

## Efecto de la práctica de slalom sobre la fuerza de prensión manual en esquiadores náuticos con paraplejía

The effect of slalom practice on handgrip strength of water-skiing athletes with paraplegia

David Suárez-Iglesias, José-Antonio Rodríguez-Marroyo, José-Gerardo Villa-Vicente

Grupo de Investigación VALFIS, Instituto de Biomedicina (IBIOMED). Universidad de León. España.

### CORRESPONDENCIA:

David Suárez-Iglesias

dsuai@unileon.es

Recepción: mayo 2017 • Aceptación: junio 2017

### Resumen

En el esquí náutico, las personas que experimentan paraplejía adoptan una posición sentada, y la fuerza de prensión manual (FPM) les permite agarrar el palonier y ejecutar las pasadas en la disciplina de slalom. Este estudio evaluó los efectos inmediatos en la FPM máxima tras la práctica de esquí náutico adaptado, aspecto aún desconocido. En mano dominante se midió la FPM máxima mediante dinamometría manual tras 14 entrenamientos de cuatro esquiadores náuticos varones con lesión medular completa que participaron en un campeonato nacional, con edad media (desviación estándar) de 37.2 (7.3) años y 2.5 (1.3) años de experiencia en esquí náutico. Tras la práctica, la FPM máxima se redujo (pre-entrenamiento: 48.4 (3.6) kg; post-entrenamiento: 39.1 (8.7) kg) ( $p < 0.001$ ), con un gran tamaño del efecto ( $d_z$  de Cohen  $> 1.15$ ). Se observó la menor disminución porcentual, de un 9.8 (8.3)%, para el único esquiador con nivel avanzado y el de mayor FPM máxima pre-entrenamiento, mientras el esquiador con menor FPM máxima pre-entrenamiento y un nivel intermedio mostró una reducción del 38.9 (10.6)%. En el conjunto de entrenamientos de los cuatro esquiadores, la reducción de FPM máxima tras un tiempo de agarre medio de 20.5 min fue del 18.5%, sin correlación entre estas variables ( $r = 0.49$ ,  $p = 0.076$ ). La práctica de esquí náutico sentado en la disciplina de slalom por personas que experimentan paraplejía conlleva una disminución en la FPM máxima de la mano dominante, pudiendo influir el nivel competitivo y la condición física de los esquiadores en el porcentaje de reducción.

**Palabras clave:** lesión medular, deportes adaptados, dinamometría, fuerza isométrica máxima, fatiga muscular.

### Abstract

In water skiing, people who experience paraplegia ski in a sitting position, and they rely on hand grip strength (HGS) to grab the tow rope handle and run slalom passes. This study evaluated the immediate effects on maximum HGS after the practice of disabled water skiing, a still unknown aspect. In the dominant hand, maximum HGS was measured by hand-grip dynamometry after 14 practices of four male water skiers with complete spinal cord injury participating in a national championship, with mean age (standard deviation) of 37.2 (7.3) years and 2.5 (1.3) years of experience in water skiing. After practice, maximum HGS was reduced (pre-practice: 48.4 (3.6) kg; post-practice: 39.1 (8.7) kg) ( $p < 0.001$ ), with a large effect size (Cohen  $d_z > 1.15$ ). The lowest percentage decrease, 9.8 (8.3)%, was observed for the only skier with advanced level and highest maximum HGS pre-practice, while the skier with lowest maximum HGS pre-practice and an intermediate level showed a reduction of 38.9 (10.6)%. In the set of practices of the four skiers, the maximum HGS reduction after a mean grip time of 20.5 min was 18.5%, with no correlation between these variables ( $r = 0.49$ ,  $p = 0.076$ ). Practising slalom water-skiing in sitting position by people experiencing paraplegia leads to a decrease in the maximum HGS of the dominant hand, the percentage decrease may be in relation to competitive level and physical fitness of the skiers.

**Key words:** spinal cord injury, adapted sports, dynamometry, maximal isometric force, muscle fatigue.

## Introducción

El esquí náutico es tanto una actividad física en tiempo libre como un deporte competitivo entre personas con lesión medular (LM) (Rice, R. A. Cooper, R. Cooper, Kelleher, & Boyles, 2009). En la competición adaptada, que comprende las disciplinas de slalom, figuras y saltos, la mayoría de participantes presenta paraplejía y compite en slalom (Grew, 2015). El entrenamiento o su práctica recreativa implican no solo afrontar el campo de slalom, sino también las duras y cambiantes condiciones ambientales de las aguas públicas y el tráfico de otros barcos (Mullins, 2007).

En búsqueda del rendimiento en competición, en los entrenamientos en el agua se suelen practicar múltiples pasadas consecutivas. Los esquiadores soportan en primer lugar una fuerza de arrastre horizontal constante que puede alcanzar aproximadamente 1.5 veces el peso corporal durante la salida del agua (Keeverline, Englund, & Cooney, 2003), así como los movimientos cambiantes del barco y del propio esquiador que tensan y destensan alternativamente la cuerda (Barnett & Ziemba, 2009), produciéndose en las pasadas más difíciles un par de torsión extremo en la parte superior del cuerpo (Leggett, Kenney, & Eberhardt, 1996). Con la sucesión de pasadas, el esquiador absorbe estas fuerzas de tracción a través del agarre manual de un manillar cilíndrico (llamado *palonier*). La posición de los antebrazos es forzada, ya que uno está pronado y el otro supinado (Rosa, Di Donato, Balato, D'Addona, & Schonauer, 2016), o ambos se colocan en posición pronada. La intensidad de la contracción isométrica de agarre y la duración de este trabajo originan fatiga muscular periférica sobre el complejo músculo-tendinoso de la mano y antebrazo, que puede ocasionar la suelta repentina del palonier y la consiguiente caída del esquiador (Grover, 1997). La elevada exigencia técnica y física de la disciplina de slalom (Mullins, 2007) incrementa la posibilidad de sufrir lesiones músculo-esqueléticas, incluido el temido síndrome compartimental (Eberhardt, 1987; Zandi & Bell, 2005), y se considera de alto riesgo para el desarrollo de epicondilitis lateral (Rosa et al., 2016). Una de las principales causas de lesión para los miembros superiores es un súbito recobro de tensión de la cuerda (Loughlin, 2013), que ocasiona esguinces de codo (Eberhardt, 1987) o roturas de bíceps braquial por la repentina extensión forzada del codo teniendo el bíceps contraído isométricamente (Lo, Coombs, & Bell, 2010).

Tanto de pie como sentados, los esquiadores náuticos extienden los codos para aprovechar la relación longitud-tensión de los músculos del antebrazo implicados en la generación de la fuerza de agarre (Parvatikar &

Mukkannavar, 2009), optimizando aspectos técnicos como el denominado *cruce de olas* o el deslizamiento fluido. Esquiando de pie, el gran estrés fisiológico sobre los flexores de antebrazo puede atenuarse mediante una contracción isométrica sostenida del recto abdominal, trapecio, dorsal ancho, masa común de erectores de la columna, abdominales, psoas-iliaco, glúteo mayor y gemelos (Leggett et al., 1996). Sin embargo, los esquiadores con paraplejía no pueden reproducir esta compensación postural. El reducido manejo de la musculatura de la cadera y el tronco (Janssen-Potten, Seelen, Drukker, & Reulen, 2000) obliga a sentarse con rodillas por encima de la cadera, inclinar el tronco en dirección frontal y alcanzar el palonier siguiendo una trayectoria en sentido caudal del eje brazo-mano (Figura 1). Además, el esfuerzo de tracción está limitado por un menor control del equilibrio dinámico en posición sentada (Seelen, Potten, Huson, Spaans, & Reulen, 1997) y un brazo de palanca alargado entre la localización del esfuerzo y el centro de gravedad del binomio esquí-esquiador (Das & Black, 2000).

Gracias al trabajo muscular isométrico y a las acciones dinámicas del tren superior en las fases de giro, el esquiador con paraplejía afronta los constantes retos al equilibrio dinámico debido al deslizamiento, velocidad, salto de ola y cambio de dirección durante el entrenamiento o la competición. No obstante, el buen desempeño durante las pasadas de slalom está limitado en última instancia por el esfuerzo específico en el agarre manual del palonier (Barnett & Ziemba, 2009; Rosa et al. 2016); es decir, por la fuerza de prensión manual (FPM), entendida como la fuerza isométrica máxima ejercida sobre un dinamómetro por los músculos de la mano y del antebrazo (Cabeza-Ruiz et al., 2009), y la resistencia de agarre, definida como la capacidad para sostener el agarre durante un periodo de tiempo (Barnett & Ziemba, 2009). La valoración de la FPM es frecuente en deportes donde un agarre isométrico cumple un rol importante, como la escalada, el judo o la vela (Barrionuevo Vallejo, Fructuoso Rosique, Hernández Ros, & Martínez González-Moro, 2007; Bonitch-Góngora, Bonitch-Domínguez, Padial, & Feriche, 2012; Carballeira & Iglesias, 2007; Iglesias, Clavel, Dopico, & Tuimil, 2003; Watts, Newbury, & Sulentic, 1996), pero no ha recibido atención investigadora en el esquí náutico, en el cual resulta difícil estandarizar las condiciones de entrenamiento o competición para el registro de datos cuantitativos experimentales (Bray-Miners, Runciman, Monteith, & Groendyk, 2015). Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar los efectos agudos sobre la FPM de la práctica de esquí náutico en la disciplina de slalom en esquiadores sentados con paraplejía.



Figura 1. Esquiador náutico sentado. Vista frontal y lateral.

## Métodos

### Participantes

Cuatro varones con LM producida por un accidente de vehículo a motor y resultante en paraplejía completa participaron voluntariamente en este estudio (Tabla 1). Representaban el total de competidores con discapacidad en la disciplina de slalom de un campeonato de ámbito nacional de esquí náutico inclusivo.

El esquiador A presentaba un nivel competitivo que le llevó a disputar una prueba del circuito europeo de esquí náutico adaptado posteriormente, mientras el resto de los esquiadores tenía un nivel intermedio. Ninguno había seguido un entrenamiento específico para afrontar el campeonato. Asimismo, todos tenían experiencia compitiendo en esquí alpino adaptado en silla en el circuito nacional y podían considerarse como individuos muy activos (esquiadores A, B y C) o activos (esquiador D) (Janssen, Dallmeijer, Veeger, & van der Woude, 2002). En ningún caso su nivel lesional limitaba su capacidad de prensión manual. A todos se les ofreció una explicación de las características del estudio y su consentimiento informado fue obtenido por escrito antes de la realización de cualquier procedimiento.

El estudio recibió la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de León y se condujo en conformidad con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2013) para investigación con seres humanos.

### Procedimientos

El estudio se efectuó a lo largo de tres días reservados para entrenamientos previos a un campeonato de esquí náutico inclusivo de ámbito nacional, en la disciplina de slalom. Los entrenamientos de esquí náutico en la división sentada tuvieron lugar en el río Miño (Ourense) en un campo de mini-slalom (Figura 2) y en aguas abiertas. En conjunto se registraron 14 sesiones de entrenamiento, cuatro por parte de los esquiadores A y D, y tres en el caso de los esquiadores B y C.

El campo de mini-slalom consiste en seis boyas colocadas a 6.4 m del eje del campo, dispuestas en un patrón asimétrico en forma de S con tres boyas a cada lado, y está recogido como campo de *inner-slalom* en el Reglamento Técnico de Esquí Náutico Adaptado para los competidores de la división sentada (International Waterski & Wakeboard Federation, 2017). A la hora de atravesar el campo, el esquiador agarra con sus manos de modo transversal el palonier de una cuerda unida

Tabla 1. Características de los esquiadores.

VARIABLES	ESQUIADOR A	ESQUIADOR B	ESQUIADOR C	ESQUIADOR D
Edad, años	28	44	42	35
Peso, kg	55	65	72	70
Altura, cm	177	173	177	172
Nivel LM torácica	5	7	9	12
Tiempo desde lesión, años	7	25	19	9
Experiencia EN, años	3	4	1	2

Nota: LM = lesión medular; EN = esquí náutico.

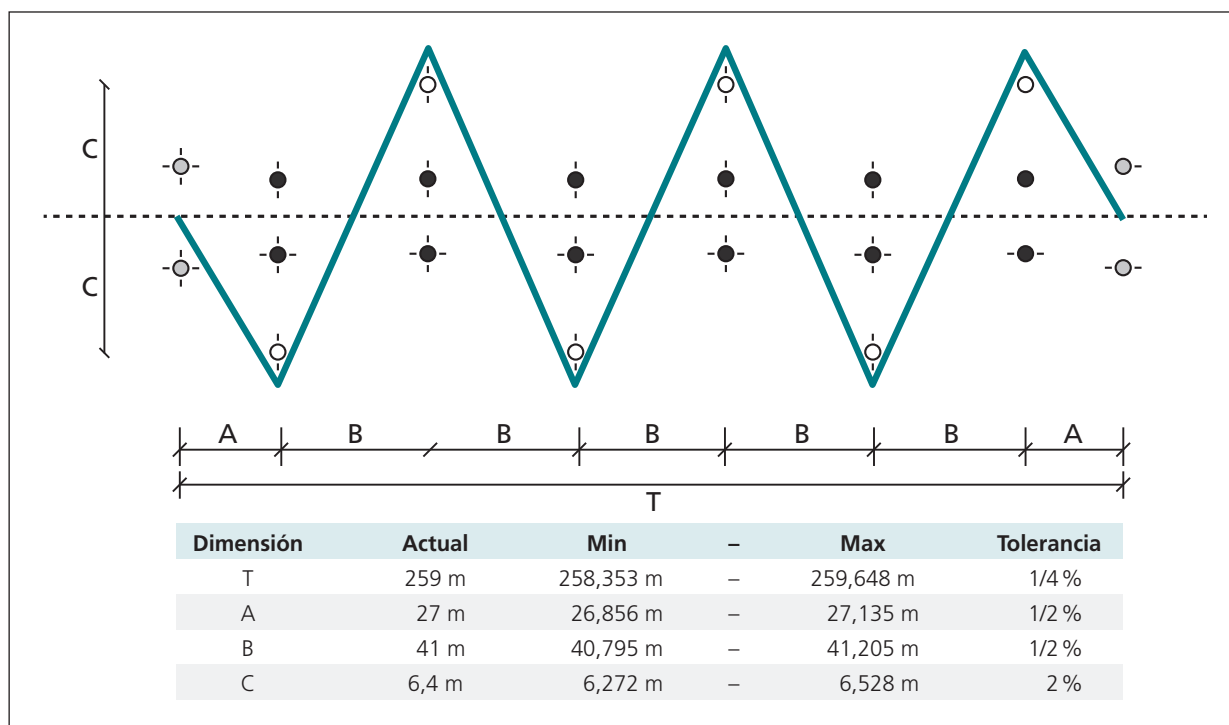


Figura 2. Dimensiones del campo de mini-slalom. Boyas grises: puertas de entrada y salida; boyas negras: guías del barco; boyas blancas: boyas esquiador; línea negra: trayectoria esquiador.

al barco cuya longitud inicial es de 18.25 m. Mientras el barco es conducido a través del eje del campo, el esquiador gira exteriormente cada boya para completar una pasada exitosa. Para acelerar hacia el lado derecho, debe tirar con fuerza del palonier hacia su cadera izquierda. Después de tirar, acelerar e inclinarse lejos del barco, cruza la estela y cambia los bordes del esquí (de derecha a izquierda), manteniendo siempre el palonier presionado cerca del cuerpo. A continuación, desacelera y, para iniciar el giro alrededor de la primera boya, libera la mano derecha (exterior) y luego extiende el palonier con la izquierda suavemente hacia el barco para mantener la tensión de la cuerda. Finalmente, en el vértice del giro, retoma el palonier con la mano libre y una vez más tira con fuerza hacia su cadera exterior (derecha), reproduciéndose la secuencia en búsqueda de la siguiente boya en el lado contrario del campo (Mullins, 2007). Esta compleja serie de movimientos a lo largo de las seis boyas implica una duración variable, ya que la dificultad se incrementa progresivamente mediante el aumento de la velocidad del barco y la reducción de la longitud de cuerda (International Waterski & Wakeboard Federation, 2017).

Durante los entrenamientos se simula la prueba de slalom, donde los esquiadores intervienen en rotación, y en cada ronda realizan hasta seis pasadas seguidas, ya que después de una pasada exitosa el esquiador puede dar la vuelta e intentar otra pasada en dirección opues-

ta (International Waterski & Wakeboard Federation, 2017). La práctica consistió en repetir pasadas en el campo de mini-slalom, así como efectuar giros en aguas abiertas cuando el campo de mini-slalom no estaba disponible. Ante posibles caídas de los esquiadores, estos volvían a salir del agua y seguían con su práctica. Esta finalizaba cuando el esquiador conseguía completar cuatro rondas de seis pasadas, excepto que soltase el palonier debido a malestar personal o una sensación de fatiga central o periférica que impidiese la práctica. En ambos casos regresaba de inmediato al barco.

Un piloto experimentado conducía el barco a una velocidad controlada automáticamente y ajustada al requerimiento individual del esquiador, siendo sus marcas personales las siguientes: esquiador A, 3 boyas superadas a 34 km/h y 18.25 m de cuerda (3.00/34/18.25); esquiador B, 2.00/31/18.25; esquiador C, 1.00/31/18.25; esquiador D, 1.50/31/18.25. Las condiciones ambientales fueron estables y permitieron la práctica continuada durante los tres días de entrenamientos, con una máxima velocidad media (desviación estándar entre paréntesis) del viento de 12.5 (7.3) km/h, una temperatura ambiental de 22.4 (6.7) °C (rango: 15.6 - 30.9 °C) y una temperatura del agua de 17.8 (2.9) °C. Para evitar la hipotermia y mantener el balance térmico, todos los esquiadores contaron con prendas de neopreno para el tronco y miembro superior, salvo manos.



### Valoración de fuerza de prensión manual

Se utilizó un dinamómetro mecánico de prensión manual digital (Takei TKK 5401 Grip-D, Tokyo, Japón), que registra en kilogramos de fuerza (precisión 0.1 kg, rango 5-100 kg), instrumento muy utilizado en la medición de la fuerza de prensión manual isométrica en personas con LM (De Lima, S. De Oliveira, L. De Oliveira, & Costa, 2016). La FPM se evaluó dentro del barco tras un calentamiento general (pre-entrenamiento), y justo al salir del agua finalizado el entrenamiento (post-entrenamiento). Se valoró únicamente la mano dominante (mano preferida en la realización de las actividades de la vida diaria) para minimizar la duración de las mediciones en el barco, reduciendo el riesgo de hipotermia de los esquiadores y no obstaculizando el ritmo de entrenamientos del resto de competidores. En todos los participantes, la mano dominante agarraba el palonier con el antebrazo en pronación.

Cada esquiador se había familiarizado previamente con el protocolo de la prueba, auto-seleccionando la posición de apertura del dinamómetro con la que generaban la máxima fuerza (Boadella, Kuijer, Sluiter, & Frings-Dresen, 2005). Los esquiadores adoptaron una postura estándar conforme las instrucciones de la American Society of Hand Therapists (Shechtman & Sindhu, 2013), donde el evaluador ayudaba a estabilizar el tronco en una posición sentada, con hombro en aducción y rotación neutra, codo flexionado a 90°, antebrazo en posición neutra, muñeca entre 0° y 30° de extensión y 0° a 15° de desviación cubital. Debido a su paraplejía, se permitió a cada esquiador apoyar el brazo libre sobre la rodilla homolateral para mantener la estabilidad del tronco durante la prueba (Figura 3). A la señal del evaluador y con motivación verbal, ejercían la mayor fuerza posible con la mano desnuda durante cinco segundos ejecutando tres intentos, intercalados por periodos de recuperación de 60 s, sin modificar en ningún momento la postura estándar. Se registró el mejor de los tres intentos. Los parámetros de análisis comprendieron la FPM absoluta (kg) y la FPM relativa ( $\text{kg}\cdot\text{kg peso corporal}^{-1}$ ).

El tiempo total de las sesiones de entrenamiento de cada esquiador fue registrado a diario utilizando un cronómetro digital manual Traceable® (VWR®, Pennsylvania, USA.), anotando el tiempo en que el esquiador se encontraba agarrando el palonier, *Tiempo agarre*, y el tiempo en que perdía la posesión de este, *Tiempo no agarre*. Esto permitió un análisis por subgrupos, de forma que las 14 sesiones registradas fueron divididas en dos tipos: las que el tiempo de agarre del palonier era inferior a 15 minutos, *Periodo agarre < 15 min*, y aquellas cuyo tiempo de agarre era igual o superior a



Figura 3. Evaluador y esquiador durante la prueba de dinamometría de agarre manual.

15 minutos, *Periodo agarre  $\geq 15$  min*. El punto de corte se estableció en función del control tradicional del tiempo de práctica en el campo de slalom de los clubes de esquí náutico, con salidas individuales de aproximadamente 15 minutos (Mullins, 2007).

### Análisis estadístico

Se calcularon los valores medios y desviación estándar para cada variable. Al no presentar una distribución normal basada en la curtosis, fueron transformados en logaritmos para su análisis subsiguiente, realizando prueba *t* de Student para muestras relacionadas y comparar la FPM antes y después del entrenamiento. El tamaño del efecto se calculó mediante diferencia de medias estandarizada ( $d_z$  de Cohen, que tiene en cuenta la correlación entre mediciones para comparaciones intra-sujetos) (Lakens, 2013), considerando  $d_z = 0.20$ , pequeña;  $d_z = 0.63$ , moderada; y  $d_z = 1.15$ , grande, según Cano-Corres, Sánchez-Álvarez, & Fuentes-Arderiu, 2012. Las pruebas de correlación de Pearson permitieron investigar la relación entre variables. La significación estadística se fijó al nivel  $p < 0.05$ . Para los análisis estadísticos se empleó el software GNU PSPP (Free Software Foundation, Inc.) y la hoja de cálculo de tamaño del efecto de Lakens (2013).

### Resultados

La Tabla 2 muestra como para el conjunto de entrenamientos el tiempo de agarre casi triplicó al tiempo de no agarre. Por su parte, la media del tiempo de agarre en el periodo de agarre  $\geq 15$  min casi duplicó la del periodo de agarre  $< 15$  min, mientras que el tiempo de no agarre fue similar entre ambos periodos de agarre.

**Tabla 2. Duración de los entrenamientos y sus tiempos de agarre y no agarre, valores absolutos y relativos de fuerza de prensión manual (FPM), y porcentaje de cambio tras entrenamiento, para el conjunto de entrenamientos y según duración de los periodos de agarre.**

Variables	Entrenamientos		
	Conjuntos (N = 14)	Periodo agarre < 15 min (n = 5)	Periodo agarre ≥ 15 min (n = 9)
Tiempo total, min	28.2 (16.2)	22.05 (5.2)	34.8 (18.6)
Tiempo agarre, min	20.5 (10.6)	13.5 (1.4)	26.6 (10.6)
Tiempo no agarre, min	7.7 (9.2)	8.5 (4.3)	8.1 (11.3)
FPM, kg	Pre	45.2 (3.6)	50.1 (1.2)
	Post	36.5 (8.7)***	44.1 (2.9)*
FPM, kg·kg corporal <sup>-1</sup>	Pre	0.76 (0.1)	0.77 (0.1)
	Post	0.62 (0.2)***	0.75 (0.1)*
FPM Pre vs Post, %	18.5 (14.6)	11.9 (6.4)	24.3 (16.3)

Nota: valores medios (desviación estándar). *n* = número de entrenamientos; *Pre* = antes del entrenamiento; *Post* = después del entrenamiento. Diferencias significativas entre *Pre* y *Post*: \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.001$ .

**Tabla 3. Valores  $d_z$  de Cohen de las pruebas *t* en los datos transformados; efecto de los entrenamientos de esquí náutico sobre la fuerza de prensión manual (FPM) absoluta y relativa al peso corporal (diferencias entre pre y post-entrenamiento).**

		M (DE)	I.C. 95%	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	$d_z$
Conjuntos (N = 14)	FPM absoluta	0.24 (0.21)	0.12, 0.36	4.35	13	0.001	1.16
	FPM relativa	0.24 (0.20)	0.12, 0.36	4.40	13	0.001	1.18
Periodo agarre < 15 min (n = 5)	FPM absoluta	0.12 (0.08)	0.02, 0.22	3.51	4	0.017	1.57
	FPM relativa	0.13 (0.08)	0.03, 0.23	3.69	4	0.020	1.65
Periodo agarre ≥ 15 min (n = 9)	FPM absoluta	0.30 (0.23)	0.12, 0.48	3.94	8	0.004	1.31
	FPM relativa	0.31 (0.23)	0.13, 0.49	3.97	8	0.004	1.32

Nota: *n* = número de entrenamientos; *M* = Valor medio de las diferencias relacionadas; *DE* = desviación estándar; *I.C. 95%* = intervalo de confianza para la diferencia de medias al 95%, expresado como límite inferior, límite superior; *t* = estadístico de la prueba *t* de Student; *gl* = grados de libertad; *p* = valor de significación, nivel de significación  $p < 0.05$ .

**Tabla 4. Correlación de Pearson entre las variables tiempo total de entrenamiento, tiempo agarre, tiempo no agarre, y porcentaje de cambio de la fuerza de prensión manual (FPM) pre vs post-entrenamiento, para el conjunto de entrenamientos y según tipo de entrenamiento.**

% Cambio FPM Pre vs Post	Tiempo total	Tiempo agarre	Tiempo no agarre
Entrenamientos conjuntos (N=14)	$r = 0.50$ ( $p = 0.069$ )	$r = 0.49$ ( $p = 0.076$ )	$r = 0.25$ ( $p = 0.394$ )
Entrenamientos periodo agarre < 15 min (n=5)	$r = -0.01$ ( $p = 0.987$ )	$r = 0.02$ ( $p = 0.969$ )	$r = 0.00$ ( $p = 0.996$ )
Entrenamientos periodo agarre ≥ 15 min (n=9)	$r = 0.50$ ( $p = 0.173$ )	$r = 0.39$ ( $p = 0.298$ )	$r = 0.47$ ( $p = 0.200$ )

Nota: *n* = número de entrenamientos; *r* = correlación de Pearson;  $p < 0.05$  = nivel de significación.

En conjunto los valores de FPM absoluta disminuyeron significativamente un 18.5% en el post-entrenamiento, al igual que sucede con la FPM relativa al peso corporal. La disminución porcentual de FPM en el periodo de agarre ≥ 15 min fue el doble respecto al periodo de agarre < 15 min.

Los valores de FPM absoluta en el post-entrenamiento en los periodos de agarre < 15 min y ≥ 15 min fueron un 11.9% y 24.3% significativamente menores, respectivamente.

La Tabla 3 ofrece, con los datos transformados a logaritmos, la diferencia de las medias pre y post-entrenamiento de FPM absoluta y relativa, revelando la exis-

tencia de un tamaño del efecto grande ( $d_z > 1.15$ ) tanto para el conjunto de 14 entrenamientos ( $d_z = 1.16$ ) como para los 9 entrenamientos con un periodo de agarre ≥ 15 min ( $d_z = 1.31$ ), así como para los 5 entrenamientos con periodo de agarre < 15 min ( $d_z = 1.57$ ).

Tanto en los entrenamientos conjuntos como en aquellos con periodo de agarre ≥ 15 min, en ningún caso la correlación fue significativa entre el porcentaje de cambio de la FPM pre vs post-entrenamiento y las variables de tiempo total, de agarre y de no agarre (Tabla 4).

La Figura 4 refleja cómo todos los esquiadores presentaron una disminución en la FPM absoluta al com-

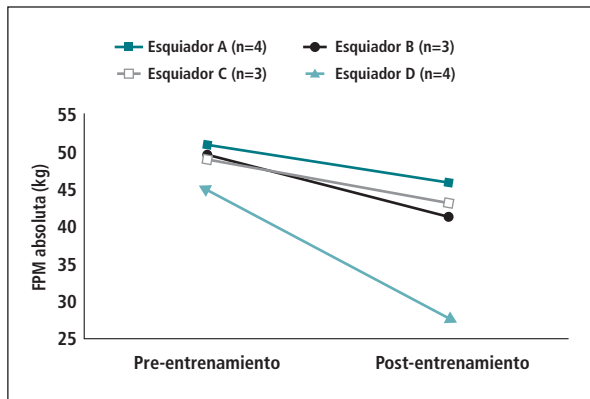


Figura 4. Valores medios de fuerza de prensión manual (FPM) absoluta pre y post-entrenamiento para el conjunto de entrenamientos de cada esquiador.

parar los valores pre y post-entrenamiento, siendo el esquiador A quien presentaba la mayor FPM pre-entrenamiento: 50.7 (1.7) kg, y post-entrenamiento: 45.7 (4.1) kg. En cambio, el esquiador D presentó la menor FPM pre-entrenamiento: 45.1 (5.0) kg, siendo el único que mostró una FPM por debajo de 40 kg en el post-entrenamiento: 27.9 (7.4) kg. Los valores pre-entrenamiento del esquiador B: 49.5 (1.7) kg y los del esquiador C: 48.8 (1.7) kg se redujeron en el post-entrenamiento de forma similar al esquiador A (esquiador B: 41.2 (3.3) kg, y esquiador C: 43.3 (0.7) kg). En concreto, el cambio porcentual de la FPM absoluta entre el pre y el post-entrenamiento obedeció, de menor a mayor, al esquiador A: 9.8 (8.3)%; esquiador C: 11.2 (2.7)%; esquiador B: 16.6 (7.2)%; y esquiador D: 38.9 (10.6)%.

La Figura 5 revela cómo en el conjunto de sus cuatro sesiones de práctica, fue el esquiador A quien tuvo el mayor tiempo de agarre por sesión, con valores de 20.4 (6.6) min sobre 26.3 (8.1) min de tiempo total de entrenamiento, esto es, un 80.2 (23.7)% del tiempo total de entrenamiento. Mientras, en igual número de sesiones de práctica, el esquiador D fue el que promedió un tiempo total de entrenamiento mayor, de 47.2 (21.7) min, correspondiendo su tiempo de agarre de 33.4 (12.7) min al 76.2 (22.7)% del tiempo total de entrenamiento. Por su parte, los esquiadores restantes acumularon en sus tres sesiones de práctica un tiempo total de entrenamiento inferior. Así, el esquiador B presentó un tiempo total de 23.3 (4.8) min y el esquiador C de 19.7 (5.1) min. Al fijarse en el tiempo de agarre, los 15.7 (2.9) min del esquiador B supusieron el menor porcentaje respecto al tiempo total de entrenamiento, un 68.9 (13.6)%; y el esquiador C computó el menor tiempo de agarre, de 14.9 (3.8) min, lo que equivalió al 77.6 (20.9)% de su tiempo total de entrenamiento.

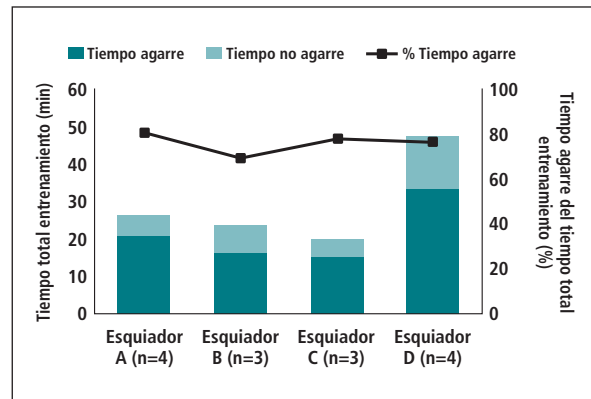


Figura 5. Valores medios de tiempo total de entrenamiento y minutos de tiempo de agarre y no agarre, y porcentaje de tiempo de agarre respecto al tiempo total de entrenamiento de cada esquiador.

## Discusión

Este trabajo analiza la máxima FPM de la mano dominante de cuatro esquiadores náuticos sentados con paraplejía antes y después de los entrenamientos previos a una competición de slalom. Bajo nuestro conocimiento, es la primera vez que se documentan estos cambios, quizás por la complejidad planteada por este deporte en la recogida de datos de rendimiento (Bray-Miners et al. 2015). Los hallazgos cobran importancia debido al impacto que para los músculos de la mano y antebrazo tiene el agarre del palonier en la disciplina de slalom (Rosa et al. 2016), así como por las implicaciones de la fuerza muscular de los miembros superiores para la movilidad de las personas con paraplejía (Paralyzed Veterans of America Consortium for Spinal Cord Medicine, 2005).

En nuestro estudio, la FPM pre-entrenamiento promedio 48.4 kg, muy similar a los valores reportados para la mano dominante de otros deportistas con paraplejía, como atletas de silla de ruedas que promediaron 47 kg (Cooper, 1992) o jugadores de baloncesto en silla de ruedas con 45 kg (Gil et al., 2015), aunque los esquiadores náuticos fueron superiores en términos relativos con  $0.71 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$  frente a los valores de  $0.64 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$  de baloncestistas en silla de ruedas (Yanci et al., 2015). La FPM se redujo muy significativamente en la prueba de dinamometría de agarre manual con un 18.5% de media, y con un tamaño del efecto grande post-entrenamiento, en consonancia con Nicolay y Walker (2005) quienes apuntan un descenso en la fuerza isométrica máxima manual según crece el tiempo de contracción.

En otros trabajos que analizaron la pérdida post-esfuerzo de la fuerza de agarre en deportes con requerimientos isométricos de la musculatura implicada en el agarre, como el judo o la escalada, se constatan com-

portamientos parecidos. Bonitch-Góngora et al. (2012) investigaron en 12 judocas masculinos sub-23 y senior de nivel nacional los cambios en la fuerza isométrica máxima de agarre antes y después de cuatro combates de judo de 5 minutos separados por 15 min de recuperación pasiva, mostrando la mano dominante una disminución general y significativa en la fuerza isométrica máxima debido al combate del 15%. También constataron Iglesias et al. (2003), en seis judocas masculinos entre 21 y 24 años de nivel nacional, una reducción en la prueba isométrica de agarre de la mano dominante del 15% tras la ejecución de dos combates de más de 7 minutos con una pausa entre ellos de aproximadamente 15 min. Por su parte, Watts et al. (1996) habían informado de disminuciones significativas en la fuerza de agarre de la mano dominante del 22%, en once escaladores expertos con una media de edad de 28.7 años, después de practicar escalada continua en roca.

En nuestro estudio, la duración de las sesiones de entrenamiento fue muy variable, al pretenderse la optimización individualizada del tiempo de práctica en el agua y no un reparto equitativo de los minutos; con una gran heterogeneidad en los intervalos de trabajo-descanso en cada sesión, lo que obedeció a la naturaleza intermitente de la disciplina de slalom que mezcla periodos de movimientos explosivos y otros de baja demanda física, descanso o caídas intencionadas al final del campo de slalom tras una pasada exitosa (Favret, 2010; Mullins, 2007). La reducción media del 18.5% de FPM tras la práctica puede justificarse por esta dinámica del esfuerzo, en la cual el agarre del palonier es sostenido el 71% del tiempo total del conjunto de entrenamientos, mientras que los momentos de no agarre ocurren de manera puntual, a consecuencia de caídas del esquiador. Esta disminución en la FPM podría deberse a una fatiga periférica en los músculos de la mano y del antebrazo, desarrollada de forma gradual durante la práctica del esquí náutico sentado en el campo de mini-slalom y en aguas abiertas. Prolongarse en el simple sostenimiento de una herramienta, aún sin ejercer una fuerza de agarre, limita el reposo muscular y contribuye a la fatiga, particularmente de los músculos extensores, los más activados en pronación de antebrazo (Mogk, & Keir, 2003). Se trataría del mismo mecanismo que permite explicar el descenso porcentual en los valores post vs pre-entrenamiento en judocas (Bonitch-Góngora et al., 2012; Iglesias et al., 2003) y escaladores (Watts et al. 1996). Sin embargo, en la fatiga muscular no solo influye el tipo de ejercicio y su duración, sino otros factores como la intensidad del ejercicio o el nivel de entrenamiento (Gómez-Campos et al. 2010).

En relación a la intensidad del ejercicio, aunque resulta difícil cuantificar el porcentaje de la contracción

voluntaria máxima (CVM) al que se produce la contracción isométrica de los músculos de la mano y del antebrazo para el agarre del palonier, el esquí náutico es categorizado por Mitchell et al. (2005) como deporte con un alto componente estático (> 50% CVM), provocando la restricción del flujo sanguíneo por cierto grado de oclusión vascular y la dependencia del metabolismo anaeróbico (Mullins, 2007). Lo que igualmente sucede en combates de judo al realizarse un trabajo isométrico superior al 50% de la CVM en la musculatura implicada en el agarre motivaría la fatiga muscular tras el combate (Carballeira & Iglesias, 2007). Para Søggaard, Gandevia, Todd, Petersen, y Taylor (2006) incluso una flexión isométrica del codo al 15% de la CVM, sostenida 43 min, provoca fatiga muscular local de forma paulatina, limitando la capacidad de llevar la fuerza muscular al máximo. En nuestro estudio el esquiador D alcanzó 43 min de tiempo de agarre en uno de sus cuatro entrenamientos (que implicó el 100% del tiempo total de entrenamiento), presentando una reducción post-entrenamiento de la FPM del 40.2%. La duración de otro de sus entrenamientos fue de 68.9 min, con 44.0 min de tiempo de agarre y 24.9 min de tiempo de no agarre, con una FPM post-entrenamiento reducida en un 38.0%. En este caso, a pesar del mayor tiempo total de entrenamiento y tiempo de agarre, la reducción de la FPM se atenuó, quizás debido a los 25 min en que no sostenía el palonier. Fulco et al. (1999) demostraron que realizar periodos de recuperación durante una serie de contracciones isométricas al 50% de la CVM con un músculo de la mano permite la perfusión muscular entre las contracciones, aminorando el progreso de la fatiga muscular periférica.

En cuanto al nivel de entrenamiento de los esquiadores, nuestros hallazgos revelan que el esquiador A, con mejor nivel competitivo, es también el que mayores promedios de FPM presentaba antes del entrenamiento, de forma absoluta y relativa, mostrando a su vez el menor decremento post-entrenamiento, en línea con los mejores valores de resistencia a la fatiga para judocas de mayor nivel encontrados por Bonitch-Góngora et al (2012). Por el contrario, el esquiador D, el menos activo físicamente, muestra los valores más bajos de FPM pre-entrenamiento absolutos y relativos, además de la mayor pérdida porcentual al término del entrenamiento.

Por lo que se refiere a las condiciones ambientales, el posible impacto de las rachas de viento, corrientes fluviales o temperaturas es incontrolable, pero en los entrenamientos registrados en este estudio las condiciones fueron regulares a lo largo de los tres días. No obstante, se ha sugerido el frío causado por la exposición prolongada al agua como un factor influyente



sobre la FPM. Se ha reportado que a temperaturas inferiores a 27°C, una proporción de las fibras más periféricas de un músculo enfriado no se contraen, existiendo reducciones significativas en la máxima contracción voluntaria del flexor del antebrazo tras dos minutos de inmersión (Vincent & Tipton, 1988). Pese a la recomendación general del uso de guantes para mantener las manos protegidas, calientes y secas, los esquiadores entrenaron con manos desnudas. Por tanto, el frío podría haber afectado junto a la fatiga muscular periférica a todos los esquiadores, explicando los menores valores medios de la FPM post-entrenamiento.

## Conclusiones

La práctica del esquí náutico sentado por personas que experimentan paraplejía cursa con una reducción en la FPM de la mano dominante. Esta reducción se aminora conforme mayor es el nivel competitivo y de fuerza de los esquiadores; por el contrario, la reducción va en aumento a medida que el tiempo de agarre en las sesiones de práctica se incrementa.

Entre las limitaciones de este estudio, aunque el estudio de casos se plantea como opción en las investigaciones sobre poblaciones con discapacidad (Pérez-Tejero, Reina, & Sanz, 2012), cabría citar el pequeño tamaño de la muestra. No obstante, las mediciones se efectuaron con la totalidad de los esquiadores náuticos con paraplejía que acudieron a un campeonato de esquí náutico inclusivo de ámbito nacional. Otra limitación es que solo se evaluó la mano dominante, y aunque sea significativamente más fuerte que su opuesta, también se fatiga más rápidamente (Nicolay & Walker, 2005). Adicionalmente, la resistencia a la fuerza de agarre no fue evaluada mediante una prueba específica, y a la vista de nuestros resultados podría ser un parámetro más importante en el rendimiento que la FPM, tal y como se ha sugerido en el judo (Bonitch-Góngora et al. 2012). Por último, parámetros como la distancia recorrida o la frecuencia cardíaca no han sido

examinados aquí y podrían tener un papel en la fatiga. Los entrenadores y preparadores físicos de esquiadores náuticos con paraplejía han de conocer que estos cambios en la FPM pueden acarrear un deterioro de la técnica durante las pasadas en el campo de minislalom, por lo que diferentes tareas deberían ser asignadas a los esquiadores en función de su nivel y condición física. Igualmente, serían recomendables programas específicos de acondicionamiento destinados a preservar la fuerza muscular de agarre, sobre todo dirigidos a reducir la fatigabilidad en los flexores extrínsecos de los dedos, limitando los riesgos derivados de caídas por pérdida del palonier gracias a una mejor precisión y producción de fuerza por la mano. También se sugiere la importancia de incluir periodos de descanso, preferiblemente en el interior del barco, donde se libere el agarre del palonier, o modificar la postura durante ciertos momentos de arrastre detrás del barco, flexionando los codos para reducir la fatiga muscular periférica a consecuencia del agarre pronado del palonier; ello ayudaría a controlar posibles lesiones por sobreuso y su potencial repercusión directa sobre la actividad física ocupacional y recreativa de los esquiadores con LM. En cualquier caso, son necesarias futuras investigaciones que determinen cuál sería la duración óptima para los periodos de descanso en la práctica de la disciplina de slalom.

## Agradecimientos

Al Club Deportivo Esquí Náutico León, por su plena disposición a la hora de realizar las evaluaciones con los esquiadores, así como su consejo en la redacción del manuscrito. Al CRE Discapacidad y Dependencia de San Andrés del Rabanedo (León) por su apoyo logístico en el reclutamiento de los esquiadores.

Este trabajo ha sido realizado gracias al Programa de Formación del Profesorado Universitario (FPU12/05828) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - Gobierno de España.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Médica Mundial. (2013). Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Recuperado 4 Junio, 2016, de <http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/>
- Barnett, R. L., & Ziemba, A. A. E. (2009). Water sport tow ropes. En *ASME 2009 International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (pp. 349–357). Lake Buena Vista, Florida, USA.: ASME. doi: 10.1115/IMECE2009-10051
- Barrionuevo Vallejo, J. M., Fructuoso Rosique, D., Hernández Ros, E., & Martínez González-Moro, I. (2007). Fuerza máxima y resistencia muscular de agarre manual en regatistas de vela ligera de la clase Toronado. *Apunts Medicina de l'Esport*, 42(156), 161–168. doi:10.1016/S1886-6581(07)70055-5
- Boadella, J. M., Kuijter, P. P., Sluiter, J. K., & Frings-Dresen, M. H. (2005). Effect of self-selected handgrip position on maximal handgrip strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(2), 328–331. doi:10.1016/j.apmr.2004.05.003
- Bonitch-Góngora, J. G., Bonitch-Domínguez, J. G., Padiá, P., & Feriche, B. (2012). The effect of lactate concentration on the handgrip strength during judo bouts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1863–1871. doi:10.1519/JSC.0b013e318238ebac
- Bray-Miners, J., Runciman, R. J., Monteith, G., & Groendyk, N. (2015).



- Biomechanics of slalom water skiing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 229(1), 47–57. doi:10.1177/1754337114547555
- Cabeza-Ruiz, R., Centeno-Prada, R. A., Sánchez-Valverde, E., Peña-García, F., Naranjo-Orellana, J., & Beas-Jiménez, J. D. (2009). La fuerza de prensión manual en adultos deportistas con síndrome de Down. Influencia del género y la composición corporal. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 2(4), 116–119.
- Cano-Corres, R., Sánchez-Álvarez, J., & Fuentes-Arderiu, X. (2012). The effect size: beyond statistical significance. *EJIFCC*, 23(1), 19–23.
- Carballeira, E., & Iglesias, E. (2007). Efectos agudos del enfrentamiento en judo: análisis multiparámetro. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, (19), 117–144.
- Cooper, R. A. (1992). The contribution of selected anthropometric and physiological variables to 10K performance of wheelchair racers: a preliminary study. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 29(3), 29–34. doi:10.1682/JRRD.1992.07.0029
- Das, B., & Black, N. L. (2000). Isometric pull and push strengths of paraplegics in the workspace: 2. Statistical analysis of spatial factors. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 6(1), 67–80. doi:10.1080/10803548.2000.11076444
- De Lima, J. A. N., De Oliveira, S. F. M., De Oliveira, L. I. G. L., & Costa, M. D. C. (2016). Evaluation of isometric strength in people with spinal cord injury: a review. *Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal*, 14(0), 361–377. doi:10.17784/mtprehabJournal.2016.14.361
- Eberhardt, T. (1987, Mayo). Arm and hand injuries in water skiing. *WaterSki*, 18–20.
- Favret, B. (2010). *Water skiing and wakeboarding*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fulco, C. S., Rock, P. B., Muza, S. R., Lammi, E., Cymerman, A., Butterfield, G., ... Lewis, S. F. (1999). Slower fatigue and faster recovery of the adductor pollicis muscle in women matched for strength with men. *Acta Physiologica Scandinavica*, 167(3), 233–239. doi:10.1046/j.1365-201x.1999.00613.x
- Gil, S. M., Yanci, J., Otero, M., Olasagasti, J., Badiola, A., Bidaurrazaga-Letona, I., ... Granados, C. (2015). The functional classification and field test performance in wheelchair basketball players. *Journal of Human Kinetics*, 46(1), 219–230. doi:10.1515/hukin-2015-0050
- Gómez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., Brouset Minaya, M., & Hochmuller-Fogaca, R. (2010). Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 10(40), 3–18.
- Grew, J. (2015). IWSF/IWWF\* Water skiing for the disabled: an historical overview. Recuperado 29 Abril, 2017, de <http://iwwfwaterskidisabled.webnode.com/history/>
- Grover, B. L. (1997). *United States Patent No. US5634213A*. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/US5634213>
- Iglesias, E., Clavel, I., Dopico, X., & Tuimil, J. L. (2003). Efecto agudo del esfuerzo específico de judo sobre diferentes manifestaciones de la fuerza y su relación con la frecuencia cardiaca alcanzada durante el enfrentamiento. *Revista Digital: Rendimiento Deportivo.com*, (6).
- International Waterski & Wakeboard Federation. (2017). *2017 Technical rules for water ski for the disabled*. Recuperado de <http://iwwfed.com/2017-technical-rules-water-ski-for-the-disabled/>
- Janssen-Potten, Y. J. M., Seelen, H. A. M., Drukker, J., & Reulen, J. P. H. (2000). Chair configuration and balance control in persons with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(4), 401–408. doi:10.1053/mr.2000.3859
- Janssen, T. W. J., Dallmeijer, A. J., Veeger, D. J. H. E. J., & van der Woude, L. H. V. (2002). Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(1), 29–39.
- Keverline, J. P., Englund, R., & Cooney, T. E. (2003). Takeoff forces transmitted to the upper extremity during water-skiing. *Orthopedics*, 26(7), 707–710.
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4(Nov), 1–12. doi:10.3389/fpsyg.2013.00863
- Leggett, S. H., Kenney, K., & Eberhardt, T. (1996). Applied Physiology of Water-Skiing. *Sports Medicine*, 21(4), 262–276. doi:10.2165/00007256-199621040-00003
- Lo, C. H., Coombs, C., & Bell, S. N. (2010). Biceps rupture in water-related sporting activities. *Shoulder & Elbow*, 2(2), 127–130. doi:10.1111/j.1758-5740.2010.00056.x
- Loughlin, S. (2013). Investigation of injuries occurring within competitive waterskiing in the UK. *International Journal of Exercise Science*, 6(1), 29–42.
- Mitchell, J. H., Haskell, W., Snell, P., & Van Camp, S. P. (2005). Task Force 8: classification of sports. *Journal of the American College of Cardiology*, 45(8), 1364–1367. doi:10.1016/j.jacc.2005.02.015
- Mogk, J., & Keir, P. (2003). The effects of posture on forearm muscle loading during gripping. *Ergonomics*, 46(9), 956–975. doi:10.1080/0014013031000107595
- Mullins, N. M. (2007). Slalom water skiing: physiological considerations and specific conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 29(4), 42–54. doi:10.1519/1533-4295(2007)29[42:SWSPCA]2.0.CO;2
- Nicolay, C. W., & Walker, A. L. (2005). Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(7), 605–618. doi:10.1016/j.ergon.2005.01.007
- Paralyzed Veterans of America Consortium for Spinal Cord Medicine. (2005). Preservation of upper limb function following spinal cord injury: a clinical practice guideline for health-care professionals. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 28(5), 434–470. doi:10.1080/10790268.2005.11753844
- Parvatikar, V., & Mukkannavar, P. (2009). Comparative study of grip strength in different positions of shoulder and elbow with wrist in neutral and extension position. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy*, 5(2), 67–75.
- Pérez-Tejero, J., Reina, R., & Sanz, D. (2012). La actividad física adaptada para personas con discapacidad en España: perspectivas científicas y de aplicación actual. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 7(21), 213–224. doi:10.12800/ccd.v7i21.86
- Rice, I., Cooper, R. A., Cooper, R., Kelleher, A., & Boyles, A. (2009). Sports and recreation for people with spinal cord injuries. En S. A. Sisto, E. Druin, & M. M. Sliwinski (Eds.), *Spinal cord injuries: management and rehabilitation* (pp. 455–477). St. Louis, MO: Mosby.
- Rosa, D., Di Donato, S. L., Balato, G., D'Addona, A., & Schonauer, F. (2016). Supinated forearm is correlated with the onset of medial epicondylitis in professional slalom waterskiers. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 6(1), 140–146. doi:10.11138/mltj/2016.6.1.140
- Seelen, H. A. M., Potten, Y. J. M., Huson, A., Spaans, E., & Reulen, J. P. H. (1997). Impaired balance control in paraplegic subjects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 7(2), 149–160. doi:10.1016/S1050-6411(97)88884-0
- Shechtman, O., & Sindhu, B. (2013). Grip Strength. En J. McDermid (Ed.), *American Society of Hand Therapists Clinical Assessment Recommendations* (3rd ed.). Recuperado de <http://www.asht.org/sites/default/files/downloads/2013/asht-13-cabooks-02-grip.pdf>
- Søgaard, K., Gandevia, S. C., Todd, G., Petersen, N. T., & Taylor, J. L. (2006). The effect of sustained low-intensity contractions on supraspinal fatigue in human elbow flexor muscles. *The Journal of Physiology*, 573(2), 511–523. doi:10.1113/jphysiol.2005.103598
- Vincent, M. J., & Tipton, M. J. (1988). The effects of cold immersion and hand protection on grip strength. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 59(8), 738–741.
- Watts, P., Newbury, V., & Sulentic, J. (1996). Acute changes in handgrip strength, endurance, and blood lactate with sustained sport rock climbing. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36(4), 255–260.
- Yanci, J., Granados, C., Otero, M., Badiola, A., Olasagasti, J., Bidaurrazaga-Letona, I., ... Gil, S. (2015). Sprint, agility, strength and endurance capacity in wheelchair basketball players. *Biology of Sport*, 32(1), 71–78. doi:10.5604/20831862.1127285
- Zandi, H., & Bell, S. (2005). Results of compartment decompression in chronic forearm compartment syndrome: six case presentations. *British Journal of Sports Medicine*, 39(9), e35. doi:10.1136/bjism.2004.012518