



*ugr* | Universidad  
de Granada



---

# **EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS ACCIONES DE TRACCIÓN DEL TREN SUPERIOR: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**Rodrigo Rufo del Castillo Monje**

Tutor: Ignacio J. Chiroso Ríos

Departamento de Educación Física y Deportiva  
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte  
Universidad de Granada

**ÍNDICE**

	<u>página</u>
Resumen y palabras clave _____	1
Abstract and key words _____	2
Introducción _____	3
<b>Método</b>	
- Estrategia de búsqueda _____	5
- Criterios de inclusión _____	5
- Evaluación de la calidad _____	5
<b>Resultados</b>	
- Estrategia de búsqueda _____	6
- Evaluación de la calidad _____	6
- Estudios seleccionados _____	8
- Deportes que evalúan la fuerza de tracción y año de publicación _____	8
- Presentación de los resultados por sexo y resultados relativos _____	8
- Realización de test-retest _____	8
- Ejercicios para evaluar la fuerza de tracción y protocolos de evaluación _____	10
- Nivel de la muestra _____	11
- Variables medidas _____	11
Discusión _____	12
Conclusiones _____	15
Agradecimientos _____	16
Referencias bibliográficas _____	17

## **EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS ACCIONES DE TRACCIÓN DEL TREN SUPERIOR: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

del Castillo, Rufo

### **RESUMEN**

Las acciones de tracción del tren superior son muy importantes en numerosas acciones deportivas. Muy pocos estudios hasta la fecha son los que han investigado este hecho. El objetivo de este estudio es realizar una revisión sistemática de la evaluación y análisis de las acciones de tracción del tren superior a través de la literatura científica. Dos revisores independientes buscaron en las bases de datos Web of Science, SportDiscus, Scopus y Google Scholar, usando unas palabras claves y unos criterios de selección previamente establecidos. Se seleccionaron 35 artículos a los que se les aplicó una valoración de la calidad a fin de escoger los más apropiados. Finalmente fueron 16 los artículos escogidos para su análisis de los que se obtuvieron los datos de las variables medidas en las acciones de tracción en diferentes deportes, diferentes ejercicios de evaluación, protocolos y dispositivos en relación al sexo y nivel de la muestra. Podemos concluir después de este estudio que el protocolo de evaluación más utilizado para evaluar las acciones de tracción es la 1RM en el ejercicio de bench pull.

### **PALABRAS CLAVE**

Tren superior, fuerza, potencia, tracción, revisión

## **EVALUATION AND ANALYSIS OF UPPER-BODY PULL ACTIONS: A SYSTEMATIC REVIEW**

del Castillo, Rufo

### **ABSTRACT**

Upper-body pull actions are very important in many sporting activities. Very few studies to date are those who have investigated this. The aim of this study is to conduct a systematic review of the evaluation and analysis of upper-body pull actions through the scientific literature. Two independent reviewers searched the databases Web of Science, SportDiscus, Scopus and Google Scholar, using key words and selection criteria previously established. We selected 35 items to which they were given a quality rating to choose the most appropriate. Finally, 16 articles were selected for analysis of the data were obtained from the measured variables in the actions of traction in different sports, different evaluation exercises, protocols and devices in relation to sex and level of the sample. We can conclude after this study that the most commonly used assessment protocol to evaluate the upper-body pull actions is the 1RM bench pull exercise.

### **KEY WORDS**

Upper-body, strength, power, pull, traction, review

## INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los deportes, el entrenamiento de fuerza es un componente crítico en la preparación del deportista para el éxito en la competición así como para la prevención de lesiones y mejora de la salud. Gran parte de los métodos utilizados en los entrenamientos se basan en las experiencias de entrenadores y especialistas, y no tanto en evidencias encontradas a través de investigaciones con rigor científico. Son numerosos los estudios que se han ocupado en conocer los efectos del entrenamiento de fuerza y su base fisiológica durante más de 40 años (Bird et al., 2005; Ratamess et al., 2009). Por lo tanto, las estrategias de formación, metodologías de entrenamiento y diseños de programas de planificación del entrenamiento están optimizados para los atletas en deportes específicos en función de las capacidades de fuerza y potencia (Turbanski & Schmidtbleicher, 2010). Por citar una aproximación al concepto de fuerza, Komi (1992) la define como la “capacidad para ejercer un impulso máximo a la hora de vencer una resistencia externa” y potencia como la “capacidad del sistema neuromuscular para producir el impulso mecánico lo más grande posible en un período de tiempo dado”.

Un requisito previo a la especificidad y por lo tanto, para una óptima transferencia de ganancia de fuerza y potencia en el rendimiento deportivo, es el conocimiento biomecánico y fisiológico tanto de los ejercicios de entrenamiento con resistencias externas, como de la propia actividad deportiva de interés (Cronin et al., 2007; Cormie et al., 2011). En cuanto al conocimiento concreto de la biomecánica y fisiología relacionada con diversos ejercicios de entrenamiento con resistencias externas, hasta la fecha, la gran mayoría de los estudios se han realizado partiendo de dos movimientos o ejercicios básicos: el ejercicio de press de banca para el tren superior (Cronin & Sleivert, 2005; Cronin et al., 2007; Mayhew et al., 2011) y la sentadilla para el inferior (Escamilla et al., 2000; Cronin & Sleivert, 2005; Harris et al., 2007). Esto es debido a que son ejercicios que representan movimientos clave para muchas actividades deportivas, a parte de la facilidad a la hora de estandarizar la situación de evaluación. Otros patrones de movimiento también merecen ser estudiados (Pearson et al.,

2009b), como son las acciones de tracción tanto en el plano frontal (i.e. pull-ups y pull-downs) como en el plano sagital (i.e. bench rows, supine pull-ups y dumbbell rows) (Kritz et al., 2010).

Baker & Newton (2004), estudiaron las acciones de tracción en deportes de combate y jugadores de rugby. En este estudio se ponía de manifiesto que los deportistas tenían que vencer grandes resistencias externas al igual que los gimnastas masculinos necesitaban de una gran fuerza de tracción para mover su masa corporal durante las rutinas en diversos aparatos. Las acciones de tracción del tren superior son determinantes para el rendimiento en numerosas actividades deportivas como: remo (McNeely et al., 2005; Cronin et al., 2007; Izquierdo-Gabarren et al., 2010a; Lawton et al., 2011), kayak (Liow & Hopkins, 2003; García-Pallarés et al., 2009; Ualí et al., 2012), vela (Pearson et al., 2009b), surf (Sheppard et al., 2012), judo (Nowoisky, 2005; Blais et al., 2007; Carballeira et al., 2008; Henry, 2011), lucha (Santana & Fukuda, 2011), esquí nórdico (Losnegard et al., 2011; Stöggl et al., 2011; Ronnestad et al., 2012), luge (Platzer et al., 2009a; Cerullo, 2011; Crossland et al., 2011), snowboard-cross (Platzer et al., 2009b) y en deportes adaptados de invierno (Bernardi et al., 2012).

De la literatura consultada nos planteamos el objetivo principal de esta investigación que es estudiar cómo se evalúan y analizan las acciones de tracción del tren superior en diferentes poblaciones, y en los planos de ejecución frontal y sagital (ejercicios como el bench pull, pulldown, seated row o pull-up). Debido al déficit en la literatura publicada, se sabe poco acerca de este tipo de acciones en el tren superior. El propósito de este estudio es por lo tanto describir cómo se analizan y evalúan las acciones de tracción del tren superior a lo largo de la literatura científica. Esta revisión, además, ayudará a mejorar la prescripción de entrenamiento, a evaluar con protocolos más adecuados y a tener una referencia objetiva a la hora de poder comparar los resultados entre diversos ejercicios y poblaciones.

## MÉTODO

### *Estrategia de búsqueda*

Dos investigadores independientes (IC e IB) realizaron una búsqueda de artículos publicados entre 1973 y agosto de 2012 en las siguientes bases de datos: Web of Science, SportDiscus, Scopus y Google Scholar. Las palabras claves utilizadas en esta búsqueda (en diferentes combinaciones) fueron: *upper-body*, *strength*, *power*, *traction* y *pull*.

### *Criterios de inclusión*

Para ser incluido un estudio necesitaba cumplir una serie de criterios particulares: (a) artículos procedentes de revistas con índice de impacto (peer reviewed); (b) revistas de la rama de Sport Sciences; (c) escritos en inglés. Una vez cumplidos estos criterios, dos revisores independientes leyeron todos los abstracts y una reunión de consenso se dispuso para resolver las posibles diferencias entre ambos. Se seleccionan los artículos más recientes en primer lugar y luego los potencialmente relevantes fueron seleccionados para su recuperación.

### *Evaluación de la calidad*

La calidad de los estudios seleccionados fue puntuada usando una lista de diseño propio para la evaluación de la calidad. La lista estaba compuesta por los siguientes 4 apartados: élite, test-retest, método evaluación y resultados relativos. Los apartados de la lista fueron puntuados como "1" (positivo), "0" (negativo) o "?" (no se define), mirar Tabla 1. Para todos los estudios, el total de la puntuación de la calidad se calculó sumando los apartados positivos (un total entre 0 y 4). Los estudios se definieron como de alta calidad si obtuvieron una puntuación de 3 o más. Una puntuación de 2 era indicio baja calidad y los estudios con menos de 2 se definieron como estudios de muy baja calidad.

**Tabla 1.** Evaluación de la calidad de los artículos incluidos

¿La población del estudio está comprendida por deportistas de élite?	1 = sí 0 = no ? = no lo define
¿Se realiza test-retest para comprobar la fiabilidad de los datos?	1 = sí 0 = no ? = no lo define
¿Se utiliza un método de evaluación apropiado?	1 = sí 0 = no ? = no lo define
¿Se presentan resultados relativos o en su defecto datos para obtenerlos?	1 = sí 0 = no ? = no lo define

Puntuación total: 3-4, alta calidad; baja calidad, 2; muy baja calidad, 1.

## RESULTADOS

### *Estrategia de búsqueda*

Un total de 2.512 artículos fueron encontrados en las bases de datos citadas anteriormente como resultado de la búsqueda con la palabra clave “*upper body*”. Usando como filtro “*strength OR power*”, pasaron a ser 808 artículos. Tras filtrar con “*pull OR traction*”, sólo 43 artículos cumplían los criterios de inclusión establecidos previamente. Posteriormente se excluyeron 8 artículos por no considerar relevante el tema tratado. Finalmente fueron 35 artículos preseleccionados para esta revisión. . El grado de acuerdo entre los dos revisores ( $k = 0.706$ ) fue “considerable” según la escala de Landis & Koch (1977).

### *Evaluación de la calidad*

Dos revisores (IC e IB) evaluaron por separado la calidad de los artículos preseleccionados. La Tabla 2 muestra la lista de los estudios que se incluyeron para la evaluación de la calidad. El grado de acuerdo entre los dos revisores ( $k = 0.824$ ) se consideró “casi perfecto” (Landis & Koch, 1977). Los desacuerdos fueron solventados mediante una reunión entre los revisores.



**Tabla 2.** Lista de artículos incluidos para la evaluación de la calidad (n=35)

Autor/año	Deporte	Ejercicio evaluación	Deportistas élite	Retest	Método evaluación	Resultados relativos	Total
Liow & Hopkins, 2003	Kayak	Bilateral dumbell pull	0	1	0	0	1
Clemons et al., 2004	No deporte	Pulldown	0	0	1	1	2
Rhea et al., 2004	Bomberos	Bent over row	0	0	0	1	1
McNeely et al., 2005	Remo	Bench pull	1	0	1	1	3
Blais et al., 2007	Judo	Tracción manga/solapa	0	0	0	1	1
Cronin et al., 2007	Remo	Seated row	1	0	1	1	3
Stöggl et al., 2007	Esquí nórdico	Ergómetro modificado	1	0	0	0	1
Bortolan et al., 2008	Esquí nórdico	Ergómetro modificado	1	0	0	0	1
Fenwick et al., 2009	Remo	Inverted row	0	0	1	0	1
García-Pallarés et al., 2009	Kayak	Bench pull	1	1	1	0	3
Levinger et al., 2009	No deporte	Pulldown Seated row	0	1	1	1	3
Pearson et al., 2009a	Vela	Bench pull	1	0	1	?	2
Pearson et al., 2009b	Vela	Bench pull	1	0	1	1	3
Platzer et al., 2009a	Luge	Bench pull	1	0	1	1	3
Platzer et al., 2009b	Snowboard	Bench pull	1	0	1	1	3
Snyder & Leech, 2009	No deporte	Pulldown	0	0	1	0	1
Arlotta et al., 2010	No deporte	Pulldown Prone row	0	0	1	0	1
Izquierdo-Gabarren et al., 2010a	Remo	Bench pull	1	0	1	1	3
Izquierdo-Gabarren et al., 2010b	Remo	Bench pull	1	1	1	0	3
Negrete et al., 2010	No deporte	Pull-up	0	1	0	1	2
Robbins et al., 2010	Baloncesto Rugby	Bench pull	0	0	1	1	2
Crossland et al., 2011	Luge	Prone row Pull-up	1	0	1	1	3
García-Pallarés & Izquierdo, 2011	Remo	Review	1	0	0	0	1
Lawton et al., 2011	Remo	Bench pull	1	0	1	1	3
Losnegard et al., 2011	Esquí nórdico	Pulldown	0	1	1	1	3
Stöggl et al., 2011	Esquí nórdico	Bench pull	1	0	1	1	3
Turpin et al., 2011a	Remo	Ergómetro modificado	0	0	0	1	1
Turpin et al., 2011b	Remo	Ergómetro modificado	0	0	0	1	1
Attenborough et al., 2012	Remo	Simulador remo	1	0	0	1	2
Bernardi et al., 2012	Paralímpicos deportes invierno	Ergómetro Dinamómetro	1	0	0	1	2
Lawton et al., 2012	Remo	Bench pull	1	1	1	?	3
Ronnestad et al., 20112	Esquí nórdico	Pulldown	1	1	0	0	2
Seo et al., 2012	No deporte	Pulldown Low row	0	1	1	1	3
Sheppard et al., 2012	Surf	Pull-up	1	0	1	1	3
Ualí et al., 2012	Kayak	Bench pull	1	0	1	1	3

### *Estudios seleccionados*

Un total de 14 estudios obtuvieron puntuación alta a los que se les sumaron 2 estudios más de baja calidad debido a su especial relevancia (Clemons et al., 2004; Robbins et al., 2010). Se descartaron 3 artículos con puntuación total 3 por no mostrar claramente los resultados (García-Pallarés et al., 2009; Izquierdo-Gabarren et al., 2010b; Lawton et al., 2012). Finalmente fueron 16 los artículos seleccionados para esta revisión bibliográfica (Tabla 3).

### *Deportes que evalúan la fuerza de tracción y año publicación*

Los ejercicios utilizados para evaluar la capacidad de tracción están relacionados con la naturaleza del deporte (véase Tabla 4). Más del 50 % de los estudios seleccionados fueron publicados en los últimos 3 años (Figura 1).

### *Presentación de los resultados por sexo y resultados relativos*

Sólo en 7 (43.8%) de los 16 estudios analizados los resultados fueron expresados de forma relativa al peso de los sujetos. El 18% (n=3) de los artículos mostraban los resultados expresados de forma conjunta, es decir, los autores no discriminaban entre hombres y mujeres.

### *Realización test-retest*

Mediante este apartado se analizó qué trabajos tenían en cuenta el control de las fuentes de error en la medida, como la variabilidad biológica (Hopkins, 2000). Solamente el 25% (n=4) de los estudios realizaron test-retest para comprobar la fiabilidad de las mediciones.

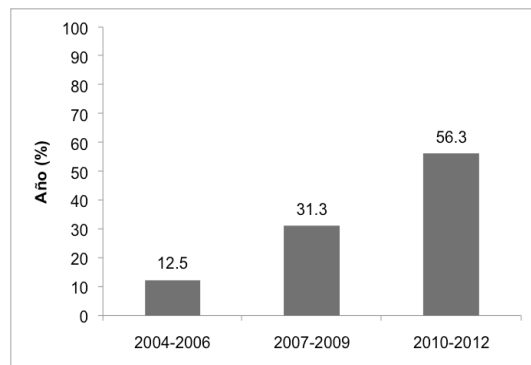
Tabla 3. Tabla descriptiva de los artículos seleccionados (n=16)

Autor/año	Deporte	Sujetos	Nivel	Ejercicio evaluación	Resultados	Resultados relativos
Clemons et al., 2004	No	Mujeres 16	No	Pulldown	<b>1RM</b> Mujeres= 59.10 (7.93) kg	<b>1RM</b> Mujeres= 0.91*
McNeely et al., 2005	Remo	Hombres 414 Mujeres 488	Universitarios U23 Club Nacional Olímpico	Bench pull		<b>1RM</b> Hombres: - Univer. (n=154)=0.7* - U23 (n=91)= 0.9* - Club (n=103)= 1.05* - Nacional (n=40)= 1.2* - Olímpicos (n=26)= 1.3* Mujeres: - Univer.(n=166)= 0.6* - U23 (n=97)=0.8* - Club(n=146)=0.95* - Nacional(n=48)= 1.1* - Olímpicos (n=31)= 1.2*
Cronin et al., 2007	Remo	Hombres 8	Olímpicos	Seated row	<b>1RM</b> Hombres= 88.1 (7.8) kg <b>PF</b> Hombres= 1176 N <b>PP</b> Hombres= 666W	<b>1RM</b> Hombres= 0.95* <b>PF</b> Hombres= 12.72 N/kg <b>PP</b> Hombres= 7.20 W/kg
Levinger et al., 2009	No deportistas	Hombres 25 Mujeres 28	Desentrenados	Pulldown Seated row	<b>1RM</b> H+M= 50.5 (2.3) kg <b>1RM</b> H+M= 50.8 (2.4) kg	<b>1RM</b> H+M=0.64* <b>1RM</b> H+M=0.64*
Pearson et al., 2009	Vela	Hombres 11	Internacional	Bench pull	<b>1RM</b> Hombres= 99.4 (15.4) kg <b>PF</b> Hombres=983.9 (146.7)N <b>PP</b> Hombres= 499.1(87.0)W	<b>1RM</b> Hombres= 1.01* <b>PF</b> Hombres= 10.06 N/kg <b>PP</b> Hombres= 5.10 W/kg
Platzer et al., 2009a	Luge	Hombres 13	Internacional Olímpico	Bench pull	<b>PF</b> Hombres= 1303 (218) N	<b>PF</b> Hombres= 15.8 N/kg
Platzer et al., 2009b	Snowboard	Hombres 21 Mujeres 16	Internacional Olímpico	Bench pull		<b>PF</b> Hombres= 32.96 N/kg Mujeres= 23.15 N/kg
Izquierdo-Gabarren et al., 2010a	Remo	Hombres 46	Nacional (n=22) Olímpicos (n=24)	Bench pull	<b>1RM</b> Hombres Élite= 102.45 (7) kg Amateur= 90.63 (11)kg <b>PP</b> Hombres Élite= 682.4 (55)W Amateur= 609.92 (82)W	<b>1RM</b> Hombres Élite= 1.21* Amateur=1.13* <b>PP</b> Hombres Élite= 8.10 W/kg Amateur= 7.60 W/kg
Robbins et al., 2010	Baloncesto	Hombres 18	Universitario	Bench pull	<b>1RM</b> Hombres= 91.01 kg	<b>1RM</b> Hombres= 1.03*
Crossland et al., 2011	Rugby Luge	H+M 22	Internacional	Bench pull Pull-up	H+M Senior= 84.69 (17.59) kg Junior= 81.17 (14.29) kg <b>1RM</b> H+M Senior= 54.27 (9.86) kg Junior= 50.00 (9.51) kg	H+M Senior= 1.10* Junior= 1.07* <b>1RM</b> H+M Senior= 0.71* Junior= 0.66*
Lawton et al., 2011	Remo	Revisión	Élite élite	No	Bench pull <b>1RM</b> Hombres No élite= 80 kg	<b>1RM</b> Hombres élite= 1.3* <b>1RM</b> Mujeres élite= 1.2*
Losnegard et al., 2011	Esquí Nórdico	Hombres 11 Mujeres 8	Nacional	Pulldown	<b>1RM</b> Hombres= 43.8 (2.6) kg Mujeres= 27 (3.3) kg	<b>1RM</b> Hombres= 0.56* Mujeres= 0.44*
Stöggel et al., 2011	Esquí Nórdico	Hombres 17	Nacional Internacional	Bench pull	<b>1RM</b> Hombres= 68 (9) kg <b>PF</b> Hombres= 491 (80)W	<b>1RM</b> Hombres= 0.89* <b>PF</b> Hombres= 6.45 W/kg
Seo et al., 2012	No	Hombres 15 Mujeres 15	No	Pulldown Seated row	<b>1RM</b> Hombres= 88.3 (4.5) Mujeres= 41 (3.4) kg <b>1RM</b> Hombres= 98.9 (6.7) kg Mujeres= 42 (2.8) kg	<b>1RM</b> Hombres= 1.06* Mujeres=0.64* <b>1RM</b> Hombres= 1.19* Mujeres= 0.66*
Sheppard et al., 2012	Surf	Hombres 10	Nacional, Internacional	Pull-up		<b>1RM</b> Hombres= 1.27*
Ualí et al., 2012	Remo	Hombres 5 Mujeres 5	Internacional	Bench pull	<b>1RM</b> Hombres y Mujeres= 77 (27.4) kg <b>PF</b> Hombres y Mujeres= 852.18 (258.08) N	<b>1RM</b> Hombres y Mujeres=1.19* <b>PF</b> Hombres y Mujeres= 13.19 N/kg

H+M: hombres y mujeres; Univer: universitario/a; PF: pico de fuerza; PP: pico de potencia; \* indica que la unidad es kg/masa corporal.

**Tabla 4.** Deportes que evalúan las acciones de tracción

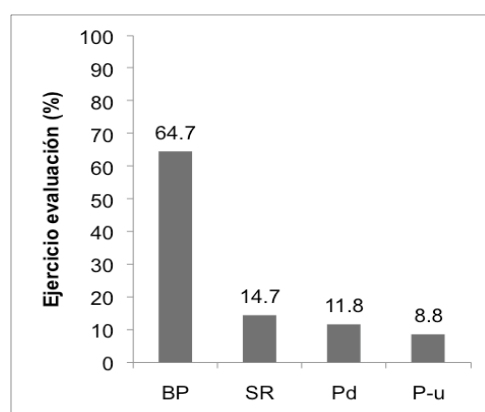
	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Remo	5	31,3
No deporte	3	18,8
Esquí nórdico	2	12,5
Luge	2	12,5
Baloncesto/Rugby	1	6,3
Vela	1	6,3
Surf	1	6,3
Snowboard	1	6,3
Total	16	100

**Figura 1.** Año de publicación de los estudios seleccionados

### *Ejercicios para evaluar la fuerza de tracción y protocolos de evaluación*

Teóricamente cada estudio debería haber sido considerado como una unidad, pero ya que dentro de un mismo estudio se encontraron datos relativos a diferentes poblaciones (McNeely et al.; 2005; Izquierdo-Gabarren et al., 2010a; Crossland et al., 2011), diferentes ejercicios (Levinger et al., 2009; Crossland et al., 2011; Seo et al., 2012), y diferentes variables medidas (Cronin et al., 2007; Pearson et al., 2009b; Izquierdo-Gabarren et al., 2010a; Stöggli et al., 2011; Ualí et al., 2012), se decidió dividir estos estudios en función de la cantidad de resultados que presentaban.

Teniendo en cuenta esta aclaración, en la Figura 2 se pueden observar los ejercicios de evaluación usados por los investigadores, así como los diferentes protocolos de evaluación (véase Tabla 5). En un 50% de los casos estudiados los autores manejaron pesos libres frente a un 41.2% (n = 14) que utilizaron máquinas de gimnasio o pesos guiados, el 8.8% restante no lo detalla. Sólo en el 41.2% (n = 14) de los estudios se definía la anchura del agarre. En la Tabla 6 se muestran los dispositivos de evaluación utilizados.

**Figura 2.** Ejercicios que evalúan la fuerza de tracción. BP: bench pull; SR: seated row; Pd: pulldown; P-u: pull-up.

**Tabla 5.** Protocolos de evaluación

	Porcentaje (%)
3-5 Cargas previas hasta llegar 1RM	32,4
No define cargas previas hasta llegar a 1RM	29,4
Incremental máxima velocidad	17,6
5-6 Cargas previas hasta llegar a 1RM	11,8
Contracción máxima isométrica voluntaria	5,9
No define cargas previas hasta llegar a 4RM	2,9
<b>Total</b>	<b>100</b>

**Tabla 6.** Dispositivos de evaluación

	Porcentaje (%)
1RM sin dispositivos	55,9
1RM+encoder	23,5
Encoder	11,8
Plataforma de fuerza 1D	5,9
Célula de carga	2,9
<b>Total</b>	<b>100</b>

### Nivel de la muestra

El 61.8% (n = 21) de los estudios analizados realizaron las investigaciones utilizando una muestra de sujetos catalogados como “élite” frente al 23.5% de “no elite”. El 14.7% fue considerado como “no deportista”.

### Variables medidas

La variable funcional más controlada fue la 1RM (70.6%), pico de fuerza y pico de potencia (14.7% cada una). En la Tabla 7 se muestran los resultados del análisis del número de variables medidas en función del tipo de ejercicio realizado.

**Tabla 7.** Variables medidas en los estudios seleccionados (n=45)

Ejercicio	Variables Medidas		N	Mínimo	Máximo	Media	SD
<b>Bench pull</b>	1RM (kg/BW)	RR H+M	2	1.07	1.10	1.0850	0.02121
		RR Hombres	12	0.70	1.30	1.0758	0.18183
		RR Mujeres	7	0.60	1.20	1.0057	0.23394
	Pico Fuerza (N/kg)	RR H+M	1	13.19	13.19	13.19	.
		RR Hombres	3	10.06	32.96	19.6067	11.91514
		RR Mujeres	1	23.15	23.15	23.15	.
Pico Potencia (W/kg)	RR Hombres	4	5.10	8.10	6.8125	1.3344	
<b>Pulldown</b>	1RM (kg/BW)	RR H+M	1	0.64	0.64	0.64	.
		RR Hombres	2	0.56	1.06	0.81	0.35355
		RR Mujeres	3	0.44	0.91	0.6633	0.23587
<b>Seated row</b>	1RM (kg/BW)	RR H+M	1	0.64	0.64	0.64	.
		RR Hombres	2	0.95	1.19	1.07	0.16971
		RR Mujeres	1	0.66	0.66	0.66	.
	Pico Fuerza (N/kg)	RR Hombres	1	12.72	12.72	12.72	.
	Pico Potencia (W/kg)	RR Hombres	1	7.2	7.2	7.2	.
<b>Pull-up</b>	1RM (kg/BW)	RR H+M	2	0.66	0.71	0.685	0.03536
		RR Hombres	1	1.27	1.27	1.27	.

SD: desviación típica; BW: Body Weight (peso corporal); RR: resultados relativos; H+M: hombres y mujeres.

## DISCUSIÓN

Observamos un notable aumento de los estudios de las acciones de tracción del tren superior en los últimos años posiblemente debido a la importancia que está adquiriendo la fuerza del tren superior en el rendimiento de algunos deportes como el esquí nórdico (Stöggl et al., 2011). No existe ninguna duda de la importancia de las acciones de tracción en deportes como el remo, en los que unos apropiados niveles de fuerza y potencia son esenciales para el éxito deportivo (McNeely et al., 2005). Al igual sucede en el luge, en donde las acciones de tracción son consideradas determinantes (Platzer et al., 2009a) puesto que la salida de este deporte es descrita como un movimiento explosivo del tren superior (Crossland et al., 2011).

De los 7 estudios que expresan los resultados de forma relativa hay que destacar que más de la mitad, el 67.2% son de deportes que se hacen contra la resistencia del agua (42.9% remo y 14.3% surf). La fuerza relativa se define como el ratio entre la fuerza máxima y el peso corporal. En determinados deportes, como el remo, la fuerza relativa es más importante que la fuerza absoluta. El peso total en una embarcación afecta a la resistencia a través del agua. El aumento de la fuerza absoluta no tiene ningún beneficio, en cambio si el ratio fuerza/peso corporal no supera al ratio peso corporal/resistencia del agua, el aumento de la fuerza relativa hará que sea más fácil acelerar la embarcación con cada palada (McNeely et al., 2005).

El 18% de los artículos expresan sus resultados de forma conjunta para ambos sexos, siendo de muy poca utilidad para su comparación con otras poblaciones. Por lo tanto, sería aconsejable en futuras investigaciones, que los datos relativos a cada sexo se expresen de forma separada.

La fiabilidad de los test de fuerza máxima que incluyen el ejercicio de bench pull es muy alta (ICC 0.82-0.99) en remeros (Lawton et al., 2011). También tiene una alta relación con el rendimiento del *grinding* hacia atrás en deportes de vela (Pearson et al., 2009b), la salida en luge (Crossland et al., 2011) y la doble clavada de bastón en esquí nórdico (Stöggl et al., 2011).

Es por ello que el 64.7% de los estudios usan como ejercicio de evaluación el bench pull. Aunque se haya demostrado la fiabilidad de los test de fuerza máxima en las acciones de tracción, nos llama la atención que el 75% de los artículos no realizan test-retest para evaluar la fiabilidad de las mediciones. Siguiendo a Hopkins (2000), la variación intra-sujeto es la fiabilidad más importante que deben tener en cuenta los investigadores. Partiendo de esta premisa, una de los contrastes estadísticos que se pueden realizar para evaluarla son las pruebas test-retest.

La variable más medida ha sido la 1RM (70.6%). El método de 1RM se define como el peso máximo que se puede levantar una sola vez. Es relativamente simple y no requiere de costosos equipos (Kraemer et al., 2006). Por otra parte, debido a que el test de 1RM se puede realizar utilizando las mismas pautas que las llevadas a cabo por las atletas durante su entrenamiento, se está ganando su aceptación como *gold standard* para evaluar la fuerza muscular (Fleck & Kraemer, 2004; Kraemer et al., 2006).

Los test de fuerza dinámica (RM sin dispositivos, RM+encoder, encoder) representan el 91.2% frente a otros dispositivos evaluación menos utilizados como la plataforma de fuerza 1D y la célula de carga para test isométricos. Los métodos basados en el laboratorio para evaluar la fuerza muscular máxima incluyen el uso de dinamómetros isométricos e isocinéticos (Elkayam et al., 1985; Sagiv et al., 1995; Zachwieja et al., 1996; Selig et al., 2004; Ordway et al., 2006). Estos dos métodos, sin embargo, por lo general requieren sofisticados equipos y personal de laboratorio entrenados para su uso. Es por eso que el método de evaluación más utilizado ha sido la 1RM sin dispositivos (55.9%). Además, estas pruebas con dinamómetros no son muy específicas para los tipos de patrones de movimiento comúnmente usados en actividades físicas (Levinger et al., 2009). En remo, los test de fuerza dinámica (i.e. 1RM) muestran una mayor correlación con el rendimiento en sprints en comparación con los test de fuerza isométrica en atletas de kayak elite (Ualí et al., 2012) al igual que ocurre con las distancias más largas en donde los test isométricos no son un método preciso para discriminar entre el rendimiento de los remeros (Lawton et al., 2011).

Existen investigaciones (Wagner et al., 1992; Barnett et al., 1995) en donde se demuestra que la anchura del agarre afecta a la fuerza y potencia producida en el press de banca. En el análisis pormenorizado de los estudios aquí presentados, tan sólo el 41.2% de los estudios definen la anchura del agarre y el proceso de estandarización. Este hecho, supone un grave error metodológico, puesto que otro de los factores que se altera con las diferentes posiciones del agarre es la participación muscular (Clemons & Aaron, 1997). Lehman (2005) analizó la participación muscular con tres agarres (estrecho, medio y ancho), observando que la actividad mioeléctrica aumentaba en el tríceps de forma muy significativa cuando éste era estrecho y la participación del pectoral se hacía más activa cuando el agarre era más ancho.

Una vez analizados todos los estudios, encontramos que el mayor porcentaje de cargas previas hasta llegar a la 1RM fueron de 3 a 5 (32.4%). Estos datos concuerdan con las recomendaciones de Tagesson & Kvist (2007) en donde aconsejan no sobrepasar las 4 cargas previas para obtener la 1RM.

En esta revisión, se clasificaron a los participantes como “élite” a aquellos que participaban en competiciones internacionales u olimpiadas. Los atletas “no élite” eran los que tomaban parte en competiciones nacionales, regionales y universitarias. Así el 61.8% de los estudios seleccionados utiliza una muestra de deportistas considerados de “élite”. Existe alguna evidencia que sugiere que los sujetos con mayor entrenamiento de fuerza y / o mayor experiencia deportiva producen diferentes cinéticas que sus compañeros con menos experiencia (Baker, 2001; Stone et al., 2003). Los resultados obtenidos de estudios con muestras consideradas como “élite” adquieren una mayor relevancia. Sin embargo, existe una preocupación en la investigación por utilizar muestras de conveniencia (por ejemplo, estudiantes universitarios) y extrapolar los resultados a otras poblaciones, una práctica que cuanto menos es problemática (Cronin et al., 2007).



## CONCLUSIONES

El objetivo principal de esta investigación fue estudiar cómo se evalúan y analizan las acciones de tracción del tren superior en diferentes poblaciones, discriminando en qué ejercicios, dispositivos y protocolos se realizan. Con esta revisión se ha intentado dar luz a una temática tan poco tratada como las acciones de tracción del tren superior. Aunque en los últimos años se ha apreciado un aumento en los estudios de este tipo de acciones está en clara inferioridad respecto a las acciones de empuje (i.e. press de banca).

Podríamos establecer el bench pull como ejercicio base para evaluar la fuerza de tracción del tren superior y la 1RM como el protocolo de evaluación más utilizado en cuanto a fuerza del tren superior se refiere. Nuestra recomendación es realizar esa 1RM de bench pull junto con el uso de un encoder para tener datos de velocidades de movimiento y poder calcular la potencia del mismo durante todo el espectro de cargas. De esta forma, se podrán obtener datos tan relevantes como la curva Fuerza/Tiempo y/o Fuerza/Velocidad.

Esta revisión sistemática pretende servir de ayuda a futuras investigaciones sobre las acciones de tracción del tren superior, siendo un documento en el que consultar los diferentes protocolos, variables y dispositivos utilizados por otros investigadores y los datos de las mediciones que éstos obtuvieron en el momento de sus investigaciones.

En los próximos años este tema debería ser tratado con más profundidad ya que es de crucial importancia en muchas acciones deportivas, como ha quedado de manifiesto en este trabajo. Particularmente, esta revisión sistemática, es el punto de partida de un trabajo más ambicioso en el que se quieren evaluar las acciones de tracción del skicross y snowboardcross mediante un dispositivo de salida fabricado por nosotros mismos y ponerlo en práctica en la Final de la Copa del Mundo de Snowboard y Freestyle 2013, la Universiada de Deportes de Invierno 2015 y los Campeonatos del Mundo de Freestyle y Snowboard 2017. Para este fin, se nos concedió en abril de este año un proyecto de la convocatoria “Compromiso con la Investigación y el Desarrollo”, del CEI BioTic Granada.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mi tutor, Ignacio J. Chiroso Ríos, toda la dedicación y apoyo que me ha brindado para la realización de este trabajo así como sus constantes palabras de aliento. No habría sido posible la realización de esta revisión sistemática sin la colaboración de Iker J. Bautista González del que no he parado de aprender en los muchos momentos que hemos pasado juntos en la realización de este TFM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arlotta, M., LoVasco, G., & McLean, L. (2010). Selective recruitment of the lower fibers of the trapezius muscle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*.
- Attenborough, A. S., Smith, R. M., & Sinclair, P. J. (2012). Effect of gender and stroke rate on joint power characteristics of the upper extremity during simulated rowing. *Journal of Sport Sciences*.
- Baker, D. G. (2001). Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 30–35.
- Baker, D. G., & Newton, R. U. (2004). An analysis of the ratio and relationship between upper body pressing and pulling strength. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 594–598.
- Barnett, C., Kippers, V., & Turner, P. (1995). Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 9, 222–227.
- Bernardi, M., Carucci, S., Faiola, F., Egidi, F., Marini, C., Castellano, V., & Faina, M. (2012). Physical fitness evaluation of paralympic winter sports sitting athletes. *Journal of Sport Medicine*, 22(1), 26–30.
- Bird, S. P., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, 35(10), 841–851.
- Blais, L., Trilles, F., & Lacouture, P. (2007). Validation of a specific machine to the strength training of judokas. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 409–412.
- Bortolan, L., Pellegrini, B., Finizia, G., & Schena, F. (2008). Assessment of the reliability of a custom built Nordic Ski Ergometer for cross-country skiing power test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(2), 177–182.

- Carballeira Fernández, E., Iglesias Soler, E., & Dopico Calvo, X. (2008). Analysis of the acute effects of the confrontation in the judo, through the study of the association between metabolic and mechanical parameters. *Fitness & Performance Journal (Online Edition)*, 7(4), 229–238.
- Cerullo, J. (2011). The luge start: rotator cuff and scapulothoracic stabilization exercises to consider. *Strength and Conditioning Journal*, 33(4), 83–87.
- Clemons, J. M., & Aaron, C. (1997). Effect of grip width on the myoelectric activity of the prime movers in the bench press. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 82.
- Clemons, J. M., Duncan, C. A., Blanchard, O. E., Gatch, W. H., Hollander, D. B., & Doucet, J. L. (2004). Relationships between the flexed-arm hang and select measures of muscular fitness. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 630–636.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146.
- Cronin, J. B., Jones, J. V., & Hagstrom, J. T. (2007). Kinematics and kinetics of the seated row and implications for conditioning. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1265–1270.
- Cronin, J. B., & Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine 2005*, 35(3), 213–234.
- Crossland, B. W., Hartman, J. E., Kilgore, J. L., Hartman, M. J., & Kaus, J. M. (2011). Upper-body anthropometric and strength measures and their relationship to start time in elite luge athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2639–2644.
- Elkayam, U., Roth, A., Weber, L., Hsueh, W., Nanna, M., Freidenberger, L., Chandraratna, A. N., et al. (1985). Isometric exercise in patients with chronic advanced heart failure: hemodynamic and neurohumoral evaluation. *Circulation*, 72(5), 975–81.
- Escamilla, R. F., Lander, J. E., & Garhammer, J. (2000). Biomechanics of powerlifting and weightlifting exercises. *Exercise and Sport Science*, 585–615.

- Fenwick, C. M. ., Brown, S. H. ., & McGill, S. M. (2009). Comparison of different rowing exercises: trunk muscle activation and lumbar spine motion, load, and stiffness. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 350.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2004). *Designing resistance training programs*. Human Kinetics Publishers.
- García-Pallarés, J., & Izquierdo, M. (2011). Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine*, 2011, 41(4), 329–343.
- García-Pallarés, J., Sánchez-Medina, L., Carrasco, L., Díaz, A., & Izquierdo, M. (2009). Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle. *European Journal of Applied Physiology*, 106(4), 629–638.
- Harris, N. K., Cronin, J. B., & Hopkins, W. G. (2007). Power outputs of a machine squat-jump across a spectrum of loads. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1260.
- Henry, T. M. (2011). Resistance training for judo: functional strength training concepts and principles. *Strength and Conditioning Journal*, 33(6), 40–49.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1–15.
- Izquierdo-Gabarren, M., Expósito, R. G. de T., de Villarreal, E. S. S., & Izquierdo, M. (2010a). Physiological factors to predict on traditional rowing performance. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 83–92.
- Izquierdo-Gabarren, M., González De Txabarri Expósito, R., García-pallarés, J., Sánchez-medina, L., De Villarreal, E. S. S., & Izquierdo, M. (2010b). Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(6), 1191–1199.
- Komi, P. V. (1992). *Strength and power in sport*. Blackwell Scientific Publications.
- Kraemer W.J., Ratamess N.A., Fry A.C., et al. (2006). Strength training: development and evaluation of methodology. In: Maud PJ, Foster C, editors. *Physiological Assessment of Human Fitness*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2006. p. 119—50.

- Kritz, M., Cronin, J., & Hume, P. (2010). Screening the upper-body push and pull patterns using body weight exercises. *Strength and Conditioning Journal*, 32(3), 72–82.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 159–174.
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., & McGuigan, M. R. (2011). Strength testing and training of rowers: a review. *Sports*, 41(5), 413–432.
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., & McGuigan, M. R. (2012). Does extensive on-water rowing increase muscular strength and endurance?. *Journal of Sports Sciences*, 30(6), 533–540.
- Lehman, G. J. (2005). The influence of grip width during the flat bench press. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 587–591.
- Levinger, I., Goodman, C., Hare, D. L., Jerums, G., Toia, D., & Selig, S. (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(2), 310–316.
- Liow, D. K., & Hopkins, W. G. (2003). Velocity specificity of weight training for kayak sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(7), 1232–1237.
- Losnegard, T., Mikkelsen, K., Ronnestad, B. R., Hallen, J., Rud, B., & Raastad, T. (2011). The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(3), 389–401.
- Mayhew, J. L., Brechue, W. F., Smith, A. E., Kemmler, W., Lauber, D., & Koch, A. J. (2011). Impact of testing strategy on expression of upper-body work capacity and one-repetition maximum prediction after resistance training in college-aged men and women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2796.
- McNeely, E., Sandler, D. M., & Bamel, S. (2005). Strength and power goals for competitive rowers. *Strength and Conditioning Journal*, 27(3), 10–15.
- Negrete, R. J., Hanney, W. J., Kolber, M. J., Davies, G. J., Ansley, M. K., McBride, A. B., & Overstreet, A. L. (2010). Reliability, minimal detectable change, and normative values for tests of upper extremity function and power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3318–3325.

- Nowoisky, H. (2005). The biomechanics of loss of balance in Olympic sport judo, possibilities of measurement of biomechanical parameters. *International Symposium on Biomechanics in Sports* (Vol. 2, pp. 20050822–27).
- Ordway, N. R., Hand, N., Briggs, G., & Ploutz-Snyder, L. L. (2006). Reliability of knee and ankle strength measures in an older adult population. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 82.
- Pearson, S. N., Cronin, J. B., Hume, P. A., & Slyfield, D. (2009a). Kinematics and kinetics of the bench-press and bench-pull exercises in a strength-trained sporting population. *Sports Biomechanics*, 8(3), 245–254.
- Pearson, S. N., Hume, P. A., Cronin, J. B., & Slyfield, D. (2009b). Strength and power determinants of grinding performance in America's Cup sailors. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1883–1889.
- Platzer, H.-P., Raschner, C., & Patterson, C. (2009a). Performance-determining physiological factors in the luge start. *Journal of Sports Sciences*, 27(3), 221–226.
- Platzer, H.-P., Raschner, C., Patterson, C., & Lember, S. (2009b). Comparison of physical characteristics and performance among elite snowboarders. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1427–1432.
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J., & Triplett, N. T. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708.
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., & Gray, R. (2004). Physical fitness and job performance of firefighters. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 348–352.
- Robbins, D. W., Young, W. B., Behm, D. G., & Payne, W. R. (2010). The effect of a complex agonist and antagonist resistance training protocol on volume load, power output, electromyographic responses, and efficiency. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1782.
- Rønnestad, B. R., Kojedal, O., Losnegard, T., Kvamme, B., & Raastad, T. (2012). Effect of heavy strength training on muscle thickness, strength, jump performance, and endurance

performance in well-trained Nordic Combined athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 112(6), 2341–2352.

Sagiv, M., Hanson, P., Besozzi, M., & Nagle, F. (1985). Left ventricular responses to upright isometric handgrip and deadlift in men with coronary artery disease. *The American Journal of Cardiology*, 55(11), 1298–1302.

Santana, J. C., & Fukuda, D. H. (2011). Unconventional methods, techniques, and equipment for strength and conditioning in combat sports. *Strength and Conditioning Journal*, 33(6), 64.

Selig, S. E., Carey, M. F., Menzies, D. G., Patterson, J., Geerling, R. H., Williams, A. D., Bamroongsuk, V., et al. (2004). Moderate-intensity resistance exercise training in patients with chronic heart failure improves strength, endurance, heart rate variability, and forearm blood flow. *Journal of Cardiac Failure*, 10(1), 21–30.

Seo, D., Kim, E., Fahs, C. A., Rossow, L., Young, K., Ferguson, S. L., Thiebaud, R., et al. (2012). Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 221–225.

Sheppard, J. M., McNamara, P., Osborne, M., Andrews, M., Oliveira Borges, T., Walshe, P., & Chapman, D. W. (2012). Association between anthropometry and upper-body strength qualities with sprint paddling performance in competitive wave surfers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*.

Snyder, B. J., & Leech, J. R. (2009). Voluntary increase in latissimus dorsi muscle activity during the lat pull-down following expert instruction. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2204–2209.

Stöggl, T., Lindinger, S., & Muller, E. (2007). Evaluation of an upper-body strength test for the cross-country skiing sprint. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(7), 1160–1169.

Stöggl, T., Müller, E., Ainegren, M., & Holmberg, H.-C. (2011). General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing?. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 791–803.



- Stone, M. H., O Bryant, H. S., McCoy, L., Coglianese, R., Lehmkuhl, M., Schilling, B., et al. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 140–147.
- Tagesson, S. K. B., & Kvist, J. (2007). Intra-and interrater reliability of the establishment of one repetition maximum on squat and seated knee extension. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 801.
- Turbanski, S., & Schmidtbleicher, D. (2010). Effects of heavy resistance training on strength and power in upper extremities in wheelchair athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 8.
- Turpin, N. A., Guével, A., Durand, S., & Hug, F. (2011a). Effect of power output on muscle coordination during rowing. *European Journal of Applied Physiology*, 1–13.
- Turpin, N. A., Guével, A., Durand, S., & Hug, F. (2011b). No evidence of expertise-related changes in muscle synergies during rowing. *Journal of Electromyography and Kinesiology*.
- Ualí, I., Herrero, A. J., Garatachea, N., Marín, P. J., Alvear-Órdenes, I., & García-López, D. (2012). Maximal strength on different resistance training rowing exercises predicts start phase performance in elite kayakers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 941–946.
- Wagner, L., Evans, S., Weir, J., Housh, T., & Johnson, G. (1992). The effect of grip width on bench press performance. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8, 1–10.
- Zachwieja, J. J., Toffolo, G., Cobelli, C., Bier, D. M., & Yarasheski, K. E. (1996). Resistance exercise and growth hormone administration in older men: effects on insulin sensitivity and secretion during a stable-label intravenous glucose tolerance test. *Metabolism*, 45(2), 254–260.