

# UNIVERSIDAD DE LEÓN

Departamento De Ciencias Biomédicas

Master Universitario En Innovación E Investigación En  
Ciencias De La Actividad Física Y El Deporte



**EVALUACIÓN DE LA DISMETRÍA Y EL DÉFICIT BILATERAL DE LOS  
EXTENSORES DE LA RODILLA Y FLEXORES DEL CODO EN DIFERENTES  
MANIFESTACIONES DE LA FUERZA**

Juan Pérez-Landaluce González

León, 2016

## Índice de abreviaturas

- **SPSS:** programa informático empleado para el análisis estadístico de las variables objeto de estudio.
- **TUI:** trabajo unilateral izquierdo
- **TUD:** trabajo unilateral derecho
- **TB:** trabajo bilateral
- **F Iso:** fuerza isométrica
- **RM:** repetición máxima, hace referencia a la fuerza máxima dinámica
- **F máx:** fuerza máxima dinámica
- **RFD:** del inglés “Rate of Force Development” ( tasa de desarrollo de la fuerza)
- **DBL:** déficit bilateral
- **IMC:** índice de masa corporal que relaciona el peso (Kg) dividido por la talla ( $m^2$ )
- **DS:** desviación estándar
- **Pm:** potencia media
- **Pmáx:** potencia máxima
- **I:** izquierda
- **D:** derecha
- **I+D:** suma de valores de Izquierda y Derecha
- **B:** bilateral
- **Vel:** velocidad
- **Kg:** kilogramo

## Índice tablas

- **Tabla 1.** Características de los sujetos de género femenino: edad, altura, peso, IMC y lateralidad.
- **Tabla 2.** Características de los sujetos de género masculino: edad, altura, peso, IMC y lateralidad.

## Índice de figuras

- **Figura 1.** Galga de fuerza isométrica en protocolo de curl de brazos.
- **Figura 2.** Encoder en protocolo de curl de brazos.
- **Figura 3.** Galga de fuerza isométrica en el protocolo de prensa inclinada.
- **Figura 4.** Encoder en protocolo de prensa inclinada.
- **Figura 5.** Fuerza máxima dinámica y fuerza máxima isométrica en curl de bíceps a distintos protocolos.
- **Figura 6.** Fuerza máxima dinámica y fuerza máxima isométrica en prensa inclinada a distintos protocolos.
- **Figura 7.** Potencia media bilateral y sumatorio de potencia media Dcho más Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en curl de bíceps.
- **Figura 8.** Potencia media bilateral y sumatorio de potencia media Dcho más Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en prensa inclinada.
- **Figura 9.** Potencia máxima bilateral y sumatorio de potencia máxima Dcho más Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en curl de bíceps.

- **Figura 10.** Potencia máxima bilateral y sumatorio de potencia máxima Dcho más Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en prensa inclinada.
- **Figura 11.** Velocidad bilateral y sumatorio de velocidad Dcho más Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en curl de bíceps.
- **Figura 12.** Velocidad bilateral y sumatorio de velocidad Dcho más Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en prensa inclinada.
- **Figura 13.** Potencia media Dcho y potencia media Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en curl de bíceps.
- **Figura 14.** Potencia media Dcho y potencia media Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en prensa inclinada.
- **Figura 15.** Potencia máxima Dcho y potencia máxima Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en curl de bíceps.
- **Figura 16.** Potencia máxima Dcho y potencia máxima Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en prensa inclinada.
- **Figura 17.** Velocidad Dcho y Vel Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en curl de bíceps.
- **Figura 18.** Velocidad Dcho y Vel Izdo a diferentes porcentajes de 1RM en prensa inclinada.

1. ANTECEDENTES .....	6
1.1. Fuerza y sus manifestaciones .....	6
1.2. Déficit Bilateral .....	8
1.2.1. Posibles causas del déficit bilateral de fuerza .....	9
1.3. Dismetría .....	10
1.2.2. Posibles causas de la disimetría bilateral de fuerza .....	11
2. OBJETIVOS .....	12
3. METODOLOGÍA.....	13
3. 1. Sujetos.....	13
3.2. Variables estudiadas .....	14
3.2.1. Máxima fuerza isométrica en curl de bíceps .....	15
3.2.2. Máxima fuerza dinámica en curl de bíceps .....	16
3.2.3. Potencia media, máxima y velocidad en curl de bíceps.....	17
3.2.4. Máxima fuerza isométrica en prensa inclinada.....	18
3.2.5. Máxima fuerza dinámica en prensa inclinada .....	19
3.2.6. Potencia media, máxima y velocidad en prensa inclinada .....	20
3.3. Análisis Estadístico.....	21
4. RESULTADOS .....	22
5. DISCUSIÓN .....	36
6. CONCLUSIONES.....	42
7. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION .....	44
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

## Resumen

El objetivo esencial de este estudio fue, evaluar y cuantificar el déficit bilateral y la asimetría, de la masa muscular encargada de la flexión del codo en el ejercicio de curl de bíceps y de la masa muscular encargada en la extensión de la rodilla durante el ejercicio de prensa inclinada en tres manifestaciones de la fuerza en mujeres y varones. Para dar respuesta a los objetivos planteados, se llevó a cabo la evaluación de fuerza isométrica máxima, fuerza dinámica máxima y potencia en los extensores de la rodilla y flexores del codo, tanto unilateralmente como bilateralmente. La muestra utilizada en este estudio se componía de 11 sujetos varones y 10 sujetos mujeres, todos ellos activos y estudiantes en la universidad de León. Los resultados obtenidos concluyeron que el género femenino y el tren superior son más propensos a sufrir disimetrías, y en cuanto a lo relacionado con el déficit bilateral durante el protocolo de prensa inclinada se mostró este fenómeno en el género femenino en la fuerza máxima dinámica y en ambos géneros en la velocidad, durante el protocolo de curl de bíceps se encontró en la velocidad tanto en varones como en mujeres.

**Palabras clave:** déficit bilateral, asimetría, potencia

## Abstract

The main objective of this study was to evaluate and quantify the bilateral deficit and asymmetry, muscle mass responsible for elbow flexion in the exercise of bicep curls and muscle mass charge in the extension of the knee during exercise press tilted in three manifestations of force in women and men. To meet the objectives, it conducted the evaluation of maximal isometric force, maximum dynamic force and power in the knee extensor and flexor of the elbow, both unilaterally and bilaterally. The sample used in this study consisted of 11 male subjects and 10 female subjects, all active and students at the University of León. The results concluded that the female gender and upper body are more likely to have limb differences, and terms related to the bilateral deficit during the protocol inclined press this phenomenon appeared in the feminine gender in the dynamic maximum strength and both genders in speed during bicep curls protocol found in speed in both men and women.

**Keywords:** bilateral deficit, asymmetry, power

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1. Fuerza y sus manifestaciones

Al desarrollo de la fuerza muscular se le ha dado en la última década una importancia creciente; en los años 70s y 80s el trabajo aeróbico era el recomendado por organizaciones profesionales y científicas, entre ellas el Colegio Americano de Medicina del Deporte y la Asociación del Corazón y le daban menor protagonismo al trabajo de fuerza muscular y potencia (Brooks, Thomas & Kenneth, 2004). Desde hace relativamente poco tiempo estas organizaciones han ido reconociendo una mayor importancia a las actividades que permiten mantener o incrementar la fuerza muscular ya que aseguran que eso promueve y mantiene la salud además de la independencia funcional (Haskell et al., 2007).

La fuerza muscular es una de las capacidades motrices, que son la condición necesaria para la realización de las actividades motoras. Estas cualidades las podemos clasificar en dos grandes grupos: condicionales y coordinativas, la fuerza sería de tipo condicional.

Podemos definir fuerza como “la capacidad de los músculos o de un grupo muscular para generar tensión muscular” (Siff & Verkhoshhansky, 2004, p.18)

Una vez definido el concepto de fuerza es interesante decir que la fuerza puede ser expresada de diferentes modos, y no existe un consenso generalizado por parte de los autores en la nomenclatura a emplear para los diferentes modos o manifestaciones de la fuerza, proponiendo a menudo cada autor su propia taxonomía. Durante este estudio hemos considerado que las manifestaciones de la fuerza más relevantes para comparar son: fuerza isométrica máxima, fuerza dinámica máxima y potencia además dentro de potencia hemos investigado uno de sus factores más influyentes, la velocidad. A esta última le dedicaremos gran parte del estudio ya que es en esta manifestación de la fuerza donde existen menos datos en la bibliografía encontrada.

A continuación vienen expresadas las definiciones de las distintas manifestaciones de la fuerza que hemos analizado en este estudio: fuerza isométrica máxima, fuerza dinámica máxima y potencia.

- Fuerza isométrica máxima: “se produce cuando el sujeto realiza una contracción voluntaria máxima contra una resistencia insalvable. Es lo que también se puede llamar fuerza máxima estática” (Badillo & Ayestarán, 2002, p. 53).
  
- Fuerza dinámica máxima: “es la expresión máxima de fuerza cuando la resistencia solo se puede desplazar una vez, o se desplaza ligeramente y/o transcurre a muy baja velocidad en una fase del movimiento. La fuerza máxima expresada en este caso estará referida al ángulo en el que se produce la mínima velocidad de desplazamiento” (Badillo & Ayestarán, 2002, p. 53).
  
- Potencia: La potencia es definida como el máximo trabajo o tensión que un músculo puede desarrollar por unidad de tiempo (Gollnick & Bayly, 1986). La fórmula de la potencia es: trabajo/tiempo o fuerza x velocidad. La potencia se puede evaluar con varios aparatos pero el encoder (transductor de posición lineal) constituye una herramienta válida para detectar la carga durante movimientos lineales como aquellos que se llevan a cabo con las pesas (Naclerio, Jiménez, Alvar & Peterson, 2009).

De todas las manifestaciones de la fuerza, la potencia parece ser la más importante en la mayoría de deportes. Los factores principales que influyen en la capacidad de potencia son:

- La fuerza máxima: máximo nivel de tensión intramuscular alcanzado en una contracción.
  
- Activación máxima del mayor número posible de unidades motoras por unidad de tiempo.
  
- La coordinación intramuscular: activación sincronizada de las unidades motoras.



- La coordinación intermuscular: habilidad de contraer los músculos agonistas y sinergistas y relajar los antagonistas de forma sincronizada.

La velocidad de movimiento con cargas ligeras depende principalmente del RFD (*Rate of force development*, se expresa en newtons por segundo, N/s), mientras que la velocidad de movimiento con cargas pesadas está más vinculada a la fuerza máxima (Duchateau & Hainaut, 1984).

## 1.2. Déficit Bilateral

Respecto al déficit bilateral de fuerza, la bibliografía analizada expone lo siguiente:

Vint y Hinrichs (1997), proponen que el déficit bilateral debe definirse como la diferencia entre el trabajo bilateral y la suma del trabajo unilateral izquierdo y el trabajo unilateral derecho ( $TUI+TUD = TB$ ), además propone al final del estudio tres tipos de déficit: déficit de tiempo de reacción, déficit de contracción muscular y déficit de ejecución aeróbica. El término déficit bilateral ha sido usado exclusivamente en estudios de contracción muscular máxima.

Según Kuruganti y Seaman (2006), explican el déficit de fuerza bilateral como la fuerza ejercida durante las contracciones musculares bilaterales, es menor que la ejercida durante las contracciones musculares unilaterales.

Déficit bilateral de fuerza existe tanto en grandes como en pequeños grupos de músculos en una variedad de patrones de movimiento, tanto en hombres como mujeres, en sujetos atléticos y no atléticos así como en sujetos con trastornos motores (Archontides & Fazey, 1993; Henry & Smith, 1961; Howard & Enoka, 1991; Jakobi & Chilibeck, 2001; Ohtsuki, 1983, 1994).

Además podemos cuantificar el déficit bilateral de la fuerza por medio de unas sencillas ecuaciones. Por ejemplo Acero e Ibarquén (2002), obtuvieron una sencilla ecuación (Fórmula 1) para los datos recogidos durante la aplicación de pruebas de salto vertical.

$$(F1) \%DBL = \frac{\text{Bipodal} - (\Sigma P.\text{izq} + P.\text{der})}{\text{Bipodal}} \times 100$$

Aunque en la mayor parte de la bibliografía consultada se evidencie el déficit bilateral de fuerza otros autores como Contreras, Laguado y Hermoso (2013), llevaron a cabo un estudio acerca del déficit bilateral de fuerza, estos autores trataron de describir el déficit bilateral de fuerza utilizando dos de los algoritmos recomendados por Impellizzeri, Rampinini, Maffiuletti y Marcora (2007), para utilizar esta metodología necesitaron realizar el protocolo de Bosco (1991), sin embargo los resultados del déficit bilateral de fuerza no les dieron diferencias significativas.

### **1.2.1. Posibles causas del déficit bilateral de fuerza**

Secher, Rorsgaard y Secher (1976), relacionan el déficit bilateral con una menor activación de las unidades motoras de la musculatura implicada en un ejercicio determinado, dicho déficit se explica debido a que la actividad de las fibras lentas o de tipo I están disminuidas durante los ejercicios bilaterales de este estudio, además Vandervoort, Sale y Moroz (1984) concluyen lo mismo, esta vez ayudado de la electromiografía. Es decir ambos autores llegan a la conclusión que el reclutamiento de motoneuronas fue mayor durante el ejercicio unilateral que durante el ejercicio bilateral, sugirieron también que durante los ejercicios bilaterales se producía el déficit ya que se utilizaban menos las fibras rápidas o tipo II.

Van Soest, Roebraeck, Bobbert, Huijing y Van Ingen Schenau (1985), explican el fenómeno del déficit bilateral de fuerza para sus estudios en el salto vertical atribuido a factores biomecánicos, ya que con una sola pierna hay largos tiempos de contacto con el suelo, así que, los músculos tienen mayor tiempo para producir fuerza, cosa que no ocurre durante un salto con las dos piernas.

La mayoría de la bibliografía consultada hace referencia a dos de las manifestaciones que nosotros hemos estudiado, estas son la fuerza máxima dinámica y la fuerza máxima isométrica (Hay, de Souza & Fukashiro, 2006).

Sin embargo hay una manifestación de la fuerza, que no ha sido prácticamente investigada en el ámbito del déficit bilateral, la potencia, es esta la razón por la que hemos decidido cuantificarla.

### 1.3. Dismetría

En lo referente a la disimetría bilateral de la fuerza, la bibliografía consultada expone lo siguiente:

Se define disimetría bilateral como la diferencia entre el lado izquierdo y derecho o el lado dominante y no dominante (Krzykala, 2010). La gran mayoría de los estudios realizados acerca de la disimetría bilateral han sido en relación a la masa muscular y la densidad de los huesos (Dorado et al., 2002), sin embargo en lo que respecta a este trabajo vamos a tratar de centrarnos en la asimetría bilateral referida a la fuerza. Se habla de disimetría cuando existen diferencias mayores al 10% entre un lado y el otro (Lanshammar & Ribom, 2011).

En la literatura científica encontramos varios autores que describen la disimetría bilateral en el tren inferior:

McCurdy, Langford, Cine, Doscher y Hoff (2005) midieron la asimetría bilateral del tren inferior en referencia a la fuerza máxima dinámica, la diferencia de fuerza entre ambas piernas era entorno al 1%.

Otros autores como Wiest, Dagnese y Carpes (2010), muestran que la pierna dominante tenía un 4% más de fuerza dinámica máxima que la no dominante. Lanshammar y Ribom (2011), llevaron a cabo un estudio con mujeres de edad adulta, donde evaluaron la fuerza isocinética, encontraron que la musculatura del tren inferior del lado dominante era un 5,3% más fuerte que la musculatura del lado no dominante.

Almeida, Carneiro, Morais y Oliveira (2012) llevaron un estudio tratando de comparar la asimetría en la potencia, vieron que en una máquina isocinética, la potencia máxima de la pierna dominante era un 12% mayor que la pierna no dominante.

Otros autores tratan la disimetría bilateral de fuerza en relación al tren superior:

Potts, Charlton, Smith (2002) estudiaron la producción de fuerza en nadadores, los resultados muestran la existencia de disimetría entre el brazo dominante y no dominante, siendo esta asimetría más acusada en aquellos nadadores que solo respiraban unilateralmente, además estos autores analizaron la relación entre asimetría funcional y fatiga, describiendo que a medida que aumenta la fatiga, aumenta la disimetría.

Bailey et al. (2013) muestran la existencia de asimetrías de fuerza en función del sexo y el nivel de rendimiento en atletas universitarios de distintas modalidades. Los autores concluyen con sus investigaciones que las mujeres tienen mayor predisposición a tener

dismetrías en tareas como salto y ejercicios isotónicos con cargas, además concluyen que los deportistas de ambos sexos con menor nivel de fuerza, padecen más disimetrías que aquellos con mayor nivel de fuerza. Estos datos pueden apuntar como el nivel de fuerza puede jugar un rol importante influencia las magnitudes de asimetría por encima del sexo.

En conclusión la disimetría parece mostrarse independiente de la intensidad a la que es ejecutada la tarea, existiendo discrepancias sobre como se ve afectada por la fatiga, además el género femenino parece ser más propenso a mostrar un mayor nivel de disimetría, por último la experiencia en una determinada habilidad deportiva parece tener influencia en el grado de disimetría.

### **1.2.2. Posibles causas de la disimetría bilateral de fuerza**

Ha habido muchas causas atribuidas a la existencia de la disimetría en la manifestación de fuerza, como la existencia de anomalías anatómicas (Fousekis, Tsepis & Vagenas, 2010), de las que un ejemplo claro será la presencia de pequeñas disimetrías entre miembros, la propia lateralidad (Newton et al., 2006), la existencia de lesiones previas (Ferber, McClay & Williams, 2004) o las demandas propias de la actividad física realizada (Newton et al., 2006; Potts et al., 2002; Riganas, Vrabas, Papaevangelou & Mandroukass, 2010; Hui-Ying, Winter, O'Neill & Thompson, 2014).

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo General:

Estudiar el posible déficit bilateral de fuerza, en mujeres y hombres, en los flexores del brazo y en los extensores de la rodilla, así como la disimetría en fuerza en la misma musculatura.

### Objetivos Específicos:

Analizar la posible existencia de disimetría y de déficit de fuerza bilateral en:

- La fuerza máxima dinámica.
- La fuerza isométrica máxima.
- La potencia media, máxima y velocidad manifestada al vencer diferentes resistencias comprendidas entre el 40% y el 80% de la máxima fuerza dinámica.

## 3. METODOLOGÍA

### 3. 1. Sujetos

En el desarrollo del estudio participaron un total de 21 sujetos, siendo 10 sujetos de género femenino y 11 de género masculino. La muestra está comprendida por individuos que practican diferentes modalidades deportivas y otros que realizan actividad física de forma ocasional, todos ellos cursan sus estudios en la Universidad de León, en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, con edades que oscilaban entre los 18 y los 30 años.

Los criterios de inclusión en el estudio fueron no padecer ningún tipo de lesión musculoesquelética u otras patologías que pudieran poner en riesgo su salud. Antes de comenzar el estudio todos los participantes fueron informados de la finalidad del estudio, los posibles riesgos así como el procedimiento del mismo, firmaron su participación voluntaria en el estudio.

	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (m)	IMC	Lateralidad
Sujeto 1	26	73	1,75	23,8	Diestro
Sujeto 2	18	68	1,65	25	Diestro
Sujeto 3	22	56	1,62	21,3	Diestro
Sujeto 4	21	56	1,67	20,1	Diestro
Sujeto 5	21	65	1,63	24,5	Diestro
Sujeto 6	23	62	1,6	24,2	Diestro
Sujeto 7	23	54	1,56	22,2	Diestro
Sujeto 8	19	53	1,64	19,7	Diestro
Sujeto 9	28	61	1,72	20,6	Diestro
Sujeto 10	22	62	1,72	21	Diestro
<b>Media</b>	22,3	61	1,66	22,2	Diestro

Tabla 1 características de los sujetos de género femenino: edad, altura, peso, IMC y lateralidad.

	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (m)	IMC	Lateralidad
Sujeto 1	21	85	1,81	25,9	Diestro
Sujeto 2	21	82	1,71	28	Diestro
Sujeto 3	19	72	1,73	24,1	Diestro
Sujeto 4	19	65	1,72	22	Diestro
Sujeto 5	26	83	1,78	26,2	Diestro
Sujeto 6	18	67	1,69	23,5	Diestro
Sujeto 7	30	82	1,80	25,3	Diestro
Sujeto 8	18	72	1,87	20,6	Diestro
Sujeto 9	24	83	1,81	25,3	Diestro
Sujeto 10	21	94	1,91	25,8	Diestro
Sujeto 11	18	80	1,86	23,1	Diestro
<b>Media</b>	21,4	78,6	1,79	24,5	Diestro

Tabla 2 características de los sujetos de género masculino: edad, altura, peso, IMC y lateralidad.

### 3.2. Variables estudiadas

Tanto en los miembros inferiores como en los superiores se evaluó la fuerza en tres formas de manifestación: fuerza máxima isométrica, fuerza máxima dinámica y potencia. En todos los casos se explicó al sujeto la técnica y recorrido de la ejecución de las pruebas; se realizaron repeticiones de ensayo, calentamiento general y específico, que permitieron el conocimiento y la familiarización. Por otra parte, durante las pruebas se les animó con estímulos verbales a realizar el máximo esfuerzo posible.

### **3.2.1. Máxima fuerza isométrica en curl de bíceps**

Para la evaluación de la fuerza máxima isométrica en curl de bíceps, se utilizó la máquina de curl de bíceps (Gervasport, España), así como una célula de carga (Globus ergometer<sup>®</sup>, Italia; 1000 Hz) conectada al software Globus Ergo Tester v1.5, Italia.

La célula se fijó por un extremo a una base metálica, situada en el suelo, mientras el otro extremo de la célula se unía a la barra con la que realizaríamos la flexión de brazos. Antes de la ejecución de la prueba, la altura del asiento fue ajustada para cada participante, seguidamente, los sujetos realizaron una inclinación del tronco hacia delante para apoyar el pecho y la parte posterior de los brazos sobre la máquina; las manos sujetaron la barra a la anchura de los hombros, las muñecas permanecieron en una leve flexión y la cabeza permaneció en la dirección del tronco con la mirada al frente. El ángulo de ejecución de la prueba fue de aproximadamente 110° de flexión de los codos, fue medido con el goniómetro (TEC<sup>®</sup>, España),

El investigador, hizo un conteo regresivo hasta la voz de “¡Ya!”, donde la galga se ponía en funcionamiento a la vez que el sujeto realizaba una máxima contracción de los flexores del codo, durante 5 segundos, pero procurando lograr sus máximos valores lo más rápido posible y mantenerlos en él tiempo. Durante la contracción se motivó al sujeto de manera verbal.

Se realizaron dos intentos para cada ejecución: con los dos brazos simultáneamente, a continuación y de forma aleatoria con el brazo derecho y con el brazo izquierdo. Durante las pruebas realizadas de manera unilateral, se producía un cambio en la agarradera, de tal manera que les fuese más cómodo. Entre cada intento se respetó un intervalo de dos minutos, y para los cálculos del estudio se consideró el intento con mayor valor, siendo expresada esta fuerza en kilogramos/fuerza.





Figura 1. Galga de fuerza isométrica en protocolo de curl de brazos

### 3.2.2. Máxima fuerza dinámica en curl de bíceps

Para la evaluación de la fuerza máxima dinámica en curl de bíceps (1-RM), se empleó la misma máquina que durante la prueba de fuerza máxima isométrica en curl de bíceps.

Después de ajustar la silla a la altura, el participante realizó una inclinación del troco hacia adelante para apoyar el pecho y la parte posterior de los brazos sobre la máquina; las manos situadas en las agarraderas del dispositivo, a la anchura de los hombros, las muñecas permanecieron en una leve flexión y la cabeza en la dirección del troco con la mirada al frente. Luego, se alentó a la personas para usar la máxima fuerza concéntrica y así vencer la carga hasta llegar a un ángulo de flexión de codo aproximado de  $90^\circ$ , no se establecieron condicionamientos para la fase excéntrica.

El protocolo a seguir, comenzaba realizando un calentamiento de 4 repeticiones, con un peso de 5 a 7,5 kg para las mujeres y de 7,5 a 10 kg para los hombres, a continuación, los sujetos realizaban dos repeticiones, incrementando progresivamente la carga, a criterio del evaluador, ayudado por en el esfuerzo percibido del sujeto y calificado según la Escala OMNI-RES (Robertson, et al., 2003; Gearhart, et al., 2011); de este modo, los aumentos de carga variaron entre 2.5 y 10 kg. En el momento en que el sujeto realizaba la primera repetición y no era capaz de movilizar la segunda, se consideraba esta carga como la máxima fuerza dinámica. Cuando la nueva carga no podía ser movilizad se hizo un nuevo

intento, restando la mitad del peso que se incrementó en la serie anterior, siguiendo la misma metodología hasta alcanzar la máxima fuerza dinámica. Esta metodología se llevó a cabo tanto para determinar la máxima fuerza dinámica bilateral como unilateral del lado derecho y unilateral del lado izquierdo.

### **3.2.3. Potencia media, máxima y velocidad en curl de bíceps**

Para evaluar la potencia media, máxima y la velocidad los sujetos fueron evaluados en la máquina de curl de bíceps (Gervasport, España), y comenzaban en la misma posición a las dos pruebas explicadas con anterioridad, la de la fuerza isométrica máxima y la fuerza máxima dinámica. Para la medición de estas tres variables empleamos un encoder (transductor de posición lineal) (T-Force, modelo TF-100, España).

El encoder se conectó a las masas de resistencia de la máquina de curl de bíceps, así, conseguíamos saber el desplazamiento vertical que estas tenían, obtuvimos dos valores de potencia: potencia media y potencia máxima, también obtuvimos la velocidad. Los sujetos realizaban dos repeticiones, seleccionamos la mejor repetición de cada carga. La potencia media correspondía al promedio de los valores registrados por el encoder a lo largo de la fase propulsiva de cada repetición, la potencia máxima hace referencia al mayor valor alcanzado durante la fase propulsiva y por último la velocidad se refiere a los valores de velocidad media durante la fase propulsiva.

El protocolo durante la realización de esta prueba fue idéntico al realizado durante la fuerza máxima dinámica, a excepción del ritmo de ejecución, en este caso a los sujetos se les pidió que movilizasen la carga lo más rápido posible, además para impedir que tuviese influencia la fuerza elástica acumulada, se les impuso una pausa de dos segundos entre cada repetición.

Los registros de potencia que se tomaron durante el estudio corresponde a los siguientes porcentajes: 40%, 50%, 60%, 70% y 80% respecto a la fuerza máxima dinámica, se tomaron tanto de manera bilateral como unilateral derecha y unilateral izquierda.

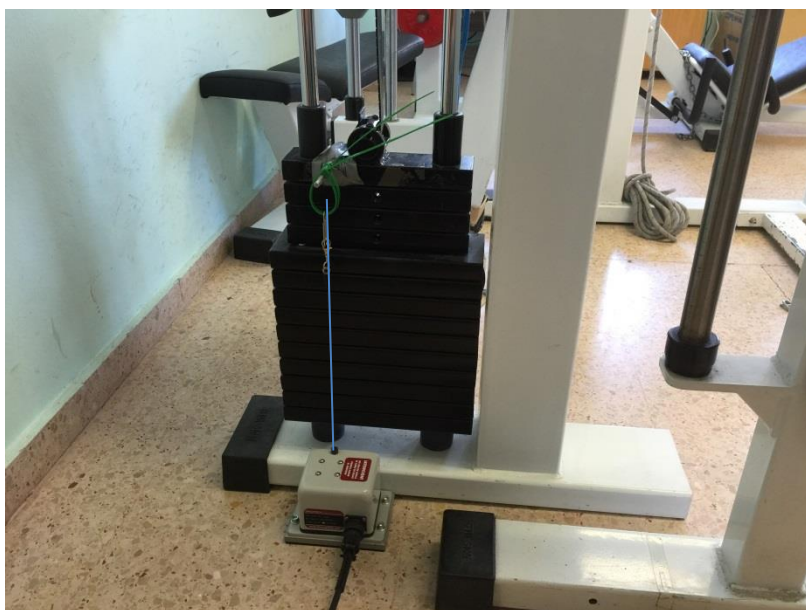


Figura 2. Encoder en protocolo de curl de brazos

#### 3.2.4. Máxima fuerza isométrica en prensa inclinada

Para la evaluación de la fuerza máxima isométrica en prensa inclinada, se utilizó la máquina de prensa de piernas (Gerva-sport, Madrid, España), de 45° de inclinación así como una célula de carga (Globus ergometer®, Italia; 1000 Hz) conectada al software Globus Ergo Tester v1.5, Italia.

Para la medición de dicha fuerza se bloqueaba la plataforma de la prensa de piernas con cadenas, entre las cuales se colocaba la célula. La prueba, se realizaba con una angulación de rodilla de 90°, esto fue controlado con el goniómetro (TEC®, España), una vez se medía la angulación de la rodilla, se fijaba esta medida por medio del bloqueo propio de la máquina, a modo de mecanismo de seguridad, se conseguía que la plataforma no bajase más de la medida establecida para cada sujeto, a continuación, los sujetos se agarraban de las agarraderas propias de la máquina, así como se les mandaba situarse con toda la espalda en contacto con el respaldo.

El investigador, hizo un conteo regresivo hasta la voz de “¡Ya!”, donde la galga se ponía en funcionamiento a la vez que el sujeto realizaba una máxima contracción de la musculatura implicada, durante 5 segundos, pero procurando lograr sus máximos valores lo más rápido posible y mantenerlos en él tiempo. Durante la contracción se motivó al sujeto de manera verbal.

Se realizaron dos intentos para cada ejecución: con las dos piernas simultáneamente, a continuación, aleatoriamente, con la pierna derecha y con la pierna izquierda. Durante las pruebas realizadas de manera unilateral, se les pedía a los sujetos que estirasen la pierna que no estaba implicada en la prueba para no producir modificaciones en los valores. Entre cada intento se respetó un intervalo de dos minutos, y para los cálculos del estudio se consideró el intento con mayor valor, siendo expresada esta fuerza en kilogramos/fuerza.



Figura 3. Galga de fuerza isométrica en el protocolo de prensa inclinada

### 3.2.5. Máxima fuerza dinámica en prensa inclinada

Para la evaluación de la fuerza máxima dinámica en prensa inclinada (1-RM), se empleó la misma máquina que durante la prueba de fuerza máxima isométrica en prensa inclinada.

La prueba, se realizaba con una angulación de rodilla de  $90^{\circ}$ , esto fue controlado con el goniómetro (TEC<sup>®</sup>, España), una vez se medía la angulación de la rodilla, se fijaba esta medida por medio del bloqueo propio de la máquina, a modo de mecanismo de seguridad, se conseguía que la plataforma no bajase más de la medida establecida para cada sujeto, a continuación, los sujetos se agarraban de las agarraderas propias de la máquina, así como se les mandaba situarse con toda la espalda en contacto con el respaldo.

Se alentó a los sujetos para usar la máxima fuerza concéntrica y así vencer la carga hasta llegar a un ángulo de extensión de la rodilla aproximado de 180°, no se establecieron condicionamientos para la fase excéntrica.

El protocolo a seguir, comenzaba realizando un calentamiento de 4 repeticiones, esta carga inicial se ponía en función del peso del sujeto y correspondía al 50% del mismo, a partir de ahí, la carga se incrementaba y el sujeto recibía la orden de efectuar dos repeticiones, si el sujeto conseguía hacer las dos repeticiones completas y después de contestar cuál era su percepción de esfuerzo, se hacía un nuevo incremento en la carga. Cuando el sujeto era capaz de movilizar una sola vez la carga y teniendo en cuenta su percepción de esfuerzo, se consideraba esta carga como la correspondiente a su fuerza máxima dinámica. En caso de no poder movilizar ni siquiera una sola repetición se hacía un nuevo intento, restando la mitad del peso que se incrementó en la serie anterior, siguiendo la misma metodología hasta alcanzar la máxima fuerza dinámica. La fuerza dinámica máxima fue establecida con un máximo de cinco intentos y entre cada intento había un descanso de dos minutos. Esta metodología se llevó a cabo tanto para determinar la máxima fuerza dinámica bilateral como unilateral del lado derecho y unilateral del lado izquierdo. La escala de percepción subjetiva del esfuerzo gracias a la cual nos ayudamos fue la escala OMNI-RES (Gearhart et al., 2011).

### **3.2.6. Potencia media, máxima y velocidad en prensa inclinada**

Para evaluar la potencia media, máxima y la velocidad los sujetos fueron evaluados en la máquina de prensa de piernas (Gerva-sport, Madrid, España), de 45° de inclinación, y comenzaban en la misma posición a las dos pruebas explicadas con anterioridad, la de la fuerza isométrica máxima y la fuerza máxima dinámica. Para la medición de estas tres variables empleamos un encoder (transductor de posición lineal) (T-Force, modelo TF-100, España).

El encoder se acopló a la prensa de piernas, de modo que el movimiento del cable del aparato fuera paralelo al movimiento de la plataforma de la prensa de piernas, obtuvimos dos valores de potencia: potencia media y potencia máxima, también obtuvimos la velocidad. Los sujetos realizaban dos repeticiones, seleccionamos la mejor repetición de cada carga. La potencia media correspondía al promedio de los valores registrados por el encoder a lo largo de la fase propulsiva de cada repetición, la potencia máxima hace referencia al mayor valor alcanzado durante la fase propulsiva y por último la velocidad se refiere a los valores de velocidad media durante la fase propulsiva.

El protocolo durante la realización de esta prueba fue idéntico al realizado durante la fuerza máxima dinámica, a excepción del ritmo de ejecución, en este caso a los sujetos se les pidió que movilizasen la carga lo más rápido posible, además para impedir que tuviese influencia la fuerza elástica acumulada, se les impuso una pausa de dos segundos entre cada repetición.

Los registros de potencia que se tomaron durante el estudio corresponde a los siguientes porcentajes: 40%,50%,60%,70% y 80% respecto a la fuerza máxima dinámica, se tomaron tanto de manera bilateral como unilateral derecha y unilateral izquierda.



Figura 4. Encoder en protocolo de prensa inclinada

### 3.3. Análisis Estadístico

Se hizo el análisis descriptivo de los datos, a través de la media y de la desviación estándar (DS). Las comparaciones intragrupo fueron hechas a través de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. Para todos los valores se estableció un nivel de significancia estadística de  $p < 0,05$ .

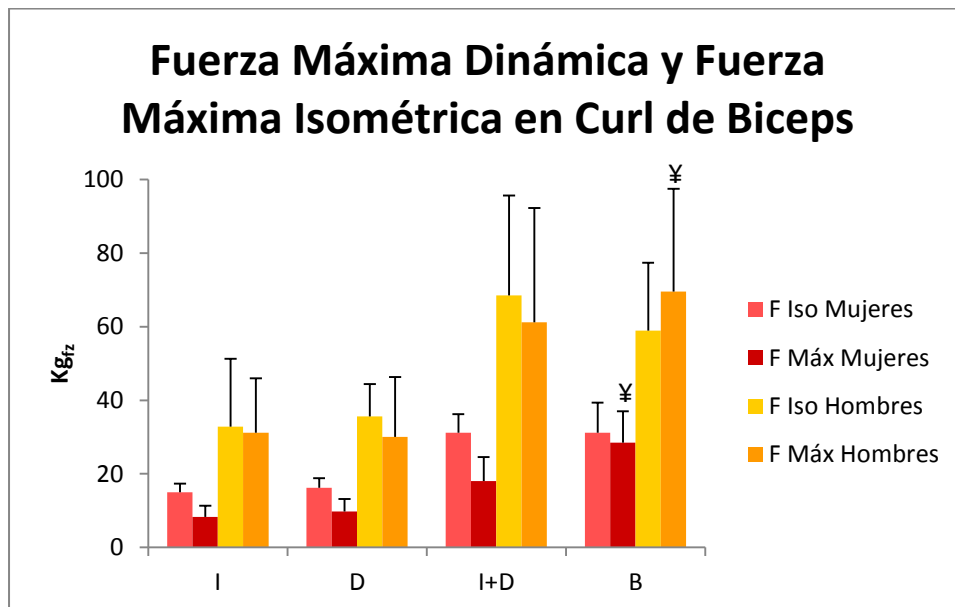
Todos los análisis estadísticos fueron realizados en el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 18 (IBM, Chicago, USA).

## 4. RESULTADOS

Los resultados, se muestra el promedio de la muestra durante los distintos protocolos así como también está recogida la desviación típica de los mismos. Existen diferencias significativas en alguno de los valores de los distintos protocolos.

En la figura 5 aparecen recogidos los datos, en Kg, referentes al promedio de la fuerza máxima isométrica y fuerza máxima dinámica, en diferentes protocolos: pierna izquierda (I), pierna derecha (D), suma de las fuerzas de la pierna izquierda y la pierna derecha (I+D) y por último bilateral (B), durante el ejercicio de curl de bíceps, tanto en mujeres como en hombres. En la comparación estadística: los datos del brazo izquierdo con los del brazo derecho, son muy similares, tanto en fuerza máxima isométrica como en fuerza máxima dinámica ya sea en hombres o en mujeres por lo que no existen diferencias significativas, y, al comparar los valores de la suma de los brazos con los valores bilaterales encontramos diferencias significativas en la fuerza máxima dinámica favorables a protocolo bilateral (B) tanto en hombres como en mujeres.

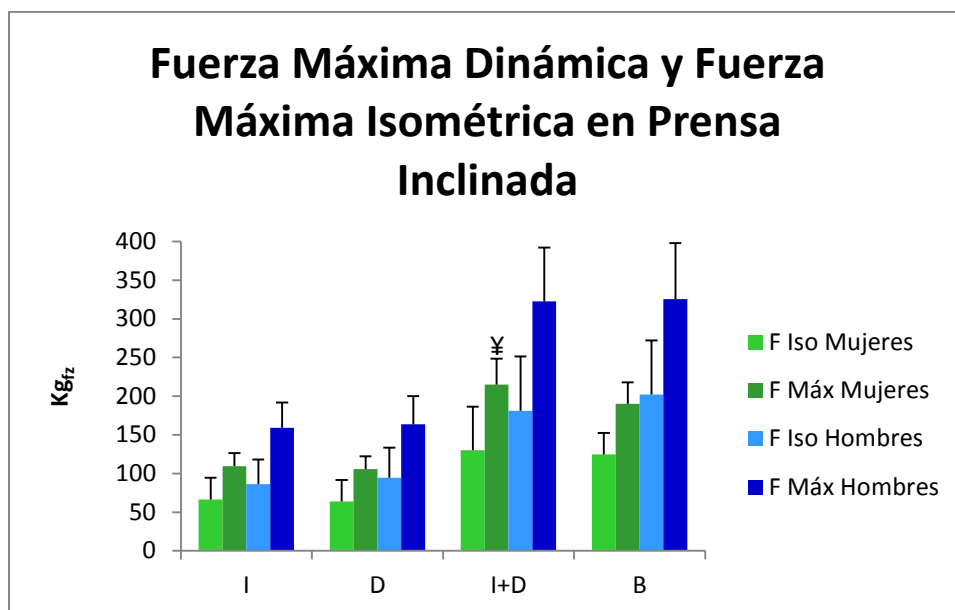
Figura 5. Fuerza máxima dinámica (F Máx) y Fuerza máxima isométrica (F Iso) a distintos protocolos.



Media  $\pm$  DS  $\neq$ : diferencia significativas entre F máx B v F máx ID.  $P < 0.05$

En la figura 6 aparecen recogidos los datos, en Kg, referentes al promedio de la fuerza máxima isométrica y fuerza máxima dinámica, en diferentes protocolos: pierna izquierda (I), pierna derecha (D), suma de las fuerzas de la pierna izquierda y la pierna derecha (I+D) y por último bilateral (B), durante el ejercicio de prensa inclinada, tanto en mujeres como en hombres. En la comparación estadística: los datos de la pierna izquierda con los de la pierna derecha, son muy similares, tanto en fuerza máxima isométrica como en fuerza máxima dinámica ya sea en hombres o en mujeres por lo que no existen diferencias significativas, y, al comparar los valores de la suma de las piernas con los valores bilaterales encontramos diferencias significativas en la fuerza máxima dinámica favorables a protocolo de suma de fuerza unilaterales (I+D) en mujeres.

Figura 6. Fuerza máxima dinámica (F Máx) y Fuerza máxima isométrica (F Iso) a distintos protocolos.

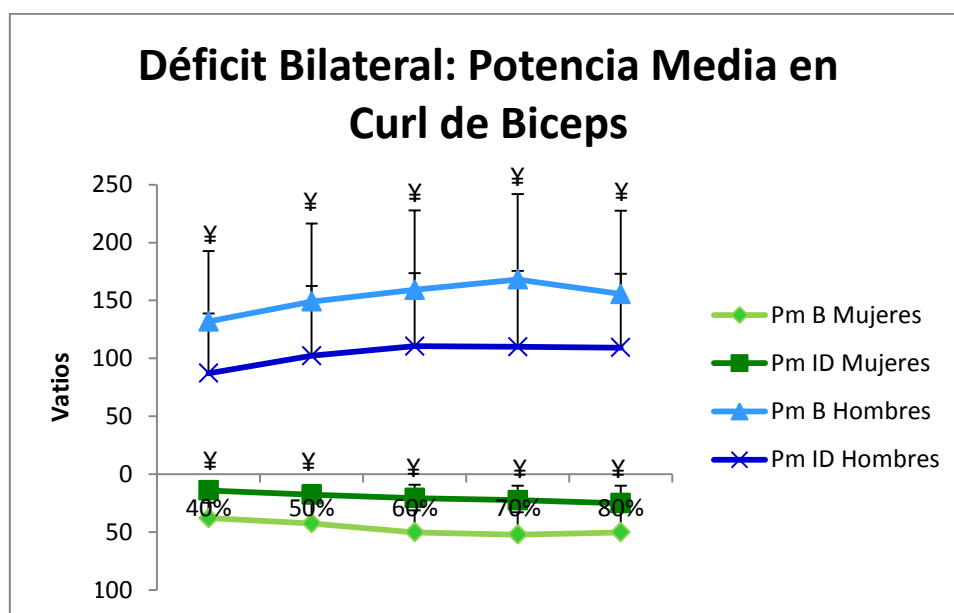


Media  $\pm$  DS ¥: diferencia significativas entre F máx B v F máx ID. P < 0.05



En la figura 7 aparecen recogidos los valores, en vatios, referentes al promedio de la potencia media a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de curl de bíceps, tanto en mujeres como en hombres. En la comparación de los valores bilaterales y los valores de la suma de unilaterales, encontramos diferencias significativas favorables al protocolo bilateral, en todos los porcentajes y en ambos sexos.

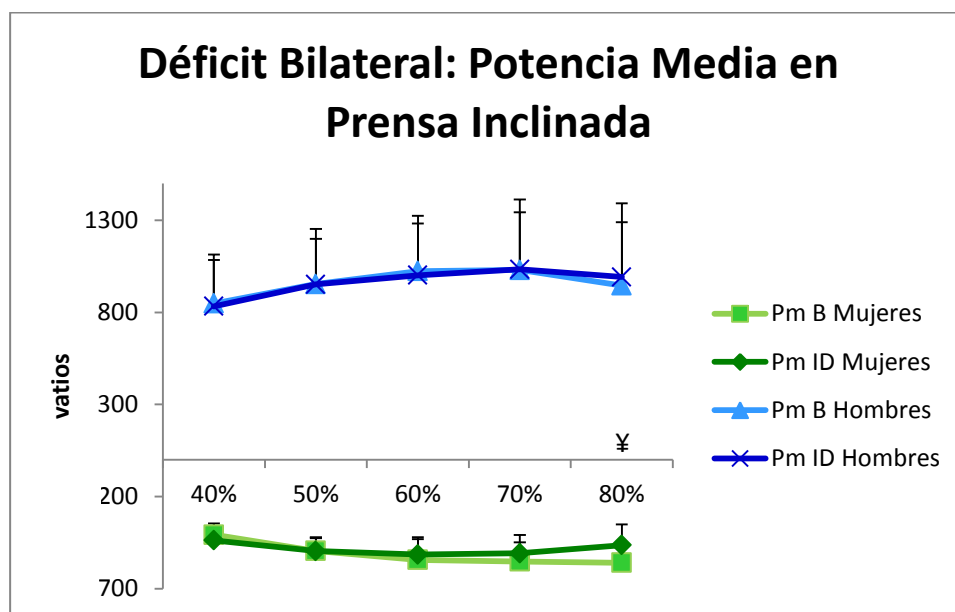
Figura 7. Potencia media bilateral (Pm B) y sumatorio de potencia media Dcho más Izdo (Pm ID) a diferentes porcentajes de 1RM



Media  $\pm$  DS ¥: diferencia significativas entre Pm B y Pm ID. P < 0,05

En la figura 8 aparecen recogidos los datos, en vatios, referentes al promedio de la potencia media a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de prensa inclinada, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores bilaterales y los valores de la suma de unilaterales, encontramos diferencias significativas favorables al protocolo bilateral, solo al 80% del RM en mujeres, en los demás casos no se hayan diferencias significativas.

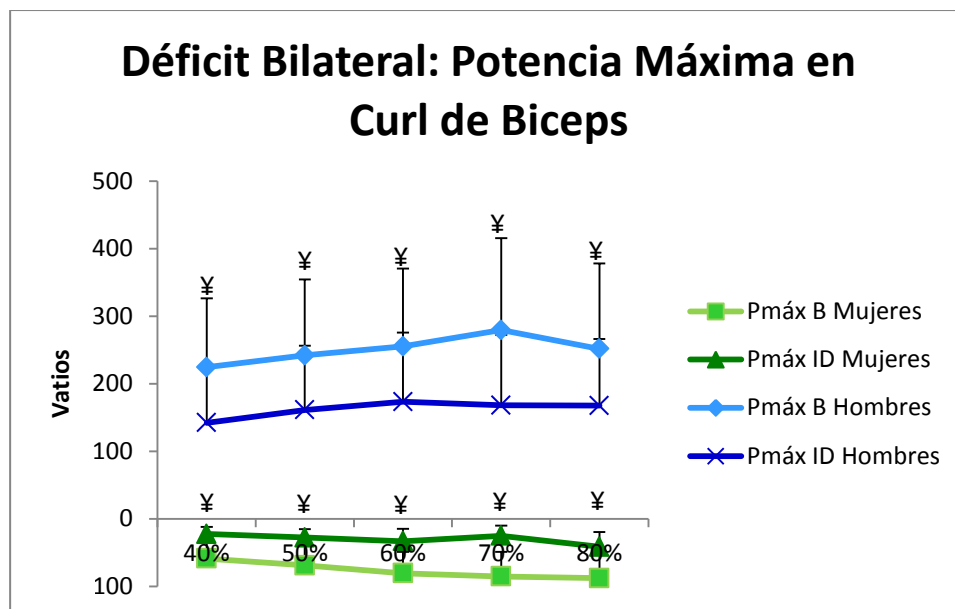
Figura 8. Potencia media bilateral (Pm B) y sumatorio de potencia media Dcho más Izdo (Pm ID) a diferentes porcentajes de 1RM



Media  $\pm$  DS ¥: diferencia significativas entre Pm B y Pm ID.  $P < 0,05$

En la figura 9 aparecen recogidos los datos, en vatios, referentes al promedio de la potencia máxima a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de curl de bíceps, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores bilaterales y los valores de la suma de unilaterales, encontramos diferencias significativas favorables al protocolo bilateral, en todos los porcentajes y en ambos sexos.

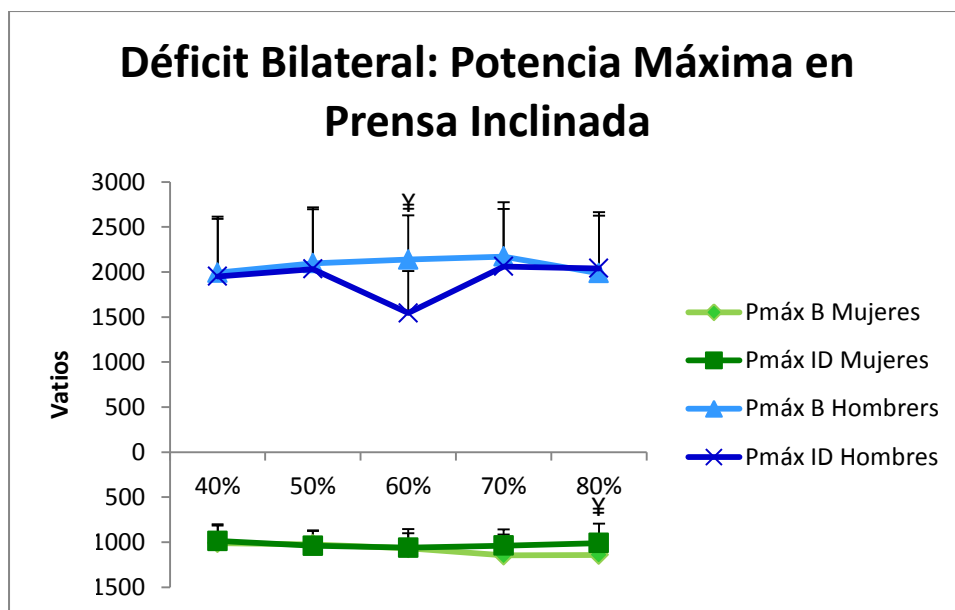
Figura 9. Potencia máxima bilateral (Pmáx B) y sumatorio de potencia máxima Dcho más Izdo (Pmáx ID) a diferentes porcentajes de 1RM



Media  $\pm$  DS ¥: diferencia significativas entre Pmáx B y Pmáx ID. P < 0,05

En la figura 10 aparecen recogidos los datos, en vatios, referentes al promedio de la potencia máxima a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de prensa inclinada, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores bilaterales y los valores de la suma de unilaterales, hallamos diferencias significativas al 80% del RM en mujeres y al 60% del RM en hombres, en ambos casos favorables al protocolo bilateral.

Figura 10. Potencia máxima bilateral (Pmáx B) y sumatorio de potencia máxima Dcho más Izdo (Pmáx ID) a diferentes porcentajes de 1RM

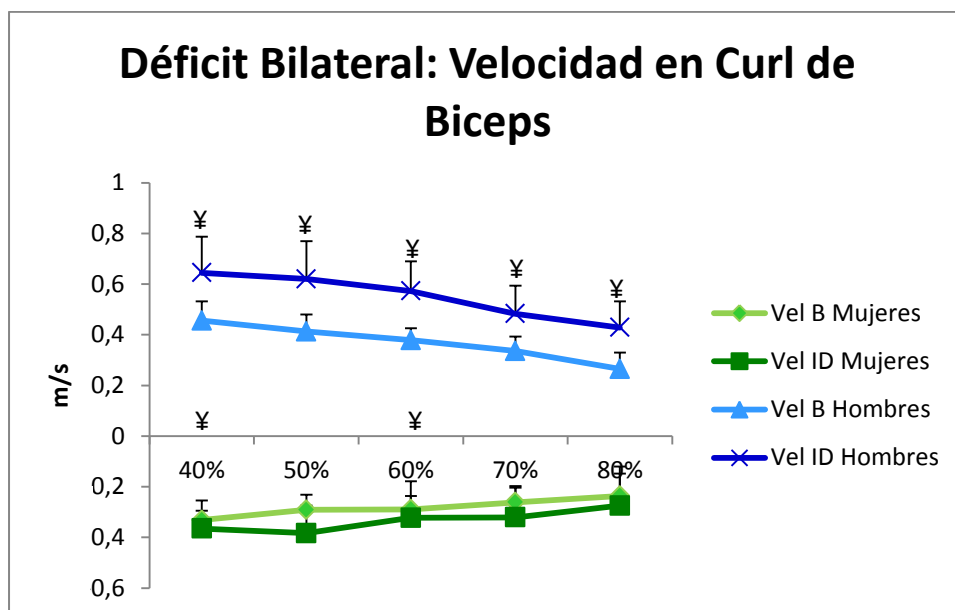


Media  $\pm$  DS ¥: diferencia significativas entre Pmáx B v Pmáx ID.  $P < 0.05$

A continuación, y siguiendo el mismo concepto de sumar los valores por separado y enfrentarlos a los valores bilaterales, y a pesar de ser un concepto no descrito aún en la bibliografía y por tanto imposible de confrontar con datos de la bibliografía científica, y también a pesar de ser de no fácil interpretación, representaremos el concepto de “déficit bilateral de velocidad”.

En la figura 11 aparecen recogidos los datos, en m/s, referentes al promedio de la velocidad media a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de curl de brazos, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores bilaterales y los valores de la suma de unilaterales, hallamos diferencias significativas en todos los porcentajes del RM en hombres, además de al 40 y 60% del RM en mujeres, en todos los casos favorables al protocolo de suma de unilaterales.

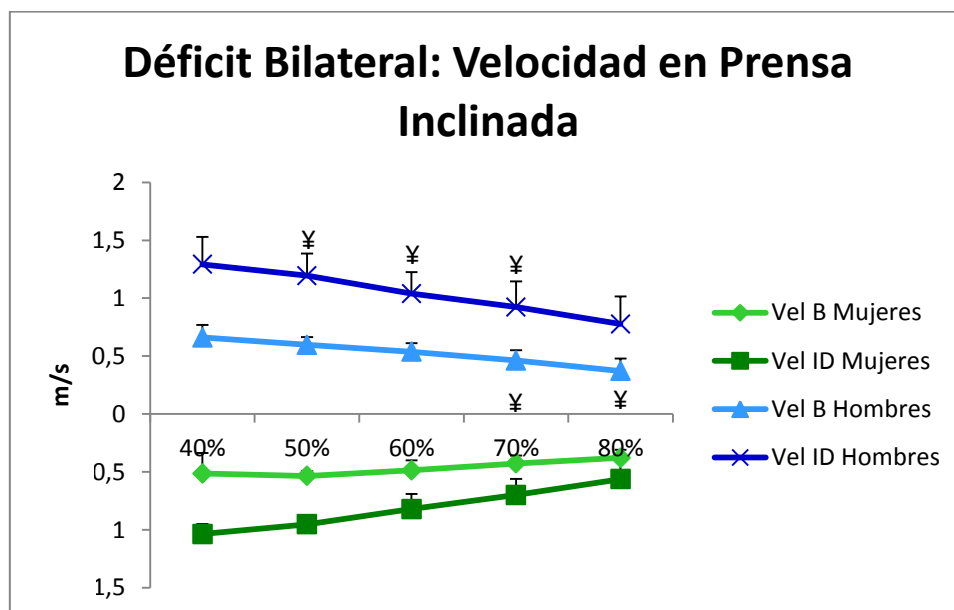
Figura 11. Velocidad bilateral (Vel B) y sumatorio de Velocidad Dcho más Izdo (Vel ID) a diferentes porcentajes de 1RM



Media  $\pm$  DS  $\neq$ : diferencia significativas entre Vel B y Vel ID. P < 0,05

En la figura 12 aparecen recogidos los datos, en m/s, referentes al promedio de la velocidad media a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de prensa inclinada, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores bilaterales y los valores de la suma de unilaterales, hallamos diferencias significativas en los porcentajes intermedios en hombres, es decir al 50, 60 y 70% del RM y en mujeres al 70 y 80% del RM, en ambos casos favorables al protocolo de suma de unilaterales.

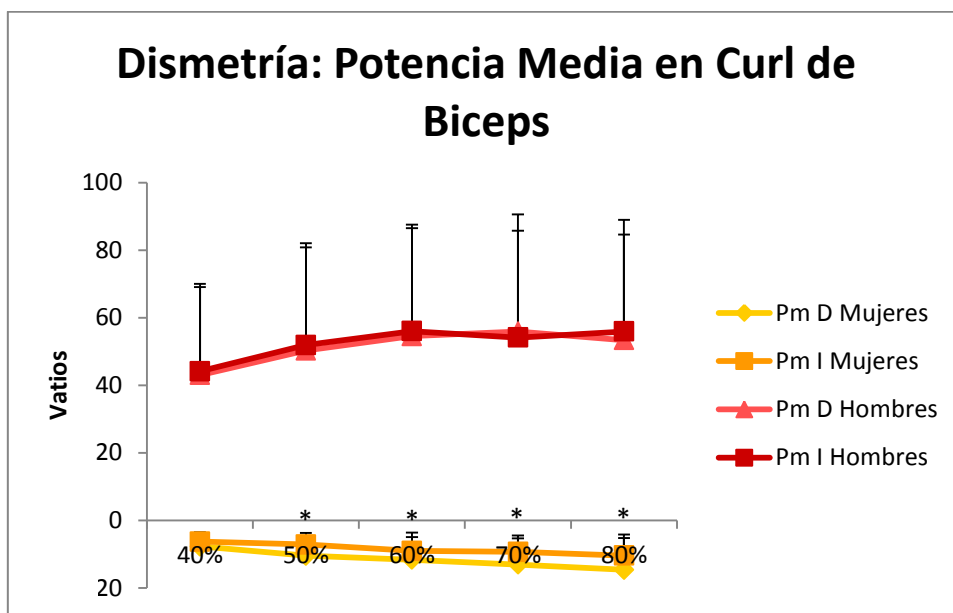
Figura 12. Velocidad bilateral (Vel B) y sumatorio de Velocidad Dcho más Izdo (Vel ID) a diferentes porcentajes de 1RM



Media  $\pm$  DS ¥: diferencia significativas entre Vel B y Vel ID. P < 0,05

En la figura 13 aparecen recogidos los datos, en vatios, referentes al promedio de la potencia media a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de curl de brazos, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores unilaterales derechos y los valores unilaterales izquierdos, muestran diferencias significativas en el género femenino desde el porcentaje 50 al 80% del RM favorables en todos los casos al lado derecho.

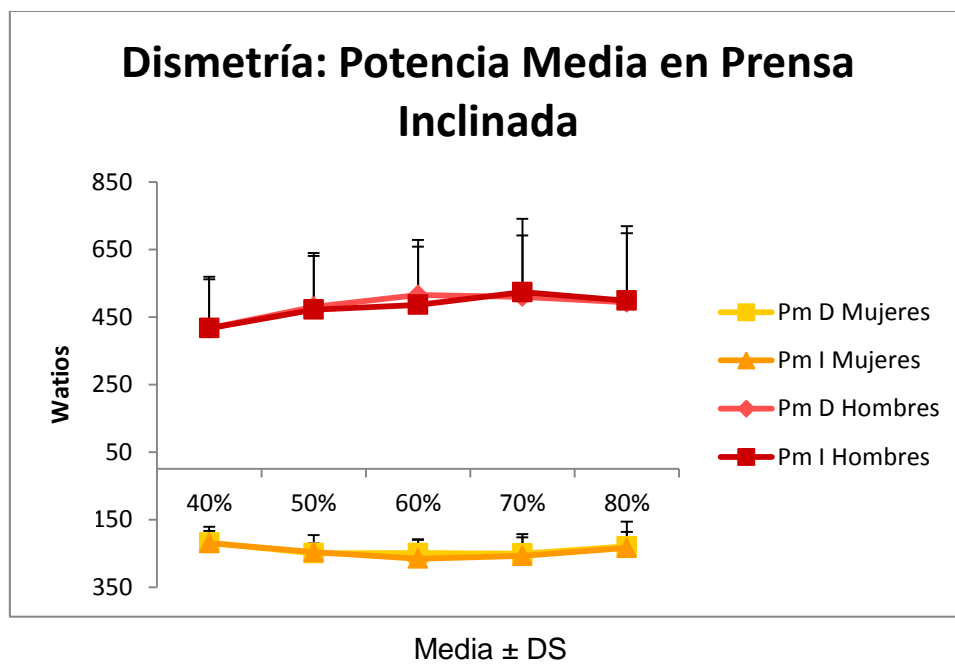
Figura 13. Potencia media Dcho (Pm D) y potencia media Izdo (Pm I) a diferentes porcentajes de 1RM



Media  $\pm$  DS \*: diferencia significativas entre Pm D y Pm I. P < 0,05

En la figura 14 aparecen recogidos los datos, en vatios, referentes al promedio de la potencia media a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de prensa inclinada, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores unilaterales derechos y los valores unilaterales izquierdos, no muestran diferencias significativas a ningún porcentaje del RM en ambos sexos.

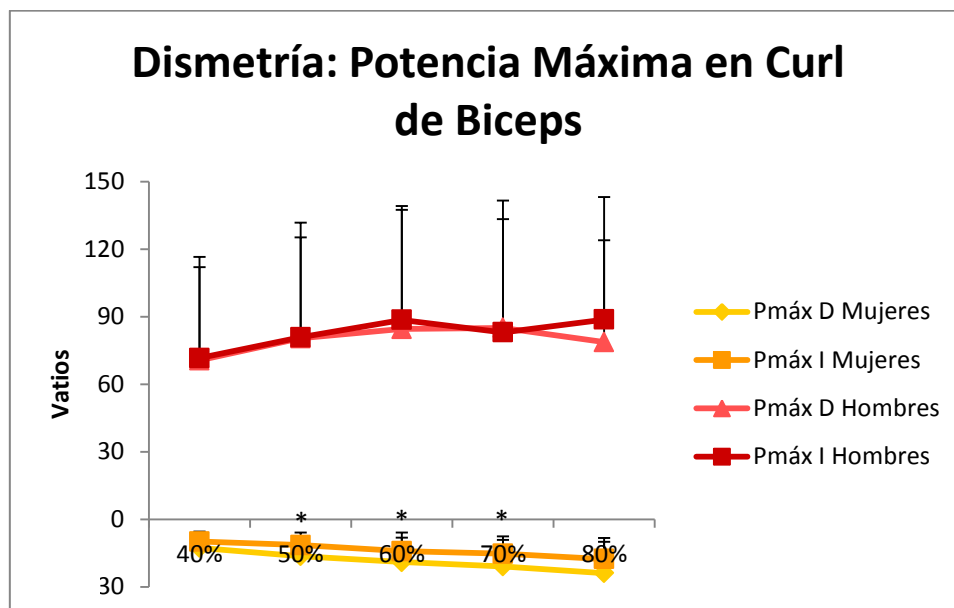
Figura 14. Potencia media Dcho (Pm D) y potencia media Izdo (Pm I) a diferentes porcentajes de 1RM





En la figura 15 aparecen recogidos los datos, en vatios, referentes al promedio de la potencia máxima a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de curl de bíceps, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores unilaterales derechos y los valores unilaterales izquierdos, muestran diferencias significativas en los porcentajes intermedios es decir al 50, 60 y 70% del RM del género femenino.

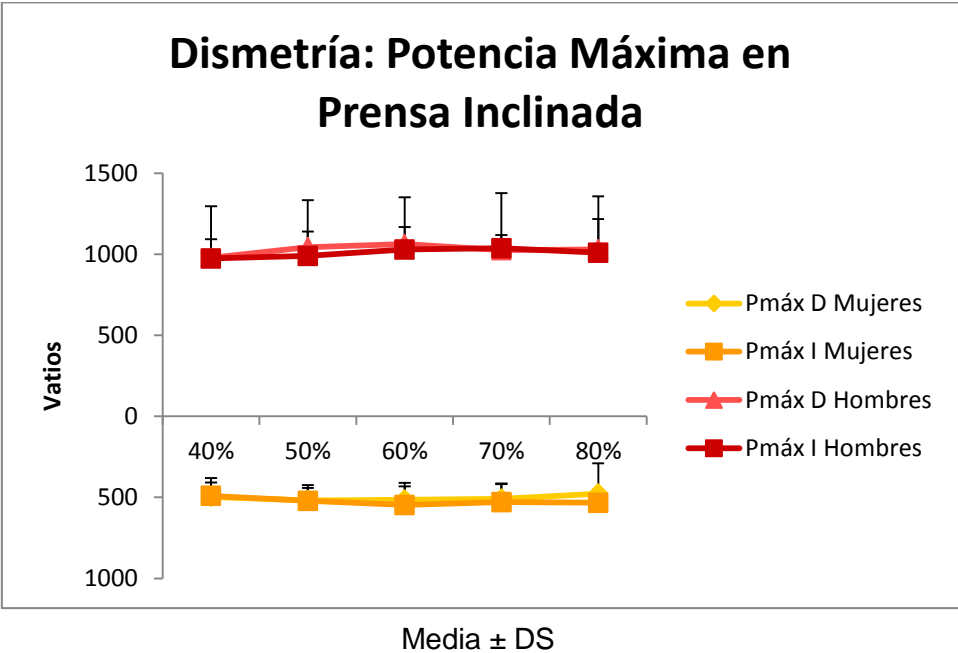
Figura 15. Potencia máxima Dcho (Pmáx D) y potencia máxima Izdo (Pmáx I) a diferentes porcentajes de 1RM



Media  $\pm$  DS \*: diferencia significativas entre Pmáx D v Pmáx I.  $P < 0.05$

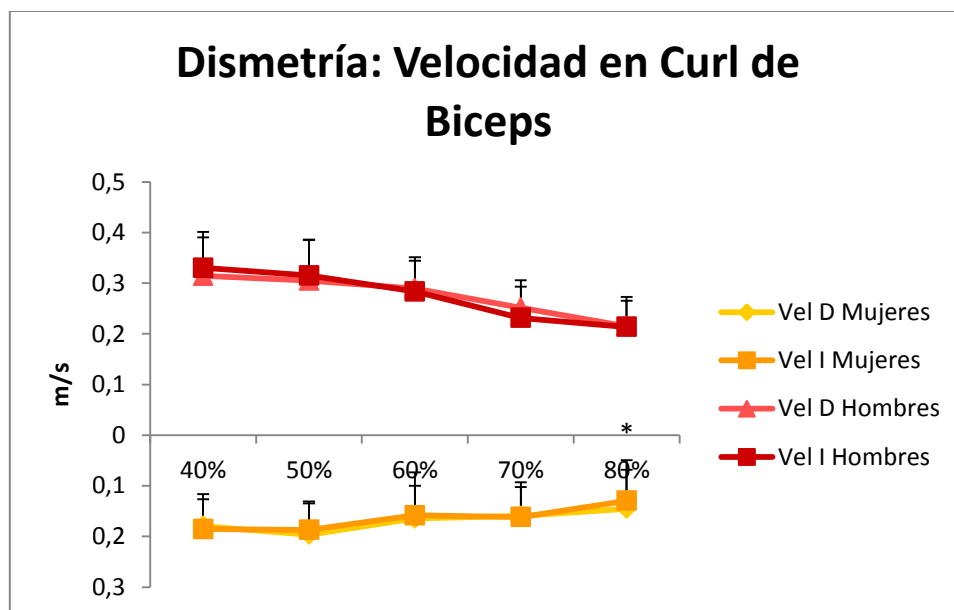
En la figura 16 aparecen recogidos los datos, en vatios, referentes al promedio de la potencia máxima a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de prensa inclinada, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores unilaterales derechos y los valores unilaterales izquierdos, no muestran diferencias significativas a ningún porcentaje del RM en ambos sexos.

Figura 16. Potencia máxima Dcho (Pmáx D) y potencia máxima Izdo (Pmáx I) a diferentes porcentajes de 1RM



En la figura 17 aparecen recogidos los datos, en m/s, referentes al promedio de la velocidad media a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de curl de brazos, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores unilaterales derechos y los valores unilaterales izquierdos, hallamos diferencias significativas al 80% del RM en mujeres, favorable al protocolo unilateral derecho.

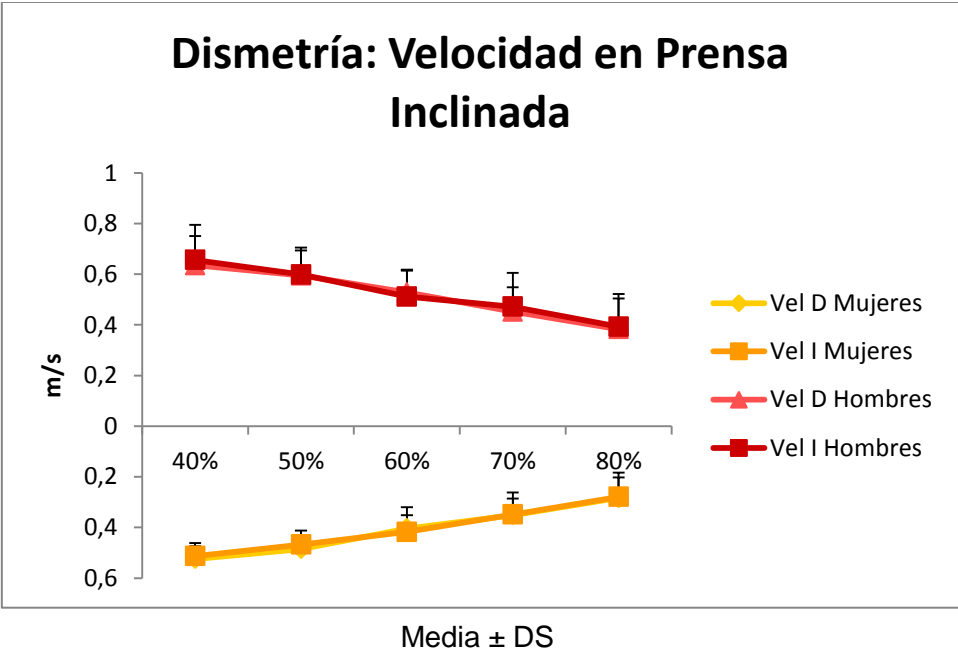
Figura 17. Velocidad Dcho (Vel D) y Vel Izdo (Vel I) a diferentes porcentajes de 1RM



Media  $\pm$  DS \*: diferencia significativas entre Vel D y Vel I. P < 0,05

En la figura 18 aparecen recogidos los datos, en m/s, referentes al promedio de la velocidad media a distintos porcentajes comprendidos entre el 40 y el 80% del RM, en el protocolo de prensa inclinada, tanto en mujeres como en hombres. La comparación de los valores unilaterales derechos y los valores unilaterales izquierdos, no se encuentran diferencias significativas en ningún porcentaje del RM en ambos sexos.

Figura 18. Velocidad Dcho (Vel D) y Vel Izdo (Vel I) a diferentes porcentajes de 1RM



## 5. DISCUSIÓN

### **Dismetría bilateral en fuerza máxima isométrica**

Las contracciones isométricas, son preponderantes en aquellas actividades en las que se mantiene relativamente inmóvil el cuerpo o segmentos corporales, es decir en el mantenimiento de la postura, en el agarre, etc.

Como hemos podido comprobar en el apartado de resultados, no existen diferencias significativas al comparar la fuerza máxima isométrica de las extremidades del lado derecho frente a las del izquierdo, tanto en el protocolo de curl de bíceps como en el de prensa inclinada, en ambos géneros.

La diferencia, no significativa, entre el lado derecho y el lado izquierdo en mujeres, durante el protocolo de prensa inclinada es 4,1% inferior en el lado derecho, mientras que en el mismo protocolo en hombres es 1,9% inferior en el lado derecho; estos datos muestran una tendencia a ligera mayor fuerza isométrica del lado no hábil, resultados muy similares a los obtenidos por Enrique (2015), él realizaba el estudio en futbolistas en prensa inclinada, llegando a la conclusión de que no existe disimetría bilateral en el tren inferior, esto podría deberse a las demandas propias de la actividad física realizada, con esto se quiere decir, que durante las actividades físicas tendemos a ejecutar acciones de precisión, para poder llevar a cabo las acciones precisas por la extremidad hábil, es necesario que la otra extremidad soporte el peso del cuerpo para descargar a la extremidad hábil, este soporte del peso corporal para que la extremidad hábil ejecute los movimientos de precisión ha de ser lo más rígido posible, con lo que la acción en la pierna no hábil tiene un importante componente isométrico, por ejemplo, cuando un jugador de fútbol golpea con precisión el balón con su extremidad hábil, con la otra está llevando a cabo fuerzas isométricas para estabilizar el cuerpo.

En el protocolo de curl de bíceps, tampoco encontramos diferencias significativas; en las mujeres la diferencia es 7,4% superior en el lado derecho, mientras que en este mismo protocolo en varones la diferencia es 7,9%, también superior al lado derecho, esto podría deberse a que la vida cotidiana la mano hábil, en este caso también la más fuerte, es usada habitualmente para la mayoría de las acciones tanto de precisión como de agarre, cosa que

no ocurre con las extremidades inferiores, ya que caminar, correr, saltar, y otros muchos ejemplos se realizan de manera bilateral.

Podemos observar que los valores de disimetría son superiores en el tren superior a los del tren inferior, esto concuerda con lo descrito en la bibliografía por Iglesias, Irurtia, Marina y Carrasco (2011), los cuales llevan a cabo una investigación con jóvenes esgrimistas, en los cuales miden la fuerza máxima isométrica tanto en el tren inferior como en el superior, ellos tampoco encuentran disimetría en ninguno de los dos protocolos de fuerza máxima isométrica, y además obtienen mayores valores de disimetría en el tren superior aunque sin llegar a poder considerarse como tal.

Todos los valores son inferiores al 10% propuesto por Lanshmmar y Ribom, (2011) como el valor límite para definir disimetría funcional.

### **Dismetría bilateral en fuerza máxima dinámica**

La fuerza máxima dinámica es fundamental en el desempeño atlético como en muchas de las actividades de la vida diaria, por lo que el conocimiento de esta manifestación de la fuerza se hace conveniente para la prescripción del ejercicio o del entrenamiento.

En referencia al protocolo de prensa inclinada la diferencia entre en lado derecho y el lado izquierdo en mujeres durante el protocolo es 3,7% superior al lado izquierdo, mientras que en hombres durante este mismo protocolo es 3,5% superior al lado izquierdo; estos resultados son similares a los obtenidos por McCurdy y Langdford (2005), estos investigadores describieron la fuerza dinámica máxima en sentadilla, tanto en mujeres como en hombres, en su investigación obtuvieron valores entorno al 1% entre la pierna dominante y la no dominante, aunque en nuestra investigación salgan valores mayores, se puede decir que son similares ya que en nuestro caso son entorno al 3% de diferencias. Este fenómeno consistente en que la pierna hábil no es la más fuerte, podría deberse a las demandas propias de la actividad física realizada, del mismo modo como pasa con la fuerza máxima isométrica, es decir, que durante las actividades físicas tendemos a ejecutar acciones de precisión, para poder llevar a cabo las acciones precisas por la extremidad hábil, es necesario que la otra extremidad realice grandes fuerzas isotónicas de cara a controlar movimientos perturbadores para la acción motriz fina.

En lo relativo a la disimetría en la fuerza máxima dinámica, durante el protocolo de curl de bíceps, llama la atención que en las mujeres existe una disimetría de un 15,4% favorable al lado dominante, que a pesar de no llegar a ser significativa, es claramente superior al 10%, definido por Lanshmmar y Ribom (2011) como punto de corte para establecer disimetría funcional. Por tanto aunque parece contradictorio, podemos decir que en las mujeres, por nosotros estudiadas, en las extremidades superiores existe disimetría funcional en cuanto a la fuerza máxima, esto concuerda con lo descrito en la bibliografía por Potts et al. (2002), quienes encontraron disimetría para la fuerza dinámica máxima en nadadores de ambos géneros entre el brazo dominante y no dominante, siendo esta asimetría más acusada en aquellos nadadores que solo respiraban unilateralmente. Curiosamente en el grupo de varones estudiado por nosotros no hay diferencias significativas en la fuerza máxima entre ambos brazos, la diferencia es 3,5% superior al lado no hábil, estos resultados difieren de los encontrados en la literatura científica aunque son semejantes a los propuestos por Bailey et al. (2013), los cuales llevaron a cabo una investigación en ambos géneros, evaluando la fuerza isotónica máxima en el tren inferior en jóvenes universitarios, concluyen que el género femenino y el menor nivel de rendimiento colaboran a la aparición de disimetría funcional.

### **Disimetría bilateral en potencia media, potencia máxima y velocidad en los porcentajes: 40%,50%,60%,70% y 80% del RM**

La potencia ha sido considerada a lo largo del tiempo, como un elemento imprescindible en el desempeño deportivo así como para las tareas de la vida diaria.

Centrándonos en el protocolo de prensa inclinada no hemos encontrado diferencias significativas, entre la pierna del lado derecho y la del lado izquierdo, ni en potencia media, ni en potencia máxima ni en velocidad en ambos géneros en ninguno de los porcentajes del RM estudiados. Nuestros resultados difieren en cuanto a la potencia máxima con los propuestos por Almeida et al. (2012), ya que en su caso encontraron diferencias del 12% entre la pierna dominante y la no dominante, esto podría deberse a la muestra utilizada y sobre todo al protocolo usado, ellos utilizaron una máquina isocinética. Por el contrario tanto en potencia media como en velocidad no hemos encontrado datos en la bibliografía consultada.

Por el contrario durante el protocolo de curl de bíceps sí encontramos diferencias significativas, que muestran las disimetrías en relación con las mujeres, no así en los hombres. En la potencia media en mujeres vemos disimetrías funcionales en los

siguientes porcentajes: 50, 60, 70 y 80% del RM, es decir en prácticamente todos los porcentajes, en la potencia máxima existen disimetrías en los siguientes porcentajes: 50, 60 y 70% del RM, por último en la velocidad encontramos disimetría solo al 80% del RM. Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Potts et al. (2002), aunque, no se puedan tener demasiado en cuenta ya que su estudio fue en referencia a la máxima fuerza dinámica, estos investigadores concluían que la fatiga incrementaba la disimetría. Además podemos concluir que existen mayores disimetrías en el tren superior y en el género femenino algo que otros autores como Bailey et al. (2013) ya describieron evaluando la fuerza isotónica máxima en universitarios que practicaban varios deportes.

### **Déficit bilateral de fuerza máxima isométrica**

Como hemos visto anteriormente en el capítulo de resultados, no existen diferencias significativas al comparar la fuerza máxima isométrica de manera bilateral frente al sumatorio de fuerzas unilaterales, tanto en el protocolo de curl de bíceps como en el de prensa inclinada, en ambos géneros, aunque como veremos a continuación con pequeños matices.

La diferencia, no significativa, entre el sumatorio de fuerzas unilaterales y de fuerza bilateral en mujeres, durante el protocolo de prensa inclinada es 4,3% superior al sumatorio de fuerzas unilaterales, mientras que en el mismo protocolo en hombres es 10,6% superior a la fuerza bilateral; estos datos muestran una ligera tendencia a mayor fuerza isométrica del sumatorio de fuerzas unilaterales en mujeres, mientras que en los varones muestran lo contrario, un ligero incremento en la fuerza de manera bilateral, estos valores que no muestran el déficit bilateral se corresponden con los obtenidos por Iglesias et al. (2011), estos investigadores hicieron un estudio en jóvenes esgrimistas de ambos sexos en los que determinaban la no existencia del déficit bilateral en fuerza máxima isométrica, en el protocolo del tren inferior.

En el protocolo de curl de bíceps, tampoco encontramos diferencias significativas; en las mujeres no existe diferencia, es decir la fuerza producida de manera bilateral es exactamente igual a la producida por el sumatorio de fuerzas unilaterales, sin embargo en los varones, la diferencia es 14% superior al sumatorio de fuerzas unilaterales, aunque esta diferencia no sea significativa, muestra una tendencia por parte de los varones a obtener más fuerza isométrica máxima en curl de bíceps en el sumatorio de fuerzas unilaterales. Las características de los valores obtenidos en este estudio son muy similares a los propuestos



por Iglesias et al. (2011), ellos mostraban diferencias significativas en ambos sexos durante la máxima fuerza isométrica en el tren superior.

Podemos observar que los valores de déficit bilateral son superiores en el tren superior a los del tren inferior, esto concuerda con lo descrito en la bibliografía por Iglesias et al.(2011), los cuales llevaron a cabo un estudio previamente explicado en el párrafo anterior, ellos tampoco encuentran déficit bilateral en el protocolo de fuerza máxima isométrica en el tren inferior, y si lo encuentran en el protocolo del tren superior.

### **Déficit bilateral de fuerza máxima dinámica**

En lo relativo al déficit bilateral en la fuerza máxima dinámica, durante el protocolo de prensa inclinada, llama la atención que en las mujeres existe diferencia significativa favorable al déficit bilateral, la suma de los valores unilaterales es 11,6% superior a la de los valores bilaterales, estos datos son correspondidos con lo leído en la literatura científica, la investigación que llevaron a cabo Chaves et al. (2004), trabajando con 60 jóvenes físicamente activos en los protocolos de flexión de codo y extensión de rodilla, muestra diferencias significativas en ambos protocolos. La causa más extendida en la literatura científica de este fenómeno es la ligera disminución de la activación neuronal en el reclutamiento de unidades motoras durante las contracciones bilaterales en comparación con la suma de las contracciones unilaterales según Secher et al. (1976) y Vandervoort et al. (1984). Por el contrario durante este mismo protocolo en varones no hemos encontrado diferencias significativas, curiosamente la diferencia es prácticamente nula, 0,8% favorable a la contracción bilateral, aunque la mayoría de la literatura consultada se encuentren diferencias significativas para el déficit bilateral otros autores como Howard y Enoka (1991) no encuentran déficit bilateral ni en ciclistas ni en culturistas que además tienen facilitación bilateral, el único grupo en el que lo encuentran es en el grupo de personas no activas.

Si bien en el protocolo del tren inferior se encuentran diferencias significativas favorables al déficit bilateral en mujeres, durante el protocolo del tren superior, es decir durante el ejercicio de curl de bíceps, en ambos sexos, existen diferencias significativas favorables al protocolo bilateral, es decir habría una facilitación bilateral, por tanto, podemos decir que en las mujeres y hombres, por nosotros estudiados, en las extremidades superiores existe una facilitación bilateral en cuanto a la fuerza máxima dinámica.

## **Déficit bilateral de potencia media, potencia máxima y velocidad en los porcentajes: 40%,50%,60%,70% y 80% del RM**

En lo relativo al déficit bilateral en la potencia media y potencia máxima durante el protocolo de prensa inclinada, no se muestran diferencias significativas favorables al déficit bilateral, ni en mujeres ni en hombres, estos valores, no pueden ser comparables a los propuestos por Contreras et al. (2013), ya que estos autores encuentran déficit bilateral en 181 sujetos en su mayoría varones, utilizando para medir dichas potencias el protocolo de Bosco (1991), este protocolo implica saltabilidad y en nuestro caso la potencia era medida en la prensa inclinada, esta es una diferencia metodológica importante que podría determinar los resultados obtenidos. Siguiendo con la potencia media y máxima en el protocolo de curl de bíceps, si encontramos diferencias significativas pero favorables a la facilitación bilateral en todos los porcentajes del RM estudiados, en los dos sexos.

En lo relativo al déficit bilateral en la velocidad, durante el protocolo de prensa inclinada, llama la atención que tanto en hombres al 50, 60 y 70% del RM como en mujeres al 70 y 80% del RM existe déficit bilateral, la suma de los valores unilaterales es mayor que la de los valores bilaterales, es importante recordar que nunca antes se había comparado la velocidad por lo que no se puede comparar con otras investigaciones. Durante el protocolo de curl de bíceps también existen diferencias significativas favorables al déficit bilateral, en hombres a todos los porcentajes del RM, mientras que en mujeres al 40 y 60% del RM, al igual que en el protocolo de prensa inclinada, nunca antes se había comparado la velocidad por lo que no se puede comparar con otras investigaciones.

Podemos presuponer que la causa de este déficit bilateral en velocidad sea la misma que en otras manifestaciones ya estudiadas como la máxima fuerza isométrica o la máxima fuerza dinámica, es decir el déficit bilateral se produce por la ligera disminución de la activación neuronal en el reclutamiento de unidades motoras durante las contracciones bilaterales en comparación con la suma de las contracciones unilaterales según Secher et al. (1976) y Vandervoort et al. (1984).

## 6. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este estudio, tanto en hombres como en mujeres se puede concluir que realizando tres pruebas diferentes de los miembros inferiores, con la misma máquina de prensa inclinada y tres pruebas diferentes de los miembros superiores, con la misma máquina de curl de bíceps:

- 1) No existe disimetría al relacionarse con la máxima fuerza isométrica, en ninguno de los protocolos estudiados, es decir, ni en prensa inclinada, ni en curl de bíceps, en ninguno de los dos géneros.
- 2) No existe disimetría al relacionarse con la máxima fuerza dinámica durante el protocolo de prensa inclinada tanto en varones como en mujeres, de igual manera tampoco existe durante el protocolo de curl de bíceps en varones aunque si en mujeres.
- 3) No existe disimetría al relacionarse con la potencia media durante el protocolo de prensa inclinada a cualquier porcentaje del RM ni en varones, ni en mujeres, además tampoco existe en varones durante el protocolo de curl de bíceps en ningún porcentaje del RM, mientras que durante este mismo protocolo si existe disimetría en mujeres al 50, 60, 70 y 80% del RM.
- 4) No existe disimetría al relacionarse con la potencia máxima durante el protocolo de prensa inclinada, en ninguno de los dos géneros a cualquier porcentaje del RM, de igual manera tampoco existe disimetría en varones durante el protocolo de curl de bíceps en ningún porcentaje del RM, sin embargo en las mujeres si encontramos disimetría al 50, 60 y 70% del RM durante este protocolo del tren superior mencionado.
- 5) No existe disimetría al relacionarse con la velocidad durante el protocolo de prensa inclinada a cualquier porcentaje del RM en ambos sexos, lo mismo ocurre en los varones durante el protocolo de curl de bíceps, mientras que en el género femenino si encontramos disimetría al 80% del RM en este mismo protocolo.

- 6) No existe déficit bilateral al relacionarse con la máxima fuerza isométrica, ni en mujeres, ni en varones, en ninguno de los protocolos estudiados, es decir, ni en curl de bíceps y ni en prensa inclinada.
- 7) Si existe déficit bilateral al relacionarse con la máxima fuerza dinámica, en mujeres durante el protocolo de prensa inclinada, curiosamente no pasa esto en el género opuesto; además en el protocolo de curl de bíceps sucede lo contrario, existe facilitación bilateral en ambos géneros.
- 8) No existe déficit bilateral al relacionarse con la potencia media, ni en mujeres, ni en varones, en ninguno de los protocolos estudiados, es decir, ni en curl de bíceps y ni en prensa inclinada, de hecho existe facilitación bilateral al 80% del RM en mujeres durante el protocolo de prensa inclinada y en varones y mujeres a todos los porcentajes del RM en el protocolo de curl de bíceps.
- 9) No existe déficit bilateral al relacionarse con la potencia máxima, ni en mujeres, ni en varones, en ninguno de los protocolos estudiados, es decir, ni en curl de bíceps y ni en prensa inclinada, de hecho existe facilitación bilateral al 80% del RM en mujeres y al 60% del RM en hombres durante el protocolo de prensa inclinada y en varones y mujeres a todos los porcentajes del RM en el protocolo de curl de bíceps.
- 10) Si existe déficit bilateral al relacionarse con la velocidad, tanto en varones al 50, 60 y 70% del RM como en mujeres al 70 y 80% del RM en el protocolo de prensa inclinada, además, también existe en el protocolo de curl de bíceps tanto en varones a todos los porcentajes del RM como en mujeres al 40 y 60% del RM.

## **Limitaciones**

La principal limitación de este estudio fue la escasa muestra, se necesitarían mayor número de participación para poder contrastar los resultados obtenidos.

Otra limitación fue que durante los protocolos de pierna unilaterales debido a la fuerza que aplicaban se levantaban unos centímetros del asiento así como separaban unos centímetros la espalda del respaldo, aun habiendo contemplado este problema y usar una especie de cinturón para impedir esto, no lo pudimos controlar del todo, también en el protocolo tanto bilateral como unilateral en curl de brazos, la maquina producía algunas molestias superficiales a nivel cutáneo en la articulación del codo, debido al roce con el cuero de la maquina.

## **7. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION**

Futuras investigaciones sobre este tema podrían venir relacionadas con la realización de los mismos protocolos con distintos grupos musculares, así como cambios en el tipo de muestra, comparando por ejemplo poblaciones de deportistas en cuyas modalidades haya una intervención principal de las extremidades inferiores con otra muestra de deportistas en cuyas modalidades, las extremidades inferiores no sean determinantes, con el objetivo de analizar si un mayor grado de adaptaciones al entrenamiento puede modificar los resultados de las variables estudiadas, también podría verse como afecta el ángulo al que se producen las contracciones musculares e ir variándolo, con el objetivo de ver a qué ángulo de ver cómo se comporta el déficit y la disimetría en función del ángulo de la articulación.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, J., & Ibarguen, P. (2002). El fenómeno del déficit bilateral en el deportista. *Revista Médica de Risaralda*, 14(2), 3-12.
- Almeida, G. P. L., Carneiro, K. K. A., Morais, H. C. R. D., & Oliveira, J. B. B. D. (2012). Effects of unilateral dominance of the lower limbs on flexibility and isokinetic performance in healthy females. *Fisioterapia em Movimento*, 25(3), 551-559.
- Archontides, C., & Fazey, J. A. (1993). Inter-limb interactions and constraints in the expression of maximum force: A review, some implications and suggested underlying mechanisms. *Journal of sports sciences*, 11(2), 145-158.
- Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo* (Vol. 302). Barcelona: Inde.
- Bailey, C. A., Suchomel, T. J., Beckham, G. K., McInnis, T. C., Driggers, A. R., Haun, C. T. & Stone, M. H. (2013, December). A comparison of baseball and softball players' bilateral strength asymmetry and its relationship with performance. In Conference Papers from the 8th Annual Coaches and Sport Science College December 13-14, 2013 (p. 5).
- Brooks, G. A., Thomas, D. F & Kenneth, M. B. 2004. Exercise Physiology. Human bioenergetics and its applications. New York: McGraw Hill.
- Chaves, C. P. G., Guerra, C. P. C., Moura, S. D., Nicoli, A. I. V., Félix, I., & Simão, R. (2004). Déficit bilateral nos movimentos de flexão e extensão de perna e flexão de cotovelo. *Rev Bras Med Esporte*, 10(6), 505-508.
- Contreras, M., Laguado, M. J., & Hermoso, V. S. (2013). Evaluación de la asimetría bilateral en el salto vertical con contramovimiento en sujetos con actividad física federada, aficionada y sedentaria. *Cuidado y Ocupación Humana*, 1(1), 70-91.
- Dorado, C., Moysi, J. S., Vicente, G., Serrano, J. A., Rodriguez, L. P., & Calbet, J. A. L. (2002). Bone mass, bone mineral density and muscle mass in professional golfers. *Journal of sports sciences*, 20(8), 591-597.
- Duchateau, J., & Hainaut, K. (1984). Isometric or dynamic training: differential effects on mechanical properties of a human muscle. *Journal of applied physiology*, 56(2), 296-301.

- Enrique, S. R. (2015). Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza unilateral o bilateral sobre el rendimiento en gestos de fuerza velocidad y la asimetría bilateral en jóvenes futbolistas (tesis doctoral). Universidad de Valencia.
- Ferber, R., McClay Davis, I., & Willimas III, D. S. (2003). Gender differences in lower extremity mechanics during running. (abstract). *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(9), 545-545.
- Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: Profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(3), 364-373.
- Gollnick, P. D., & Bayly, W. M. (1986). Biochemical training adaptations and maximal power. *Human muscle power. Champaign (IL): Human Kinetics*, pp 255-67.
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A.,...Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1081.
- Hay, D., de Souza, V. A., & Fukashiro, S. (2006). Human bilateral deficit during a dynamic multi-joint leg press movement. *Human movement science*, 25(2), 181-191.
- Henry, F. M., & Smith, L. E. (1961). Simultaneous vs. separate bilateral muscular contractions in relation to neural overflow theory and neuromoter specificity. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 32(1), 42-46.
- Howard, J. D., & Enoka, R. M. (1991). Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *Journal of Applied Physiology*, 70(1), 306-316.
- Hui-Ying, L. U. K., Winter, C., O'Neill, E., & Thompson, B. A. (2014). Comparison of muscle strength imbalance in powerlifters and jumpers. *Journal of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)*, 28(1), 23-27.
- Iglesias, X., Irurtia, A., Marina, M., & Carrasco, M. (2011). Déficits bilaterales y asimetrías morfofuncionales en jóvenes esgrimistas. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 46(170), 65-71.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N., & Marcora, S. M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(11), 2044.

- Jakobi, J. M., & Chilibeck, P. D. (2001). Bilateral and unilateral contractions: possible differences in maximal voluntary force. *Canadian journal of applied physiology*, 26(1), 12-33.
- Krzykała, M. (2010). Dual energy X-ray absorptiometry in morphological asymmetry assessment among field hockey players. *Journal of Human Kinetics*, 25, 77-84.
- Kuruganti, U., & Seaman, K. (2006). The bilateral leg strength deficit is present in old, young and adolescent females during isokinetic knee extension and flexion. *European journal of applied physiology*, 97(3), 322-326.
- Lanshammar, K., & Ribom, E. L. (2011). Differences in muscle strength in dominant and non-dominant leg in females aged 20–39 years—A population-based study. *Physical Therapy in Sport*, 12(2), 76-79.
- McCurdy, K., Langford, G. A., Cline, A. L., Doscher, M., & Hoff, R. (2004). The reliability of 1- and 3RM tests of unilateral strength in trained and untrained men and women. *Journal of sports science & medicine*, 3(3), 190.
- Naclerio, F. J., Jiménez, A., Alvar, B. A., & Peterson, M. D. (2009). Assessing strength and power in resistance training. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(2), 110-113.
- Newton, R. U., Gerber, A., Nimphius, S., Shim, J. K., Doan, B. K., Robertson, M., et al. (2006). Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 971-977.
- Ohtsuki, T. (1983). Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. *Behavioural brain research*, 7(2), 165-178.
- Ohtsuki, T. (1994). Changes in strength, speed, and reaction time induced by simultaneous bilateral muscular activity. *Interlimb Coordination*, 259-274.
- Potts, A.D., J.E. Charlton, & H.M. Smith. Bilateral arm power imbalance in swim bench exercise to exhaustion. [Etudedu desequilibre bilaterale de la puissance musculaire du bras lors d'une epreuve effort sur ergometre pour des nageurs]. *J.Sports Sci.* 20:975–979. 2002.
- Riganas, C. S., Vrabas, I. S., Papaevangelou, E., & Mandroukas, K. (2010). Isokinetic strength and joint mobility asymmetries in oarside experienced oarsmen. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 3166-3172.
- Secher, N. H., Rorsgaard, S., & Secher, O. (1976). Contralateral influence on recruitment of type-1 muscle-fibers during maximum voluntary extension of legs. In *Acta physiologica scandinavica*, 96(3), 20-21.



Siff, M. C., & Verkhoshansky, Y. (2004). *Superentrenamiento* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.

Van Soest, A. J., Roebroek, M. E., Bobbert, M. F., Huijing, P. A., & Van Ingen Schenau, G. J. (1985). A comparison of one-legged and two-legged countermovement jumps. *Med Sci Sports Exerc*, 17(6), 635-639.

Vandervoort, A. A., Sale, D. G., & Moroz, J. (1984). Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. *Journal of Applied Physiology*, 56(1), 46-51.

Vint, P., & Hinrichs, R. (1997). Decoupling the bilateral deficit: the effect of task initiation time on the expression of maximum muscular force. In *Conference Proceedings, Am Soc Biomech*, 21,194-195.

Wiest, M. J., Dagnese, F., & Carpes, F. P. (2010). Strength symmetry and imprecise sense of effort in knee extension. *Kinesiology*, 42(2), 164-168.