



universidad
de león

**INFLUENCIA DE LOS ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y
LAS VIBRACIONES APLICADAS DURANTE EL
CALENTAMIENTO SOBRE LA FUERZA Y LA
VELOCIDAD**

TESIS DOCTORAL

Esperanza Martín Santana

León, 2017



**universidad
de león**

**INFLUENCIA DE LOS ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y
LAS VIBRACIONES APLICADAS DURANTE EL
CALENTAMIENTO SOBRE LA FUERZA Y LA
VELOCIDAD**

TESIS DOCTORAL

Esperanza Martín Santana

Dirigida por:

Dr. David García López

Dr. Juan Azael Herrero Alonso

León, 2017



universidad
de león

El doctor D. David García López, profesor de la Universidad Europea Miguel de Cervantes y profesor colaborador del *Máster en metodología de investigación en ciencias de la actividad física y el deporte* de la Universidad de León, y D. Juan Azael Herrero Alonso, profesor de la Universidad Europea Miguel de Cervantes y profesor colaborador del *Máster en metodología de investigación en ciencias de la actividad física y el deporte* de la Universidad de León,

CERTIFICAN:

Que el presente trabajo titulado **“INFLUENCIA DE LOS ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y LAS VIBRACIONES APLICADAS DURANTE EL CALENTAMIENTO SOBRE LA FUERZA Y LA VELOCIDAD”** ha sido realizado bajo su dirección, en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Europea Miguel de Cervantes, Centro de Tecnificación de Piragüismo de Castilla y León y en el Centro Mundial de Ciclismo (Suiza), por Dña. Esperanza Martín Santana, para optar al título de Doctora en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Habiéndose concluido y reuniendo a su juicio las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizan su presentación a fin de que pueda ser defendido ante el Tribunal correspondiente.

Y para que así conste, expiden y firman la presente certificación en Valladolid, a 20 de junio de 2017.

Fdo. David García López

Fdo. Juan Azael Herrero Alonso

El fin de un trabajo es principio de otro (Séneca).

A mis padres, hermanas, sobrinos, y al amor de mi vida, Alejandro.

Abuela, allá donde estés, esta dedicatoria especial,
siempre confiaste en mí y esperabas momentos como éste.

Agradecimientos

Me gustaría dedicar este trabajo a todas las personas que han ayudado a realizarlo, ya sea colaborando de manera más directa o a los que inconscientemente han aportado la paciencia o apoyo que he necesitado durante este tiempo.

Gracias a mi director de tesis, Dr. David García-López, por todo su tiempo invertido en este trabajo, pero sobre todo por ser un gran guía en mi carrera profesional. A mi co-director, el Dr. Juan Azael Herrero Alonso, por su gran ayuda, sobre todo en los últimos pasos de este trabajo.

A las instituciones que han hecho posible la realización de este proyecto. Agradezco a la Universidad Europea Miguel de Cervantes tanto por cederme sus instalaciones y material como por darme la oportunidad de realizar una parte de mi investigación con sus alumnos. Al Centro de Tecnificación de Piragüismo de Castilla y León, en el que he tenido la oportunidad de llevar a cabo parte de esta investigación con grandes deportistas y mejores personas. Al Centro Mundial de Ciclismo, en Suiza, a su director y entrenadores, por dejarme tener la oportunidad de trabajar con ciclistas de diferentes modalidades y de muchos rincones del mundo. A PowerPlate Suiza, por cederme, sin ningún ánimo de lucro, una de sus plataformas de vibración durante mi estancia en Suiza.

A todos los que han participado como sujetos experimentales en los estudios llevados a cabo en esta tesis, gracias por vuestro esfuerzo.

A mi familia, todos y cada uno de ellos me han enseñado a perseguir mis sueños y a luchar por ellos. No importa dónde estén, lejos o cerca, son mi ejemplo a seguir.

A Alejandro, mi compañero de viaje, por su paciencia y gran ayuda en este proyecto.

A todos los compañeros de profesión que he tenido a lo largo de estos años y que de una forma u otra me han ayudado a crecer profesionalmente, como persona y sobre todo me han dado parte de la motivación que necesitaba en las diferentes etapas de este trabajo.

El camino ha sido largo, pero, gracias a todas y cada una de las personas que han formado parte de mi vida durante estos años, y que sería imposible reflejar por escrito uno a uno, he logrado un objetivo más en el “viaje” de mi vida.

A todos ¡gracias!

Parte de los resultados de esta memoria han sido objeto de las siguientes comunicaciones y publicaciones:

- Martín-Santana, E., Hernández-Sánchez, S., Herrero-Alonso, A., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. RICYDE. Revista Internacional De Ciencias Del Deporte. Doi:10.5232/Ricyde, 11(42), 348-359. **(Factor de Impacto 0.365, Q4 Sport Sciences, 75/81)** (Anexo I)
- Martín-Santana, E., Herrero, A.J., González-Tablas, A., García-López, D. Acute effects of static stretching and whole-body vibration as warm-up on kayakers' strength performance. Comunicación oral presentada en "VII International Symposium in Strength Training". Facultad ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Madrid, diciembre 11-13, 2014. (Anexo II)
- Martín, E., Hernández, S., Ayllón, A., García-López, D, Herrero, A.J. Influence of gender and warm-up condition on bench press: repetitions to failure and lifting velocity. Póster científico presentado en el "IV NSCA International Conference Human Performance Development through Strength and Conditioning". UCAM. Murcia, 26-28 de Junio 2014. Abstract publicado en J Strength Cond Res 2014 Nov; 28 (11): 95 **(Factor de Impacto 2.075, Q2 Sport Sciences, 23/81)** y Ciencia, cultura y sociedad 2014 Jun; 25(9): 226. (Anexo III y IV)
- Martín, E., Herrero, A.J., González-Tablas, A., García-López, D. Acute effects of static stretching and whole-body vibration as warm-up on kayaking start phase time. Comunicación presentada en "IV NSCA International Conference Human Performance Development through Strength and Conditioning". UCAM. Murcia, 26-28 de junio 2014. Abstract publicado en: J Strength Cond Res 2014 Nov; 28 (11): 32 **(Factor de Impacto 2.075, Q2 Sport Sciences, 23/81)** y Ciencia, cultura y sociedad 2014 Jun; 25(9): 86. (Anexo V y VI)
- Martín-Santana, E. Efectos agudos de los estiramientos estáticos llevados a cabo con y sin vibraciones superpuestas, sobre el rendimiento en una serie de press de banca. Publicado en "Jóvenes Investigadores 2011" ISBN: 978-84-937854-3-7. Depósito Legal: S.1624-2011. Comunicación presentada en "XXVII Encuentro de Jóvenes Investigadores" Inice. Salamanca, 3 – 6 diciembre 2011.

Contenido

ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS E IMÁGENES.....	1
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS UTILIZADOS.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. EL CALENTAMIENTO.....	12
1.1.1. Concepto y objetivo.	12
1.1.2. Estructura y duración del calentamiento.....	15
1.1.3. Tipos de calentamiento.....	17
1.1.4. Efectos fisiológicos y psicológicos del calentamiento.....	19
1.1.5. Factores generales a tener en cuenta cuando se diseña un calentamiento... 21	
1.2. ESTIRAMIENTOS.....	24
1.2.1. Conceptualización.....	24
1.2.2. Uso de los estiramientos estáticos (EE) durante el calentamiento.....	26
1.2.2.1. Estiramientos durante el calentamiento y rendimiento en las pruebas de fuerza y potencia.....	31
1.2.2.2. Estiramientos durante el calentamiento y rendimiento en las pruebas de velocidad 38	
1.3. VIBRACIONES.....	42
1.3.1. Conceptualización.....	42
1.3.1.1. Tipos de vibración.....	42
1.3.1.2. Parámetros básicos de las plataformas de vibración.....	46
1.3.1.3. Entrenamiento con la plataforma de vibraciones.....	46
1.3.2. El uso de las vibraciones durante el calentamiento.....	47
1.3.2.1. Vibraciones durante el calentamiento y rendimiento en las pruebas de fuerza y potencia.....	47
1.3.2.2. Vibraciones durante el calentamiento y rendimiento en las pruebas de velocidad 52	
1.4. DEMANDAS ESPECÍFICAS EN LAS DISCIPLINAS ANALIZADAS Y SU RELACIÓN CON EL CALENTAMIENTO.....	54
1.4.1. CICLISMO.....	54
1.4.1.1. Factores de rendimiento en las modalidades de ciclismo analizadas.....	54
1.4.1.2. Calentamiento en ciclismo.....	55
1.4.1.3. Estiramientos durante el calentamiento en ciclismo.....	60
1.4.1.4. Vibraciones durante el calentamiento en ciclismo.....	60

1.4.2.	PIRAGÜISMO	62
1.4.2.1.	Factores de rendimiento en las modalidades de piragüismo analizadas ...	63
1.4.2.2.	Calentamiento en piragüismo	64
1.5.	JUSTIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS	66
2.	OBJETIVOS	67
3.	HIPÓTESIS	69
4.	METODOLOGÍA Y RESULTADOS	71
4.1.	ESTUDIO I.....	72
4.1.1.	Objetivo del estudio	74
4.1.2.	Material y métodos	74
4.1.3.	Resultados	84
4.2.	ESTUDIO II.....	87
4.3.1.	Objetivos	89
4.3.2.	Material y métodos	89
4.3.3.	Resultados	101
4.3.	ESTUDIO III	105
4.4.1.	Objetivos	107
4.4.2.	Material y métodos	107
4.4.3.	Resultados	117
5.	DISCUSIÓN.....	121
5.1.	Efectos agudos de la aplicación de estiramientos estáticos y vibraciones durante el calentamiento en sujetos moderadamente entrenados	122
5.2.	Efectos agudos de la aplicación de estiramientos estáticos y vibraciones durante el calentamiento en piragüistas de élite	128
5.3.	Efectos agudos de la aplicación de estiramientos estáticos y vibraciones durante el calentamiento en ciclistas de élite	130
6.	CONCLUSIONES	133
	ANEXOS	135
	REFERENCIAS.....	193

ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS E IMÁGENES

Tablas

Tabla 1	Estructuración del calentamiento según diferentes autores.	15
Tabla 2	Funciones y efectos del calentamiento	19
Tabla 3	Pautas estructuración del calentamiento en relación con el tipo de rendimiento posterior	21
Tabla 4	Cambios en el Porcentaje medio (95% coeficiente de intervalo [CI]) y el tamaño efecto (95% CI) tras los estiramientos estáticos (EE). Modificado de Behm et al. (2016).	29
Tabla 5	Cambios generales asociados con el efecto de varias duraciones de estiramiento estático en diferentes tipos de actividades	33
Tablas 6	Resumen resultados del uso de estiramientos estáticos previos a la actividad de fuerza-potencia	34
Tabla 7	Cambios generales asociados con el efecto de varias duraciones de estiramiento estático en diferentes tipos de actividades de velocidad	38
Tabla 8	Resumen de los resultados del uso de estiramientos estáticos previos a la actividad de velocidad	40
Tabla 9	Porcentaje de incremento de la actividad EMGrms respecto a la señal sin ENM en la plataforma oscilatoria (PO) y vertical (PV) en: dinámico, isométrico a 18.5 + 3º de flexión de rodilla, fase excéntrica entre (16-20º de flexión de rodilla), y fase concéntrica entre (16-20º de flexión de rodilla)	45

Tabla 10	Resumen de los resultados del uso de vibraciones previos a la actividad de fuerza-potencia	49
Tabla 11	Resumen de los resultados del uso de vibraciones previos a la actividad de velocidad	52
Tabla 12	Cambios en el rendimiento, psicológicos y biomecánicos tras el calentamiento activo en pruebas de ciclismo	57
Tabla 13	Diseño experimental del estudio I	76
Tabla 14	Características de la muestra del estudio I, expresadas como media \pm SD	77
Tabla 15	Plantilla utilizada para la obtención 1RM	78
Tabla 16	Tratamientos utilizados en el estudio I	80
Tabla 17	Resultados test press banca. Valores expresados en media \pm SD. ** y *** diferencias significativas con referencia a las mujeres en el mismo protocolo ($p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente).	84
Tabla 18	Diseño experimental del estudio II	90
Tabla 19	Características de la muestra del estudio II, expresadas como media \pm SD	91
Tabla 20	Tratamientos utilizados en el estudio II	95
Tabla 21	Valores test press banca	101
Tabla 22	Valores test esprín 12m	103
Tabla 23	Diseño experimental del estudio III	108
Tabla 24	Características de la muestra del estudio III, expresadas como media \pm SD	109

Tabla 25	Tratamientos utilizados en el estudio III	112
Tabla 26	Características bicicleta SRM	115
Tabla 27	Valores test 30 s esprín, estudio III.	118

Figuras

Figura 1	Cambios principales en el rendimiento en diferentes protocolos de calentamiento (media y 95% intervalo de confianza)	14
Figura 2	Cambios en el rendimiento de corta duración (expresados como porcentaje del rendimiento control sin calentamiento) inmediatamente después del calentamiento realizado a distintas intensidades del VO2max.	23
Figura 3	Cambios en el rendimiento de media duración (expresados como porcentaje del rendimiento control sin calentamiento) inmediatamente después del calentamiento realizado a distintas intensidades del VO2max.	23
Figura 4	Tipos de vibración	42
Figura 5	Comparación del movimiento de las plataformas oscilantes (izquierda) y plataformas verticales (derecha)	44
Figura 6	Número de repeticiones realizadas tras cada protocolo de calentamiento. Valores expresados en media \pm SD. * y ** diferencias significativas respecto al grupo mujeres; $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente	84
Figura 7	Velocidad media en cada protocolo de calentamiento en grupo hombres. El número de repeticiones esta expresado como el porcentaje del número total de repeticiones completados. Valores expresados en media \pm SD. ** y *** significativamente diferente de P10 al $p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente	86
Figura 8	Velocidad media en cada protocolo de calentamiento en grupo mujeres. El número de repeticiones esta expresado como el porcentaje del número total de repeticiones completados. Valores expresados en	86

media \pm SD. ** y *** significativamente diferente de P10 al $p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente

Figura 9	Velocidad media en cada protocolo de calentamiento. Número de repeticiones expresado como el porcentaje del número total de repeticiones realizadas. Valores expresados en media \pm SD. ** y *** diferencias significativas respecto a P10 ($p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente)	102
Figura 10	Velocidad de cada palada (8 paladas). Valores expresados en media \pm SD	103
Figura 11	Aceleración-desaceleración de cada palada (8 paladas). Valores expresados en media \pm SD	104
Figura 12	Distancia de cada palada (8 paladas). Valores expresados en media \pm SD	104

Imágenes

Imagen 1	Secuencia estiramientos realizados en protocolos EE y EE + WBV	78
Imagen 2	Cicloergómetro	79
Imagen 3	Test máximas repeticiones en press banca	82
Imagen 4	Balsa entrenamiento	94
Imagen 5	Piragüista realizando protocolo de calentamiento.	96
Imagen 6	Test salidas piragüismo	99
Imagen 7	Imagen CMC	108
Imagen 8	Protocolo estiramiento estudio III	110
Imagen 9	Deportista realizando calentamiento	111
Imagen 10	Deportista realizando test 30 s esprín	113
Imagen 11	Bicicleta SRM	114
Imagen 12	SRM científico	115

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS UTILIZADOS

Acel: aceleración

ACSM: Colegio Americano de Medicina del Deporte

AP: porcentaje acelerativo

BMS: estimulación muscular biomecánica

C: control

CE: economía de pedalada

cm: centímetro

CMC: centro mundial de ciclismo

CMJ: salto con contra movimiento

d: *d* de Cohen

DE: desviación estándar.

Desal: desaceleración

DJ: Drop Jump

EE: estiramientos estáticos

EMG: activación neuromuscular

MSN: estimulación neuromuscular mecánica

EV: estimulación vibratoria

F: valor significación

FC: frecuencia cardiaca

FC_{max}: frecuencia cardiaca máxima

FNP: facilitación neuromuscular propioceptiva

g: gramos

G: unidad de gravedad

h: horas

H: hombres

HHb: desoxihemoglobina

Hz: Herzios

ICC: coeficiente de correlación intraclase.

ICF: Federación Internacional Piragüismo

IMC: índice de masa corporal

K1: embarcación individual piragüismo

Kcal: Kilocaloria.

Kg: kilogramo

kJ: Kilojulio.

Km: Kilómetro.

La⁻: lactato

LT: umbral de lactato

m * s⁻²: unidad de aceleración

m: metros.

M: mujeres

m·s⁻¹: metros por segundo.

máx: máximo

min: minutos

mm: milímetros

O₂: oxígeno

p: valor probabilidad

P: percentil

pág: página

Pal: Palada

PaP: potencia aeróbica pico

PCr: fosfocreatina

PD: palada derecha

PI: palada izquierda

PO: plataforma oscilatoria

PV: plataforma vertical

PW: peso corporal

r: Coeficiente de correlación.

RAE: Real Academia Española

rep: repeticiones

RM: repetición máxima

ROM: rango de movimiento articular

rpm: revoluciones por minuto

s: segundos.

SD: desviación estándar

SJ: Salto Squat

T: tiempo

T: transición

TE: tamaño del efecto

UCI: Federación Internacional de Ciclismo

v: velocidad

VO₂: consumo de oxígeno

VO₂ máx.: consumo máximo de oxígeno

W: Watios

W1: umbral aeróbico

W2: umbral anaeróbico

WBV: vibraciones cuerpo completo

WU: calentamiento

η^2 : tamaño del efecto eta cuadrado

1. INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico tiene una gran importancia en la sociedad actual, tanto la actividad física realizada con fines lúdicos y/o salud como el deporte propiamente dicho, cuyo objetivo es la competición. Tradicionalmente se ha recomendado preceder la práctica de ejercicio físico, sea cual sea su tipo y finalidad, de un período preparatorio que predisponga al organismo para un desempeño físico seguro y eficaz. Esta fase preparatoria se ha denominado tradicionalmente calentamiento.

Se tienen referencias del uso del calentamiento deportivo desde la antigua Grecia, durante el periodo Helénico, utilizándose diversos ejercicios como modo de preparación para las pruebas atléticas¹.

Es importante un análisis exhaustivo de la literatura científica que permita valorar la generalidad del calentamiento y los diferentes protocolos dependiendo del objetivo y la población analizada. Utilizaremos aquí el término “calentamiento”, siendo conscientes de que existen otras terminologías utilizadas para denominar a esta parte de la sesión de entrenamiento o previa a la competición, como acondicionamiento neuromuscular o fase de preparación. Por lo tanto, en este apartado se expondrá una revisión crítica y narrativa del estado actual de cuestiones relativas al calentamiento previo a una sesión de entrenamiento, y a la inclusión en el mismo de estiramientos estáticos (EE) y vibraciones de cuerpo completo (WBV según sus siglas en inglés). Así mismo, en la medida en que las muestras analizadas en los estudios que componen esta Tesis Doctoral corresponden a deportistas de primer nivel en piragüismo y ciclismo, se analizarán las demandas y características de dichas modalidades, principalmente aquellas que pueden verse afectadas por el calentamiento y por la inclusión de los EE y WBV en el mismo.

1.1. EL CALENTAMIENTO

1.1.1. Concepto y objetivo.

Partiendo del nivel más general y según el diccionario de la Real Academia Española², *“el calentamiento es una serie de ejercicios que hacen los deportistas antes de una competición o de un entrenamiento para desentumecer los músculos y entrar en calor”*. Como es lógico, necesitamos partir de una definición más específica y propia del ámbito de las ciencias del ejercicio. Así, Grosser (1992)³ lo concreta como *“el conjunto de ejercicios que permiten obtener un estado óptimo de preparación no sólo psicofísico sino también motriz”* y Hedrick (1992)⁴ lo define como *“periodo de ejercicio preparatorio para mejorar la posterior competición o entrenamiento”*. Según Álvarez del Villar (1987)⁵, el calentamiento se podría expresar como *“las actividades que sirven para preparar el organismo previamente a la aplicación de cargas más exigentes con el propósito de poner en marcha sus sistemas funcionales y predisponer así para lograr rendimientos más elevados”*. Por su parte, Thomas (2000)⁶ indica que el calentamiento, además de prepararnos para las exigencias a las que vamos a someter a nuestro organismo, de forma que éstas sean toleradas, no ha de implicar un riesgo de lesión y debe garantizar su prevención. Vaquera et al. (2002)⁷ definen el calentamiento como *“aquél conjunto de tareas o ejercicios realizados previamente a la actuación deportiva con el fin de adaptar el organismo del deportista para que su rendimiento durante el entrenamiento o la competición pueda ser óptimo, y para minimizar el posible riesgo de lesiones durante la actividad a realizar.”* Koch et al. (2003)⁸, por su parte, lo definen como *“un periodo de ejercicios preparatorios para mejorar el entrenamiento o la competición”*. Según Blázquez (2004)⁹, el calentamiento se puede definir como *“conjunto de acciones, generalmente en forma de ejercicios, que se realizan en el periodo de tiempo inmediatamente anterior a la ejecución de una actividad (sesión de educación física, entrenamiento, competición, etc.) que requiera un esfuerzo superior al que el cuerpo está acostumbrado con el fin de disponer de las funciones orgánicas, musculares, nerviosas y psicológicas del sujeto al máximo ajuste y prepararle para que pueda ejercitar todas sus acciones con la máxima eficacia”*. Por último, y con el ánimo de no extendernos más en esta relación de definiciones, Calleja et al. (2008)¹⁰ conceptualizan el calentamiento como *“conjunto de tareas o ejercicios realizados previos a la actuación deportiva con el fin de adaptar el organismo del deportista a la demanda competitiva posterior, minimizando el posible riesgo de lesión durante la misma, además de crear psicológicamente la predisposición al ejercicio”*.

Según Bernal Ruiz (2014)¹¹ los objetivos generales que persigue el calentamiento son:

- Adaptar al organismo al nivel de exigencia físico del trabajo posterior.
- Predisponer al deportista psíquicamente para el trabajo posterior.
- Favorecer y mejorar el rendimiento.
- Evitar lesiones musculares, óseas, articulares o de tendones.
- Mejorar la coordinación específica para una actividad concreta.
- Conseguir que el organismo optimice la utilización de los procesos metabólicos.
- Evitar sensaciones desagradables por la mala adaptación fisiológica al esfuerzo.

Por su parte, Blázquez (2004)⁹, señala como objetivos esenciales del calentamiento:

- Mejora de la disposición orgánica al esfuerzo.
- Mejora de la capacidad general de coordinar los movimientos.
- Optimización de la disposición psíquica al esfuerzo.
- Prevención de lesiones.

La importancia del calentamiento para el posterior rendimiento se constata en una revisión sistemática con meta-análisis¹² en la que, de forma general (revisando un total de 32 artículos científicos con un total de 92 combinaciones diferentes de calentamiento), se puede comprobar que el 79% de los parámetros evaluados muestran resultados positivos en el rendimiento tras el calentamiento, y en el 17% de los estudios evaluados que tuvieron un resultado negativo en el rendimiento tras el calentamiento, los autores resaltan que dichos calentamientos no eran apropiados para el trabajo posterior, de ahí la importancia de crear protocolos de calentamiento válidos y apropiados. Por lo tanto, los autores de este meta-análisis destacan que existe muy poca evidencia que sugiera que el calentamiento tiene efectos negativos en los deportistas y es necesario intentar crear protocolos válidos para que todos los calentamientos llevados a cabo tengan como resultado mejoras en el rendimiento.

En la figura 1, extraída del meta-análisis mencionado anteriormente, se pueden observar los cambios individuales de los diferentes protocolos de calentamiento en diferentes deportes. En la mayoría de ellos se observa que el rendimiento mejora tras el calentamiento (79%), mientras que el 3% y el 17% no obtuvieron ningún cambio o los cambios fueron negativos, respectivamente.

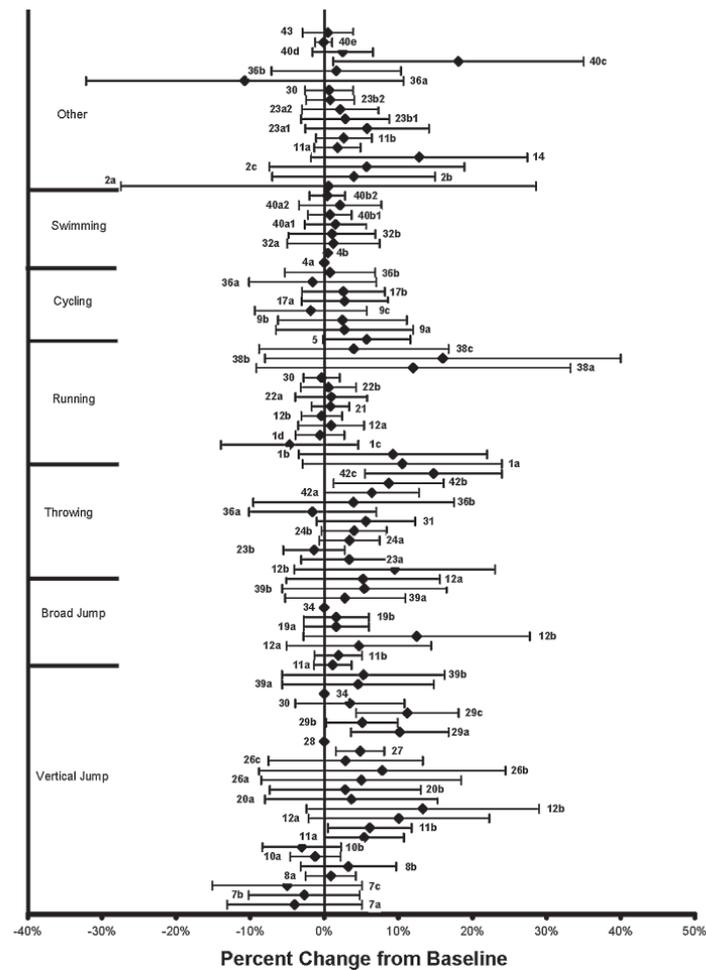


Figura 1 – Cambios principales en el rendimiento en diferentes protocolos de calentamiento (media y 95% intervalo de confianza)¹².

De todo lo anterior se podría extraer que la finalidad del calentamiento es conseguir que nuestro organismo alcance un nivel óptimo de rendimiento, de forma paulatina. Esta predisposición no sólo se alcanzaría a nivel neuromuscular y cardiorrespiratorio, sino también a nivel psíquico, de percepción sensorial y atención. También algunas definiciones apuntan al efecto preventivo del calentamiento, en cuanto a que puede reducir el riesgo de lesión durante la parte principal de la sesión o durante la competición, si bien no ahondaremos aquí en esta cuestión.

1.1.2. Estructura y duración del calentamiento

Hablar hace años de calentamiento era hablar de un breve periodo de ejercicio aeróbico a baja intensidad, seguido de estiramientos y de ejercicios específicos del deporte¹³. Aunque este protocolo de calentamiento se sigue usando en la actualidad con frecuencia en el ámbito recreacional, en el entrenamiento diario o las competiciones deportivas la mayoría de los atletas utilizan un calentamiento general (el cual incluye actividades aeróbicas de baja a moderada intensidad), seguido de una parte específica (en la cual se pueden incluir estiramientos) y una fase final que incluye movimientos específicos del deporte se realiza^{14, 15}. La tabla 1 recoge la estructura del calentamiento según distintos autores.

Tabla 1 – Estructura del calentamiento según diferentes autores.

Autor	Estructura del proceso de calentamiento
Freiwald ¹⁶	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calentamiento general. ▪ Calentamiento específico. ▪ Calentamiento individual.
Blázquez Sánchez ⁹ ; Behm and Caouachi ¹⁴ ; Caouachi et al.; Chatzopoulos et al. ¹⁷ ; Perrier et al. ¹⁸	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calentamiento general. ▪ Calentamiento específico.
Mora ¹⁹	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Primera parte o Calentamiento general. ▪ Segunda parte o Calentamiento especial.
Washif ¹⁵	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fase I: Calentamiento general. ▪ Fase II: Calentamiento específico. ▪ Fase III: Calentamiento específico deporte.

Si atendemos a la musculatura implicada así como al grado de especificidad de los ejercicios utilizados respecto al gesto y demandas de la parte principal de la sesión o la competición, podríamos clasificar las partes del calentamiento en⁹:

- Calentamiento general:

Está compuesto por ejercicios cuyos efectos son generales y presentan adaptaciones cardio-circulatorias y respiratorias. Válido para cualquier actividad. No está compuesto por ejercicios vinculados a la actividad principal.

- Calentamiento específico:

Su objetivo es activar los sistemas orgánicos y musculares de la especialidad deportiva que vaya a desarrollar el deportista posteriormente. Los ejercicios están vinculados y trabajan los grupos musculares implicados en la parte principal de la sesión o competición.

La estructura del calentamiento dependerá de múltiples factores²⁰:

- La tarea posterior.
- Las capacidades físicas del deportista.
- Las condiciones medioambientales.
- Si es competición, los factores impuestos por la organización de dicha competición.

En los últimos años se está produciendo un debate científico, sin observarse un consenso claro, acerca de los protocolos ideales de calentamiento, sobre todo en lo que se refiere a la inclusión o no de estiramientos, o de técnicas más recientes como pueden ser las relacionadas con el estímulo vibratorio, puntos estos últimos que serán tratados de manera específica posteriormente. Cada vez son más los estudios que se centran en el tipo y magnitud de actividad que se debe incluir en el calentamiento, ya que existe mucha controversia.

Además de la inclusión o no de diferentes técnicas en el calentamiento, también existe cierta controversia respecto a la duración de dicho calentamiento. En la revisión sobre calentamiento llevada a cabo por Bishop²¹ se constata una duración habitual de 10 a 20 minutos, aunque siempre depende de la intensidad de dicho calentamiento y de la duración del ejercicio posterior, siendo ente 5 y 10 min donde se generalizan los efectos más positivos. Mujika et al. (2012)²², en consonancia con la revisión anterior, indican que un calentamiento más corto en

tiempo (<30 min, ya que comparaban con el calentamiento tradicional en remo que tiene una duración media de 60 min) que lo que habitualmente se hace, pero más específico, en el que se incluyan una fase cardiovascular seguida de una fase específica de mayor intensidad que la anterior (aunque sin una gran intensidad), mejora la potencia en las primeras etapas de un contrarreloj de remo. Los resultados fueron similares en ciclismo²³ o en el rendimiento deportivo de forma general²⁴. McGowan et al. (2015)²⁵ concluyen en su revisión sobre estrategias de calentamiento que la parte inicial aeróbica del calentamiento activo debería ser menor o igual a 15 min, seguida de 1 a 5 ejercicios de activación para el posterior rendimiento de esprín o actividades de alta intensidad.

Por lo tanto, la mayoría de los autores consideran que el calentamiento está integrado por dos partes, una general y otra específica. La duración de estas partes dependerá de las características de actividad posterior y de las peculiaridades del individuo.

1.1.3. Tipos de calentamiento

Tradicionalmente se han clasificado los tipos de calentamiento desde distintos puntos de vista.

Si reducimos el efecto del calentamiento a un aumento de la temperatura corporal y a cómo se logra dicho aumento, podríamos hablar de dos tipos de calentamiento²⁶:

- *Calentamiento pasivo*: consiste en el cambio de temperatura central mediante factores externos. Se puede incluir en este tipo de calentamiento duchas o baños calientes, saunas, diatermia y compresas de contraste frío-calor²⁷. Respecto al rendimiento, habría que apuntar que el calentamiento pasivo no mejora la fuerza isométrica pero puede mejorar la fuerza dinámica de corta duración (<10 s). Sin embargo, la mejora el rendimiento en ejercicios dinámicos, con grandes musculaturas implicadas (ej. salto vertical o esprín de ciclismo), tiende a ser menor que en aquellos que solo solicitan músculos aislados. Además el calentamiento pasivo no mejora o incluso puede tener efectos negativos en el trabajo de larga duración (>5 min)²⁷.

El calentamiento pasivo puede incrementar la temperatura corporal sin gasto energético, cosa que no ocurre en el calentamiento activo. La utilización de este tipo de calentamiento es menos habitual que el calentamiento activo y el uso de estas técnicas se está consolidando como parte de la transición entre calentamiento y el comienzo de entrenamiento o evento deportivo²⁵.

- *Calentamiento activo*: El calentamiento activo lleva consigo la realización de ejercicio físico y probablemente supone mayores cambios metabólicos y cardiovasculares que el calentamiento pasivo^{20, 25}. Algunos ejemplos típicos del calentamiento activo son: carrera continua, calistenia (conjunto de ejercicios que centran su interés en los movimientos de grupos musculares, más que en la potencia y el esfuerzo, con el objetivo último de desarrollar la agilidad, la fuerza física y la flexibilidad), pedaleo en cicloergómetro y natación²⁰. La mejoría en los ejercicios posteriores de corta duración es, en gran parte, atribuible a un aumento en la temperatura. También se incluyen mecanismos que disminuyen la rigidez de los músculos, incrementan la ratio de transmisión de impulsos nerviosos, modifican la relación fuerza-velocidad e incrementan la glucogenolisis. Sin embargo, el rendimiento a corto plazo puede verse afectado si el protocolo de calentamiento disminuye los depósitos de fosfato de alta energía como resultado de ser demasiado intenso o no permitir la suficiente recuperación entre el calentamiento y la fase principal de la sesión o la competición. Este tipo de calentamiento también mejora el posterior rendimiento de media (>10 s y <5 min) y larga duración (>5 min) si permite al deportista empezar la siguiente tarea (parte principal del entrenamiento o competición) sin estar fatigado pero con un punto de partida elevado respecto al VO_2 ²⁰.

Comparando el calentamiento activo y el calentamiento pasivo, las mejoras biomecánicas y metabólicas en el rendimiento son mayores tras el calentamiento activo²⁸. Además, ambos tipos de calentamiento se pueden combinar, de forma que el calentamiento pasivo puede ser un gran complemento al calentamiento activo aumentando o manteniendo la temperatura corporal alcanzada tras el calentamiento activo hasta el momento de la competición o prueba, especialmente si la temperatura ambiente es fría o si por razones de organización nos encontramos ante un retraso entre el calentamiento y las pruebas o competición²⁰.

1.1.4. Efectos fisiológicos y psicológicos del calentamiento

La mayoría de los efectos del calentamiento se han atribuido a mecanismos relacionados con la temperatura (ej: descenso de la rigidez muscular, incremento de la ratio de conducción nerviosa, optimización de la relación fuerza-velocidad, incremento de la provisión de energía anaeróbica e incremento de estrés termorregulador) aunque también se dan mecanismos que no están relacionados con la temperatura, como por ejemplo: efectos sobre la acidemia, elevación del VO_2 e incremento de la potencia de post-activación²⁷.

Uno de los efectos generales es el incremento de la temperatura muscular, acompañado del incremento del metabolismo muscular, velocidad de contracción de las fibras musculares y elevación de la cinética del VO_2 ²⁵.

En cuanto a los efectos psicológicos del calentamiento, el calentamiento puede conducir a un aumento de atención, motivación y concentración, además de provocar un estado de excitación que permite responder adecuadamente al trabajo posterior⁹.

La Tabla 2 resume las funciones y efectos del calentamiento¹⁶.

Tabla 2 - Funciones y efectos del calentamiento¹⁶.

Sistema cardiovascular

- Incremento de la frecuencia cardíaca.
 - Regulación de la presión sanguínea.
 - Regulación del tono vascular conjuntamente con la liberación hormonal.
 - Aumento de la cantidad de oxígeno captado y dióxido de carbono eliminado debido al aumento del volumen respiratorio y cardíaco por minuto.
 - Incremento de la irrigación sanguínea (muscular) debido al ensanchamiento capilar.
 - Estrechamiento de los vasos sanguíneos no implicados en el trabajo físico.
 - Mejora del aprovisionamiento energético y de oxígeno (incremento de la capacidad metabólica).
-

	<ul style="list-style-type: none">▪ Incremento de la liberación de determinadas hormonas importantes para la capacidad de rendimiento.
Sistema muscular	<ul style="list-style-type: none">▪ Incremento de la temperatura muscular y corporal.▪ Aumento de la irrigación sanguínea (muscular) debido a la apertura de los capilares.▪ Intensificación del metabolismo debido al mejor aprovisionamiento de la musculatura con oxígeno y sustancias nutritivas.▪ Disminución de las resistencias elásticas y viscosas en la musculatura debida al sistemático incremento de la temperatura.▪ Incremento de la velocidad de contracción.▪ Optimización del tono muscular.▪ Menor propensión a lesionarse.
Sistema capsular, ligamentoso, cartilaginoso	<ul style="list-style-type: none">▪ Preparación de las cápsulas, ligamentos y tendones para el posterior entrenamiento o competición.▪ Engrosamiento de los cartílagos que recubran las articulaciones.▪ Creación de mejores condiciones de nutrición para el trabajo físico.
Sistema nervioso	<ul style="list-style-type: none">▪ Con el aumento de la temperatura corporal, todos los procesos nerviosos se aceleran.▪ Mejora la capacidad de rendimiento coordinativo (reactivación del sistema de aprendizaje).▪ Incremento de la capacidad de reacción.▪ Mejora la coordinación.
Aspectos psicológicos	<ul style="list-style-type: none">▪ Preparación mental al entrenamiento o la competición.▪ Regulación de la excitación anterior al inicio de la competición y de los estados de alteración e inhibición psicológicos.

1.1.5. Factores generales a tener en cuenta cuando se diseña un calentamiento.

Manipulando la **intensidad**, **duración** y **recuperación**, muchos protocolos de calentamiento pueden ser capaces de alcanzar cambios fisiológicos y de rendimiento²⁰.

Como ya se ha indicado anteriormente, hay que tener muy en cuenta las características del ejercicio posterior:

- *Ejercicio posterior de corta duración*: depende de la temperatura muscular y de la disponibilidad de fosfatos de alta energía.
- *Ejercicio posterior de media y larga duración*: es importante incrementar la línea basal de VO_2 , sin causar fatiga.

Teniendo en cuenta el tipo de rendimiento esperado tras el calentamiento, Bishop (2003)²⁰ aporta las siguientes pautas:

Tabla 3 – Pautas de estructuración del calentamiento en relación con el tipo de rendimiento posterior²⁰.

Intensidad	Rendimiento en corta duración (≤ 10 s)	Es importante diseñar protocolos de calentamiento que sean suficientemente intensos para elevar la temperatura muscular, pero que no disminuyan significativamente la disponibilidad de los fosfatos de alta energía antes del ejercicio. Calentamientos de baja intensidad no han demostrado mejoras en este tipo de rendimiento.
	Rendimiento en media (> 10 s - < 5 min) y larga duración (≥ 5 min)	Cuando no hay recuperación tras el calentamiento, las mayores mejoras en el rendimiento de corta duración se producen entre 40 - 60% del $VO_{2\max}$ (Figura 2). La intensidad óptima del calentamiento para este tipo de ejercicio posterior es aproximadamente 70% del $VO_{2\max}$ (Figura 3). Si los sujetos no están entrenados se debe bajar levemente la intensidad durante el calentamiento.
Duración	Rendimiento en corta duración (≤ 10 s)	Dado que la temperatura muscular aumenta rápidamente en los primeros 3-5 min y alcanza la meseta tras 10-20 min de ejercicio, un calentamiento

	<p>realizado a menos del 60% del VO_{2max} durante un intervalo de 10-20 min es el que provocaría las mayores mejoras en este tipo de rendimiento.</p> <p>La duración del calentamiento siempre dependerá de la intensidad de dicho calentamiento y de la recuperación post-calentamiento.</p> <p>Si no existe período de recuperación tras el calentamiento y el calentamiento es de alta intensidad, éste deberá ser breve; más de 3min de calentamiento de alta intensidad puede disminuir el rendimiento en este tipo de actividad.</p>
Rendimiento en media (>10 s - <5 min) y larga duración (≥5 min)	<p>Un calentamiento a una intensidad entre 60-80% del VO_{2max} durante más de 10min provoca las mayores mejoras del rendimiento.</p> <p>Se han visto resultados positivos en calentamientos de 25 min para el rendimiento posterior de larga duración (sin llegar a provocar fatiga).</p>
Recuperación	<p>Depende de la intensidad y duración del calentamiento. El rendimiento de corta duración mejorará si la recuperación tras el calentamiento permite una recuperación de los depósitos de fosfocreatina (PCr) y la temperatura muscular no cae significativamente.</p> <p>Las recuperaciones entre 5 min y 15-20 min son las que producen efectos beneficiosos de manera general.</p>
Rendimiento en media (>10 s - <5 min) y larga duración (≥5 min)	<p>Es importante que el tiempo de recuperación no permita volver a los niveles basales de VO_2. Tiene que permitir una recuperación suficiente pero las mejoras generalizadas se observaron cuando la duración de esta recuperación era menor de 5 min.</p>

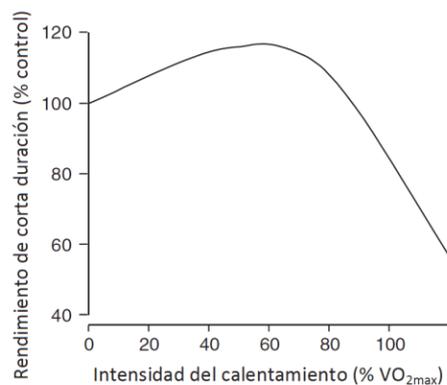


Figura 2 – Cambios en el rendimiento de corta duración (expresados como porcentaje del rendimiento control sin calentamiento) inmediatamente después del calentamiento realizado a distintas intensidades del VO_{2max}²⁰.

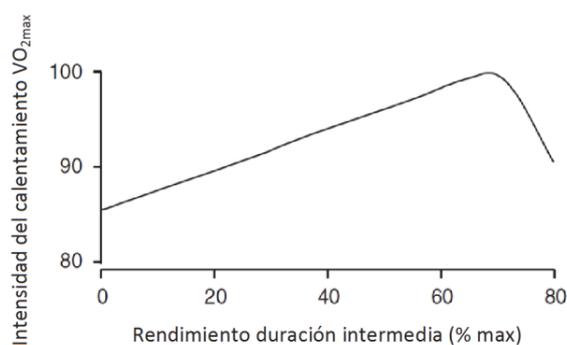


Figura 3 – Cambios en el rendimiento de media duración (expresados como porcentaje del rendimiento control sin calentamiento) inmediatamente después del calentamiento realizado a distintas intensidades del VO_{2max}²⁰.

Factores generales que hay que tener en cuenta cuando se prepara un calentamiento²⁹:

- La edad del sujeto.
- El nivel de condición física.
- Momento del día.
- La temperatura exterior ambiental.

1.2. ESTIRAMIENTOS

1.2.1. Conceptualización

El estiramiento puede ser definido como *“el acto de aplicar una fuerza tensa para elongar el músculo y tejido conectivo”*³⁰. Los estiramientos son ejercicios en los cuales el músculo se ve sometido a una tensión de elongación (fuerza que lo deforma longitudinalmente), durante un tiempo variable y a una velocidad determinada³¹. La duración del mantenimiento de dicha tensión o la magnitud de la misma son factores condicionantes del resultado final del estiramiento. Los estiramientos forman parte de multitud de protocolos de entrenamiento y ejercicio físico en general, planteándose habitualmente con los siguientes objetivos³¹:

- Preparar al músculo para la actividad física.
- Recuperar la posición de reposo del músculo una vez finalizada la actividad.
- Recuperar la capacidad de elongación de un músculo después de un periodo de inmovilización.
- Ayudar a la relajación general del aparato locomotor.
- Mejorar la flexibilidad.
- Mejorar la capacidad elástica y reactividad de los tejidos.

Además de ser un elemento fundamental en los programas de entrenamiento orientados a la mejora de la movilidad articular y la flexibilidad, los estiramientos son, en muchas ocasiones, una parte del calentamiento previo a una actuación deportiva. En la actualidad existe un debate acerca de la pertinencia de la inclusión de estiramientos en el calentamiento de cara a un posterior rendimiento deportivo, así como el protocolo óptimo de estiramiento (en caso de incluirse en el calentamiento) a realizar.

Anderson (2010)³² asegura que, en términos generales, es necesario estirar (de forma general, no solo durante el calentamiento), y se apoya en las siguientes razones:

- Reduce la tensión muscular y hace sentir al cuerpo más relajado.
- Ayuda a la mejora de la coordinación permitiendo movimientos más libres y fáciles.
- Aumenta el rango de movimiento.
- Ayuda a prevenir lesiones.

- Hace actividades extenuantes (tales como correr, esquiar, tenis, natación o ciclismo) más fáciles debido a que los estiramientos preparan para dichas actividades.
- Ayuda a mantener el nivel de flexibilidad.
- Desarrolla la conciencia corporal.
- Hace sentir bien a la persona que estira.

Siguiendo a Delavier (2011), existen 2 técnicas principales de estiramientos en el ámbito deportivo³³:

- *Estiramientos estáticos*: Consiste en mantener la posición de estiramiento entre 10 s y 1 min. El grado de estiramiento puede variar dependiendo del objetivo.
- *Estiramientos dinámicos*: Consiste en realizar un movimiento de tipo rebote efectuados con cierta rapidez y repetitivos durante 10 – 20 s de manera controlada sin efecto muelle ni balanceo. Aportan dinamismo y potencia ya que actúan sobre la elasticidad de los músculos y tendones. Esta forma de estiramiento se basa en el ciclo estiramiento-relajación y desencadena la contracción refleja. El objetivo de este tipo de estiramientos es forzar los músculos a alargarse más de lo que harían de forma habitual.

Según Morán (2009)³⁴, los estiramientos se clasifican en:

- *Estiramientos estáticos*: consiste en llevar una articulación hasta cerca del límite de su movilidad y mantener la postura. El objetivo es realizar la elongación muscular hasta percibir la sensación de tensión muscular (sin llegar al dolor). Dentro de estos se diferencian:
 - *Estiramiento activo*: el propio ejecutante es el que ejerce, mediante la ayuda de otros grupos musculares, la fuerza para mantener la postura.
 - *Estiramiento pasivo*: cuando una fuerza externa al sujeto (acción de la gravedad, aparatos diversos o personas) es la que ayuda a mantener la posición de estiramiento.
- *Estiramientos dinámicos*: consiste en llevar una zona corporal en movimiento controlado hasta alcanzar su grado máximo. El objetivo es aumentar la temperatura

interna del músculo, debido a las contracciones repetidas del músculo. Dentro de estos se diferencian:

- *Estiramiento explosivo o balístico*: utiliza la inercia del movimiento para llevar la articulación más allá del rango normal. Puede ser lesivo.
 - *Estiramiento conducido*: Se realiza el movimiento controlado, con gran amplitud.
- *Facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP)*: implica la contracción muscular que estamos trabajando, combinan el estiramiento pasivo o estático con una contracción isométrica para pasar posteriormente a una nueva fase de relajación muscular. Se basan en la contracción-relajación-estiramiento. El efecto beneficioso de estos estiramientos se basa en el aumento de la temperatura interna del músculo, lo cual favorece la viscoelasticidad muscular, aponeurótica y tendinosa, y el aumento de la resistencia músculo-tendón. Se divide en cuatro fases:
 1. Estiramiento suave.
 2. Contracción isométrica del músculo durante 6-8 s.
 3. Relajación durante 2-3 s sin cambiar la posición.
 4. Estiramiento unos grados por encima del estiramiento inicial y mantenimiento de la posición durante 10 s.

1.2.2. *Uso de los estiramientos estáticos (EE) durante el calentamiento*

Como se ha indicado anteriormente, los estiramientos constituyen una parte muy común en el calentamiento orientado a distintas actividades deportivas. Delavier et al., (2011)³³, explican el uso del estiramiento en el calentamiento de la siguiente forma:

“Si tensamos una cinta elástica durante unos segundos, esta empieza a calentarse. Por la misma razón, los estiramientos calientan los músculos y los tendones. Pero si tiramos demasiado de la cinta elástica, se dará de sí y perderá toda su fuerza; y lo que es peor, se puede desgarrar. Exactamente lo mismo pasa con la musculatura.

Los estiramientos en el calentamiento deben ser siempre suaves. En efecto, las investigaciones médicas revelan que los calentamientos con estiramientos prolongados pueden asociarse al bajo rendimiento por pérdida de elasticidad

muscular. Dicha pérdida no solamente representa perder un poco de reactividad, sino que el músculo se vuelve menos explosivo”³³.

Tradicionalmente, los estiramientos se incluyen como parte de una rutina de calentamiento tanto para deportistas de competición como recreacionales con el objetivo de prevenir lesiones y mejorar el rendimiento muscular³⁵. En esta línea, se ha venido postulando que el estiramiento estático realizado antes de la actividad física puede servir para prevenir lesiones musculares por el aumento de rango de movimiento articular (ROM, según sus siglas en inglés) a través de un mayor reclutamiento de la unidad músculo-tendinosa^{36, 37}. La unidad músculo-tendinosa incluye el componente contráctil del músculo, así como el componente elástico en paralelo y en serie^{13 38, 39}.

En 1998 el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM)⁴⁰ recomendó la aplicación de ejercicios de estiramiento durante el calentamiento de forma general, aunque existía alguna evidencia científica, dependiendo el ejercicio posterior, que contradecía dicho posicionamiento. En 2011, el ACSM⁴¹ cambió su posición indicando que son necesarios más estudios para poder dar respuesta a todos los interrogantes sobre el uso de los estiramientos durante el calentamiento, ya que existen tanto evidencias que apuntan a efectos negativos como evidencias con efectos positivos sobre pruebas de fuerza y potencia, dependiendo del protocolo y tipo de estiramiento. En el año 2000, la *President’s Council on Physical Fitness and Sports* afirmó que, a pesar de la práctica universal de estiramientos estáticos como parte de la rutina de calentamiento, existe poca evidencia científica que sustente un efecto positivo sobre el rendimiento inmediatamente posterior⁴².

Siguiendo la literatura científica, actualmente es más o menos aceptado que, aun siendo una práctica generalizada, el estiramiento agudo y aislado puede disminuir de manera aguda la capacidad de rendimiento en función del tipo de actividad^{15, 35, 43, 44}. Sin embargo, no se han aclarado de forma precisa los condicionantes que dan lugar a ello¹⁴. Algunos efectos fisiológicos que podrían tener relación con dichas reducciones de rendimiento, sobre todo en la fuerza, son: (i) un descenso en la activación neural causado por los reflejos relacionados con el órgano tendinoso de Golgi, (ii) cambios en las propiedades visco-elásticas de unidades músculo-tendón, y/o (iii) la disposición de fibras musculares^{45, 46}.

Aunque como se acaba de indicar hay cierta evidencia de que los estiramientos estáticos tienen efecto negativo en el rendimiento posterior, no hay una completa unanimidad entre los autores. Así, existen también numerosas investigaciones recientes en las que no se obtienen

resultados negativos^{44, 47, 48} y otras que obtienen resultados positivos en el rendimiento tras la ejecución de estiramientos estáticos^{44, 49 50 51, 52}. Por ejemplo, está más o menos aceptado que para el rendimiento en flexibilidad y movilidad articular los estiramientos estáticos llevados a cabo durante el calentamiento pueden tener un efecto positivo⁵⁰.

Esta falta de unanimidad se pone de manifiesto en la revisión bibliográfica llevada a cabo por Behm y sus colaboradores⁴⁴, en la que se analizan 125 artículos científicos, relacionados con las medidas de fuerza, potencia y velocidad. De todas las intervenciones analizadas se observaron 119 reducciones significativas, 145 ausencias de efecto y 6 mejoras significativas en el rendimiento tras el uso de estiramientos estáticos durante el calentamiento (en Anexo VII, se puede ver información más completa de dicha revisión). Uno de las cuestiones que se pone de manifiesto en esta revisión es el potencial papel del tipo de estiramiento en los efectos posteriores sobre el rendimiento. Concretamente, se centraron en los efectos de diferentes tipos de estiramientos (EE, estiramientos dinámicos y FNP) sobre el rendimiento físico, el rango de movimiento y la incidencia en las lesiones deportivas. En este sentido, los resultados indican que el único tipo de estiramientos que puede mejorar el rendimiento, de forma general, son los estiramientos dinámicos. En cuanto a los protocolos de EE y FNP, los dos tipos de estiramientos muestran resultados negativos cuando se valora el rendimiento posterior. Por lo tanto, los autores de esta revisión, de forma general, no recomiendan el uso de EE o FNP como parte de un calentamiento⁴⁴, pero no ocurre lo mismo cuando se mide el rendimiento en músculos de gran tamaño ya que es el único caso en el que se obtuvieron resultados positivos tras los EE (+2.2%).

Un factor importante que puede condicionar el efecto de los estiramientos es el tiempo de aplicación o duración de los estiramientos. De manera general, sin especificar el tipo de rendimiento posterior, algunos estudios han demostrado que una duración moderada de cada ejercicio de estiramiento (15-30 s por grupo muscular), no tiene efectos agudos en el rendimiento posterior⁵³⁻⁵⁶; sin embargo si la duración de los ejercicios de estiramiento es mayor de 30 s por grupo muscular, el detrimento en el rendimiento es más evidente⁵⁷⁻⁵⁹. En la misma línea, Behm y Chaouachi¹⁴ reflejan que, de forma general, cuando la duración de estiramiento estático por cada grupo muscular es mayor de 90 s existe una mayor evidencia sobre sus efectos negativos en el rendimiento posterior. Sin embargo, cuando los estiramientos estáticos por grupo muscular tienen una duración menor de 90 s los resultados son más variables, dependiendo también del tipo de ejercicio que se va a realizar posteriormente. A modo de conclusión, los autores afirman que duraciones cortas de estiramiento por grupo muscular (<30

s) en el calentamiento pueden no afectar negativamente al rendimiento posterior debido a que minimiza los cambios que se podrían producir en cuanto a las propiedades viscoelásticas, especialmente si la población está altamente entrenada. Sin embargo recomiendan no realizar estiramientos estáticos de ninguna duración si la población no está entrenada y el ejercicio posterior requiere velocidad alta, fuerza explosiva o potencia¹⁴. En esta misma línea, la revisión de Behm et al. (2016)⁴⁴ divide los tiempos de estiramiento por grupo muscular en <60 s y ≥60 s, apuntando que, de forma general, la influencia negativa de los estiramientos estáticos es más evidente cuando la duración por grupo muscular es mayor. Se puede observar de forma más detallada esta información de la Tabla 4.

Tabla 4– Cambios en el Porcentaje medio (95% coeficiente de intervalo [CI]) y el tamaño efecto (95% CI) tras los EE. *Modificado de Behm et al. (2016)⁴⁴.*

	Medidas	Duración	Cambio medio (95% CI)	Tamaño del efecto (95% CI)
	Estudios totales (125)	Todas	-3.7% (-3.0, -4.5)	0.25 (0.20, 0.30)
	53 estudios	<60 s	-1.1% (-0.2, -1.9)	0.22 (0.13, 0.32)
	72 estudios	≥60 s	-4.6% (-3.6, -5.6)	0.26 (0.20, 0.31)
Capacidad	Fuerza	Todas	-4.8 (-3.8, -5.8)	0.26 (0.20, 0.31)
		<60 s	-2.8% (-1.1, -4.4)	0.25 (0.02, 0.47)
		≥60 s	-5.1% (-3.9, -6.3)	0.27 (0.21, 0.33)
	Potencia/ Velocidad	Todas	-1.3 (-0.4, -2.1)	0.21 (0.14, 0.28)
		<60 s	-0.2% (+0.8, -1.1)	0.21 (0.12, 0.31)
		≥60 s	-2.6% (-1.2, -4.0)	0.21 (0.11, 0.32)
Tipo de contracción	Isométrico	Todas	-6.3% (-4.1, -8.4)	0.34 (0.18, 0.50)
		<60 s	-4.5% (-1.4, -7.6)	0.54 (0.07, 1.00)
		≥60 s	-6.8% (-4.2, -9.4)	0.24 (0.12, 0.36)
	Concéntrico	Todas	-4.4% (-3.2, -5.5)	0.26 (0.18, 0.33)
		<60 s	-1.5% (-0.3, -3.3)	0.07 (-0.01, 0.13)
		≥60 s	-4.8% (-3.5, -6.1)	0.29 (0.20, 0.38)
Excéntrico	Todas	-4.2% (-0.5, -7.9)	0.22 (0.09, 0.35)	

		<60 s	NA	NA
		≥60 s	-4.2% (-0.5, -7.9)	0.22 (0.09, 0.35)
Grupo muscular	Extensores rodilla	Todas	-3.7% (-2.5, -4.9)	0.22 (0.15, 0.29)
		<60 s	-2.6% (-0.1, -5.1)	0.05 (0.00, 0.09)
		≥60 s	-3.8% (-2.5, -5.1)	0.25 (0.17, 0.32)
	Flexores rodilla	Todas	-6.3% (-4.0, -8.7)	0.27 (0.15, 0.40)
		<60 s	-4.8% (+2.6, -12.1)	0.19 (-0.19, 0.57)
		≥60 s	-6.4% (-4.0, -8.8)	0.28 (0.15, 0.40)
	Flexores plantares	Todas	-5.6% (-2.3, -8.9)	0.31 (0.13, 0.50)
		<60 s	-3.5% (+0.1, -7.0)	0.15 (-0.04, 0.34)
		≥60 s	-5.9% (-2.1, -9.8)	0.33 (0.12, 0.54)

Los valores CI en cursiva se refieren a los valores que OVERLAP la marca de cero y por consiguiente indican un efecto no significativo.

Hay que tener en cuenta también el tiempo que pasa entre la aplicación de los estiramientos y el ejercicio posterior en el que se quiere obtener el rendimiento. Como se ha expuesto anteriormente, si el ejercicio posterior se realiza de forma inmediata tras los protocolos de calentamiento, los resultados negativos son más notorios. En estudios en los que el tiempo entre los estiramientos y la actividad era superior a 10 minutos los efectos son más dispares⁴⁴.

Por último, no podemos olvidar el papel de las características del ejecutante que realiza dichos estiramientos sobre los efectos posteriores ya que algunos autores marcan la diferencia entre sujetos no entrenados o poco entrenados y sujetos altamente entrenados, siendo estos últimos los menos susceptibles a los efectos negativos de los estiramientos estáticos^{14, 60, 61}.

A continuación, se ahondará en los efectos de la inclusión de estiramientos durante el calentamiento en el rendimiento en fuerza y potencia, así como el rendimiento en velocidad. No se ha creado un apartado sobre el rendimiento en otras capacidades (por ejemplo, la resistencia cardiovascular) por la falta de literatura científica al respecto.

1.2.2.1. Estiramientos durante el calentamiento y rendimiento en las pruebas de fuerza y potencia

Como se ha indicado anteriormente, son muchos estudios que han encontrado disminuciones agudas en la fuerza cuando sigue a una rutina de estiramientos^{37, 55, 62-70}. Esta disminución es más elevada cuanto mayor es la exposición al estiramiento (duración y número de repeticiones)⁷¹. Dos tipos de factores han sido propuestos principalmente para explicar las causas que provocan una disminución de la fuerza muscular^{45, 72-74}:

1. *Factores mecánicos*, como puede ser una reducción de la rigidez de las unidades músculo tendinosas
2. *Factores neurales*, como pueden ser las alteraciones de las estrategias de control motor o una mayor inhibición autógena.

Sin embargo estos efectos son menos aparentes o incluso inexistentes cuando los test de fuerza muscular son realizados tras una combinación de estiramientos y otras actividades usadas habitualmente en el calentamiento (como pueden ser movimientos articulares, pedaleo en cicloergómetro o carrera en tapiz rodante)⁴³.

Respecto al tipo de contracción, los estiramientos estáticos parecen afectar negativamente al rendimiento en tests isométricos y concéntricos. Por el contrario, las contracciones excéntricas no se van a ver afectadas negativamente por el estiramiento estático realizado anteriormente¹⁴.

Llama la atención, al revisar la bibliografía existente, la poca cantidad de estudios que se han centrado en el papel del estiramiento estático sobre el rendimiento en tareas del miembro superior. Así, en un estudio realizado por Torres et al. (2008), en el cual se llevaron a cabo cuatro protocolos (sin estiramiento, EE, estiramientos dinámicos y la combinación de EE y dinámicos) seguidos de 4 tests (fuerza explosiva y fuerza máxima isométrica en press de banca, lanzamiento de balón medicinal por encima de la cabeza y lanzamiento lateral de balón medicinal), no se llegó a confirmar la hipótesis de que el rendimiento en el miembro superior disminuiría cuando estaba precedido de estiramiento estático; además tampoco se llegó a confirmar que el estiramiento dinámico lo mejoraba³⁰. En otro estudio, realizado por Molacek et al. (2010), en el que se analizaron los efectos agudos de estiramientos estáticos con alto o bajo volumen y estiramientos FNP en 1RM realizado en *press* banca, tampoco hubo diferencias significativas entre los protocolos estudiados³⁵.

En la revisión bibliográfica de Behm et al. (2016)⁴⁴, clasifican las actividades realizadas tras los protocolos de estiramientos en actividades basadas en la fuerza y actividades de potencia-velocidad. Sin tener en cuenta la duración del estiramiento, el rendimiento en fuerza se ve más afectado tras la aplicación de estiramientos estáticos que el rendimiento durante actividades basadas en potencia-velocidad (reducción del 4.1% y el 1.3%, respectivamente).

Cè et al. (2008) se plantearon como objetivo investigar el efecto de los estiramientos en la potencia máxima cuantificada a través del salto vertical⁷⁵. Los autores observaron que el estiramiento pasivo aislado parece que no presenta influencia negativa en el salto vertical. Este estudio indica, por lo tanto, que el estiramiento pasivo no afecta negativamente a la potencia máxima anaeróbica pero sí que inhibe las mejoras que produce el calentamiento activo cuando se realizan estiramientos después del calentamiento general. Además los resultados demostraron que el calentamiento pasivo no afectaba positivamente en los protocolos de salto utilizados tanto si estaban o no seguidos de estiramientos⁷⁵.

En un meta-análisis publicado recientemente en referencia a los estiramientos estáticos y su influencia en el rendimiento en tareas basadas en fuerza se analizaron los resultados de 104 estudios⁷⁶. Del total de estudios analizados, 61 estudiaban la influencia en la fuerza máxima, 12 en la potencia muscular y 57 en la fuerza explosiva. En dicho meta-análisis se concluye que el estiramiento estático realizado antes del ejercicio tiene influencias negativas en el posterior rendimiento en fuerza máxima y fuerza explosiva; no están claros, sin embargo, sus efectos en cuanto a la potencia muscular. Es importante ser prudente con estas conclusiones ya que no se diferenció la edad, el sexo o el nivel de entrenamiento de los sujetos evaluados. En relación al tipo de contracción, los autores del meta-análisis concluyen que los resultados negativos eran más pronunciados cuando se realizaban test de fuerza isométrica que cuando se realizaban test de fuerza dinámica.

En la tabla siguiente (Tabla 5) se puede observar que la magnitud media de cambio es mayor en las medidas relacionadas con actividades de fuerza que en los saltos¹⁴, teniendo en cuenta las diferentes duraciones de los estiramientos y diferentes tipos de actividades.

Tabla 5 – Cambios generales asociados con el efecto de varias duraciones de estiramiento estático en diferentes tipos de actividades de fuerza-potencia¹⁴.

Duración	Nº de sujetos	Tamaño del efecto (TE)	Porcentaje de cambio (%)
Fuerza/potencia isocinética			
0-30 s	98	0.004	-0.5
30-90 s	329	0.62	-4.7
>90 s	1203	0.61	-5.9
Media	1642	0.55	-5.1
Altura salto (s)			
0-30 s	94	0.08	-0.8
30-90 s	148	0.14	-1.2
>90 s	242	0.27	-3.3
Media	554	0.18	-2.4

La tabla 6 resume los principales artículos científicos centrados en los efectos agudos del uso de estiramientos estáticos sobre el rendimiento en fuerza y potencia.

Tabla 6 - Resumen resultados uso de estiramiento estáticos previos a la actividad de fuerza – potencia.

Referencia	Tipo de sujetos	Duración de los estiramientos	Variable de rendimiento analizadas	Resultado
Andrade et al. (2015) ⁵⁵	Hombres, sujetos sanos activos	5 min	SJ, CMJ, DJ60cm, tiempo de contacto	-
Beedle (2008) ⁴⁷	19 H y 32 M sanos, universitarios	5 ejercicios: 3 x 15 s (10 s de recuperación)	1RM press banca y press pierna	=
Behm et al. (2004) ⁶⁸	16 sujetos físicamente activos	3 ejercicios: 45 s (15 s recuperación)	Contracción isométrica extensión pierna Equilibrio estático Tiempo de reacción Tiempo en movimiento	Fuerza = Tiempo de reacción, equilibrio y tiempo movimiento: -
Faigenbaum et al. (2005) ⁶³	60 niños (11.3±0.7 años)	5 min	Salto vertical Salto horizontal Flexibilidad	Salto vertical, salto horizontal y agilidad: - Flexibilidad: =

			Agilidad	
La Torre et al. (2010) ⁶⁶	17 H	2 ejercicios (cuádriceps, tríceps sural): 10 min	SJ (altura, fuerza pico, aceleración máx., velocidad, potencia)	-
Marek et al. (2005) ⁶⁵	10 M / 9 H físicamente activos	4 ejercicios: 4 x 30 s (20 s recuperación)	Extensión máxima isométrica de pierna (60 y 300°): torque pico, potencia media, rango de movilidad, EMG, mecanomiografía.	-
Molacek (2010) ³⁵	15 jugadores fútbol	2 ejercicios: 2 series (baja intensidad), 5 series (alta intensidad)	1 RM press banca	=
Nelson et al. (2005) ⁶⁷	22 estudiantes universidad	15 min	Fuerza-resistencia flexión de rodilla: 40 y 60% 1RM serie al fallo	-

Power (2004) ³⁷	12 sujetos, población físicamente activa		Isometria (máxima contracción voluntaria, EMG)		Salto vertical SJ y DJ (altura y tiempo de contacto)
Sa et al. (2015) ⁷⁰	9 H	90 s por grupo muscular	Test fuerza: 3 series de 12 RM (suma de los RM de las series)	-	
Unick et al. (2005) ⁶⁰	Mujeres entrenadas	4 ejercicios: 3 x 15 s (20 s recuperación)	CMJ, DJ	=	
Winchester et al. (2009) ⁶⁴	18 estudiantes universidad	30 s x 0, 1, 2, 3, 4, 5, o 6 rep	1RM flexión de rodilla	-	(en una repetición de 30 s, con más repeticiones aumenta la diferencia significativa)
Young & Behm (2003) ⁶²	16 H/M físicamente activos		SJ y DJ (altura, fuerza pico, tiempo de contacto, relación altura/tiempo, ratio fuerza)	-	

Little & Williams (2006) ⁵²	18 jugadores futbol	6 min 20 s	10 m-esprín	+ velocidad
			20 m-esprín lanzado	= CMJ
			agilidad	DS > EE > Control
			CMJ	
Vetter (2007) ⁵⁷	26 universitarios (H/M)	2 x 30 s por grupo muscular	30 m-esprín	= esprín
			CMJ	- CMJ
Loughran et al. (2017) ⁷⁷	17 H jugadores futbol	10 min total; 30 s cada ejercicio	40 m-esprín (tiempo: 10, 20 y 40 m)	- esprín
				- CMJ
			CMJ: altura y potencia	
Oliveira & Rama (2016) ⁷⁸	22 atletas	5 min	20 m-esprín	=
			CMJ	

H: Hombres; M: Mujeres; - : resultados negativos; + : resultados positivos; = : no cambios significativos

1.2.2.2. Estiramientos durante el calentamiento y rendimiento en las pruebas de velocidad

Diversos estudios observan una reducción en el rendimiento en esprín cuando se utilizan estiramientos estáticos⁷⁹⁻⁸⁰. Este efecto negativo se atribuye al descenso de la rigidez de la unidad músculo-tendón⁸¹⁻⁸⁴. Según el estudio de Ayala y Sainz de Baranda (2010)⁸⁵, las técnicas de estiramientos estáticos (tanto pasiva como activa) afectan negativamente en el tiempo de esprín de 10 y 30 m, tal y como anteriormente se había descrito en otros estudios; en uno de ellos analizaron el rendimiento en un esprín de 50 m tras la realización de estiramientos estáticos⁸⁶ y en el otro analizaron el tiempo de esprín 20 m en jugadores de fútbol profesionales⁵², disminuyendo en ambos el rendimiento tras los EE.

Además, según Haddad et al. (2014)⁸⁷, también este potencial efecto negativo se puede extender hasta 24 horas después de la realización de 2 series de 7 min de EE comparando con estiramientos dinámicos y sin estiramientos. En este caso el rendimiento se cuantificó a través de saltos y un esprín de 30 m.

Sin embargo existen otros estudios en los que no existen resultados negativos tras el uso de estiramiento durante el calentamiento en actividades de esprín.^{57, 88}

En la tabla 7 se puede observar la magnitud media de cambio en actividades de velocidad.

Tabla 7 – Cambios generales asociados con el efecto de varias duraciones de estiramiento estático en velocidad-esprín¹⁴.

Duración	Nº de sujetos	Tamaño del efecto (TE)	Porcentaje de cambio (%)
Velocidad esprín (s)			
0-30 s	147	0.25	-1.3
30-90 s	186	0.29	-0.9
>90 s	36	0.08	-0.7
Media	415	0.28	-1.3

De forma general, se puede ver que la mayor parte de estudios publicados hasta el momento muestran que el uso de estiramientos, en concreto EE, no tiene resultados positivos para el rendimiento posterior. La Tabla 8 resume los principales estudios en esta línea:

Tabla 8 - Resumen resultados uso de estiramiento estáticos previos a la actividad de velocidad.

Referencia	Tipo de sujetos	Duración de los estiramientos	Variable de rendimiento analizadas	Resultado
Fletcher & Anness (2007) ⁸⁶	18 velocistas	3 x 22 s (10 s recuperación) total: 7 min 12 s	2 x 50 m-esprín	-
Fletcher & Jones (2004) ⁸⁰	97 jugadores rugby	20 s por grupo muscular (8 ejercicios)	2 x 20 m-esprín	-
Little & Williams (2006) ⁵²	18 jugadores futbol	6 min 20 s	10 m-esprín	+ velocidad
			20 m-esprín lanzado	= CMJ
			agilidad	DS > EE > Control
			CMJ	
Vetter (2007) ⁵⁷	26 universitarios (H/M)	2 x 30 s por grupo muscular	30 m-esprín	= esprín
			CMJ	- CMJ
Winchester et al. (2008) ⁵⁸	22 velocistas	3 x 30 s (total: 10 min)	40 m-esprín	-

Nelson et al. (2005) ⁶⁷	Jugadores futbol	30 s cada estiramiento	20 m-esprín	-
Loughran et al. (2017) ⁷⁷	17 H jugadores futbol	10 min total; 30 s cada ejercicio	40 m-esprín (tiempo: 10, 20 y 40 m) CMJ: altura y potencia	- esprín - CMJ
Amiri-Kharasoni (2016) ⁸⁹	20 jugadores futbol universitario	1 min (30 s cada lado)	10 m-esprín 20 m-esprín	- (comparado con estiramientos dinámicos)
Oliveira & Rama (2016) ⁷⁸	22 atletas	5 min	20 m-esprín CMJ	=

H: Hombres; M: Mujeres; - : resultados negativos; + : resultados positivos; = : no cambios significativos

1.3. VIBRACIONES

1.3.1. Conceptualización

Una vibración es un movimiento oscilatorio de pequeña amplitud. La aplicación del estímulo vibratorio como uso terapéutico tiene sus comienzos en el año 1895, cuando J.H. Kellogg desarrolló una silla que aplicaba vibraciones en los pies con el objetivo de generar analgesia. En 1912, A. Snow escribió un tratado sobre los usos terapéuticos de las vibraciones. En cuanto a las vibraciones aplicadas al entrenamiento, las primeras investigaciones datan de 1943, de mano V. T. Nasarov⁹⁰.

La estimulación vibratoria (EV) es conocida también por otros nombres⁹¹.

- Vibraciones de cuerpo completo (WBV, según sus siglas en inglés).
- Estimulación Neuromuscular Mecánica (MSN, según sus siglas en inglés).
- Estimulación Muscular Biomecánica (BMS).

1.3.1.1. Tipos de vibración

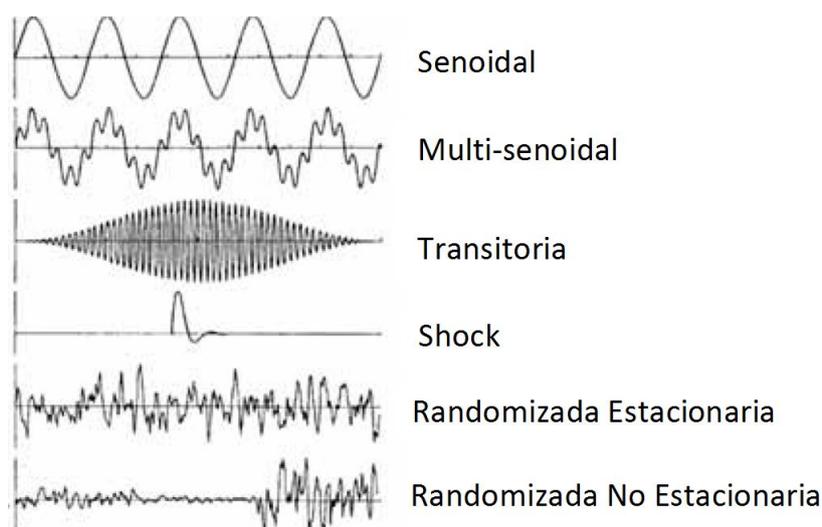


Figura 4 – Tipos de vibración⁹¹

La vibración que normalmente se utiliza para el entrenamiento es la vibración senoidal⁹¹.

En el ámbito deportivo, los medios a través de los cuales se aplica la vibración son los siguientes:

- Vibradores puntuales.
- Anillas.
- Mancuernas.
- Superficies inestables.
- Vibradores adaptados a máquinas convencionales de entrenamiento
- Plataformas de vibración

En este trabajo nos vamos a centrar en las plataformas de vibraciones, ya que es la forma más común de aplicar vibraciones en el ámbito del entrenamiento, y es la forma aplicada en nuestro estudio, que posteriormente detallaremos. Existen diferentes tipos de plataformas de vibraciones⁹²:

- *Plataformas verticales (PV)*: plataformas que vibran predominantemente en dirección vertical. Posibles frecuencias: 3-80 Hz; Posibles amplitudes: 0-27 mm
- *Plataformas oscilantes (PO)*: plataformas que vibran a través de la rotación sobre el eje horizontal; a mayor distancia del eje de rotación, mayor amplitud de las vibraciones. Posibles frecuencias: 5-30 Hz; Posibles amplitudes: 0-14 mm.
- Plataformas duales: plataformas que combinan los dos tipos de vibraciones anteriores. Posibles frecuencias: 15-50 Hz; Posibles amplitudes: 0-10 mm.

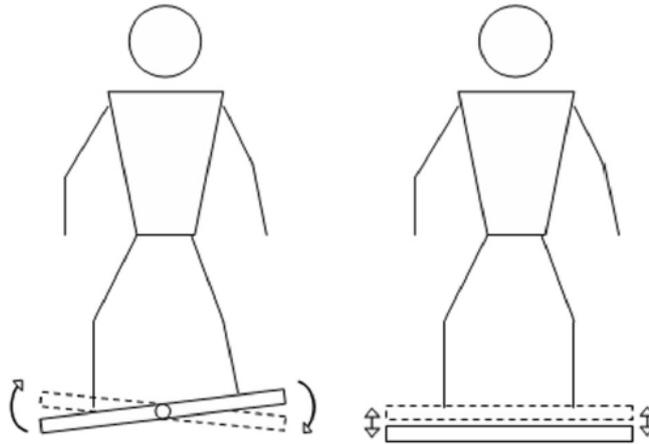


Figura 5 – Comparación del movimiento de las plataformas oscilantes (izquierda) y plataformas verticales (derecha)⁹².

Se puede decir que la diferencia más importante entre estos dos tipos de plataforma es el movimiento que transfieren al cuerpo. En la PV se desarrolla un movimiento simultáneo de flexo-extensión de los miembros apoyados en la plataforma, mientras que en las PO se genera de manera alternativa la flexión y extensión de dichos miembros. A modo de ejemplo, la Tabla 9 recoge las diferencias en cuanto a la activación neuromuscular (EMGrms) entre ambos tipos de plataformas, según un estudio realizado por Abercromby et al. (2007)⁹². En dicho estudio se llevó a cabo el protocolo utilizado los ejercicios de sentadilla dinámica y sentadilla isométrica (flexión rodilla $18^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$), con la siguiente interpretación: la flexión rodilla-tobillo se interpretó como contracción excéntrica del vasto lateral y gastrocnemio y la contracción concéntrica de bíceps femoral y tibial anterior, mientras que la extensión de rodilla-tobillo se asoció con contracción concéntrica del vasto lateral y gastrocnemio y contracción excéntrica del bíceps femoral y tibial anterior. Las contracciones musculares se consideraron isométricas durante la condición de sentadilla isométrica.

Tabla 9 - Porcentaje de incremento de la actividad EMGrms respecto a la señal sin MSN en la plataforma oscilatoria (PO) y vertical (PV) en: dinámico, isométrico a 18.5 + 3° de flexión de rodilla, fase excéntrica entre (16-20° de flexión de rodilla), y fase concéntrica entre (16-20° de flexión de rodilla)⁹²

Porcentaje del incremento de activación muscular respecto grupo control.								
Músculo	Dinámico		Estático		Excéntrico		Concéntrico	
	PO	PV	PO	PV	PO	PV	PO	PV
Vasto lateral	26	NS	103	77	26	30	26	NS
Bíceps femoral	30	NS	10	9	NS	NS	48	NS
Gastrocnemio	106	34	151	132	123	40	89	29
Tibial anterior	57	145	328	223	50	28	63	261

* NS: Sin diferencias estadísticas significativas.

La aplicación de una vibración mecánica sobre una estructura músculo tendinosa produce un reflejo de contracción muscular, el cual se denomina Reflejo Tónico Vibratorio (RTV)⁹³⁻⁹⁵. Dicha contracción muscular puede producir el reflejo de inhibición recíproca de la musculatura antagonista⁹⁶.

Según Johnston et al (1970)⁹⁷, la intensidad de la contracción muscular desarrollada por el RTV depende de diferentes factores, que son:

- La longitud inicial de la musculatura implicada.
- La localización de la maquinaria que genera las vibraciones.
- Los parámetros de la MSN (principalmente, frecuencia y amplitud).
- El estado de excitabilidad del sistema nervioso central.

1.3.1.2. Parámetros básicos de las plataformas de vibración

Respecto a los parámetros básicos, de forma generalizada a todas las marcas comerciales de las plataformas de vibración habría que destacar^{98, 99}:

Frecuencia: Es el término empleado para indicar el número de veces que se repite en un segundo cualquier fenómeno periódico. La frecuencia de las vibraciones se expresa en ciclos por segundo (Hz).

Amplitud: Es la distancia entre los extremos alcanzados por el movimiento (valor pico a pico), o el recorrido comprendido desde el punto central hasta la desviación máxima (valor pico o amplitud). Dependiendo del tipo de plataformas y del peso del sujeto se pueden generar amplitudes diferentes, por lo que los valores de amplitud que marcan las especificaciones técnicas de las plataformas comerciales no son siempre exactos.

Magnitud: En lo referente a ejercicio con plataformas vibratorias se suele expresar en unidades de aceleración ($m \cdot s^{-2}$ o G). Se puede obtener mediante forma directa (usando el acelerómetro) o indirectas (a partir de la frecuencia y la amplitud).

Dirección: las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales. En las plataformas de vibración predomina el eje vertical.

Volumen: duración del estímulo.

1.3.1.3. Entrenamiento con la plataforma de vibraciones

Un uso muy generalizado de las plataformas de vibraciones actualmente es el entrenamiento deportivo. Se ha observado resultados contradictorios. En los años recientes, se ha sugerido que el uso de vibraciones con plataforma (WBV) incrementa la actividad muscular y por consiguiente se puede optimizar el entrenamiento muscular tanto en condiciones crónicas como aisladas¹⁰⁰.

El entrenamiento con vibraciones, según Cochrane¹⁰¹, incrementa la fuerza muscular y la potencia en atletas, siendo una forma segura para incrementar las respuestas fisiológicas tanto en atletas como en personas mayores y con salud comprometida.

En cuanto al entrenamiento con vibraciones en deportistas entrenados y su relación en la mejora de fuerza y potencia, Wilcock et al. (2009) sugieren que el entrenamiento con vibraciones proporciona un pequeño beneficio en la fuerza máxima (1RM) y potencia (CMJ) en deportistas entrenados y en cuanto a la velocidad no se demuestran mejorías¹⁰². En otra revisión, Luo et al.¹⁰³, llegaron a la conclusión de que el entrenamiento con vibraciones puede tener efectos agudos y crónicos positivos en el rendimiento neuromuscular. El género, el grado de entrenamiento y los protocolos de ejercicio son moderadores de la respuesta del ejercicio con vibraciones (con plataformas de vibraciones) para el desarrollo de la fuerza. Como conclusiones, el ejercicio con vibraciones puede ser efectivo para obtener adaptaciones de fuerza muscular crónica. Las vibraciones pueden ser usadas por profesionales para incrementar la fuerza muscular⁹⁸.

1.3.2. El uso de las vibraciones durante el calentamiento

Está indicado el uso de las vibraciones para promover la activación del músculo^{101, 104}, por lo cual podría ser un protocolo válido para el calentamiento. No existe una gran unanimidad en cuanto a los efectos de las vibraciones durante el calentamiento, los estudios acerca del calentamiento usando plataforma de vibraciones muestran diferentes metodologías que pueden hacer que los resultados que se obtienen no se hayan podido estandarizar, debido a los cambios en la intensidad, amplitud o duración.

1.3.2.1. Vibraciones durante el calentamiento y rendimiento en las pruebas de fuerza y potencia

Existen estudios en los que las vibraciones antes de la realización de diferentes actividades físicas tienen resultados positivos¹⁰⁵⁻¹⁰⁹. Así, Bunker et al. (2011)¹⁰⁹, en un estudio cuyo objetivo fue comprobar la efectividad de un calentamiento activo en jugadores de golf profesionales usando plataforma de vibraciones (8 ejercicios de 30 segundos de estiramiento sobre la plataforma, con una frecuencia de 50 Hz y una amplitud de 2 mm), comprobaron que hay cambios significativos ($p < 0.05$) respecto al entrenamiento sin vibraciones en la flexibilidad, velocidad y distancia de la bola. Además, observaron que estos cambios fueron menores en

sujetos mayores de 45 años. Por lo tanto, llegaron a confirmar que se producen mejoras tanto en flexibilidad como en potencia.

Por otro lado, en un estudio cuyo objetivo fue analizar los efectos de diferentes magnitudes de vibración en el número de repeticiones, velocidad media y esfuerzo percibido durante una serie de extensión del codo hasta el fallo, con una intensidad del 70% de 1RM, se observó que la vibración a través de los pies (WBV) proporciona estímulos superpuestos en el rendimiento de la extensión de codo, por lo que se sugiere que estas vibraciones a través de los pies pueden tener mejoras en el miembro superior¹¹⁰.

En cuanto al calentamiento con vibraciones del miembro inferior; tras el análisis de algunos artículos relacionados con la aplicación de forma aguda de WBV, se observa un incremento en la fuerza isométrica en extensión de pierna, fuerza y potencia dinámica, y rendimiento en saltos¹¹¹⁻¹¹³.

Sin embargo, Kelly et al. (2010)¹¹⁴, en un estudio en el que se comparaba el calentamiento con vibraciones y con cicloergómetro en una dinamometría isocinética, no obtuvieron diferencias entre los protocolos utilizados.

En cuanto al calentamiento con vibraciones solo del miembro superior, el estudio de Nepocatych et al.¹¹⁵ mostró cambios significativos, positivos, en el rendimiento posterior, si bien la percepción subjetiva del esfuerzo no se vio modificada. Bosco et al.¹¹¹ también observaron un incremento agudo en la potencia durante la flexión de codo. Sin embargo, Cochranche et al. (2007)¹¹⁶ no encontraron diferencias significativas en cuanto a fuerza miembro superior en escaladores utilizando, durante el calentamiento, vibraciones solo del miembro superior de forma aislada (se comparaba con movilidad articular, y no vibraciones).

Tabla 10 - Resumen resultados uso de vibraciones previos al rendimiento de fuerza y potencia.

Referencia	Tipo de sujetos	Protocolos	Variable de rendimiento analizadas	Resultado
Bullock et al. (2008) ¹⁰⁸	Deportistas trineo élite	WBV	SJ	+ (no concluyente)
		No vibraciones	CMJ 30 m-esprín	
Bunker et al. (2011) ¹⁰⁹	Golf, 10 H	Ejercicios de flexibilidad con WBV, 30 s cada ejercicio. 50 Hz, 2 mm	Flexibilidad (sit & reach) Fuerza – potencia (velocidad z distancia bola)	+
Cochrane & Hawke (2007) ¹¹⁶	Escalada	Vibracion tren superior: 26 Hz; 3 mm	Fuerza y potencia	=
Cochrane & Stannard (2005) ¹¹³	18 M Hockey hierba (femenino)	26Hz (Galileo)	Salto vertical	+ CMJ y flexibilidad
			Fuerza agarre	= fuerza agarre
			Flexibilidad	

Cormie et al. (2006) ¹¹⁷	9 H	30 s; 30 Hz, 2.5 mm	Sentadilla isométrica CMJ (rendimiento y EMG)	+ altura salto = potencia y EMG
Crow et al. (2012) ¹¹⁸	22 futbolistas	WBV 30 Hz, 45 s	CMJ	=
Donahue (2016) ¹⁰⁵	22 H físicamente activos	WBV (60 s, 35 Hz, 4 mm) Tradicional (EE + ejercicios dinámicos) Tradicional + WBV No calentamiento	Rapidez - movilidad pies, test "Quick feet count" QFT	+
Jacobs & Burns (2009) ¹⁰⁷	20 adultos sin experiencia en WBV	WBV 6 min 26 Hz	Flexibilidad (sit & reach) Torque isocinético rodilla	+
Jones (2017) ¹⁰⁶	15 H	WBV 30 Hz 2-4 mm No WBV	Lanzamiento balón Pliometría fondos	+ (10') / - (inmediato)

Kelly et al. (2010) ¹¹⁴	22 sujetos físicamente activos	WBV 5 min	Torque isocinético rodilla	=
Torvinen et al. (2002) ¹¹²	16 sujetos físicamente activos	4 min WBV	Rendimiento muscular y equilibrio	+

H: Hombres; M: Mujeres; - : resultados negativos; + : resultados positivos; = : no cambios significativos

1.3.2.2. Vibraciones durante el calentamiento y rendimiento en las pruebas de velocidad

En cuanto al uso de las vibraciones previo al rendimiento en diferentes variables de velocidad, existen menos estudios específicos que en las pruebas de fuerza o potencia. Algunos de ellos muestran resultados positivos^{108, 119, 120}, aunque al igual que cuando se habla del uso de vibraciones previo a diferentes test de fuerza o potencia, en velocidad también se pueden observar resultados negativos¹²¹. Así, Cochrane (2013) explica que esta circunstancia puede ser debida a que el aumento de la potencia muscular provocado por el ejercicio vibratorio probablemente se pierde en las acciones repetidas que conllevan las pruebas y acciones de velocidad¹⁰⁵.

Tabla 11 - Resumen resultados uso de vibraciones previos al rendimiento de velocidad.

Referencia	Tipo de sujetos	Protocolo	Variable de rendimiento analizadas	Resultado
Avelar et al. (2012) ¹²²	H físicamente activos	WBV 5 min 45 Hz, 2 mm No WBV	30 s esprín cicloergómetro (medidas rendimiento, EMG, niveles de lactato y temperatura muscular)	Resultados no concluyentes, sugieren WBV +, pero: - temperatura corporal + medidas rendimiento (potencia, cadencia) = EMG y lactato
Bullock et al. (2008) ¹⁰⁸	Deportistas trineo elite	WBV No vibraciones	SJ CMJ	+ (no concluyente)

			30 m-esprín	
Cochrane (2013) ¹²³	Jugadoras Netball	Vib: 26 Hz, 6 mm, 5 rep (1 min posición sentadilla con vibraciones – 1 min recuperación) (Galileo)	5 m-esprín Agilidad	- 3, 4 m y agilidad + 1.5 m
Hill et al. (2013) ¹²⁴	Ciclistas	WBV 120 s, 26 Hz, amplitud 'High'	10 s esprín en cicloergómetro	-
Rønnestad (2016) ¹¹⁹	Hockey hielo	WBV 30 s sentadilla 50 Hz 3 mm No WBV	Esprín 20 m carrera	+
Rønnestad (2016) ¹²⁰	Ciclistas	30 s sentadilla 40 Hz	15 s esprín Wingate	+
Teles (2015) ¹²⁵	Ciclismo	WBV 5 min sentadilla Calent general / Emisión de luz diodo / Control	30 s esprín	=

H: Hombres; M: Mujeres; - : resultados negativos; + : resultados positivos; = : no cambios significativos

Debido a la gran heterogeneidad de protocolos investigados y comparados, es difícil llegar a una conclusión unánime en cuanto al uso de las vibraciones durante el calentamiento y su posterior rendimiento deportivo.

1.4. DEMANDAS ESPECÍFICAS EN LAS DISCIPLINAS ANALIZADAS Y SU RELACIÓN CON EL CALENTAMIENTO

1.4.1. CICLISMO

La RAE (2016)² define ciclismo como *el “deporte de los aficionados a la bicicleta o al velocípedo.”* Hay varias modalidades o disciplinas en el ciclismo de competición, que tienen como denominador común el uso de la bicicleta. La Unión Ciclista Internacional¹²⁶ es el organismo que regula este deporte a nivel internacional, reconociendo las siguientes modalidades: ciclismo de carretera, ciclismo de pista, BMX (Bike Moto Cross), ciclismo de montaña (mountain-bike), ciclo-cross, trial, ciclismo en sala y para-ciclismo.

Como deporte olímpico, el ciclismo apareció ya en el programa de los primeros Juegos Olímpicos de la era moderna (1896), y es uno de los cinco deportes que han permanecido en dicho programa hasta la actualidad. Actualmente hay cuatro disciplinas del ciclismo en el programa Olímpico (UCI, 2016)¹²⁶, que son ciclismo de carretera, ciclismo de pista, ciclismo de montaña y BMX. Los estudios que componen esta tesis doctoral se han centrado en las modalidades de carretera y pista.

1.4.1.1. Factores de rendimiento en las modalidades de ciclismo analizadas

Dentro de las modalidades seleccionadas, es evidente que la tipología de cada prueba en cuestión marcará los factores que determinan el rendimiento final. Así, de forma general, podemos decir que la duración de la prueba determinará de manera clara la manifestación de la fuerza predominante, así como la predominancia aeróbica o anaeróbica.

En las pruebas de mayor duración, pruebas de resistencia en pista y en general las pruebas de carretera, que duran aproximadamente entre 10 y 500 minutos, el rendimiento de la prueba depende en un porcentaje muy alto del metabolismo aeróbico. Los tres factores que más afectan para conseguir un rendimiento mayor son: consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}), umbral de lactato (LT) y la economía de pedaleo (CE)¹²⁷. En relación con este último factor, Sunde et al. (2010)¹²⁷ nos muestran la importancia de la fuerza máxima; así, tras un programa de entrenamiento en fuerza máxima de 8 semanas (4 series de 4 repeticiones máximas de media sentadilla, 3 veces por semana), solapado con su entrenamiento de resistencia habitual,

constataron una mejora en la CE así como un incremento en el tiempo hasta la fatiga en una prueba de potencia aeróbica máxima.

En pruebas de duración más corta, la importancia de la fuerza cobra más protagonismo, como se puede comprobar al ver el morfotipo de los ciclistas de pruebas más cortas (BMX o diversas pruebas de pista) así como las rutinas de entrenamiento que llevan a cabo dichos deportistas.

Es importante mencionar aquí la influencia de la técnica individual de pedaleo en la aplicación de la fuerza. En este sentido, Gutiérrez (1994)¹²⁸ indica que el pico máximo de fuerza aplicado contra el pedal depende de la técnica individual utilizada por el ciclista, aunque en términos generales se aplica entre 100-105º del ciclo de pedaleo. La intensidad de la fuerza es diferente según la posición adoptada por el ciclista; así, Soden & Adeyefa (1979)¹²⁹ ya pusieron de manifiesto hace varias décadas que, sentado sobre el sillín, la fuerza aplicada efectiva es significativamente menor que cuando se pedalea de pie.

1.4.1.2. Calentamiento en ciclismo

Hay que diferenciar bien los tipos de calentamiento dependiendo la modalidad de ciclismo en la que estemos entrenando o compitiendo. Según Burnley et al. (2005)¹³⁰, la estructura del calentamiento en ciclismo (en términos de intensidad, duración, protocolos y el tiempo de recuperación entre el calentamiento y el entrenamiento o competición), debe estar basado en los requerimientos fisiológicos que la prueba posterior demande. Por ello, es fundamental tener en cuenta la tipología de las pruebas en que el deportista compite y no generalizar cuando se habla de calentamiento en ciclismo. Los ciclistas, tanto compitiendo en pista como en ruta, ya sea en pruebas de resistencia o de velocidad, realizan tradicionalmente un calentamiento en rodillo o en el terreno de la competición (McGowan, 2015)²⁵.

La literatura científica señala que, en las pruebas de menos de 5 minutos y con una alta demanda de potencia, parece haber un mayor beneficio al incrementar la temperatura muscular, en comparación con otro tipo de pruebas. Por lo tanto, parece que el uso de calentamientos extensivos aporta mayor beneficio para actividades de corta duración (esprín máximo de menos de 30 s)^{131, 132}. Sin embargo, Tomaras y MacIntosh (2011)²³ señalan que un calentamiento más corto (rodar 15 minutos a una intensidad del 60-70% de la frecuencia cardiaca máxima, seguido de un esprín) es más beneficioso para el rendimiento en un esprín de

30 s, en comparación con un calentamiento tradicional (20 minutos a una intensidad del 60 a 95% de la frecuencia cardiaca máxima, seguidos de 8 esprines).

En la Tabla 12 se pueden ver diferentes tipos de calentamiento y sus efectos agudos sobre el rendimiento en diferentes test llevados a cabo por ciclistas.

Tabla 12 – Cambios en el rendimiento, psicológicos y biomecánicos tras el calentamiento activo en pruebas de ciclismo²⁵.

Referencias	Participantes	Calentamiento		Medidas post-calentamiento			
		Volumen	Intensidad	Cambios	Transición (min)	Test	Resultados
Munro	6 (4H – 2 M)	WU1: 5min 5min 5min 30s 6s 1.5min	60% FC máx. 65% FC máx. 70% FC máx. Aceleración Esprín max. Fácil	No	T ₁ : 4 T ₂ : 8 T ₃ : 16	6 s	Tiempo para alcanzar la velocidad máxima: WU2 + T ₁ < WU1 + WU3* Cadencia optima, potencia media: WU3 + T ₃ > WU2 + WU3*
		WU2: igual que WU1 + 4x4 pedaladas	Esprín máx, 2 min descanso /serie				
		WU3: igual que WU1 + 4x4 (5 s isométrico)	2 min descanso /serie				

Thatcher et al.	10 H	WU1:		La ⁻ , VO ₂ : WU2 > WU1*	T ₁ : 5	30 s	La ⁻ : WU2 + T ₂ > WU1 + T ₂ *
		0	-		T ₂ : 10	(5s, 10s, 30s)	VO ₂ : WU2 + T ₁ > WU1 + T ₁ *
					T ₃ : 20		Potencia pico: WU1 + T ₂ > WU2 + T ₂ en los intervalos de 5 y 10 s*
		WU2:			T ₄ : 30		
		5 min	60W				
		1x5 peso muerto	50% 1RM				
		1x5 peso muerto	85 1RM				
Wittekind et al.	8 H	WU1:		La ⁻ : WU3 (~4) > WU2 (~2) > WU1 (~1) *	10	30 s	Potencia media: WU1 > WU2 > WU3*
		6 min	40 % PaP				HHb: similar
		WU2:					
		5 min	40 % PaP				
		1 min	80 % PaP				
		WU3:					
		5 min	40 % PaP				
1 min	110 % PaP						
	10 H	WU1:			10	1 min	La ⁻ : WU1 + WU2 > WU3*

Wittekind y Beneke		6 min	40 % PaP	La ⁻ : WU3 (~4) > WU2 (~2) >WU1 (~1) *		VO ₂ : WU3 > WU2 > WU1*	
		WU2:				Potencia media: similar	
		5 min	40 % PaP				
		1 min	80 % PaP				
		WU3:					
		5 min	40 % PaP				
		1 min	110 % PaP				
Tomaras y MacInstosh	10 H	WU1:		FC máx: WU1 > WU2	12.5	30 s (test Wingate)	Temperatura piel: similar
		20 min	60-95 % FC máx.				Potencia pico: WU2 > WU1*
		1x4	Esprín máx. 8 min descanso	La ⁻ : WU1 > WU2*			
		WU2:					
		15 min	60-70 % FC máx.				
		1x1	Esprín máx.				

H: Hombres; M: Mujeres; WU: Calentamiento; PaP: potencia aeróbica pico; La⁻: lactato; VO₂: Consumo Oxígeno; HHb: Desoxihemoglobina; FC: Frecuencia cardiaca; min: minutos; s: segundos; T: Transición; máx: máximo. * $p < 0.05$

1.4.1.3. Estiramientos durante el calentamiento en ciclismo

Anderson B. (2010)³² explica las razones por las cuáles se debe estirar durante el calentamiento previo a una actividad de ciclismo (sin especificar las modalidades):

- Reducir la tensión muscular y hace que el cuerpo este más relajado.
- Mejorar coordinación.
- Aumentar el rango de movimiento.
- Ayudar a prevenir lesiones y distensiones musculares.
- Preparar para la actividad.
- Mantener el nivel de flexibilidad.

British Cycling también hace alusión al hecho de realizar estiramientos en ciclismo, según Burt P., en la página web británica (www.britishcycling.org.uk)¹³³ explica la importancia de realizar estiramientos cuando se entrena de forma sistémica este deporte. Para ellos tiene especial importancia la realización de dichos estiramientos tras el entrenamiento, no aportando ninguna opinión acerca de los estiramientos durante el calentamiento en el ciclismo.

1.4.1.4. Vibraciones durante el calentamiento en ciclismo

En general, el entrenamiento de vibraciones, como se ha visto anteriormente, está comúnmente aceptado para la optimización del entrenamiento muscular, tanto en condiciones crónicas como agudas¹⁰⁰. Distintos estudios han mostrado mejoras en ciclistas de ruta tras programas de entrenamiento con vibraciones, no sólo utilizando plataformas de vibraciones¹³⁴, sino también sistemas que aplican la vibración directamente durante el pedaleo¹³⁵.

Centrándonos en el calentamiento específico con vibraciones, Avelar et al. (2012)¹²² realizaron una comparación entre diferentes protocolos de calentamiento para esprín (30 s) en ciclismo, entre los que se encuentra el calentamiento en plataforma de vibraciones. El protocolo de calentamiento con vibraciones consistía en 5 min de sentadillas con el propio peso en la plataforma de vibraciones (45 Hz, 2 mm). Los resultados mostraron que el calentamiento con vibraciones incrementó el rendimiento durante el esprín de 30 s, en comparación con un calentamiento pasivo o con una situación sin calentamiento; estos resultados están en consonancia con los resultados de otros estudios previos^{108, 114, 137-140}.

El ciclismo de pista (esprín) puede verse beneficiado por el uso de WBV antes de la competición. Tomaras y MacIntosh (2011)²³ sugirieron que el calentamiento estándar para esprines de 200 m produce mayor fatiga muscular que un protocolo más corto y específico. Según Jeukendrup et al., (2000)¹⁴¹, los eventos cortos a nivel olímpico, como la contrarreloj de 1000 m, pueden beneficiarse de un aumento de la potencia post-activación (PAP) tras la aplicación de WBV, ya que el evento dura poco más de 70 s, con aproximadamente un 50% de la energía proporcionada a través la vía anaeróbica.

Existen varias publicaciones que estudian el uso de WBV durante el calentamiento para diferentes test de ciclismo (test 15 s y 30 s). Así, en el estudio de Ronnestand (2016)¹²⁰ se obtuvieron resultados positivos, mientras que en el estudio de Teles et al. (2015)¹²⁵ no se encuentran diferencias significativas cuando se compara el uso de las vibraciones con los diferentes protocolos que utilizan (control, calentamiento general, y luz intermitente de diodo), por lo que tenemos que ser cautos al generalizar los resultados ya que depende en gran medida de los protocolos utilizados. En el estudio de Hill et al. (2013)¹²⁴, en el que analizó el efecto de las vibraciones durante el calentamiento sobre el posterior rendimiento en un test de esprín de 10 s, no se atribuyeron efectos beneficiosos al uso de vibraciones (120 s, 26 Hz).

1.4.2. PIRAGÜISMO

La RAE (2016)² define el piragüismo como “*deporte consistente en la competición de dos o más piraguas, movidas a remo por sendos piragüistas, que pueden ir sentados o de rodillas.*” La Federación Internacional de Piragüismo (ICF)¹⁴² reconoce oficialmente como disciplinas del piragüismo a las siguientes especialidades:

- Piragüismo en aguas tranquilas
- Piragüismo en eslalon
- Piragüismo en aguas bravas
- Piragüismo en maratón
- Kayak-polo
- Piragüismo de estilo libre
- Piragüismo en mar
- Regatas de barco dragón.

Según el Reglamento de la Federación Española de Piragüismo (2010)¹⁴³, las embarcaciones reglamentarias son las siguientes: K-1 (kayak con un tripulante), K-2 (kayak con dos tripulantes), K-4 (kayak con cuatro tripulantes), C-1 (canoa con un tripulante), C-2 (canoa con dos tripulantes), C-4 (canoa con cuatro tripulantes), balsas neumáticas para rafting y embarcaciones dragón.

Todas competiciones se clasifican según niveles (según artículo 9 del Reglamento RFEC) internacionales de dificultad para el trazado de recorridos, de la siguiente manera:

Nivel I.- Fácil. Aguas tranquilas sin ninguna dificultad de navegación.

Nivel II.- Pequeñas dificultades, con corrientes, presas y rápidos sin dificultad. No aptos para embarcaciones de pista o velocidad. Aconsejable el uso de chaleco salvavidas y casco.

Nivel III.- Navegación difícil. Es obligatorio a partir de este Nivel el casco y el chaleco salvavidas. Corriente viva, rápidos francos, exigen dominio de la embarcación. No aptos para embarcaciones de pista o velocidad.

Nivel IV.- Muy difícil. Pero sin peligro para palistas entrenados. No aptos para embarcaciones de pista o velocidad. Obligatorio el uso de chaleco salvavidas y casco.

Nivel V.- Navegación extremadamente difícil. Peligroso. Sólo para palistas perfectamente entrenados y preparados. No apto para embarcaciones de pista o velocidad. Obligatorio el uso de chaleco salvavidas y casco.

Nivel VI.- Infranqueable. Impracticable. Sin posibilidad de navegación.

La investigación en este trabajo se ha centrado en el piragüismo en aguas tranquilas y maratón, es decir, tanto velocidad como resistencia, con embarcaciones K-1. Siguiendo el artículo 10 del Reglamento de la Federación Española de Piragüismo (2010)¹⁴³, las pruebas de aguas tranquilas son *“las competiciones en las que la salida se da a las embarcaciones colocadas en línea y siempre sobre aguas tranquilas, recorriendo una distancia sin obstáculos en el menor tiempo posible. Las distancias de 200, 500 y 1.000 metros están reconocidas como olímpicas. También podrán disputarse pruebas sobre la distancia de 2.000, 3.000 y 5.000 metros, desarrollándose en este caso sobre un circuito”*.

1.4.2.1. Factores de rendimiento en las modalidades de piragüismo analizadas

En el piragüismo de aguas tranquilas la relación entre los palistas es inexistente, y en el caso de que un palista se acerque a otro a lo largo de la competición, puede ser descalificado por intuirse que estaba navegando en la estela de otro competidor, suponiendo una ventaja desleal, tal y como establece el reglamento de aguas tranquilas de la Internacional Canoe Federation (ICF, 2007)¹⁴², y como ha sido demostrado por algunos estudios^{144, 145}.

Al competir sin la influencia directa del resto de adversarios, los planteamientos estratégicos se centran, principalmente, en la evolución de la velocidad a lo largo de la distancia de competición, siendo ésta la cuestión principal a la que se enfrentan los entrenadores¹⁴⁶.

Sánchez y Magaz (1993)¹⁴⁷, enumeraron una serie de características de las competiciones en piragüismo que condicionan la forma de competir:

- No existencia de condiciones estándar de competición y entrenamiento, que permitan abordar el entrenamiento de ritmo de forma más rigurosa, relacionando intensidad y tiempo, o distancia y tiempo.
- La salida de la piragua, que, hasta lograr la velocidad media de la prueba, supone un gasto energético suplementario que compromete el desarrollo posterior de la prueba.

- El estado del agua y la aparición de olas, producidas por las embarcaciones que van por delante.

Existen diferentes modelos de estrategia de paso en la competición, que se pueden resumir de la siguiente forma:^{147, 148}

- Planteamiento regresivo, en el cual la velocidad va disminuyendo paulatinamente a lo largo de los parciales.
- Planteamiento uniforme, en el que la velocidad mantiene un comportamiento más estable, aunque el tramo más rápido es el más próximo a la salida.
- Planteamiento progresivo o negativo: en el que el tramo más rápido se encuentra al final del recorrido.

Tradicionalmente el planteamiento uniforme es el más aceptado con el fin de evitar el desgaste energético que suponen los cambios de velocidad a lo largo de la competición¹⁴⁹. Para Toro (1986)¹⁴⁸, el planteamiento progresivo o negativo, practicado en otros deportes como la natación o el atletismo, puede tener una difícil aplicación en piragüismo debido a la influencia negativa de las olas generadas por las embarcaciones situadas en las primeras posiciones, ya que derivaría en problemas en la navegación y el equilibrio de la piragua. Actualmente, los palistas y los entrenadores prefieren una salida rápida, seguida de un planteamiento homogéneo a lo largo de la prueba¹⁵⁰.

El piragüismo se considera como un deporte de fuerza resistencia en el que para conseguir un buen rendimiento es necesaria una buena capacidad aeróbica, eficiencia aeróbica en el umbral anaeróbico, y capacidad anaeróbica láctica, especialmente tolerancia al lactato^{21, 144, 151}, aunque la importancia de cada capacidad dependerá en última instancia de la tipología de la prueba (distancia).

1.4.2.2. Calentamiento en piragüismo

Bishop (2000)²¹ analizó tres protocolos de calentamiento de 15 minutos a intensidades diferentes (umbral aeróbico, umbral anaeróbico, y punto intermedio entre ambos umbrales), en relación al rendimiento en un test de 2 minutos en remoergómetro (adaptado a la técnica de piragüismo). Concluyeron que, aunque un grado de acidemia metabólica puede ser necesario para acelerar la cinética de O₂, si el calentamiento es demasiado intenso, la acidemia metabólica

asociada puede perjudicar el rendimiento supra máximo posterior mediante la reducción de la contribución de energía anaeróbica y/o interferencia con los procesos contráctiles del músculo. En la misma línea, según Bishop D. (2003)¹⁵², los resultados de un test en un ergómetro de piragüismo de 2 minutos son mejores después de un calentamiento intermitente (10min de remo en el ergómetro al 65% del $VO_{2máx}$, seguidos de 5 esprines de 10 s al 200% del $VO_{2máx}$, con descansos de 50 s entre cada esprín a una intensidad del 55% $VO_{2máx}$) comparándolo con un calentamiento continuo (15 min de remo en el ergómetro al 65% del $VO_{2máx}$).

A parte de estos estudios evaluando la intensidad del calentamiento en un test específico de piragüismo, la literatura científica no nos da información sobre el calentamiento en piragüismo en sus diferentes pruebas de competición o el calentamiento con diferentes protocolos (como puede ser la inclusión de estiramiento o vibraciones).

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS

En los puntos anteriores, tras una breve introducción general sobre el calentamiento, se ha revisado la literatura científica en lo que concierne a los efectos agudos del uso estiramientos y vibraciones. También se han revisado brevemente los factores de rendimiento de las dos disciplinas deportivas en que se centran los estudios que componen esta Tesis (ciclismo y piragüismo), haciendo hincapié en los estudios que analizan los efectos agudos del uso de estiramientos y vibraciones sobre el rendimiento en dichas modalidades. Como se ha podido constatar, muy pocos estudios hasta ahora se han centrado en el estudio de protocolos de calentamiento que incluyan o comparen vibraciones y estiramientos, no solo en población general sino especialmente en deportistas de modalidades concretas.

Los puntos clave analizados son:

- Calentamiento
- Estiramientos y calentamiento
- Vibraciones y calentamiento
- Demandas específicas de las disciplinas analizadas y su relación con el calentamiento

La revisión bibliográfica realizada no permite resolver claramente los siguientes interrogantes, que son los que nos llevan al diseño de los estudios que posteriormente serán comentados:

- ¿El uso de vibraciones o estiramientos estáticos durante el calentamiento repercute en el rendimiento posterior?
- ¿El efecto agudo de los estiramientos o las vibraciones realizados durante el calentamiento, afecta por igual a diferentes grupos poblacionales?
- ¿Cómo afecta la realización durante el calentamiento de estiramientos y vibraciones al rendimiento específico de piragüistas?
- ¿Cómo afecta la realización durante el calentamiento de estiramientos y vibraciones al rendimiento específico de ciclistas?

2. OBJETIVOS

Tras la revisión bibliográfica, nos hemos propuesto desarrollar varios estudios cuyo **objetivo común** es analizar los efectos de diferentes protocolos de calentamiento (en los que se incluyen estiramientos estáticos y vibraciones de cuerpo completo) en diferentes grupos de población y con diferentes pruebas de valoración.

Objetivos específicos de cada estudio:

Estudio I

Analizar los efectos agudos de la realización durante el calentamiento específico de estiramientos, vibraciones de cuerpo completo o estiramientos más vibraciones de cuerpo completo, sobre el rendimiento en *press* banca en sujetos físicamente activos.

Estudio II

Analizar los efectos agudos de la realización durante el calentamiento específico de estiramientos, vibraciones de cuerpo completo o estiramientos más vibraciones de cuerpo completo, sobre el rendimiento en *press* banca y en salidas de 12 m en piragüistas de élite.

Estudio III

Analizar los efectos agudos de la realización durante el calentamiento específico de estiramientos, vibraciones de cuerpo completo o estiramientos más vibraciones de cuerpo completo, sobre el rendimiento en *esprín* de 30 segundos, en ciclistas de elite internacionales de la modalidad de pista y ruta.

3. HIPÓTESIS

Después de haber revisado las publicaciones más destacadas sobre los efectos del calentamiento en el rendimiento y específicamente, los efectos de los estiramientos estáticos y vibraciones, se formulan las siguientes hipótesis:

- 1) En sujetos físicamente activos, la inclusión de vibraciones de cuerpo completo durante el calentamiento mejorará el rendimiento en press banca.
- 2) En piragüistas de élite, la inclusión de vibraciones de cuerpo completo durante el calentamiento mejorará el rendimiento en press banca y en salidas de 12 m.
- 3) En ciclistas de elite internacionales de la modalidad de pista y ruta, la inclusión de vibraciones de cuerpo completo durante el calentamiento mejorará el rendimiento en esprín de 30 segundos.

4. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

En este apartado se desarrollarán los tres estudios realizados:

- 1) ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y VIBRACIONES DURANTE EL CALENTAMIENTO EN LOS PARÁMETROS CINEMÁTICOS DEL PRESS BANCA EN HOMBRES Y MUJERES FISICAMENTE ACTIVOS
- 2) EFECTOS AGUDOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y VIBRACIONES DURANTE EL CALENTAMIENTO EN PIRAGÜÍSTAS DE ÉLITE
- 3) EFECTOS AGUDOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y VIBRACIONES DURANTE EL CALENTAMIENTO EN CICLISTAS DE ÉLITE

4.1. ESTUDIO I

EFFECTOS AGUDOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y VIBRACIONES DURANTE EL CALENTAMIENTO EN LOS PARÁMETROS CINEMÁTICOS DEL PRESS BANCA EN HOMBRES Y MUJERES FISICAMENTE ACTIVOS

EFFECTOS AGUDOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y VIBRACIONES DURANTE EL CALENTAMIENTO EN LOS PARÁMETROS CINEMÁTICOS DEL PRESS BANCA EN HOMBRES Y MUJERES FISICAMENTE ACTIVOS

Resumen

El objetivo de este estudio fue examinar el efecto de diferentes protocolos de calentamiento incluyendo estiramientos estáticos (EE) y vibraciones de cuerpo entero (WBV) en variables cinemáticas y número de repeticiones completadas en una serie de press banca realizada hasta el fallo muscular, en hombres y mujeres físicamente activos. Un segundo objetivo fue analizar el papel de la variable sexo en los efectos inducidos por el calentamiento. 24 participantes (13 mujeres y 11 hombres) completaron, de forma aleatoria, 3 condiciones experimentales con un diseño cruzado: EE, WBV, y EE+WBV. Al terminar cada protocolo de calentamiento los sujetos realizaron una serie de press banca al fallo con una carga equivalente al 60% de una repetición máxima (1RM). No se observaron diferencias significativas entre condiciones experimentales en lo que respecta al número de repeticiones completadas, velocidad media y máxima, porcentaje acelerativo (AP) y evolución de la velocidad a lo largo de la serie. En el grupo de los hombres se observaron unos valores significativamente mayores en el número de repeticiones y velocidad media y máxima en comparación con las mujeres. Sin embargo, cuando se examina el AP a lo largo de la serie, dividiendo el número total de repeticiones en percentiles, no existen diferencias significativas entre hombres y mujeres. En conclusión, no existen diferencias significativas en lo que a parámetros cinemáticos o número de repeticiones completadas se refiere cuando se aplican EE, WBV o una combinación de ambas estrategias durante el calentamiento. Estos resultados pueden ser útiles para el diseño del calentamiento en programas de entrenamiento.

Palabras clave: aceleración; potencia muscular; rendimiento neuromuscular.

4.1.1. *Objetivo del estudio*

Objetivo e hipótesis del estudio

El **objetivo principal** de este estudio fue examinar los efectos agudos de diferentes protocolos de calentamiento específicos, incluyendo EE y WBV sobre la cinemática (velocidad y porcentaje acelerativo) y el número de repeticiones durante una serie de press de banca realizada hasta el fallo muscular. Siguiendo la literatura previa¹⁵³, se planteó la hipótesis de que la aplicación de WBV superpuesta con EE proporcionaría un estímulo adicional para el sistema neuromuscular, mejorando el rendimiento agudo.

Dado que la literatura científica ha sugerido que hay diferencias sustanciales entre hombres y mujeres en el rendimiento muscular^{60, 154}, un **objetivo secundario** del presente estudio fue analizar el papel del sexo en los efectos de calentamiento inducido. La **hipótesis** del estudio fue que los diferentes protocolos de calentamiento utilizando EE y WBV afectan tanto a hombres y mujeres de la misma forma, a pesar de que las mujeres tienden a mostrar valores más bajos en los parámetros cinemáticos, en comparación con los hombres.

4.1.2. *Material y métodos*

DISEÑO

Este estudio fue diseñado con el propósito de investigar los efectos agudos de los estiramientos estáticos llevados a cabo con y sin vibraciones superpuestas, sobre el rendimiento en una serie de press de banca, en chicos y chicas estudiantes del grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. En un diseño cruzado, cada sujeto fue evaluado en tres ocasiones, en las que la diferencia era la inclusión al final del calentamiento de una de las siguientes tres estrategias: WBV, EE y WBV+EE.

PROCEDIMIENTOS

La fase experimental se llevó a cabo durante un periodo de 5 semanas con una sesión cada semana (por sujeto), desarrollándose en el gimnasio de la Universidad Europea Miguel de Cervantes (Valladolid).

Tras las dos primeras sesiones, donde se valoró la fuerza máxima en press banca (1RM) y se realizó la familiarización con los protocolos de calentamiento y la plataforma de vibraciones, los sujetos llevaron a cabo, en días diferentes, tres protocolos de calentamiento previos a una serie de repeticiones máximas (fallo muscular). En dichas sesiones, tras una fase de calentamiento general y común a los tres protocolos, los sujetos realizaron uno de los siguientes tres tratamientos (Tabla 13):

- Estiramientos (EE).
- Estiramientos con vibraciones superpuestas (EE+WBV).
- Vibraciones (WBV).

Tabla 13- Diseño experimental del estudio I.

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Sesión familiarización	1RM	Test 1	Test 2	Test 3
Durante las tres sesiones de test se llevaron a cabo los 3 tratamientos, aplicados de forma aleatoria, seguidos un test de máximas repeticiones en press banca al 60% del 1RM				

La tercera, cuarta y quinta sesión estuvieron separadas 7 días y se realizaron siempre a la misma hora. Los participantes usaron el mismo calzado deportivo durante las 5 sesiones para estandarizar la amortiguación de las vibraciones¹⁵⁵.

Se aplicó un procedimiento de contrabalanceo para determinar el orden de los diferentes protocolos en los test de cada sujeto; por lo tanto, al final de la fase experimental todos los sujetos habían sido sometidos a los tres tratamientos, aislando el efecto “orden” de las pruebas.

SUJETOS DEL ESTUDIO

En el estudio participaron 24 sujetos, 11 hombres y 13 mujeres, cuyos datos descriptivos aparecen incluidos en la Tabla 14, con experiencia moderada en el entrenamiento de fuerza. Todos ellos eran físicamente activos, con al menos 3 meses de experiencia previa de entrenamiento con peso libre.

Tabla 14. - Características de la muestra del estudio I, expresadas como media \pm SD.

Grupo	Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	IMC (kg/m ²)	Press banca 1RM
Hombres	20.6 \pm 1.4	75.9 \pm 7.8	179.0 \pm 4.8	23.4 \pm 1.3	74.2 \pm 6.5
Mujeres	23.7 \pm 3.4	57.7 \pm 12.1	163.4 \pm 5.9	22.6 \pm 4.2	41.9 \pm 7.9
Todos	22.1 \pm 2.9	67.3 \pm 13.2	172.0 \pm 9.5	22.6 \pm 3.0	51.3 \pm 16.6

Los sujetos siguieron realizando sus actividades físicas sin llevar a cabo ningún cambio durante estas semanas de fase experimental. Todos los sujetos, que participaron de forma voluntaria en el estudio, firmaron un consentimiento informado que recogía las características y propósitos del estudio (Anexo VIII y IX), así como la posibilidad de abandono en cualquier momento por parte del sujeto. La investigación fue llevada a cabo de acuerdo a la Declaración de Helsinki y aprobada por el Comité de Ética de la Universidad Europea Miguel de Cervantes.

PROTOCOLO

A continuación, se expone detalladamente cómo se llevó a cabo la fase experimental, en cada una de las sesiones efectuadas.

Sesión de valoración de la fuerza máxima, medidas antropométricas y familiarización con la plataforma vibratoria.

1. Medidas antropométricas.

Las medidas antropométricas (peso y talla) de todos los sujetos que participaron en este estudio de investigación fueron analizadas al principio de la sesión de la siguiente forma:

- **Peso:** Se ha llevado a cabo la medición con una báscula digital Laika, cuyo rango de medición es de 0-150 kg con una precisión de 100 g. La medición se ha llevado a cabo vestidos, sin zapatos.
- **Talla:** Se ha llevado a cabo la medición de la altura con un tallímetro de madera con una precisión de ± 0.5 cm de la marca Nogalda.

2. Valoración fuerza máxima.

El 1RM fue valorado usando un protocolo previamente establecido¹⁵⁶. De esta manera, la valoración se inició con un calentamiento estándar:

- Fase general:
 - 5 min de pedaleo en cicloergómetro a 80 pedaladas por minuto (rpm).
 - 2 x 15 repeticiones de circundaciones de hombro, codo y muñeca en cada sentido.
 - 2 x 15 fondos (flexiones en el suelo).
- Fase específica: press de banca en máquina Smith (Telju, Toledo, España):
 - 2 x 15 repeticiones con la barra
 - 1 x 12 repeticiones al 25% del 1RM estimado
 - 1 x 8 repeticiones al 50% del 1RM estimado
 - 1 x 5 repeticiones al 70% del 1RM estimado

Después del calentamiento general y específico, cada sujeto comenzó la valoración de 1RM propiamente dicha, permitiendo 3 min de descanso entre cada intento. El valor de 1RM fue obtenido usando el menor número de intentos posible, con un máximo de 5 intentos (Tabla 15).

Tabla 15 - Plantilla utilizada para la obtención 1RM

<i>IRMPRESS BANCA estimada:</i>		25%		50%		70%			
CALENTAMIENTO GENERAL		<ul style="list-style-type: none"> - 5 minutos cicloergómetro (70W, 80rpm) - Movilidad articular hombro, codo y muñeca - 2 x 15 fondos. 							
ESPECÍFICO		2 x 15r (barra)		1 x 12r (25%)		1 x 8r (50%)		1 x 5r (70%)	
1RM	<i>1^{er} int</i>	pausa	<i>2^o int</i>	pausa	<i>3^{er} int</i>	pausa	<i>4^o int</i>	pausa	<i>5^o int (6^o int)</i>
	Kg.		Kg.		Kg.		Kg.		Kg.
<i>Comentarios</i>									

3. Familiarización con los protocolos a utilizar

Para finalizar la primera y segunda sesión, tras la valoración de la fuerza máxima, se llevó a cabo una familiarización con los tratamientos a utilizar en las siguientes sesiones.

Comenzamos explicando detalladamente a cada sujeto en qué iba a consistir cada uno de los tres protocolos. Posteriormente los participantes se familiarizaban con los estiramientos que iban a realizar en las tres sesiones de test de máximas repeticiones en press banca y también se familiarizaban con la plataforma de vibraciones (utilizando la magnitud de vibración que se les aplicaría durante la serie). La Imagen 1 recoge gráficamente la secuencia de estiramientos realizados en los tratamientos EE y EE + WBV.

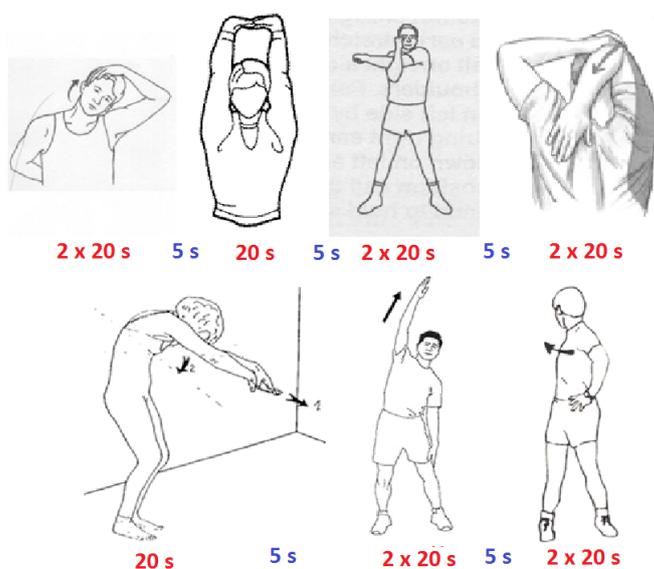


Imagen 1- Secuencia estiramientos realizados en protocolos EE y EE + WBV (en orden izquierda-derecha y arriba-abajo).

Sesiones test de máximas repeticiones en press banca.

Cada sesión de test se llevó cabo de la siguiente forma:

1) CALENTAMIENTO:

a. **Calentamiento general**, común a todos los tratamientos.

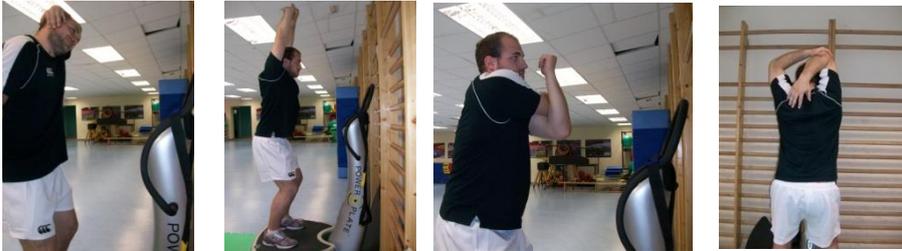
- 5 minutos de pedaleo en cicloergómetro a 75 W (80 rpm).



Imagen 2 – Pedaleo en cicloergómetro

- Movilidad articular: hombros y muñecas (2 x 15 circundaciones en cada dirección).
 - Fondos (2x15 reps).
- #### b. **Calentamiento específico** de cada protocolo, cada día los sujetos realizaron uno de los siguientes tres protocolos de calentamiento, de forma aleatoria (Tabla 16):

Tabla 16 – Tratamientos utilizados en el estudio I.

<p>WBV</p>	<p>Vibraciones. 4 min 30 s. (Frecuencia: 50 Hz; Amplitud: 2 mm).</p> 
<p>EE</p>	<p>Estiramientos miembro superior (sobre la plataforma, pero sin activar)</p>   <ul style="list-style-type: none"> • Duración total: 4 min 30 s (20 s cada estiramiento, con 5 s de cambio). • Magnitud WBV: Frecuencia: 50 Hz; Amplitud: 2 mm. • Mismos ejercicios y duración que en el tratamiento anterior.
<p>EE + WBV</p>	<p>Estiramientos miembro superior sobre plataforma de vibraciones (activada)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Duración total: 4 min 30 s (20 s cada estiramiento, con 5 s de cambio). • Magnitud WBV: Frecuencia: 50 Hz; Amplitud: 2 mm. • Mismos ejercicios y duración que en el tratamiento anterior.

Durante el protocolo de calentamiento los sujetos estuvieron siempre bajo supervisión de un investigador.

En el estudio se utilizó una plataforma de vibración vertical POWER PLATE PRO 5 (PowerPlate North America, Northbrook, IL, USA).

2) TEST DE MÁXIMAS REPETICIONES EN PRESS BANCA

Para evaluar el efecto de cada uno de los tres protocolos de calentamiento en el rendimiento, se llevó a cabo una serie al fallo (máximo número de repeticiones posibles) con el 60% de 1RM en press banca.

Un minuto después de la finalización del protocolo de calentamiento específico de cada tratamiento, los sujetos debían realizar una serie al fallo muscular (máximo número de repeticiones) en press banca al 60% 1RM. En dicha serie se pedía al sujeto que moviera la barra lo más rápido posible durante la fase concéntrica en cada repetición, hasta llegar al agotamiento. No se permitía que los sujetos levantasen los hombros del banco y no podía haber pausa entre la fase concéntrica y la excéntrica. Se colocó una tabla de 2 cm de grosor en el pecho de cada sujeto (un ayudante se encargaba de que no se moviera), siendo éste el punto de referencia hasta el cual debían bajar la barra en todas las repeticiones. Se definió el fallo de acuerdo con un criterio previamente establecido^{157, 158}, como el momento en el cual la barra deja de moverse, o si el sujeto se detenía más de 1 segundo en el momento de máxima extensión, o si el sujeto no podía llegar a la posición de extensión completa de codos. En todo momento se animó verbalmente a los sujetos, tratando de que este ánimo fuese lo más homogéneo posible para todos los participantes.

Para el registro de las variables cinemáticas se utilizó un transductor de posición (Real Power, Globus, Italia), que consiste en un encoder rotatorio, con una precisión espacial y temporal de registro de 1 mm y 0.001 s (1000 Hz de frecuencia de muestreo), respectivamente, que mide desplazamientos lineales por medio de un cable, cuyo extremo se aseguró en uno de los extremos de la barra. El sistema estaba conectado a un ordenador, equipado con el software REAL POWER, mediante el cual se registraron los valores de las variables analizadas. Para realizar las comparaciones, en número de repeticiones fue expresado como el porcentaje del número total de repeticiones (10%, 20%, 30%, ...100%).



Imagen 3 – Test de máximas repeticiones en press banca

Las variables dependientes que se analizaron, tras la aplicación de los tres tratamientos (EE, WBV, EE+WBV), fueron:

- Número de repeticiones completadas.
- Velocidad media serie.
- Velocidad máxima alcanzada.
- Porcentaje acelerativo medio de la serie.
- Porcentaje acelerativo máximo de la serie.
- Aceleración media serie.
- Aceleración máxima serie.
- Caída de la velocidad a lo largo de la serie (expresadas las repeticiones como percentiles respecto al total de repeticiones completadas).

Es importante destacar que todas las variables cinemáticas se refieren a la fase concéntrica de cada repetición.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La normalidad de las variables dependientes se verificó y confirmó posteriormente mediante la prueba de Shapiro - Wilk.

Se utilizó una Anova de medidas repetidas para las variables dependientes (número de repeticiones, velocidad media de la serie, velocidad máxima de la serie, % aceleración media de la serie, % aceleración máxima de la serie, aceleración media y aceleración máxima) en función de dos condiciones: “protocolo” (WBV vs. EE vs. WBV) y “sexo” (hombres vs. mujeres).

Además, se aplicó un Anova de 2 factores para la variable dependiente “caída de la velocidad a lo largo de la serie”. En este caso, los factores fueron “protocolo” (3 niveles) y “percentil” (10 niveles).

Cuando se alcanzó un valor F significativo, las comparaciones por pares se realizaron mediante el procedimiento *post hoc* de Bonferroni. Los tamaños del efecto (d) se calcularon para determinar la magnitud de un efecto entre grupos independientes de tamaño de la muestra. Los valores de $d = 0.2$ se consideraron efectos pequeños, $0.2 < d < 0.8$ efectos moderados, y $d > 0.8$ efectos grandes¹⁵⁹. La significación estadística se estableció en $p \leq 0.05$. Los valores de las variables se expresaron como media \pm desviación estándar (SD) tanto en el texto como en las tablas y figuras.

Todo el tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el software SPSS 20 (Chicago, IL).

4.1.3. Resultados

Número de repeticiones

No se observó ninguna diferencia significativa en cuanto al número de repeticiones realizadas tras cada protocolo ($p = 0.452$, $\eta^2 = 0.035$), ni tampoco en la interacción protocolo-sexo ($p = 0.696$, $\eta^2 = 0.016$) (Figura 6). Por el contrario, se observó un efecto sexo significativo ($p = 0.002$, $d = 4.67$). Es decir, los hombres mostraron un número significativamente mayor de repeticiones que en las mujeres después del protocolo EE (27.3%, $p = 0.001$, $d = 1.51$), WBV (21.3%, $p = 0.035$, $d = 0.87$) y EE+WBV (23.5%, $p = 0.006$, $d = 1.05$), respectivamente.

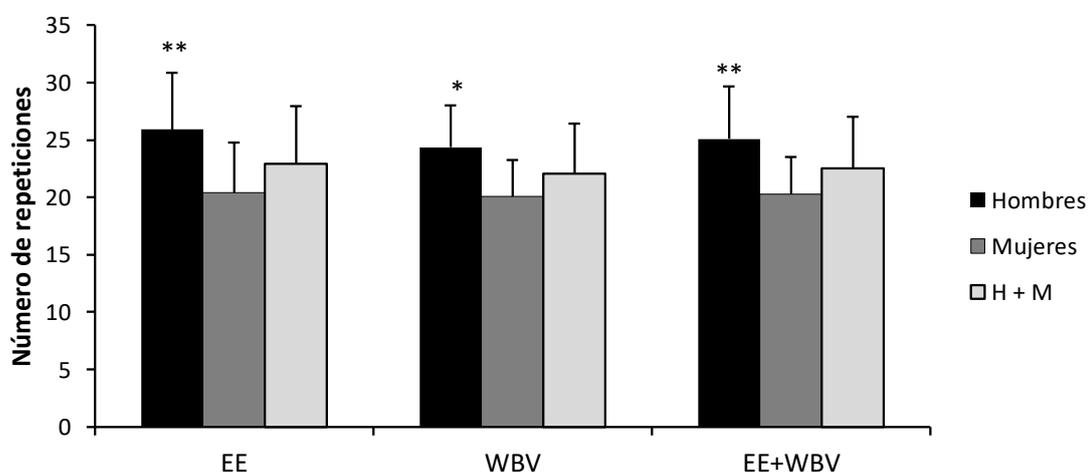


Figura 6. Número de repeticiones realizadas tras cada protocolo de calentamiento. Valores expresados en media \pm SD. * y ** diferencias significativas respecto al grupo mujeres; $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente.

Aceleración

En cuanto a la porción acelerativa media, no se observan diferencias significativas entre protocolos ($p = 0.307$, $\eta^2 = 0.052$), sexo ($p = 0.873$, $d = 0.22$), ni en la interacción de protocolo-sexo ($p = 0.185$, $\eta^2 = 0.074$). En cuanto a la aceleración máxima, tampoco observó significación estadística respecto a protocolo ($p = 0.914$, $\eta^2 = 0.004$), sexo ($p = 0.615$, $d = 0.69$) o interacción de protocolo-sexo ($p = 0.850$, $\eta^2 = 0.007$). De media, la repetición con el mayor valor de aceleración (77.2% del rango total de movimiento) se correspondió con la segunda-tercera repetición.

Tabla 17. Resultados test press banca. Valores expresados en media \pm SD. ** y *** diferencias significativas en relación a las mujeres en el mismo protocolo ($p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente).

	EE			WBV			EE + WBV		
	Hombres	Mujeres	H+M	Hombres	Mujeres	H+M	Hombres	Mujeres	H+M
AP _{media} (%)	59.82 \pm 6.23	60.00 \pm 6.01	59.92 \pm 5.97	57.98 \pm 5.99	60.86 \pm 3.28	59.54 \pm 4.83	62.53 \pm 4.62	60.33 \pm 7.37	61.34 \pm 6.24
AP _{máx} (%)	78.02 \pm 3.35	76.98 \pm 3.30	77.46 \pm 3.29	77.50 \pm 3.67	76.98 \pm 3.19	77.22 \pm 3.35	77.64 \pm 2.82	77.34 \pm 4.36	77.48 \pm 3.66
V _{media} (m·s ⁻¹)	0.357 \pm 0.107 **	0.256 \pm 0.042	0.302 \pm 0.092	0.319 \pm 0.038 ***	0.247 \pm 0.045	0.280 \pm 0.055	0.322 \pm 0.039 **	0.259 \pm 0.041	0.288 \pm 0.050
V _{máx} (m·s ⁻¹)	0.480 \pm 0.132 **	0.352 \pm 0.045	0.411 \pm 0.114	0.428 \pm 0.055 **	0.350 \pm 0.061	0.385 \pm 0.070	0.439 \pm 0.061 **	0.360 \pm 0.054	0.396 \pm 0.069

Velocidad

No se observó un efecto “protocolo” estadísticamente significativo en lo que concierne a velocidad media o máxima. Por el contrario, se detectó un efecto “sexo” significativo (Tabla 17); en este sentido, los hombres mostraron una velocidad media significativamente mayor tras el protocolo EE (39.2%, $p = 0.005$, $d = 0.93$), WBV (29.3%, $p = 0.000$, $d = 1.90$) y EE+WBV (24.2%, $p = 0.001$, $d = 1.60$), respectivamente, que las mujeres. Resultados similares se pueden apreciar cuando se analiza la velocidad máxima: EE (37.1%, $p = 0.003$, $d = 0.97$), WBV (22.3%, $p = 0.004$, $d = 1.42$) y EE+WBV (21.9%, $p = 0.003$, $d = 1.29$).

Se observa un descenso significativo de la velocidad a lo largo de las series, tanto en el grupo de hombres como mujeres (Figuras 7 y 8). En el grupo de hombres, el percentil de repetición (considerando que el 100% corresponde a la última repetición) en la cual se produce el descenso significativo ($p < 0.05$) en la velocidad corresponde con el 40% en los protocolos EE y EE+WBV y 60% en el protocolo WBV (Figura 7). En el grupo de mujeres, la repetición en la cual se produce el descenso significativo ($p < 0.05$) se corresponde con el 40% en el protocolo EE y el 50% en los protocolos WBV y EE+WBV.

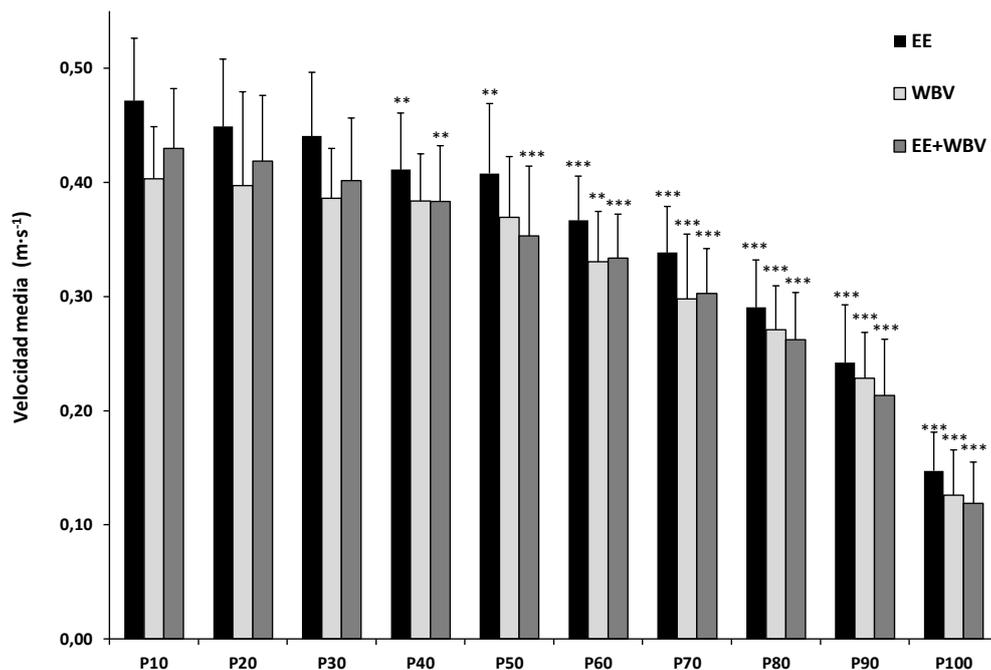


Figura 7. Velocidad media en cada protocolo de calentamiento en grupo hombres. El número de repeticiones esta expresado como el porcentaje del número total de repeticiones completados. Valores expresados como media \pm SD. ** y *** significativamente diferente ($p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente) con respecto al P10.

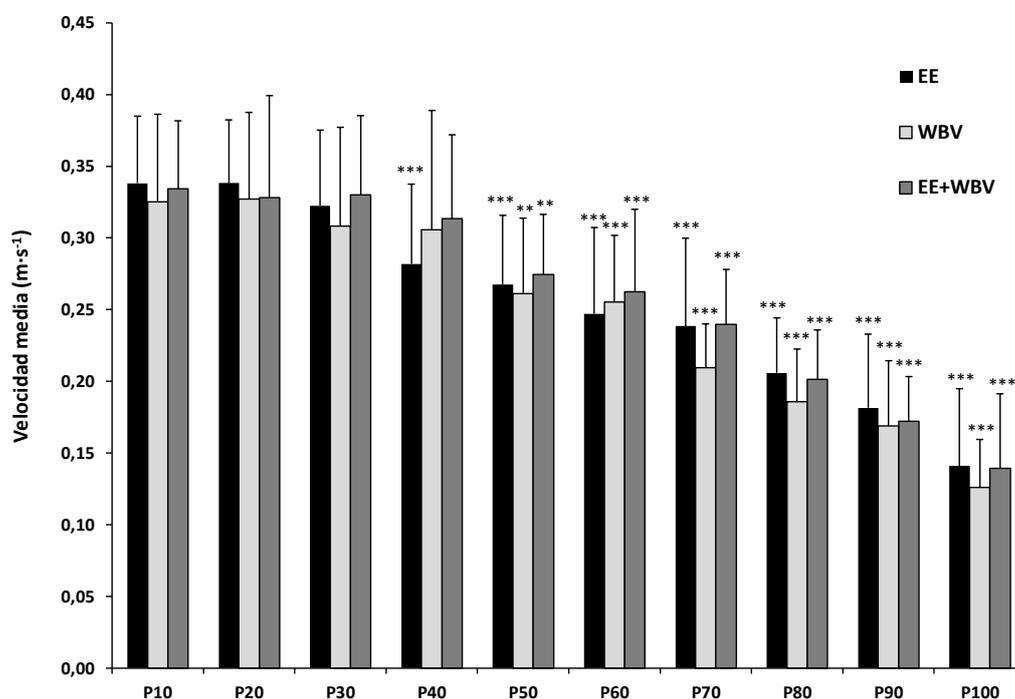


Figura 8. Velocidad media en cada protocolo de calentamiento en grupo mujeres. El número de repeticiones esta expresado como el porcentaje del número total de repeticiones completados. Valores expresados como media \pm SD. ** y *** significativamente diferente ($p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente) con respecto al P10.

4.2. ESTUDIO II

EFFECTOS AGUDOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y VIBRACIONES DURANTE EL CALENTAMIENTO EN PIRAGÜÍSTAS DE ÉLITE

EFFECTOS AGUDOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y VIBRACIONES DURANTE EL CALENTAMIENTO EN PIRAGÜISTAS DE ÉLITE

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar los efectos agudos de diferentes protocolos de calentamiento utilizando diferentes combinaciones de estiramiento estático (EE) y vibraciones de todo el cuerpo (WBV) sobre el rendimiento en press de banca y en un esprín de piragüismo de 12 metros. 10 piragüistas de elite (velocistas) completaron 4 condiciones experimentales en un diseño cruzado: EE, WBV, EE+WBV y control (C, sin calentamiento específico). Tras cada protocolo, los sujetos realizaron un test de máximas repeticiones de press de banca, con una carga equivalente a 60% de una repetición máxima 1RM y un test de esprín en piragua (salidas esprín de 12 metros), en días diferentes. Los resultados mostraron que los diferentes protocolos de calentamiento realizados en el presente estudio no indujeron diferencias significativas en ninguna de las principales variables analizadas en este estudio. En consecuencia, la inclusión de EE, WBV, o una combinación de ambos durante el calentamiento no proporciona ningún beneficio adicional en el rendimiento posterior, en comparación con la ausencia de estas estrategias.

PALABRAS CLAVE: cinemática, vibraciones, el rendimiento neuromuscular, esprín.

4.3.1. *Objetivos*

Este estudio fue diseñado para evaluar el efecto de diferentes protocolos de calentamiento específico sobre el número de repeticiones, la porción de aceleración (AP), y la velocidad de la fase concéntrica durante una serie de press de banca llevada hasta el fallo muscular, así como el tiempo, la distancia, velocidad y aceleración durante una prueba de salidas de piragüismo de 12 m. Antes de cada una de estas pruebas de rendimiento (press de banca y salidas piragüismo), se llevó a cabo uno de los cuatro protocolos de calentamiento en orden aleatorio: EE, WBV, EE + WBV y C. Siguiendo la literatura previa¹⁵³, se planteó la hipótesis de que la aplicación de WBV superpuesta con EE proporcionaría un estímulo adicional para el sistema neuromuscular, mejorando el rendimiento agudo tanto inespecífico (press de banca) como específico (salida en la piragua)

4.3.2. *Material y métodos*

DISEÑO

Este estudio fue diseñado con el propósito de investigar los efectos agudos de los estiramientos estáticos llevados a cabo con y sin vibraciones superpuestas, sobre el rendimiento en una serie de press de banca y en un esprín de 12 m de piragüismo, en piragüistas de elite del Centro de Tecnificación de Castilla y León.

PROCEDIMIENTOS

La fase experimental se llevó a cabo durante un periodo de 5 semanas con dos sesiones cada semana (por sujeto), desarrollándose en el gimnasio de la Universidad Europea Miguel de Cervantes (Valladolid) y en el centro de tecnificación de piragüismo de Castilla y León (Valladolid).

Durante la primera semana se valoró la fuerza máxima en press banca (1RM), evaluación de los datos descriptivos de cada sujeto y se realizó la familiarización con los protocolos de

calentamiento y la plataforma de vibraciones. En las semanas 2-5, los sujetos llevaron a cabo cuatro protocolos de calentamiento previos la valoración del rendimiento inespecífico (*press* de banca) y específico (*esprín* de 12m en piragua). En dichas sesiones, tras una fase de calentamiento general y común a los cuatro protocolos, los sujetos realizaron uno de los siguientes cuatro tratamientos:

- Estiramientos estáticos (EE).
- Estiramientos estáticos con vibraciones superpuestas (EE+WBV).
- Vibraciones (WBV).
- Control, sin calentamiento específico (C).

Tabla 18 - Diseño experimental del estudio II.

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
	Press banca		Salidas 12m	
Sesión familiarización	Test 1	Test 3	Test 1	Test 3
	Test 2	Test 4	Test 2	Test 4
1RM	Durante las ocho sesiones de test se evaluaron los 4 tratamientos, aplicados de forma aleatoria, seguidos un test de máximas repeticiones en <i>press</i> banca al 60% del 1RM y de un test de <i>esprín</i> en piragüismo, salidas de 12 m.			
Datos descriptivos				

Las sesiones estuvieron separadas al menos 48 horas y se realizaron siempre a la misma hora. Los participantes usaron el mismo calzado deportivo durante todas las sesiones (calentamiento general y específico) para estandarizar la amortiguación de las vibraciones ¹⁵⁵.

Se aplicó un procedimiento de contrabalanceo para determinar el orden de los diferentes protocolos en los test de cada sujeto; por lo tanto, al final de la fase experimental todos los sujetos habían sido sometidos a los cuatro tratamientos en dos ocasiones (para evaluar rendimiento específico e inespecífico), aislando el efecto “orden” de las pruebas.

SUJETOS

En el estudio participaron 10 sujetos (6 hombres y 4 mujeres), deportistas del Centro de Tecnificación de Piragüismo de Castilla y León, con al menos 6 meses de experiencia previa en el entrenamiento de fuerza, al menos 3 años de experiencia en el entrenamiento de piragüismo y con experiencia en competiciones nacionales e internacionales (datos descriptivos en Tabla 19). Todos los sujetos eran miembros de la Federación de Castilla y León de piragüismo, entrenando en el Centro de Tecnificación de Valladolid. En lo que se refiere a la periodización anual, el estudio de press banca se llevó a cabo durante el periodo de transición (octubre - noviembre), antes de empezar la fase preparatoria (diciembre) y el de salidas de 12 m durante los meses de mayo y junio (debido a las condiciones climatológicas).

Tabla 19 - Características de la muestra del estudio II, expresadas como media \pm SD.

Edad	Peso	Altura	IMC
(años)	(kg)	(cm)	(kg/m²)
19.2 \pm 3.0	70.6 \pm 9.1	176.1 \pm 7.2	22.71 \pm 1.98

Los sujetos siguieron realizando sus actividades físicas sin llevar a cabo ningún cambio durante estas semanas de fase experimental. Los sujetos mantuvieron sus hábitos de sueño, alimentación e hidratación sin ningún cambio a lo largo de toda su participación en el estudio. Todos los sujetos, que participaron de forma voluntaria en el estudio, firmaron un consentimiento informado que recogía las características y propósitos del estudio (Anexo X y XI), así como la posibilidad de abandono en cualquier momento por parte del sujeto. La investigación fue llevada a cabo de acuerdo a la Declaración de Helsinki y aprobada por el Comité de Ética de la Universidad Europea Miguel de Cervantes.

PROTOCOLO

A continuación, se expone detalladamente cómo se llevó a cabo la fase experimental, en cada una de las sesiones efectuadas.

Sesión de valoración de la fuerza máxima, medidas antropométricas y familiarización con la plataforma vibratoria

1. Medidas antropométricas

Las medidas antropométricas (peso y talla) de todos los sujetos que participaron en este estudio de investigación fueron analizadas al principio de la sesión de la siguiente forma:

- **Peso:** Se ha llevado a cabo la medición con una báscula digital Laika, cuyo rango de medición es de 0-150 kg con una precisión de 100 g. La medición se ha llevado a cabo vestidos, sin zapatos.
- **Talla:** Se ha llevado a cabo la medición de la altura con un tallímetro de madera con una precisión de ± 0.5 cm de la marca Nogalda.

2. Valoración fuerza máxima

El 1RM fue valorado usando un protocolo previamente establecido¹⁵⁶. De esta manera, la valoración se inició con un calentamiento estándar:

- **Fase general:**
 - 5 min de pedaleo en cicloergómetro a 80 pedaladas por minuto (rpm).
 - 2 x 15 repeticiones de circundaciones de hombro, codo y muñeca en cada sentido.
 - 2 x 15 fondos (flexiones en el suelo).
- **Fase específica: press de banca en máquina Smith (Telju, Toledo, España):**
 - 2 x 15 repeticiones con la barra
 - 1 x 12 repeticiones al 25% del 1RM estimado
 - 1 x 8 repeticiones al 50% del 1RM estimado
 - 1 x 5 repeticiones al 70% del 1RM estimado

Después del calentamiento general y específico, cada sujeto comenzó la valoración de 1RM propiamente dicha, permitiendo 3 min de descanso entre cada intento. El valor de 1RM fue obtenido usando el menor número de intentos posible, con un máximo de 5 intentos (Tabla 15, pág. 79).

3. Familiarización con los protocolos a utilizar

Para finalizar la primera sesión, tras la valoración de la fuerza máxima, se llevó a cabo una familiarización con los tratamientos a utilizar en las siguientes sesiones.

Comenzamos explicando detalladamente a cada sujeto en qué iba a consistir cada uno de los tres protocolos. Posteriormente los participantes se familiarizaban con los estiramientos que iban a realizar en las tres sesiones de test de máximas repeticiones en press banca y también se familiarizaban con la plataforma de vibraciones (utilizando la magnitud de vibración que se les aplicaría durante la serie). La Imagen 1 (pág. 78) recoge gráficamente la secuencia de estiramientos realizados en los tratamientos EE y EE + WBV.

Para la familiarización con las salidas de 12 m se les explicó y ejecutaron dichas salidas en el centro de tecnificación durante una sesión de entrenamiento antes de empezar con dichos test.

Protocolos de calentamiento en las sesiones de test (Máximas repeticiones en press banca y salidas 12m)

Cada sesión de test se llevará cabo de la siguiente forma:

1) CALENTAMIENTO:

- a. Calentamiento general**, común a todos los tratamientos.
 - 5 minutos de pedaleo en cicloergómetro a 75 W (80 rpm) en el caso del calentamiento previo a los test de press banca y 5 minutos remando en la balsa de entrenamiento (al 70% de su $FC_{máx}$ en relación a su edad) en los test de salidas 12 m.



Imagen 4 – Balsa entrenamiento

- Movilidad articular: hombros y muñecas (2 x 15 rep cada lado).

Al acabar los 5 min de pedaleo o remo los sujetos realizaron ejercicios de movilidad articular de pie, estos consistieron en realizar 2 series de 15 repeticiones con cada lado y en cada sentido de los siguientes ejercicios.

- 1) Circunducción de hombros.
- 2) Circunducción de muñecas.

- Fondos (2x15 reps).

- b. **Calentamiento específico** de cada protocolo, cada día los sujetos realizaron uno de los siguientes cuatro protocolos de calentamiento, de forma aleatoria (Tabla 20):

Tabla 20 – Tratamientos utilizados en el estudio II.

<p>WBV</p>	<p>Vibraciones. 4 min 30 s.</p> <p>(Frecuencia: 50 Hz; Amplitud: 2 mm).</p> 
<p>EE</p>	<p>Estiramientos miembro superior (sobre la plataforma, pero sin activar)</p>   <ul style="list-style-type: none"> • Duración total: 4 min 30 s (20 s cada estiramiento, con 5 s de cambio). • Magnitud WBV: Frecuencia: 50 Hz; Amplitud: 2 mm. <p>Mismos ejercicios y duración que en el tratamiento anterior.</p>
<p>EE + WBV</p>	<p>Estiramientos miembro superior sobre plataforma de vibraciones (activada)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Duración total: 4 min 30 s (20 s cada estiramiento, con 5 s de cambio). • Magnitud WBV: Frecuencia: 50 Hz; Amplitud: 2 mm. <p>Mismos ejercicios y duración que en el tratamiento anterior.</p>

C	Ningún protocolo, ausencia de calentamiento específico.
----------	---



Imagen 5 - Piragüista realizando protocolo de calentamiento

Durante el protocolo de calentamiento los sujetos estuvieron siempre bajo supervisión de un investigador.

En el estudio se utilizó una plataforma de vibración vertical POWER PLATE PRO 5 (PowerPlate North America, Northbrook, IL, USA).

2) TEST DE MÁXIMAS REPETICIONES EN PRESS BANCA

Para evaluar el efecto de cada uno de los cuatro protocolos de calentamiento en el rendimiento, se llevó a cabo una serie al fallo (máximo número de repeticiones posibles) al 60% de 1RM en press banca.

Un minuto después de la finalización del protocolo de calentamiento específico de cada tratamiento, los sujetos debían realizar una serie al fallo muscular (máximo número de

repeticiones) en press banca al 60% 1RM. En dicha serie se pedía al sujeto que moviera la barra lo más rápido posible durante la fase concéntrica en cada repetición, hasta llegar al agotamiento. No se permitía que los sujetos levantasen los hombros del banco y no podía haber pausa entre la fase concéntrica y la excéntrica. Se colocó una tabla de 2 cm de grosor en el pecho de cada sujeto (un ayudante se encargaba de que no se moviera), siendo éste el punto de referencia hasta el cual debían bajar la barra en todas las repeticiones. Se definió el fallo de acuerdo con un criterio previamente establecido^{157, 158}, como el momento en el cual la barra deja de moverse, o si el sujeto se detenía más de 1 segundo en el momento de máxima extensión, o si el sujeto no podía llegar a la posición de extensión completa de codos. En todo momento se animó verbalmente a los sujetos, tratando de que este ánimo fuese lo más homogéneo posible para todos los participantes.

Para el registro de las variables cinemáticas se utilizó un transductor de posición (Real Power, Globus, Italia), que consiste en un encoder rotatorio, con una precisión espacial y temporal de registro de 1 mm y 0.001 s (1000 Hz de frecuencia de muestreo), respectivamente, que mide desplazamientos lineales por medio de un cable, cuyo extremo se aseguró en uno de los extremos de la barra. El sistema estaba conectado a un ordenador, equipado con el software REAL POWER, mediante el cual se registraron los valores de las variables analizadas. Para realizar las comparaciones, en número de repeticiones fue expresado como el porcentaje del número total de repeticiones (10%, 20%, 30%,...100%).

Las variables dependientes que se analizaron, tras la aplicación de los tres tratamientos (EE, WBV, EE+WBV y C) fueron:

- Número de repeticiones.
- Velocidad media serie.
- Velocidad máxima.
- Porcentaje acelerativo medio de la serie (fase concéntrica),
- Porcentaje acelerativo máximo de la serie (fase concéntrica),
- Aceleración media serie.
- Aceleración máxima serie.

- Caída de la velocidad a lo largo de las repeticiones (expresadas éstas en percentiles respecto al total de repeticiones completadas).

Es importante destacar que todas las variables cinemáticas se refieren a la fase concéntrica de cada repetición.

3) TEST DE SALIDAS DE 12 METROS

Para evaluar el efecto de cada uno de los cuatro protocolos de calentamiento en el rendimiento específico se efectuaron 3 salidas cada sesión de test después de cada protocolo de calentamiento.

El test se llevó a cabo en el estanque de la Federación de Piragüismo de Castilla y León. Los 4 tests se llevaron a cabo con la misma embarcación (K1 aguas tranquilas) y la misma pala, usando cada sujeto su material propio de entrenamiento y competición.

Los sujetos llevaron a cabo el protocolo de calentamiento según lo especificado anteriormente. Un minuto después del calentamiento los sujetos realizaban el test. El test de esprín consistió en 3 esprines de 12 metros al máximo esfuerzo desde una posición de parado. Dado el nivel de los sujetos, cada uno de ellos era libre de seleccionar la amplitud y frecuencia de palada que fuera más óptima para ellos dependiendo de su modalidad deportiva. Todos los sujetos esperaban la señal de salida con la hoja izquierda de la pala sumergida, como hacen normalmente en competición¹⁶⁰. El intento más rápido de cada test se utilizó para el análisis de las variables.

Se utilizó un encoder rotacional de 25 m (SportMetrics, Valencia, España) que iba unido a cada sujeto mediante un cinturón y cuerda, lo que hace que no exista desplazamientos laterales inducidos por los movimientos de rotación que pueda hacer el palista debido a la técnica. El encoder rotacional proporciona el tiempo, la velocidad y la aceleración proporcionando información sobre la posición del sujeto de 0.1 mm y del tiempo de 0.001 s.

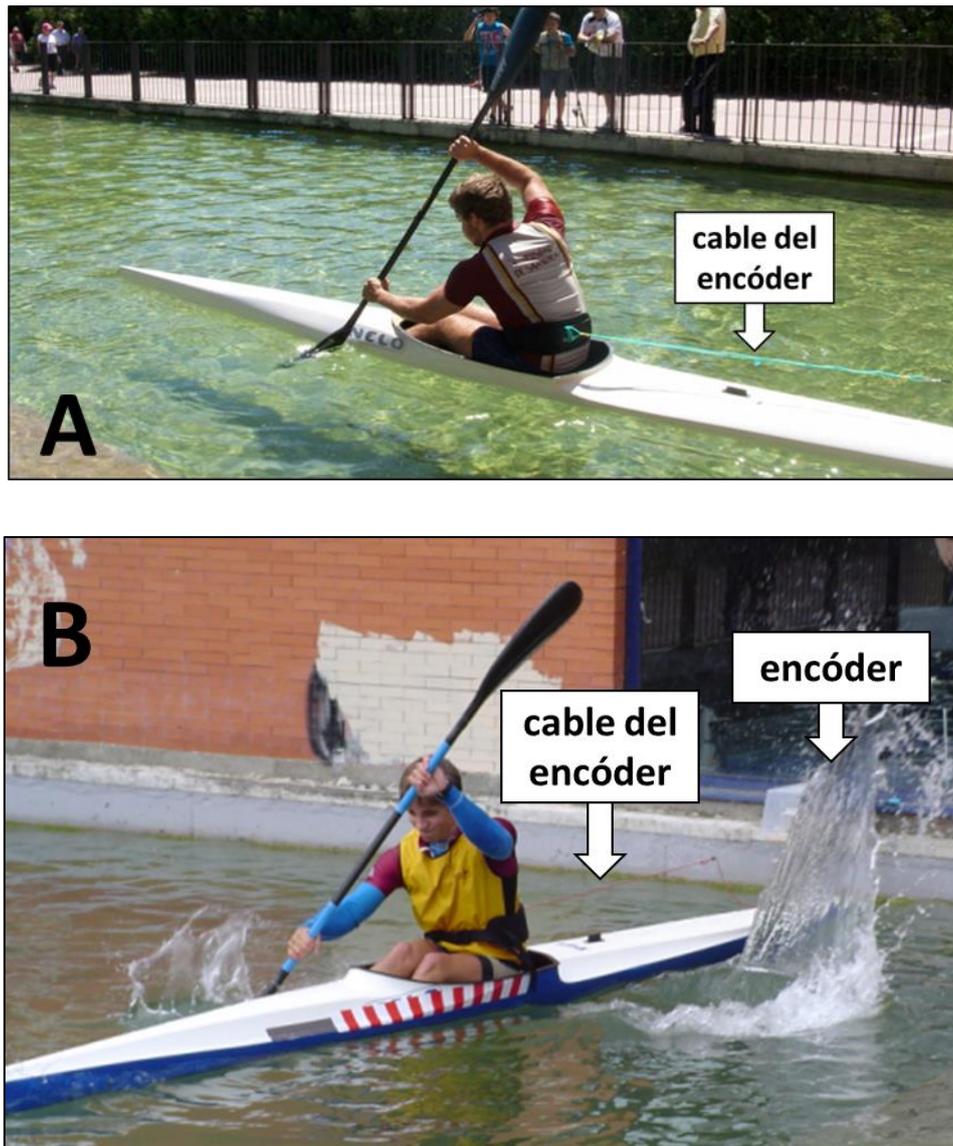


Imagen 6 – (A y B) Test de salidas de 12 m piragüismo. Detalles de la colocación y anclaje del encóder

Las variables dependientes que se analizaron en este test, tras la aplicación de los cuatro tratamientos (EE, WBV, EE+WBV y C), fueron:

- Tiempo 10 m
- Distancia alcanzada en las 8 primeras paladas.
- Distancia en cada palada.
- Velocidad alcanzada al paso por distintos puntos de control:
 - 2 m
 - 5 m

- 10 m
 - Velocidad media en los 10 m.
 - Velocidad máxima alcanzada en los 10 m.
 - Velocidad y aceleración en cada palada.
 - Aceleración media de palada derecha y de la palada izquierda.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La normalidad de las variables dependientes se verificó y confirmó posteriormente mediante la prueba de Shapiro - Wilk.

Las variables dependientes se compararon con respecto a la condición de protocolo (es decir, WBV vs. EE vs. EE+WBV vs. C).

Se utilizó una Anova de medidas repetidas para las variables dependientes (número de repeticiones, velocidad media de la serie, velocidad máxima de la serie, % aceleración media de la serie, % aceleración máxima de la serie, aceleración media y aceleración máxima) y las variables del esprín.

Además, se aplicó un Anova de 2 factores para la variable dependiente “caída de la velocidad a lo largo de la serie” y la distancia de la palada. En este caso, los factores fueron “protocolo” (4 niveles) y “percentil” (10 niveles) o “palada” (8 niveles).

Cuando se alcanzó un valor F significativo, las comparaciones por pares se realizaron mediante el procedimiento *post hoc* de Bonferroni. Los tamaños del efecto (d) se calcularon para determinar la magnitud de un efecto entre grupos independientes de tamaño de la muestra. Los valores de $d = 0.2$ se consideraron efectos pequeños, $0.2 < d < 0.8$ moderada, y $d > 0.8$ grande¹⁵⁹. La significación estadística se estableció en $p \leq 0.05$. Valores de las variables se expresaron como media \pm desviación estándar (SD) tanto en el texto como en las tablas y figuras.

Todo el tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el software SPSS 20 (Chicago, IL).

4.3.3. Resultados

Test inespecífico (test de máximas repeticiones en press banca)

No se observó ninguna diferencia significativa en cuanto al número de repeticiones realizadas ($p = 0.726$; $\eta^2 = 0.047$), velocidad media ($p = 0.886$; $\eta^2 = 0.023$), velocidad máxima ($p = 0.224$; $\eta^2 = 0.147$) porción acelerativa media ($p = 0.426$; $\eta^2 = 0.096$) y máxima ($p = 0.607$; $\eta^2 = 0.065$), cuando se comparaban los 4 protocolos (Tabla 21).

Tabla 21. Valores test press banca*

Variable	EE	WBV	EE+WBV	Control
Número de repeticiones	26.6 ± 4.4	26.8 ± 5.3	27.9 ± 5.6	27.5 ± 3.8
Velocidad media (m·s ⁻¹)	0.242 ± 0.039	0.235 ± 0.024	0.235 ± 0.029	0.239 ± 0.026
Velocidad máxima (m·s ⁻¹)	0.308 ± 0.024	0.319 ± 0.023	0.311 ± 0.036	0.326 ± 0.032
Aceleración media %	47.1 ± 6.4	48.1 ± 5.8	47.5 ± 4.8	48.5 ± 4.3
Aceleración máxima %	59.7 ± 10.0	61.9 ± 7.0	62.3 ± 7.9	60.8 ± 7.8

*Valores expresados en media ± SD.

Se observó un descenso significativo en la velocidad media a lo salgo de la serie (Figura 9). Tras los protocolos WBV y EE+WBV, el descenso significativo ($p < 0.01$) tuvo lugar al 40% de las repeticiones totales (caída del 13.8% y 9.9% en la velocidad, respectivamente). Sin embargo, en los protocolos EE y C, la repetición en la cual tuvo lugar el descenso significativo ($p < 0.01$) respecto a la velocidad inicial fue en el percentil 30 (caídas del 7.9% y 9.1%, respectivamente).

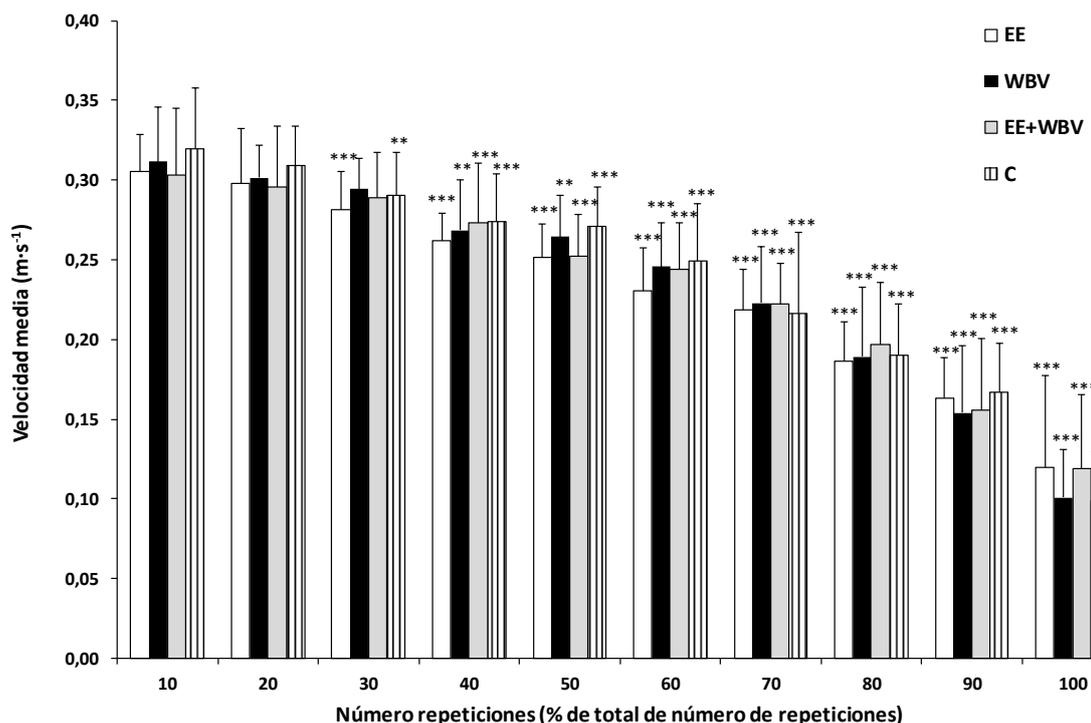


Figura 9. Velocidad media en cada protocolo de calentamiento. Número de repeticiones expresado como el porcentaje del número total de repeticiones realizadas. Valores expresados como media \pm SD. ** y *** diferencias significativas respecto a P10 ($p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente).

Test específico (test salidas de 12 m en piragua)

No se observó un efecto “protocolo” significativo respecto a ninguna de las variables dependientes analizadas durante el test de esprín en piragüismo (Tabla 22). Es decir, el tiempo en alcanzar los 2, 5 y 10 m, la distancia completada en las 8 primeras paladas, la velocidad a los 2, 5 y 10 m, la velocidad media y máxima obtenida en los 10 primeros metros, la velocidad y aceleración de cada palada (Figuras 10 y 11, respectivamente) y la aceleración media de las paladas derecha e izquierda, no se vieron afectadas por el tipo de protocolo aplicado. Es importante señalar aquí que todos los participantes en este estudio tenían como brazo dominante el derecho. Igualmente, no se observó un efecto “protocolo” significativo cuando se comparó la distancia de cada palada (Figura 12).

Tabla 22. Valores test esprín 12 m*

Variable	EE	WBV	EE+WBV	Control
T-10 m (s)	4.53 ± 0.53	4.68 ± 0.46	4.70 ± 0.39	4.66 ± 0.34
Distancia 8 paladas (m)	9.21 ± 1.23	8.94 ± 0.82	8.85 ± 0.87	8.69 ± 0.90
Velocidad máxima 10 m (m·s ⁻¹)	3.723 ± 0.269	3.803 ± 0.331	3.793 ± 0.333	3.791 ± 0.319
Aceleración media PD (m·s ⁻²)	0.464 ± 0.091	0.469 ± 0.063	0.447 ± 0.126	0.465 ± 0.101
Aceleración media PI (m·s ⁻²)	0.416 ± 0.112	0.442 ± 0.139	0.417 ± 0.108	0.431 ± 0.115

*Valores expresados en media ± SD. PI: palada izquierda; PD: palada derecha.

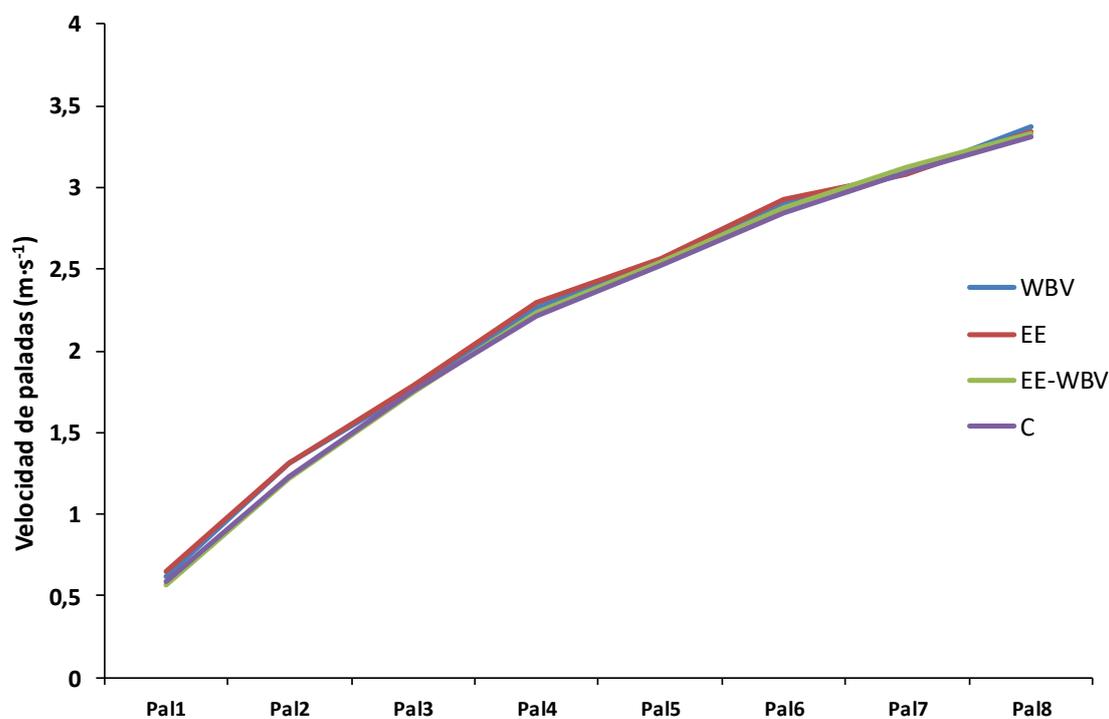


Figura 10. Velocidad de cada palada (8 paladas). Valores expresados en media ± SD.

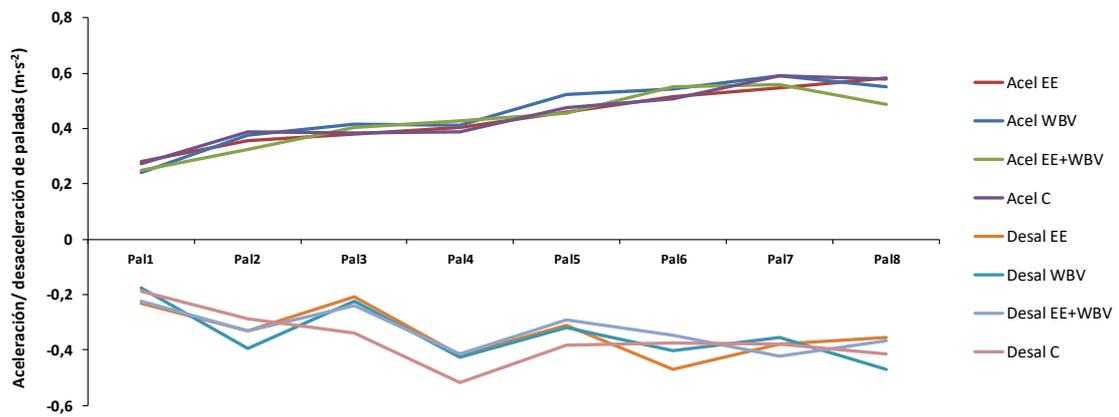


Figura 11. Aceleración-desaceleración de cada palada (8 paladas). Valores expresados como media \pm SD.

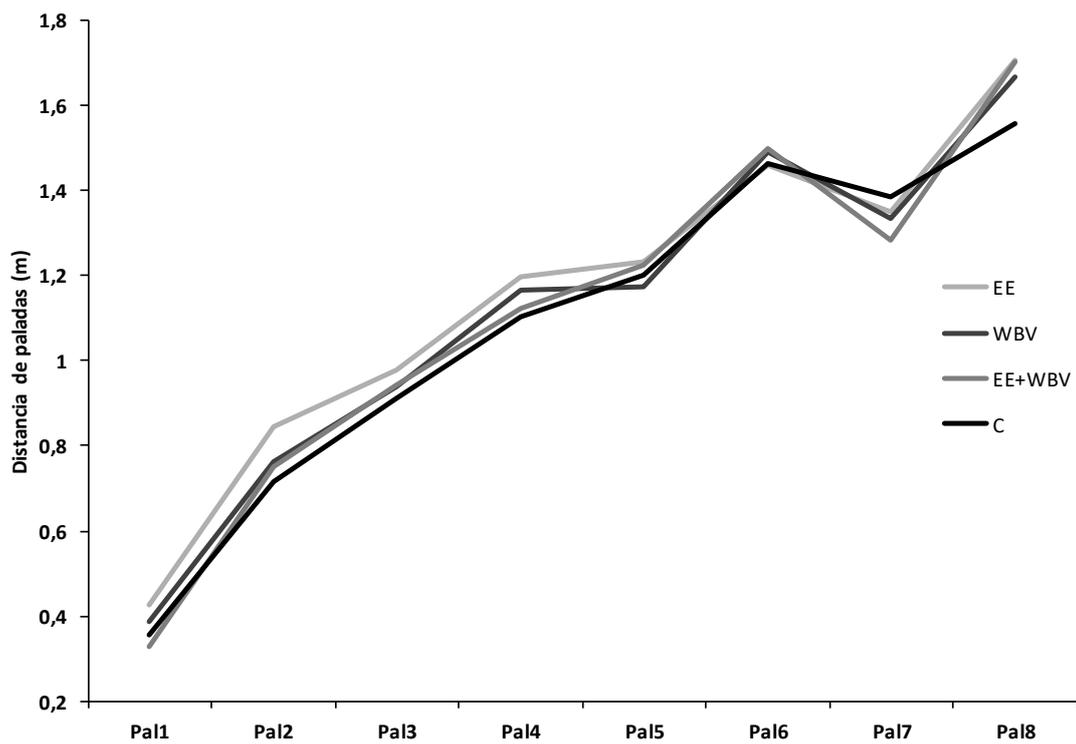


Figura 12. Distancia de cada palada (8 paladas). Valores expresados en media \pm SD.

4.3. ESTUDIO III

EFFECTOS AGUDOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y VIBRACIONES DURANTE EL CALENTAMIENTO EN CICLISTAS DE ÉLITE

EFFECTOS AGUDOS DE LA APLICACIÓN DE ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS Y VIBRACIONES DURANTE EL CALENTAMIENTO EN CICLISTAS DE ÉLITE

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar los efectos agudos de diferentes protocolos de calentamiento utilizando diferentes combinaciones de estiramiento estático (EE) y vibraciones de cuerpo completo (WBV) sobre el rendimiento en un test máximo de 30 segundos en cicloergómetro. 11 deportistas del Centro Mundial de Ciclismo fueron asignados al azar para completar 4 condiciones experimentales en un diseño cruzado: EE, WBV, EE + WBV y control (C, sin calentamiento específico). Tras cada protocolo, los sujetos realizaron un test máximo de 30 segundos en cicloergómetro. Los resultados mostraron que los diferentes protocolos de calentamiento aplicados en el presente estudio no indujeron diferencias significativas en ninguna de las principales variables analizadas. En consecuencia, concluimos que la inclusión de EE, WBV, o una combinación de ambos durante el calentamiento no proporciona ningún beneficio adicional en el rendimiento posterior en un test máximo de 30 segundos de pedaleo.

PALABRAS CLAVE: cinemática, vibraciones, el rendimiento neuromuscular, esprín.

4.4.1. *Objetivos*

El **objetivo** de este estudio fue diseñado para evaluar el efecto de diferentes protocolos de calentamiento específico sobre el rendimiento máximo en 30 s de pedaleo en cicloergómetro.

4.4.2. *Material y métodos*

DISEÑO

Este estudio fue diseñado con el propósito de investigar los efectos agudos de los EE llevados a cabo con y sin vibraciones superpuestas, sobre el rendimiento en esprint de 30 s, en ciclistas de elite de la modalidad de pista y ruta. Antes del test se llevó a cabo uno de los cuatro protocolos de calentamiento en orden aleatorio: EE, WBV, EE + WBV y C. Se aplicó un procedimiento de contrabalanceo para determinar el orden de los diferentes protocolos en los test de cada sujeto; por lo tanto, al final de la fase experimental todos los sujetos habían sido sometidos a los protocolos, aislando el efecto “orden” de las pruebas.

PROCEDIMIENTOS

La fase experimental se llevó a cabo durante un periodo de 3 semanas con sesiones separadas al menos 72 h (por sujeto), desarrollándose en las instalaciones de la Centro Mundial de Ciclismo (CMC) en Aigle, Suiza.



Imagen 7 – Imagen CMC

Tras una primera sesión donde se familiarizaron con los protocolos de calentamiento y la prueba a realizar, los sujetos llevaron a cabo, en días diferentes, cuatro protocolos de calentamiento previos a un esprín de 30 s. En dichas sesiones (Tabla 23), tras una fase de calentamiento general y común a los cuatro protocolos, los sujetos realizaron uno de los siguientes cuatro tratamientos:

- Estiramientos estáticos (EE).
- Estiramientos estáticos con vibraciones superpuestas (EE+WBV).
- Vibraciones (WBV).
- Control (Sin calentamiento específico, C).

Tabla 23- Diseño experimental del estudio III.

Semana 1	Semana 2	Semana 3
Sesión familiarización	Test 2	Test 4
Test 1	Test 3	

Durante las cinco sesiones de test se llevaron a cabo los 4 tratamientos, aplicados de forma aleatoria, seguidos un test de 30 s esprín.

Las sesiones test estuvieron separadas al menos 72 horas y se realizaron siempre a la misma hora. Los participantes usaron el mismo calzado deportivo durante todas las sesiones (calentamiento general y específico) para estandarizar la amortiguación de las vibraciones ¹⁵⁵.

Se aplicó un procedimiento de contrabalanceo para determinar el orden de los diferentes protocolos en los test de cada sujeto; por lo tanto, al final de la fase experimental todos los sujetos habían sido sometidos a los cuatro tratamientos, aislando el efecto “orden” de las pruebas.

SUJETOS

En el estudio participaron 11 sujetos de distintas nacionalidades, deportistas del CMC (Suiza), con gran experiencia en el entrenamiento de ciclismo y con representación en competiciones internacionales, categoría Junior (datos descriptivos Tabla 24).

Tabla 24 - Características de la muestra del estudio III, expresadas como media \pm SD.

Edad	Peso	Altura	IMC
(años)	(kg)	(cm)	(kg/m²)
17.3 \pm 0.8	65.6 \pm 7.8	174.6 \pm 5.6	22.44 \pm 1.71

Los sujetos siguieron realizando sus actividades físicas sin llevar a cabo ningún cambio durante estas semanas de fase experimental. Los sujetos mantuvieron sus hábitos de sueño, alimentación e hidratación sin ningún cambio a lo largo de toda su participación en el estudio. Todos los sujetos, que participaron de forma voluntaria en el estudio, fueron informados de las características y propósitos del estudio (Anexo XII), así como la posibilidad de abandono en cualquier momento por parte del sujeto. El entrenador firmó un consentimiento informado que recogía las características y propósitos del estudio (Anexo XIII). La investigación fue llevada a cabo de acuerdo a la Declaración de Helsinki y aprobada por el Comité de Ética de la Universidad Europea Miguel de Cervantes.

PROTOCOLO

A continuación, se expone detalladamente cómo se llevó a cabo la fase experimental, en cada una de las sesiones efectuadas.

Sesión de valoración antropométrica y familiarización con la plataforma vibratoria

1. Medidas antropométricas.

Los datos de las medidas antropométricas (peso y talla) de todos los sujetos que participaron en este estudio de investigación fueron analizadas por el médico en el reconocimiento médico rutinario que habían pasado entre 2 y 3 semanas antes de la participación en el estudio.

2. Familiarización con los protocolos a utilizar

Los sujetos se familiarizaron con el uso de la plataforma de vibraciones y con los estiramientos a realizar en dos de los protocolos de las sesiones de test. La Imagen 8 recoge gráficamente la secuencia de estiramientos realizados en los tratamientos EE y EE+WBV.



Imagen 8 – Protocolo estiramiento estudio III

Para la familiarización con el test de 30 segundos esprín se les explicó las normas de dicho test.

Sesiones test de 30 segundos esprín

La segunda, tercera, cuarta y quinta sesión estuvieron separadas al menos 72 horas y se realizaron siempre a la misma hora.

Se aplicó un procedimiento de contrabalanceo para determinar el orden de los diferentes protocolos en los test de cada sujeto; por lo tanto, al final de la fase experimental todos los sujetos habían sido sometidos a los cuatro tratamientos, aislando el efecto “orden” de las pruebas.



Imagen 9 – Deportista realizando calentamiento

Cada test se llevará cabo de la siguiente forma:

1) CALENTAMIENTO:

- a. **Calentamiento general**, común a todos los tratamientos.
 - 15 minutos de pedaleo en rodillo (100 rpm).

- b. **Calentamiento específico** de cada protocolo, cada día los sujetos realizaron uno de los siguientes tres protocolos de calentamiento, de forma aleatoria (Tabla 25):

Tabla 25– Tratamientos utilizados en el estudio III.

WBV	Vibraciones. 4 min 30 s. (Frecuencia: 50 Hz; Amplitud: 2 mm).
EE	Estiramientos miembro superior (sobre la plataforma, pero sin activar), protocolo estiramientos Imagen 8 <ul style="list-style-type: none"> • Duración total: 4 min 30 s (20 s cada estiramiento, con 5 s de cambio). • Magnitud WBV: Frecuencia: 50 Hz; Amplitud: 2 mm. • Mismos ejercicios y duración que en el tratamiento anterior.
EE + WBV	Estiramientos miembro superior sobre plataforma de vibraciones (activada) <ul style="list-style-type: none"> • Duración total: 4 min 30 s (20 s cada estiramiento, con 5 s de cambio). • Magnitud WBV: Frecuencia: 50 Hz; Amplitud: 2 mm. • Mismos ejercicios y duración que en el tratamiento anterior.
C	Ningún protocolo, ausencia de calentamiento específico.

2) TEST MÁXIMO DE 30 SEGUNDOS DE PEDALEO EN CICLOERGÓMETRO

Un minuto después de la finalización del protocolo de calentamiento específico, los sujetos realizaban un test máximo de 30 s en la bicicleta SRM indoor (SRM, Alemania).

Para evaluar el efecto de cada uno de los cuatro protocolos de calentamiento en el rendimiento, se llevó a cabo un test de 30 s esprín en la bicicleta SRM indoor. Esta prueba

requiere pedalear durante 30 segundos a la máxima velocidad y contra una fuerza de frenado constante. Todos los sujetos fueron instruidos para realizar el test al máximo, dejando libertad a cada sujeto a la hora de elegir la posición de pedaleo; de esta forma, todos los sujetos realizaron los primeros segundos del test fuera del sillín y se sentaban durante los últimos segundos de dicho test, dicha táctica está en consonancia con los test máximos de 30 s realizados por Driller et al.¹⁶¹

La posición de sillín y manillar fue ajustada para cada individuo replicando lo máximo posible su bicicleta de entrenamiento y/o competición, y permaneció invariable durante los 4 tests realizados. Los sujetos llevaban sus zapatillas de entrenamiento.

Durante todos los test la bicicleta mantenía el desarrollo más largo (piñón-plato) y la resistencia magnética fue constante, manteniéndose una distancia del imán a la superficie de la rueda de 8 mm.

Para el registro de las variables cinemáticas se utilizó un el medidor de potencia SRM científico (SRM, Alemania) con una precisión de $\pm 0.5\%$.



Imagen 10 – Deportista realizando test máximo de 30 s

Las variables dependientes que se analizaron tras la aplicación de los cuatro tratamientos (EE, WBV, EE+ WBV y C) fueron:

- Distancia (m) recorrida en 2, 5, 10, 20 y 30 s.
- Potencia (W) alcanzada a los 2, 5, 10, 20 y 30 s.

- Potencia (W) media en las franjas 0-2 s, 0-5 s, 0-10 s, 0-20 s, 0-30 s, 10-20 s y 20-30 s.
- Potencia máxima (W) alcanzada durante el test.
- Cadencia a los 2 s, 5 s, 10 s, 20 s y 30 s.
- Cadencia media 0-2 s, 0-5 s, 0-10 s, 0-20 s, 0-30 s, 10-20 s y 20-30 s.
- Cadencia máxima durante los 30 s.
- Velocidad alcanzada a los 2, 5, 10, 20 y 30 s.
- Velocidad media en las fracciones 0-2 s, 0-5 s, 0-10 s, 0-20 s, 0-30 s, 10-20 s y 20-30 s.
- Velocidad máxima alcanzada durante el test.

Instrumentos

Plataforma de vibración

En el estudio se utilizó una plataforma de vibración vertical POWER PLATE PRO 5 (PowerPlate North America, Northbrook, IL, USA), cedida por PowerPlate Suiza.

SRM indoor training

Se utilizó una bicicleta SRM



Imagen 11 – Bicicleta SRM (imagen: www.srm.de)¹⁶²

Características básicas bicicleta estática SRM (Tabla 26):

Tabla 26 – Características bicicleta SRM.

Peso total	62.5 kg
Peso rueda	29.5 kg
Circunferencia rueda	1430 mm
Dimensiones	1330 cm x 550 cm
Freno	Freno magnético

SRM Power Meter Science

Potenciómetro SRM versión científico, se emplea en el laboratorio y en los centros de medición del rendimiento. Con la precisión de la medición aumentada respecto al SRM de entrenamiento +/- 0.5% con un peso de 1104 g.



Imagen 12 – SRM científico (imagen: www.srm.de)¹⁶²

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La normalidad de las variables dependientes se verificó y confirmó posteriormente mediante la prueba de Shapiro - Wilk.

Se utilizó una Anova de medidas repetidas para las variables dependientes (número de repeticiones, velocidad media de la serie, velocidad máxima de la serie, % aceleración media de la serie, % aceleración máxima de la serie, aceleración media y aceleración máxima) en función de dos condiciones: “protocolo” (WBV vs. EE vs. WBV vs. C)

Cuando se alcanzó un valor F significativo, las comparaciones por pares se realizaron mediante el procedimiento post hoc de Bonferroni. Los tamaños del efecto (d) se calcularon para determinar la magnitud de un efecto entre grupos independientes de tamaño de la

muestra. Los valores de $d = 0.2$ se consideraron efectos pequeños, $0.2 < d < 0.8$ moderada, y $d > 0.8$ grande¹⁵⁹. La significación estadística se estableció en $p \leq 0.05$. Valores de las variables se expresaron como media \pm desviación estándar (SD) tanto en el texto como en las tablas y figuras.

Todo el tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el software SPSS 20 (Chicago, IL).

4.4.3. Resultados

Distancia

No hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en cuanto a la distancia completada en 2 segundos ($p = 0.383$; $\eta^2 = 0.105$), 5 segundos ($p = 0.564$; $\eta^2 = 0.071$), 10 segundos ($p = 0.672$; $\eta^2 = 0.055$), 20 segundos ($p = 0.780$; $\eta^2 = 0.039$) o 30 segundos ($p = 0.633$; $\eta^2 = 0.061$).

Potencia

Tampoco se observaron diferencias significativas entre protocolos respecto a potencia media durante los segmentos 0-5 segundos ($p = 0.234$; $\eta^2 = 0.130$), 0-10 segundos ($p = 0.284$; $\eta^2 = 0.117$), 0-20 segundos ($p = 0.227$; $\eta^2 = 0.133$), 0-30 segundos ($p = 0.269$; $\eta^2 = 0.121$), 10-20 segundos ($p = 0.651$; $\eta^2 = 0.052$) o 20-30 segundos ($p = 0.799$; $\eta^2 = 0.033$). No existe diferencia significativa cuando se comparaba la potencia máxima alcanzada durante el test tras los 4 protocolos ($p = 0.236$; $\eta^2 = 0.130$).

Velocidad

No hubo diferencias significativas en cuanto a la velocidad media o máxima en ninguno de los intervalos analizados (Tabla 27).

Cadencia

No se observaron diferencias significativas en cuanto a la cadencia en ninguno de los intervalos estudiados. En la misma línea, no se observaron diferencias significativas en cuanto a la cadencia máxima obtenida durante del test ($p = 0.942$; $\eta^2 = 0.013$), Tabla 27.

Tabla 27 – Valores test 30 s esprín, estudio III.

Variable	WBV	EE	EE+WBV	Control
Distancia (m)				
2 s	0.026±0.007	0.026±0.007	0.027±0.007	0.029±0.004
5 s	0.076±0.013	0.077±0.014	0.075±0.020	0.083±0.010
10 s	0.159±0.024	0.160±0.024	0.157±0.037	0.171±0.024
20 s	0.316±0.046	0.317±0.040	0.313±0.078	0.336±0.048
30 s	0.458±0.066	0.457±0.053	0.482±0.075	0.484±0.070
Potencia media (W)				
0-5 s	781.73±211.59	783.80±180.75	732.75±154.33	843.38±125.07
0-10 s	761.08±179.66	768.27±145.60	743.69±107.49	814.86±105.93
0-20 s	711.21±147.71	715.06±124.75	705.63±92.43	761.48±101.39
0-30 s	657.85±127.83	654.49±109.31	654.96±83.43	689.05±80.33
10-20 s	660.83±127.60	658.00±124.12	667.19±99.73	688.96±88.40
20-30 s	551.87±105.95	541.10±100.17	553.11±79.83	562.08±61.85
Potencia máx. (W)				
0-30 s	878.82±206.85	905.82±154.76	897.45±164.68	943.09±147.57
Velocidad media (m·s ⁻¹)				
0-30 s	54.86±7.88	54.75±6.35	57.75±9.03	58.82±9.48
Velocidad máx. (m·s ⁻¹)				
0-30 s	62.97±9.05	63.91±9.14	66.76±13.27	67.07±9.43
Cadencia media (rpm)				
0-5 s	117.11±27.06	116.12±25.11	111.72±22.34	120.38±14.14
0-10 s	122.47±27.24	122.24±23.66	121.15±19.46	124.70±16.34

0-20 s	121.37±26.33	121.17±21.00	122.46±20.58	122.59±16.59
0-30 s	117.18±24.91	116.55±19.13	119.14±20.35	117.87±16.31
10-20 s	120.26±26.56	120.10±19.38	123.77±24.41	120.89±16.77
20-30 s	108.81±23.43	107.25±15.70	112.90±20.96	109.55±16.64
Cadencia máx. (rpm)				
0-30 s	133.64±29.18	134.82±24.19	136.91±24.18	139.09±20.93

5. DISCUSIÓN

Los principales resultados de los tres estudios presentados en esta investigación muestran que: (i) la utilización de vibraciones en el calentamiento de manera aislada o junto a estiramientos, no mejora el rendimiento en press banca en sujetos físicamente activos en relación a incluir únicamente estiramientos; (ii) la utilización de vibraciones en el calentamiento de manera aislada, junto a estiramientos o únicamente los estiramientos, no mejora el rendimiento en press banca ni en velocidad en piragüistas de élite; y (iii) la utilización de vibraciones en el calentamiento de manera aislada, junto a estiramientos o únicamente los estiramientos, no mejora la velocidad en ciclistas internacionales de ruta y pista.

En la literatura consultada se pueden encontrar numerosos estudios que analizan el efecto agudo de diferentes protocolos de calentamiento en el rendimiento posterior. Algunos de ellos se centran concretamente en el uso de los EE y las WBV, pudiendo constatar poca unanimidad entre los autores en lo que efectos agudos se refiere.

A continuación, se discutirán los resultados obtenidos, comparándolos con la bibliografía científica existente, partiendo de un análisis de los efectos agudos en población no deportista, moderadamente entrenada en fuerza (estudiantes), para pasar a analizar los efectos en deportistas de élite de las modalidades piragüismo y ciclismo.

5.1. Efectos agudos de la aplicación de estiramientos estáticos y vibraciones durante el calentamiento en sujetos moderadamente entrenados

Los principales resultados de este estudio mostraron que la utilización de vibraciones en el calentamiento de manera aislada o junto a estiramientos, no mejora el rendimiento en press banca en sujetos físicamente activos en relación a incluir únicamente estiramientos.

Como se ha indicado anteriormente, el estiramiento estático es comúnmente usado como parte del calentamiento, aunque la literatura no es unánime en cuanto a la influencia de los EE durante el calentamiento en los patrones cinemáticos relacionados con el rendimiento en fuerza-resistencia y pruebas explosivas. Continuamos, por tanto, en una situación similar a la que indicaba en el año 2011 el ACSM⁴¹, que apuntaba a la necesidad de más estudios para poder dar respuesta a todos los interrogantes existentes sobre el uso de los estiramientos durante el calentamiento. A día de hoy siguen apareciendo tanto evidencias que apuntan a efectos negativos como evidencias con efectos positivos sobre pruebas de fuerza y potencia, dependiendo, claro está, del protocolo y tipo de estiramiento.

Se han observado resultados negativos¹⁴ y nulos^{30, 35, 61, 163} en el rendimiento tras dichos estiramientos estáticos. Algunos de los efectos negativos de los EE que recoge literatura científica pueden estar relacionados con la intensidad y/o duración de dichos estiramientos. Es importante señalar que casi todos los estudios que informan de una disminución significativa en la fuerza máxima y el rendimiento de velocidad, utilizan una rutina de estiramiento más larga y más intensa que la que se suele usar comúnmente en entornos deportivos y recreacionales⁴⁷. Sin embargo, también hay investigaciones que optaron por una rutina corta de estiramiento, de 15 a 30 segundos^{30, 164}. En línea con nuestros resultados, las duraciones más cortas de estiramiento dentro de un calentamiento (<30 segundos de estiramiento de tiempo total por músculo) parecen no afectar negativamente el rendimiento posterior¹⁶⁵, especialmente si la población está altamente entrenada, como es el caso de la población que ha realizado la fase experimental de los II y III del presente trabajo. Este período de tiempo podría no ser suficiente para alterar las propiedades visco-elásticas del músculo ni para provocar cambios agudos en la activación muscular voluntaria o sensibilidad refleja^{14, 160, 166, 167}. Estos datos están en consonancia con lo apuntado en la revisión llevada a cabo por Behm et al. (2016)⁴⁴, centrada en efectos agudos de los EE, estiramientos dinámicos y FNP sobre el rendimiento. Estos autores, al

valorar los resultados de distintos estudios y teniendo en cuenta la duración de dichos estiramientos, concluyen que los efectos negativos son más notables cuando la duración de los EE por grupo muscular es ≥ 60 s (-4.6%) que cuando la duración es ≤ 60 s (-1.1%). En nuestros estudios se utilizó una duración de 20 s de EE por grupo muscular, por lo que la ausencia de resultados negativos (o la ausencia de diferencias con otros protocolos estudiados) puede tener su explicación en que la realización de 20 s de EE por grupo muscular no influye en el rendimiento posterior debido a la poca activación muscular del estiramiento. Ay que apuntar aquí que nuestro primer estudio valoró el rendimiento en una prueba muy concreta, como es un test de máximas repeticiones en press de banca, con carga submáxima. Futuros estudios deberían valorar los efectos agudos de la inclusión de los EE al final del calentamiento sobre el rendimiento en otras pruebas y test.

Además, tenemos que tener en cuenta con qué tipo de grupo muscular estamos trabajando, ya que parece que los grupos musculares grandes se ven menos afectados por los EE que los grupos musculares pequeños (2.2% frente a 10.2%) de los EE que los grupos musculares pequeños (-10.2%)⁴⁴. En los tres estudios llevados a cabo, el rendimiento se valoraba mediante pruebas que implicaban movimientos multiarticulares. Así, el press banca implica principalmente la activación del pectoral mayor y menor, el tríceps braquial y el deltoides en su porción anterior.

Es interesante señalar que nuestros estudios son, según nuestra búsqueda bibliográfica, los primeros que analizan los efectos agudos de los estiramientos estáticos sobre algunos parámetros cinemáticos, como por ejemplo la porción acelerativa de la fase concéntrica (AP). La fase de desaceleración ocurre de manera natural en parte final de la fase concéntrica, y se produce incluso aunque haya un intento de aumentar o mantener la velocidad de movimiento, particularmente cuando se utilizan resistencias bajas y la velocidad intencional es máxima. Los valores de la AP observados en el estudio 1 de la presente Tesis concuerdan con los recogidos en estudios previos de nuestro grupo de investigación, en los que también participaron estudiantes¹⁵⁸. Esta fase de desaceleración, que es involuntaria, se puede reducir con estrategias tales como lanzar la barra (Newton y cols., 1996)¹⁶⁸. Recientemente se ha demostrado que el uso de resistencia elástica superpuesta también puede reducir significativamente esta fase desacelerativa¹⁶⁹.

En un estudio previo se analizaron los efectos de la realización de estiramientos estáticos entre dos series consecutivas de press banca, llevadas al fallo muscular¹⁵⁸. En dicho estudio, en el que también participaron estudiantes moderadamente entrenados, se aplicó una secuencia

de cuatro estiramientos (pectoral derecho, pectoral izquierdo, tríceps braquial derecho y tríceps braquial izquierdo), repetida dos veces. Cada estiramiento se mantuvo durante 25 segundos, seguido de un período de relajación de 5 segundos, lo que hace tiempo total de estiramiento de 200 segundos (50 segundos por músculo). Si bien los resultados no pueden ser completamente comparables con los obtenidos en el estudio 1 de esta Tesis, es interesante señalar que el patrón cinemático de la segunda serie no se vio afectado por la realización de los estiramientos estáticos. Aún sí, se constató una disminución significativa de la velocidad media y del número de repeticiones completadas en la segunda serie. Es posible que los efectos agudos de los estiramientos estáticos estén influenciados por el estado de reposo o fatiga de los grupos musculares. Esta hipótesis podría explicar el hecho de que el estudio de García-López y su grupo mostrase algunos efectos negativos significativos, teniendo en cuenta que los sujetos estiraban justo al finalizar una serie de press banca llevada hasta el fallo muscular. Futuros estudios deberían ahondar en esta idea para poder sacar conclusiones más precisas.

En cuanto a las vibraciones, el estímulo vibratorio de cuerpo completo (WBV) provoca cambios cortos y rápidos en la longitud de la fibra muscular, que desencadenan las contracciones reflejas de músculo esquelético¹⁷⁰, y se ha aplicado en diferentes protocolos de calentamiento con el objetivo de mejorar el rendimiento posterior^{107, 153}. No existe una total unanimidad entre los autores en lo que al efecto agudo de las WBV sobre el rendimiento posterior se refiere.

Diferentes estudios han demostrado que WBV, aplicado en posición básica estática, puede mejorar el rendimiento del salto vertical de hasta 5 minutos después de la exposición^{117, 171}. Por el contrario, Marín et al.¹⁷², analizando también a estudiantes moderadamente entrenados, encontraron que 30 segundos de exposición WBV en posición básica no inducía ningún efecto sobre la potencia o la fuerza durante una serie de extensión de codo en polea, también se llevó a cabo un minuto después de los estímulos de WBV. Estos resultados están en consonancia con lo observado en el estudio 1 de la presente Tesis. La falta de beneficio en el rendimiento podría ser explicada a través de la vía cortical y/o de la médula, debido a una dosis inadecuada de estímulo, ya que la gran diferencia entre las investigaciones radica en la magnitud de estímulo de vibración^{171, 173}.

Nuestros resultados indican que una estimulación vibratoria en posición básica, de 4 min y 30 s de duración, no provoca efectos diferentes a un protocolo de estiramientos estáticos de duración similar o a una combinación de ambos.

Solamente se obtuvo una diferencia significativa en la caída de la velocidad respecto a la velocidad inicial, tanto en el primer estudio, diferenciando la variable género, como en el estudio II en el que se analizaban los resultados de piragüistas. De forma general, en los dos estudios, se puede decir que el protocolo con el que más tarde cae la velocidad a lo largo de la serie al fallo en press banca es con WBV, y el que más pronto EE. Existen diferencias en la caída de la velocidad cuando se utilizan vibraciones con EE superpuestos entre hombres y mujeres y piragüistas, por lo que no se puede llegar a una conclusión sobre la caída de la velocidad con el protocolo EE + WBV.

Si bien no es comparable, puesto que no combina WBV y vibraciones, cabe mencionar aquí la investigación de Pojskic al. (2015)¹⁷⁴, en la que se estudiaban diferentes protocolos de calentamiento:

- 5 series de 60 s en posición de sentadilla sin peso adicional.
- 5 series de 60 s en posición sentadilla con peso adicional (30% del peso corporal)
- 5 series de 60 s en posición de sentadilla con WBV
- 5 series de 60 s en posición de sentadilla con WBV y peso adicional (30% del peso corporal)

En este caso, demostraron que WBV con peso adicional produce mejoras en CMJ, velocidad y agilidad respecto a los demás protocolos.

Sin embargo, para Yang (2017)¹⁷⁵, sí que existen una mejora cuando se aplican vibraciones con estiramiento tras un calentamiento general (ciclismo submáximo) si se compara con un calentamiento tradicional como pudiera ser calentamiento general seguido de estiramientos, un saltos verticales y flexibilidad. Por lo que se debe seguir valorando las diferencias metodológicas y los diferentes ejercicios en los que se aplican para poder tener más información sobre este tipo de calentamiento.

En definitiva, nuestros resultados señalan que protocolo de calentamiento que incluye EE, con una duración similar a la que se suele usar en los ámbitos deportivos y recreacionales, no influye de manera diferente en los parámetros cinemáticos de una serie de máximas repeticiones de press banca, llevada a cabo por sujetos moderadamente entrenados, en comparación con un protocolo que incluye WBV o un protocolo que combina ambas estrategias. Futuros estudios deberán analizar diferentes protocolos de estiramiento, para seguir avanzando en el conocimiento de los efectos agudos del estiramiento estático.

Tal y como planteamos en uno de los objetivos de la presente Tesis, es importante analizar si el efecto agudo de los diferentes protocolos analizados está influenciado por el sexo de los sujetos. En concordancia con la hipótesis de partida, los efectos de los tres protocolos de calentamiento investigados fueron similares en hombres y mujeres moderadamente entrenados. Respecto a los valores analizados durante el test, nuestros resultados concuerdan con Courtright et al. (2013)¹⁵⁴, cuyo meta-análisis reveló que los hombres, de manera general, obtienen valores absolutos significativamente más altos en las pruebas de fuerza muscular, en comparación con mujeres de similar edad y nivel de actividad física. Así, en el presente estudio, los varones presentaron valores significativamente más altos en 1RM, número de repeticiones logradas y velocidad máxima y media.

Sin embargo, en relación con el porcentaje de la fase concéntrica en el que se acelera barra (AP), no hubo diferencias entre hombres y mujeres. Como se ha indicado anteriormente, la máxima AP fue de aproximadamente el 77% del rango de movimiento concéntrico, y no mostró diferencias significativas entre hombres y mujeres. En la misma línea, no hubo diferencias entre los sexos en la evolución de la velocidad a lo largo de la serie; es decir, a través de una serie de repeticiones al fallo, la velocidad de la fase concéntrica se ralentiza de forma natural y de manera similar en hombres y mujeres, siendo esta disminución significativa cuando el número de repeticiones equivale aproximadamente a la mitad del número total de repeticiones totales, lo cual está en consonancia con estudios anteriores ¹⁵⁷.

Otro parámetro importante que tenemos que tener en cuenta es la inclusión o no de recuperación tras el calentamiento y la duración de la misma¹⁷⁶; en nuestros estudios se llevó a cabo una recuperación de un minuto (al igual que Ronnestad 2016¹²⁰), en la revisión llevada a cabo por Bishop (2003)²⁰, sugiere que la recuperación óptima será aquella en la que el sujeto tenga el tiempo suficiente para recuperar tras el calentamiento pero que no se llegue a que el VO₂ retorne a la línea basal; para esfuerzos entre 10 s – 5 min sugiere que la recuperación no debe exceder los 5 min y para esfuerzos menores de 10 s puede estar entre 5 min y siempre menos de 20 min, aunque siempre teniendo en cuenta las características en cuanto intensidad y duración del calentamiento anterior, por lo que no se llega a una estandarización estable de dicha duración. En la revisión llevada a cabo por Behm et al. (2016)⁴⁴, en la que centran en el estudio de EE, estiramientos dinámicos y FNP, indican que la media de tiempo que pasaba entre el protocolo de calentamiento utilizado en los estudios revisados era de 3-5 min, aunque ellos no están de acuerdo con ello ya que opinan que en la realidad deportiva (ej. en la competición) lo más usual es que pasen más de 10 min entre la última parte del calentamiento y la

competición. En dicha revisión, cuando el estiramiento era realizado >10 min antes del test los cambios eran mínimos a no ser que los parámetros de los protocolos fueran extremos.

Este es un parámetro que se tiene que tener en cuenta a la hora de estandarizar los resultados, por lo que podemos decir que con 1 min de pausa entre la última parte de calentamiento y el posterior esfuerzo, en nuestro caso tiene los mismo resultados en esta estudio con sujetos moderadamente entrenados que en los otros dos estudios realizados para esta tesis doctoral (con deportistas de elite), es decir, en series al fallo de fuerza en press banca, salidas de piragüismo y esprín de 30 s en ciclistas no existen diferencias significativas generales en ninguno de los protocolos utilizados.

Por lo tanto, al igual que otros autores¹⁷⁷, no podemos dar resultados concluyentes acerca del protocolo a utilizar debido a las diferencias en cuanto a los parámetros utilizados en los diferentes protocolos.

5.2. Efectos agudos de la aplicación de estiramientos estáticos y vibraciones durante el calentamiento en piragüistas de élite

Los principales resultados de este estudio mostraron que la utilización de vibraciones en el calentamiento de manera aislada, junto a estiramientos o únicamente los estiramientos, no mejora el rendimiento en press banca ni en velocidad en piragüistas de élite.

Aunque investigaciones anteriores han llevado a cabo el estudio los efectos de los EE y WBV en el rendimiento específico del deporte, este es el primer estudio que analiza los efectos agudos de los EE y WBV en una situación específica en la que se estudia los efectos en piragüistas, y más específicamente en una prueba realizada en la propia piragua, como es el test de salidas de 12 m.

En el test de las salidas de 12 m es de especial importancia un protocolo de calentamiento adecuado a las demandas fisiológicas de ese esprín, por lo que nuestra hipótesis era que la combinación de EE con WBV podría dar resultados más beneficiosos que los otros protocolos al tener estimular de forma adicional al sistema neuromuscular, aunque como hemos podido ver tras los resultados obtenidos, los cuatro protocolos utilizados tienen resultados similares en el rendimiento de las salidas de piragüismo. No existen diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas en el test de salidas en piragüismo entre los cuatro protocolos analizados en este estudio.

Solamente se observó una diferencia significativa en la variable descenso de la velocidad (expresada en percentiles) cuando analizados las series al fallo de press banca en piragüistas, al igual que pasaba en el estudio I de esta investigación cuando se llevó a cabo el mismo ejercicio con estudiantes de universidad físicamente activos. En los protocolos WBV y EE+WBV, el descenso significativo ($p < 0.01$) tuvo lugar al 40% de las repeticiones totales (-13.8% y -9.9%, respectivamente). Sin embargo, en los protocolos EE y C, la repetición en la cual tuvo lugar el descenso significativo ($p < 0.01$) respecto a la velocidad inicial fue en el percentil 30 (-7.9% y -9.1%, respectivamente). Sin embargo, en todas las demás variables de los tres estudios llevados a cabo, no encontramos diferencias significativas en los protocolos en los que se utilizaban WBV respecto a los otros protocolos (EE y C).

En resumen, el uso de las EE, WBV, o una combinación de ambos (EE + WBV) durante el calentamiento de piragüistas de élite no afecta a los parámetros cinemáticos y rendimiento

tanto en relacionadas de entrenamiento de fuerza-resistencia (press de banca) y específico en la piragua de competición, salvo en el momento de la caída de la velocidad cuando están ejecutando serie de press banca al fallo. Por lo tanto, incluyendo EE, WBV, o una combinación de ambos durante el calentamiento no proporciona ningún beneficio adicional para rendimiento posterior de fuerza-resistencia o entrenamiento de velocidad específica. En cuanto al uso de vibraciones como ejercicio previo a actividades de esprín, existen algunos estudios que están en consonancia con nuestros resultados ya que no muestran evidencias en cuanto a su efecto positivo en su rendimiento^{108, 178-180}.

5.3. Efectos agudos de la aplicación de estiramientos estáticos y vibraciones durante el calentamiento en ciclistas de élite

Los principales resultados de este estudio mostraron que la utilización de vibraciones en el calentamiento de manera aislada, junto a estiramientos o únicamente los estiramientos, no mejora la velocidad en ciclistas internacionales de ruta y pista.

Es importante la realización de un calentamiento adaptado al posterior esfuerzo¹²⁵, por lo que en dos de nuestros estudios valoramos los diferentes protocolos de calentamiento en deportistas de elite, para ver las posibles diferencias entre población.

Los resultados obtenidos en cuanto a la falta de influencia entre el uso de estiramientos estáticos o no (grupo C), están en consonancia con los obtenidos por Boudenot et al. (2014)¹⁸¹ en un test Wingate. En cuanto a los estiramientos estáticos los resultados también son acordes con diferentes estudios^{14, 30, 166, 181} en los que no se obtienen influencias negativas de los estiramientos estáticos cuando el protocolo de estiramiento estáticos realizados por grupo muscular han sido de corta duración (< 30 segundos), en nuestro caso fueron 20 segundos por grupo muscular. En cuanto al uso de vibraciones de cuerpo completo como medio de calentamiento en ciclismo, nuestros resultados no avalan la hipótesis previa ni tampoco los resultados obtenidos por Avelar et al.¹²².

Respecto al uso de vibraciones en ciclismo, la mayoría de los estudios usa las vibraciones como medio de entrenamiento crónico, aunque también hay alguna valoración de los efectos agudos del uso de vibraciones en este deporte. El entrenamiento de vibraciones en ciclismo, se han podido observar también mejoras en diferentes parámetros observados, como por ejemplo incremento de la masa ósea¹³⁴ y potencia aeróbica tras 10 semanas de entrenamiento con vibraciones¹³⁵ respecto al grupo control. Específicamente en el uso de vibraciones en el calentamiento de ciclistas, Avelar et al. (2012)¹²² realizaron una comparación entre diferentes protocolos de calentamiento para esprín en ciclismo, entre los que se encuentra el calentamiento en plataforma de vibraciones (5 s en la plataforma de vibraciones (45 Hz, 2 mm)), calentamiento pasivo y grupo control, sugieren que el calentamiento con vibraciones incrementa el rendimiento durante el esprín de 30 s cuando se comparaba con el calentamiento pasivo o sin calentamiento, estos resultados están en consonancia con los resultados de otros estudios previos^{108, 114, 137-140}. Ronnestad et al. (2016)¹²⁰ también obtuvieron resultados positivos

cuando comparaban el uso de WBV o no en el calentamiento previo a un esprín de 15 s en cicloergómetro. En nuestro estudio no se obtuvieron diferencias significativas que positivas respecto al uso de vibraciones o no durante el calentamiento, por lo tanto, depende mucho del protocolo utilizado en WBV, en nuestro caso el tiempo de vibraciones era mayor (4 min 30 s) que en los dos estudios anteriores.

Por lo tanto, en nuestros estudios no hay diferencias significativas en cuanto a la inclusión de vibraciones o estiramientos o simplemente realizar el calentamiento general en rodillo. Resultados que están en consonancia con la idea de McGrowan (2015), el cual resalta que el calentamiento más común en ciclismo (tanto de pista como de ruta) es en rodillo o en el propio terreno de la competición.

Estos resultados no se pueden comparar con otros resultados obtenidos en condiciones similares con este tipo de población, por lo que más estudios serían necesarios para poder llevar a cabo diferentes razonamientos a estos resultados respaldados por mas investigaciones en las que se incluyan EE, WBV y/o la combinación de ambos en poblaciones específicas, como son los ciclistas y los piragüistas.

6. CONCLUSIONES

Primera. En estudiantes de educación física, la inclusión de vibraciones por sí solas, o combinadas con estiramientos estáticos durante el calentamiento, no produce ningún efecto beneficioso sobre el rendimiento en press banca respecto a la inclusión de estiramientos estáticos.

Segunda. En piragüistas de élite, la inclusión durante el calentamiento de vibraciones por sí solas, combinadas con estiramientos estáticos, o únicamente los estiramientos estáticos, no produce ningún efecto beneficioso sobre el rendimiento en press banca ni en la velocidad respecto a un calentamiento general.

Tercera. En ciclistas internacionales de pista y ruta, la inclusión durante el calentamiento de vibraciones por sí solas, combinadas con estiramientos estáticos, o únicamente los estiramientos estáticos, no produce ningún efecto beneficioso sobre la velocidad respecto a un calentamiento general.

ANEXOS

ANEXO I. ARTÍCULO: Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged.

ANEXO II. ABSTRACT: Acute effects of static stretching and whole-body vibration as warm-up on kayakers' strength performance.

ANEXO III. ABSTRACT: Influence of gender and warm-up condition on bench press: repetitions to failure and lifting velocity. JSCR

ANEXO IV. ABSTRACT: Influence of gender and warm-up condition on bench press: repetitions to failure and lifting velocity. CCS

ANEXO V. ABSTRACT: Acute effects of static stretching and whole-body vibration as warm-up on kayaking start phase time. JSCR

ANEXO VI. ABSTRACT: Acute effects of static stretching and whole-body vibration as warm-up on kayaking start phase time. CCS

ANEXO VII. TABLAS ADICIONALES REVISION BEHM & CHAOUCHI

ANEXO VIII. HOJA DE INFORMACIÓN DEL ESTUDIO I

ANEXO IX. CONSENTIMIENTO INFORMADO I

ANEXO X. HOJA DE INFORMACIÓN DEL ESTUDIO II

ANEXO XI. CONSENTIMIENTO INFORMADO ESTUDIO II

ANEXO XII. HOJA DE INFORMACIÓN DEL ESTUDIO III

ANEXO XIII. CONSENTIMIENTO INFORMADO ENTRENADOR ESTUDIO III

ANEXO I - ARTÍCULO: Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged.

RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte
doi:10.5232/ricyde

Rev. int. cienc. deporte



RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte
VOLUME XI - YEAR XI
pages:348-359 ISSN:1885-3137
Issue 42 - October - 2015

<http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged Efectos de los estiramientos estáticos y vibraciones durante el calentamiento en los parámetros cinemáticos del press banca en hombres y mujeres estudiantes

**Esperanza Martín-Santana, Sonsoles Hernández-Sánchez,
Azael J. Herrero-Alonso, David García-López**

European University Miguel de Cervantes, Spain

Resumen

This study aimed to examine the effects of different specific warm-up protocols including static stretching (SS) and whole body vibrations (WBV) on kinematics and number of repetitions during a bench press set to failure in physically active male and female subjects. A secondary purpose was to analyze the role of sex on the warm-up induced effects. 24 participants (13 females and 11 males) were randomly assigned to complete 3 experimental conditions in a cross-over design: SS, WBV and SS+WBV. After each condition, participants performed one bench-press set to volitional exhaustion with a load equivalent to the 60% of one-repetition maximum (1RM). No significant differences ($P > 0.05$) were observed in number of repetitions, mean and maximal accelerative portion (AP), mean and maximal velocity, and lifting velocity time-course pattern. Males showed significantly higher values regarding number of repetitions achieved and maximal and mean lifting velocity. However, regarding the percentage of the concentric phase in which barbell is accelerated, there were no sex differences. In conclusion, no relevant difference in kinematics variables can be shown when applying any of these three different warm-up protocols, these results may be useful when designing training programs. We recommend the protocol SS due to the cost-benefit relationship.

Key words: accelerative portion; muscle power; neuromuscular performance.

Abstract

El objetivo de este estudio fue examinar el efecto de diferentes protocolos de calentamiento incluyendo estiramientos estáticos (EE) y vibraciones de cuerpo entero (WBV) en variables cinemáticas y número de repeticiones completadas en una serie de press banca realizada hasta el fallo muscular, en hombres y mujeres físicamente activos. Un segundo objetivo fue analizar el papel de la variable sexo en los efectos inducidos por el calentamiento. 24 participantes (13 mujeres y 11 hombres) completaron, de forma aleatoria, 3 condiciones experimentales con un diseño cruzado: EE, WBV, y EE+WBV. Al terminar cada protocolo de calentamiento los sujetos realizaron una serie de press banca al fallo con una carga equivalente al 60% de una repetición máxima (1RM). No se observaron diferencias significativas entre condiciones experimentales en lo que respecta al número de repeticiones completadas, velocidad media y máxima, porcentaje acelerativo (AP) y evolución de la velocidad a lo largo de la serie. En el grupo de los hombres se observaron unos valores significativamente mayores en el número de repeticiones y velocidad media y máxima en comparación con las mujeres. Sin embargo, cuando se examina los percentiles en los que la barra acelera en la fase concéntrica no existen diferencias significativas entre hombres y mujeres. En conclusión, no existen diferencias significativas relativas a los parámetros cinemáticos o al número de repeticiones completadas cuando se aplican estiramientos estáticos, vibraciones de cuerpo completo o una combinación de ambas estrategias durante el calentamiento, estos resultados pueden ser útiles para el diseño del calentamiento en programas de entrenamiento. Debido a la relación coste-beneficio se puede recomendar el protocolo EE.

Palabras clave: aceleración; potencia muscular; rendimiento neuromuscular.

Correspondencia/correspondence: Esperanza Martín Santana
European University Miguel de Cervantes, Spain
Email: msespe@hotmail.com

Received: 23 January 2015 / Accepted: 29 June 2015

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

Introduction

Almost all athletes perform warm-up (WU) routines prior to formal training and competition because it is thought that they assist in optimizing performance levels and reducing the relative risk of injury. Thus, the role of a warm-up is to prepare cardiovascular, muscular and neural systems to meet the demands of a specific activity (Hedrick, 1992). Traditionally, pre-participation of warm-ups have included some active aerobic activities (including running, light calisthenics), static stretching exercises (SS) of the major muscle groups and sport-specific movements incorporating various range of motion exercises with skills-based drills executed at, or just below game intensity, but the optimum warm-up cannot be defined with precision (Fradkin, Zazryn, and Smoliga, 2010). In this sense, static stretching (SS) is commonly used as a part of the warm-up in either sport or recreational related facilities, although the literature is not unanimous in reporting effects on performance. For example, various authors have demonstrated that SS has a negative effect on subsequent strength-related performance (Behm and Chaouachi, 2011; Rubini, Costa, and Gomes, 2007; Yamaguchi and Ishii, 2005). In contrast, several studies have not reported any decrease in force nor power production after SS (Egan, Cramer, Massey and Marek, 2006; Molacek, Conley, Evetovich and Hinnerichs, 2010; Torres, Kraemer, Vingren, Volek, Hatfield, Spiering, Ho, Fragala, Thomas, Anderson, Häkkinen, and Maresh 2008; Yapicioglu, Colakoglu, Gulluoglu, Bademkiran, and Ozkaya, 2013).

In the same line, whole body vibration (WBV) has been investigated as part of different warm-up protocols (Jacobs and Burns, 2009; Kinser, Ramsey, O'Bryant, Ayres, Sands, and Stone, 2008). WBV is a mechanical stimulus that enters the human body via feet when standing on a vibration platform. The improvement induced in the subsequent activity may result from recruitment of previously inactive motor units (Mischì and Cardinale, 2009), enhanced motor excitability (Delecluse, Roelants, and Verschueren, 2003), increased muscle temperature (Cochrane, Stannard, Sargeant, and Rittweger, 2008) as well as enhanced neural functions resulting from tonic vibration reflex (Lapole and Perot, 2010), so the use of WBV might be a good option to optimize the effects of the WU on maximal muscular performance. To our knowledge, only a few studies have investigated the effects of a combination of vibration and SS as a part of the warm-up. In this sense, it has been demonstrated that an acute combination of vibration and SS can be a means of increasing range of motion beyond that obtained with SS alone in trained gymnasts (Kinser et al., 2008). On the contrary, this stimuli combination showed no effects on vertical jump performance (Yapicioglu et al., 2013). However, in such studies the vibration was applied directly to the muscle belly or the tendon by a vibration unit (punctual system). Part of the ambiguity related to the acute effects of SS and WBV on force-related performance can be attributed to the much different intensity, frequencies and durations, as well as to the different training status of the participants analyzed in the different studies (Marín, Bunker, Rhea, and Ayllón, 2009; Simic, Sarabon, and Markovic, 2013).

To our knowledge, the effects of a warm-up combining SS and vibration stimuli via feet (WBV) on kinematics of upper-body resistance exercises have not been studied. A better knowledge about the SS and WBV components, which can maximize the benefits of the pre-participation WUs seems to be essential for athletes such as tennis and handball players, as they must perform high-intensity short-term throwing since the beginning until the end of a match where the success may be affected by small margins and match preparation.

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

Kinematics (e.g. velocity and acceleration) has been proposed as one of the most important stimuli for maximal strength and muscle power resistance training-induced adaptations (McDonagh and Davies, 1984). Many studies have investigated kinematics associated to different resistance exercises and loads performed by different training-level participants (García-López, Herrero, Abadía, García-Isla, Uali, and Izquierdo, 2008; García-López, Izquierdo, Rodríguez, González-Calvo, Sáinz, Abadía, and Herrero, 2010; García-López, Hernández-Sánchez, Martín, Marín, Zarzosa, and Herrero, 2014). Hence, the primary purpose of this study was to examine the effects of different specific warm-up protocols including SS and WBV on kinematics (velocity and accelerative portion) and number of repetitions during a bench press set to failure in recreationally trained male and female participants. Following previous literature (Kinser et al., 2008), it was hypothesized that WBV superimposed with SS would provide an additional stimulus for the neuromuscular system, improving acute performance.

Since research has suggested that there are substantial male-female differences on muscular performance (Courtright, McCormick, Postlethwaite, Reeves, and Mount, 2013; Unick, Kieffer, Cheesman, and Feeny, 2005), a secondary purpose of the present study was to analyze the role of sex on the warm-up induced effects. We hypothesized that the different SS and WBV specific warm-up approaches would affect men and women in a similar pattern, even though women would show lower scores concerning kinematic parameters in comparison with men.

Methods

Research design

a) Design:

This study was designed to assess the effect of different specific warm-up protocols on the number of repetitions, accelerative portion and lifting velocity of the concentric phase during a bench press set to failure. A hypothetical sex-effect concerning these acute effects was also investigated.

b) Procedures:

Data collection took place over a period of five weeks with one testing session each week. During the first session, instructions regarding the 1RM testing and proper form and lifting technique for the bench press were given to each participant. Moreover, during this first session, the warm-up protocols were explained and descriptive data were collected. In the second experimental session, 1RM for the bench press was determined. During each of the next 3 testing sessions, one of the three warm-up protocols was performed each day in a random, counterbalanced order followed by one set of the bench press (60% of 1RM) leading to failure. During all sessions, participants wore the same athletic shoes to standardize the damping of the vibration due to the footwear (Marín et al., 2009). Testing sessions were carried out the same day of the week at the same time of the day to minimize the circadian influence (Cochrane et al., 2008).

Participants

Twenty four recreationally active college-aged males and females participated in this study (11 male and 13 female). Table 1 shows descriptive specific data for the different groups. Participants were physically active, and all of them averaged at least 3 months of experience with free-weight resistance exercises and training leading to failure. Their normal workouts

350

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

typically lasted just less than 90 minutes and entailed training of multiple body parts and exercises. However, at the time of the study and from 2 months before, none were engaged in any regular or organized stretching and/or resistance-training program. Moreover, participants did not allow their sleeping, eating, and drinking habits to change throughout study participation. Before any participation, the experimental procedures and potential risks were explained to the participants, and they provided a written informed consent. The research project was conducted according to the Declaration of Helsinki and it was approved by the University Review Board for Use of Human Subjects.

Table 1. Participants' characteristics. Values are means \pm SD.

Group	Age (Years)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m ²)	BenchPress 1 RM
Men	20.6 \pm 1.4	75.9 \pm 7.8	179.0 \pm 4.8	23.4 \pm 1.3	74.2 \pm 6.5
Women	23.7 \pm 3.4	57.7 \pm 12.1	163.4 \pm 5.9	22.6 \pm 4.2	41.9 \pm 7.9
All	22.1 \pm 2.9	67.3 \pm 13.2	172.0 \pm 9.5	22.6 \pm 3.0	51.3 \pm 16.6

Maximal strength measurement

1RM bench press was assessed using a previously established protocol (Stone and O'Bryant, 1987). Briefly, after a light warm-up on the bench press, the participants attempted to lift a load that was increased progressively, and allowing 3 minutes of rest between attempts. 1RM value was obtained using as few attempts as possible (5 attempts maximum). No participant required more than 4 attempts to obtain the 1RM.

Experimental warm-up conditions

In a random, counterbalanced order, each participant performed a general warm-up followed by one of the three specific warm-up protocols. The general warm-up consisted in 5 minutes of low-resistance cycling on an ergometer (50 watts and 75 watts for females and males, respectively), followed by two sets of 15 repetitions of shoulder and wrist circumduction in both directions. Then, participants performed 2 sets of 15 repetitions of standard push-ups. Immediately after this general warm-up, participants carried out one of the specific protocols:

Static Stretching (SS) – A sequence of 7 stretches (right and left neck lateral flexion, overhead reach, right and left deltoid side press, right and left triceps square, upper back stretch, right and left side bends, and right and left major pectoral stretching) was performed during 4 minutes and 30 seconds, according to a previous study (Torres et al., 2008). Each stretch was held for 20 seconds followed by a 5-second interval before the next exercise. 20 seconds of static stretching was recommended as the most effective duration (Fortier, Lattier, and Babault, 2013; Rubini et al., 2007; Torres et al., 2008). Participants were informed that the holding point of the stretch was established at the point “just before discomfort” (Unick et al., 2005). Stretching was performed on the platform in order to avoid a setting-related bias. Feet spacing was set at shoulder width.

Whole Body Vibration (WBV) – Participants were exposed to WBV at 50Hz and 2-mm-peak-to-peak (2-mm_{p-p}) amplitude during 4 minutes and 30 seconds. The WBV condition was carried out with the participants standing with their whole feet on the vibration platform (Power PlatePro5[®], Power Plate North America, Northbrook, IL, USA) allowing minimal bend in the knees (170° knee extension) (Jacobs and Burns, 2009) and both hands were

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

placed on the hips. Feet spacing was shoulder was set at shoulder width.

Static stretching plus whole body vibration (SS+WBV) – Same stretches used in protocol SS plus the same vibratory stimuli applied in the WBV protocol performed at the same time.

During the stretching exercises, the participants were assisted by a researcher.

Bench press test

The bench press protocol consisted of a bench-press set performed to failure, with a load equivalent to participant's 60% of 1RM. Thus, 1 minute after the warm-up, participants were asked to move the barbell as fast as possible during the concentric phase of each repetition and the eccentric phase controlled (1-2 seconds), until volitional exhaustion. The participants were not permitted to raise the shoulders off the bench, and no pause was allowed between the eccentric and concentric phases. Lastly, the participants could not "bounce" the barbell off the chest. Failure was defined, according to a previously established criterion (García-López et al., 2008; García-López et al., 2010), as the time point when the barbell ceased to move, if the participant stopped more than 1 second when the arms were in the extended position, or if the participant was unable to reach the full extension position of the arms. Kinematics parameters of each repetition were monitored by attaching a transducer to the end of the barbell, which was linked to a rotary encoder (Globus Real Power[®], Globus, Codogne, Italy). The rotary encoder recorded the position of the barbell with an accuracy of 0.1mm and time events with an accuracy of 0.001 seconds. Total repetitions, mean and maximum velocity and accelerative portion for test set and mean velocity for each repetition (during the concentric phase of each repetition) were determined. For comparison purposes, the number of repetitions was expressed as a percentage of the total number of repetitions (10%, 20%, 30%,...100%).

Statistical Analyses

Normality of the dependent variables was checked and subsequently confirmed using the Shapiro-Wilk test. Dependent variables were compared in respect to protocol condition (i.e., WBV vs. SS vs. WBV+SS) and sex (i.e. men vs. women) using a mixed two-way analysis of variance with repeated measures. When a significant F-value was achieved, pair wise comparisons were performed using the Bonferroni post hoc procedure. Effect sizes (*d*) were computed to determine the magnitude of an effect between groups independent of sample size. Values of $d=0.2$ were considered small effects, $0.2 < d < 0.8$ moderate, and $d > 0.8$ large (Thomas, Salazar, and Landers, 1991). Statistical significance was set at $P=0.05$. Variable values were expressed as mean \pm standard deviations (SD).

Results

Number of repetitions

No significant protocol effect was observed regarding the number of repetitions achieved ($P=0.452$, $\eta^2=0.035$) with no protocol-sex interaction ($P=0.696$, $\eta^2=0.016$) (Figure 1). On the contrary, a significant sex effect was observed ($P=0.002$, $d=4.67$). That is, men showed a significantly higher number of repetitions than women after SS (27.3%, $P=0.001$, $d=1.51$), WBV (21.3%, $P=0.035$, $d=0.87$) and SS+WBV (23.5%, $P=0.006$, $d=1.05$) protocols, respectively.

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

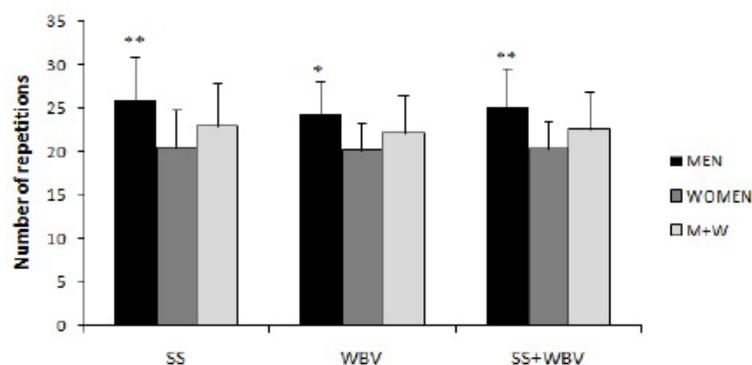


Figure 1. Number of repetitions completed after each warm-up protocol. Values are mean \pm SD. * and ** significantly different from women at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

Accelerative portion (AP)

Table 2 shows data concerning average and maximum AP. Regarding average AP there were no protocol ($P=0.307$, $\eta^2=0.052$), sex ($P=0.873$, $d=0.22$) or protocol-sex interaction ($P=0.185$, $\eta^2=0.074$) significant effects. In the same line, no protocol ($P=0.914$, $\eta^2=0.004$), sex ($P=0.615$, $d=0.69$) or protocol-sex interaction ($P=0.850$, $\eta^2=0.007$) significant effects were observed concerning maximal AP. During the set, the repetition with the highest AP (77.2% of the whole range of motion) corresponded to the second or the third repetition.

Table 2. Bench press testing values. Values are mean \pm SD. ** and *** different from women, same condition ($P < 0.01$ and $P < 0.001$, respectively).

	SS			WBV			SS+WBV		
	Men	Women	M+W	Men	Women	M+W	Men	Women	M+W
AP _{mean} (%)	59.82 \pm 6.23	60.00 \pm 6.01	59.92 \pm 5.97	57.98 \pm 5.99	60.86 \pm 3.28	59.54 \pm 4.83	62.53 \pm 4.62	60.33 \pm 7.37	61.34 \pm 6.24
AP _{max} (%)	78.02 \pm 3.35	76.98 \pm 3.30	77.46 \pm 3.29	77.50 \pm 3.67	76.98 \pm 3.19	77.22 \pm 3.35	77.64 \pm 2.82	77.34 \pm 4.36	77.48 \pm 3.66
V _{mean} (m·s ⁻¹)	0.357 \pm 0.107**	0.256 \pm 0.042	0.302 \pm 0.092	0.319 \pm 0.038***	0.247 \pm 0.045	0.280 \pm 0.055	0.322 \pm 0.039**	0.259 \pm 0.041	0.288 \pm 0.050
V _{max} (m·s ⁻¹)	0.480 \pm 0.132**	0.352 \pm 0.045	0.411 \pm 0.114	0.428 \pm 0.055**	0.350 \pm 0.061	0.385 \pm 0.070	0.439 \pm 0.061**	0.360 \pm 0.054	0.396 \pm 0.069

Lifting velocity

No significant protocol effect was observed regarding mean and maximum lifting velocity ($P=0.234$, $\eta^2=0.064$ and $P=0.343$, $\eta^2=0.047$, respectively). On the other hand, a significant sex effect was detected ($P=0.000$ and $P=0.000$, respectively) (Table 2). That is, men showed a significantly higher mean velocity after SS (39.2%, $P=0.005$, $d=0.93$), WBV (29.3%, $P=0.000$, $d=1.90$) and SS+WBV (24.2%, $P=0.001$, $d=1.60$) protocols, respectively. Similar results were observed concerning maximum velocity; that is, men showed significantly higher values after SS (37.1%, $P=0.003$, $d=0.97$), WBV (22.3%, $P=0.004$, $d=1.42$), and SS+WBV (21.9%, $P=0.003$, $d=1.29$) protocols, respectively.

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

A significant decrease in average lifting velocity was observed throughout the sets leading to failure, both in men and women (Figures 2 and 3). In men, the repetition at which a significant decrease ($P<0.05$) in the initial relative velocity occurred corresponded to 60% (WBV protocol) and 40% (SS and SS+WBV protocols) (Figure 2) of total repetitions achieved. In women, the repetition at which a significant decrease ($P<0.05$) in the initial relative velocity occurred corresponded to 40% (SS protocol) and 50% (WBV and SS+WBV protocols) (Figure 3).

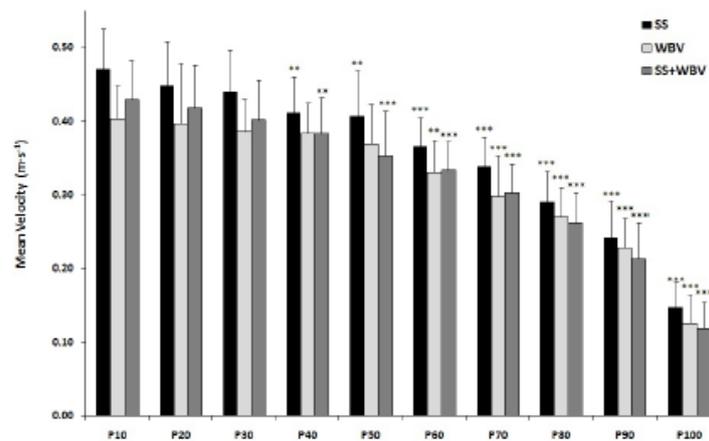


Figure 2. Mean velocity for all warm-up conditions in men. Number of repetitions is expressed as a percentage of total number of repetitions completed. Values are means \pm SD. ** and *** significantly different from P10 at $P<0.01$ and $P<0.001$, respectively.

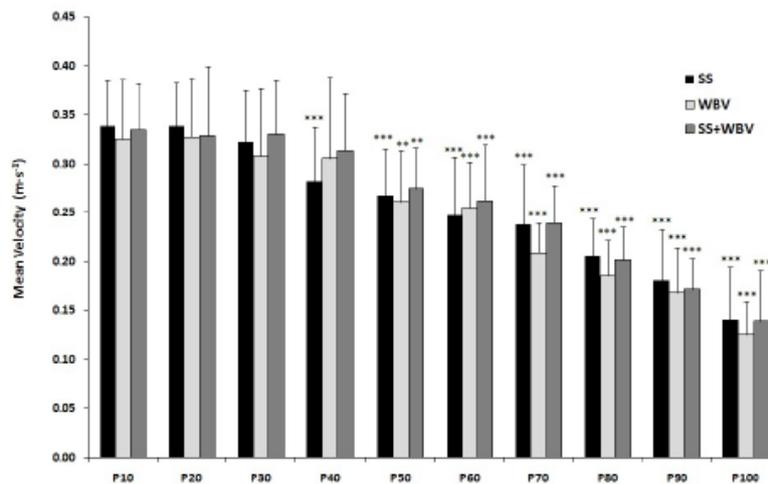


Figure 3. Mean velocity for all warm-up conditions in women. Number of repetitions is expressed as a percentage of total number of repetitions completed. Values are means \pm SD. ** and *** significantly different from P10 at $P<0.01$ and $P<0.001$, respectively.

354

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

Discussion

To the best of our knowledge, this is the first study analyzing the acute effects of different warm-up protocols using SS and WBV on performance and kinematic parameters (i.e. AP and lifting velocity) of the bench press. Moreover, the role of gender over all the dependent variables was investigated. The main finding of the present research was that the use of SS, WBV or a combination of both (SS+WBV) during the warm-up affects in a similar pattern the number of repetitions, the mean and maximal AP, the mean and maximal velocity, and the lifting velocity time-course pattern of the concentric phase during a bench press set to failure.

Negative (Behm and Chaouachi, 2011; Rubini et al., 2007; Yamaguchi and Ishii, 2005) and null (Egan et al., 2006; Molacek, Conley, Evetovich, and Hinnerichs, 2010; Torres et al., 2008; Yapicioglu et al., 2013) effects have been reported after SS. In this sense, in nearly all of the studies that reported significant decreases in maximal strength, the stretching routine was longer and more intense than what most competitive and recreational athletes would do (Beedle, Rytter, Healy, and Ward, 2008). The stretching position is usually held at a point of slight discomfort for 15 to 30 seconds (Torres et al., 2008). In agreement with previous studies, we found that shorter durations of stretching within a warm-up (<30 seconds of total stretching duration per muscle) may not affect negatively in subsequent performance. This duration might not be sufficient to alter the viscoelastic properties of the muscles or to lead to acute changes in voluntary muscle activation or reflex sensitivity (Behm and Chaouachi, 2011; Torres et al., 2008).

WBV stimulus causes short and rapid changes in muscle fiber length which result in skeletal muscle reflex contractions (Ritzmann, Kramer, Gruber, Gollhofer, and Taube, 2010), and it has been applied during warm-up protocols in order to improve subsequent performance (Jacobs and Burns, 2009; Kinser et al., 2008). Although different studies have found improvements in performance when WBV is applied simultaneously to resistance training exercises, there is no unanimity when the WBV stimulus is applied prior to exercise. In this sense, different studies have shown that WBV applied in static squat position may improve vertical jump performance for up to 5 minutes post exposure (Armstrong, Grinnell, and Warren, 2010). On the contrary, Marin et al. (2013), who used a vibration magnitude similar to that used in the present research, found that 30 seconds of WBV exposure in squat position induced no effects on power or strength during a set of elbow-extension resistance exercise, performed also 1 minute after the WBV stimuli. Therefore the effect of WBV applied via a ground-based platform on upper body performance could exist, but the window effect seems to be smaller in comparison with lower body exercises. This limited effect could occur due to a decrease in cortical and/or spinal activity due to an inadequate dose of stimulus (Marin et al., 2013). Although no unanimity exists, theories on how vibration affects muscular performance are related to neural factors, specifically the stimulation of Ia afferents by the muscle spindle, which excites homonymous motor neurons (Ferguson, Kim, Seo, and Bembien, 2013).

When considering the combination of stretching and vibration stimuli the results showed by Yapicioglu et al. (2013) are in line with the present study. In such a study, 30 seconds of punctual vibration superimposed to Achilles tendon stretching did not induce any significant change in vertical jump performance. Methodological differences existing between Yapicioglu's study and the present research make difficult to establish direct comparisons. These differences are mainly related to the exercise tested (vertical jump vs. bench press), and the nature of the vibratory stimuli (punctual vibration to the tendon vs. WBV).

355

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

As it was hypothesized, the effects of the warm-up protocols investigated were similar in men and women. Our results are in accordance with Courtright et al. (2013), whose meta-analysis revealed that males score substantially better on muscular strength tests. In the present study, males showed significantly higher values in 1RM, number of repetitions achieved and maximal and mean lifting velocity. However, regarding the percentage of the concentric phase in which barbell is accelerated (AP), there were no sex differences. Specific literature reports accelerative portions ranging from 60% to 66% in Smith machine bench press for loads equivalent to 45% to 60% of 1RM (García-López et al., 2008; García-López et al., 2010). In the present study, in which bench press was performed in a free-weight approach, the maximal AP was approximately the 77% of the concentric range of motion. The deceleration phase is inherent to the lift, and occurs even though there is an attempt to increase or maintain movement speed, particularly when using light resistances and trying to lift them quickly. We have recently demonstrated that large deceleration phases, which are undesirable when attempting to maximize power performance, can be reduced through the use of superimposed elastic resistance (García-López et al., 2014). To the best of our knowledge, this is the first study showing that an important kinematic variable, such as AP, is not sex dependent, even though other strength related variables, like velocity and muscular endurance, are usually higher in men than in women. In the same line, there were no sex differences concerning the lifting velocity time-course pattern of the concentric phase during the set to failure. That is, over a set of repetitions until failure the speed of the concentric phase slows natural and similarly in men and women, being this decrease significant when the number of repetitions was over one half of the total number of repetitions performed, which is in line with previous studies (García-López et al., 2008).

In summary, the use of WBV, SS or a combination of both (SS+WBV) during the warm-up affects in a similar pattern the number of repetitions, the mean and maximal AP, the mean and maximal velocity, and the lifting velocity time-course pattern of the concentric phase during a bench press set to failure performed with a load equivalent to the 60% of 1RM. Although men can achieve a higher number of repetitions, and these repetitions are performed at a higher speed, sex differences concerning AP and lifting velocity time-course pattern are inexistent. Future research should test different SS and WBV protocols (i.e. concerning duration, intensity) in order to reinforce the present data.

Practical applications

Stretching and whole body vibrations applied before participation in sport activities is a common practice among athletes, coaches and recreational exercisers. The present study points out similar acute effects of these warm-up techniques, applied alone or in a combined approach, on different performance and kinematic parameters. Based on these results, we cannot recommend the use of WBV during all the warm-up periods, since it requires special tools and the effects over some kinematic aspects are not relevant. Coaches have to decide in each situation depending on the individual purpose. Although previous research has suggested that there are substantial male-female differences on muscular performance, this study has demonstrated that women and men can accelerate the barbell during a similar percentage of the concentric range of motion, even though men shows higher velocity values. Moreover, lifting velocity declines pattern of the concentric phase throughout a set to failure is not sex-dependent. Since kinematics associated to resistance exercises (e.g. velocity and acceleration) have been proposed as one of the most important stimuli for maximal strength and muscle power resistance training-induced adaptations, these results may be useful when designing training programs. Future research may analyze different stretching parameters (i.e.

356

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359.
<http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

stretching time) or WBV parameters (i.e. amplitude, frequency) in order to reinforce the current data.

References

- Armstrong, W.J.; Grinnell, D.C., & Warren, G.S. (2010). The acute effect of whole-body vibration on the vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2835-2839.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e271cc>
- Beedle, B.; Rytter, S.J.; Healy, R.C., & Ward, T.R. (2008). Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1838-1843.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181821bc9>
- Behm, D.G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2633-2651.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-1879-2>
- Cochrane, D.J.; Stannard, S.R.; Sargeant, A.J., & Rittweger, J. (2008). The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 103(4), 441-448.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-008-0736-4>
- Courtright, S.H.; McCormick, B.W.; Postlethwaite, B.E.; Reeves, C.J., & Mount, M.K. (2013). A meta-analysis of sex differences in physical ability: Revised estimates and strategies for reducing differences in selection contexts. *Journal of Applied Psychology*, 98(4), 623-641.
<http://dx.doi.org/10.1037/a0033144>
- Delecluse, C.; Roelants, M., & Verschuere, S. (2003). Strength increase after whole body vibration compared with resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(6), 1033-1041.
<http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000069752.96438.B0>
- Egan, A.D.; Cramer, J.T.; Massey, L.L., & Marek, S.M. (2006). Acute effects of static stretching on peak torque and mean power output in National Collegiate Athletic Association Division I women's basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 778-782.
<http://dx.doi.org/10.1519/r-18575.1>
- Ferguson, S.L.; Kim, E.; Seo, D., & Bemben, M.G. (2013). Comparing the effects of 3 weeks of upper-body vibration training, vibration and stretching, and stretching alone on shoulder flexibility in college-aged men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(12), 3329-3334.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828f27af>
- Fortier, J.; Lattier, G., & Babault, N. (2013). Acute effects of short-duration isolated static stretching or combined with dynamic exercises on strength, jump and sprint performance. *Science & Sports*, 28, 111-117.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2012.11.003>
- Fradkin, A.J.; Zazryn, T.R., & Smoliga, J.M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 140-148.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c643a0>

- Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359.
<http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>
- García-López, D.; Hernández-Sánchez, S.; Martín, E.; Marín, P.J.; Zarzosa, F., & Herrero, J.A. (in press). Free-weight augmentation with elastic bands improves bench-press kinematics in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
<http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0000000000000374>
- García-López, D.; Herrero, J.A.; Abadía, O.; Garcia-Isla, F.J.; Uali, I., & Izquierdo, M. (2008). The role of resting duration in the kinematic pattern of two consecutive bench-press sets to failure in elite sprint kayakers. *International Journal of Sports Medicine*, 29(9), 764-769.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-2008-1038376>
- García-López, D.; Izquierdo, M.; Rodríguez, S.; González-Calvo, G.; Sáinz, N.; Abadía, O., & Herrero, J.A. (2010). Inter-set stretching does not influence kinematic profile of consecutive bench-press sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1361-1368.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cf780d>
- Hedrick, A. (1992). Physiological responses to warm-up. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(5), 25-27.
[http://dx.doi.org/10.1519/0744-0049\(1992\)014<0025:PRTWU>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1519/0744-0049(1992)014<0025:PRTWU>2.3.CO;2)
- Jacobs, P.L., & Burns, P. (2009). Acute enhancement of lower-extremity dynamic strength and flexibility with whole-body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 51-57.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181839f19>
- Kinser, A.M.; Ramsey, M.W.; O'Bryant, H.S.; Ayres, C.A.; Sands, W.A., & Stone, M.H. (2008). Vibration and stretching effects on flexibility and explosive strength in young gymnasts. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(1), 133-140.
<http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e3181586b13>
- Lapole, T., & Perot, C. (2010). Effects of repeated Achilles tendon vibration on triceps surae force production. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(4), 648-654.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.02.001>
- Marín, P.J.; Bunker, D.; Rhea, M.R., & Ayllón, F.N. (2009). Neuromuscular activity during whole-body vibration of different amplitudes and footwear conditions: implications for prescription of vibratory stimulation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2311-2316.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8d637>
- Marín, P.J.; Herrero, A.J.; Milton, J.G.; Hazell, T.J., & García-López, D. (2013). Whole-body vibration applied during upper body exercise improves performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1807-1812.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182772f00>
- Marín, P.J.; Herrero, A.J.; Sáinz, N.; Rhea, M.R., & García-López, D. (2010). Effects of different magnitudes of whole-body vibration on arm muscular performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2506-2511.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e38188>
- McDonagh, M.J., & Davies, C.T. (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 52(2), 139-155.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00433384>
- Mischi, M., & Cardinale, M. (2009). The effects of a 28-Hz vibration on arm muscle activity during isometric exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3),

Martín-Santana, E.; Hernández-Sánchez, S.; Herrero-Alonso, A.J., & García-López, D. (2015). Effects of static-stretching and whole-body-vibration during warm-ups on bench-press kinematics in males and females college-aged. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 42(11), 348-359.
<http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.04204>

645-653.

<http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818a8a69>

Molacek, Z.D.; Conley, D.S.; Evetovich, T.K., & Hinnerichs, K.R. (2010). Effects of low- and high-volume stretching on bench press performance in collegiate football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 711-716.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7c242>

Ritzmann, R.; Kramer, A.; Gruber, M.; Gollhofer, A., & Taube, W. (2010). EMG activity during whole body vibration: motion artifacts or stretch reflexes? *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 143-151.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-010-1483-x>

Rønnestad, B.R. (2009). Acute effects of various whole-body vibration frequencies on lower-body power in trained and untrained subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1309-1315.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e318199d720>

Rubini, E.C.; Costa, A.L., & Gomes, P.S. (2007). The effects of stretching on strength performance. *Sports Medicine*, 37(3), 213-224.
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200737030-00003>

Simic, L., Sarabon, N., & Markovic, G. (2013). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(2), 131-148.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01444.x>

Stone, M., & O'Bryant, E. (1987). *Weight Training. A Scientific Approach*. Minneapolis, MN: Burgess.

Thomas, J.R.; Salazar, W., & Landers, D.M. (1991). What is missing in $p < .05$? Effect size. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62(3), 344-348.
<http://dx.doi.org/10.1080/02701367.1991.10608733>

Torres, E.M.; Kraemer, W.J.; Vingren, J.L.; Volek, J.S.; Hatfield, D.L.; Spiering, B.A.; Ho, J.Y.; Fragala, M.S.; Thomas, G.A.; Anderson, J.M.; Häkkinen, K., & Maresch, C.M. (2008). Effects of stretching on upper-body muscular performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1279-1285.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816eb501>

Unick, J.; Kieffer, H.S.; Cheesman, W., & Feeney, A. (2005). The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 206-212.

Yamaguchi, T., & Ishii, K. (2005). Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 677-683.

Yapicioglu, B., Colakoglu, M., Colakoglu, Z., Gulluoglu, H., Bademkiran, F., & Ozkaya, O. (2013). Effects of a Dynamic Warm-Up, Static Stretching or Static Stretching with Tendon Vibration on Vertical Jump Performance and EMG Responses. *Journal of Human Kinetics*, 39(4), 49-57.
<http://dx.doi.org/10.2478/hukin-2013-0067>

ANEXO II –ABSTRACT: Acute effects of static stretching and whole-body vibration as warm-up on kayakers’ strength performance.

**VII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ACTUALIZACIONES EN
ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA**

VII International Symposium in Strength Training

Editores/Editors: Pedro J. Benito, Ana B. Peinado, Iván Gonzalo &
Francisco J. Calderón



*VII International Symposium in Strength Training
December 11-13, 2014*

Comunicaciones orales 2 / *Oral Communications 2*

Viernes, 12 de diciembre / *Friday, December 12*

09:30 - 11:00 am

Acute effects of static stretching and whole-body vibration as warm-up on kayakers' strength performance

Martín-Santana, E.¹, Herrero, A.J.¹, González-Tablas, A.², García-López, D.¹

¹ European University Miguel de Cervantes. Valladolid, Spain. ² World Cycling Centre. Aigle, Switzerland.

Introduction

The role of a warm-up is to prepare cardiovascular, muscular and neural systems to meet the demands of a specific activity (2). Thus, a proper warm-up is required to get ready for the performance, but there is a lack of agreement about the effect of including stretching or vibration during the warm-up.

Objective

To examine the acute effects of static stretching (SS), whole body vibration (WBV), SS plus WBV (SS+WBV) and only general warm-up (C) prior to a bench-press set to failure.

Methods

Ten elite kayakers (8 men and 2 women) with international competitive level in flat water events volunteered for the study. After a general warm up, the subjects performed a specific warm-up protocol during 4min 30s: SS (20s each stretching), WBV (50Hz, 2.51mm peak-to-peak), SS+WBV or C. Specific warm-up protocols were randomly applied one per week. After each condition, subjects performed one bench-press set to volitional exhaustion with a load equivalent to the 60% of one-repetition maximum (1RM), measured during the first week. Total repetitions for each set and mean velocity for each repetition (concentric phase) were determined. For comparison purposes, the number of repetitions was expressed as a percentage of the total number of repetitions (10%, 20%...100%).

VII Simposio Internacional de Actualizaciones en Entrenamiento de la Fuerza, Madrid 11-13 de Diciembre 2014

Results

There were no statistical differences ($p < 0.05$) regarding the number of repetitions when comparing the 4 protocols ($p = 0.726$; $\eta^2 = 0.047$). A significant decrease in average lifting velocity was observed throughout the set. In the WBV and SS+WBV schemes a significant decrease took place at 40% of the total number of repetitions (-13.8%; $p = 0.005$; $d = 1.37$ and -9.9%; $p = 0.001$; $d = 0.79$ respectively). However in the SS and C schemes it took place in the percentile 30, SS (-7.9%; $p = 0.000$; $d = 1.01$), C (-9.1%; $p = 0.003$; $d = 1.08$).

Conclusion

As it has been observed in previous studies (1), the inclusion of short duration stretching exercises within the warm-up (<30s per muscle) may not affect negatively in subsequent performance, especially if the population is highly trained. Although a positive effect induced by WBV on upper limb performance has been demonstrated when the stimulus is applied during the exercise, when WBV is applied 60s prior to the performance there is no benefit (3). According to Yapicioglu et al. (4) it seems that SS or SS+WBV have not any negative or positive effect in performance. The inclusion of WBV in the warm up of elite kayakers does not provide any benefit in comparison with the inclusion of static stretching.

References

1. Behm, DG, and Chaouachi, A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol* 111: 2633-2651, 2011.
2. Hedrick, A. Physiological responses to warm-up. *J Strength Cond Res* 14: 25-27, 1992.
3. Marín, PJ, Herrero, AJ, Milton, JG, Hazell, TJ, and García-López, D. Whole-body vibration applied during upper body exercise improves performance. *J Strength Cond Res* 27: 1807-1812, 2013.
4. Yapicioglu, B, Colakoglu, M, Colakoglu, Z, Gulluoglu, H, Bademkiran, F, and Ozkaya O. Effects of a Dynamic Warm-Up, Static Stretching or Static Stretching with Tendon Vibration on Vertical Jump Performance and EMG Responses. *Journal of Human Kinetics* 39: 49-57, 2013.

*VII International Symposium in Strength Training
December 11-13, 2014*

Correspondence address (Presenting author):

Esperanza Martín Santana

European University Miguel de Cervantes. Valladolid, Spain

+34 647016790

msespe@hotmail.com

ANEXO III - ABSTRACT: Influence of gender and warm-up condition on bench press: repetitions to failure and lifting velocity. JSCR

Journal of Strength and Conditioning Research | www.nsca.com

Despite V_{mean} allowed the best RM prediction, both V_{peak} and V_{mean} during half squat with a load equal to 100% BW explained significant RM variance. Our results are in agreement with others studies that recommend not obtaining gender-specific formulas, due to the lack of differences in accuracy. The model proposed [$1RM = 163.2 \cdot V_{\text{mean}} + (2.4 \cdot \text{load}) - 130.31 (\pm 15.31)$] provides valuable information to untrained subjects starting resistance-training programs, although further research is needed to optimize RM prediction from velocity parameters.

of WBV alone or in combination with SS during the warm-up does not provide any benefit to bench press performance in respect to SS alone. Men show a higher performance than women in bench press training with the same relative load.

INFLUENCE OF GENDER AND WARM-UP CONDITION ON BENCH PRESS: REPETITIONS TO FAILURE AND LIFTING VELOCITY

MARTÍN, E,¹ HERNÁNDEZ, S,¹ AYLLÓN, A,¹ GARCÍA-LÓPEZ, D,¹ AND HERRERO, AJ¹

¹European University Miguel de Cervantes, Valladolid, Spain

Introduction: Static stretching (SS) is commonly used as a part of the warm-up, although the influence of stretching on kinematics of strength exercises is ambiguous in the literature. It has been suggested that the inclusion of whole body vibration (WBV) in the warm-up could have positive effects on muscle strength and power. The purposes of this study was: (1) to compare the acute effects of SS, WBV and SS plus WBV (SS +WBV) prior to 1 set of maximal number of repetitions to failure in bench press at 60% of 1RM; and (2) to compare bench press kinematics between men and women. **Methods:** Twenty-two physical education students (11 males, 11 females) were familiarized with warm-up protocols and 1RM test in 2 sessions. The following week they performed a general warm-up followed by a specific warm-up protocol: SS (20 s each stretching), WBV (50 Hz, 2.51 mm peak-to-peak) or SS +WBV. Specific warm-up protocols were randomly applied 1 per week during 3 weeks. After the specific warm-up protocol subjects performed 1 bench press set to failure at 60% of 1RM. Number of repetitions and mean velocity of the concentric phase were recorded with a linear rotary encoder. **Results:** The warm-up protocol did not affect the number of repetitions ($p = 0.707$, $\eta^2 = 0.010$) neither the mean velocity ($p = 0.777$, $\eta^2 = 0.007$). Men performed higher number of repetitions than women after all protocols (WBV: 20.3%, $p = 0.013$, $d = 0.90$; SS: 23.8%, $p = 0.000$, $d = 1.50$; SS + WBV 22.1%, $p = 0.002$, $d = 1.30$). Likewise, the mean velocity was higher in men than in women (WBV: 23.1%, $p = 0.000$, $d = 1.58$; SS: 23.1%, $p = 0.000$, $d = 1.88$; SS + WBV: 23.1%, $p = 0.000$, $d = 1.76$). **Discussion:** The differences between men and women were according to Courtright et al., whose meta-analysis revealed that males score substantially better on muscular strength and cardiovascular endurance tests. The application

ACUTE PHYSIOLOGICAL RESPONSE TO REPEATED 20 + 20 M SPRINT, KICKING AND JUMP SEQUENCES IN U-19 SOCCER PLAYERS

LÓPEZ-SEGOVIA, M,^{1,2} PAREJA-BLANCO, F,³ JIMÉNEZ-REYES, P,⁴ OTERO-ESQUINA, C,³ RODRÍGUEZ-ROSELL, D,³ AND GONZÁLEZ-BADILLO, JJ³

¹Research Centre of Murcia Soccer Federation, Murcia, Spain; ²INNOVA, Health and Sport Institute; ³University of Pablo de Olavide, Seville, Spain; and ⁴Catholic University of Murcia, Murcia, Spain

Introduction: In a sport like soccer characterized by intermittent efforts, most actions for the scoring players were straight sprints, jumps, rotations and change in directions sprints. The acute physiological response to classical repeated-sprint has already been described, however, the physiological response to more specific soccer actions, such as repeated sprint, kicking and jump sequences, it is not known. The aim of the present study was to measure the metabolic response (lactate [La] and ammonia [Am]) as indicator of metabolic disorder in repeated-sprint sequences (RSS). **Methods:** Twenty-one soccer field players from the U-19 Spanish National Division were tested. RSS consisted in 9 repeated 40-m sprints (20 + 20-m sprints with 180° turns), departing each minute, with a maximal instep kick and counter-movement jump performed immediately after each sprint. Capillary blood samples used to determine [La] and [Am] concentrations were obtained from the fingertip before exercise (PRE), and after third (third RSS), sixth (sixth RSS) and ninth (ninth RSS) sprint sequence. The Lactate Pro LT-1710 (Arkray, Kyoto, Japan) portable lactate analyser was used for [La] measurements. [Am] was measured using PocketChem BA PA-4130 (Menarini Diagnostics, Florence, Italy). Repeated measures of analysis of variance were used to compare any change in these variables. **Results:** [La] and [Am] were increased with the number of RSS performed ([La] PRE, third, sixth and ninth RSS were 2.5 ± 0.3 , 11.9 ± 4.6 , 13.6 ± 3.1 , and 14.9 ± 2.6 mmol·L⁻¹ respectively; [Am] PRE, third, sixth and ninth RSS were 59.8 ± 2.6 , 158.6 ± 61.8 , 169.2 ± 43.9 , and 182.3 ± 45.2 μmol·L⁻¹ respectively). The differences were statistically significant with respect to the values achieved in the previous RSS ($p < 0.01$). **Discussion:** To our knowledge, this is the first study that analyzes the acute response during a RSA test with additional specific soccer actions. The present results show that from the first

VOLUME 28 | NUMBER 11 | NOVEMBER 2014 | 95

ANEXO IV - ABSTRACT: Influence of gender and warm-up condition on bench press: repetitions to failure and lifting velocity. CCS

CCD

S226

NSCA IV INTERNATIONAL CONFERENCE 2014
HUMAN PERFORMANCE DEVELOPMENT THROUGH STRENGTH AND CONDITIONING



INFLUENCE OF GENDER AND WARM-UP CONDITION ON BENCH PRESS: REPETITIONS TO FAILURE AND LIFTING VELOCITY

Martin, E., Hernández, S., Ayllón, A., García-López, D., Herrero, A.J.

European University Miguel de Cervantes. Valladolid, Spain.

INTRODUCTION

Static stretching (SS) is commonly used as a part of the warm-up, although the influence of stretching on kinematics of strength exercises is ambiguous in the literature. It has been suggested that the inclusion of whole body vibration (WBV) in the warm up could have positive effects on muscle strength and power (1). The purposes of this study were: (i) to compare the acute effects of SS, WBV and SS plus WBV (SS+WBV) prior to one set of maximal number of repetitions to failure in bench press at 60% of 1RM; and (ii) to compare bench press kinematics between men and women.

METHODS

Twenty two physical education students (11 males, 11 females) were familiarized with warm-up protocols and 1 RM test in two sessions.

The following week they performed a general warm-up followed by a specific warm-up protocol: SS (20s each stretching), WBV (50Hz, 2.51mm peak-to-peak) or SS+WBV.

Specific warm-up protocols were randomly applied one per week during 3 weeks. After the specific warm up protocol subjects performed one bench press set to failure at 60% of 1RM. Number of repetitions and mean velocity of the concentric phase were recorded with a linear rotary encoder.

RESULTS

The warm-up protocol did not affect the number of repetitions ($p = 0.707$, $\eta^2 = 0.010$) neither the mean velocity ($p = 0.777$, $\eta^2 = 0.007$). Men performed higher number of repetitions than women after all protocols (WBV: 20.3%, $p = 0.013$, $d = 0.90$; SS: 23.8%, $p = 0.000$, $d = 1.50$; SS+WBV: 22.1%, $p = 0.002$, $d = 1.30$). Likewise, the mean velocity was higher in men than in women (WBV: 23.1%, $p = 0.000$, $d = 1.58$; SS: 23.1%, $p = 0.000$, $d = 1.88$; SS+WBV: 23.1%, $p = 0.000$, $d = 1.76$).

DISCUSSION

The differences between men and women were according to Courtright et al. (2), whose meta-analysis revealed that males score substantially better on muscular strength and cardiovascular endurance tests. The application of WBV alone or in combination with SS during the warm-up does not provide any benefit to bench press performance in respect to SS alone. Men show a higher performance than women in bench press training with the same relative load.

REFERENCES

1. Cardinale, M and Bosco, C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev* 31: 3-7, 2003.
2. Courtright, SH, McCormick, BW, Postlethwaite, BE, Reeves, CJ, and Mount, MK. A meta-analysis of sex differences in physical ability: Revised estimates and strategies for reducing differences in selection contexts. *J Appl Psychol* 98: 623-641, 2013.

ANEXO V - ABSTRACT: Acute effects of static stretching and whole-body vibration as warm-up on kayaking start phase time. JSCR

IV NSCA International Conference

results suggested that "scrimmage" is the most demanding exercise. Findings also revealed that playing in "superiority" elicited higher cardiovascular demands than in numerical equality. Despite less specificity than a real game or scrimmage, 2v2 and 3v3 (Xc) exercises should be preferred to 4c4 (1c) for a better conditioning development. This study provided practical information on how to use different basketball drills depending on physiological and conditioning aims.

60s prior to the performance there is no benefit. According to Yapicioglu et al. it seems that SS or SS+WBV have not any negative or positive effect before performing explosive actions. In conclusion, the inclusion of WBV in the warm up of elite kayakers does not provide any benefit in comparison with the inclusion of static stretching.

ACUTE EFFECTS OF STATIC STRETCHING AND WHOLE-BODY VIBRATION AS WARM-UP ON KAYAKING START PHASE TIME

MARTÍN, E, HERRERO, AJ, GONZÁLEZ-TABLAS, A, AND GARCÍA-LÓPEZ, D

European University Miguel de Cervantes, Valladolid, Spain

Introduction: The start phase in sprint kayak racing is a great percentage of the race success. Thus, a proper warm-up is required to get ready for the competition, but there is a lack of agreement about the effect of including stretching or vibration during the warm-up. The purpose of this study was to examine the acute effects of static stretching (SS), whole body vibration (WBV), SS plus WBV (SS+WBV) and only general warm-up (C) prior to a 12-m kayak sprint. **Methods:** Ten elite kayakers (8 men and 2 women) with international competitive level in flat water events volunteered for the study. After a general warm up, the subjects performed a specific warm-up protocol during 4 minutes 30s: SS (20s each stretching), WBV (50 Hz, 2.51 mm peak-to-peak), SS+WBV or C. Specific warm-up protocols were randomly applied 1 per week during 4 weeks. Then, a 12-m maximum kayak sprint from a stationary start was performed. All paddlers began after the signal with the left blade submerged. Tests were performed in a dew pond, using a linear position transducer recording the split time at 2, 5 and 10 m. **Results:** Time to achieve 2 m after SS protocol was significantly lower compared with WBV (-7.4%; $p = 0.041$; $d = 0.46$) and SS-WBV (-8.9%; $p = 0.05$; $d = 0.54$). Likewise, time to achieve 5 m was lower after SS in respect to WBV (-5.1%; $p = 0.04$; $d = 0.39$) and SS-WBV (-5.8%; $p = 0.05$; $d = 0.44$). However, no differences were observed in time to achieve 10 m after the application of any protocol. **Discussion:** As it has been observed in previous studies, the inclusion of short duration stretching exercises within the warm-up (<30s per muscle) may not affect negatively in subsequent performance, especially if the population is highly trained. Although a positive effect induced by WBV on upper limb performance has been demonstrated when the stimulus is applied during the exercise, when WBV is applied

MEAN VELOCITY IN ACCELERATION PHASE OF TRUNK ROTATIONS TO THE DOMINANT AND NON-DOMINANT SIDE IN GOLFERS AND TENNIS PLAYERS

ZEMKOVÁ, E,¹ JELEŇ, M,¹ OLLÉ, G,² JEZERČÁK, D,¹ ZAPLETALOVÁ, L,¹ AND HAMAR, D¹

¹Faculty of Physical Education and Sports, Comenius University, Bratislava, Slovakia; and ²Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology, Bratislava, Slovakia

Introduction: Trunk muscles (erector spinae, abdominal oblique, and rectus abdominis) are particularly active during the acceleration phase of trunk rotations (e.g., the golf swing) with the trunk-side abdominal oblique muscles showing the highest level of activity. However, to which extent the asymmetric loading of trunk muscles in sports such as golf, tennis, or hockey causes side-to-side differences in trunk rotation velocity has not been specified. Therefore, mean velocity in acceleration phase of trunk rotations to the dominant and non-dominant side in golfers, tennis players and control subjects was compared. **Methods:** Group of 16 golfers (age 24.1 ± 3.7 years, height 178.5 ± 6.7 cm, weight 86.8 ± 10.2 kg), 14 tennis players (age 21.5 ± 1.2 years, height 181.4 ± 5.3 cm, weight 82.8 ± 7.8 kg), and 30 control fit individuals (age 21.7 ± 0.8 years, height 179.5 ± 4.7 cm, weight 80.8 ± 8.8 kg) performed 5 rotations of the trunk to each side in a seated position with barbell of 1 kg and 20 kg placed on the shoulders. The FITRO Torso Dynamometer was used to monitor basic biomechanical parameters involved in exercise. The system measures angular velocity and calculates circumferential velocity, as follows: $v_{\omega} = (\omega/360) \times 2\pi r$, where ω is the angular velocity, and r is the turning radius. **Results:** Golfers showed significantly higher mean velocity in the dominant than non-dominant side with 1 kg (393.1 ± 79.5 vs. $360.7 \pm 63.9^{\circ}/s$, $p = 0.047$) but not with 20 kg (156.5 ± 29.6 vs. $154.7 \pm 25.5^{\circ}/s$, $p = 0.547$). However, tennis players demonstrated significantly higher mean velocity in the dominant than non-dominant side with both 1 kg (442.8 ± 87.9 vs. $394.7 \pm 80.3^{\circ}/s$, $p = 0.017$) and 20 kg (197.8 ± 39.7 vs. $164.6 \pm 31.2^{\circ}/s$, $p = 0.048$). On the other hand, no significant side-to-side differences in

ANEXO VI - ABSTRACT: Acute effects of static stretching and whole-body vibration as warm-up on kayaking start phase time. CCS

CCD

586

NSCA IV INTERNATIONAL CONFERENCE 2014
HUMAN PERFORMANCE DEVELOPMENT THROUGH STRENGTH AND CONDITIONING

0 1 2 3 4

ACUTE EFFECTS OF STATIC STRETCHING AND WHOLE-BODY VIBRATION AS WARM-UP ON KAYAKING START PHASE TIME

Martín, E., Herrero, A.J., González-Tablas, A., García-López, D.
European University Miguel de Cervantes. Valladolid, Spain.

INTRODUCTION

The start phase in sprint kayak racing is a great percentage of the race success. Thus, a proper warm-up is required to get ready for the competition, but there is a lack of agreement about the effect of including stretching or vibration during the warm-up. The purpose of this study was to examine the acute effects of static stretching (SS), whole body vibration (WBV), SS plus WBV (SS+WBV) and only general warm-up (C) prior to a 12-m kayak sprint.

METHODS

Ten elite kayakers (8 men and 2 women) with international competitive level in flat water events volunteered for the study. After a general warm up, the subjects performed a specific warm-up protocol during 4min 30s: SS (20s each stretching), WBV(50Hz, 2.51mm peak-to-peak), SS+WBV or C. Specific warm-up protocols were randomly applied one per week during 4 weeks. Then, a 12-m maximum kayak sprint from a stationary start was performed. All paddlers began after the signal with the left blade submerged. Tests were performed in a dew pond, using a linear position transducer recording the split time at 2, 5 and 10m.

RESULTS

Time to achieve 2m after SS protocol was significantly lower compared with WBV (-7.4%; $p = 0.041$; $d = 0.46$) and SS-WBV (-8.9%; $p = 0.05$; $d = 0.54$). Likewise, time to achieve 5m was lower after SS in respect to WBV (-5.1%; $p = 0.04$; $d = 0.39$) and SS-WBV (-5.8%; $p = 0.05$; $d = 0.44$). However, no differences were observed in time to achieve 10m after the application of any protocol.

DISCUSSION

As it has been observed in previous studies (1), the inclusion of short duration stretching exercises within the warm-up (<30s per muscle) may not affect negatively in subsequent performance, especially if the population is highly trained. Although a positive effect induced by WBV on upper limb performance has been demonstrated when the stimulus is applied during the exercise, when WBV is applied 60s prior to the performance there is no benefit (2). According to Yapicioglu et al. (3) it seems that SS or SS+WBV have not any negative or positive effect before performing explosive actions. In conclusion, the inclusion of WBV in the warm up of elite kayakers does not provide any benefit in comparison with the inclusion of static stretching

REFERENCES

- Behm, DG, and Chaouachi, A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol* 111: 2633-2651, 2011.
- Marín, P.J, Herrero, A.J, Milton, J.G, Hazell, T.J, and García-López, D. Whole-body vibration applied during upper body exercise improves performance. *J Strength Cond Res* 27: 1807-1812, 2013.
- Yapicioglu, B, Colakoglu, M, Colakoglu, Z, Gulluoglu, H, Bademkiran, F, and Ozkaya O. Effects of a Dynamic Warm-Up, Static Stretching or Static Stretching with Tendon Vibration on Vertical Jump Performance and EMG Responses. *Journal of Human Kinetics* 39: 49-57, 2013.

ANEXO VII - TABLAS ADICIONALES

Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab.* Jan 2016;41(1):1-11.

Supplementary Table S4. Mean percentage (95% confidence intervals [CI]) and effect size (95% CI) performance changes following static stretch (SS), dynamic stretch (DS) and proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretch. All SS studies = 125 studies, DS = 48 studies, PNF = 14 studies. Italicized CI identifies those values which overlap the zero mark and thus indicate a non-significant effect.⁴⁴

Modo estiramiento	Medidas	Duración	Cambio medio (95% CI)	Tamaño del efecto (95% CI)
SS	Todos estudios	Todas	-3.7% (-3.0, -4.5)	0.25 (0.20, 0.30)
	53 estudios	<60 s	-1.1% (-0.2, -1.9)	0.22 (0.13, 0.32)
	72 estudios	≥60 s	-4.6% (-3.6, -5.6)	0.26 (0.20, 0.31)
	Fuerza	Todas	-4.8 (-3.8, -5.8)	0.26 (0.20, 0.31)
		<60 s	-2.8% (-1.1, -4.4)	0.25 (0.02, 0.47)
		≥60 s	-5.1% (-3.9, -6.3)	0.27 (0.21, 0.33)
	Potencia/Velocidad	Todas	-1.3 (-0.4, -2.1)	0.21 (0.14, 0.28)
		<60 s	-0.2% (+0.8, -1.1)	0.21 (0.12, 0.31)
		≥60 s	-2.6% (-1.2, -4.0)	0.21 (0.11, 0.32)
Isométrico	Todas	-6.3% (-4.1, -8.4)	0.34 (0.18, 0.50)	
	<60 s	-4.5% (-1.4, -7.6)	0.54 (0.07, 1.00)	
	≥60 s	-6.8% (-4.2, -9.4)	0.24 (0.12, 0.36)	
Concéntrico	Todas	-4.4% (-3.2, -5.5)	0.26 (0.18, 0.33)	
	<60 s	-1.5% (-0.3, -3.3)	0.07 (-0.01, 0.13)	
	≥60 s	-4.8% (-3.5, -6.1)	0.29 (0.20, 0.38)	

	Excéntrico	Todas	-4.2% (-0.5, -7.9)	0.22 (0.09, 0.35)
		<60 s	NA	NA
		≥60 s	-4.2% (-0.5, -7.9)	0.22 (0.09, 0.35)
	Extensores rodilla	Todas	-3.7% (-2.5, -4.9)	0.22 (0.15, 0.29)
		<60 s	-2.6% (-0.1, -5.1)	0.05 (0.00, 0.09)
		≥60 s	-3.8% (-2.5, -5.1)	0.25 (0.17, 0.32)
	Flexores rodilla	Todas	-6.3% (-4.0, -8.7)	0.27 (0.15, 0.40)
		<60 s	-4.8% (+2.6, -12.1)	0.19 (-0.19, 0.57)
		≥60 s	-6.4% (-4.0, -8.8)	0.28 (0.15, 0.40)
	Flexores plantares	Todas	-5.6% (-2.3, -8.9)	0.31 (0.13, 0.50)
		<60 s	-3.5% (+0.1, -7.0)	0.15 (-0.04, 0.34)
		≥60 s	-5.9% (-2.1, -9.8)	0.33 (0.12, 0.54)
DS	All studies		+1.3% (+0.3, +2.2)	0.33 (0.20, 0.46)
	Strength		+1.1% (+0.9, +3.1)	0.35 (0.86, 1.35)
	Specific exercise e.g. Squats		-0.23% (-1.7, +1.25)	0.15 (-1.7, 1.25)
	Power/speed		+1.9% (+0.9, +2.8)	0.25 (0.15, 0.36)
	Specific exercises e.g. Jump, Run, esprín, agility		+2.1% (+0.9, +3.4)	0.55 (0.09, 0.23)
	Isometric		+3.0% (+0.4, +5.7)	0.27 (-0.06, 0.61)
	Concentric		+0.4% (-2.4, +3.2)	0.43 (0.11, 0.75)
	Eccentric		-1.2% (-18.6, +16.1)	2.46 (-1.04, 5.95)
PNF	All PNF studies		-4.4% (-1.5, -7.3)	0.12 (0.02, 0.22)

Strength	-5.5% (-1.9, -9.1)	0.16 (0.05, 0.27)
Power/speed	-1.6% (-1.5, -4.8)	0.08 (-0.17, 0.32)
Isometric	-8.3% (-1.3, -15.3)	0.31 (-0.05, 0.66)
Concentric	-2.1% (-0.2, -4.0)	0.13 (0.03, 0.24)
Eccentric	NA	NA

Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab.* Jan 2016;41(1):1-11.

Supplementary Table S1.Effect of static stretch on performance (selected articles included).Acronyms -CC: counterbalanced control, RC: randomized control, C: counterbalanced, R: randomized, RM: repeated measures, n: number of participants, POD: point of discomfort, Sens: stretch sensation, NR: not reported, NA: not available, CV: cardiovascular, MVC: maximal voluntary contraction, Sig.: significant, SJ: squat jump, CMJ: countermovement jump, DJ: drop jump, sub max: submaximal, PF: plantar flexors, KE: knee extensors, KF: knee flexors, 1-RM: one-repetition maximum.↑: improved test value, ↓: impaired test value. #: control condition included but no reliability data presented, †: no control group included.⁴⁴

Authors	n	Study design	Warm-up	Stretch duration (s)	Stretch intensity	Intervention to post-test time	Statistical Result and % change in performance	Effect size
#Alpkaya and Koceja (2007)	15	CC	5 min cycle	3×15	POD	NR	No sig. diff in concentric PF force (-3.5%)	NA
#Ayala et al. (2014)	49	RC	None	2×30	POD	2 min	No sig. diff in eccentric KF at 60°·s ⁻¹ (0%) or 180°·s ⁻¹ (-2.6%) compared to control	0.0 0.11
Babault et al. (2010)	10	CC	10 isometric contractions at increasing intensities	20×30	POD	1 min	Sig. ↓ in isometric PF (-6.9%)	0.56
Bacurau et al. (2009)	14	RC	5 min treadmill, 5 50% 1-RM contractions	9×30	NR	NR	Sig. ↓ in leg press maximal strength (-13.4%)	0.87
Balle et al. (2015)	20	RC	None	6×60	POD	NR	Sig. ↓ in isometric KF MVC at 90° (-11.7%); no sig. ↓ at 70° (-5.6%), 50° (-1.3%) and 30° (+3.7%)	NA
Barroso et al. (2012)	12	RC	5 min jog	3×30	NR	NR	No sig. diff in leg press (+5.4%) compared to control	0.12

#Bazett-Jones et al.(2005)	10	RC	10 reps at 50%, 6 at 70%, and 3 at 90% 1RM	3×30	NR	1 min	No sig. diff in isometric squat force (1.2%) compared to control	0.05
Beckett et al. (2009)	12	CC	5 min jog and dynamic movements. Sport-specific runs at 60%, 80% and 100% max	20	POD	NR	No sig. diff in 20 m sprint time (-0.3%) compared to control	0.15
#Beedle et al. (2008)	51	RC	6 reps 40-60% and 3 reps 60-80%MVC	3×15	POD	NR	No sig. diff in chest (-0.5%) or leg press 1RM (-1.3%)	0.04 0.05
Behm et al. (2001)	12	CC	5 min cycle	5×45	NR	6-10 min	Sig. ↓ in isometric KE MVC (-12.2%)	NA
Behm et al. (2004)	16	CC	5 min cycle	3×45	POD	1 min	No sig. diff in isometric leg extensor MVC (-6.9%) compared to control	NA
†Behm et al. (2006)	18	RM	5 min cycle	3×30	POD	5 min	Sig. ↓ in isometric KE (-6.5%), no sig. diff in DJ (NR)	0.17
Behm and Kibele (2007)	10	RC	5 min cycle	4×30	POD	5 min	Sig. ↓ in DJ (-5.3%), SJ (-3.8%) and CMJ (-5.6%)	0.22 0.36 0.35
Behm et al. (2011)	18	RC	5 min cycle	4×30	POD	0 min & 10 min	No sig. diff in CMJ after 0 min (-3.2%) or 10 min (-2.4%) compared to control	NA NA
#Bishop and Middleton (2013)	25	CC	10 min jog over 15m	20	POD	2 min	No sig. diff in 20m sprint (-1%) or CMJ (-3.6%)	0.21 0.27
Bradley et al. (2007)	18	RC	5 min cycle	4×30	POD	5 min & 15 min	Sig. ↓ in CMJ after 5 min (-4%), no sig. ↓ in CMJ after 15 min (NR)	NA NA
Brandenburg (2006)	16	CC	5 min cycling, isometric contractions	6×15 6×30	POD	NR	Sig. ↓ in isometric (-6.7%), isokinetic concentric (-2.7%), and	0.29 0.12

			50, 60, 70%MVC, 2 sets (3 reps) concentric 60 and 70%MVC, 3 con/ecc reps at 50-60%MVC				eccentric KF MVC (-2.6%) at 120°·s ⁻¹ after 6×15 s stretching Sig. ↓ in isometric (-6.1%), isokinetic concentric (-3.3%), and eccentric KF MVC (-4.5%) at 120°·s ⁻¹ after 6×30 s stretching	0.20 0.24 0.13 0.22
Brandenburg et al. (2007)	16	CC	5 min cycling	3×30	POD	NR	No sig. diff in CMJ height (-3%) compared to control	0.15
Burkett et al. (2005)	29	RC	None	3×20	NR	2 min	No sig. diff in CMJ height (0.7%) compared to control	0.07
Cannavan et al. (2012)	18	CC	5 min cycle	4×45	POD	0 min	No sig. ↓ in isometric PF MVC (-3.6%)	0.16
Chaouachi et al. (2010)	22	RC	5 min jog pre-stretch, increasing intensity runs post-stretch pre-testing	30	POD	7 min	No sig. diff in CMJ height (0.3%) or 30 m sprint (-1%)	0.02 0.27
#Chtourou et al. (2013)	20	RC	5 min jog	3×20	POD	1 min	Sig. ↓ in SJ and CMJ (NR)	NA
#Church et al. (2001)	40	RC	5 min general body circuit warm-up	3×15	NR	NR	No sig. diff in CMJ height (-1.2%)	0.07
#Cornwell et al. (2001)	10	CC	None	3×30	Pain	NR	Sig. diff in CMJ (-4.3%) and SJ (-4.4%) height	NA
†Cornwell et al. (2002)	10	RM	None	6×30	NR	NR	Sig. ↓ in CMJ (-7.4%), no sig. diff in SJ height (0%)	NA
Costa et al. (2009a)	20	CC	10 reps 40-60%MVC, 5 reps 60-80%MVC	9×20	NR	0 min	Sig. ↓ in bench press MVC (-8.8%)	0.42
†Costa et al. (2009b)	15	CC	3 sub max contractions	16×30	POD	10 min	No sig. diff in isokinetic concentric KF MVC at 60°·s ⁻¹ (1.1%), 180°·s ⁻¹ (-0.6%) and 300°·s ⁻¹ (-2.5%)	0.06 0.03 0.12

†Costa et al. (2009c)	13	RM	3 sub max contractions	16×30	POD	10 min	Sig. ↓ isokinetic concentric KF MVC at 60°·s ⁻¹ (-9.3%), 180°·s ⁻¹ (-2.8%) and 300°·s ⁻¹ (-8.8%)	1.25 0.27 0.67
Costa et al. (2013)	22	CC	3 sub max contractions at 25, 50 and 75%MVC	16×30	POD	5 min	Sig. ↓ in concentric KE at 60°·s ⁻¹ (-8.5%) but not at 180°·s ⁻¹ (-2.9%) and sig. ↓ in KF at 60°·s ⁻¹ (-11.5%) and 180°·s ⁻¹ . Sig. ↓ in eccentric KF at 60°·s ⁻¹ (-19%) and 180°·s ⁻¹ (-15.5%)	0.38 0.17 0.52 0.33 0.86 0.58
Cramer et al. (2004)	14	CC	5 min cycle, 3 sub max contractions	16×30	POD	4 min	No sig. ↓ in isokinetic concentric KE MVC at 60°·s ⁻¹ (-1.9%) or 240°·s ⁻¹ (-2.8%)	0.11 0.17
Cramer et al. (2005)	21	CC	5 min cycle, 3 sub max contractions	16×30	POD	4 min	No sig. ↓ in isokinetic concentric KE MVC at 60°·s ⁻¹ (-2.7%) or 240°·s ⁻¹ (-4.2%)	0.11 0.14
Cramer et al. (2006)	13	CC	5 min cycle, 3 sub max contractions	16×30	POD	4 min	No sig. ↓ in isokinetic eccentric KE MVC at 60°·s ⁻¹ (-1.1%) or 240°·s ⁻¹ (-6.5%)	0.06 0.21
Cramer et al. (2007a)	18	CC	5 min cycle, 3 sub max contractions	16×30	POD	0 min	Sig. ↓ in isokinetic concentric KE MVC (-3.1%)	NA
Cramer et al. (2007b)	15	CC	5 min cycle, 3 sub max contractions	16×30	POD	4 min	No Sig. ↓ in isokinetic eccentric KE MVC at 60°·s ⁻¹ (-2.6%) or 240°·s ⁻¹ (1.9%)	0.14 0.08
Cronin et al. (2008)	10	RC	5 min jog	3×30	Sens	10 min	No Sig. ↓ in CMJ height (0%)	0.0
Curry et al. (2009)	24	RC	5 min cycling	3×12	NR	5 min	No Sig. ↓ in CMJ height (-2.9%)	0.18
Dalrymple et al. (2010)	12	RC	5 min jog	3×15	Sens	1 min	No Sig. ↓ in CMJ height (-3.3%)	0.20

De Paula et al. (2012)	11	RC	None	3×30 3×60	POD	0 min & 5 min	No sig. ↓ in hand grip after 3×30s 0 min or 5 min post-stretch (NR) Sig. ↓ after 3×60 s 0 min (-15%), no sig.change 5 min (NR)	NA NA NA NA
Di Cagno et al. (2010)	38	CC	None	3×30	NR	4 min	No Sig. ↓ in CMJ (0%) or SJ (0%) flight time	0.0
Egan et al. (2006)	11	CC	5 min cycle, 3 sub max contractions	16×30	POD	5 min	No Sig. diff in isokinetic concentric KE MVC at 60°·s ⁻¹ (-3.2%) or 240°·s ⁻¹ (5.1%)	0.14 0.32
Evetovich et al. (2003)	18	CC	None	16×30	Pain	NR	Sig. ↓ in isokinetic concentric elbow flexor MVC at 30°·s ⁻¹ and 270°·s ⁻¹ (mean = -4.6%)	0.52
†Evetovich et al. (2010)	29	RM	None	16×30	POD	<5 min	Sig. ↓ in isokinetic concentric leg extensor MVC at 60°·s ⁻¹ and 300°·s ⁻¹ (mean = -6%)	0.22
Favero et al. (2009)	10	CC	5 min jog	2×45	POD	1 min	No sig. diff in 40 m sprint time (- 0.1%)	0.02
Fletcher and Jones (2004)	28	RC	10 min jog, 2 × 20 m sprints	20	POD	NR	Sig. ↓ in 20 m sprint velocity (- 1.2%)	0.24
Fletcher and Monte-Colombo (2010)	21	RC	5 min jog	2×15	POD	1 min	Sig. ↓ in CMJ (-3.4%) and DJ (- 4.9%)	0.37 0.48
Fortier et al. (2013)	15	RC	5 min warm-up with sub max contractions and repeated 15m runs	20	POD	NR	No sig. diff in isometric KE (0.7%), 15m sprint (-1.8%) or CMJ (-4.3%) compared to control	0.02 0.20 0.20
Fowles et al. (2000)	10	CC	None	13×135	POD	0 min	Sig. ↓ in isometric PF MVC (-28%)	NA
†Gavin and Morse (2009)	10	CC	NR	5×60	NR	NR	Sig. ↑ in isometric PF MVC (2.9%)	NA

Gohir et al. (2012)	20	RC	5 min cycle	2×30	NR	1 min	No sig. ↓ after 2×30 s in concentric KE at 60°·s ⁻¹ (1.7%) or 180°·s ⁻¹ (3.9%), or eccentric KE at 60°·s ⁻¹ (6.1%) or 180°·s ⁻¹ (1.7%)	0.06
				4×30			No sig. ↓ after 4×30 s in concentric KE at 60°·s ⁻¹ (1.4%) or 180°·s ⁻¹ (4.3%), or eccentric KE at 60°·s ⁻¹ (4.3%) or 180°·s ⁻¹ (6.5%).	0.12
				6×30			No sig. ↓ after 6×30 s in concentric KE at 60°·s ⁻¹ (1.3%) or 180°·s ⁻¹ (4.6%), or eccentric KE at 60°·s ⁻¹ (7.9%) or 180°·s ⁻¹ (2.5%)	0.16
								0.07
Goncalves et al. (2013)	27	CC	None	3×30	Pain	0 min	No sig. diff in KE or leg press compared to control (NA)	0.05
González-Ravé et al. (2009)	24	RC	5 min cycling	3×15	NR	NR	No sig. diff in SJ (11.1%) or CMJ height (3.1%)	0.14
Gurjão et al. (2009)	23	CC	None	3×30	POD	NR	Sig. diff in isometric KE MVC (-5.1%) compared to control	0.12
Haag et al. (2010)	12	CC	200m jog, 15 min throwing practice	30	POD	NR	No sig. diff in throwing velocity compared to control condition (1.5%)	0.18
Haghshenas et al. (2014)	32	RC	7 min jog	15	POD	NR	No sig. diff in CMJ (-1.6%) compared to control	0.20
Handrakis et al. (2010)	10	CC	None	3×30	POD	NR	No sig. diff in standing broad jump and single leg hop compared to control condition (-2%)	0.20
Herda et al. (2008)	14	CC	None	12×30	POD	4 min	Sig. ↓ in isometric KF MVC at 81° (-7.2%) and 101° (-15.9%), no sig. diff at 41° and 61° (mean = -11.6%)	0.20

Herda et al. (2009)	15	RC	None	9×135	POD	0 min	Sig. ↓ in isometric PF MVC (-10%)	NA
Herda et al. (2010)	11	RC	None	9×135	POD	0 min	Sig. ↓ in isometric PF MVC (-11%)	NA
†Herda et al. (2011)	17	CC	None	16×30	POD	0 min	Sig. ↓ in isometric KF MVC (-7.2%)	0.21
Holt and Lambourne (2008)	21	RC	5 min jog	3×5	POD	NR	No sig. diff in CMJ height (0%)	NA
#Hough et al. (2009)	11	RC	5 min cycle	30	POD	2 min	Sig. diff in SJ height (-4.2%)	NA
Kay and Blazeovich (2008)	7	RC	5 min jog	5 15 4×5 4×15	POD	1 min	No sig. diff in PF MVC after 5 s (-1.8%), 15 s (-3.8%), 4×5 s (-4.7%) Sig. ↓ after 4×15 s (-16.7%)	0.07 0.17 0.21 0.78
Kay and Blazeovich (2009a)	15	RM	5 min cycle	3×60	POD	2 min	Sig. ↓ in concentric PF MVC (-5%)	0.40
Kay and Blazeovich (2009b)	16	RM	5 min cycle	3×60	POD	2 min	No change in concentric PF MVC when stretch follows isometric contractions (NR)	NA
Kay and Blazeovich (2010)	18	RM	5 min cycle	3×60	POD	2 min	Sig. ↓ in concentric MVC at 90% ROM only (-5.8%)	0.81
Kistler et al. (2010)	18	CC	25 min warm-up incl. 800 m jog, dynamic movements that mimic sprinting, and hurdle mobility drills	3×30	POD	2 min	No sig. diff in 0-20m, 40-60m, 80-100m sprint times (mean = -0.3%) Sig. ↓ in 20-40m time (-1.4%)	0.17 0.42

Knudson et al. (2001)	20	CC	3 min cycle	3×15	Sens	NR	No sig. diff in vertical velocity compared to control condition (-3%)	0.31
Knudson and Noffal (2005)	35	CC	1 min of gradual swinging a tennis racket, 4 max grip strength contractions	10×10	POD	NR	Sig. ↓ in hand grip strength (-5.8%) compared to control after 40 s, no sig. diff after shorter durations (mean = -2.7%)	0.58 0.44
#Kokkonen et al. (1998)	30	CC	None	6×15	Pain	10 min	Sig. ↓ in concentric KF MVC (-7.3%) and concentric KE MVC (-8.1%)	NA
†Kubo et al. (2001)	7	RM	NR	10 min	NR	NR	No change in isometric PF MVC (-1.9%)	0.22
La Torre et al. (2010)	17	CC	8 min jog	4×30	POD	0 min	No sig. diff in SJ height (-2.6%), at 110°, 90° and 70° starting knee position, Sig. ↓ at 50° (-20.8%)	0.20 0.55
Leone et al. (2014)	10	RC	5 min row	2×30	Sens	None	Sig. ↓ in isometric bench press (-6%)	0.25
Little and Williams (2006)	18	RC	4 min jog, 4 min incremental intermittent sprint and agility runs	30	POD	1 min	No sig. diff in CMJ height (-2.5%), 10 m sprint (-1.1%), sig. faster rolling 20 m sprint (1.7%)	NA
†Maisetti et al. (2007)	11	RM	None	5×15	NR	NR	Sig. ↓ in isometric PF MVC (-8.5%)	0.55
Manoel et al. (2008)	12	RC	5 min cycle	3×30	POD	4 min	No sig. change in concentric KE force at 60°·s ⁻¹ (-1.8%) or 180°·s ⁻¹ (-3.9%)	0.09 0.18
†Marek et al. (2005)	19	CC	5 min cycle, 3 sub max contractions	16×30	POD	2 min	No sig. ↓ in isokinetic concentric KE force 60°·s ⁻¹ (-0.2%) or 300°·s ⁻¹ (mean = -1.7%)	0.01 0.04

McBride et al. (2007)	8	CC	5 min cycle	9×30	NR	0 min	No sig. diff in isometric KE 0 min post-stretch (-7.2%), or isometric squat (-4.2%) compared to control Sig. diff in isometric KE 1 min post stretch (-9.5%), no sig. diff in isometric squat (-2.8%) compared to control	0.31 0.24 0.40 0.16
McHugh and Nesse (2008)	10	CC	None	6×90	NR	1 min	Sig. ↓ in isometric KF (-7%), no diff in isokinetic concentric (1.1%) or eccentric (-1.4%) at 60°·s ⁻¹	NA 0.12 0.19
McHugh et al. (2013)	11	CC	None	5×60	POD	NR	Sig. ↓ in isometric KF at 100° (-13.4%) but no sig.diff at 40° (+7.4%)	NA NA
#McMillian et al. (2006)	30	RC	None	20	NR	2 min	No sig. diff in medicine ball throw (-1.4%) and sig. better 5-step distance (2.8%)	0.05 0.23
McNeal and Sands (2003)	13	CC	NR	3×30	POD	NR	Sig. diff in flight time for drop jump (-9.6%) compared to control condition	NA
Miyahara et al. (2013)	13	RC	None	5×45	Pain	NR	Sig. diff in isometric KF MVC (-6.9%)	0.44
#Molacek et al. (2010)	15	RC	5-10 reps 40-60% MVC	2×20 5×30	Sens	NR	No sig. diff in 1RM bench press after 2×20 s (0%) or 5×20 s (-1.2%)	0.0 0.11
Murphy et al. (2010a)	42	RM	5 min cycle	20	POD	NR	No sig. diff in CMJ height (1.2%)	0.15
Murphy et al. (2010b)	10	RC	None, or 5 min or 10 min jog	6×6	POD	1 min & 10 min	Sig. ↑ in CMJ height after 1 min (4.1%) and 10 min post stretch (1.6%)	0.38 0.25

†Nelson et al. (2001a)	55	RM	None	8×30	Pain	NR	No sig. diff in isometric KE MVC at 90°, 108°, 126° and 144° (NR), Sig. ↓ in MVC (-7%) at 162°	NA
†Nelson et al. (2001b)	15	RM	None	16×30	Pain	NR	No sig. diff at 3 faster velocities (NR), sig. ↓ in concentric KE MVC at 60°·s ⁻¹ (-7.2%) and 90°·s ⁻¹ (-4.5%)	NA 0.40 0.19
Nelson et al. (2005a)	16	CC	800m jog	4×30	POD	5-10 min	Sig. ↑ in 20 m sprint time (1.3%) compared to control	1.0
#Nelson et al. (2005b)	31	CC	None	6×15	NR	NR	Sig. diff in concentric KF MVC (-3.6%) and concentric KE MVC (-5.7%) compared to control	0.11 0.17
#O'Connor et al. (2006)	27	CC	5 min cycling	2×10	NR	5 min	Sig. diff (↑) in peak cycling power (5%)	NA
Ogura et al. (2007)	10	RC	None	30 60	Sens	2-3min	No sig. diff in isometric KF MVC after 30 s (-2%). Sig. diff in isometric KF MVC (-8.8%) after 60 s.	NA
Papadopoulos et al. (2005)	32	RC	5 min cycle	3×30	POD	NR	Sig. diff in isokinetic concentric KE MVC (-4.3% and -4.4%) and KF MVC (-5% and -4.3%) at 60°·s ⁻¹ and at 180°·s ⁻¹ (mean = -4.5%)	NA
#Papadopoulos et al. (2006)	10	CC	10 min jog	9×30	Pain	1 min	No sig. diff in isometric KE MVC (-1%) compared to control	0.03
Power et al. (2004)	12	CC	5 min cycle	6×45	Pain	0 min	No sig. diff in isometric KE MVC (-8.5%), no sig. diff in PF MVC (NR), SJ (-2%) or DJ height (-5.1%)	NA
Reis et al. (2013)	33	RC	None	3×30	Pain	0 min	No sig. ↓ in isometric KE (-0.4%)	0.01

Robbins and Scheuermann (2008)	20	CC	5 min cycle	2×15 4×15 6×15	POD	4 min	No sig. diff in CMJ after 2×15 s (-1%) or 4×15 s (-2.2%). Sig. ↓ after 6×15 s (-3.2%)	0.05 0.13 0.19
Rossi et al. (2010)	20	CC	3×10 reps 10% body mass	6×30 6×60	POD	1 min	Sig. ↓ in isometric KE MVC after 6×30 s (-4%) and 6×60 s (-8%)	NA NA
Ryan et al. (2008)	13	RC	None	4×30 8×30 16×30	POD	0 min	No sig. ↓ in isometric PF MVC after 4×30 s (-2%), 8×30 s (-4%) or 16×30 s (-6%) compared to control	0.07 0.15 0.21
#Samuel et al. (2008)	24	RC	5 min walk	3×30	Sens	30 s	No sig. diff in CMJ height (NR), isokinetic concentric KE or KF MVC at 60°·s ⁻¹ (NR). Sig. diff in power (-3.5%)	NA
Sayers et al. (2008)	20	CC	800m jog	3×30	POD	1 min	Sig. diff in 30m sprint time (-2%) compared to control	0.36
Sekir et al. (2010)	10	RC	5 min cycle	4×20	POD	NR	Sig. ↓ in concentric KE MVC at 60°·s ⁻¹ (-6.7%) and 180°·s ⁻¹ (-9%), KF at 60°·s ⁻¹ (-8%) and 180°·s ⁻¹ (-8%); in eccentric KE at 60°·s ⁻¹ (-9.9%) and 180°·s ⁻¹ (-9.9%) and KF at 60°·s ⁻¹ (-11.9%) and 180°·s ⁻¹ (-13.9%)	0.37 0.40 0.40 0.45 0.48 0.38 0.47 0.48
Siatras et al. (2008)	10	RC	5 min cycle	10 20 30 60	Pain	1-3 min	No sig. diff after 10 s (NR) and 20 s (NR). Sig. ↓ after 30 s in isometric (-8.5%) and isokinetic concentric KE MVC (-5.5%) at 60°·s ⁻¹ (-5.8%) at 180°·s ⁻¹	NA NA NA NA

								Sig. ↓ after 60 s in isometric (-16%) and isokinetic concentric KE MVC (-11.6%) at 60°·s ⁻¹ (-10%) at 180°·s ⁻¹	
#Sim et al. (2009)	13	RC	1000m jog	2×20	POD	3 min	No sig. diff in 20 m sprint time (-0.5%) compared to control	0.16	
#Torres et al. (2008)	11	RC	3 min jog	2×15	NR	5 min	No sig. diff in isometric bench press (3.2%), bench press throw (2.2%) or overhead throw (1%) compared to control	0.21 0.15 0.10	
Thigpen et al. (1989)	24	RC	None	90	POD	NR	No sig. diff in concentric KF MVC (-0.2%)	0.01	
Torres et al. (2009)	15	RM	None	3×10	Pain	20 min	Sig. ↓ in hand grip MVC (-6.7%)	1.62	
Unick et al. (2005)	16	RC	5 min jog	3×15	Sens	15 min	No difference in DJ (2.3%) or CMJ (1.4%) compared to control condition	0.05 0.09	
Vetter (2007)	26	RC	4 min walk, 2 min jog	2×30	NR	NR	Sig. diff in CMJ height (-0.8%); no sig. diff in 30 m sprint time (-1.0%)	0.25 0.10	
Viale et al. (2007)	8	CC	5 min cycle, 3 reps 50%MVC	9×45	NR	NA	Sig. ↓ in (-8%) isometric KE MVC	NA	
†Wallmann et al. (2005)	14	RM	5 min walk	3×30	POD	30 s	Sig. ↓ in CMJ height (-5.6%)	0.23	
Wallmann et al. (2008)	13	CC	5 min walk, 1.5 min hopping	3×30	Sens	30 s	No sig. ↓ in CMJ height (2.9%)	NA	
Weir et al. (2005)	15	RM	None	5×120	POD	4 min	Sig. ↓ in isometric PF MVC (-7.1%)	0.42	
Winchester et al. (2008)	22	CC	800m jog	3×30 s	POD	5 min	Sig. diff in 40 m sprint time (-1.7%) but no difference for 20 m	0.24 0.11	

							sprint time (-1%) compared to control.	
Winchester et al. (2009)	18	RC	None	30 2×30 3×30 4×30 5×30 6×30	POD	10 min	Sig. diff in concentric KF MVC after 30 s (-6.3%), 2×30 s (-5.7%), 3×30 s (-7.9%), 4×30 s (-10.2%), 5×30 s (12.1%), 6×30 s 12.4%)	0.19 0.17 0.23 0.30 0.32 0.35
Winke et al. (2010)	29	CC	5 min cycle	6×30	POD	3 min	No sig. ↓ in concentric KF MVC at 60°·s ⁻¹ (-7.7%) and 210°·s ⁻¹ (-6.9%) or eccentric KF at 60°·s ⁻¹ (-17.1%) and 210°·s ⁻¹ (-14.3%) compared to control	NA
Yamaguchi and Ishii (2005)	11	RC	None	30	NR	NR	No sig. ↓ in leg extension power (-5.1%)	0.04
Yamaguchi et al. (2006)	12	CC	None	24×30	NR	5 min	Sig. diff concentric peak power (-9%)	NA
Yapicioglu et al. (2013)	15	RC	15 min dynamic warm-up	8×30	Pain	None	No sig. ↓ in CMJ (-6.8%)	NA
#Young and Elliott (2001)	14	RC	5 min jog	3×15	Pain	4 min	No sig. diff in SJ height (-1.9%)	0.20
#Young and Behm (2003)	16	RC	None	4×30	POD	2 min	No sig. diff in SJ (-3.4%) or DJ (-3%) height compared to control	0.28 0.16
#Young et al. (2004)	16	CC	5 min jog	9×30	POD	NR	No sig. diff in foot speed (0.5%)	0.12
#Young et al. (2006)	20	RC	5 min jog	2×30 4×30 8×30	POD	2 min	No sig. diff after 2×30 s in concentric PF peak force (-0.3%) or DJ height (-1.7%), after 4×30 s in concentric PF peak force (-3%) or DJ height (-3.6%) or 8×30 s in	0.02 0.09 0.25 0.17 0.31

							concentric PF peak force (-3.4%) or DJ height (-6.1%)	0.33
Zakas et al. (2006a)	16	CC	5 min cycle	3×15 20×15	NR	0 min	No sig. ↓ in isokinetic concentric KE MVC after 3×15 s (mean = -0.8%). Sig. ↓ after 20×15 s at 30°·s ⁻¹ (-5.2%), 60°·s ⁻¹ (-5.8%), 120°·s ⁻¹ (-6.5%), 180°·s ⁻¹ (-8.4%) and at 300°·s ⁻¹ (-12.9%)	0.07 0.53
Zakas et al. (2006b)	14	CC	5 min cycle	30 10×30 16×30	POD	NR	No ↓ in isokinetic concentric KE torque (mean = -0.5%) after 30 s. Sig. ↓ after 10×30 s in isokinetic concentric KE torque at 60°·s ⁻¹ (-3.8%), 90°·s ⁻¹ (-4.9%), 150°·s ⁻¹ (-5.6%), 210°·s ⁻¹ (-5.3%) and at 270°·s ⁻¹ (-9.1%). Sig. ↓ after 16×30 s in isokinetic concentric KE torque at 60°·s ⁻¹ (-5.4%), 90°·s ⁻¹ (-6%), 150°·s ⁻¹ (7.1%), 210°·s ⁻¹ (-7%) and at 270°·s ⁻¹ (-8.8%)	0.04 0.38 0.51
Zakas et al. (2006c)	15	CC	5 min cycle	4×15 32×15	POD	NR	No sig. ↓ after 4×15 s in isokinetic concentric KE torque (mean = -0.3%). Sig. ↓ after 32×15 s in isokinetic concentric KE torque at 60°·s ⁻¹ (-5.5%), 90°·s ⁻¹ (-5.9%), 150°·s ⁻¹ (-7.2%), 210°·s ⁻¹ (-6.6%) and 270°·s ⁻¹ (-8.2%) respectively	0.02 0.49

Summary

	N	Study type	Warm-up	Stretch duration (min)	Stretch intensity	Intervention to post-test time (min)	Weighted effect and % change in performance	Weighted effect size
125 studies 270 findings	2226 total	RC 54	38 no warm-up		14 Pain 76 POD			
Weighted Means \pm SD	18.1 \pm 8.9	CC 56	69 CV or sub maximal contractions	3.2 \pm 3.9	9 Sens 26 NR	3.2 \pm 3.5	-3.4 \pm 5.9% (with 0s) -3.7 \pm 6.2% (no 0s)	0.18 \pm 0.29 (with 0s) 0.25 \pm 0.34 (no 0s)
95% Confidence Intervals (CI)	14.6, 21.6	RM15	18 CV and task specific combined	2.4, 4.0		2.5, 3.9	-2.7, -4.1% (with 0s) -3.0, -4.5% (no 0s)	0.14, 0.21 (with 0s) 0.20, 0.30 (no 0s)

- Alpkaya, U. and Koceja, D. 2007. The effects of acute static stretching on reaction time and force. *J Sports Med Phys Fit.* **47**: 147-50.
- Ayala, F., De Ste Croix, M., Sainz de Baranda, P., and Santonja, F. 2014. Acute effects of static and dynamic stretching on hamstrings' response times. *J. Sports Sci.* **32**: 817-25.
- Babault, N., Kouassi, B.Y.L. and Debrosses, K. 2010. Acute effects 15 min static stretch or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties. *J. Sci. Med. Sport.* **13**: 247-52.
- Bacurau, R.F., Monteiro, G.A., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Cabral, L.F., and Aoki, M.S. 2009. Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *J.Strength Cond.Res.* **23**: 304-308.
- Balle SS, Magnusson SP, McHugh MP. Effects of contract-relax versus static stretching on stretch-induced strength loss and length-tension relationship. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2015 **Jan 26**. doi: 10.1111/sms.12399. [Epub ahead of print]
- Barroso, R., Tricoli, V., Santos Gil, S.D., Ugrinowitsch, C., and Roschel, H. 2012. Maximal strength, number of repetitions, and total volume are differently affected by static-, ballistic-, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *J.Strength Cond.Res.* **26**: 2432-7.
- Bazett-Jones, D.M., Winchester, J.B. and McBride, J.M. 2005. Effect of potentiation and stretching on maximal force, rate of force development, and range of motion. *J.Strength Cond.Res.* **19**: 421-6.
- Beckett, J.R.J., Schneiker, K.T., Wallman, K.E., Dawson, B.T. and Guelfi, K.J. 2009. Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* **41**: 444-50.
- Beedle, B., Rytter, S.J., Healy, R.C., and Ward, T.R. 2008. Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength. *J.Strength Cond.Res.* **22**: 1838-1843.
- Behm, D.G., Bambury, A., Cahill, F. and Power, K. 2004. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Med. Sci. Sports Exerc.* **36**: 1397-402.
- Behm, D.G., Bradbury, E.E., Haynes, A.T., Hodder, J.N., Leonard, A.M. and Paddock, N.R. 2006. Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. *J. Sports Sci. Med.* **5**: 33-42.
- Behm, D.G., Button, D.C., and Butt, J.C. 2001. Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Can. J. Appl. Physiol.* **26**: 261-72.
- Behm, D.G. and Kibele, A. 2007. Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* **101**: 587-94.

- Behm, D.G., Plewe, S., Grage, P., Rabbani, A., Beigi, H.T., Byrne, J.M., and Button, D.C. 2011b. Relative static stretch-induced impairments and dynamic stretch-induced enhancements are similar in young and middle-aged men. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **36**: 790-7.
- Bishop, D.C. and Middleton, G. 2013. Effects of Static Stretching Following a Dynamic Warm-up on Speed, Agility and Power. *J Human Sport Exerc.* **8**: 391-400.
- Brandenburg, J.P. 2006. Duration of stretch does not influence the degree of force loss following static stretching. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **46**: 526-34.
- Brandenburg, J.P., Pitney, W.A., Luebbbers, P.E., Veera, A. and Czajka, A. 2007. Time course of changes in vertical-jumping ability after static stretching. *Int. J. Sports Physiol. Perf.* **2**: 170-81.
- Burkett, L.N., Phillips, W.T. and Ziuraitis, J. 2005. The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *J. Strength Cond. Res.* **19**: 673-6.
- Cannavan, D., Coleman, D.R. and Blazevich, A.J. 2012. Lack of effect of moderate-duration static stretching on plantar flexor force production and series compliance. *Clin. Biomech.* **27**: 306-12.
- Chaouachi, A., Castagna, C., Chtara, M., Brughelli, M., Turki, O., Galy, O., Chamari, K., and Behm, D.G. 2010. Effect of Warm-Ups Involving Static or Dynamic Stretching on Agility, Sprinting, and Jumping Performance in Trained Individuals. *J. Strength Cond. Res.* **24**: 2001-2011.
- Chtourou, H., Aloui, A., Hammouda, O., Chaouachi, A., Chamari, K. and Souissi, N. 2013. Effect of Static and Dynamic Stretching on the Diurnal Variations of Jump Performance in Soccer Players. *Plos One.* **8**: e70534.
- Church, J.B., Wiggins, M.S., Moode, E.M. and Crist, R. 2001. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *J Str Cond Res.* **15**: 332-6.
- Cornwell, A., Nelson, A.G., Heise, G.D. and Sidaway, B. 2001. Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. *J. Human Movement Studies* **40**: 307-24.
- Cornwell, A., Nelson, A., and Sidaway, B. 2002. Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur. J. Appl. Physiol.* **86**: 428-434.
- Costa, E.C., dos Santos, C.M., Prestes, J., da Silva, J. and Knackfuss, M.I. 2009. Acute effects of static stretching on the strength performance of jiu-jitsu athletes in horizontal bench press. *Fit. Perf. J.* **8**: 212-7.
- Costa, P.B., Ryan, E.D., Herda, T.J., DeFreitas, J.M., Beck, T.W. and Cramer, J.T. 2009. Effects of static stretching on the hamstrings-to-quadriceps ratio and electromyographic amplitude in men. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **49**: 401-9.
- Costa, P.B., Ryan, E.D., Herda, T.J., DeFreitas, J.M., Beck, T.W. and Cramer, J.T. 2009. Effects of stretching on peak torque and the H : Q ratio. *Int. J. Sports Med.* **30**: 60-5.
- Costa, P.B., Ryan, E.D., Herda, T.J., Walter, A.A., Defreitas, J.M., Stout, J.R. and Cramer, J.T. 2013. Acute effects of static stretching on peak torque and the hamstrings-to-quadriceps conventional and functional ratios. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* **23**: 38-45.
- Cramer, J.T., Beck, T.W., Housh, T.J., Massey, L.L., Marek, S.M., Danglemeier, S., Purkayastha, S., Culbertson, J.Y., Fitz, K.A., and Egan, A.D. 2007a. Acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle - torque relationship, surface electromyography, and mechanomyography. *J.Sports Sci.* **25**: 687-698.
- Cramer, J.T., Housh, T.J., Johnson, G.O., Miller, J.M., Coburn, J.W., and Beck, T.W. 2004. Acute effects of static stretching on peak torque in women. *J. Strength Cond. Res.* **18**: 236-241.
- Cramer, J.T., Housh, T.J., Johnson, G.O., Weir, J.P., Beck, T.W., and Coburn, J.W. 2007b. An acute bout of static stretching does not affect maximal eccentric isokinetic peak torque, the joint angle at peak torque, mean power, electromyography, or mechanomyography. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **37**: 130-139.
- Cramer, J.T., Housh, T.J., Weir, J.P., Johnson, G.O., Coburn, J.W., and Beck, T.W. 2005. The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *54. Eur. J. Appl. Physiol.* **93**: 530-539.
- Cramer, J.T., Housh, T.J., Coburn, J.W., Beck, T.W. and Johnson, G.O. 2006. Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women. *J. Strength Cond. Res.* **20**: 354-8.
- Cramer, J.T., Housh, T.J., Johnson, G.O., Weir, J.P., Beck, T.W. and Coburn, J.W. 2007. An acute bout of static stretching does not affect maximal eccentric isokinetic peak torque, the joint angle at peak torque, mean power, electromyography, or mechanomyography. *J. Ortho. Sports Phys Ther.* **37**: 130-9.
- Cronin, J., Nash, M. and Whatman, C. 2008. The acute effects of hamstring stretching and vibration on dynamic knee joint range of motion and jump performance. *Phys. Ther. Sport.* **9**: 89-96.
- Curry, B.S., Chengkalath, D., Crouch, G.J., Romance, M., and Manns, P.J. 2009. Acute effects of dynamic stretching, static stretching, and light aerobic activity on muscular performance in women. *J. Strength Cond. Res.* **23**: 1811-1819.

- De Paula, G.P., Koch, A.J., Cerqueira, M.S., Rocha, J.A.S., Borges, L.S., Schettino, L., Machado, M. and Pereira, R. 2012. Time course effect of static stretching on maximum grip strength. *J. Exerc. Physiol. Online*. **15**: 31-6.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Gallotta, M.C., Videira, M., Piazza, M. and Guidetti, L. 2010. Preexercise static stretching effect on leaping performance in elite rhythmic gymnasts. *J. Strength Cond. Res.* **24**: 1995-2000.
- Egan, A.D., Cramer, J.T., Massey, L.L. and Marek, S.M. 2006. Acute effects of static stretching on peak torque and mean power output in national collegiate athletic association division I women's basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **20**: 778-82.
- Evetovich, T.K., Cain, R.M., Hinnerichs, K.R., Engebretsen, B.J., Conley, D.S. 2010. Interpreting normalized and nonnormalized data after acute static stretching in athletes and nonathletes. *J. Strength Cond. Res.* **24**: 1988-94.
- Evetovich, T.K., Nauman, N.J., Conley, D.S., and Todd, J.B. 2003. Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions. *J. Strength Cond. Res.* **17**: 484-8.
- Favero, J., Midgley, A.W. and Bentley, D.J. 2009. Effects of an acute bout of static stretching on 40 m sprint performance: Influence of baseline flexibility. *Res. Sports. Med.* **17**: 50-60.
- Fletcher, I.M. and Jones, B. 2004. The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J. Strength Cond. Res.* **18**: 885-8.
- Fletcher, I.M. and Monte-Colombo, M.M. 2010. An investigation into the possible physiological mechanisms associated with changes in performance related to acute responses to different preactivity stretch modalities. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **35**: 27-34.
- Fortier, J., Lattier, G. and Babault, N. 2013. Acute effects of short-duration isolated static stretching or combined with dynamic exercises on strength, jump and sprint performance. *Sci. Sports.* **28**: 111-7.
- Fowles, J.R., Sale, D.G., and MacDougall, J.D. 2000. Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *J. Appl. Physiol.* **89**: 1179-1188.
- Funk, D.C., Swank, A.M., Mikla, B.M., Fagan, T.A. and Farr BK. 2003. Impact of prior exercise on hamstring flexibility: a comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *J. Strength Cond. Res.* **17**: 489-92.
- Gavin, J. and Morse, C. 2009. The acute effects of static and dynamic stretching on passive torque, maximal voluntary contraction and range of motion in the plantar flexors. *SportEX Dyna.* **21**: 18-23.
- Gohir, S.A., Kozub, F.M. and Donnelly, A. 2012. Does Acute Static Stretching Reduce Muscle Power? *J. Physiother. Sports Med.* **1**: 104-14.
- Gonçalves, R., Gurjão A.L.D., Filho J.C.J., Farinatti P.T.V., Gobbi, L.T.B. and Gobbi, S. 2013. The acute effects of static stretching on peak force, peak rate of force development and muscle activity during single- and multiple-joint actions in older women. *J. Sports Sci.* **31**: 690-8.
- González-Ravé, J.M., Machado, L., Navarro-Valdivielso, F. and Vilas-Boas, J.P. 2009. Acute effects of heavy-load exercises, stretching exercises, and heavy-load plus stretching exercises on squat jump and countermovement jump performance. *J. Strength Cond. Res.* **23**: 472-9.
- Gurjão, A.L.D., Gonçalves, R., De Moura, R.F. and Gobbi, S. 2009. Acute effects of static stretching on rate of force development and maximal voluntary contraction in older women. *J. Strength Cond. Res.* **23**: 2149-54.
- Haag, S.J., Wright, G.A., Gillette, C.M. and Greany, J.F. 2010. Effects of acute static stretching of the throwing shoulder on pitching performance of national collegiate athletic association division III baseball players. *J. Strength Cond. Res.* **24**: 452-7.
- Haghshenas, R., Taleb-Beydokhti, I. and Avandi, S.M. 2014. Acute effect of different warm-up stretch protocols on vertical jump performance in volleyball players. *Int. J. Sport Studies* **4**: 907-13.
- Handrakis, J.P., Southard, V.N., Abreu, J.M., Aloisa, M., Doyen, M.R., Echevarria, L.M., Hwang, H., Samuels, C., Venegas, S.A. and Douris, P.C. 2010. Static stretching does not impair performance in active middle-aged adults. *J. Strength Cond. Res.* **24**: 825-30.
- Herda, T.J., Cramer, J.T., Ryan, E.D., McHugh, M.P., and Stout, J.R. 2008. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *J. Strength Cond. Res.* **22**: 809-817.
- Herda, T.J., Costa, P.B., Walter, A.A., Ryan, E.D., Hoge, K.M., Kerksick, C.M., Stout, J.R., and Cramer, J.T. 2011. The Effects of Two Modes of Static Stretching On Muscle Strength and Stiffness. *Med. Sci. Sports Exerc.* **43**(9): 1777-1784.

- Herda, T.J., Ryan, E.D., Smith, A.E., Walter, A.A., Bembem, M.G., Stout, J.R. and Cramer, J.T. 2009. Acute effects of passive stretching vs vibration on the neuromuscular function of the plantar flexors. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. **19**: 703-13.
- Herda, T.J., Ryan, E.D., Costa, P.B., Walter, A.A., Hoge, K.M., Uribe, B.P., McLagan, J.R., Stout, J.R. and Cramer, J.T. 2010. Acute effects of passive stretching and vibration on the electromechanical delay and musculotendinous stiffness of the plantar flexors. *Electromyogr. Clin. Neuro*. **50**: 277-88.
- Holt, B.W. and Lambourne, K. 2008. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *J Str Cond Res*. **22**: 226-9.
- Hough, P.A., Ross, E.Z., and Howatson, G. 2009. Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *J.Strength Cond.Res*. **23**: 507-512.
- Kay, A.D. and Blazeovich, A.J. 2008. Reductions in active plantar flexor moment are significantly correlated with static stretch duration. *Eur. J. Sport Sci*. **8**: 41-6.
- Kay, A.D. and Blazeovich, A.J. 2009a. Moderate-duration static stretch reduces active and passive plantar flexor moment but not Achilles tendon stiffness or active muscle length. *J. Appl. Physiol*. **106**: 1249-56.
- Kay, A.D. and Blazeovich, A.J. 2009b. Isometric contractions reduce plantar flexor moment, Achilles tendon stiffness and neuromuscular activity but remove the subsequent effects of stretch. *J. Appl. Physiol*. **107**: 1181-9.
- Kay, A.D. and Blazeovich, A.J. 2010. Concentric muscle contractions before static stretching minimize, but do not remove, stretch-induced force deficits. *J. Appl. Physiol*. **108**: 637-45.
- Kistler, B.M., Walsh, M.S., Horn, T.S. and Cox, R.H. 2010. The acute effects of static stretching on the sprint performance of collegiate men in the 60- and 100-m dash after a dynamic warm-up. *J.Strength Cond.Res*. **24**:2280-4.
- Knudson, D., Bennett, K., Corn, R., Leick, D. and Smith, C. 2001. Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. *J.Strength Cond.Res*. **15**: 98-101.
- Knudson, D. and Noffal, G. 2005. Time course of stretch-induced isometric strength deficits. *Eur. J. Appl. Physiol*. **94**: 348-51.
- Kokkonen, J., Nelson, A.G. and Cornwell, A. 1998. Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Res. Q. Sport Exerc*. **69**: 411-5.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y. and Fukunaga, T. 2001. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J. Appl. Physiol*. **90**: 520-7.
- La Torre, A., Castagna, C., Gervasoni, E., Cè, E., Rampichini, S., Ferrarin, M. and Merati, G. 2010. Acute effects of static stretching on squat jump performance at different knee starting angles. *J.Strength Cond.Res*. **24**: 687-94.
- Leone, D.C.P.G., Pezarat, P., Valamatos, M.J., Fernandes, O., Freitas, S. and Moraes, A.C. 2014. Upper body force production after a low-volume static and dynamic stretching. *Eur. J. Sport Sci*. **14**: 69-75.
- Little, T. and Williams, A.G. 2006. Effects of different stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J.Strength Cond.Res*. **20**: 203-7.
- Mair, S.D., Seaber, A.V., Glisson, R.R. and Garrett, W.E. 1996. The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury. *Am J Sports Med*. **24**: 137-43.
- Maisetti, O., Sastre, J., Lecompte, J. and Portero, P. 2007. Differential effects of an acute bout of passive stretching on maximal voluntary torque and the rate of torque development of the calf muscle-tendon unit. *Isokin. Exerc.Sci*. **15**: 11-7.
- Manoel, M.E., Harris-Love, M.O., Danoff, J.V., and Miller, T.A. 2008. Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *J.Strength Cond.Res*. **22**: 1528-1534.
- Marek, S.M., Cramer, J.T., Fincher, A.L., Massey, L.L., Dangelmaier, S.M., Purkayastha, S., Fitz, K.A., and Culbertson, J.Y. 2005. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *J. Athl. Train*. **40**: 94-103.
- McBride, J.M., Deane, R., and Nimphius, S. 2007. Effect of stretching on agonist-antagonist muscle activity and muscle force output during single and multiple joint isometric contractions. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **17**: 54-60.
- McHugh, M. and Nesse, M. 2008. Effects of stretch on strength loss and pain after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*. **40**: 566-73.
- McHugh MP, Tallent J, Johnson CD. The role of neural tension in stretch-induced strength loss. *J.Strength Cond.Res*. 2013 May; **27**(5):1327-32.
- McMillian, D.J., Moore, J.H., Hatler, B.S. and Taylor, D.C. 2006. Dynamic vs. static-stretching warm up: The effect on power and agility performance. *J.Strength Cond.Res*. **20**: 492-9.
- McNeal, J.R. and Sands, W.A. 2003. Acute static stretching reduces lower extremity power in trained children. *Ped Exerc Sci*. **15**: 139-45.

- Miyahara, Y., Naito, H., Ogura, Y., Katamoto, S., and Aoki, J. 2013. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and static stretching on maximal voluntary contraction. *J.Strength Cond.Res.* **27**: 195-201.
- Molacek, Z.D., Conley, D.S., Evetovich, T.K. and Hinnerichs, K.R. 2010. Effects of low- and high-volume stretching on bench press performance in collegiate football players. *J.Strength Cond.Res.* **24**: 711-6.
- Murphy, J.C., Nagle, E., Robertson, R.J. and McCrory, J.L. 2010a. Effect of single set dynamic and static stretching exercises on jump height in college age recreational athletes. *Int. J. Exerc.Sci.* **3**: 214-24.
- Murphy, J.R., Di Santo, M.C., Alkanani, T. and Behm, D.G. 2010b. Aerobic activity before and following short-duration static stretching improves range of motion and performance vs. a traditional warm-up. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **35**: 679-90.
- Nelson, A.G., Allen, J.D., Cornwell, A., and Kokkonen, J. 2001a. Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint-angle specific. *Res. Quart. Exerc. Sport* **72**: 68-70.
- Nelson, A.G., Guillory, I.K., Cornwell, C., and Kokkonen, J. 2001b. Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity-specific. *J.Strength Cond.Res.* **15**: 241-6.
- Nelson, A.G., Driscoll, N.M., Landin, D.K., Young, M.A. and Schexnayder, I.C. 2005. Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *J. Sports Sci.* **23**: 449-54.
- Nelson, A.G., Kokkonen, J. and Eldredge, C. 2005. Strength inhibition following an acute stretch is not limited to novice stretchers. *Res. Quart. Exerc. Sport* **76**: 500-6.
- O'Connor, D.M., Crowe, M.J. and Spinks, W.L. 2006. Effects of static stretching on leg power during cycling. *J Sports Med Phys Fit.* **46**: 52-6.
- Ogura, Y., Miyahara, Y., Naito, H., Katamoto, S. and Aoki, J. 2007. Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. *J.Strength Cond.Res.* **21**: 788-92.
- Papadopoulos, C., Kalapotharakos, V.I., Nossios, G., Meliggas, K. and Gantiraga, E. 2006. The effect of static stretching on maximal voluntary contraction and force-time curve characteristics. *J. Sports Rehab.* **15**: 185-94.
- Papadopoulos, G., Siatras, T., and Kellis, S. 2005. The effect of static and dynamic stretching exercises on the maximal isokinetic strength of the knee extensors and flexors. *Isokin. Exerc. Sci.* **13**: 285-291.
- Power, K., Behm, D., Cahill, F., Carroll, M., and Young, W. 2004. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* **36**: 1389-96.
- Reis, E.F.S., Pereira, G.B., De Sousa, N.M.F., Tibana, R.A., Silva, M.F., Araujo, M., Gomes, I. and Prestes, J. 2013. Acute effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching on maximal voluntary contraction and muscle electromyographical activity in indoor soccer players. *Clin. Physiol. Funct. Imag.* **33**: 418-22.
- Robbins, J.W. and Scheuermann, B.W. 2008. Varying amounts of acute static stretching and its effect on vertical jump performance. *J.Strength Cond.Res.* **22**: 781-6.
- Rossi, L.P., Pereira, R., Simão, R., Brandalize, M. and Gomes, A.R.S. 2010. Influence of static stretching duration on quadriceps force development and electromyographic activity. *Human Movement.* **11**: 137-43.
- Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Costa PB, Defreitas JM, Stout JR, Cramer JT. 2008. The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2008a; **38**: 632-639.
- Samuel, M.N., Holcomb, W.R., Guadagnoli, M.A., Rubley, M.D., and Wallmann, H. 2008. Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power. *J.Strength Cond.Res.* **22**: 1422-1428.
- Sayers, A.L., Farley, R.S., Fuller, D.K. and Jubenville, C.B. 2008. The effect of static stretching on phases of sprint performance in elite soccer players. *J.Strength Cond.Res.* **22**: 1416-21.
- Siatras, T.A., Mittas, V.P., Mameletzi, D.N. and Vamvakoudis, E.A. 2008. The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. *J.Strength Cond.Res.* **22**: 40-6.
- Sim, A.Y., Dawson, B.T., Guelfi, K.J., Wallman, K.E. and Young, W.B. 2009. Effects of static stretching in warm-up on repeated sprint performance. *J.Strength Cond.Res.* **23**: 2155-62.
- Thigpen LK. 1989. Effects of statically performed toe touch stretches on torque production of the hamstrings and quadriceps muscle groups. *J. Human Mov. Studies.* **17**: 71-88.
- Torres, J.B., Conceição, M.C.S.C., Sampaio, A.O. and Dantas, E.H.M. 2009. Acute effects of static stretching on muscle strength. *Biomed. Human Kinetics.* **1**: 52-5.

- Unick, J., Kieffer, H.S., Cheesman, W., and Feeney, A. 2005. The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women 41. *J.Strength Cond.Res.* **19**: 206-212.
- Vetter, R.E. (2007). Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *J.Strength Cond.Res.* **21**: 819-823.
- Viale, F., Nana-Ibrahim, S. and Martin, R.J.F. 2007. Effect of active recovery on acute strength deficits induced by passive stretching. *J.Strength Cond.Res.* **21**: 1233-7.
- Wallmann, H.W., Mercer, J.A. and McWhorter, J.W. 2005. Surface electromyographic assessment of the effects of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. *J.Strength Cond.Res.* **19**: 684-8.
- Wallmann, H.W., Mercer, J.A., and Landers, M.R. 2008. Surface electromyographic assessment of the effect of dynamic activity and dynamic activity with static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. *J.Strength Cond.Res.* **22**: 787-93.
- Weir, D.E., Tingley, J., and Elder, G.C.B. 2005. Acute passive stretching alters the mechanical properties of human plantar flexors and the optimal angle for maximal voluntary contraction. *Eur.J. Appl. Physiol.* **93**: 614-623.
- Winchester, J.B., Nelson, A.G., Landin, D., Young, M.A. and Schexnayder, I.C. 2008. Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes. *J.Strength Cond.Res.* **22**: 13-8.
- Winchester, J.B., Nelson, A.G. and Kokkonen, J. 2009. A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary stretch. *Res. Quart. Exerc. Sport* **80**: 257-61.
- Winke, M.R., Jones, N.B., Berger, C.G. and Yates, J.W. 2010. Moderate static stretching and torque production of the knee flexors. *J.Strength Cond.Res.* **24**: 706-10.
- Yamaguchi, T. and Ishii, K. 2005. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *J.Strength Cond.Res.* **19**: 677-683.
- Yamaguchi, T., Ishii, K., Yamaga, M. and Yasuda, K. 2006. Acute effect of static stretching on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *J.Strength Cond.Res.* **20**: 804-10.
- Yapicioglu, B., Colakoglu, M., Colakoglu, Z., Gulluoglu, H., Bademkiran, F. and Ozkaya, O. 2013. Effects of a dynamic warm-up, static stretching or static stretching with tendon vibration on vertical jump performance and EMG responses. *J. Human Kinetics.* **39**: 49-57.
- Young, W.B. and Behm, D.G. 2003. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **43**: 21-7.
- Young, W.B., Clothier, P., Otago, L., Bruce, L. and Liddel, D. 2004. Acute effects of static stretching on hip flexor and quadriceps flexibility, range of motion and foot speed in kicking a football. *J. Sci. Med. Sport.* **7**: 23-31.
- Young, W.B., Elias, G. and Power, J. 2006. Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **46**: 403-11.
- Young, W. and Elliott, S. 2001. Acute effects on static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Res. Quart. Exerc. Sport* **72**: 273-279.
- Zakas, A., Doganis, G., Galazoulas, C. and Vamvakoudis, E. 2006. Effect of acute static stretching duration on isokinetic peak torque in pubescent soccer players. *Ped. Exerc.Sci.* **18**: 252-61.
- Zakas, A., Doganis, G., Papakonstandinou, V., Sentelidis, T., Vamvakoudis, E. 2006. Acute effects of static stretching duration on isokinetic peak torque production of soccer players. *J. Bodywork Movement Ther.* **10**: 89-95.
- Zakas, A., Galazoulas, C., Doganis, G. and Zakas, N. 2006. Effect of two acute static stretching durations of the rectus femoris muscle on isokinetic peak torque in professional soccer players. *Isokin. Exerc.Sci.* **14**: 357-62.

ANEXO VIII – INFORMACIÓN ESTUDIO I

Efectos agudos del calentamiento en estudiantes

Objetivo: Averiguar los efectos agudos de diferentes protocolos de calentamiento, sobre el rendimiento en una serie de *press* de banca al fallo.

Diseño:

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Sesión familiarización	1RM	Test 1	Test 2	Test 3
Durante las tres sesiones de test se llevaron a cabo los 3 tratamientos, aplicados de forma aleatoria, seguidos un test de máximas repeticiones en <i>press</i> banca al 60% del 1RM				

Descripción:

La fase experimental se llevará a cabo durante un periodo de 5 semanas con una sesión cada semana (por sujeto), desarrollándose en el gimnasio de la Universidad Europea Miguel de Cervantes (Valladolid).

Durante las dos primeras sesiones donde se valorará la fuerza máxima en *press* banca (1RM) y se llevará a cabo la familiarización con los protocolos de calentamiento y la plataforma de vibraciones.

Durante las tres siguientes sesiones; se llevaran a cabo tres protocolos de calentamiento previos a una serie al fallo en *press* banca (60%). En dichas sesiones, tras una fase de calentamiento general y común a los tres protocolos, los sujetos realizarán uno de los siguientes tres tratamientos:

- Estiramientos (EE).
- Estiramientos con vibraciones superpuestas (EE+WBV).
- Vibraciones (WBV).

Los participantes llevarán el mismo calzado deportivo durante todas las sesiones.

Pruebas valoración:

Se llevará a cabo serie al fallo al 60% 1RM en press banca/ remo horizontal tumbado.



Contraindicaciones:

Durante este estudio se utilizará la plataforma de vibraciones, por lo que esta actividad está contraindicada en los siguientes casos¹⁸²:

- Contraindicaciones absolutas:
 - Enfermedades agudas / Procesos inflamatorios.
 - Personas con marcapasos.
 - Trombosis aguda.
 - Heridas no cicatrizadas tras una operación o intervención quirúrgica.
 - Embarazo.
 - Fase avanzada de osteoporosis.
- Contraindicaciones relativas:
 - Migraña.
 - Hernia aguda, discopatía, espondilosis.
 - Enfermedad cardiovascular.
 - Llevar DIU, clavos, tornillos o placas colocados recientemente.
 - Piedras en la vesícula o el riñón.
 - Prótesis de articulaciones sintéticas.

Riesgos:

Si presenta algún caso de los anteriores puede tener riesgo de alguna contraindicación.

Posibilidad de aparición de agujetas.

Beneficios:

Evaluación de la fuerza tren superior.

Trabajo con la plataforma de vibraciones.

Formar parte de un estudio.

La participación será voluntaria y en cualquier momento el sujeto puede abandonar la participación en esta investigación.

¡GRACIAS POR PARTICIPAR!

ANEXO IX - CONSENTIMIENTO INFORMADO ESTUDIO I

Efectos agudos del calentamiento en estudiantes

Yo, _____ con DNI _____, certifico que he sido informado adecuadamente sobre este estudio, conociendo sus riesgos y beneficios, pudiendo realizar todas las preguntas planteadas. Estando en conocimiento de que puedo dar por terminada mi participación en cualquier momento si lo considerase oportuno, hago constar que me presto voluntariamente a formar parte en esta investigación.

Y para que así conste,

Firmo el presente documento en Valladolid ___ de _____ 2011.

FDO:

ANEXO X – INFORMACION ESTUDIO II

Efectos agudos del calentamiento en piragüistas.

Objetivo: Averiguar los efectos agudos de diferentes protocolos de calentamiento, sobre el rendimiento en una serie de *press* de banca y esprín 12 m, en piragüistas de élite.

Diseño:

Semana 1 -2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
Sesión familiarización	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
+ 1RM				
Durante las ocho sesiones de test se llevarán a cabo los 4 tratamientos, aplicados de forma aleatoria, seguidos un test de máximas repeticiones en <i>press</i> banca al 60% del 1RM.				

Semana 7	Semana 8
Test 5	Test 7
Test 6	Test 8
Durante las cuatro sesiones de test se llevaron a cabo los 4 tratamientos, aplicados de forma aleatoria, seguidos de 3 espríns 12m en k1.	

Descripción:

Serán 10 sesiones (1-2 por semana), se llevarán a cabo en el centro de tecnificación de piragüismo de Castilla y León y en el gimnasio de la UEMC.

- La primera – segunda sesión será de familiarización con los protocolos de calentamiento, plataforma de vibración y medición 1RM en press banca.
- La tercera – decima sesión serán sesiones de realización de test (estarán separadas entre sí al menos 48/72h y preferentemente a la misma hora).

Los participantes llevarán el mismo calzado deportivo durante todas las sesiones.

Pruebas valoración:

Se llevará a cabo serie al fallo al 60% 1RM en press banca.



Esrín 12m en la balsa del centro de tecnificación.

Contraindicaciones:

Durante este estudio se utilizará la plataforma de vibraciones, por lo que esta actividad está contraindicada en los siguientes casos¹⁸²:

- Contraindicaciones absolutas:
 - Enfermedades agudas / Procesos inflamatorios.
 - Personas con marcapasos.
 - Trombosis aguda.
 - Heridas no cicatrizadas tras una operación o intervención quirúrgica.
 - Embarazo.
 - Fase avanzada de osteoporosis.
- Contraindicaciones relativas:

- Migraña.
- Hernia aguda, discopatía, espondilosis.
- Enfermedad cardiovascular.
- Llevar DIU, clavos, tornillos o placas colocados recientemente.
- Piedras en la vesícula o el riñón.
- Prótesis de articulaciones sintéticas.

Riesgos:

Si presenta algún caso de los anteriores puede tener riesgo de alguna contraindicación.

Posibilidad de aparición de agujetas.

Beneficios:

Evaluación de la fuerza tren superior y salidas 12m.

Trabajo con la plataforma de vibraciones.

Formar parte de un estudio.

La participación será voluntaria y en cualquier momento el sujeto puede abandonar la participación en esta investigación.

¡GRACIAS POR PARTICIPAR!

ANEXO XI – CONSENTIMIENTO INFORMADO ESTUDIO II

Efectos agudos del calentamiento en piragüistas.

Yo, _____ con DNI _____, certifico que he sido informado adecuadamente sobre este estudio, conociendo sus riesgos y beneficios, pudiendo realizar todas las preguntas planteadas. Estando en conocimiento de que puedo dar por terminada mi participación en cualquier momento si lo considerase oportuno, hago constar que me presto voluntariamente a formar parte en esta investigación.

Y para que así conste,

Firmo el presente documento en Valladolid ___ de _____ 2012.

FDO:

ANEXO XII – PROYECTO PERMISO INVESTIGACIÓN EN EL CENTRO MUNDIAL DE CICLISMO (AIGLE, SUIZA) Y USO DE LA PLATAFORMA DE VIBRACIONES POWERPLATE (ZURICH, SUIZA)

Research Project:

ACUTE EFFECTS OF DIFFERENTS WARM-UP PROTOCOLS IN LEG PRESS AND ESPRÍN. CYCLISTS

July - August, 2013

Esperanza Martín Santana



Research Project: ACUTE EFFECTS OF DIFFERENTS WARM-UP PROTOCOLS IN LEG PRESS AND ESPRÍN.

Researchers:

Dr. David García López.

Dean of the “Universidad Europea Miguel de Cervantes”, Valladolid, Spain.

Thesis Director.

Esperanza Martín Santana.

PhD student.

Lecturer at “Universidad Pontificia de Salamanca”, Salamanca, Spain.

Alejandro González-Tablas Nieto.

Student of Sport and Exercise Sciences degree.

Road Coach World Cycling Centre.

Purpose of the study

The purpose of this study is to compare the acute effects of different warm-up protocols using static stretching (S), whole body vibration platform (V), static stretching over performance (SV) and control group (C) on a leg press set to failure and a esprín.

This study has been done with elite kayakers in Spain and with non-elite students. We will compare the results between the different warm-up protocols and between groups.

Methodology:

Experimental Approach to the Problem

Group 1: Strength

After maximal strength (1RM) test, all of them performed, on four different days, one set of maximal number of repetitions with a submaximal load (60% of 1RM) preceded by four different warm-up treatments: S (low-body static stretches during 4min), V (whole body vibration on squat position during 4min 30s, frequency 50Hz and amplitude 2mm), SV (same stretches used in treatment E plus the same vibratory stimuli applied in the V treatment) and C (control protocol). Performance of the leg press set is going to be measured through number of repetitions achieved, mean and maximal velocity of the barbell, mean and maximal accelerative portion of the concentric phase, mean and maximal acceleration through the set and number of repetition in which a significant velocity took place.

Total sessions needed (each subject): 5 (2 weeks)

Group 2: Esprín

During four sessions, the subjects will perform a 30 s esprín, preceded by the same four warm-up treatments.

Performance of esprín is going to be measured through the SRM parameters and time.

Total sessions needed (each subject): 4 (2 weeks)

Subjects

2 groups are needed for this study, 10-15 subjects in each group.

All subjects are going to be informed of the purposes and possible risks before providing written consent to participate. The study has been conducted according to the Declaration of Helsinki and approved by the University's Committee on Human Research.

Instruments

- Vibration Platform (provided during 2 weeks by PowerPlate)
- Rotatory Encoder (UEMC, Valladolid, Spain)
- Leg-press (WCC)
- SRM (WCC)
- Bikes (WCC)

Facilities:

- WCC gym.

Test schedule at WCC:

Calendar:

		JULY - AUGUST 2013						
		L	M	X	J	V	S	D
TRACK		8	9	10	11	12	13	14
		15	16	17	18	19	20	21
		22	23	24	25	26	27	28
		29	30	31	1	2	3	4
		5	6	7	8	9	10	11
		12	13	14	15	16	17	18
BMX		19	20	21	22	23	24	25
		26	27	28	29	30	31	1

Each subject will need 4-5 sessions.

Each session is 15' aprox.

ANEXO IX– CONSENTIMIENTO INFORMADO ESTUDIO III

Effects of lower body stretch on vibration platform during a warm-up, in leg press and esprín 30''

I, _____ coach of the group _____, certify that I have been adequately informed about the study, knowing the risks and benefits, and can perform all the exercises raised. All the riders know that they can finish their participation at any time if they consider it appropriate; I declare that they can take part in this research.

And, in recognition whereof,

I sign this document in Aigle, July 2013.

Signed:

REFERENCIAS

1. Rodríguez O. *Educación Física*. Lima: Abedul; 2003.
2. RAE. Diccionario de la lengua española. *Diccionario de la lengua española*: Real Academia Española; 2016.
3. Grosser M. *Gelenksbeweglichkeit und Aufwarmeffect*. : Leistungs Sport; 1972.
4. Hedrick A. Physiological responses to warm-up. *National Strength & Conditioning Association Journal*. 1992;14(5):25-27.
5. Álvarez del Villar C. *La preparación física del fútbol basada en el atletismo*. Madrid: Gymnos; 1987.
6. Thomas M. The functional warm-up. *Nat Strength Cond J*. 2000;22(2):51-53.
7. Vaquera A, Calleja J, Rodríguez JA, Lekue J, Leibar X. Propuesta de calentamiento competitivo para baloncesto de alto nivel. *RendimientoDeportivo.com*. 2002.
8. Koch AJ, O'Bryant HS, Stone ME, et al. Effect of warm-up on the standing broad jump in trained and untrained men and women. *J Strength Cond Res*. Nov 2003;17(4):710-714.
9. Blázquez Sánchez D. *El calentamiento: Una vía para a autogestión de la actividad física*. Barcelona: INDE; 2004.
10. Calleja J, Vaquera A, Lekue J, Leibar X, Terrados N. Calentamiento y vuelta a la calma en el baloncesto. . In: Terrados Cepeda N, Calleja González J, eds. *Fisiología, entrenamiento y medicina del baloncesto*. . Barcelona: Paidotribo; 2008.
11. Bernal Ruiz JA, Plaza Martínez E. *El calentamiento y la adaptación del organismo al esfuerzo en la educación física y el deporte*. Sevilla: Wanceulen; 2008.
12. Fradkin AJ, Zazryn TR, Smoliga JM. Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res*. Jan 2010;24(1):140-148.
13. Safran MR, Seaber AV, Garrett WE, Jr. Warm-up and muscular injury prevention. An update. *Sports Med*. Oct 1989;8(4):239-249.
14. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol*. Nov 2011;111(11):2633-2651.
15. Washif J-A, Kok L-Y, Chee C-S, Tan ECH. Effects of Static, Dynamic, and Combined Static-Dynamic Stretching on Sprint Performance, Reaction Time, and Power Production in Sprinters. *Journal of Australian Strength and Conditioning*. 2015;23(3):9-15.
16. Freiwald J. *El calentamiento en el deporte: como calentar y recuperar antes y después del esfuerzo*. Barcelona: Hispano Europea; 1996.
17. Chatzopoulos DE, Yiannakos A, Kotzamanidou M, Bassa E. Warm-up Protocols for High School Students. *Percept Mot Skills*. Aug 2015;121(1):1-13.
18. Perrier ET, Pavol MJ, Hoffman MA. The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *J Strength Cond Res*. Jul 2011;25(7):1925-1931.
19. Mora JG. *Bases del acondicionamiento físico*. Madrid: Wanceulen; 2007.
20. Bishop D. Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med*. 2003;33(7):483-498.

21. Bishop D. Physiological predictors of flat-water kayak performance in women. *Eur J Appl Physiol*. May 2000;82(1-2):91-97.
22. Mujika I, de Txabarri RG, Maldonado-Martin S, Pyne DB. Warm-up intensity and duration's effect on traditional rowing time-trial performance. *Int J Sports Physiol Perform*. Jun 2012;7(2):186-188.
23. Tomaras EK, MacIntosh BR. Less is more: standard warm-up causes fatigue and less warm-up permits greater cycling power output. *J Appl Physiol (1985)*. Jul 2011;111(1):228-235.
24. Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, et al. Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *J Strength Cond Res*. Aug 2010;24(8):2001-2011.
25. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Med*. Nov 2015;45(11):1523-1546.
26. Shellock FG, Prentice WE. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Med*. 1985 Jul-Aug 1985;2(4):267-278.
27. Bishop D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med*. 2003;33(6):439-454.
28. Brunner-Ziegler S, Strasser B, Haber P. Comparison of metabolic and biomechanic responses to active vs. passive warm-up procedures before physical exercise. *J Strength Cond Res*. Apr 2011;25(4):909-914.
29. Berdejo-del-Fresno D. Calentamiento competitivo en baloncesto: revisión bibliográfica y propuesta. 2011;7(2):16.
30. Torres EM, Kraemer WJ, Vingren JL, et al. Effects of stretching on upper-body muscular performance. *J Strength Cond Res*. Jul 2008;22(4):1279-1285.
31. Solana M. Los estiramientos: apuntes metodológicos para su aplicación. *Aloma: revista de psicología, ciències de l'educació i de l'esport Blanquerna* 2007;21:203-221.
32. Anderson B, ed *Estirándose*: RBA Libros; 2010.
33. Delavier F, Clémenceau JP, Gundill M. *Guía de estiramientos*. Barcelona: Editorial Hispano Europea; 2011.
34. Morán Ó, ed *Enciclopedia de ejercicios de estiramientos*: Pila Teleña Editorial; 2009.
35. Molacek ZD, Conley DS, Evetovich TK, Hinnerichs KR. Effects of low- and high-volume stretching on bench press performance in collegiate football players. *J Strength Cond Res*. Mar 2010;24(3):711-716.
36. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*. Oct 1997;77(10):1090-1096.
37. Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc*. Aug 2004;36(8):1389-1396.
38. Smith CA. The warm-up procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. *J Orthop Sports Phys Ther*. Jan 1994;19(1):12-17.
39. Martins A, Paz G, Vigário P, Costa e Silva G, Maia M, Miranda H. Static Stretching Volume is Associated with Maximal Repetition Performance. *Journal of Exercise Physiology*. 2014;17(6):24-33.

40. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* Jun 1998;30(6):975-991.
41. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* Jul 2011;43(7):1334-1359.
42. Knudson DV, Magnusson P, McHugh M. Current Issues in Flexibility Fitness. *President's Council on Physical Fitness and Sports: Research Digest.* 2000;3(10):1-6.
43. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports.* Apr 2010;20(2):169-181.
44. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab.* Jan 2016;41(1):1-11.
45. Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol (1985).* Sep 2000;89(3):1179-1188.
46. Lieber RL, Friden J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve.* Nov 2000;23(11):1647-1666.
47. Beedle B, Rytter SJ, Healy RC, Ward TR. Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength. *J Strength Cond Res.* Nov 2008;22(6):1838-1843.
48. Gomes TM, Simao R, Marques MC, Costa PB, da Silva Novaes J. Acute effects of two different stretching methods on local muscular endurance performance. *J Strength Cond Res.* Mar 2011;25(3):745-752.
49. Costa PB, Ryan ED, Herda TJ, Defreitas JM, Beck TW, Cramer JT. Effects of static stretching on the hamstrings-to-quadriceps ratio and electromyographic amplitude in men. *J Sports Med Phys Fitness.* Dec 2009;49(4):401-409.
50. Samson M, Button DC, Chaouachi A, Behm DG. Effects of dynamic and static stretching within general and activity specific warm-up protocols. *J Sports Sci Med.* 2012;11(2):279-285.
51. Taylor KL, Sheppard JM, Lee H, Plummer N. Negative effect of static stretching restored when combined with a sport specific warm-up component. *J Sci Med Sport.* Nov 2009;12(6):657-661.
52. Little T, Williams AG. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* Feb 2006;20(1):203-207.
53. Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Weir JP, Beck TW, Coburn JW. An acute bout of static stretching does not affect maximal eccentric isokinetic peak torque, the joint angle at peak torque, mean power, electromyography, or mechanomyography. *J Orthop Sports Phys Ther.* Mar 2007;37(3):130-139.
54. Ogura Y, Miyahara Y, Naito H, Katamoto S, Aoki J. Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. *J Strength Cond Res.* Aug 2007;21(3):788-792.
55. Andrade DC, Henriquez-Olguin C, Beltran AR, et al. Effects of general, specific and combined warm-up on explosive muscular performance. *Biol Sport.* Jun 2015;32(2):123-128.

56. Chaouachi A, Chamari K, Wong P, et al. Stretch and sprint training reduces stretch-induced sprint performance deficits in 13- to 15-year-old youth. *Eur J Appl Physiol.* Oct 2008;104(3):515-522.
57. Vetter RE. Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *J Strength Cond Res.* Aug 2007;21(3):819-823.
58. Winchester JB, Nelson AG, Landin D, Young MA, Schexnayder IC. Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes. *J Strength Cond Res.* Jan 2008;22(1):13-19.
59. Robbins JW, Scheuermann BW. Varying amounts of acute static stretching and its effect on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* May 2008;22(3):781-786.
60. Unick J, Kieffer HS, Cheesman W, Feeney A. The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. *J Strength Cond Res.* Feb 2005;19(1):206-212.
61. Egan AD, Cramer JT, Massey LL, Marek SM. Acute effects of static stretching on peak torque and mean power output in National Collegiate Athletic Association Division I women's basketball players. *J Strength Cond Res.* Nov 2006;20(4):778-782.
62. Young WB, Behm DG. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fitness.* Mar 2003;43(1):21-27.
63. Faigenbaum AD, Bellucci M, Bernieri A, Bakker B, Hoorens K. Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *J Strength Cond Res.* May 2005;19(2):376-381.
64. Winchester JB, Nelson AG, Kokkonen J. A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary strength. *Res Q Exerc Sport.* Jun 2009;80(2):257-261.
65. Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, et al. Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *J Athl Train.* Jun 2005;40(2):94-103.
66. La Torre A, Castagna C, Gervasoni E, et al. Acute effects of static stretching on squat jump performance at different knee starting angles. *J Strength Cond Res.* Mar 2010;24(3):687-694.
67. Nelson AG, Kokkonen J, Arnall DA. Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. *J Strength Cond Res.* May 2005;19(2):338-343.
68. Behm DG, Bambury A, Cahill F, Power K. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Med Sci Sports Exerc.* Aug 2004;36(8):1397-1402.
69. Sa MA, Matta TT, Carneiro SP, Araujo CO, Novaes JS, Oliveira LF. Acute Effects of Different Methods of Stretching and Specific Warm Ups on Muscle Architecture and Strength Performance. *J Strength Cond Res.* Dec 21 2015.
70. Sa MA, Neto GR, Costa PB, et al. Acute effects of different stretching techniques on the number of repetitions in a single lower body resistance training session. *J Hum Kinet.* Mar 29 2015;45:177-185.
71. Rubini EC, Costa AL, Gomes PS. The effects of stretching on strength performance. *Sports Med.* 2007;37(3):213-224.
72. Avela J, Kyröläinen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol.* Apr 1999;86(4):1283-1291.

73. Behm DG, Button DC, Butt JC. Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Can J Appl Physiol*. Jun 2001;26(3):261-272.
74. Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Miller JM, Coburn JW, Beck TW. Acute effects of static stretching on peak torque in women. *J Strength Cond Res*. May 2004;18(2):236-241.
75. Cè E, Margonato V, Casasco M, Veicsteinas A. Effects of stretching on maximal anaerobic power: the roles of active and passive warm-ups. *J Strength Cond Res*. May 2008;22(3):794-800.
76. Simic L, Sarabon N, Markovic G. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scand J Med Sci Sports*. Mar 2013;23(2):131-148.
77. Loughran M, Glasgow P, Bleakley C, McVeigh J. The effects of a combined static-dynamic stretching protocol on athletic performance in elite Gaelic footballers: A randomised controlled crossover trial. *Phys Ther Sport*. May 2017;25:47-54.
78. de Oliveira FC, Rama LM. Static Stretching Does Not Reduce Variability, Jump and Speed Performance. *Int J Sports Phys Ther*. Apr 2016;11(2):237-246.
79. Ayala F, de Baranda Andujar PS. Effect of 3 different active stretch durations on hip flexion range of motion. *J Strength Cond Res*. Feb 2010;24(2):430-436.
80. Fletcher IM, Jones B. The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res*. Nov 2004;18(4):885-888.
81. Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. A review. *Scand J Med Sci Sports*. Apr 1998;8(2):65-77.
82. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol (1985)*. Feb 2001;90(2):520-527.
83. McNair PJ, Prapavessis H, Callender K. Decreasing landing forces: effect of instruction. *Br J Sports Med*. Aug 2000;34(4):293-296.
84. Wilson GJ, Murphy AJ, Pryor JF. Musculotendinous stiffness: its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. *J Appl Physiol (1985)*. Jun 1994;76(6):2714-2719.
85. Ayala F, Sainz De Baranda P, De Ste Croix M. Effect of active stretch on hip flexion range of motion in female professional futsal players. *J Sports Med Phys Fitness*. Dec 2010;50(4):428-435.
86. Fletcher IM, Anness R. The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *J Strength Cond Res*. Aug 2007;21(3):784-787.
87. Haddad M, Dridi A, Chtara M, et al. Static stretching can impair explosive performance for at least 24 hours. *J Strength Cond Res*. Jan 2014;28(1):140-146.
88. Hayes PR, Walker A. Pre-exercise stretching does not impact upon running economy. *J Strength Cond Res*. Nov 2007;21(4):1227-1232.
89. Amiri-Khorasani M, Calleja-Gonzalez J, Mogharabi-Manzari M. Acute Effect of Different Combined Stretching Methods on Acceleration and Speed in Soccer Players. *J Hum Kinet*. Apr 01 2016;50:179-186.
90. Silva MED, Martín DMV, Padullés JM. Efectos del entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre la 'performance' neuromuscular. *Apunts*. 2006;84:39-47.

91. Jordan MJ, Norris SR, Smith DJ, Herzog W. Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. *J Strength Cond Res.* May 2005;19(2):459-466.
92. Abercromby AF, Amonette WE, Layne CS, McFarlin BK, Hinman MR, Paloski WH. Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Med Sci Sports Exerc.* Oct 2007;39(10):1794-1800.
93. Hagbarth KE, Vallbo AB. Afferent response to mechanical stimulation of muscle receptors in man. *Acta Soc Med Ups.* 1967;72(1):102-104.
94. Abbruzzese G, Hagbarth KE, Homma I, Wallin U. Excitation from skin receptors contributing to the tonic vibration reflex in man. *Brain Res.* Jul 07 1978;150(1):194-197.
95. Bongiovanni LG, Hagbarth KE, Stjernberg L. Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contractions in man. *J Physiol.* Apr 1990;423:15-26.
96. Crone C, Nielsen J. Central control of disynaptic reciprocal inhibition in humans. *Acta Physiol Scand.* Dec 1994;152(4):351-363.
97. Johnston RM, Bishop B, Coffey GH. Mechanical vibration of skeletal muscles. *Phys Ther.* Apr 1970;50(4):499-505.
98. Marin PJ, Rhea MR. Effects of vibration training on muscle strength: a meta-analysis. *J Strength Cond Res.* Feb 2010;24(2):548-556.
99. Marin PJ, Rhea MR. Effects of vibration training on muscle power: a meta-analysis. *J Strength Cond Res.* Mar 2010;24(3):871-878.
100. Dolny DG, Reyes GF. Whole body vibration exercise: training and benefits. *Curr Sports Med Rep.* 2008 May-Jun 2008;7(3):152-157.
101. Cochrane DJ. Vibration Exercise: The Potential Benefits. *Int J Sports Med.* Dec 2010.
102. Wilcock IM, Whatman C, Harris N, Keogh JW. Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes? *J Strength Cond Res.* Mar 2009;23(2):593-603.
103. Luo J, McNamara B, Moran K. The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med.* 2005;35(1):23-41.
104. Cochrane DJ, Stannard SR, Walmsely A, Firth EC. The acute effect of vibration exercise on concentric muscular characteristics. *J Sci Med Sport.* Nov 2008;11(6):527-534.
105. Donahue RB, Vingren JL, Duplanty AA, Levitt DE, Luk HY, Kraemer WJ. Acute Effect of Whole-Body Vibration Warm-up on Footspeed Quickness. *J Strength Cond Res.* Aug 2016;30(8):2286-2291.
106. Jones MT, Martin JR, Jagim AR, Oliver JM. Effect of Direct Whole-Body Vibration on Upper-Body Muscular Power in Recreational, Resistance-Trained Men. *J Strength Cond Res.* May 2017;31(5):1371-1377.
107. Jacobs PL, Burns P. Acute enhancement of lower-extremity dynamic strength and flexibility with whole-body vibration. *J Strength Cond Res.* Jan 2009;23(1):51-57.
108. Bullock N, Martin DT, Ross A, Rosemond CD, Jordan MJ, Marino FE. Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes. *J Strength Cond Res.* Jul 2008;22(4):1371-1374.
109. Bunker DJ, Rhea MR, Simons T, Marin PJ. The use of whole-body vibration as a golf warm-up. *J Strength Cond Res.* Feb 2011;25(2):293-297.

110. Marín PJ, Herrero AJ, Sáinz N, Rhea MR, García-López D. Effects of different magnitudes of whole-body vibration on arm muscular performance. *J Strength Cond Res.* Sep 2010;24(9):2506-2511.
111. Bosco C, Cardinale M, Tsarpela O. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* Mar 1999;79(4):306-311.
112. Torvinen S, Sievanen H, Jarvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Kannus P. Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study. *Int J Sports Med.* Jul 2002;23(5):374-379.
113. Cochrane DJ, Stannard SR. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br J Sports Med.* Nov 2005;39(11):860-865.
114. Kelly SB, Alvar BA, Black LE, Dodd DJ, Carothers KF, Brown LE. The effect of warm-up with whole-body vibration vs. cycle ergometry on isokinetic dynamometry. *J Strength Cond Res.* Nov 2010;24(11):3140-3143.
115. Nepocatyh S, Bishop PA, Balilioni G, Richardson MT, Hubner PJ. Acute effect of upper-body vibration on performance in master swimmers. *J Strength Cond Res.* Dec 2010;24(12):3396-3403.
116. Cochrane DJ, Hawke EJ. Effects of acute upper-body vibration on strength and power variables in climbers. *J Strength Cond Res.* May 2007;21(2):527-531.
117. Cormie P, Deane RS, Triplett NT, McBride JM. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. *J Strength Cond Res.* May 2006;20(2):257-261.
118. Crow JF, Buttifant D, Kearny SG, Hrysomallis C. Low load exercises targeting the gluteal muscle group acutely enhance explosive power output in elite athletes. *J Strength Cond Res.* Feb 2012;26(2):438-442.
119. Ronnestad BR, Slettalokken G, Ellefsen S. Adding whole body vibration to preconditioning exercise increases subsequent on-ice sprint performance in ice-hockey players. *J Strength Cond Res.* Apr 2016;30(4):1021-1026.
120. Ronnestad BR, Slettalokken Falch G, Ellefsen S. Whole Body Vibration Increases Subsequent Sprint Performance in Well-Trained Cyclists. *Int J Sports Physiol Perform.* Dec 14 2016:1-18.
121. Cochrane D. The sports performance application of vibration exercise for warm-up, flexibility and sprint speed. *Eur J Sport Sci.* 2013;13(3):256-271.
122. Avelar NC, Costa SJ, da Fonseca SF, et al. The effects of passive warm-up vs. whole-body vibration on high-intensity performance during sprint cycle exercise. *J Strength Cond Res.* Nov 2012;26(11):2997-3003.
123. Cochrane DJ. The effect of acute vibration exercise on short-distance sprinting and reactive agility. *J Sports Sci Med.* 2013;12(3):497-501.
124. Hill CF. The acute effect of whole-body vibration on cycling peak power output. *J Sci Cycling.* 2013;2(1):40-44.
125. Teles MC, Fonseca IA, Martins JB, et al. Comparison between whole-body vibration, light-emitting diode, and cycling warm-up on high-intensity physical performance during sprint bicycle exercise. *J Strength Cond Res.* Jun 2015;29(6):1542-1550.
126. UCI. Unión Ciclista Internacional. 2016; <http://uci.ch/>, 2016.

127. Sunde A, Storen O, Bjerkaas M, Larsen MH, Hoff J, Helgerud J. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res.* Aug 2010;24(8):2157-2165.
128. Gutierrez M. Biomecánica y ciclismo. *European Journal of Human Movement* 1994(1):77-94.
129. Soden PD, Adeyefa BA. Forces applied to a bicycle during normal cycling. *J Biomech.* 1979;12(7):527-541.
130. Burnley M, Doust JH, Jones AM. Effects of prior warm-up regime on severe-intensity cycling performance. *Med Sci Sports Exerc.* May 2005;37(5):838-845.
131. Wittekind A, Cooper CE, Elwell CE, Leung TS, Beneke R. Warm-up effects on muscle oxygenation, metabolism and sprint cycling performance. *Eur J Appl Physiol.* Aug 2012;112(8):3129-3139.
132. Faulkner SH, Ferguson RA, Hodder SG, Havenith G. External muscle heating during warm-up does not provide added performance benefit above external heating in the recovery period alone. *Eur J Appl Physiol.* Nov 2013;113(11):2713-2721.
133. British Cycling. 2016; <https://www.britishcycling.org.uk/>, 2016.
134. Pioreschi A, Oosthuysen T, Avidon I, McVeigh J. Whole body vibration increases hip bone mineral density in road cyclists. *Int J Sports Med.* Aug 2012;33(8):593-599.
135. Oosthuysen T, Viedge A, McVeigh J, Avidon I. Anaerobic power in road cyclists is improved after 10 weeks of whole-body vibration training. *J Strength Cond Res.* Feb 2013;27(2):485-494.
136. Filingeri D, Jemni M, Bianco A, Zeinstra E, Jimenez A. The effects of vibration during maximal graded cycling exercise: a pilot study. *J Sports Sci Med.* 2012;11(3):423-429.
137. Di Giminiani R, Manno R, Scrimaglio R, Sementilli G, Tihanyi J. Effects of individualized whole-body vibration on muscle flexibility and mechanical power. *J Sports Med Phys Fitness.* Jun 2010;50(2):139-151.
138. Petit PD, Pensini M, Tessaro J, Desnuelle C, Legros P, Colson SS. Optimal whole-body vibration settings for muscle strength and power enhancement in human knee extensors. *J Electromyogr Kinesiol.* Dec 2010;20(6):1186-1195.
139. Rhea MR, Kenn JG. The effect of acute applications of whole-body vibration on the iTonic platform on subsequent lower-body power output during the back squat. *J Strength Cond Res.* Jan 2009;23(1):58-61.
140. Wyon M, Guinan D, Hawkey A. Whole-body vibration training increases vertical jump height in a dance population. *J Strength Cond Res.* Mar 2010;24(3):866-870.
141. Jeukendrup AE, Craig NP, Hawley JA. The bioenergetics of World Class Cycling. *J Sci Med Sport.* Dec 2000;3(4):414-433.
142. ICF. International Canoe Federation. <http://www.canoeicf.com/>, 2016.
143. RFEP. Reglamento general y técnico de competiciones piragüismo: Real Federación Española de Piragüismo; 2010.
144. Gray GL, Matheson GO, McKenzie DC. The metabolic cost of two kayaking techniques. *Int J Sports Med.* May 1995;16(4):250-254.
145. Perez-Landaluce J, Rodriguez-Alonso M, Fernandez-Garcia B, Bustillo-Fernandez E, Terrados N. Importance of wash riding in kayaking training and competition. *Med Sci Sports Exerc.* Dec 1998;30(12):1721-1724.

146. Alacid F, López-Miñarro PA, Isorna M. Estrategia de paso y frecuencia de ciclo en piragüismo en los JJ.OO. de Pekín. *Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*. 2010;10(38):203-217.
147. Sánchez JL, Magaz S. La Técnica. In: Sánchez JL, ed. *Piragüismo Vol (I)*. Madrid: COE; 1993:101-386.
148. Toro A. *Canoeing: an olympic sport*. San Francisco: Olympian Graphics; 1986.
149. Hajossyr J. Modelisation de la tactique en competition de canoe - kayak. / A model for strategy during canoe-kayak competition. *Traductions INSEP*. 1987;612:1-11.
150. Bishop D, Bonetti D, Dawson B. The influence of pacing strategy on VO₂ and supramaximal kayak performance. *Med Sci Sports Exerc*. Jun 2002;34(6):1041-1047.
151. Alacid F, Isorna M, Gómez M. Propuesta de intervención psicológica en la modalidad deportiva de piragüismo de aguas tranquilas. *Espiral. Cuadernos profesorado*. 2009;2(3):3-14.
152. Bishop D, Bonetti D, Spencer M. The effect of an intermittent, high-intensity warm-up on supramaximal kayak ergometer performance. *J Sports Sci*. Jan 2003;21(1):13-20.
153. Kinser AM, Ramsey MW, O'Bryant HS, Ayres CA, Sands WA, Stone MH. Vibration and stretching effects on flexibility and explosive strength in young gymnasts. *Med Sci Sports Exerc*. Jan 2008;40(1):133-140.
154. Courtright SH, McCormick BW, Postlethwaite BE, Reeves CJ, Mount MK. A meta-analysis of sex differences in physical ability: revised estimates and strategies for reducing differences in selection contexts. *J Appl Psychol*. Jul 2013;98(4):623-641.
155. Marin PJ, Bunker D, Rhea MR, Ayllon FN. Neuromuscular activity during whole-body vibration of different amplitudes and footwear conditions: implications for prescription of vibratory stimulation. *J Strength Cond Res*. Nov 2009;23(8):2311-2316.
156. Stone M, O'Bryant E, eds. *Weight training. A scientific approach*. Minneapolis: Burgess; 1987.
157. Garcia-Lopez D, Herrero JA, Abadia O, Garcia-Isla FJ, Uali I, Izquierdo M. The role of resting duration in the kinematic pattern of two consecutive bench press sets to failure in elite sprint kayakers. *Int J Sports Med*. Sep 2008;29(9):764-769.
158. Garcia-Lopez D, Izquierdo M, Rodriguez S, et al. Interset stretching does not influence the kinematic profile of consecutive bench-press sets. *J Strength Cond Res*. May 2010;24(5):1361-1368.
159. Thomas JR, Salazar W, Landers DM. What is missing in p less than .05? Effect size. *Res Q Exerc Sport*. Sep 1991;62(3):344-348.
160. Uali I, Herrero AJ, Garatachea N, Marin PJ, Alvear-Ordenes I, Garcia-Lopez D. Maximal strength on different resistance training rowing exercises predicts start phase performance in elite kayakers. *J Strength Cond Res*. Apr 2012;26(4):941-946.
161. Driller MW, Argus CK, Shing CM. The reliability of a 30-s sprint test on the Wattbike cycle ergometer. *Int J Sports Physiol Perform*. Jul 2013;8(4):379-383.
162. SRM. 2016; <http://www.srm.de>, 2016.
163. Yapicioglu B, Colakoglu M, Colakoglu Z, Gulluoglu H, Bademkiran F, Ozkaya O. Effects of a Dynamic Warm-Up, Static Stretching or Static Stretching with Tendon Vibration on Vertical Jump Performance and EMG Responses. *J Hum Kinet*. Dec 18 2013;39:49-57.

164. Taylor JM, Weston M, Portas MD. The effect of a short practical warm-up protocol on repeated sprint performance. *J Strength Cond Res.* Jul 2013;27(7):2034-2038.
165. Sekir U, Arabaci R, Akova B. Acute effects of static stretching on peak and end-range hamstring-to-quadriceps functional ratios. *World J Orthop.* Oct 18 2015;6(9):719-726.
166. Matsuo S, Suzuki S, Iwata M, et al. Acute effects of different stretching durations on passive torque, mobility, and isometric muscle force. *J Strength Cond Res.* Dec 2013;27(12):3367-3376.
167. McCrary JM, Ackermann BJ, Halaki M. A systematic review of the effects of upper body warm-up on performance and injury. *Br J Sports Med.* Jul 2015;49(14):935-942.
168. Newton RU, Kraemer WJ, Häkkinen K, Humphries B, Murphy AJ. Kinematics, kinetics and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics.* 1996;12(1):31-43.
169. Garcia-Lopez D, Hernandez-Sanchez S, Martin E, Marin PJ, Zarzosa F, Herrero AJ. Free-Weight Augmentation With Elastic Bands Improves Bench Press Kinematics in Professional Rugby Players. *J Strength Cond Res.* Sep 2016;30(9):2493-2499.
170. Ritzmann R, Kramer A, Gruber M, Gollhofer A, Taube W. EMG activity during whole body vibration: motion artifacts or stretch reflexes? *Eur J Appl Physiol.* Sep 2010;110(1):143-151.
171. Armstrong WJ, Grinnell DC, Warren GS. The acute effect of whole-body vibration on the vertical jump height. *J Strength Cond Res.* Oct 2010;24(10):2835-2839.
172. Marin PJ, Herrero AJ, Milton JG, Hazell TJ, Garcia-Lopez D. Whole-body vibration applied during upper body exercise improves performance. *J Strength Cond Res.* Jul 2013;27(7):1807-1812.
173. Adams JB, Edwards D, Serravite DH, et al. Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration. *J Strength Cond Res.* Jan 2009;23(1):237-245.
174. Pojskic H, Pagaduan J, Uzicanin E, Babajic F, Muratovic M, Tomljanovic M. Acute effects of loaded whole body vibration training on performance. *Asian J Sports Med.* Mar 2015;6(1):e24054.
175. Yang WW, Liu C, Shiang TY. Warm-up effects from concomitant use of vibration and static stretching after cycling. *J Sports Med Phys Fitness.* Apr 2017;57(4):362-368.
176. Frikha M, Chaari N, Mezghanni N, Souissi N. Influence of warm-up duration and recovery interval prior to exercise on anaerobic performance. *Biol Sport.* Dec 2016;33(4):361-366.
177. Cengiz A. Acute effects of static stretching or whole body vibration on peak torque and peak power of collegiate athletes. *Science & Sports.* 2016/02/01/ 2016;31(1):e9-e13.
178. Roberts B, Hunter I, Hopkins TY, Feland B. The Short-Term Effect of Whole Body Vibration Training on Sprint Start Performance in Collegiate Athletes. *Int J Exerc Sci.* 2009;2(4):264-268.
179. Gerakaki M, Evangelidis P, Tziortzis S, Paradisis G. Acute effects of dynamic whole body vibration in well trained track & field sprinters. *J Phys Ed Sport.* 2013;13(3):270 – 277.
180. Kavanaugh A, Mizuguchi S, Stone MH, et al. Whole-body vibration does not affect sprint performance in NCAA division I sprinters and jumpers. *J. Aust. Strength Cond.* 2014; 22(6):6-13.

181. Boudenot A, Jaffre C, Portier H. Comparaison de quatre méthodes d'échauffement sur la performance lors du Wingate test. *Kinésithérapie, la Revue*. 2014;14(146):34-38.
182. Tecnosport. 2011; http://www.tecnosport.es/lib_php/download_file.php?num_doc=2046, 2011.