 3)	PERFIL BIOQUÍMICO TEST (DÍA 4)	MÉTODO EXPERIMENTAL 1 y 2 (DÍA 5)	PERFIL BIOQUÍMICO POST-TEST (DÍA 6)	MÉTODO EXPERIMENTAL 1 y 2 (DÍA 7)	PERFIL BIOQUÍMICO POST-TEST (DÍA 8)
Test incremental para curva Fuerza/Velocidad para toda la muestra (m/s)	Test incremental para curva Fuerza/Velocidad para toda la muestra (m/s)	Serie Control: *1 x 4 al 60 % de 1RM	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS	Experimental 1: *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM <i>Subgrupo 1</i>	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS	Experimental 1: *4 Series *1 x 5 al 30 % de 1RM *1 x 4 al 60 % de 1RM <i>Subgrupo 2</i>	Análisis de sangre para determinar daño muscular generado por el trabajo de RVIS
				Experimental 2: *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM <i>Subgrupo 2</i>		Experimental 2 *4 Series *1 x 4 al 60 % de 1RM *1 x 5 al 30 % de 1RM <i>Subgrupo 1</i>	
		3 Carrera de 30 m (s)		3 Carrera de 30 m (s)		3 Carrera de 30 m (s)	
		* Concentraciones de Lactato (mmol/L)		* Concentraciones de Lactato (mmol/L)		* Concentraciones de Lactato (mmol/L)	

1RM (Una Repetición Máxima); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); s (segundos) % (por ciento).

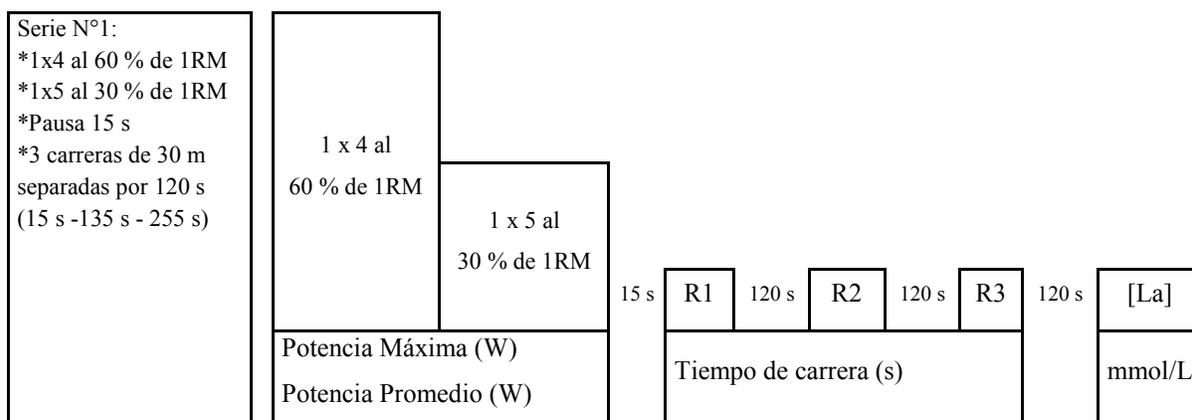
Figura 23. Diseño Experimental de RVIS a través de Sentadilla para Estudio V.

Se aplicaron dos tratamientos, el primero definido como Experimental 1 (E1), consistió en: 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 repeticiones de 30 m separadas por 120 s y (Figura 24). El segundo tratamiento definido como Experimental 2 (E2), consistió en: 4 series de 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 3 repeticiones de 30 m separadas por 120 s (Figura 25).



s (segundos); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato); W (Watts); R1 (repetición 1); R2 (repetición 2); R3 (repetición 3).

Figura 24. Diseño de sesión Experimental 1 (E1) de RVIS a través de Sentadilla para Estudio V.



s (segundos); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); 1RM (Una Repetición Máxima); [La] (concentraciones de Lactato); W (Watts); R1 (repetición 1); R2 (repetición 2); R3 (repetición 3).

Figura 25. Diseño de sesión Experimental 2 (E2) de RVIS a través de Sentadilla para Estudio V.

3.8. Análisis estadístico

En los cinco estudios realizados en esta Tesis Doctoral todas las series de datos y variables fueron sometidas al test de normalidad Kolmogorov-Smirnov (K-S). Dependiendo del resultado de la distribución de los datos, se utilizó *ANOVA de medias repetidas de Bonferroni* para distribución paramétrica o *ANOVA de Friedman con test y post test* para distribuciones no paramétricas.

Para la comparación entre series, y dependiendo de la distribución de los datos, se utilizó una *Prueba t para distribución paramétrica* o *Prueba t de Wilcoxon Matched pairs test* para distribución no paramétrica.

En relación al cálculo del *tamaño del efecto*, para el análisis ANOVA de medias repetidas se utilizó la prueba *Eta Cuadrado Parcial*, mientras que para el análisis con *t-Student* se utilizó la prueba *d de Cohen*.

Para la comprobación del test – re-test de 1RM, se utilizó un *índice de correlación (IC)*.

El nivel de significancia para todos los análisis estadísticos fue de $p < 0.05$. El análisis de datos se realizó con los software Graph Pad InStat Versión 3.05[®] y SPSS Statistics Versión 19.0[®].

3.8.1. Análisis estadístico en el Estudio I

Los datos se analizaron de la siguiente manera y orden: las variables de V max, V pro, D vel max, D max, D pro, [La], P pro y P max. Para el análisis Post hoc, en aquellas variables que se evidenciaron diferencias significativas a través de la prueba *ANOVA de medias repetidas*, se aplicó una *t de Student*. Con la prueba t de Student se compararon la Serie Control versus Serie Experimental 1 (Par 1), Serie Control versus Serie Experimental 2 (Par 2), Serie Control versus Serie Experimental 3 (Par 3) y Serie Control versus Serie Experimental 4 (Par 4). El tamaño del efecto para este análisis se calculó utilizando la prueba *d de Cohen*, este análisis

considera un efecto insignificante ($d < 0.2$), pequeño ($d = 0.2$ a 0.6), moderado ($d = 0.6$ a 1.2), grande ($d = 1.2$ a 2.0) o muy grande ($d > 2.0$).

3.8.2. Análisis estadístico en el Estudio II

Los datos se analizaron de la siguiente manera y orden: primero los indicadores sanguíneos de fatiga y daño muscular como la CK-MB, CK Total, Cortisol y [La], posteriormente las variables de D max y D pro del lanzamiento de la granada tanto para el E1 como el E2.

Para comparar el comportamiento de los indicadores sanguíneos de daño muscular, antes y después de la aplicación de los protocolos de RVIS, se aplicó una prueba *t de Student*, con esta prueba se compararon la *Línea de Base* con E1 y *Línea de Base* con E2. El tamaño del efecto para este análisis se calculó utilizando la prueba *d de Cohen*. Este análisis considera un efecto insignificante ($d < 0.2$), pequeño ($d = 0.2$ a 0.6), moderado ($d = 0.6$ a 1.2), grande ($d = 1.2$ a 2.0) o muy grande ($d > 2.0$).

3.8.3. Análisis estadístico en el Estudio III

Los datos se analizaron de la siguiente manera y orden: las variables de V max, V pro, D vel max, D max, D pro y [La]. Para el análisis Post hoc, en aquellas variables que se evidenciaron diferencias significativas a través de la prueba *ANOVA de medias repetidas*, se aplicó una *t de Student*. Con la prueba *t de Student* se compararon la Serie Control versus Serie Experimental 1 (Par 1), Serie Control versus Serie Experimental 2 (Par 2), Serie Control versus Serie Experimental 3 (Par 3) y Serie Control versus Serie Experimental 4 (Par 4). El tamaño del efecto para este análisis se calculó utilizando la prueba *d de Cohen*.

3.8.4. Análisis estadístico en el Estudio IV

En el estudio IV, los datos se analizaron de la siguiente manera y orden: las variables de t min, t pro, [La], P pro y P max. Para el análisis Post hoc, en aquellas variables que se

evidenciaron diferencias significativas a través de la prueba *ANOVA de medias repetidas*, se aplicó una *t de Student*.

3.8.5. Análisis estadístico en el Estudio V

En el estudio V, los datos se analizaron de la siguiente manera y orden: las variables de CK-MB, CK-Total, Cortisol, [La], t min, t pro, tanto de E1 como de E2. Para comparar el comportamiento de los indicadores sanguíneos de daño muscular, antes y después de la aplicación de los protocolos de RVIS, se utilizó una *t de Student*. Con la prueba t de Student se compararon la *Línea de Base* con E1 y *Línea de Base* con E2. El tamaño del efecto para este análisis se calculó utilizando la prueba *d de Cohen*.

3.6. Limitantes de la Investigación

Una de las limitantes más importantes que se presentó en el desarrollo de los cinco estudios fue el tamaño de la muestra. Intervenir a 10 pentatletas profesionales y nueve pentatletas aficionados en los Estudios I, II y III, y a siete pentatletas profesionales en los Estudios IV y V, sin duda que no permite extrapolar los resultados de los experimentos, pero los sujetos de estudios pertenecían a un grupo de deportistas escasos y poco explorados.

RESULTADOS

4.1. Resultados Estudio I

Entre el test – re-test de 1RM indirecta, la fiabilidad de los niveles de fuerza máxima al comienzo del estudio muestra un IC de 0.841.

Aplicada la prueba ANOVA de medias repetidas, las V max, V pro y D vel max no presentaron modificaciones significativas entre la serie control y las cuatro series experimentales ($V\ max\ p = 0.72$, $TE = 0.055$; $V\ pro\ p = 0.94$, $TE = 0.020$; $D\ vel\ max\ p = 0.08$, $TE = 0.202$). Los resultados de la serie control y las cuatro series experimentales están expuestos en la Tabla 10 y en las Figuras 26, 27 y 28.

En relación a las D max y D pro del lanzamiento de la granada, estas presentaron un aumento significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales ($D\ max\ p = 0.0019$, $TE = 0.370$; $D\ pro\ p = 0.0257$, $TE = 0.259$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 10 y en las Figuras 29 y 30. Este aumento es atribuible a una PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento.

Las [La] al término de cada serie no sufrieron modificaciones significativas ($p = 0.36$, $TE = 0.110$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 10 y en la Figura 31.

Al término de la intervención, las P pro de ejecución del Press Banca presentaron un descenso significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales ($p = 0.0055$, $TE = 0.327$), mientras que las P max de ejecución del Press Banca no sufrieron modificaciones significativas ($p = 0.15$, $TE = 0.166$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 10 y en las Figuras 32 y 33.

En el análisis Post hoc, al aplicar la *t de Student* entre la Serie Control y las cuatro series experimentales sólo las P pro en Press Banca mostraron descensos significativos en todos los

pares analizados. Los resultados de todos los pares analizados a través de la *prueba t de Student* están expuestos en la Tabla 11.

Tabla 10. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS con Press Banca para la serie control y la cuatro series experimentales en el Estudio I.

Variables	Serie Control Media \pm DS	Serie 1 Media \pm DS	Serie 2 Media \pm DS	Serie 3 Media \pm DS	Serie 4 Media \pm DS	CV Serie 1 (%)	Δ Serie 1	CV Serie 2 (%)	Δ Serie 2	CV Serie 3 (%)	Δ Serie 3	CV Serie 4 (%)	Δ Serie 4	ANOVA p
V max (km/h)	65.4 \pm 6.09	64.9 \pm 3.63	65.4 \pm 5.10	64.9 \pm 5.91	66.4 \pm 5.58	0.76	-0.50	0.00	0.00	0.76	-0.5	-1.52	1.00	0.72
V pro (km/h)	63.6 \pm 6.11	63.6 \pm 3.59	63.1 \pm 4.54	62.9 \pm 5.85	63.3 \pm 5.14	0.10	-0.06	0.83	-0.53	1.09	-0.7	0.52	-0.33	0.94
D vel max (m)	39.6 \pm 6.99	39.0 \pm 4.84	40.6 \pm 6.19	40.9 \pm 4.93	41.3 \pm 5.32	-1.46	-0.57	2.48	0.98	3.3	1.31	4.29	1.70	0.08
D max (m)	40.6 \pm 5.98	39.0 \pm 4.84	41.5 \pm 5.54	41.6 \pm 5.55	42.1 \pm 5.89	-3.95	-1.6	2.11	0.86	2.28	0.92	3.48	1.41	0.0019**
D pro (m)	38.6 \pm 5.56	38.8 \pm 5.25	40.2 \pm 5.97	40.0 \pm 5.36	40.5 \pm 5.44	0.54	0.21	3.95	1.53	3.53	1.36	4.73	1.83	0.0257*
[La] (mmol/L)	1.92 \pm 0.33	1.90 \pm 0.30	1.99 \pm 0.34	1.97 \pm 0.31	2.08 \pm 0.33	-1.04	-0.02	3.64	0.06	2.6	0.04	8.33	0.16	0.36
P pro (W)	359.0 \pm 43.4	303.7 \pm 35.1	324.7 \pm 42.5	292.5 \pm 67.4	318.7 \pm 42.2	-15.38	-55.22 ^{FF}	-9.53	-34.23 ^{FF}	-18.51	-66.48 ^F	-11.21	-40.27 ^{FF}	0.0055**
P max (W)	583.9 \pm 54.3	542.0 \pm 64.6	561.1 \pm 49.5	544.0 \pm 67.5	567.1 \pm 55.7	-7.17	-41.92	-3.9	-22.81	-6.84	-39.96	-2.88	-16.86	0.15

km/h (kilómetros por hora); % (porcentaje); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); [La] (concentraciones de Lactato); W (Watts); V max (velocidad máxima); V pro (velocidad promedio); D vel max (distancia de velocidad máxima); D max (distancia máxima); D pro (distancia promedio); P pro (potencia promedio); P max (potencia máxima); DS (desviación estándar); Δ (diferencia entre la serie control y la serie 1, 2, 3 y 4 en valores absolutos); CV (Coeficiente de variación entre la serie control y la serie 1, 2, 3 y 4 en porcentajes); * p<0.05; ** p<0.01; ^F p<0.05 entre la serie control y las series experimentales; ^{FF} p<0.05 entre la serie control y las series experimentales.

Tabla 11. Análisis Post hoc para D max, D pro y P pro posterior a la PAP a través de Press Banca en el Estudio I.

Distancia Máxima del Lanzamiento de la Granada				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i> p	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 (D max) m	SC 40.69±6.0	S1 39.08±4.84	0.07	0.297
Par 2 (D max) m	SC 40.69±6.0	S2 41.55±5.5	0.26	-0.150
Par 3 (D max) m	SC 40.69±6.0	S3 41.62±5.6	0.18	-0.161
Par 4 (D max) m	SC 40.69±6.0	S4 42.11±5.9	0.20	-0.239
Distancia Promedio del Lanzamiento de la Granada				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i> p	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 (D pro) m	SC 38.67±5.6	S1 38.88±5.3	0.80	-0.039
Par 2 (D pro) m	SC 38.67±5.6	S2 40.20±6.0	0.05	-0.265
Par 3 (D pro) m	SC 38.67±5.6	S3 40.04±5.2	0.14	-0.250
Par 4 (D pro) m	SC 38.67±5.6	S4 40.50±5.4	0.05	-0.333
Potencias Promedio en Press Banca				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i> p	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 (P pro) W	SC 359.0±43.5	S1 303.7±35.1	0.001**	1.405
Par 2 (P pro) W	SC 359.0±43.5	S2 324.7±42.6	0.008**	0.795
Par 3 (P pro) W	SC 359.0±43.5	S3 292.5±47.4	0.029*	1.199
Par 4 (P pro) W	SC 359.0±43.5	S4 318.7±42.3	0.003**	0.939

D max (distancia máxima); D pro (distancia promedio); P pro (potencia promedio); m (metros); W (Watts); SC (Serie Control); S1 (Serie 1); S2 (Serie 2); S3 (Serie 3); S4 (Serie 4); DS (Desviación Estándar); * p<0.05; **p<0.01.

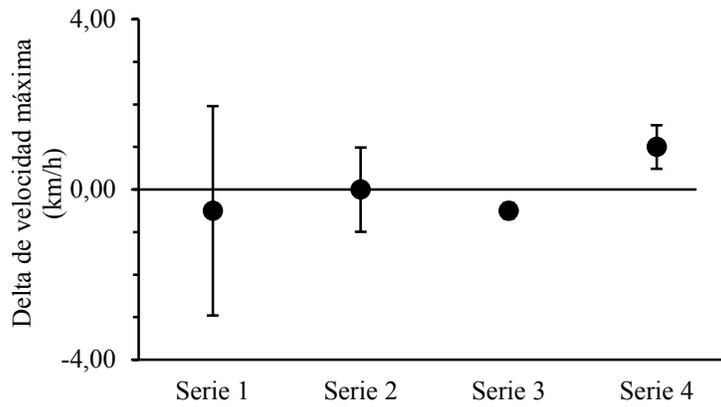


Figura 26. Delta de velocidad máxima entre la serie control y las 4 series experimentales.

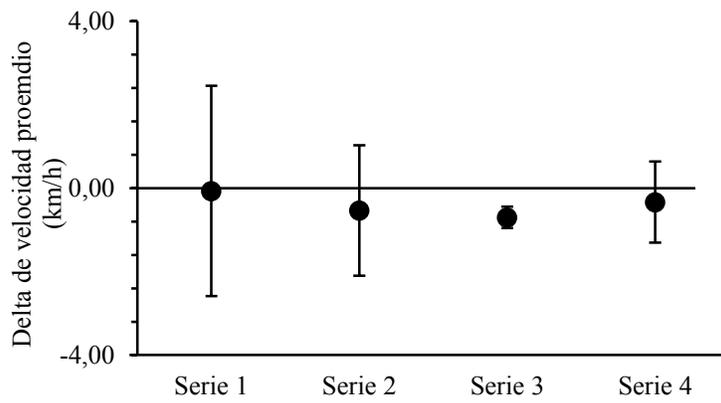


Figura 27. Delta de velocidad promedio entre la serie control y las 4 series experimentales.

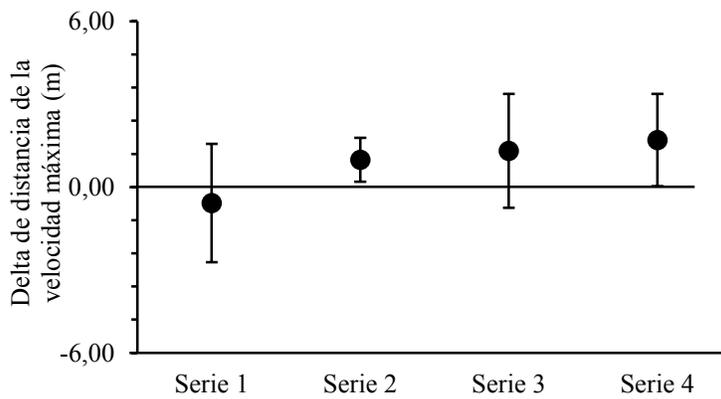


Figura 28. Delta de distancia de la velocidad máxima entre la serie control y las 4 series experimentales.

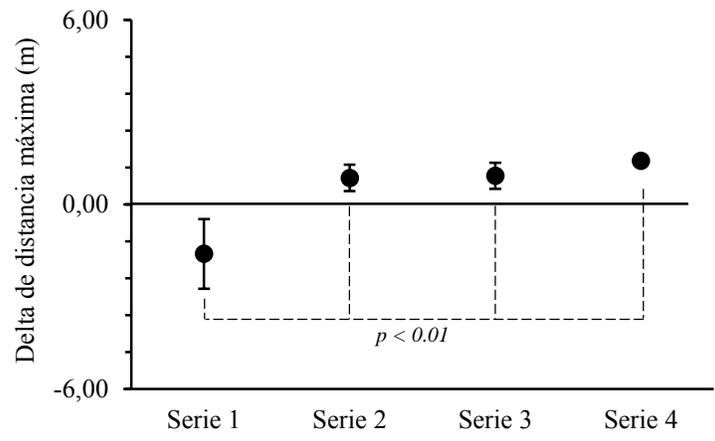


Figura 29. Delta de distancia máxima entre la serie control y las 4 series experimentales.

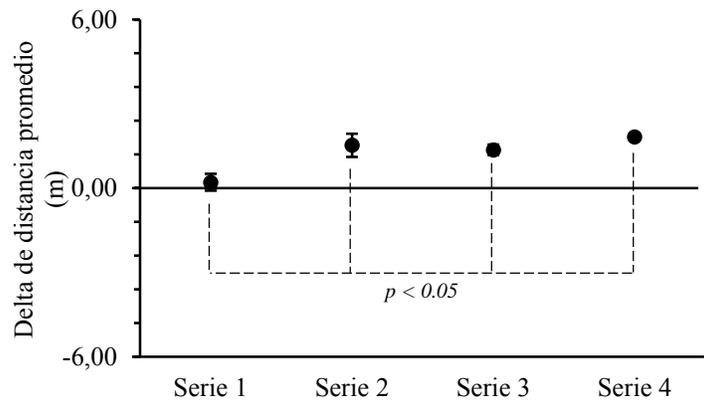


Figura 30. Delta de distancia promedio entre la serie control y las 4 series experimentales.

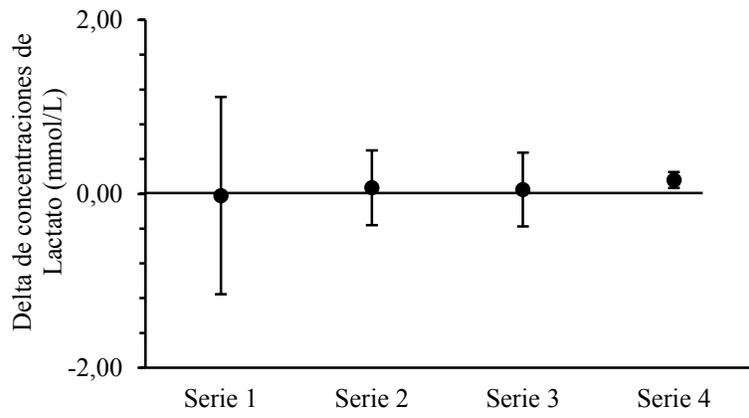


Figura 31. Delta de [La] entre la serie control y las 4 series experimentales.

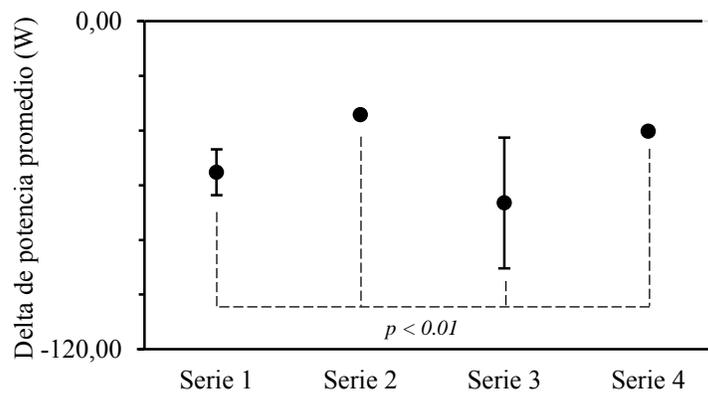


Figura 32. Delta de potencia promedio entre la serie control y las 4 series experimentales.

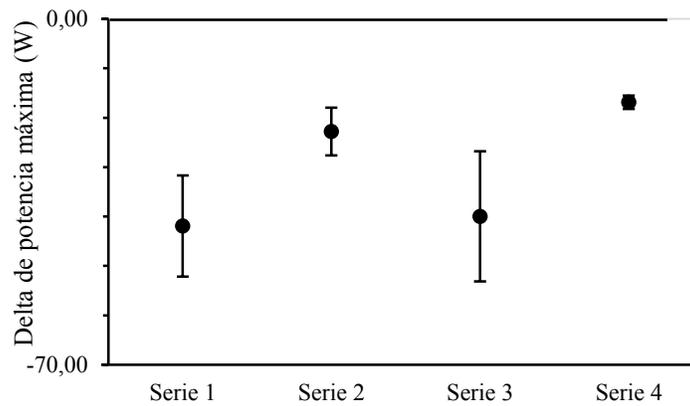


Figura 33. Delta de potencia máxima entre la serie control y las 4 series experimentales.

4.2. Resultados Estudio II

Aplicada la *t-Student*, las concentraciones de CK-MB no presentaron modificaciones significativas entre la línea de base y los dos métodos experimentales (*E1* $p = 0.23$ y *E2* $p = 0.31$). Los resultados de la línea de base y los dos métodos experimentales están expuestos en la Tabla 12 y en las Figuras 34a y 34b. De igual forma, las concentraciones de CK-Total no sufrieron modificaciones significativas entre la línea de base y los dos métodos experimentales (*E1* $p = 0.60$ y *E2* $p = 0.80$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 12 y en las Figuras 35a y 35b. También, las concentraciones de Cortisol no sufrieron modificaciones significativas entre la línea de base y los dos métodos experimentales (*E1* p

= 0.16 y E2 $p = 0.40$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 12 y en las Figuras 36a y 36b.

En relación a las [La], los resultados de la ANOVA de medias repetidas no mostraron modificaciones significativas para el E1 ($p = 0.36$, $TE = 0.110$), sin embargo, el método E2 mostró un descenso significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales ($p = 0.0006$, $TE = 0.411$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 13 y en las Figuras 37a y 37b.

Tabla 12. Resultados (media \pm DS) de los indicadores sanguíneos de daño muscular antes y después de la aplicación de dos métodos de RVIS a través de Press Banca para Estudio II.

Experimental 1				
VARIABLES	LÍNEA DE BASE	E1	<i>t Student</i> <i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
CK-MB (U/L)	22.8 \pm 7.9	20.0 \pm 2.9	0.23	1.141
CK-TOTAL (U/L)	233.4 \pm 178.4	209.6 \pm 74.2	0.60	-0.024
CORTISOL (μ g/dl)	9.8 \pm 1.7	10.6 \pm 1.4	0.16	0.202
Experimental 2				
VARIABLES	LÍNEA DE BASE	E2	<i>t Student</i> <i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
CK-MB (U/L)	22.8 \pm 7.9	21.0 \pm 6.4	0.31	0.030
CK-TOTAL (U/L)	233.4 \pm 178.4	225.6 \pm 113.0	0.80	-0.016
CORTISOL (μ g/dl)	9.8 \pm 1.7	10.3 \pm 1.3	0.40	0.204

E1 (Experimental 1); E2 (Experimental 2); CK-MB (Creatín Kinasa Metabólica); CK-TOTAL (Creatín Kinasa Total); U/L (unidades por litro); DS (Desviación Estándar); μ g/dl (micro gramos por litro).

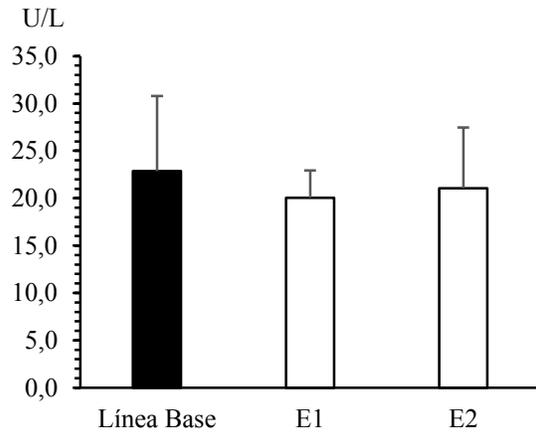


Figura 34a. [CK-MB] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.
*U/L (Unidades por Litro).

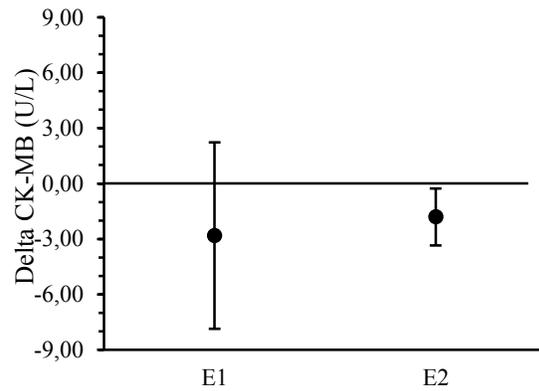


Figura 34b. Delta de CK-MB entre línea de base y los dos métodos experimentales de RVIS.

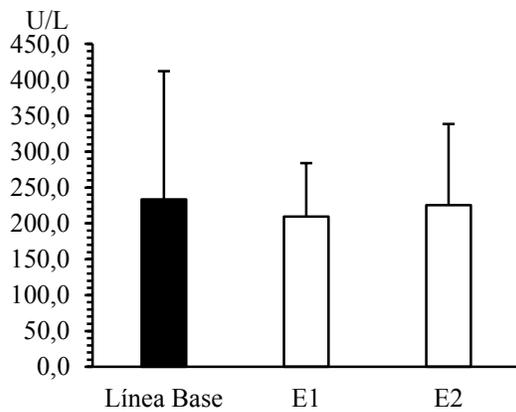


Figura 35a. [CK-Total] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.
*U/L (Unidades por Litro).

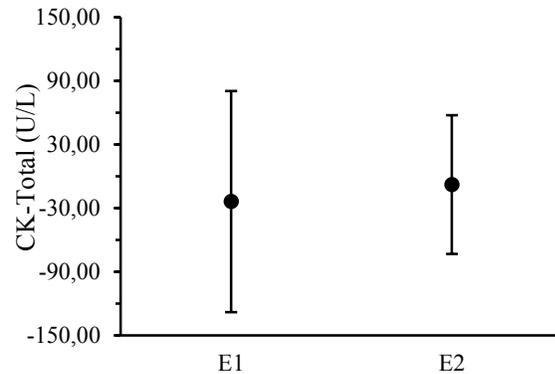


Figura 35b. Delta de CK-Total entre línea de base y los dos métodos experimentales de RVIS.

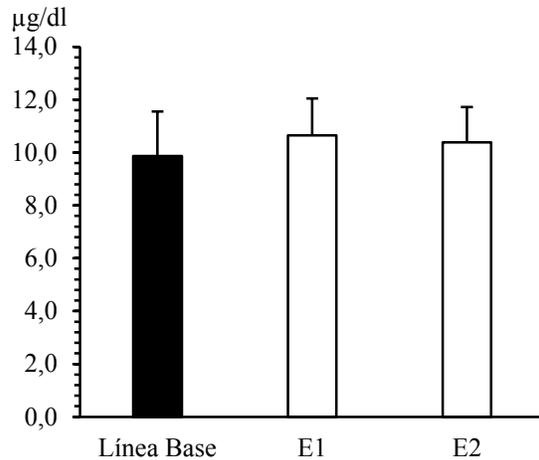


Figura 36a. [Cortisol] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2. *µg/dL (microgramos por decilitro).

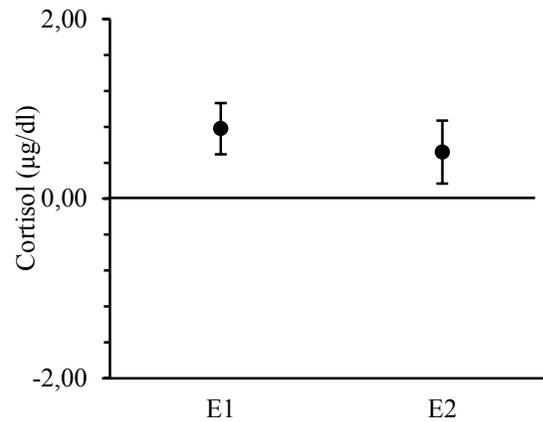


Figura 36b. Delta de Cortisol entre línea de base y los dos métodos experimentales de RVIS.

En relación a las D max del lanzamiento de la granada, los resultados de la *ANOVA de medias repetidas* presentaron un aumento significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales para E1 ($p = 0.0019$, $TE = 0.370$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 13 y en la Figura 38a. Este aumento fue producto de una PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento de la granada. Sin embargo, las D max del lanzamiento de la granada en el método E2 no evidenciaron diferencias significativas entre la serie control y las cuatro experimentales ($p = 0.59$, $TE = 0.073$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 13 y en la Figura 38b.

Las D pro del lanzamiento de la granada para el método E1 presentaron un aumento significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales ($p = 0.0257$, $TE = 0.259$). De forma paralela, las D pro de lanzamiento en el método E2 no evidenciaron diferencias significativas entre la serie control y las cuatro experimentales ($p = 0.37$, $TE = 0.109$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 13 y en las Figuras 39a y 39b.

Tabla 13. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Press Banca para la serie control y las cuatro series experimentales en el Estudio II.

Variables	Serie Control Media \pm DS	Serie 1 Media \pm DS	Serie 2 Media \pm DS	Serie 3 Media \pm DS	Serie 4 Media \pm DS	CV Serie 1 (%)	Δ Serie 1	CV Serie 2 (%)	Δ Serie 2	CV Serie 3 (%)	Δ Serie 3	CV Serie 4 (%)	Δ Serie 4	ANOVA p
D max E1 (m)	40.6 \pm 5.98	39.0 \pm 4.84	41.5 \pm 5.54	41.6 \pm 5.55	42.1 \pm 5.89	-3.95	-1.6	2.11	0.86	2.28	0.92	3.48	1.41	0.0019**
D pro E1 (m)	38.6 \pm 5.56	38.8 \pm 5.25	40.2 \pm 5.97	40.0 \pm 5.36	40.5 \pm 5.44	0.54	0.21	3.95	1.53	3.53	1.36	4.73	1.83	0.0257*
[La] E1 (mmol/L)	1.92 \pm 0.33	1.90 \pm 0.30	1.99 \pm 0.34	1.97 \pm 0.31	2.08 \pm 0.33	-1.04	-0.02	3.64	0.06	2.6	0.04	8.33	0.16	0.36
D max E2 (m)	40.6 \pm 5.98	40.3 \pm 5.93	40.19 \pm 5.22	41.61 \pm 5.60	41.4 \pm 5.89	-0.78	-0.31	-1.21	-0.49	2.27	0.92	1.82	0.74	0.59
D pro E2 (m)	38.6 \pm 5.56	38.7 \pm 5.69	38.6 \pm 5.23	39.8 \pm 5.35	40.0 \pm 5.71	0.23	0.08	0.02	0.009	3.04	1.17	3.54	1.37	0.37
[La] E2 (mmol/L)	2.16 \pm 0.19	2.04 \pm 0.25	1.95 \pm 0.23	1.85 \pm 0.21	1.91 \pm 0.21	-5.55	-0.12	-9.72	-0.21	-14.35	-0.31	-11.57	-0.25	0.0006***

D max E1 (distancia máxima Experimental 1); D max E2 (distancia máxima Experimental 2); D pro E1 (distancia promedio Experimental 1); D pro E2 (distancia promedio Experimental 2); m (metros); [La] E1 (concentraciones de Lactato E1); [La] E2 (concentraciones de Lactato E2); mmol/L (milimoles por litro); DS (desviación estándar); % (porcentaje); Δ (diferencia entre la serie control y la serie experimental 1, 2, 3 o 4 en valores absolutos); CV (coeficiente de variación entre la serie control y la serie experimental 1, 2, 3 o 4 en porcentajes); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

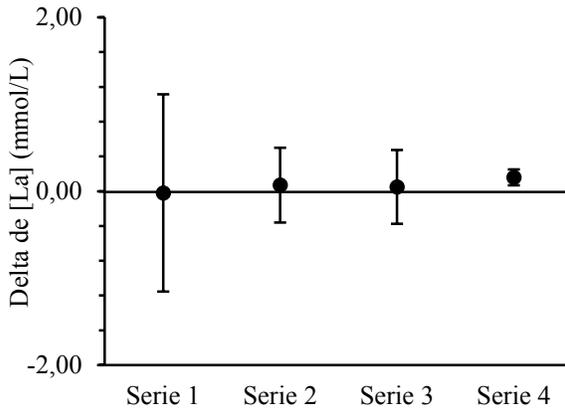


Figura 37a. Delta de [La] E1.

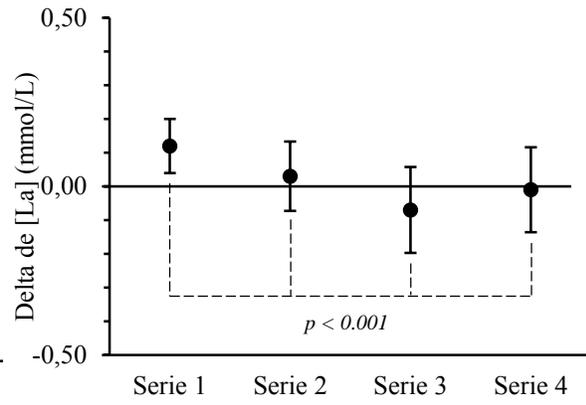


Figura 37b. Delta de [La] E2.

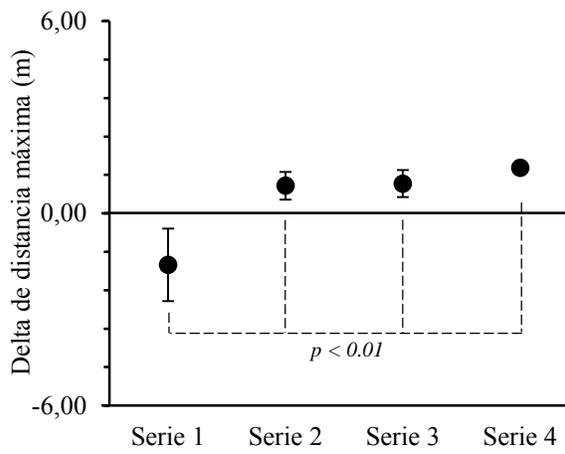


Figura 38a. Delta de distancia máxima E1.

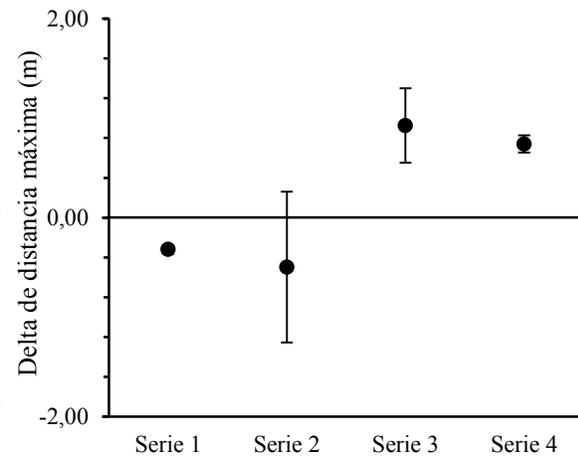


Figura 38b. Delta de distancia máxima E2.

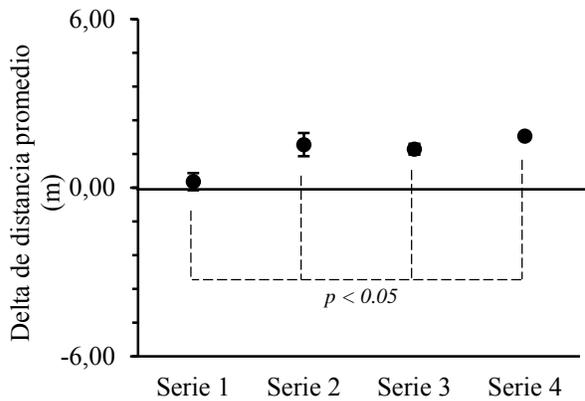


Figura 39a. Delta de distancia promedio E1.

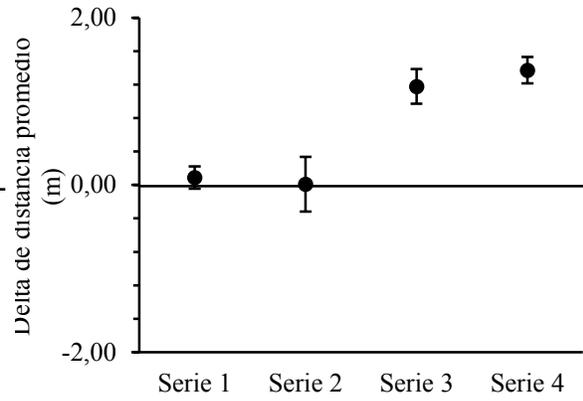


Figura 39b. Delta de distancia promedio E2.

4.3. Resultados Estudio III

Analizados los resultados a través de la prueba *ANOVA de medias* repetidas, tanto en el grupo profesional como en el grupo aficionado, las *V max* no presentaron modificaciones significativas entre la serie control y las cuatro series experimentales (*GP* $p = 0.72$, $TE = 0.055$; *GA* $p = 0.10$, $TE = 0.117$). Las progresiones y cambios están reportados en las Tablas 14 y 15, además en las Figuras 40a y 40b. Al comparar la *V max* entre profesionales y aficionados, se observaron diferencias significativas en cuatro de los cinco pares de series analizados, donde sólo la serie 3 no presentó cambios significativos en la velocidad máxima del lanzamiento de la granada (*serie 3* $p = 0.06$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en la Tabla 17 y la Figura 41. Tanto en el grupo profesional como en el grupo aficionado, las *V pro* no evidenciaron modificaciones significativas entre la serie control y las cuatro series experimentales (*GP* $p = 0.94$, $TE = 0.020$; *GA* $p = 0.21$, $TE = 0.149$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en las Tablas 14 y 15 y en las Figuras 42a y 42b. Al comparar la *V pro* entre profesionales y aficionados, se observaron diferencias significativas en cuatro de los cinco pares de series analizados y sólo la comparación entre serie control no reportó diferencias significativas (*serie control* $p = 0.08$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en la Tabla 17 y en la Figura 43.

En relación a la variable distancia, en ambos grupos (profesionales y aficionados), las *D vel max* no evidenciaron modificaciones significativas entre la serie control y las cuatro series

experimentales ($GP p = 0.08$, $TE = 0.202$; $GA p = 0.09$, $TE = 0.260$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en las Tablas 14 y 15 y en las Figuras 44a y 44b. Al comparar D vel max entre ambos grupos, se observaron diferencias en cuatro de las cinco series analizadas, sólo en la serie control no hubo diferencias significativas (*serie control* $p = 0.18$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en la Tabla 17 y en la Figura 45.

Las D max de lanzamiento presentaron un aumento significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales sólo para el GP, en el GA se observó un descenso significativo en esta variable ($GP p = 0.0019$, $TE = 0.370$; $GA p = 0.0128$, $TE = 0.305$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en las Tablas 14, 15 y 16, además en las Figuras 46a y 46b. Al comparar la D max entre ambos grupos, se observaron diferencias en cuatro de las cinco series analizadas, sólo en el primer par analizados no se evidenciaron diferencias significativas (*serie control* $p = 0.05$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en la Tabla 17 y en la Figura 47. En relación a las D pro de lanzamiento, éstas presentaron un aumento significativo sólo para el grupo profesional. En el grupo aficionado se observó un descenso significativo en la D pro ($GP p = 0.0257$, $TE = 0.259$; $GA p = 0.0254$, 0.313). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en las Tablas 14, 15 y 16, además en las Figuras 48a y 48b. Al comparar la distancia promedio del lanzamiento de la Granada entre ambos grupos, se observaron diferencias en cuatro de las cinco series analizadas, la serie control fue la única que no presentó diferencias significativas (*serie control* $p = 0.07$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en la Tabla 17 y en la Figura 49.

Las [La] al término de cada serie no evidenciaron modificaciones significativas para el grupo profesional, pero en el grupo aficionado se observó un incremento significativo ($GP p = 0.36$, $TE = 0.202$; $GA p = 0.0001$, $TE = 0.260$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en las Tablas 14, 15 y 16, además en las Figuras 50a y 50b. Al comparar las [La] entre ambos grupos, sólo se observó una diferencia significativa en la serie experimental 1, las restantes series no presentaron diferencias significativas (*serie 1* $p = 0.0207$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en la Tabla 17 y en la Figura 51.

Tabla 14. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Press Banca para la serie control y las cuatro series experimentales en el GP.

Variables	Serie Control Media \pm DS	Serie 1 Media \pm DS	Serie 2 Media \pm DS	Serie 3 Media \pm DS	Serie 4 Media \pm DS	CV Serie 1 (%)	Δ Serie 1	CV Serie 2 (%)	Δ Serie 2	CV Serie 3 (%)	Δ Serie 3	CV Serie 4 (%)	Δ Serie 4	ANOVA p
V max (Km/h)	65.4 \pm 6.09	64.9 \pm 3.63	65.4 \pm 5.10	64.9 \pm 5.91	66.4 \pm 5.58	0.76	-0.50	0.00	0.00	0.76	-0.50	-1.52	1.00	0.72
V pro (km/h)	63.6 \pm 6.11	63.6 \pm 3.59	63.1 \pm 4.54	62.9 \pm 5.85	63.3 \pm 5.14	0.10	-0.06	0.83	-0.53	1.09	-0.70	0.52	-0.33	0.94
D vel max (m)	39.6 \pm 6.99	39.0 \pm 4.84	40.6 \pm 6.19	40.9 \pm 4.93	41.3 \pm 5.32	-1.46	-0.57	2.48	0.98	3.3	1.31	4.29	1.7	0.08
D max (m)	40.6 \pm 5.98	39.0 \pm 4.84	41.5 \pm 5.54	41.6 \pm 5.55	42.1 \pm 5.89	-3.95	-1.6	2.11	0.86	2.28	0.92	3.48	1.41	0.0019**
D pro (m)	38.6 \pm 5.56	38.8 \pm 5.25	40.2 \pm 5.97	40.0 \pm 5.36	40.5 \pm 5.44	0.54	0.21	3.95	1.53	3.53	1.36	4.73	1.83	0.0257*
[La] (mmol/L)	1.92 \pm 0.33	1.90 \pm 0.30	1.99 \pm 0.34	1.97 \pm 0.31	2.08 \pm 0.33	-1.04	-0.02	3.64	0.06	2.60	0.04	8.33	0.16	0.36

V max (velocidad máxima); V pro (velocidad promedio); D vel max (distancia de la velocidad máxima); D max (distancia máxima); D pro (distancia promedio); m (metros); [La] (concentraciones de Lactato); mmol/L (milimoles por litro); DS (desviación estándar); % (porcentaje); Δ (diferencia entre la serie control y la serie experimental 1, 2, 3 o 4 en valores absolutos); CV (coeficiente de variación entre la serie control y la serie experimental 1, 2, 3 o 4 en porcentajes); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

Tabla 15. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Press Banca para la serie control y las cuatro series experimentales en el GA.

Variables	Serie Control Media \pm DS	Serie 1 Media \pm DS	Serie 2 Media \pm DS	Serie 3 Media \pm DS	Serie 4 Media \pm DS	CV Serie 1 (%)	Δ Serie 1	CV Serie 2 (%)	Δ Serie 2	CV Serie 3 (%)	Δ Serie 3	CV Serie 4 (%)	Δ Serie 4	ANOVA p
V max (Km/h)	59.5 \pm 7.89	59.1 \pm 7.07	58.4 \pm 8.24	58.4 \pm 8.03	56.4 \pm 8.86	-0.67	-0.40	-1.84	-1.1	-1.84	-1.1	-5.21	-3.1	0.10
V pro (km/h)	58.1 \pm 7.55	56.8 \pm 6.71	57.0 \pm 7.95	56.0 \pm 7.91	54.2 \pm 8.02	-2.23	-1.3	-1.89	-1.1	-3.61	-2.1	-6.71	-3.9	0.21
D vel max (m)	35.8 \pm 6.76	33.9 \pm 7.30	33.1 \pm 6.65	33.2 \pm 5.71	31.1 \pm 7.34	-5.3	-1.9	-7.54	-2.7	-7.26	-1.3	-13.12	-4.7 ^F	0.09
D max (m)	36.1 \pm 6.80	33.9 \pm 7.30	34.1 \pm 6.12	33.6 \pm 6.55	31.3 \pm 7.07	-6.09	-2.2 ^F	-5.54	-2.0	-6.92	-2.5	-13.29	-4.8 ^F	0.0128*
D pro (m)	34.6 \pm 6.47	33.1 \pm 6.65	32.8 \pm 6.48	31.7 \pm 6.80	30.1 \pm 6.84	-4.33	-1.5	-5.20	-1.8	-8.38	-2.9	-13.00	-4.5	0.0254*
[La] (mmol/L)	1.77 \pm 0.26	2.30 \pm 0.38	2.27 \pm 0.38	2.17 \pm 0.29	2.25 \pm 0.26	29.94	0.53 ^{FF}	28.24	0.5 ^F	22.59	0.40 ^{FF}	27.11	0.48 ^{FF}	0.0001***

V max (velocidad máxima); V pro (velocidad promedio); D vel max (distancia de la velocidad máxima); D max (distancia máxima); D pro (distancia promedio); m (metros); [La] (concentraciones de Lactato); mmol/L (milimoles por litro); DS (desviación estándar); % (por ciento); Δ (diferencia entre la serie control y la serie experimental 1, 2, 3 o 4 en valores absolutos); CV (coeficiente de variación entre la serie control y la serie experimental 1, 2, 3 o 4 en porcentajes); * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$; ^F $p < 0.05$ entre la serie control y las series experimentales; ^{FF} $p < 0.01$ entre la serie control y las series experimentales.

Tabla 16. Análisis Post hoc para el GP y el GA posterior a la PAP a través de Press Banca en el Estudio III.

Distancia máxima del Lanzamiento de la Granada para el Grupo Profesional				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i> P	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 (D max) m	SC 40.69±6.0	S1 39.08±4.84	0.07	0.297
Par 2 (D max) m	SC 40.69±6.0	S2 41.55±5.5	0.26	-0.150
Par 3 (D max) m	SC 40.69±6.0	S3 41.62±5.6	0.18	-0.161
Par 4 (D max) m	SC 40.69±6.0	S4 42.11±5.9	0.20	-0.239
Distancia promedio del Lanzamiento de la Granada para el Grupo Profesional				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i> P	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 (D pro) m	SC 38.67±5.6	S1 38.88±5.3	0.80	-0.039
Par 2 (D pro) m	SC 38.67±5.6	S2 40.20±6.0	0.05	-0.265
Par 3 (D pro) m	SC 38.67±5.6	S3 40.04±5.2	0.14	-0.250
Par 4 (D pro) m	SC 38.67±5.6	S4 40.50±5.4	0.05	-0.333
Distancia máxima del Lanzamiento de la Granada para el Grupo Aficionado				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i> P	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 (D max) m	SC 36.1±6.8	S1 33.9±7.3	0.012*	0.317
Par 2 (D max) m	SC 36.1±6.8	S2 34.1±6.1	0.09	0.318
Par 3 (D max) m	SC 36.1±6.8	S3 33.6±6.5	0.19	0.382
Par 4 (D max) m	SC 36.1±6.8	S4 31.3±7.0	0.02*	0.695
Distancia promedio del Lanzamiento de la Granada para el Grupo Aficionado				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i>	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 (D pro) m	SC 34.6±6.47	S1 33.1±6.65	0.12	0.903
Par 2 (D pro) m	SC 34.6±6.47	S2 32.8±6.48	0.25	0.963
Par 3 (D pro) m	SC 34.6±6.47	S3 31.7±6.80	0.12	1.112
Par 4 (D pro) m	SC 34.6±6.47	S4 30.1±6.84	0.07	1.38
Concentraciones de Lactato para el Grupo Aficionado				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i>	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 [La] mmol/L	SC 1.77±0.26	S1 2.30±0.38	0.008**	-1.621
Par 2 [La] mmol/L	SC 1.77±0.26	S2 2.27±0.38	0.011*	-1.538
Par 3 [La] mmol/L	SC 1.77±0.26	S3 2.17±0.29	0.002**	1.444
Par 4 [La] mmol/L	SC 1.77±0.26	S4 2.25±0.26	0.002**	1.808

D max (distancia máxima); D pro (distancia promedio); [La] (concentraciones de Lactato); mmol/L (milimoles por litro); m (metros); W (Watts); SC (Serie Control); S1 (Serie 1); S2 (Serie 2); S3 (Serie 3); S4 (Serie 4); DS (Desviación Estándar); * p<0.05;

Tabla 17. Comparación entre el GP y GA para todas las variables de estudio antes y después de la aplicación del tratamiento de RVIS a través de Press Banca en el Estudio III.

Condición de Contraste	Velocidad máxima (Km/h)				Velocidad promedio (Km/h)			
	Medias (DS)	Medias (DS)	Prueba t-Student p	Prueba d-Cohen	Medias (DS)	Medias (DS)	Prueba t-Student p	Prueba d-Cohen
	GP	GA			GP	GA		
Serie Control	65.4±6.0	59.5±7.8	0.04*	0.836	63.6±6.1	58.1±7.5	0.08	0.936
Serie Experimental 1	64.9±3.6	59.1±7.0	0.0069**	-1.081	63.6±3.5	56.8±6.7	0.0110*	1.007
Serie Experimental 2	65.4±5.1	58.4±8.2	0.01*	-0.1042	63.1±4.5	57.0±7.9	0.0139*	0.966
Serie Experimental 3	64.9±5.9	58.4±8.0	0.06	-0.926	62.9±5.8	56.0±7.9	0.0479*	1.053
Serie Experimental 4	66.4±5.5	56.4±8.8	0.0087**	-1.379	63.3±5.1	54.2±8.0	0.0089**	1.060

Condición de Contraste	Distancia de la velocidad máxima (m)				Distancia máxima (m)			
	Medias (DS)	Medias (DS)	Prueba t-Student p	Prueba d-Cohen	Medias (DS)	Medias (DS)	Prueba t-Student p	Prueba d-Cohen
	GP	GA			GP	GA		
Serie Control	39.6±6.9	35.8±6.7	0.18	0.554	40.6±5.9	36.1±6.8	0.05	0.704
Serie Experimental 1	39.0±4.8	33.9±7.3	0.0101*	0.843	39.0±4.8	33.9±7.0	0.0101*	0.843
Serie Experimental 2	40.6±6.1	33.1±6.6	0.0350*	1.174	41.5±5.5	34.1±6.1	0.0220*	1.270
Serie Experimental 3	40.9±4.9	33.2±5.7	0.0055**	1.460	41.6±5.5	33.6±6.5	0.0106*	1.317
Serie Experimental 4	41.3±5.3	31.1±7.3	0.0027**	1.612	42.1±5.8	31.3±7.0	0.0022**	1.656

Condición de Contraste	Distancia promedio (m)				Concentraciones de Lactato (mmol/L)			
	Medias (DS)	Medias (DS)	Prueba t-Student p	Prueba d-Cohen	Medias (DS)	Medias (DS)	Prueba t-Student p	Prueba d-Cohen
	GP	GA			GP	GA		
Serie Control	38.6±5.5	34.6±6.4	0.07	0.893	1.92±0.3	1.77±0.2	0.32	0.865
Serie Experimental 1	38.8±5.2	33.1±6.6	0.0279*	0.956	1.90±0.3	2.30±0.3	0.0207*	0.667
Serie Experimental 2	40.2±5.9	32.8±6.4	0.0350*	0.972	1.99±0.3	2.27±0.3	0.10	0.609
Serie Experimental 3	40.0±5.3	31.7±6.8	0.0090**	1.033	1.97±0.3	2.17±0.2	0.15	0.675
Serie Experimental 4	40.5±5.4	30.1±6.8	0.0019**	1.082	2.08±0.3	2.25±0.2	0.22	0.738

GP (Grupo Profesional); GA (Grupo Aficionado); DS (Desviación Estándar); Km/h (kilómetros por hora); m (metros); mmol/L (milimoles por litro); * p<0.05; ** p<0.01.

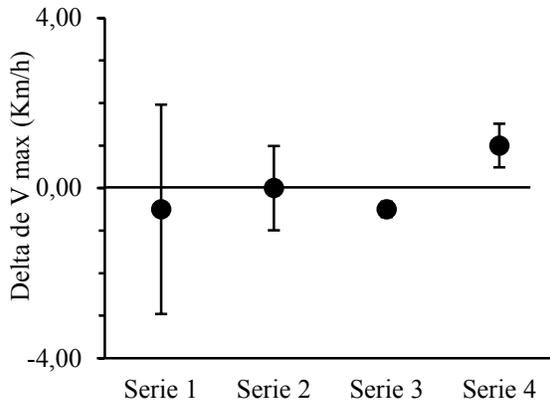


Figura 40a. Delta de velocidad máxima en grupo profesional.

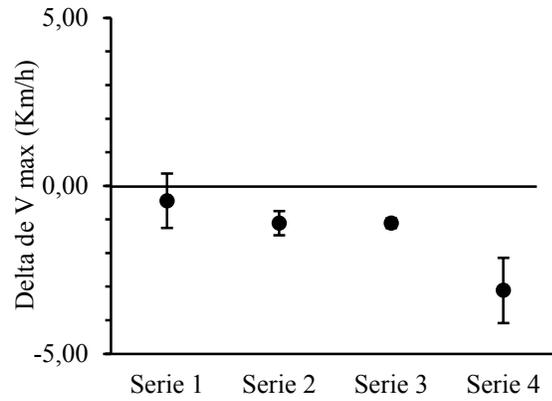


Figura 40b. Delta de velocidad máxima en grupo aficionado.

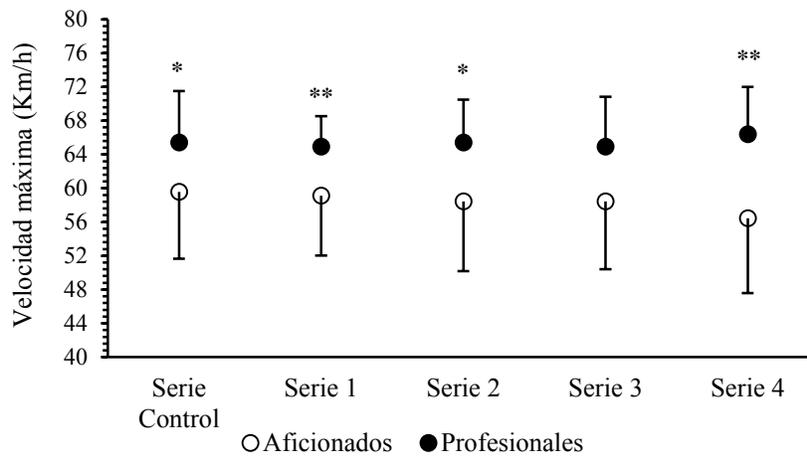


Figura 41. Velocidad máxima en grupo profesional y aficionado.

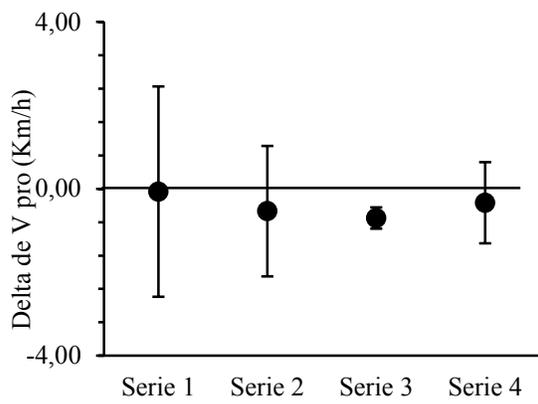


Figura 42a. Delta de velocidad promedio en grupo profesional.

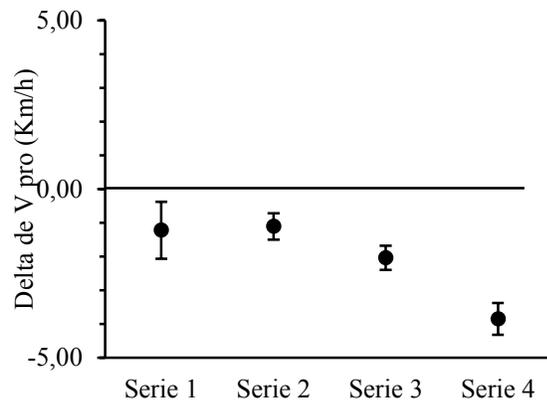


Figura 42b. Delta de velocidad promedio en grupo aficionado.

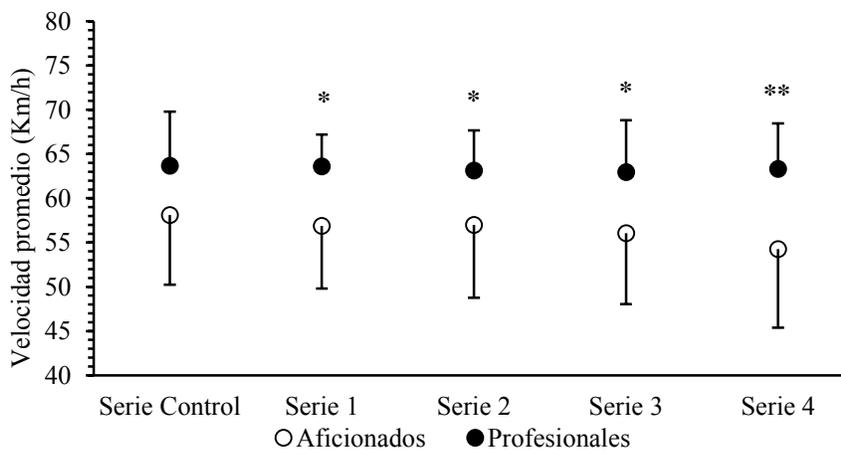


Figura 43. Velocidad promedio en grupo profesional y aficionado.

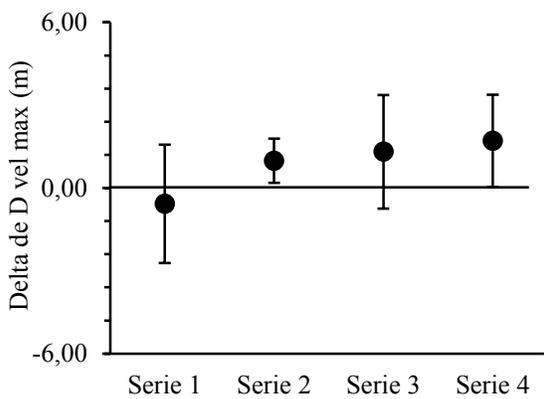


Figura 44a. Delta de distancia de la velocidad máxima en grupo profesional.

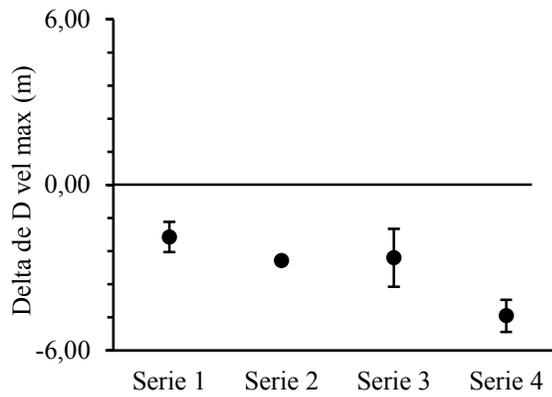


Figura 44b. Delta de distancia de la velocidad máxima en grupo aficionado.

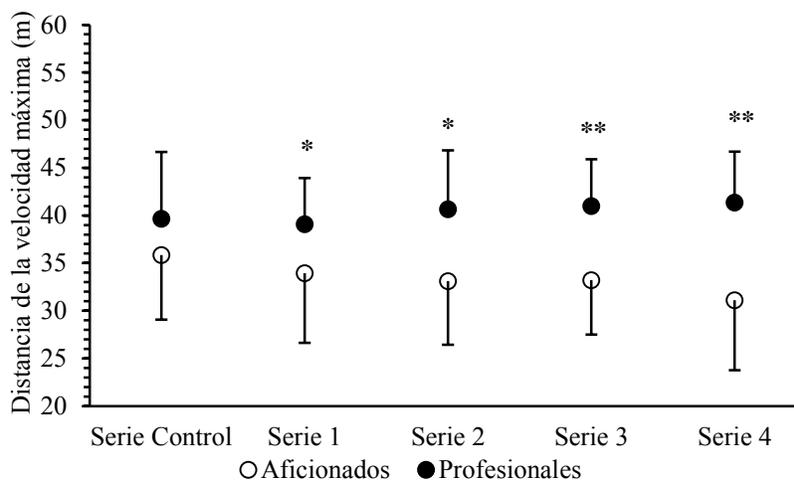


Figura 45. Distancia de la velocidad máxima en grupo profesional y aficionado.

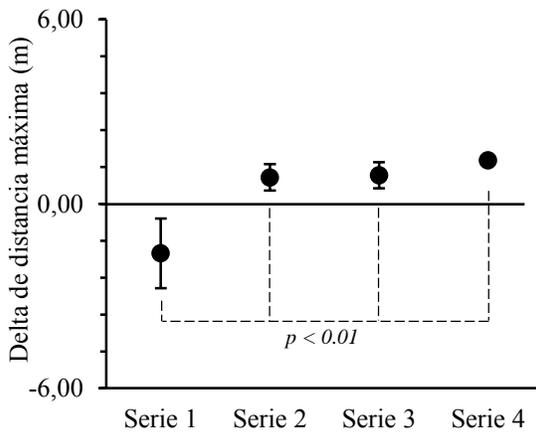


Figura 46a. Delta de distancia máxima en grupo profesional.

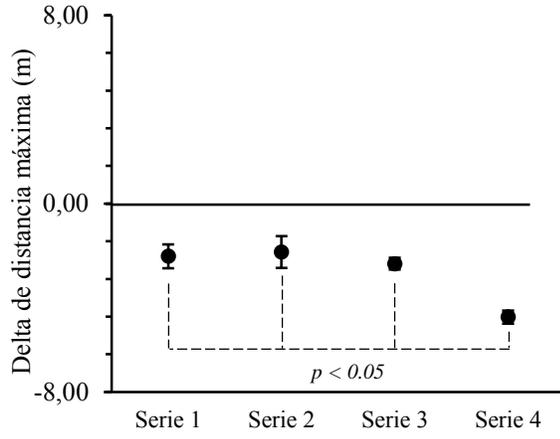


Figura 46b. Delta de distancia máxima en grupo aficionado.

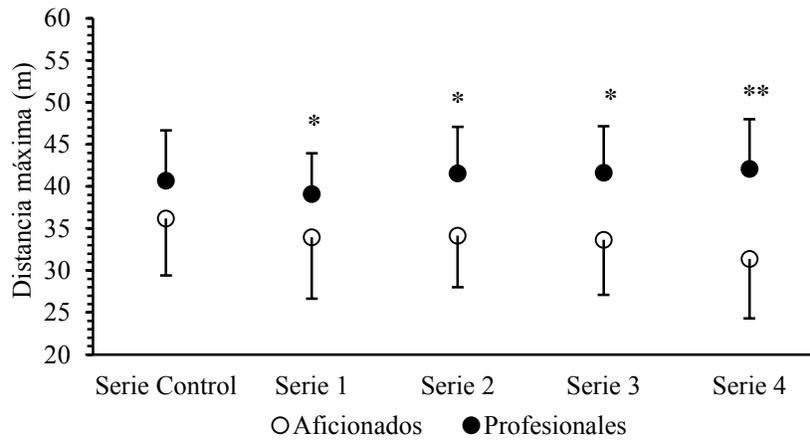


Figura 47. Distancia máxima en grupo profesional y aficionado.

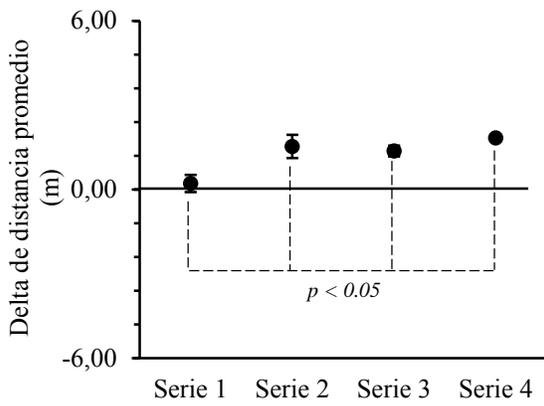


Figura 48a. Delta de distancia promedio en grupo profesional.

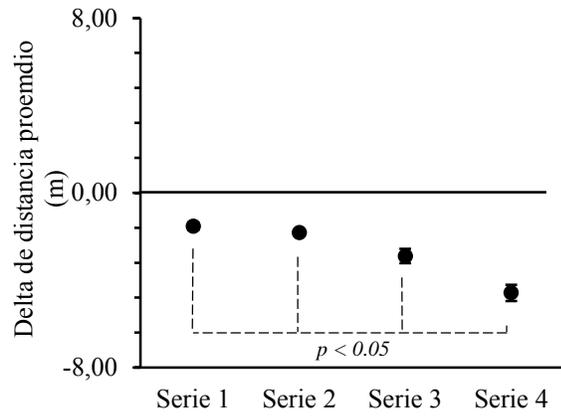


Figura 48b. Delta de distancia promedio en grupo aficionado.

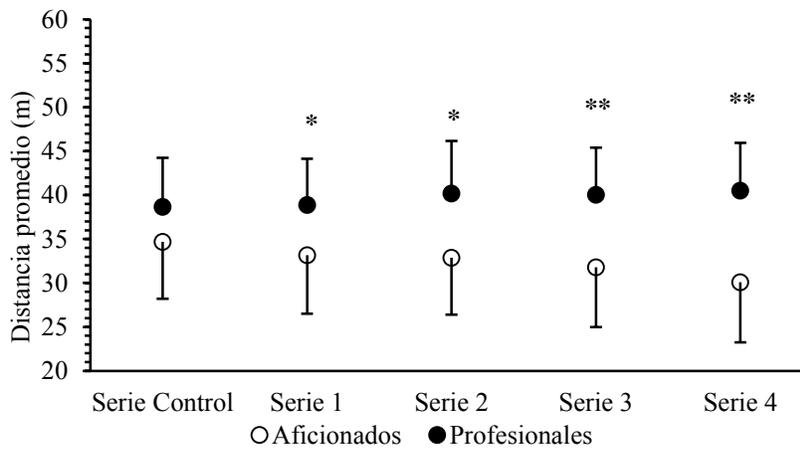


Figura 49. Distancia promedio en grupo profesional y aficionado.

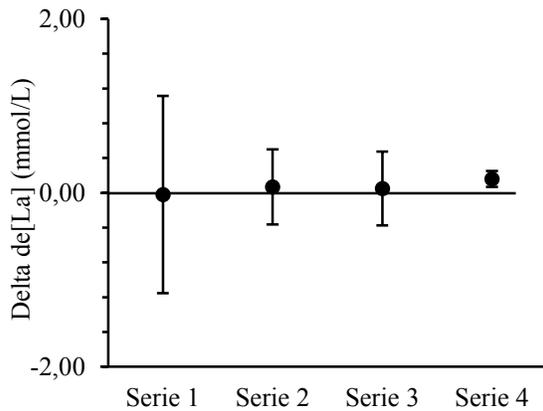


Figura 50a. Delta de concentraciones de Lactato en grupo profesional.

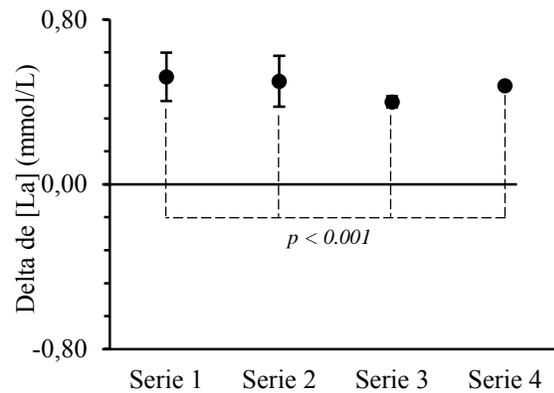


Figura 50b. Delta de concentraciones de Lactato en grupo aficionado.

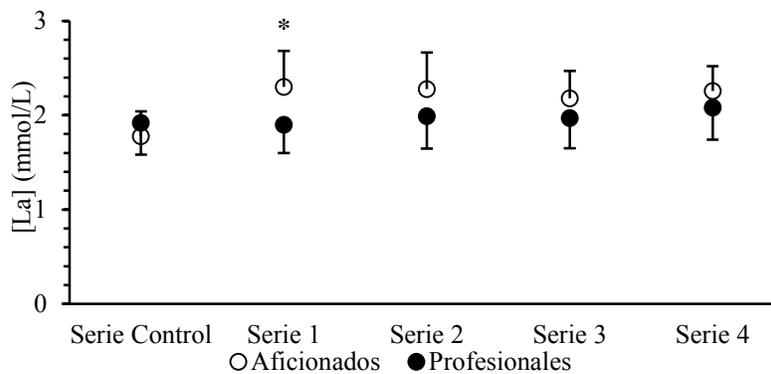


Figura 51. Concentraciones de Lactato en grupo profesional y aficionado.

4.4. Resultados Estudio IV

Analizados los resultados a través de la prueba *ANOVA de medias repetidas*, los *t min* en 10 m y 20 m no presentaron modificaciones significativas ($p = 0,46$, $TE = 0,134$ y $p = 0,80$, $TE = 0,064$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 18 y en las Figuras 52 y 53. Tanto el *t min* en 30 m como el *t pro* en 10 m presentaron descensos significativos entre la serie control y las cuatro series experimentales (*t min* en 30 m $p = 0,0001$, $TE = 0,652$; *t pro* en 10 m $p = 0,04$, $TE = 0,319$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 18 y en las Figuras 54 y 55. Ambos descensos de tiempos fueron atribuidos a una PAP de la musculatura involucrada en la carrera. Sin embargo, los *t pro* en 20 m y 30 m no presentaron

diferencias significativas ($p = 0.19$, $TE = 0.217$ y $p = 0.43$, $TE = 0.141$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 18 y en las Figuras 56 y 57.

Las [La] al término de cada serie sufrieron incrementos significativos ($p = 0.0001$, $TE = 0.760$), mientras que las P pro y P max de ejecución en Sentadilla no presentaron cambios significativos entre la serie control y las cuatro series experimentales ($p = 0.52$, $TE = 0.121$ y $p = 0.45$, $TE = 0.136$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 18 y en las Figuras 58, 59 y 60.

Tabla 18. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Sentadilla para la serie control y las cuatro series experimentales en el Estudio IV.

Variables	Serie Control	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	CV Serie 1	Δ Serie 1	CV Serie 2	Δ Serie 2	CV Serie 3	Δ Serie 3	CV Serie 4	Δ Serie 4	ANOVA
	Media \pm DS	(%)		(%)		(%)		(%)		p				
t min en 10 m (s)	1.685 \pm 0.08	1.665 \pm 0.12	1.678 \pm 0.10	1.689 \pm 0.12	1.710 \pm 0.12	-1.18	-0.020	-0.41	-0.007	0.23	0.004	1.48	0.025	0.46
t pro en 10 m (s)	1.763 \pm 0.07	1.727 \pm 0.11	1.712 \pm 0.10	1.736 \pm 0.12	1.746 \pm 0.12	-2.04	-0.036	-2.89	-0.051 ^F	-1.53	-0.027	-0.96	-0.017	0.04*
t min en 20 m (s)	3.008 \pm 0.14	2.979 \pm 0.16	3.012 \pm 0.16	2.999 \pm 0.17	3.016 \pm 0.16	-0.96	-0.029	0.13	0.004	-0.29	-0.009	0.26	0.008	0.80
t pro en 20 m (s)	3.115 \pm 0.11	3.062 \pm 0.16	3.042 \pm 0.16	3.078 \pm 0.20	3.074 \pm 0.17	-1.70	-0.053	-2.34	-0.073	-1.18	-0.037	-1.31	-0.041	0.19
t min en 30 m (s)	4.572 \pm 0.23	4.220 \pm 0.20	4.274 \pm 0.20	4.237 \pm 0.23	4.239 \pm 0.21	-7.69	-0.352 ^{FF}	-6.51	-0.298 ^{FF}	-7.32	-0.335 ^{FF}	-1.52	-7.280 ^{FF}	0.0001**
t pro en 30 m (s)	4.402 \pm 0.17	4.328 \pm 0.21	4.315 \pm 0.23	4.369 \pm 0.30	4.328 \pm 0.21	-1.68	-0.073	-1.97	-0.086	-0.74	-0.033	-1.68	-0.073	0.43
[La] (mmol/L)	2.51 \pm 0.51	3.44 \pm 0.45	4.07 \pm 0.79	4.22 \pm 0.94	4.98 \pm 1.33	37.05	0.93 ^{FF}	62.19	1.56 ^{FF}	68.12	1.71 ^{FF}	98.40	2.47 ^{FF}	0.0001**
P pro (W)	579.2 \pm 133.2	592.4 \pm 110.0	587.8 \pm 115.6	584.4 \pm 144.5	625.4 \pm 143.9	2.27	13.20	1.48	8.60	0.89	5.20	7.97	46.20	0.52
P max (W)	1451.2 \pm 216.1	1368.5 \pm 176.7	1451.3 \pm 210.2	1424.5 \pm 279.1	1451.2 \pm 285.7	-5.69	-82.70	0.00	0.04	-1.83	-26.66	0.00	0.02	0.45

t min (tiempo mínimo); t pro (tiempo promedio); [La] (concentraciones de Lactato); P pro (potencia promedio); P max (potencia máxima); s (segundos); mmol/L (milimoles por litro); W (Watts); DS (desviación estándar); Δ (diferencia entre la serie control y las series experimentales 1, 2, 3 y 4 en valores absolutos); CV (Coeficiente de variación entre la serie control y las series experimentales 1, 2, 3 y 4 en porcentajes; * p<0.05; ** p<0.0001; ^F p<0.05 entre la serie control y las series experimentales; ^{FF} p<0.01 entre la serie control y las series experimentales.

Tabla 19. Análisis Post hoc para t pro, t min y [La] posterior a la PAP a través de Sentadilla en el Estudio IV.

Tiempo promedio en 10 m				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i> p	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 (t pro) s	SC 1.763±0.07	S1 1.727±0.11	0.091	0.367
Par 2 (t pro) s	SC 1.763±0.07	S2 1.712±0.10	0.042*	0.548
Par 3 (t pro) s	SC 1.763±0.07	S3 1.736±0.12	0.268	0.270
Par 4 (t pro) s	SC 1.763±0.07	S4 1.746±0.12	0.505	0.163
Tiempo mínimo en 30 m				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i> p	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 (t min) s	SC 4.572±0.23	S1 4.220±0.20	0.006**	1.588
Par 2 (t min) s	SC 4.572±0.23	S2 4.274±0.20	0.009**	1.355
Par 3 (t min) s	SC 4.572±0.23	S3 4.237±0.23	0.003**	1.437
Par 4 (t min) s	SC 4.572±0.23	S4 4.239±0.21	0.001**	1.481
Concentraciones de Lactato				
Condición de Contraste (Serie Control – Series)	Serie Control Medias ± DS	Series Medias ± DS	Prueba <i>t-Student</i> P	Prueba <i>d-Cohen</i>
Par 1 [La] mmol/L m	SC 2.51±0.51	S1 3.44±0.45	0.008**	-1.924
Par 2 [La] mmol/L m	SC 2.51±0.51	S2 4.07±0.79	0.002**	-2.387
Par 3 [La] mmol/L m	SC 2.51±0.51	S3 4.22±0.94	0.002**	-2.349
Par 4 [La] mmol/L m	SC 2.51±0.51	S4 4.98±1.33	0.002**	-2.678

t pro (tiempo promedio); t min (tiempo mínimo); mmol/L (milimoles por litro); SC (Serie Control); S1 (Serie 1); S2 (Serie 2); S3 (Serie 3); S4 (Serie 4); DS (Desviación Estándar); * p<0.05; **p<0.01.

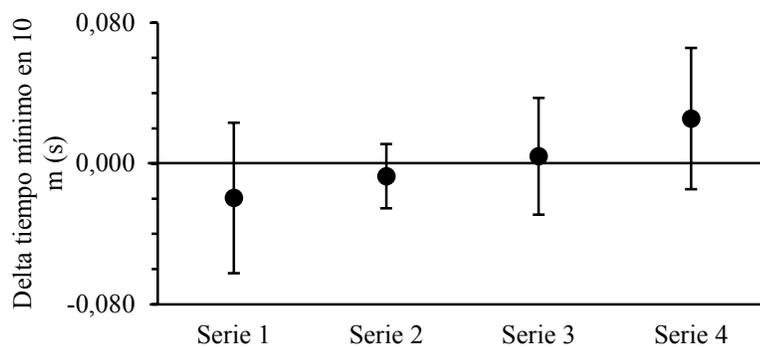


Figura 52. Delta de tiempo mínimo en 10 m entre serie control y 4 series experimentales.

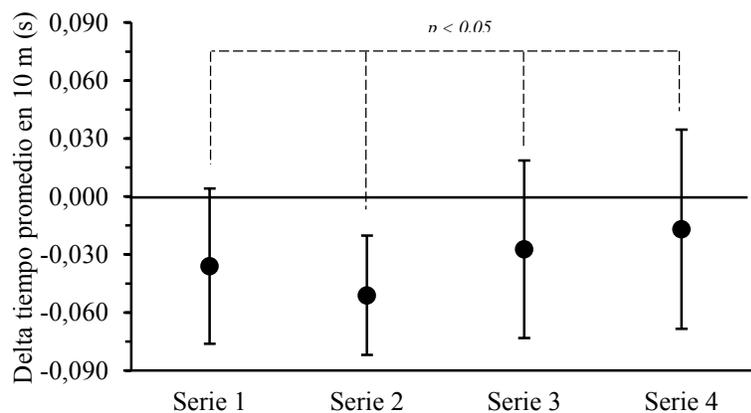


Figura 53. Delta de tiempo promedio en 10 m entre serie control y 4 series experimentales.

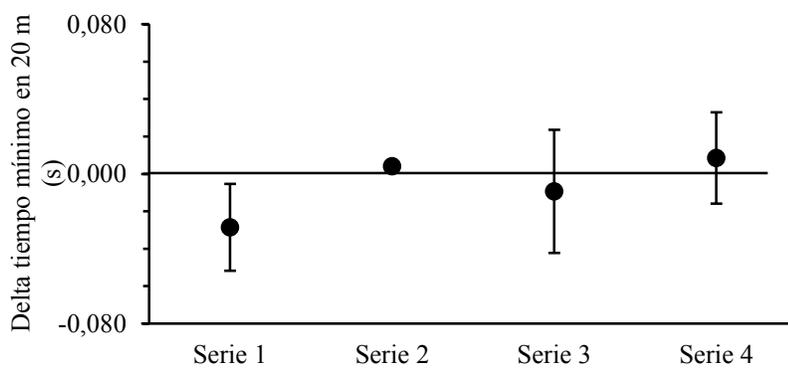


Figura 54. Delta de tiempo mínimo en 20 m entre serie control y 4 series experimentales.

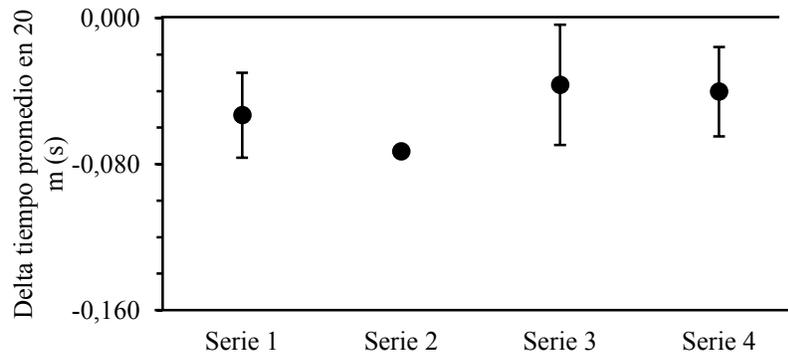


Figura 55. Delta de tiempo promedio en 20 m entre serie control y 4 series experimentales.

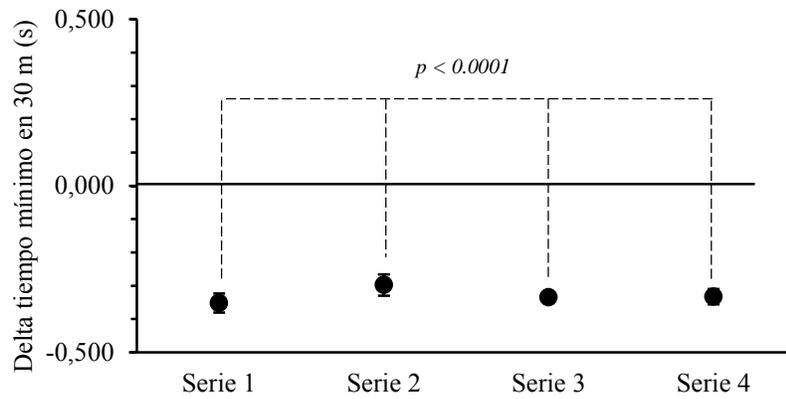


Figura 56. Delta de tiempo mínimo en 30 m entre serie control y 4 series experimentales.

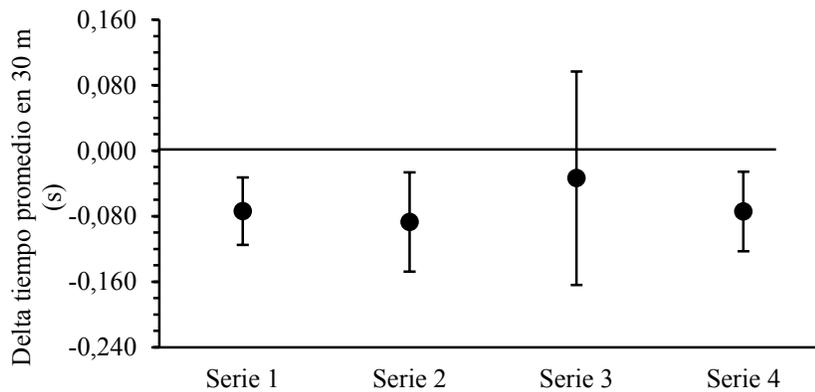


Figura 57. Delta de tiempo promedio en 30 m entre serie control y 4 series experimentales.

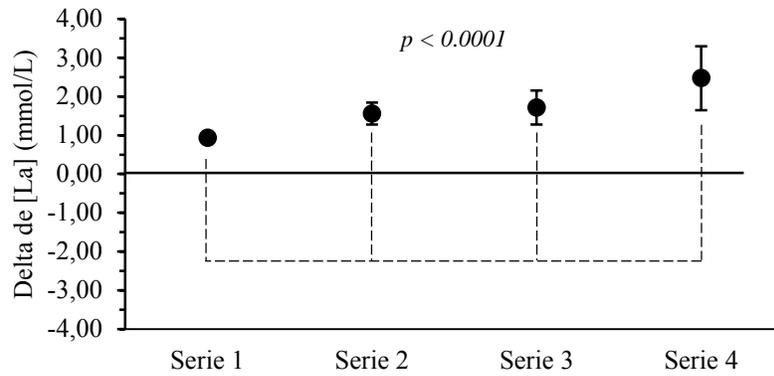


Figura 58. Delta de [La] entre serie control y 4 series experimentales.

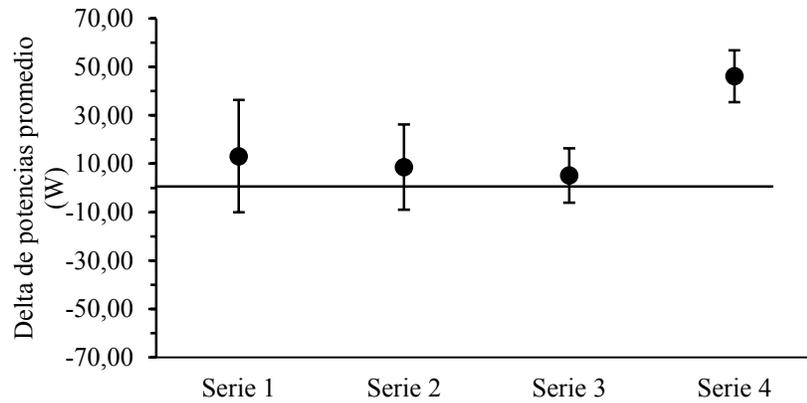


Figura 59. Delta de potencias promedio entre serie control y 4 series experimentales.

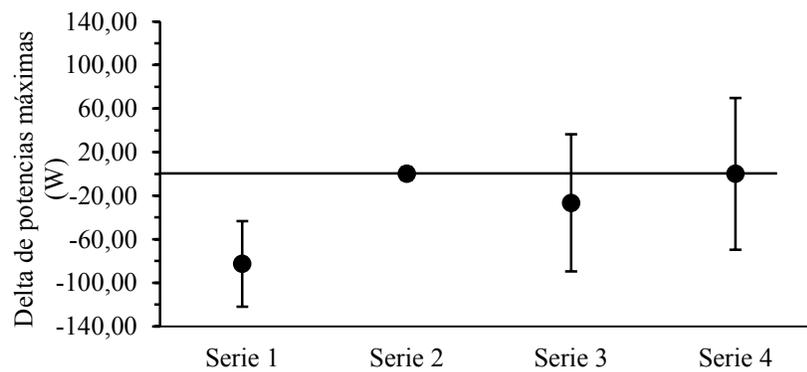


Figura 60. Delta de potencias máximas entre serie control y 4 series experimentales.

4.5. Resultados Estudio V

Realizados los análisis estadísticos, las concentraciones de CK-MB presentaron incrementos significativos sólo entre la línea de base y el método experimental 2 ($p = 0.002$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 20 y las Figuras 61a y 61b. Las concentraciones de CK-Total evidenciaron incrementos significativos entre la línea de base y los dos métodos experimentales ($E1 p = 0.011$ y $E2 p = 0.004$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 20 y las Figuras 62a y 62b. Las concentraciones de Cortisol sufrieron descensos significativos entre la línea de base y los dos métodos experimentales ($E1 p = 0.030$ y $E2 p = 0.023$). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 20 y las Figuras 63a y 63b.

Tabla 20. Resultados (media \pm DS) de los indicadores sanguíneos de daño muscular antes y después de la aplicación de dos métodos de RVIS a través de Sentadilla para Estudio V.

Experimental 1				
VARIABLES	Línea de Base	E1	<i>t Student</i> <i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
CK-MB (U/L)	20.71 \pm 3.7	23.29 \pm 6.4	0.128	-0.513
CK-Total (U/L)	145.7 \pm 37.5	312.0 \pm 137.2	0.011*	-1.904
Cortisol (μ g/dl)	13.57 \pm 2.8	11.03 \pm 2.5	0.030*	0.966
Experimental 2				
VARIABLES	Línea de Base	E2	<i>t Student</i> <i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
CK-MB (U/L)	20.71 \pm 3.7	24.12 \pm 4.4	0.002**	-0.844
CK-Total (U/L)	145.7 \pm 37.5	301.1 \pm 96.3	0.004**	-2.323
Cortisol (μ g/dl)	13.57 \pm 2.8	11.63 \pm 2.2	0.023*	0.781

E1 (Experimental 1); E2 (Experimental 2); CK-MB (Creatín Kinasa Metabólica); CK-Total (Creatín Kinasa Total); U/L (unidades por litro); DS (Desviación Estándar); μ g/dl (micro gramos por litro); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

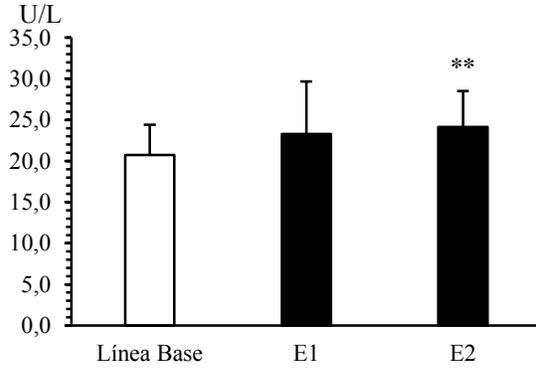


Figura 61a. [CK-MB] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.
*U/L (Unidades por Litro).

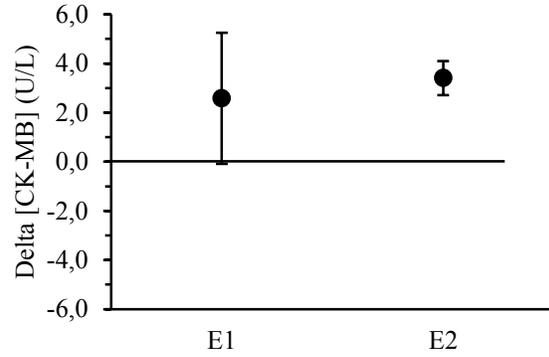


Figura 61b. Delta de CK-MB entre línea de base y los dos tratamientos experimentales de RVIS.

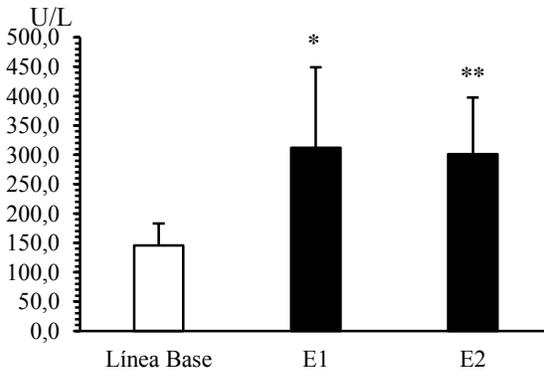


Figura 62a. [CK-Total] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.
*U/L (Unidades por Litro).

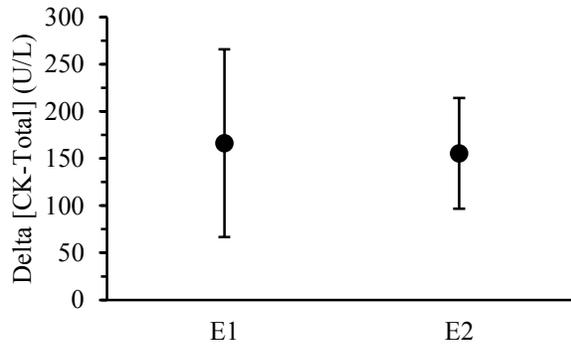


Figura 62b. Delta de CK-Total entre línea de base y los dos tratamientos experimentales de RVIS.

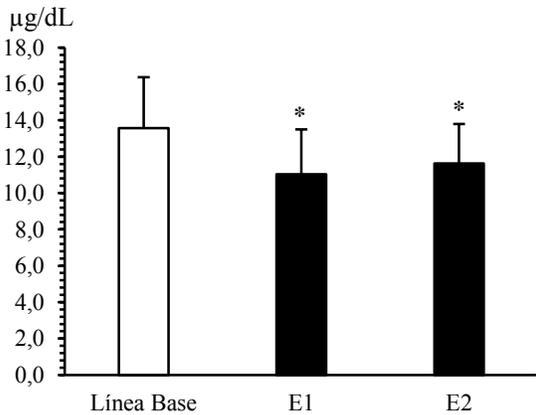


Figura 63a. [Cortisol] Línea de Base, Experimental 1 y Experimental 2.
*µg/dL (microgramos por decilitro).

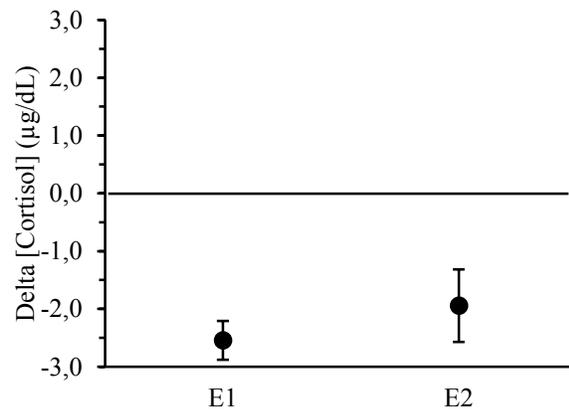


Figura 63b. Delta de Cortisol entre línea de base y los dos métodos experimentales de RVIS.

El análisis estadístico a través de la prueba *ANOVA de medias repetida*, mostró que las [La] en ambos métodos experimentales aumentaron de forma significativa (*E1 p = 0.0001, TE = 0.760; E2 p = 0.0001, TE = 0.673*). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 21 y las Figuras 64a y 64b.

Los resultados de la serie control y las cuatro series experimentales para el método E1 y E2, mostraron que en ambos tratamiento los t min en 30 m presentaron descensos significativos (*E1 p = 0.0001, TE = 0.652; E2 p = 0.0002, TE = 0.745*). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 21 y en las Figura 65a y 65b. Por último, los t pro en 30 m para ambos métodos no presentaron cambios significativos entre la serie control y las cuatro experimentales (*E1 p = 0.43, TE = 0.141; E2 p = 0.78, TE = 0.068*). Las progresiones y cambios están reportados en la Tabla 21 y en las Figuras 66a y 66b.

Tabla 21. Resultados (media \pm DS) de PAP a través de RVIS en Sentadilla para la serie control y las cuatro series experimentales en el Estudio V.

Variables	Serie Control	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	CV Serie 1	Δ Serie 1	CV Serie 2	Δ Serie 2	CV Serie 3	Δ Serie 3	CV Serie 4	Δ Serie 4	ANOVA p
	Media \pm DS	(%)		(%)		(%)		(%)						
t min en 30 m (s) E1	4.572 \pm 0.23	4.220 \pm 0.20	4.274 \pm 0.20	4.237 \pm 0.23	4.239 \pm 0.21	-7.69	-0.352	-6.51	-0.298	-7.32	-0.335	-1.52	-7.28	0.0001**
t min en 30 m (s) E2	4.572 \pm 0.23	4.268 \pm 0.17	4.284 \pm 0.17	4.227 \pm 0.16	4.226 \pm 0.10	-6.64	-0.30	-6.29	-0.28	-7.55	-0.34	-7.57	-0.34	0.0002*
t pro en 30 m (s) E1	4.402 \pm 0.17	4.328 \pm 0.21	4.315 \pm 0.23	4.369 \pm 0.30	4.328 \pm 0.21	-1.68	-0.073	-1.97	-0.086	-0.74	-0.033	-1.68	-0.073	0.43
t pro en 30 m (s) E2	4.402 \pm 0.17	4.415 \pm 0.17	4.459 \pm 0.31	4.370 \pm 0.23	4.351 \pm 0.15	0.27	0.012	1.27	0.056	-0.74	-0.033	-1.17	-0.052	0.78
[La] (mmol/L) E1	2.51 \pm 0.51	3.44 \pm 0.45	4.07 \pm 0.79	4.22 \pm 0.94	4.98 \pm 1.33	37.05	0.93	62.19	1.56	68.12	1.71	98.40	2.47	0.0001**
[La] (mmol/L) E2	2.51 \pm 0.51	3.30 \pm 0.79	3.70 \pm 0.98	4.00 \pm 1.15	4.07 \pm 0.99	31.25	0.79	47.15	1.19	59.09	1.49	61.93	1.56	0.0001**

E1 (Tratamiento Experimental 1); E2 (Tratamiento Experimental 2); t min (tiempo mínimo); t pro (tiempo promedio); [La] (concentraciones de Lactato); mmol/L (milimoles por litro); DS (desviación estándar); Δ (diferencia entre la serie control y las series experimentales 1, 2, 3 y 4 en valores absolutos); CV (Coeficiente de variación entre la serie control y las series experimentales 1, 2, 3 y 4 en porcentajes); * $p < 0.001$; ** $p < 0.0001$.

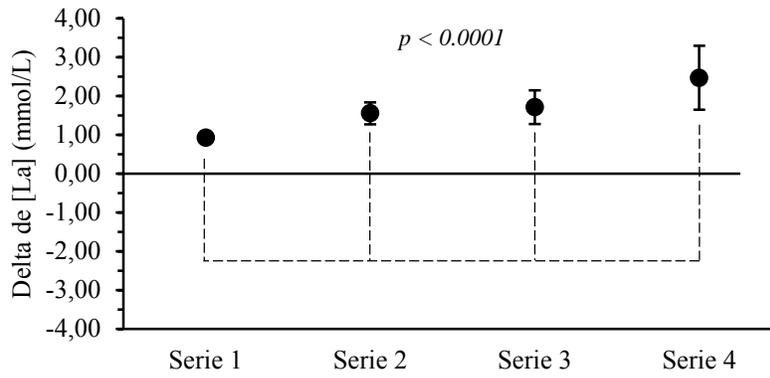


Figura 64a. Delta de [La] E1.

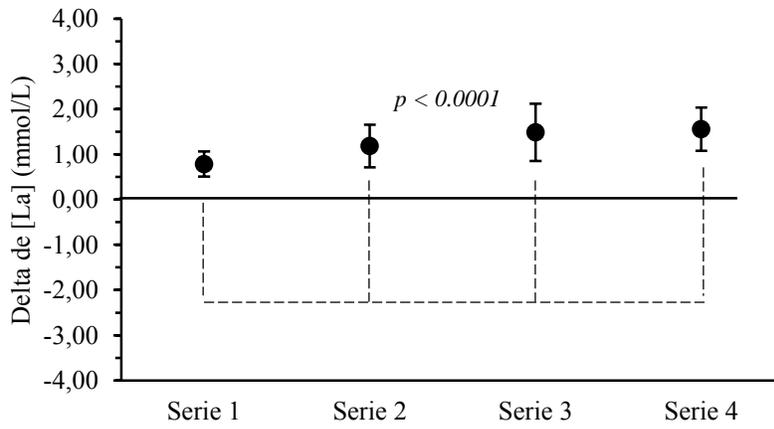


Figura 64b. Delta de [La] E2.

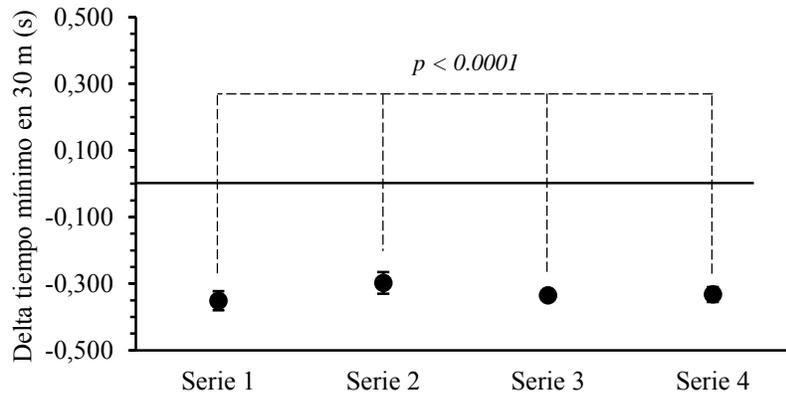


Figura 65a. Delta de tiempo mínimo E1.

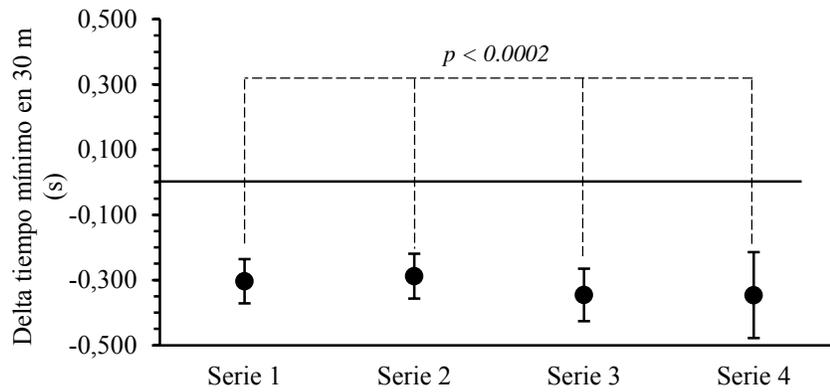


Figura 65b. Delta de tiempo mínimo E2.

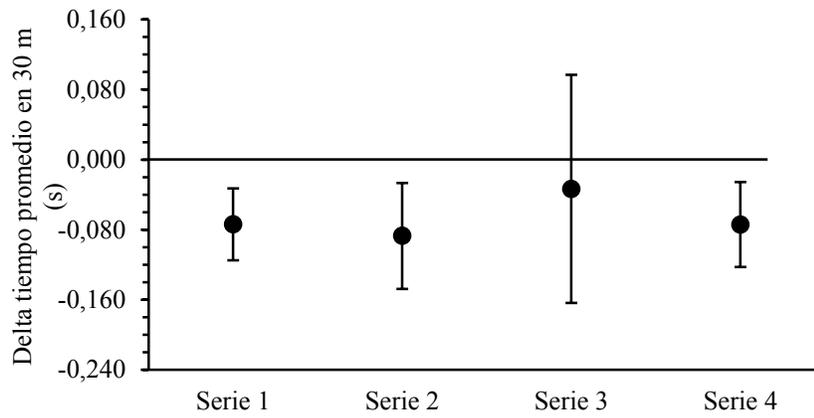


Figura 66a. Delta de tiempo promedio E1.

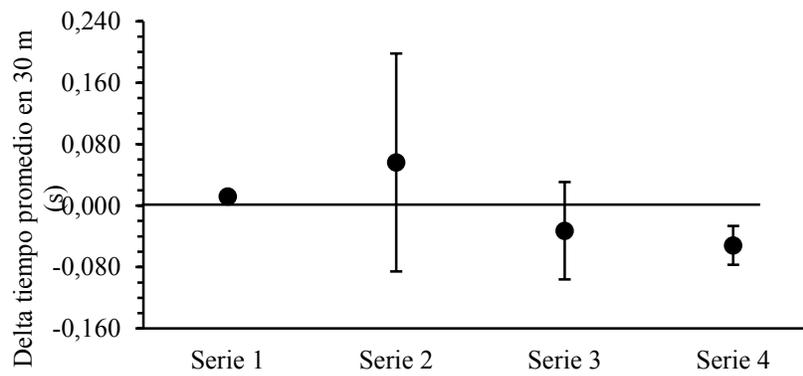


Figura 66b. Delta de tiempo promedio E2.

DISCUSIÓN

Discusión Estudio I

En relación al primer objetivo del Estudio I, los resultados estadísticos mostraron un efecto agudo positivo de un tratamiento de RVIS aplicado en las distancias máximas y promedio del lanzamiento de la granada en pentatletas militares. Dicho efecto positivo es consecuencia de una PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento. Sin embargo, no se observó PAP en la D vel max, V max y V pro de lanzamiento, pero las [La] y P max no sufrieron modificaciones, esto podría asegurar la nula aparición de fatiga muscular y orgánica. Por último, las P pro presentaron un descenso significativo entre la serie control y las 4 series experimentales.

En base a las revisiones realizadas para el Estudio I, se pudo identificar que son pocos los estudios que relacionan RVIS como activación para generar PAP. Algunos autores han aplicado RVIS buscando PAP en distintos gestos deportivos^{38,39,46}, pero los resultados de estos estudios han sido contradictorios. Por un lado, Okuno et al. (2013)³⁹ buscaron PAP con RVIS para la extremidad inferior, encontrando aumento significativo en la velocidad de desplazamiento ($p = 0.01$) (30 m con un cambio de dirección en 15 m) posterior a una activación con RVIS con cargas incrementales (1 x 5 al 50 % de 1RM + 1 x 3 al 70 % de 1RM + 5 x 1 al 90 % de 1RM). Por otro lado, Walker et al. (2010)⁴⁶ observaron los efectos crónicos de la RVIS en la PAP y los índices de fatiga, encontrando un aumento significativo en la fuerza activa ($p < 0.05$), pero también un aumento significativo en la fatiga muscular posterior a la activación ($p < 0.05$). Gómez-Navarrete et al. (2011)³⁸, no evidenciaron PAP al aplicar un entrenamiento de RVIS (4 series de 3RM en Press Banca con pausa de 4 min + 4 series de 5 lanzamientos de balón medicinal [5 Kg] + 3 lanzamientos de balón de handball), ellos mostraron un descenso significativo en las P max y la curva de fuerza posterior a la activación ($p < 0.05$).

En relación a las mejoras evidenciadas en este estudio, los aumentos significativos en las D max y D pro del lanzamiento de la granada ($D max p = 0.0019$, $TE = 0.370$; $D pro p =$

0.0257, $TE = 0.259$), son apoyados por algunos estudios que encontraron diferencias significativas en la distancia de lanzamiento⁷⁶; desafortunadamente, estos resultados no indican una tendencia, ya que la mayoría de los hallazgos encontrados por otros autores se centran en la velocidad de lanzamiento^{10,11,38,77} y no en la distancia de lanzamiento, menos aún relacionan la distancia de lanzamiento con la PAP; no obstante, los cambios observados en las D max y D pro se asocian a una PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento. En consecuencia, la distancia de lanzamiento de la granada del Pentatlón Militar debe ser abordada en estudios futuros, ya que éste es el principal parámetro de rendimiento en esta prueba deportiva y, por tanto, se hace necesario incluir esta variable como patrón de medida.

Pese a que la V max y V pro no presentaron modificaciones significativas entre la serie control y las cuatro series experimentales ($V\ max\ p = 0.72$, $TE = 0.055$; $V\ pro\ p = 0.94$, $TE = 0.020$), son numerosos los autores que han evidenciado diferencias significativas en la velocidad de lanzamiento^{10,11,75,77,78}. Cabe mencionar que no todos los estudios citados presentan PAP como variable^{38,42,43}, ya que en la gran mayoría de estos estudios se trabajó con resistencia constante como activación^{9,77-79,81,82}. También es importante analizar que son varios los estudios que utilizan la resistencia constante como activación y que no generan aumentos significativos en la velocidad de lanzamiento^{38,75,81}.

Consecuencia de lo anterior, es necesario seguir explorando la RVIS como activación para conseguir PAP en las variables de velocidad y distancia de lanzamiento.

En relación al segundo objetivo del Estudio I, los resultados estadísticos no evidenciaron cambios significativos en las [La] ($p = 0.36$, $TE = 0.110$); esto permite asegurar que las cargas de activación aplicadas (4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada separados por 15 s), no producen fatiga general en los deportistas. En relación a la misma variable, West et al. (2014)⁸³ evidenciaron un aumento en las [La] terminada la ejecución del ejercicio ($p < 0.0001$); de igual manera, Cadore et al (2013)¹⁶ informaron un aumento significativo en las [La] posterior a la carga de trabajo.

En el desarrollo de este estudio, fue necesario incluir la medición de las [La], ya que una presencia de fatiga general provocará la disipación de las señales neurales en la placa motora, disminuyendo las posibilidades de desencadenar PAP.

También, el monitoreo de las potencias en Press Banca a través de un encoder lineal permitió verificar la zona óptima para el trabajo de potencia¹⁷. Además, se consiguió evidenciar, junto a las [La], la aparición de fatiga general y local en los sujetos. En la aplicación del tratamiento, las P max en Press Banca no sufrieron modificaciones significativas ($p = 0.15$, $TE = 0.166$), no obstante, las P pro en Press Banca evidenciaron un descenso significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales ($p = 0.0055$, $TE = 0.327$). En este sentido, Marques et al. (2007)⁴⁹ relacionaron la velocidad de la barra, las P max y P pro en Press Banca con la velocidad de lanzamiento, pero los autores no consideraron la PAP como una variable de estudio, por lo tanto no deja una clara evidencia de cómo la fatiga muscular local puede afectar la activación neuro-muscular que generará PAP en la distancia y velocidad de lanzamiento. Consecuencia de lo anterior, no existe evidencia suficiente para demostrar que un descenso significativo sólo en las P pro en Press Banca pueda condicionar la PAP en el lanzamiento de la granada en el Pentatlón Militar.

En resumen, los resultados del presente estudio apoyan la idea de que la activación con RVIS provoca PAP en el lanzamiento de la granada en Pentatlón Militar; dicha PAP se evidenció en el aumento significativo de la D max y D pro del lanzamiento de la granada, más la mantención de las P max y [La] entre la serie control y las 4 series experimentales. Por lo tanto, trabajar con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada separados por 15 s, parece ser una alternativa válida para desarrollar la fuerza explosiva elástica-refleja de la extremidad superior.

Discusión Estudio II

En relación al objetivo principal del presente estudio, la revisión realizada mostró que en distintas intervenciones se generaron incrementos en las [La]^{79,85,86} y de CK⁸⁷⁻⁸⁹. En este sentido, West et al. (2014)⁸³ evidenciaron aumento en las [La] terminada la ejecución del ejercicio ($p < 0.0001$); de igual manera, Cadore et al. (2013)¹⁶ informaron un aumento significativo en las [La] posterior a la carga de trabajo. Walker et al. (2010)⁴⁶, observaron los índices de fatiga posterior a los efectos crónicos de la RVIS en la PAP, encontrando un aumento significativo en la fuerza activa ($p < 0.05$), pero también un aumento significativo en la fatiga muscular posterior a la activación ($p < 0.05$). En contraposición a los autores mencionado, el presente estudio no evidenció cambios significativos en las [La] para el E1 ($p = 0.36$, $TE = 0.110$) y un descenso significativo en el E2 ($p = 0.0006$, $TE = 0.411$); esto permite asegurar que las cargas de activación presentadas no producen fatiga general en los deportistas (4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada para E1; y 4 series de 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada para E2). En la misma línea, Aboodarda et al. (2011)²⁶ evidenciaron daño muscular post esfuerzo, y Peltonen et al. (2014)⁸⁴ utilizaron la electromiografía como parámetro de fatiga muscular, en ambos estudios mencionados se informó de daño muscular local post esfuerzo; en el presente estudio, no se evidenció daño muscular a las 24 h de aplicados dos métodos de entrenamiento en base a RVIS, esto quedó evidenciado con los cambios no significativos experimentados por los indicadores sanguíneos de fatiga y daño muscular (CK-MB $p > 0.05$; CK-Total $p > 0.05$; Cortisol $p > 0.05$).

En relación al segundo objetivo de estudio, los resultados muestran un efecto agudo positivo de un programa de RVIS sobre las distancias máximas y promedio del lanzamiento de la granada con el método E1, dicho efecto fue producto de una PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento, pero no se observó PAP en las distancias máximas y promedio del lanzamiento de la granada al aplicar el método E2. En las revisiones realizadas para el desarrollo de este estudio, hubo poca evidencia que relacionara la RVIS como activación para generar PAP. Algunos autores han aplicado RVIS buscando PAP en distintos gestos

deportivos^{38,46,84}, pero los resultados de estos estudios fueron contradictorios. Por un lado, Okuno et al. (2013)³⁹ buscaron PAP con RVIS para la extremidad inferior, encontrando aumento significativo en la velocidad de desplazamiento (30 m con un cambio de dirección en 15 m) posterior a una activación con RVIS con cargas incrementales ($p = 0.01$). Sin embargo, Gómez-Navarrete et al. (2011)³⁸ no evidenciaron PAP al aplicar un entrenamiento de RVIS (4 series de 3RM en Press Banca con pausa de 4 min + 4 series de 5 lanzamientos de balón medicinal [5 Kg] + 3 lanzamientos de balón de handball), ellos mostraron un descenso significativo en la potencia máxima y la curva de fuerza posterior a la activación ($p < 0.05$).

En relación a las mejoras evidenciadas en este estudio, específicamente con el método E1, los aumentos significativos en la D max y D pro del lanzamiento de la granada entre la serie control y las cuatro series experimentales ($D\ max\ p = 0.0019$, $TE = 0.370$; $D\ pro\ p = 0.0257$, $TE = 0.259$), son apoyados por algunos estudios que han encontrado diferencias significativas en la distancia de lanzamiento⁷⁶; desafortunadamente, no se pueden asegurar como una tendencia, ya que la mayoría de los hallazgos encontrados por otros autores se centran en la velocidad de lanzamiento^{10,11,38,77} y no en la distancia de lanzamiento, menos aún relacionan la distancia de lanzamiento con la PAP; no obstante, los incrementos de la D max y D pro fueron asociados a una PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento. En consecuencia, la distancia de lanzamiento de la granada del Pentatlón Militar debe ser abordada en estudios futuros, ya que esta variable es el principal parámetro de rendimiento en esta prueba deportiva y por lo tanto se hace necesario incluir este patrón de medida.

En resumen, los resultados del presente estudio apoyan la idea de que la activación con RVIS provoca PAP en el lanzamiento de la granada en Pentatlón Militar; dicha PAP se evidencia en el aumento significativo de la D max, D pro del lanzamiento de la granada y mantención de las [La] entre la serie control y las 4 series experimentales para el método E1. Además, para ambos métodos (E1 y E2) no se evidenciaron alteraciones en los indicadores sanguíneos de daño muscular a las 24 h de aplicado el tratamiento (CK-MB, CK-Total y Cortisol). Por lo tanto, trabajar con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada, parece ser una alternativa válida cuando se quiere

desarrollar la fuerza explosiva elástica refleja de la extremidad superior sin provocar alteraciones negativas en los atletas.

También es importante mencionar, que si bien el protocolo E2 no generó PAP en la musculatura implicada en el lanzamiento de la granada, tampoco generó incrementos en los indicadores de daño muscular en ninguna de las variables estudiadas. Por consiguiente, este método de entrenamiento podría ser utilizado en futuras investigaciones con algunos cambios en la carga de trabajo, por ejemplo: la pausa entre las series.

Discusión Estudio III

En relación al primer objetivo del estudio, los resultados de la *ANOVA de medias repetidas* mostraron un efecto agudo positivo del programa de RVIS sobre las D max y D pro del lanzamiento de la granada en pentatletas militares profesionales. Dicho efecto positivo fue atribuido a la PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento, lo anterior se debe a una mayor fosforilación de las cadenas livianas de miosina muscular⁴⁸. También es importante mencionar que la PAP evidenciada en el GP se basa en las horas de entrenamiento semanal. Estas 30 horas de trabajo semanal son fundamentales para un éxito de los protocolos de PAP, ya que permiten disipar la fatiga muscular antes que el estímulo neural se desvanezca de la placa motora. En el grupo de pentatletas militares aficionados, se observó un descenso significativo en las distancias máximas del lanzamiento de la granada entre la serie control y las cuatro series experimentales. Dicho descenso fue atribuido a una prevalencia de fatiga en la musculatura involucrada en el lanzamiento de la granada luego de la aplicación del protocolo de RVIS en Press Banca⁴⁸. Esta baja capacidad de recuperación presentada por el GA se asocia a la baja cantidad de horas de entrenamiento semanal al compararlo con el GP (1/3 de las horas).

Tanto en el grupo profesional como en el aficionado no se observó PAP en la V max, V pro y D vel max de lanzamiento; no obstante, al analizar ambos grupos, quedó en evidencia que los profesionales presentaron un valor absoluto más elevado que los aficionados y en la mayoría de casos esta diferencia es estadísticamente significativa. Las diferencias observadas

entre el grupo profesional y aficionado fueron atribuidas a un cruce entre la PAP que evidencia el grupo profesional y la fatiga sufrida por el grupo aficionado⁴⁸.

Otra variable que permitió evidenciar la fatiga durante la aplicación del experimento, fueron las [La]; éstas no presentaron modificaciones en el grupo profesional, lo que podría asegurar la nula aparición de fatiga muscular y orgánica; pero en el grupo aficionado, las [La] presentaron un incremento significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales.

Los resultados de estudios que han trabajado con RVIS son contradictorios. Por un lado, Gómez-Navarrete et al. (2011)¹⁰ no evidenciaron PAP al aplicar un entrenamiento de RVIS (4 series de 3RM en Press Banca con pausa de 4 min + 4 series de 5 lanzamientos de balón medicinal [5 kg] + 3 lanzamientos de balón de handball), ellos mostraron un descenso significativo en la P max y la curva de fuerza posterior a la activación ($p < 0.05$). Por otro lado, Okuno et al. (2013)³⁹ buscaron PAP con RVIS para la extremidad inferior, encontrando un aumento significativo ($p = 0.01$) en la velocidad de desplazamiento (30 m con un cambio de dirección en 15 m) posterior a una activación con RVIS con cargas. Walker et al. (2010)⁴⁶, observaron los efectos crónicos de la RVIS en la PAP y los índices de fatiga, encontrando un aumento significativo en la fuerza activa ($p < 0.05$), pero también un aumento significativo en la fatiga muscular posterior a la activación ($p < 0.05$). Esto último, se contrapone con la evidencia encontrada en el presente estudio, ya que el grupo profesional generó PAP y no presentó incrementos en la [La] ($p = 0.36$, $TE = 0.202$). Por lo tanto, no sólo es necesario encontrar ejercicios que generen PAP, sino que además estos ejercicios no deben inducir fatiga en los atletas.

En relación a las mejoras evidenciadas en este estudio, los aumentos significativos en la D max y D pro del lanzamiento de la granada en el grupo profesional producto de una PAP en la musculatura de la extremidad superior ($D max p = 0.0019$, $TE = 0.370$; $D pro p = 0.0257$, $TE = 0.259$), son apoyados por algunos estudios que encontraron diferencias significativas en la distancia de lanzamiento⁷⁶; también es evidente que un bajo nivel de entrenamiento no permite generar incrementos agudos en las capacidades físicas y gestos deportivos, esto

quedó demostrado en el grupo aficionado de pentatlón militar, ellos presentaron un descenso significativo en las D max y D pro del lanzamiento de la granada ($D\ max\ p = 0.0128$, $TE = 0.305$; $D\ pro\ p = 0.0254$, $TE = 0.313$).

Desafortunadamente, los hallazgos encontrados tanto en el grupo profesional como en el grupo aficionado no se pueden señalar como una tendencia, ya que la mayoría de la evidencia científica encontrada por otros autores se centró en la velocidad de lanzamiento^{38,10,11,77} y no en la distancia de lanzamiento, menos aún relacionaron la distancia de lanzamiento con la PAP; no obstante, los incrementos en la D max y D pro evidenciados en el grupo profesional fueron producto de una PAP, mientras que el descenso en la D max y D pro de lanzamiento, además del incremento en las [La] en el grupo aficionado, fueron atribuidos a una fatiga muscular y general que afectó de forma directa a los grupos musculares involucrados en el lanzamiento de la granada.

Pese a que las V max y V pro no presentaron modificaciones significativas en el grupo profesional ($V\ max\ p = 0.72$, $TE = 0.055$; $V\ pro\ p = 0.94$, $TE = 0.020$) ni en el grupo aficionado ($V\ max\ p = 0.10$, $TE = 0.117$; $V\ pro\ p = 0.21$, $TE = 0.149$), son numerosos los autores que han evidenciado diferencias significativas en la velocidad de lanzamiento^{10,1175,77,78}, cabe mencionar que en todos los estudios citados no existe una comparación entre atletas profesionales con aficionados.

Otra variable a considerar dentro de los entrenamientos deportivos es la fatiga general y local. Incluir la medición de las [La] en la ejecución de ejercicios es fundamental para definir si los deportistas conseguirán una PAP o inducirán fatiga en diversos deportes. En este sentido, West et al. (2014)⁸³ evidenciaron aumento en las [La] terminada la ejecución del ejercicio ($p < 0.0001$); así mismo, Cadore et al. (2013)¹⁶, informaron un aumento significativo en la [La] posterior a la carga de trabajo; de igual manera, Ojala et al. (2013)⁸⁶, evidenciaron una diferencia significativa en las [La] entre el control y los minutos 40, 80 y 120 de tres partidos de tenis. En contraposición a los autores mencionados, el presente estudio no evidenció cambios significativos en las [La] para el grupo profesional ($GP\ p = 0.36$, $TE = 0.202$), no así en el grupo aficionado, acá se produjo un incremento significativo en las [La] ($GA\ p =$

0.0001, $TE = 0.260$). Esto permite asegurar que las cargas de activación aplicadas no producen fatiga general.

En resumen, los resultados del presente estudio apoyan la idea que la aplicación de un protocolo de RVIS genera PAP en el lanzamiento de la granada en pentatletas militares profesionales; dicha PAP se evidenció en el aumento significativo de la distancia máxima de lanzamiento. Por lo tanto, trabajar con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada separados por 15 segundos, parece ser una alternativa válida para desarrollar la fuerza explosiva de la extremidad superior.

Discusión Estudio IV

En relación al primer objetivo del estudio, los resultados mostraron un efecto agudo positivo de un tratamiento de RVIS aplicado en el t min en 30 m en pentatletas militares. Dicho efecto positivo fue consecuencia de una PAP de la musculatura involucrada en la carrera. Sin embargo, las [La] presentaron incrementos significativos durante la aplicación del tratamiento. Esto permite inferir que durante la realización de las repeticiones de 30 m los sujetos comienzan a tener más participación glucolítica, esto podría llevar a una fatiga muscular y orgánica; afortunadamente, las P pro y P max no presentaron un cambio significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales. En similitud al presente estudio, Okuno et al. (2013)³⁹ buscaron PAP con RVIS para la extremidad inferior, encontrando aumento significativo en la velocidad de desplazamiento ($p = 0.01$) (30 m con un cambio de dirección en 15 m). Por otro lado, Lim et al. (2013)¹¹ no encontraron diferencias significativas en 10 m, 20 m y 30 m; ellos buscaron PAP de forma aguda con Sentadilla, pero con resistencia constante. Posiblemente el incremento de la intensidad dentro de la serie sea el causante de la PAP en la musculatura de la carrera, ya que, tanto en el presente estudio como el presentado por Okuno et al. (2013)³⁹ se usó RVIS en Sentadilla como método de activación.

De los estudios consultados para este Estudio, varios autores aplicaron tratamientos crónicos para generar PAP en distintas distancias de carreras^{18,41,90,91}, pero, en sólo algunos

consiguieron cambios significativos en los tiempos y velocidades de desplazamiento en 30 m³ y/o correlación entre las pruebas de fuerza explosiva (Squat Jump) versus carreras⁹¹. De igual manera que en los tratamientos de “efectos agudos”, sólo en aquellos que se trabajó con Resistencia Variable se produjo PAP, mientras que en los estudios que se trabajó con Resistencia Constante las variables medidas se mantuvieron sin cambios significativos^{10,90}.

Durante la aplicación del tratamiento, las [La] se incrementaron de manera significativa ($p = 0.0001$, $TE = 0.760$), subiendo de 2.51 ± 0.51 a 4.98 ± 1.33 mmol/L. Una evidencia semejante registró West et al. (2014)⁸³, ellos reportaron un aumento en las [La] al término del tratamiento ($p < 0.0001$). Cabe mencionar que el estímulo que los investigadores aplicaron generó incrementos hasta los 12.5 ± 2.6 mmol/L, lo que sobrepasa considerablemente el umbral láctico¹⁶. De igual manera, Cadore et al. (2013)¹⁷ informaron incrementos en las [La] posterior a la carga de trabajo. Dichos aumentos también sobrepasaron el nivel de umbral. En contraposición a los resultados presentados en este Capítulo y el de los autores mencionados, en los estudios descrito en los Estudios I, II y III, no evidenciaron cambios significativos en las [La] ($p = 0.36$, $TE = 0.202$), estas concentraciones sanguíneas subieron de 1.92 ± 0.33 a 2.08 ± 0.33 mmol/L. Por los antecedentes presentados durante la investigación, se puede inferir que las cargas de activación aplicadas en esta tesis doctoral, ya sean Press Banca o Sentadilla, no produjeron fatiga general en los deportistas.

En relación a los indicadores de fatiga local, Walker et al. (2010)⁴⁶ observaron los efectos crónicos de la RVIS en la PAP y los índices de fatiga, ellos encontraron un aumento significativo ($p < 0.05$) en la fuerza activa, pero también un aumento significativo en la fatiga muscular posterior a la activación ($p < 0.05$). En la aplicación del tratamiento del presente estudio, las P max y P pro en la Sentadilla no evidenciaron modificaciones significativas ($p = 0.45$, $TE = 0.136$ y $p = 0.52$, $TE = 0.121$). En este mismo sentido, Marques et al. (2007)⁴⁹ relacionaron la velocidad de la barra, la P max y P pro con un gesto deportivo, pero estos investigadores no evaluaron PAP como una variable de estudio. Consecuencia de lo anterior, no existe la evidencia concluyente para asegurar que la fatiga muscular local afecta la activación neuro-muscular que genera PAP en el gesto deportivo (30 m).

Los resultados expuestos apoyan la idea que la activación con RVIS provoca PAP en la carrera de 30 m en Pentatlón Militar. Dicha PAP se evidenció con el descenso significativo en el t_{\min} en 30 m y mantención de la P_{\max} y P_{pro} entre la serie control y las 4 series experimentales. Por lo tanto, trabajar con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 repeticiones de 30 m separadas por 120 s, es una alternativa válida cuando se quiere desarrollar la fuerza explosiva de la extremidad inferior.

Discusión Estudio V

En relación al objetivo principal del presente estudio, las [La] evidenciaron cambios significativos para el E1 y E2 ($p = 0.0001$, $TE = 0.760$ y $p = 0.0001$, $TE = 0.673$). Pese a este incremento significativo, los deportistas no sobrepasaron el umbral láctico⁹², esto permitió asegurar que las cargas de activación no produjeron fatiga general en los sujetos (4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 carreras de 30 m para E1; y 4 series de 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 3 carreras de 30 m para E2). En la misma variable, West et al. (2014)⁸³ evidenciaron un aumento en las [La] terminada la ejecución del ejercicio ($p < 0.0001$), pero a diferencia del presente informe, ellos sobrepasaron los niveles de umbral láctico llegando a 12.4 ± 2.6 mmol/L. Así mismo, Walker et al. (2010)⁴⁶ observaron los índices de fatiga posterior a los efectos crónicos de la RVIS en la PAP, encontrando un aumento significativo en la fuerza activa ($p < 0.05$), pero también un aumento significativo en la fatiga muscular posterior a la activación ($p < 0.05$). En todos los casos consultados, incluyendo el Estudio II y del presente estudio, los incrementos en las [La] al parecer no influyeron de forma negativa en la PAP, a excepción de sujetos con bajo nivel de entrenamiento (aficionados) expuestos en el Estudio III.

En relación a los indicadores de daño muscular, en el presente estudio tanto los niveles de CK-MB como los de CK-Total mostraron incrementos significativos a las 24 h de aplicados ambos tratamientos, no así las concentraciones de Cortisol, estas últimas descendieron de forma significativa a las 24 h de aplicados ambos tratamientos experimentales basados en RVIS (E1 $p = 0.030$; E2 $p = 0.023$). En la mayoría de los estudios consultados, las distintas

intervenciones generaron incrementos en las concentraciones de CK⁸⁷⁻⁸⁹ y Cortisol⁹³. En este sentido, Aboodarda et al. (2011)⁴⁵ evidenciaron daño muscular post esfuerzo, mientras que Peltonen et al. (2014)⁸⁴ utilizaron la electromiografía como parámetro de fatiga muscular, en ambos estudios mencionados se informó de daño muscular local post esfuerzo. Al parecer, en los estímulos con RVIS en zonas de potencia y dependiendo de la masa muscular involucrada, los niveles de CK se incrementan, pero no existe evidencia que afecte al rendimiento, así quedó demostrado tanto en el Estudio II como en el presente informe. Además, no se encontró evidencia de valoraciones de Cortisol en tratamientos agudos, por tanto y en base a los antecedentes del Estudio II y del presente informe, los trabajos con RVIS no alteran los niveles sanguíneos de Cortisol post esfuerzo.

En relación al segundo objetivo de estudio, los resultados mostraron el efecto agudo positivo de dos programas de RVIS en Sentadilla sobre los t min en 30 m tanto para el método E1 como para E2 (*E1 p = 0.0001, TE = 0.652; E2 p = 0.0002, TE = 0.745*), dicho efecto es consecuencia de una PAP de la musculatura involucrada en la carrera. En similitud al aumento del rendimiento evidenciado con ambos protocolos en este estudio, algunos investigadores encontraron diferencias significativas en los tiempos y velocidades de carrera^{1839,41}; como se ha mencionado en los párrafos precedentes, el aumento en el rendimiento es consecuencia de una PAP de la musculatura involucrada en los 30 m de carrera.

En resumen, los resultados apoyan la idea que la activación con RVIS provoca PAP en 30 m en Pentatlón Militar; dicha PAP se evidenció en la disminución del tiempo en 30 m entre la serie control y las cuatro series experimentales para el método E1 y E2. Pese a que los niveles sanguíneos de Lactato, CK-MB y CK-Total aumentaron de forma significativa, esto no influyó en el incremento de rendimiento. En relación a los niveles de Cortisol, éstos disminuyeron de forma significativa a las 24 h de aplicados ambos tratamientos, esto nos asegura que a las 24 h post esfuerzo los sujetos de estudio están en una fase anabolizante. Por lo tanto, trabajar con E1 y/o E2 parece ser una alternativa válida cuando queremos desarrollar la fuerza explosiva de la extremidad inferior sin provocar alteraciones negativas en los atletas.

CONCLUSIONES

Conclusiones Generales

Al finalizar la aplicación de cuatro tratamientos experimentales (E1 y E2 en Press Banca, y E1 y E2 en Sentadilla) en dos grupos de pentatletas militares (GP y GA), se puede concluir lo siguiente: los resultados de los estudios I, II, III, IV y V, avalan la hipótesis que la activación con RVIS genera PAP tanto en el lanzamiento de la granada como en la carrera de 30 metros planos en pentatletas militares. No obstante, se deben explicitar algunas consideraciones:

- 1.- Sólo el tratamiento de RVIS con cargas bajas y cargas altas en Press Banca generó PAP. Por lo tanto, trabajar con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 lanzamientos de granada separados por 15 s, es una metodología de entrenamiento adecuada para desarrollar la fuerza explosiva elástica-refleja de la extremidad superior.
- 2.- La aplicación del tratamiento E1, junto con desencadenar PAP en el lanzamiento de la granada, no produjo descensos significativos en las potencias de trabajo en Press Banca. Asimismo, las concentraciones de Lactato no mostraron cambios que evidenciaran fatiga general en los sujetos profesionales. En consecuencia, las intensidades de trabajo son apropiadas para no generar fatiga local y general.
- 3.- Sin embargo, el grupo aficionado presentó incrementos significativos en las concentraciones de Lactato al término de cada serie. Consecuencia de lo anterior, los sujetos aficionados evidenciaron fatiga general durante la aplicación del tratamiento, esto influyó en que las concentraciones de ATP intramuscular descendieran, la señal neural de la placa motora se disparara y no se obtuviera PAP en este subgrupo de trabajo.
- 4.- A las 24 horas de aplicados ambos tratamientos de RVIS a través de Press Banca (E1 y E2), no se visualizaron incrementos en los indicadores sanguíneos de daño muscular. Por lo

tanto, las cargas de entrenamiento con RVIS pueden ser aplicadas sin el riesgo de generar un síndrome de *sobre entrenamiento* en los atletas, ya que a las 24 horas de ejecutado cada uno de estos protocolos, los sujetos estuvieron en una fase anabolizante.

5.- Ambos tratamientos de RVIS en Sentadilla generaron una PAP en 30 metros planos. Por lo tanto, trabajar con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 3 repeticiones de 30 m separadas por 120 s y/o 4 series de 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 3 repeticiones de 30 m separadas por 120 s, es una metodología de entrenamiento adecuada para desarrollar la fuerza explosiva elástica-refleja de la extremidad inferior.

6.- Tanto en la aplicación del tratamiento E1 como E2, no se produjeron descensos significativos en las potencias de trabajo en Sentadilla. Por lo tanto, los sujetos profesionales no evidenciaron fatiga local en la ejecución del experimento. En consecuencia, las intensidades de trabajo son apropiadas para no provocar descensos en las concentraciones de ATP intramuscular, lo que permite desencadenar PAP en la carrera de 30 metros planos.

7.- Sin embargo, el grupo profesional presentó incrementos significativos en las concentraciones de Lactato al término de cada serie para ambos protocolos experimentales. En consecuencia, se evidenció una fatiga general en los sujetos profesionales, favorablemente, esto no desencadenó descensos en las concentraciones de ATP intramuscular, tampoco generó una disipación de la señal neural en la placa motora, y como consecuencia, se generó una PAP en este subgrupo de trabajo.

8.- A las 24 horas de aplicados ambos tratamientos de RVIS a través de Sentadilla (E1 y E2), no se visualizaron incrementos en los indicadores sanguíneos de daño muscular (Cortisol). Por lo tanto, las cargas de entrenamiento con RVIS pueden ser aplicadas sin el riesgo de generar un síndrome de *sobre entrenamiento* en los atletas, ya que a las 24 horas de ejecutado cada uno de estos protocolos, los sujetos estuvieron en una fase anabolizante.

9.- Al comparar las concentraciones de Lactato entre los protocolos de Press Banca y Sentadilla, se visualizaron concentraciones más altas con el tratamiento de la extremidad inferior. Estas diferencias están relacionadas con las masas musculares involucradas en el ejercicio. Es así como, a mayor masa muscular ejercitada mayor serán las concentraciones de Lactato. Sin embargo, esto no influyó en la generación de PAP, ya que ambos métodos aumentaron la fuerza explosiva elástica-refleja en la *fase 3*.

10.- Al comparar los indicadores sanguíneos de daño muscular entre los protocolos de Press Banca y Sentadilla, se visualizaron concentraciones más altas de CK con el tratamiento de Sentadilla. Estas diferencias están relacionadas con las masas musculares involucradas en el ejercicio. Es así como, a mayor masa muscular ejercitada mayor serán las concentraciones sanguíneas de CK. Sin embargo, esto no desencadenó síndrome de *sobre entrenamiento*, ya que el principal indicador de este síndrome (Cortisol), no evidenció cambios negativos en los atletas.

Aplicabilidad del Estudio

1.- Trabajar con RVIS en Press Banca durante la *fase específica* de la curva de rendimiento con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM es una alternativa de entrenamiento para incrementar los niveles de fuerza explosiva de la extremidad superior.

2.- La PAP con RVIS en Press Banca permite conseguir incrementos entre 2.0 % a 3.5 % en la distancia del lanzamiento de la granada, esto puede definir la ubicación de los atletas en los campeonatos de Pentatlón Militar.

3.- Aplicar métodos con RVIS en Press Banca durante la *fase específica* de la curva de rendimiento con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM o con 4 series de 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 5 repeticiones al 30 % de 1RM no provoca daño muscular.

4.- Trabajar potenciación con RVIS en Press Banca permite aplicar varias unidades de entrenamiento con características similares durante los microciclos, no sometiendo al síndrome de sobre entrenamiento a los atletas.

5.- Las cargas con RVIS tanto en Press Banca como en Sentadilla pueden ser sucedidas por otros entrenamientos durante la misma jornada. La condición es que estas segundas cargas tengan diferentes directrices, por ejemplo: el incremento del consumo máximo de oxígeno.

6.- Asegurar que la aplicación de RVIS como PAP sea en sujetos entrenados, ya que un bajo nivel de entrenamiento puede llevar a que los ejercicios de activación desencadenen fatiga muscular debido a la baja síntesis de Adenosin Trifosfato (ATP) intracelular.

7.- Trabajar con RVIS en Sentadilla durante la *fase específica* de la curva de rendimiento con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM, es una alternativa de entrenamiento para incrementar los niveles de fuerza explosiva de la extremidad inferior.

8.- Aplicar métodos con RVIS en Sentadilla en la *fase específica* de la curva de rendimiento con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM o con 4 series de 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 5 repeticiones al 30 % de 1RM no provoca daño muscular a las 24 h.

Futuras Investigaciones

El trabajo de investigación desarrollado, ha contribuido a resolver todos los cuestionamientos que dieron forma a los cinco estudios de este informe, ayudando a consolidar la idea que el ser humano posee herramientas naturales para incrementar sus capacidades físicas, sólo hay que saber en qué momento y en qué forma aplicar las cargas de entrenamiento, pero junto a los nuevos conocimientos adquiridos, también surgen nuevas interrogantes que pueden dar origen a nuevos estudios.

La principal propuesta para futuras investigaciones es ver las posibles adaptaciones que genera el trabajo con Resistencia Variable Intra-Serie en períodos más extensos, no sólo quedarse con la fase aguda de la Potenciación Post Activación. Saber cuáles son los avances en la fuerza explosiva con las mismas cargas de trabajo (4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM y/o 4 series de 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 5 repeticiones al 30 % de 1RM) en 8, 12 o 16 semanas de trabajo, incluyendo tres sesiones de entrenamientos semanales.

En la misma línea de trabajo, es decir considerando las adaptaciones a los ejercicios de RVIS, también es importante investigar qué sucede con la PAP si se modifica la intensidad de trabajo (20 % de 1RM, 40 % de 1RM, 50 % de 1RM, etc.).

Cruzar la misma carga de trabajo ocupada en la presente investigación (4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1RM + 4 repeticiones al 60 % de 1RM y/o 4 series de 4 repeticiones al 60 % de 1RM + 5 repeticiones al 30 % de 1RM) con el desarrollo de otras capacidades física como el VO_2 Máx.

Considerar dentro de las futuras investigaciones indicadores sanguíneos de adaptación al entrenamiento como Hemoglobina, Hematocrito, Testosterona y/o Hormona del Crecimiento, esto junto al desarrollo de las capacidades física sustentará de mejor manera los beneficios de la RVIS y su influencia en la PAP.

Ocupar la misma metodología de trabajo, ya sea en su fase aguda como en su fase crónica, pero en población femenina; esto con el propósito de determinar si el sexo influye en la PAP de los sujetos. De igual manera, pero sólo en la fase de adaptación, se puede trabajar con sujetos aficionados y así se podrá observar si los cambios no significativos generados en el presente estudio son modificados a cambios significativos en las distintas variables medidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moschopoulos A, Albanidis E, Anastasiou A, Antoniou P. Organised military sports of the hellenic armed forces for the period 1948–1968. *The International Journal of the History of Sport*. 2015;32(2):351-366.
2. International Military Sports Council. Military pentathlon regulations. http://www.militarypentathlon.org/public/milpent/index.php?option=com_phocadownload&view=sections&Itemid=54. Updated 2015.
3. Lazăr I. Motility structure and dynamic specific efforts in obstacle course test. “*Mircea cel Batran*” *Naval Academy Scientific Bulletin*. 2011;14(2):184-188.
4. Confederación Deportiva de la Defensa Nacional de Chile. *Historia del deporte militar en chile*. 2014.
5. Gdonteli K. Investigation of the obstacle course performance at the hellenic military academy. *Journal of Physical Education and Sport*. 2015;15(2):305-309.
6. Salgueiro D, Barroso R, Barbosa A, Telles T, Júnior O. Anthropometric parameters of cadets among different military sports. *Int J Morphol*. 2015;33(3):831-834.
7. Loturco I, Ugrinowitsch C, Roschel H, Tricoli V, González-Badillo J. Training at the optimum power zone produces similar performance improvements to traditional strength training. *J Sport Sci Med*. 2013;12(1):109-115.
8. Huerta A, Galdames S. Valoración de los niveles de Lactato máximo en la cancha con obstáculos de pentatlón militar. Datos no publicados.
9. Chelly M, Hermassi S, Aouadi R, Shephard R. Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players. *J Strength Cond Res*. 2014;28(5):1401-1410.
10. Ramos R, Requena B, Suarez-Arrones L, Newton R, Saez de Villarreal E. 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. *J Strength Cond Res*. 2014;28(4):1007-1014.
11. van den Tillaar R, Marques M. Effect of different training workload on overhead throwing performance with different weighted balls. *J Strength Cond Res*. 2013;27(5):1196-1201.

12. García-Manso J. *La fuerza: Fundamentación, valoración y entrenamiento*. España: Gymnos; 2002.
13. Romano N, Vilaça-Alves J, Fernandes H, Saavedra F, Paz G, Miranda H, Simão R, Novaes J, Reis V. Effects of resistance exercise order on the number of repetitions performed to failure and perceived exertion in untrained young males. *Journal of human kinetics*. 2013;39(1):177-183.
14. Tibana R, Prestes J, da Cunha Nascimento D, Balsamo S. Comparison of the number of repetitions and perceived exertion between multi-joint and single-joint exercise at different intensities in untrained women. *Braz J Biomotricity*. 2011;5(2):96-105.
15. Sanchez-Medina L, Perez C, Gonzalez-Badillo J. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med*. 2010;31(2):123-129.
16. Cadore E, Pinheiro E, Izquierdo M, Correa C, Radaelli R, Martins J, Lhullier F, Laitano O, Cardoso M, Pinto R. Neuromuscular, hormonal, and metabolic responses to different plyometric training volumes in rugby players. *J Strength Cond Res*. 2013;27(11):3001-3010.
17. Bautista I, Chiroso J, Chiroso L, Martín I, González A, Robertson R. Development and validity of a scale of perception of velocity in resistance exercise. *J Sports Sci Med*. 2014;13:542-549.
18. Cormie P, McGuigan M, Newton R. Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(8):1582-1598.
19. Jiménez-Reyes P, González-Badillo J. Monitoring training load through the CMJ in sprints and jump events for optimizing performance in athletics. *Cult Cienc Deporte*. 2011;6(18):207-217.
20. Argus C, Gill N, Keogh J, McGuigan M, Hopkins W. Effects of two contrast training programs on jump performance in rugby union players during a competition phase. *Int J Sport Physiol*. 2012;7(1):68-75.
21. Hansen K, Cronin J, Newton M. The reliability of linear position transducer and force plate measurement of explosive force-time variables during a loaded jump squat in elite athletes. *J Strength Cond Res*. 2011;25(5):1447-1456.

22. Tsolakis C, Bogdanis G, Nikolaou A, Zacharogiannis E. Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *J Sports Sci Med*. 2011;10(3):577-583.
23. Ayala F, Croix M, de Baranda P, Santonja F. Acute effects of two different stretching techniques on isokinetic strength and power. *Rev Andal Med Deporte*. 2015;8(3):93-102.
24. Ogaya S, Takahashi H, Shioiri M, Saito A, Okajima Y. Changes in electromyographic activity after conditioning contraction. *J Phys Ther Sci*. 2012;24(10):979-983.
25. Verkhoshansky Y. *Todo sobre el método pliométrico*. España: Paidotribo; 1999.
26. Hill A. The series elastic component of muscle. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1950;137(887):273-280.
27. Gutiérrez M. *Biomecánica deportiva*. España: Gymnos; 1999.
28. Hirayama K. Acute effects of an ascending intensity squat protocol on vertical jump performance. *J Strength Cond Res*. 2014;28(5):1284-1288.
29. Naclerio F, Faigenbaum A, Larumbe-Zabala E, Ratamess N, Kang J, Friedman P, Ross R. Effectiveness of different postactivation potentiation protocols with and without whole body vibration on jumping performance in college athletes. *J Strength Cond Res*. 2014;28(1):232-239.
30. de Salles P, Vasconcellos F, de Salles G, Fonseca R, Dantas E. Validity and reproducibility of the sargent jump test in the assessment of explosive strength in soccer players. *J Hum Kinet*. 2012;33:115-121.
31. Talpey S, Young W, Saunders N. The acute effects of conventional, complex, and contrast protocols on lower-body power. *J Strength Cond Res*. 2014;28(2):361-366.
32. Doan B, Newton R, Marsit J, Travis N, Perry L, Fry A, Kraemer W. Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. *J Strength Cond Res*. 2002;16(1):9-13.
33. Carvalho T, Crisp A, Lopes C, Crepaldi M, Calixto R, Pereira A, Silva J, Yamada A, Marchetti P, Verlengia R. Effect of eccentric velocity on muscle damage markers after bench press exercise in resistance-trained men. *Gazz Med Ital*. 2015;174:1-2.
34. Ramirez-Campillo R, Andrade D, Izquierdo M. Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength. *J Strength Cond Res*. 2013;27(10):2714-2722.

35. Batista M, Roschel H, Barroso R, Ugrinowitsch C, Tricoli V. Influence of strength training background on postactivation potentiation response. *J Strength Cond Res.* 2011;25(9):2496-2502.
36. Oliveira F, Oliveira A, Rizzato G, Denadai B. Resistance training for explosive and maximal strength: Effects on early and late rate of force development. *J Sports Sci Med.* 2013;12(3):402.
37. Natsume T, Ozaki H, Saito AI, Abe T, Naito H. Effects of electrostimulation with blood flow restriction on muscle size and strength. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(12):2621-2627.
38. Gómez-Navarrete J, Solana R, Horrillo J, Murillo D. 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. *Ebm Recide.* 2011;7(1):5-16.
39. Okuno N, Tricoli V, Silva S, Bertuzzi R, Moreira A, Kiss M. Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):662-668.
40. Sale D. Postactivation potentiation: Role in performance. *Br J Sports Med.* 2004;38(4):386-387.
41. García-Pinillos F, Martínez-Amat A, Hita-Contreras F, Martínez-López E, Latorre-Román P. Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2014;28(9):2452-2460.
42. Lorenz D. Variable resistance training using elastic bands to enhance lower extremity strengthening. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(3):410.
43. Shoepe T, Ramirez D, Rovetti R, Kohler D, Almstedt H. The effects of 24 weeks of resistance training with simultaneous elastic and free weight loading on muscular performance of novice lifters. *J Hum Kinet.* 2011;29:93-106.
44. Garcia-Lopez D, Herrero A, Gonzalez-Calvo G, Rhea M, Marin P. Influence of "in series" elastic resistance on muscular performance during a biceps-curl set on the cable machine. *J Strength Cond Res.* 2010;24(9):2449-2455.
45. Aboodarda S, George J, Mokhtar A, Thompson M. Muscle strength and damage following two modes of variable resistance training. *J Sports Sci Med.* 2011;10(4):635.

46. Walker S, Ahtiainen J, Häkkinen K. Acute neuromuscular and hormonal responses during contrast loading: Effect of 11 weeks of contrast training. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20(2):226-234.
47. Lim J, Kong P. Effects of isometric and dynamic postactivation potentiation protocols on maximal sprint performance. *J Strength Cond Res*. 2013;27(10):2730-2736.
48. Sale D. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev*. 2002;30(3):138-143.
49. Marques M, van den Tillaar R, Vescovi J, González-Badillo J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int J Sport Physiol*. 2007;2(4):414-422.
50. Arabatzi F, Patikas D, Zafeiridis A, Giavroudis K, Kannas T, Gourgoulis V, Kotzamanidis C. The post-activation potentiation effect on squat jump performance: Age and sex effect. *Pediatr Exerc Sci*. 2014;26(2):187-194.
51. de Assis S, Panissa V, Miarka B, Franchini E. Postactivation potentiation: Effect of various recovery intervals on bench press power performance. *J Strength Cond Res*. 2012;26(3):739-744.
52. Read P, Miller S, Turner A. The effects of postactivation potentiation on golf club head speed. *J Strength Cond Res*. 2013;27(6):1579-1582.
54. Tillin M, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med*. 2009;39(2):147-166.
54. Silverthorn D. *Fisiología humana, un enfoque integrado*. 6a ed. México: Médica Panamerica; 2014:408-413.
55. Guyton A, Hall J. *Tratado de fisiología médica*. 11ª ed. España: Elsevier Health Sciences; 2011:72-91.
56. Güllich A, Schmidtbleicher D. Short-term potentiation of power performance induced by maximal voluntary contractions. In *XVth Congress of de International Society of Biomechanics*. 1995:348-349.
57. Sweeney H, Bowman B, Stull J. Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: Regulation and function. *Am J Physiol*. 1993;264:C1085-C1085.
58. Bustos A. *El Fenómeno de Potenciación Muscular - Una revisión*. 2007;In Prens.

59. Rassier D, Tubman L, MacIntosh B. Staircase in mammalian muscle without light chain phosphorylation. *Braz J Med Biol Res.* 1999;32(1):121-130.
60. Miyamoto N. Warm-up procedures to enhance dynamic muscular performance. *J Phys Fitness Sports Med.* 2012;1(1):155-158.
61. Turner A, Bellhouse S, Kilduff L, Russell M. Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *J Strength Cond Res.* 2015;29(2):343-350.
62. Wyland T, Van Dorin J, Reyes G. Postactivation potentiation effects from accommodating resistance combined with heavy back squats on short sprint performance. *J Strength Cond Res.* 2015;29(11):3115-3123.
63. Seitz L, de Villarreal E, Haff G. The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *J Strength Cond Res.* 2014;28(3):706-715.
64. Esformes J, Bampouras T. Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation. *J Strength Cond Res.* 2013;27(11):2997-3000.
65. Mitchell C, Sale D. Enhancement of jump performance after a 5-RM squat is associated with postactivation potentiation. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(8):1957-1963.
66. Bevan H, Cunningham D, Tooley E, Owen N, Cook C, Kilduff L. Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(3):701-705.
67. McCann M, Flanagan S. The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2010;24(5):1285-1291.
68. López-Chicharro J, Fernández-Vaquero A. *Fisiología del ejercicio.* 3a ed. Argentina: Médica Panamericana; 2010:91-97.
69. Chiu L, Salem G. Potentiation of vertical jump performance during a snatch pull exercise session. *J Appl Biomech.* 2012;28(6):627-635.
70. Crum A, Kawamori N, Stone M, Haff G. The acute effects of moderately loaded concentric-only quarter squats on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2012;26(4):914-925.

71. Fukutani A, Takei S, Hirata K, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y. Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(8):2236-2243.
72. Miarka B, Del Vecchio F, Franchini E. Acute effects and postactivation potentiation in the special judo fitness test. *J Strength Cond Res.* 2011;25(2):427-431.
73. Durnin J, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32(01):77-97.
74. Sanchez-Medina L, Perez C, Gonzalez-Badillo J. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med.* 2010;31(2):123-129.
75. Marques M, Saavedra F, Abrantes C, Aidar F. Associations between rate of force development metrics and throwing velocity in elite team handball players: A short research report. *J Hum Kinet.* 2011;29(Special Issue):53-57.
76. Zaras N, Spengos K, Methenitis S, Papadopoulos C, Karampatsos G, Georgiadis G, Stasinaki A, Manta P, Terzis G. Effects of strength vs. ballistic-power training on throwing performance. *J Sport Sci Med.* 2013;12(1):130.
77. Hermassi S, Chelly M, Fathloun M, Shephard R. The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(9):2408-2418.
78. van den Tillaar R, Marques M. Effect of two different training programs with the same workload on soccer overhead throwing velocity. *Int J Sport Physiol.* 2009; 4:474-484.
79. Ferraz R, Van Den Tillaar R, Marques M. The effect of fatigue on kicking velocity in soccer players. *J Hum Kinet.* 2012;35(1):97-107.
80. Negrete R, Hanney W, Kolber M, Davies G, Riemann B. Can upper extremity functional tests predict the softball throw for distance: A predictive validity investigation. *Int J Sports Phys Ther.* 2011;6(2):104-111.
81. Hermassi S, Chelly M, Tabka Z, Shephard R, Chamari K. 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. *J Strength Cond Res.* 2011;25(9):2424-2433.

82. Escamilla R, Ionno M, deMahy M, Fleisig G, Wilk K, Yamashiro K, Mikla T, Paulos L, Andrews J. Comparison of three baseball-specific 6-week training programs on throwing velocity in high school baseball players. *J Strength Cond Res.* 2012;26(7):1767-1781.
83. West D, Cunningham D, Finn C, Scott P, Crewther B, Cook C, Kilduff L. The metabolic, hormonal, biochemical, and neuromuscular function responses to a backward sled drag training session. *J Strength Cond Res.* 2014;28(1):265-272.
84. Peltonen H, Walker S, Hakkinen K, Avela J. Neuromuscular fatigue to power loading using a weight-stack device fitted with or without additional rubber band resistance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(7):1802-1811.
85. Meckel Y, Nemet D, Bar-Sela S, Radom-Aizik S, Cooper D, Sagiv M, Eliakim A. Hormonal and inflammatory responses to different types of sprint interval training. *J Strength Cond Res.* 2011;25(8):2161-2169.
86. Ojala T, Häkkinen K. Effects of the tennis tournament on players' physical performance, hormonal responses, muscle damage and recovery. *J Sport Sci Med.* 2013;12(2):240.
87. Chen C, Nosaka K, Chen H, Lin M, Tseng K, Chen T. Effects of flexibility training on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(3):491-500.
88. Howatson G, Hoad M, Goodall S, Tallent J, Bell P, French D. Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: A randomized, double-blind, placebo controlled study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9(1):20.
89. Sikorski E, Wilson J, Lowery R, Joy J, Laurent C, Wilson S, Hesson D, Naimo M, Averbuch B, Gilchrist P. Changes in perceived recovery status scale following high-volume muscle damaging resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2079-2085.
90. Shalfawi S, Haugen T, Jakobsen T, Enoksen E, Tonnessen E. The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(11):2966-2972.
91. Ferrete C, Requena B, Suarez-Arrones L, de Villarreal E. Effect of strength and high-intensity training on jumping, sprinting, and intermittent endurance performance in prepubertal soccer players. *J Strength Cond Res.* 2014;28(2):413-422.
92. Feriche B, Delgado M. Evolution and practical application of the anaerobic threshold in sport training. A revision. *Eur J Hum Mov.* 2010;2:39-35.

93. Kraemer W, Looney D, Martin G, Ratamess N, Vingren J, French D, Hatfield D, Fragala M, Spiering B, Howard R, Cortis C, Szivak T, Comstock B, Dunn-Lewis C, Hooper D, Flanagan S, Volek J, Anderson J, Maresh C, Fleck S. Changes in creatine kinase and cortisol in national collegiate athletic association division I american football players during a season. *J Strength Cond Res.* 2013;27(2):434-441.