

UNIVERSIDAD DE LEÓN

MÁSTER EN INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

**T
R
A
B
A
J
O

F
I
N
D
E

M
Á
S
T
E
R**

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EXCÉNTRICO
VERSUS CONCÉNTRICO SOBRE EL EFECTO CRUZADO**

**THE EFFECTS OF ECCENTRIC VERSUS CONCENTRIC
RESISTANCE TRAINING ON CROSSOVER EFECT**

EDSON BARBOSA CARIOCA JUNIOR

JOSÉ ANTONIO DE PAZ FERNÁNDEZ



CURSO 2013 -2014



UNIVERSIDAD DE LEÓN

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

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA
EXCÉNTRICO VERSUS CONCÉNTRICO SOBRE EL
EFECTO CRUZADO**

**THE EFFECTS OF ECCENTRIC VERSUS
CONCENTRIC RESISTANCE TRAINING ON
CROSSOVER EFFECT**

Edson Barbosa Carioca Junior

Director:

Prof. Dr. José Antonio de Paz Fernández

León, julio de 2014

ÍNDICE

ABREVIATURAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 ¿Por qué estudiar el Efecto Cruzado?	10
1.2. Efecto Cruzado y Entrenamiento de Fuerza	12
1.3 Clasificación y características de las acciones musculares	13
1.4. Efecto cruzado y el entrenamiento con diferentes estímulos	15
1.5. Posibles mecanismos involucrados en el efecto cruzado	17
1.6 Las acciones unilaterales y bilaterales.....	18
2. OBJETIVOS	20
3. MÉTODO.....	21
3. 1. Participantes.	21
3. 2. Evaluación de la masa muscular.....	21
3. 3. Evaluación de la fuerza máxima.	23
3. 4. Evaluación de la potencia.	25
3. 5. Programa de Entrenamiento.	26
3. 6. Análisis Estadístico.	28
4. RESULTADOS	29
5. DISCUSIÓN	33
6. CONCLUSIONES.....	36
7. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....	37
8. BIBLIOGRAFÍA	38
9. ANEXOS	41
9.1 Anexo 1. Modelo del Cuestionario (PAR-Q).....	41
9.2 Anexo 2. Escala OMINI-RES para la percepción subjetiva del esfuerzo.	42

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mi esposa Harlene y a mi hijo Vitor por ser el motor de mi vida; por la paciencia, la confianza y el amor que me ha tenido en este tiempo.

A mi madre, mi padre, mis hermanos, mis suegros y mis amigos por su ayuda y apoyo.

Al Colegio Militar de Manaus, mi institución de trabajo y de la que soy egresado, porque sin su soporte no hubiera sido posible mi formación en la Maestría.

A los hermanos de la iglesia Evangélica los Hermanos por su amabilidad, preocupación y oraciones.

A las personas pertenecientes a la Universidad de León (España) por su participación voluntaria y desinteresada en el estudio, a los compañeros con los que viví mi tiempo de formación en el Seminario 85: Ramon, Santiago, Fredy, Xerman, Carlos, Victor, David, Osvaldo, Claudia, Ena, Mercedes, Sofia, Yubisae, gracias por el ánimo y por todo lo compartido.

Y un agradecimiento especial al Profesor doctor Jose Antonio De Paz Fernández por aceptarme como estudiante en su grupo de estudio, e inducirme en el fascinante mundo del estudio de la fuerza y disponer para mi formación toda su experiencia, tiempo y medios tecnológicos.

A los aquí mencionados y a los que me dejo en el tintero...

GRACIAS

ABREVIATURAS

1RM – Una repetición máxima

Con – Concéntrico (a)

DXA – Absorciometría dual por rayos X

EC – Entrenamiento concéntrico de la pierna derecha

EE – Entrenamiento excéntrico de la pierna derecha

EMG – Electromiografía de superficie

Exc – Excéntrico (a)

Kg/fz – Kilogramo fuerza (Unidad de fuerza no congruente)

MVC – Contracción voluntaria máxima

N – Newton

PAR-Q – Cuestionario de preparación para la actividad física

PSE – Percepción subjetiva del Esfuerzo

ROI - Regiones de Interés

SUM – Sentadilla unilateral modificada

W – Vatios

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regiones de interés de los muslos.	22
Figura 2. Evaluación de la fuerza máxima	24
Figura 3. Posición estándar del <i>encoder</i>	26
Figura 4. Sistema de poleas	27
Figura 5. Entrenamiento con la SUM	28
Figura 6. Cuestionario PAR-Q	41
Figura 7. Escala OMINI-RES para la percepción subjetiva del esfuerzo	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuerza Máxima (1RM)	29
Tabla 2. ROI`s / Tejido Magro (Masa Muscular)	30
Tabla 3. Comparación de la potencia Media (Pre-Post) intra grupos	31
Tabla 4. Diferencias Pre-Post Δ Fuerza Máxima	31
Tabla 5. Diferencias Pre-Post Δ Masa Muscular	31
Tabla 6. Diferencias Pre-Post Δ Potencia Media	32
Tabla 7. Diferencias Pre-Post Δ Potencia Pico	32

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue comparar los efectos producidos por el entrenamiento unilateral, concéntrico y excéntrico, de corta duración sobre la fuerza máxima, la masa y la potencia muscular en la pierna no entrenada de jóvenes universitarios. Participaron en el estudio 20 jóvenes saludables (12 hombres y 8 mujeres) que fueron asignados aleatoriamente a uno de los grupos de entrenamiento, grupo GC, entrenamiento concéntrico, (n=5 hombres y n=4 mujeres) o al GE, entrenamiento excéntrico, (n=7 hombres y n=4 mujeres) todos los participantes son diestros y el entrenamiento fue realizado solo en la pierna dominante. Para el entrenamiento se utilizó una máquina *Smith*, los sujetos entrenaron durante cuatro semanas, dos sesiones a la semana y cada sesión consistió de cuatro series de diez repeticiones con un descanso de un minuto entre las series. El rango de movimiento de la rodilla fue de 90° de flexión de rodilla hasta la extensión completa, y con una intensidad entre 60% y 75% de la 1RM (Fuerza máxima), con incrementos progresivos de 5% a la semana. Fueron encontrados incrementos en la 1RM de la pierna contralateral de los dos grupos de 13.63 ± 4.31 kg/fz ($p \leq 0.05$), para GC, y 15.56 ± 3.05 kg/fz ($p \leq 0.05$), para GE. La masa muscular se incrementó significativamente en la pierna contralateral del grupo que entreno excéntricamente, en el muslo 0.16 kg/fz \pm 0.05 kg/fz ($p \leq 0.05$), mientras, el grupo que entrenó concéntricamente no alcanzó diferencias significativas. En la potencia media hubo incrementos en la pierna contralateral del GE con cargas del 30% 25.3 ± 19.0 W ($p \leq 0.05$), 40% 49.8 ± 43.9 W ($p \leq 0.05$), 50% 56.8 ± 33.0 W ($p \leq 0.05$), 60% 53.9 ± 37.0 W ($p \leq 0.05$) y 70% 57.1 ± 43.4 W ($p \leq 0.05$), en cuanto que el GC la potencia manifestada con cargas del 30% 28.2 ± 5.28 ($p \leq 0.05$), 40% 32.2 ± -2.31 W ($p \leq 0.05$), 50% 51.0 ± 9.2 W ($p \leq 0.05$), 60% 51.7 ± 27.44 W ($p \leq 0.05$) y 70% 55.7 ± 37.4 W ($p \leq 0.05$) de la 1RM. Después del análisis de los resultados concluimos que: Los dos tipos entrenamientos producen incrementos significativos en la fuerza máxima en la pierna contralateral, siendo más pronunciado con el entrenamiento excéntrico. Que el entrenamiento excéntrico es efectivo para desarrollar la masa muscular en un entrenamiento de corta duración y por último, los dos tipos de entrenamientos producen incrementos significativos en la potencia media y pico.

Palabras clave: Contracción muscular, entrenamiento concéntrico, entrenamiento excéntrico, entrenamiento unilateral, fuerza muscular

ABSTRACT

This study aimed to compare the effects produced by the short term unilateral training, concentric and eccentric, on maximal strength, muscle mass and power in untrained limb of university students. Participated in the study 20 healthy young (12 men and 8 women), randomly assigned to one of the training groups, concentric training group (CTG) (5 men and 4 women) and eccentric training group (ETG) (n=7 men and 4 women). All participants have the right leg as dominant and the training was conducted only on the dominant leg. A Smith machine was used for training for four weeks, two sessions per week, with each session consisting of four sets of ten repetitions with one minute rest between sets. The range of motion was 90° of knee flexion to its full extension, with intensity between 60% and 75% of 1RM (repetition maximum), with progressive increases of 5% per week. Increases were found in the 1RM of contralateral leg in both groups of 13.63 ± 4.31 kg/fz ($p \leq 0.05$) for CTG, and 15.56 ± 3.05 kg/fz ($p \leq 0.05$) for ETG. Muscle mass increased significantly in the contralateral leg of ETG, for the thigh 0.16 kg/fz \pm 0.05 kg/fz ($p \leq 0.05$) and thigh and pelvic area 0.13 ± 0.03 kg/fz ($p \leq 0.05$), while the CTG did not reach significant differences. In the mean power there were increases in the contralateral leg of ETG, for loads of 30%, 25.3 ± 19.0 W ($p \leq 0.05$); 40%, 49.8 ± 43.9 W ($p \leq 0.05$); 50%, 56.8 ± 33.0 W ($p \leq 0.05$); 60%, 53.9 ± 37.0 W ($p \leq 0.05$); and 70%, 57.1 ± 43.4 W ($p \leq 0.05$), while the CTG increased in loads of 30%, 28.2 ± 5.28 ($p \leq 0.05$); 40%, 32.2 ± -2.31 W ($p \leq 0.05$); 50%, 51.0 ± 9.2 W ($p \leq 0.05$); 60%, 51.7 ± 27.44 W ($p \leq 0.05$); and 70%, 55.7 ± 37.4 W ($p \leq 0.05$) of 1RM. After analyzing the results we conclude that: the two training types produce significant increases in maximum strength in the contralateral leg, being more pronounced with eccentric training. Eccentric training was more effective to develop the muscle mass in short term training, and finally, the two training types producing significant increases in peak-power and mean-power.

Key words: Muscle contraction, concentric training, eccentric training, unilateral training, muscular strength.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 *¿Por qué estudiar el Efecto Cruzado?*

El estudio del efecto cruzado está directamente relacionado con el estudio de la fuerza y sus implicaciones en la vida de las personas, en este sentido durante este estudio debemos recordar que el ser humano es fundamentalmente dinámico, proyectado para moverse, y para eso disponemos de infinidad de músculos, articulaciones, ligamentos y tendones que posibilitan una gran diversidad de movimientos, subrayando la necesidad de entender las diferentes manifestaciones de la fuerza.

Por tanto desde un punto de vista mecánico la fuerza muscular, como causa, sería la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo, iniciar o detener el movimiento de un cuerpo, aumentar o reducir su velocidad o hacerle cambiar de dirección, capacidad producida por la acción muscular. Sin embargo, desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de generar tensión que tiene el músculo al activarse, es algo interno, que puede tener relación con un objeto (resistencia) externo o no.

En las actividades de la vida diaria, así como en el campo deportivo sea recreativo o competitivo, habitualmente ejercemos acciones musculares unilaterales, sin embargo, en algunos movimientos los músculos homólogos pueden activarse simultáneamente. Durante las acciones bilaterales el músculo homólogo más débil puede producir una cantidad de fuerza inferior en comparación con la suma de acciones unilaterales, cuando la suma de la fuerza desarrollada por cada una de las extremidades aisladamente es mayor que la obtenida bilateralmente hablamos de un fenómeno se conoce como déficit bilateral de fuerza (1).

El efecto cruzado tiene potencial relevancia clínica en la rehabilitación con ejercicios para pacientes con limitaciones para el ejercicio con una extremidad. Tal como lesiones agudas de las extremidades, la inmovilización del miembro postquirúrgico y ciertos trastornos neurológicos con debilidad muscular predominantemente unilateral. Investigaciones para obtener una comprensión de las adaptaciones neurales que ocurren durante la inmovilización son esenciales, y además pueden tener aplicación en el entrenamiento unilateral y en la rehabilitación de lesiones músculo esqueléticas (2).

Si el ejercicio de la extremidad sana puede fortalecer la extremidad lesionada o enferma, esta reducirá potencialmente al mínimo las complicaciones causadas por el desuso y maximizar la efectividad de la rehabilitación después que la lesión se haya curado. Aunque es razonable plantear la posibilidad que el efecto cruzado puede tener alguna aplicación clínica potencial, somos aun reticentes para hacer recomendaciones con respecto a su papel específico en la rehabilitación con ejercicios y más aún con ejercicios unilaterales. Este tipo de entrenamiento es conocido por aumentar la fuerza a través de adaptaciones, tanto en los sistemas muscular y nervioso. Una evidencia indirecta para indicar que las adaptaciones neurales acompañan el entrenamiento con resistencia, radica en la existencia del fenómeno denominado efecto cruzado, que describe el aumento de la fuerza en la extremidad contralateral al lado entrenado tras el entrenamiento con resistencia unilateral (1).

Un estudio realizado por Farthing y Zehr (3) para la restauración de la simetría, plantea que el efecto cruzado de la fuerza se aplica mejor a las condiciones clínicas que presentan asimetrías, los mecanismos del efecto cruzado deben ser vistos como circuitos evolutivamente conservados que tienen un pequeño impacto en la vida diaria, pero un impacto significativo para la rehabilitación. Dos ejemplos de aplicación de entrenamiento cruzado han sido publicados recientemente en pacientes con hemiparesia después de un accidente cerebrovascular y otros con lesión ortopédica unilateral.

Se ha demostrado que el efecto cruzado se produce en sujetos neurológicamente sanos posteriormente al entrenamiento unilateral de corto plazo (es decir, 4-6 semanas) con alta intensidad (4).

Roig et al., (5) en un meta-análisis menciona que hay una superioridad del entrenamiento excéntrico para aumentar la fuerza muscular y la masa frente al entrenamiento concéntrico y parece estar relacionada con las cargas más altas desarrolladas durante las acciones excéntricas. El patrón neuronal especializado de acciones excéntricas posiblemente explica la alta especificidad de ganancias de fuerza después del entrenamiento excéntrico. Son necesarias más investigaciones para aclarar los mecanismos subyacentes de esta especificidad y su significado funcional en términos de transferencia de las ganancias de fuerza a los movimientos humanos más complejos.

Farthing (6) en un estudio realizado para establecer la dirección del efecto cruzado en individuos diestros refrenda que la magnitud del efecto cruzado sobre la fuerza está relacionada con la magnitud del aumento de la fuerza del músculo entrenado, y es de aproximadamente 35-60% del aumento de la fuerza lograda en el músculo entrenado.

1.2. Efecto Cruzado y Entrenamiento de Fuerza

Se ha documentado ampliamente que el entrenamiento con resistencia unilateral mejora el rendimiento en la extremidad contralateral sin entrenamiento (7) (8).

El entrenamiento de fuerza de una extremidad provoca un aumento en la fuerza voluntaria no sólo en la pierna entrenada, sino también en la extremidad contralateral no entrenada, fenómeno conocido en la literatura científica también como “educación cruzada”, “transferencia cruzada” o “efecto de entrenamiento de fuerza contralateral”, y puede ocurrir en los músculos de las extremidades superiores como inferiores del cuerpo (9) (10) (11). Fue descrito por primera vez en 1894 por Scripture et al., (12) donde el efecto crónico del entrenamiento mostró mejoras del miembro inactivo del cuerpo, en respuesta a un régimen de entrenamiento llevado a cabo en la extremidad contralateral. Son muchos autores que con sus estudios han incrementado el conocimiento sobre el efecto cruzado, como por ejemplo, mediante la utilización de la actividad motora y la práctica en una extremidad para efectuar mejoras en la extremidad contralateral (6), el entrenamiento unilateral de fuerza para ver el efecto sobre el rendimiento de la fuerza en la extremidad contralateral no entrenada (7), y un aumento de la fuerza frecuentemente visto en una extremidad sin entrenar después de un periodo de entrenamiento en la extremidad contralateral (1), ejercicios que se llevan a cabo para incrementar la fuerza muscular en un lado del cuerpo y la fuerza puede incrementar en el lado contralateral. Y en general se mide en los músculos homólogos (11).

Basado en el principio de especificidad del entrenamiento de fuerza, se ha postulado que las acciones excéntricas ofrecen un estímulo diferente al músculo que las concéntricas y, por lo tanto, podrían producir diferentes adaptaciones. Por ejemplo, diferentes patrones neurológicos se han observado entre estos dos tipos de acción muscular, las acciones excéntricas se caracterizan por una actividad cortical

más amplia y más rápida según la ejecución de los movimientos; patrón de activación muscular diferente; adaptaciones neuronales secundarias más rápidas; atenuación de la actividad nerviosa simpática muscular; menor señal electromiográfico (EMG) en la amplitud con niveles de fuerza similares; y mayor señal (EMG) antes de la aparición de movimientos (13).

Es conocido que el entrenamiento con resistencia es una de las maneras más utilizadas para mejorar el rendimiento deportivo, prevenir lesiones, aumentar la salud músculo-esquelética y modificar la estética del cuerpo. La exposición a este tipo de estímulo conlleva adaptaciones morfológicas y en el sistema nervioso, que contribuyen al aumento de la fuerza (14).

En un meta-análisis realizado por Munn et al., (10) demostraron que el efecto cruzado del entrenamiento con resistencia reportado varía de -2,7-21,6% de la fuerza inicial. El efecto del entrenamiento con resistencia unilateral sobre la fuerza voluntaria máxima de la extremidad contralateral fue de 7,8% lo que representa 35,1% del efecto sobre la pierna entrenada.

El entrenamiento con resistencia es ampliamente utilizado en muchas facetas de la población como un método para inducir aumentos en la fuerza muscular con el objetivo de mejorar el rendimiento deportivo, la prevención de lesiones y el mantenimiento de un estilo de vida saludable. Programas de entrenamiento de fuerza incorporan el uso de acciones musculares estáticas y dinámicas bajo la tensión de una carga externa. Durante las acciones estáticas, el músculo lleva a cabo una acción muscular con una longitud de fibra fija. En contraste, las acciones musculares dinámicas se pueden dividir en acciones concéntricas, que implica el acortamiento de las fibras musculares, y acciones excéntricas, que consiste en el alargamiento activo de las fibras musculares, a medida que aumenta la tensión generada (13).

1.3 Clasificación y características de las acciones musculares

La acción muscular es el proceso fisiológico en el que los músculos desenvuelven tensión, disminuyendo (acortando), incrementando (estirando) o permaneciendo en la misma longitud ante el estímulo. Obviamente que en la mayoría de las acciones musculares ejecutadas durante los movimientos humanos

se secuencian las acciones excéntricas y concéntricas, o como es conocido, el ciclo acortamiento-alargamiento (CAA) de las acciones musculares (15).

Las acciones musculares se clasifican en cuatro tipos distintos. Heterométricas, (también conocidas como dinámicas), isométricas, auxotónicas y isocinéticas, a su vez las acciones heterométricas o dinámicas se subdividen en dos tipos distintos de acciones, las heterométricas concéntricas y heterométricas excéntricas.

Las acciones heterométricas excéntricas – Donde la resistencia aleja los extremos musculares ocurren cuando una resistencia dada es mayor que la tensión ejercida por un músculo determinado, de forma que éste se alarga, se dice que dicho músculo ejerce una contracción excéntrica (trabajo negativo). En este caso el músculo desarrolla tensión alargándose, es decir, extendiendo su longitud (16). Y las acciones heterométricas concéntricas – Del latín “con” (centrum) con un mismo centro, donde la tensión acerca los extremos del músculo hacia el centro y ocurre cuando un músculo desarrolla una tensión suficiente para superar una resistencia, de forma tal que éste se acorta (trabajo positivo) (13), y moviliza una parte del cuerpo venciendo dicha resistencia.

Por ejemplo, cuando ejecutamos una sentadilla partiendo de la posición baja y subimos, la fuerza generada por los músculos es mayor que la resistencia por lo que los músculos se acortarán (contracción concéntrica). Sin embargo, que cuando se baja la resistencia es mayor que la fuerza por lo que los músculos se alargan (contracción excéntrica). En la vida cotidiana cuando subimos una escalera o caminamos cuesta arriba llevamos a cabo acciones concéntricas dado que los músculos de los cuádriceps se están acortando, y por al contrario cuando bajamos una escalera o caminamos costa abarro realizamos acciones excéntricas por lo que los músculos del cuádriceps se alargan bajo la tensión.

Por otra parte un estudio realizado Cavanagh (17) a cerca de los términos “contracción muscular” y “acción muscular” concluyó que la utilización del segundo es más apropiado. Posteriormente Flaukner (18) realiza una revisión del término contracción y considera que emplearlo como adjetivo en el contexto de la actividad física es inadecuado y sugiere que no debería ser usado para describir las contracciones músculo esqueléticas.

1.4. Efecto cruzado y el entrenamiento con diferentes estímulos

Desde su descripción en 1894, diversos estudios han demostrado la existencia de efecto cruzado en distintos contextos, según Lee y Carroll., (14) el efecto cruzado no es un fenómeno limitado a grupos de músculos, ni específico de la edad o el sexo, y puede observarse después del entrenamiento realizado por esfuerzo voluntario, o con la estimulación eléctrica de los músculos o incluso por la practica mental de las acciones unilaterales.

En un meta-análisis Munn et al., (10) señalaron que la magnitud del efecto cruzado de la fuerza está directamente relacionada con las ganancias de fuerza del músculo entrenado aumentando la fuerza contralateral en un 7,8% de la fuerza inicial, lo que corresponde a 35% del efecto en el lado contralateral.

El efecto cruzado es un fenómeno real, cuantificable y ampliamente estudiado a lo largo de los años por la comunidad científica, diversos autores han comprobado en sus experimentos la existencia del efecto cruzado después de diferentes tipos de acciones conocidas. Además, los efectos de la educación cruzada se han observado en diferentes músculos (grupos musculares grandes y pequeños), en diferentes conjuntos de entrenamiento (estáticos y dinámicos), en diferentes tareas (simples vs compleja), en los miembros (superiores vs inferiores), en la extremidad dominante o no dominante y bajo diferentes acciones (isométricas, dinámicas y isocinéticas) (14).

Por ejemplo entrenamiento bajo acciones isométricas, fue llevado a cabo por Fimland et al., (19) con un periodo de entrenamiento semejante al nuestro (cuatro semanas) observaron que las respuestas al entrenamiento incrementaron la fuerza tanto en los músculos flexores plantares entrenados (44%) y no entrenados (32%) después de cuatro semanas de entrenamiento de la fuerza unilateral; Farthing et al., (6), en un estudio con individuos diestros identificaron que el efecto cruzado con el entrenamiento de fuerza de la mano ejecutando desviación cubital durante seis semanas demostró ser más pronunciado en la dirección de derecha a izquierda en los individuos diestros; En otro estudio Sariyildiz et al., (9) después de seis semanas de entrenamiento con acciones excéntricas y estimuladas eléctricamente encontraron aumento significativo de la fuerza muscular en los músculos contralateral homólogo y sus antagonistas. Este estudio fue el primero en examinar el resultado de la estimulación eléctrica en el efecto cruzado de la fuerza en el miembro superior y el aumento de la fuerza en el músculo agonista y antagonista en

la extremidad contralateral. En otro estudio realizado por Komi et al., (20) con seis pares de gemelos (dos mujeres y cuatro hombres) durante doce semanas encontraron incrementos de 20% y 11% en la fuerza isométrica en la pierna entrenada y no entrenada respectivamente. Zhou et al., (21) informaron de que cuatro semanas de electroestimulación y entrenamiento unilateral isométrico de extensión de la rodilla producen 21% de aumento de la fuerza en ambas extremidades con y sin entrenamiento, mientras que el entrenamiento voluntario produce ganancias de 24 % en la pierna entrenada y 21 en la pierna sin entrenamiento. Bemben y Murphy., (22) entrenaron catorce días los flexores del codo derecho de mujeres jóvenes y mediana edad, realizando cuatro series de diez repeticiones usando setenta por ciento de la fuerza máxima, encontraron incrementos entre 12-15% en la fuerza isométrica del brazo sin entrenamiento, pero, sin cambios en la masa muscular.

M. Roig et al., (13) observaron en un meta-análisis que cuando el ejercicio excéntrico se llevó a cabo a intensidades más altas en comparación con el entrenamiento concéntrico, la fuerza total y la fuerza excéntrica aumentaron significativamente. Sin embargo, en comparación con el entrenamiento concéntrico, las ganancias de fuerza después del entrenamiento excéntrico aparecieron más específicas en términos de velocidad y el modo de contracción;

Seeger y Thorstensson., (23) después de diez semanas de entrenamiento de extensión unilateral de la rodilla señalaron que el entrenamiento causó efectos específicos de efecto cruzado, es decir, el tipo de acción y velocidad produjeron aumentos específicos de fuerza en la pierna contralateral, sin entrenamiento, acompañado de un aumento específico de fuerza excéntrica y concéntrica después del entrenamiento excéntrico.

Un estudio realizado por Ranganathan et al (24) con jóvenes tras doce semanas de entrenamiento con acciones mentales unilaterales de abducción del dedo meñique o flexión del codo encontraron aumento de 35 y 13.5% respectivamente.

1.5. Posibles mecanismos involucrados en el efecto cruzado

El entrenamiento con resistencia se sabe que aumenta la fuerza a través de adaptaciones, tanto en el sistema muscular como en el nervioso (25) (26). Si bien la fisiología de las adaptaciones musculares después de entrenamiento de resistencia se entiende bien, la naturaleza de las adaptaciones neuronales es menos clara. Una forma indirecta para indicar la existencia de adaptaciones neurales por el entrenamiento con resistencia viene dada por la existencia del efecto cruzado, que describe el aumento de la fuerza en la dirección opuesta, de una extremidad sin entrenamiento tras entrenamiento de resistencia unilateral (14).

La hipertrofia muscular puede llegar a ser mensurables después de varias semanas de entrenamiento (27), aunque se ha informado de que la concentración de mRNA para proteínas contráctiles puede estar incrementada hasta incluso después de una única sesión de entrenamiento (28).

Los mecanismos neuronales son probablemente responsables de las ganancias de fuerza contralateral después del el entrenamiento de fuerza unilateral el efecto cruzado se produce con la activación muscular insignificante en la extremidad contralateral no entrenado (29) (30) y está acompañado por la hipertrofia muscular (5) (6).

Aunque no hay consenso sobre el mecanismo que produce las adaptaciones de la fuerza contralateral, se ha sugerido que la magnitud de la fuerza adquirida en el lado contralateral se relaciona con el aumento de la fuerza en el lado entrenado (31).

No obstante Shima et al., (32) encontraron una evidencia directa de que los mecanismos del efecto cruzado se encuentran al menos en parte en el sistema nervioso central a través de la técnica de interpolación *twitch* asociada a la estimulación nerviosa, donde encontraron un pequeño pero significativo incremento tanto en la activación voluntaria de los flexores plantares entrenados (4.6%) y no entrenados (3.6%) después de seis semanas de entrenamiento de fuerza unilateral.

Se cree también que la velocidad (5) (33) y el volumen de entrenamiento (34) influyen directamente en las adaptaciones de la fuerza en la pierna entrenada, así es posible que estos parámetros pudieran afectar también a las adaptaciones en el efecto cruzado.

Sin embargo Carroll et al., (11) en una versión actualizada del meta-análisis con 16 estudios controlados (rango 15 a 48 sesiones de entrenamiento), muestra que el tamaño del efecto del entrenamiento de fuerza contralateral es alrededor de un 8% de la resistencia inicial, o aproximadamente la mitad del aumento de la fuerza del lado entrenado. Esta estimación es similar a los resultados de un gran estudio controlado, aleatorizado de entrenamiento de los flexores del codo (efecto contralateral de la fuerza inicial de un 7% o una cuarta parte de los efectos en el lado entrenado). Esto es probable que refleje un aumento de reclutamiento de motoneuronas en lugar de adaptaciones musculares, aunque la mayoría de los métodos no son lo suficientemente sensibles para detectar pequeñas contribuciones musculares, aunque el tamaño del efecto es pequeño y puede no ser clínicamente significativo, el estudio del fenómeno proporciona información sobre los mecanismos neuronales asociados con el ejercicio y el entrenamiento.

1.6 Las acciones unilaterales y bilaterales

Durante acciones bilaterales comúnmente las MVC (máxima contracción voluntaria) producen una cantidad de fuerza menor que la suma de las fuerzas producidas en acciones unilaterales, así podemos decir que la activación voluntaria en la tarea bilateral es deficiente, fenómeno también conocido como déficit bilateral (35), en general, el déficit es más pronunciado para los miembros inferiores que en los miembros superiores. Los mecanismos subyacentes del déficit bilateral no se entienden completamente, se piensa que el déficit acontece por una limitación central para activar los músculos homólogos en diferentes partes del cuerpo a la fuerza y velocidad máxima al mismo tiempo (36)

El entrenamiento, la familiarización y la tarea real puede reducir este déficit bilateral, la relación entre la fuerza máxima bilateral a las fuerzas sumadas de cada lado puede ser tan baja como 75%, pero es por lo general, el 90%. Debido a que las mediciones de la fuerza y EMG no dan necesariamente resultados concordantes para el tamaño del déficit, factores neurales pueden estar implicados, en concreto las conexiones interhemisféricas directas y vías subcorticales pueden contribuir a mediar una interacción inhibitoria entre los músculos homólogos.

En resumen, a pesar de un déficit en la producción de fuerza puede existir para acciones bilaterales de algunos músculos homólogos, el efecto puede ser relativamente pequeño. El rendimiento limitado de los músculos homólogos puede ser debido a variaciones en zonas supra espinal.(37)

Según Farthing et al., (6) en un estudio realizado para determinar la dirección de la transferencia cruzada en individuos diestros encontró un cambio mayor en la fuerza del miembro no entrenado en el grupo que entrenó el miembro derecho (39,2%, $P < 0,01$), mientras que no se observaron cambios significativos en la fuerza del miembro no entrenado del grupo que entreno el miembro izquierdo (9,3%) o por cualquiera de los miembros del grupo controle (10,4 y 12,2%) .

2. OBJETIVOS

El objetivo primordial de este estudio fue investigar las diferencias producidas por el entrenamiento concéntrico y excéntrico en relación al efecto cruzado sobre la fuerza máxima, la masa muscular y la potencia en jóvenes.

Los objetivos específicos fueron:

1. Valorar los incrementos producidos como respuesta al entrenamiento unilateral concéntrico y excéntrico sobre la fuerza máxima, la masa muscular y la potencia.
2. Cuantificar las diferencias producidas en el efecto cruzado como respuesta al entrenamiento concéntrico *versus* excéntrico sobre la fuerza, la masa muscular y la potencia.

3. MÉTODO

3. 1. *Participantes.*

Participaron en el presente estudio 22 jóvenes (13 hombres y 9 mujeres) estudiantes de las carreras de Magisterio, Enfermería y Educación Física de la Universidad de León. Fueron invitados a participar voluntariamente en este estudio, los sujetos no hacían uso de ningún fármaco y eran moderadamente activos al inicio del estudio. Siendo practicantes de deporte aficionado o recreativo, pero ninguno seguía ningún entrenamiento específico o regular de la fuerza. Todos los participantes fueron informados del procedimiento, objetivos, riesgos, y propósitos del estudio, y dieron su consentimiento firmado antes de empezar la intervención. El estudio se realizó en conformidad a los principios del comité de ética de la Universidad de León. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a uno de los grupos de entrenamiento. Grupo GC, entrenamiento concéntrico de la pierna dominante (6 hombres y 4 mujeres) o al GE, entrenamiento excéntrico de la pierna dominante (7 hombres y 5 mujeres). También se instruyó a los sujetos para continuar con su rutina normal siempre que no se involucrasen actividades de entrenamiento unilateral. Y el dominio de la extremidad fue determinado por la preferencia del sujeto en patear una pelota.

3. 2. *Evaluación de la masa muscular.*

Antes y después del entrenamiento el primer procedimiento realizado fue la medición de la masa muscular (masa libre de grasa y de hueso), utilizando un densitómetro (Lunar Prodigy Primo – General Electric®) con un software enCore 2009® versión 13.20.033. Conocido genéricamente como Dxa (Dual-Energy X-Ray Absorptiometria).

Diariamente antes de empezar las evaluaciones el mismo evaluador calibraba el densitómetro con un *phantom* pre-calibrado. Para realizar cada evaluación se le pedía a los sujetos sacar las zapatillas e cualquier objeto metálico, a continuación se les orientaba según las instrucciones del manual para acostarse en decúbito dorsal y que permaneciera lo más inmóvil y relajado posible, y a los sujetos experimentales del sexo femenino se le preguntaba por la posibilidad de estar embarazadas cuando

no había ninguna duda se procedía a la evaluación, cada evaluación tardaba alrededor de siete minutos.

Aunque la resonancia magnética y la tomografía computarizada son los principales dispositivos de referencia para evaluar la masa muscular y adiposa (38) la absorciometría dual de rayos X es también una herramienta utilizada para evaluar la masa muscular, en estudios realizados se ha validado en diferentes poblaciones; adultos jóvenes (39) , adultos mayores (40), jóvenes atletas y no atletas (41).

La evaluación de la masa muscular se realizó en ambas piernas por separado, estableciéndose regiones de interés (ROI por su abreviatura en inglés *Region(s) of Interest*), de acuerdo con las necesidades del estudio. Específicamente fue realizado un ROI en cada extremidad inferior, delimitando un área rectangular trazado entre la línea que pasa por el borde inferior de la tuberosidad isquiática y la línea femoro-tibial. En la figura (1) se muestran los ROI que se realizaron para cada una de las piernas.

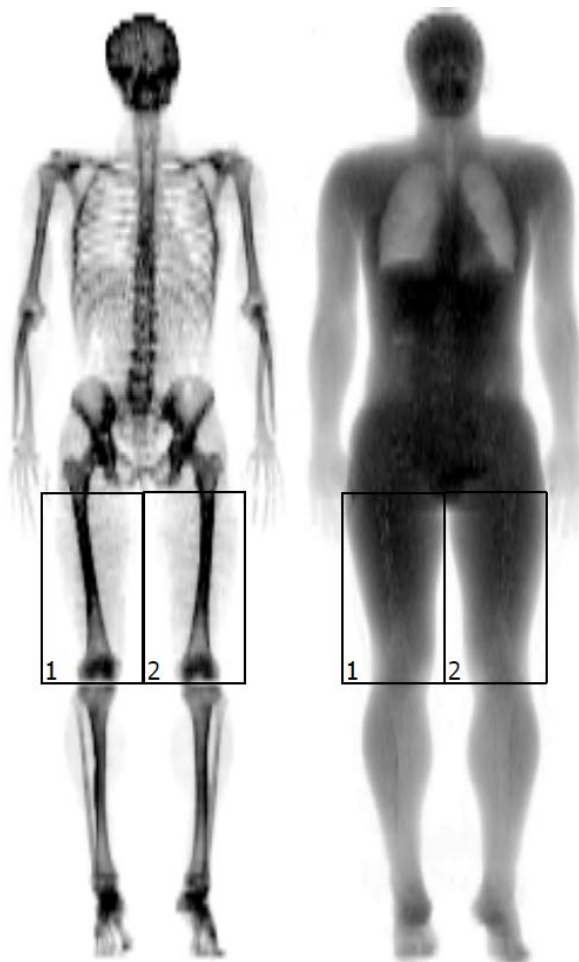


Figura 1. Regiones de interés de los muslos

3. 3. Evaluación de la fuerza máxima.

La fuerza máxima en las extremidades inferiores se evaluó bilateralmente y unilateralmente con una repetición máxima (1-RM) utilizando la máquina Smith (Gervasport, España), el primer día se evaluó la fuerza primero bilateralmente en la sentadilla bilateral y a continuación unilateralmente ejecutándose la sentadilla unilateral modificada (SUM) (42). Como medida de seguridad sujetamos la barra con una correa (con la capacidad para soportar hasta una tonelada) en la parte superior de la máquina Smith y también para evitar que la barra descendiera más allá del estándar establecido para el ángulo de la rodilla (90°), todos los sujetos fueron instruidos para mirar hacia adelante y mantener una postura de la espalda recta durante la ejecución de los ejercicios.

Previamente a cada sesión de evaluación se realizó un calentamiento de cinco minutos en un cicloergómetro Tunturi Pure Bike 4.0 F35 a 100 vatios (W) y a continuación dos minutos de estiramientos.

Para la evaluación se le solicitaba al sujeto que se pusiera en la posición inicial de bipedestación con los pies separados a la anchura de los hombros, la barra justo sobre los hombros sutilmente sobre el acromion y mantenerla con un agarre amplio de manos. En las evaluaciones unilaterales cambiábamos simplemente la pierna que no se evaluaba, ésta se ubicaba en la parte posterior sobre un cajón de 25 cm de altura para que permaneciera aislada, después con la barra sin pesos adicionales el sujeto realizaba una flexión de la rodilla para medir el ángulo desde el que iba ser evaluado (90°) y se fijaba la correa; en el suelo se trazaba una línea justo delante de los pies que se está evaluando que sirve de referencia para la posición del pie para los otros intentos. Durante la sentadilla todos los sujetos fueron orientados a mantener su espalda recta y con la mirada hacia delante (Figura 2).



Figura 2. Evaluación de la fuerza máxima

Inicialmente y como calentamiento cada sujeto ejecutaba una serie de ocho repeticiones con una carga correspondiente a cincuenta por ciento de su peso corporal; el tiempo de descanso entre cada ejecución fue de dos minutos y en cada nueva ejecución se le incrementaba un treinta por ciento de la carga anterior y se le pedía que ejecutase dos repeticiones, si las ejecuciones eran exitosas se le aumentaba la carga entre un treinta y un veinte por ciento de la carga anterior en función de la percepción del esfuerzo percibido en la escala OMNI-RES. Las ejecuciones continuaban hasta que el sujeto fuere incapaz de realizar únicamente una sola repetición. Si con la carga, no conseguía ni una repetición completa reducimos un cincuenta por ciento el incremento para que el sujeto intentara una

nueva ejecución. Los sujetos también fueron orientados para hacer cada ejecución de manera lenta y controlada para evitar utilizar la correa como apoyo o ayuda, y que permaneciera un segundo en la posición de 90° antes de volver la posición inicial.

El mismo investigador supervisó la técnica de ejecución de los sujetos y controló el número de series que no fue superior a cinco.

3. 4. Evaluación de la potencia.

La potencia se evaluó bilateralmente y unilateralmente en la Máquina Smith y se utilizó un *Encoder* Linear Tesys (Globus, Real Power®, Italia). Se estandarizó la fijación del *encoder* en la extremidad derecha interna de la barra (Figura 3). Con una distribución aleatoria se utilizaron cinco distintas cargas 30, 40, 50, 60 y 70 por ciento (%) de la respectiva fuerza máxima (1-RM).

Antes de iniciar la evaluación se utilizó el mismo protocolo usado para la evaluación de la Fuerza Máxima en lo referente al calentamiento y posicionamiento del sujeto en la máquina Smith.

En las evaluaciones bilaterales se le ponía la carga correspondiente para ejecutar el primer intento, todos los sujetos fueron instruidos para ejecutar tres repeticiones, bajando lentamente hasta al límite de la correa de seguridad, permaneciendo un segundo en esta posición y a continuación volver a la posición inicial lo más rápido posible procurando no elevar el talón del suelo, del mismo modo para las evaluaciones unilaterales, y para evitar la fatiga se alternaron las piernas con un descanso de dos minutos entre cada nueva ejecución.

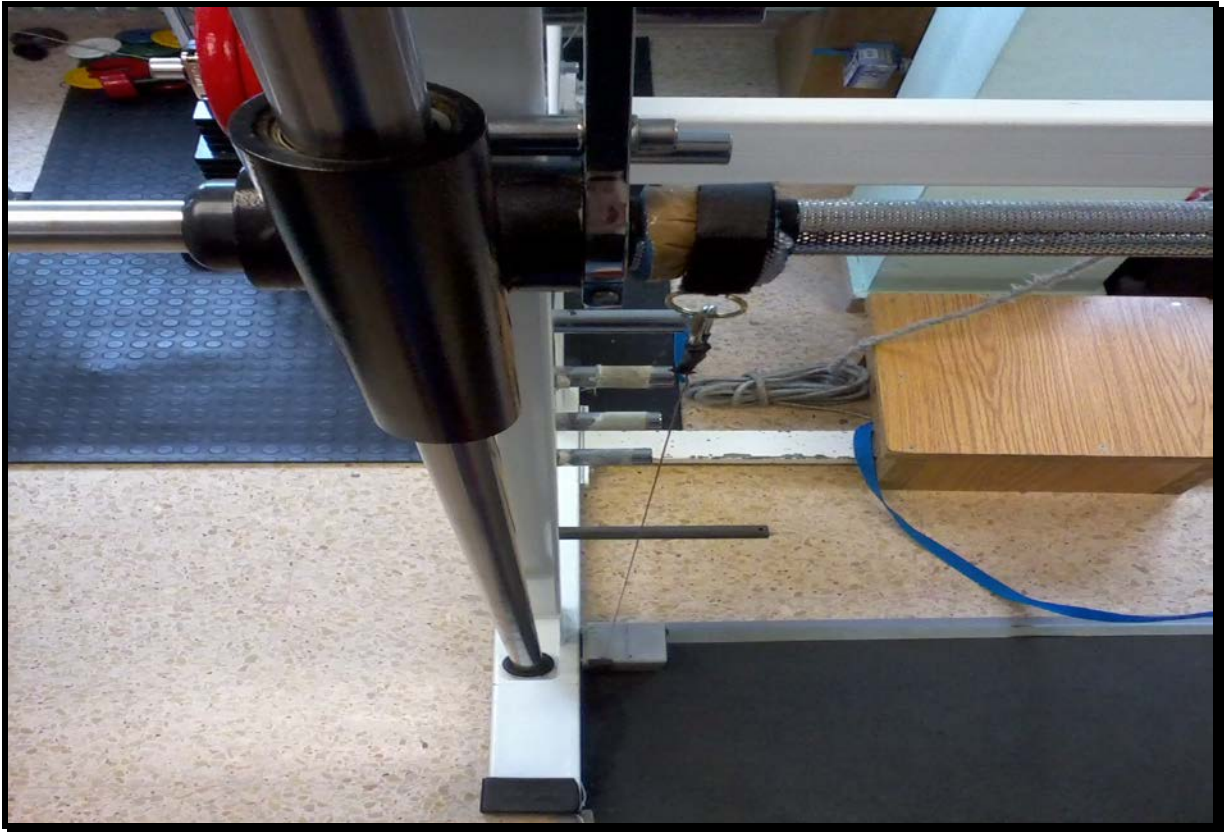


Figura 3. Posición estándar del *encoder*

3. 5. Programa de Entrenamiento.

Todo el entrenamiento fue realizado en la máquina Smith ejecutando la SUM descrita en la evaluación de la fuerza máxima. Tuvo una duración de cuatro semanas con dos sesiones a la semana, cada sesión fue de cuatro series de diez repeticiones y con una carga progresiva, iniciando con 60% en la primera semana y finalizando la última semana con 75% de la (1 RM unilateral tanto para el grupo que trabajó concéntricamente como para el grupo que trabajó excéntricamente).

Para ejecutar los entrenamientos de forma concéntrica o excéntrica por separado en cada grupo de entrenamiento fijamos un sistema de dos poleas con cuerdas en la parte superior de la Máquina Smith (Figura 4) para sujetar la barra y anular el movimiento según el tipo de contracción requerida, los sujetos completaron la SUM a una profundidad que alcanza un ángulo de 90° en la rodilla (Figura 5).



Figura 4. Sistema de poleas

Previamente como en las sesiones de evaluación se utilizó el mismo protocolo de calentamiento y estiramientos y a continuación se le pidió posicionarse en la máquina Smith para comenzar el entrenamiento, para realizar acciones excéntricas los investigadores utilizaron el sistema de poleas descritos anteriormente para subir la barra eliminando la acciones concéntricas, de la misma manera cuando se realizan acciones concéntricas los evaluadores eliminan acciones excéntricas frenando la bajada de la barra utilizando el mismo sistema de poleas y cuerdas.

Durante la realización de las acciones todos los sujetos recibieron retroalimentación verbal con el propósito de mejorar el rendimiento y entrenaron la pierna dominante (derecha).



Figura 5. Entrenamiento con la SUM

3. 6. Análisis Estadístico.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables involucradas en este estudio (media \pm desviación estándar). Todas las variables ofrecían una distribución normal (test de Kolmogorov-Smirnov); sin embargo, debido al tamaño de la muestra se optó por realizar pruebas no paramétricas. Se utilizó el test de Wilcoxon-Cox para evaluar cambios entre los momentos pre y pos entrenamiento intra grupo, y la prueba U de Mann-Whitney para la comparación de medias intergrupos.

Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS (versión 19.0 para Windows). Se tomó como nivel de significación $p \leq 0,05$.

4. RESULTADOS

De los 22 sujetos que comenzaron el experimento un hombre y una mujer no concluyeron el entrenamiento por motivos personales y ajenos al experimento, por lo tanto fueron 20 sujetos que lo concluyeron y ejecutaron satisfactoriamente las 4 semanas (8 sesiones) de entrenamiento. No ocurriendo ningún accidente, lesión o imprevisto durante la realización de los entrenamientos.

Ocho fueron mujeres (4 – GE y 4 – GC) con una edad de 20.56 ± 2.24 años, peso 56.0 ± 4.4 Kg, estatura 1.59 ± 0.04 m e IMC 22.2 ± 1.7 Los demás fueron doce hombres (7 – GE y 5 – GC) con una edad de 22.5 ± 3.8 años, peso 72.3 ± 8.3 Kg, estatura 1.78 ± 0.07 cm e IMC 22.7 ± 1.4 .

En la tabla 1 se expresan los valores (media \pm desviación estándar) pre y pos entrenamiento de la fuerza máxima (1RM) evaluada en la sentadilla bilateral, y en la (SUM) con la pierna izquierda y derecha de cada vez.

Se puede observar que tanto en la sentadilla bilateral o en la SUM hubo diferencias significativas tras los dos tipos de entrenamientos.

Los incrementos alcanzados en la sentadilla bilateral después del entrenamiento excéntrico fue 15 ± 2.4 kg/fz. ($p \leq 0.05$) en cuanto al entrenamiento concéntrico hubo un incremento de 18.1 ± 2 kg/fz. ($p \leq 0.05$). En la SUM con la pierna izquierda tras el entrenamiento excéntrico los incrementos fueron de 13.6 ± 4.3 kg/fz ($p \leq 0.05$) y con el entrenamiento concéntrico 15.6 ± 3.1 kg/fz ($p \leq 0.05$). Y en la SUM con la pierna derecha tras el entrenamiento excéntrico se encontró 13.3 ± 4.5 kg/fz ($p \leq 0.05$) y con el entrenamiento concéntrico 19.6 ± 5.4 kg/fz ($p \leq 0.05$).

Tabla 1. Fuerza Máxima (1RM)

1RM (Kg/fz)	GRUPO EXCÉNTRICO			GRUPO CONCÉNTRICO		
	Pre $\bar{x} \pm SD$	Pos $\bar{x} \pm SD$	p-value	Pre $\bar{x} \pm SD$	Pos $\bar{x} \pm SD$	p-value
1RM Bilateral (Kg/fz)	91,5 \pm 23,4	106,5 \pm 25,8	.010 *	79,9 \pm 33,5	98,0 \pm 35,5	.000 *
SUM_Izq (Kg/fz)	68,5 \pm 13,5	82,2 \pm 17,8	.002 *	63,1 \pm 21,4	78,7 \pm 24,5	.000 *
SUM_Der (Kg/fz)	75,5 \pm 16,3	88,8 \pm 20,8	.002 *	65,3 \pm 22,8	84,9 \pm 28,1	.000 *

*Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre pre y pos test.

En lo que se refiere a la evaluación del incremento de la masa muscular podemos observar en la tabla 2 que el grupo que entreno excéntricamente logro incrementos de 0.16 ± 0.05 kg ($p \leq 0.05$) en el muslo. En cuanto el grupo que entreno concéntricamente no presentó incrementos significativos

Tabla 2. ROI's / Tejido Magro (Masa Muscular)

ROI's (Kg)	GRUPO EXCÉNTRICO			GRUPO CONCÉNTRICO		
	Pre $\bar{x} \pm SD$	Pos $\bar{x} \pm SD$	p-value	Pre $\bar{x} \pm SD$	Pos $\bar{x} \pm SD$	p-value
Pier_Der	5,5 ± 1,4	5,7 ± 1,55	0.024*	4,9 ± 1,54	5,0 ± 1,5	.391
Pier_Izq	5,4 ± 1,4	5,5 ± 1,48	0.013*	5,0 ± 1,53	5,0 ± 1,5	.824

*Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre pre y pos test.

Con respecto a la potencia, evaluada antes y después del entrenamiento se puede observar en la tabla 3 que hubo incrementos significativos en las cinco cargas utilizadas, tanto con el entrenamiento excéntrico cuanto en el concéntrico.

Finalmente en las tablas 4, 5, 6, 7 se comparan los dos tipos de entrenamientos (excéntrico vs concéntrico) en relación a los cambios pre-post en la fuerza máxima, masa muscular, potencia media y potencia pico, podemos observar que entre los dos tipos de entrenamiento no encontramos diferencias significativas en respuesta al entrenamiento unilateral con respecto al efecto cruzado.

Tabla 3. Comparación de la potencia Media (Pre-Post) intra grupos

PM (W)	GRUPO EXCÉNTRICO			GRUPO CONCÉNTRICO		
	Pre $\bar{x} \pm SD$	Pos $\bar{x} \pm SD$	p-value	Pre $\bar{x} \pm SD$	Pos $\bar{x} \pm SD$	p-value
30%_Der	167,3 ± 45.3	197.0 ± 67.1	.010 *	166.4 ± 67.4	212.1 ± 87.3	.005 *
30%_Izq	158,5 ± 47.9	183.8 ± 66.8	.044 *	196.8 ± 39.5	225.0 ± 44.9	.036 *
40%_Der	218,8 ± 71.8	249.4 ± 87.5	.003 *	196.7 ± 98.3	257.0 ± 106.5	.002 *
40%_Izq	189,0 ± 58.1	238.8 ± 102.0	.017 *	200.7 ± 96.0	233.0 ± 93.7	.043 *
50%_Der	239,4 ± 68.9	285.6 ± 90.7	.001 *	231.7 ± 105.6	286.9 ± 124.4	.001 *
50%_Izq	213,9 ± 64.0	270.7 ± 97.0	.002 *	222.5 ± 96.8	273.5 ± 106.0	.001 *
60%_Der	257,5 ± 72.6	300.8 ± 88.6	.003 *	255.0 ± 106.8	303.9 ± 123.6	.011 *
60%_Izq	231,5 ± 68.5	285.4 ± 105.5	.003 *	243.4 ± 96.7	295.1 ± 124.2	.009 *
70%_Der	279,8 ± 85.4	326.2 ± 106.6	.008 *	251.7 ± 115.5	302.6 ± 127.8	.012 *
70%_Izq	267,6 ± 60.7	324.7 ± 104.2	.019 *	239.4 ± 101.1	295.1 ± 138.5	.008 *

*Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre pre y pos test.

Tabla 4. Diferencias Pre-Post Δ Fuerza Máxima

FUERZA (Kg/fz)	Δ GRUPO EXC	Δ GRUPO CON	p-value
1RMBIL	15	18.1	0.117
1RMUNIL IZQ	13.6	15.6	0.124
1RMUNIL DER	13.3	19.6	0.539

*Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre pre y pos test.

Tabla 5. Diferencias Pre-Post Δ Masa Muscular

MASA MUSCULAR (Kg)	Δ GRUPO EXC	Δ GRUPO CON	p-value
PIERNA DERECHA	0.203	0.056	0.248
PIERNA IZQUIERDA	0.159	-0.018	0.805

*Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre pre y pos test.

Tabla 6. Diferencias Pre-Post Δ Potencia Media

POTENCIA MEDIA (W)	Δ GRUPO EXC	Δ GRUPO CON	p-value
WPM30_Derecha	29.7	54.9	0.338
WPM30_Izquierda	25.3	40.1	0.148
WPM40_Derecha	30.6	64.2	0.261
WPM40_Izquierda	69.3	38.6	0.109
WPM50_Derecha	46.3	61.2	0.513
WPM50_Izquierda	80.3	56	0.145
WPM60_Derecha	43.3	58.3	0.644
WPM60_Izquierda	78.9	58.9	0.28
WPM70_Derecha	81.2	50.9	0.299
WPM70_Izquierda	94.1	55.7	0.094

*Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre pre y pos test.

Tabla 7. Diferencias Pre-Post Δ Potencia Pico

POTENCIA PICO (W)	Δ GRUPO EXC	Δ GRUPO CON	p-value
WPP30_Derecha	99.2	151.7	0.551
WPP30_Izquierda	110.6	137.2	0.811
WPP40_Derecha	92.3	175.1	0.455
WPP40_Izquierda	222.8	110.8	0.055
WPP50_Derecha	156.9	215.1	0.573
WPP50_Izquierda	272.4	174.2	0.107
WPP60_Derecha	176.2	209.7	0.171
WPP60_Izquierda	220.6	181.6	0.356
WPP70_Derecha	19.7	-5.4	0.504
WPP70_Izquierda	-51.7	7.3	0.220

*Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre pre y pos test.

5. DISCUSIÓN

Con el análisis de los resultados encontrados en nuestro estudio acerca de la variable fuerza máxima, observamos que hubo incrementos estadísticamente significativos de 19.9% y 24.6% (Tabla 1) en la pierna sin entrenamiento después del entrenamiento unilateral excéntrico y concéntrico respectivamente. Michael Lee et al., (43) en un estudio donde realizaron el entrenamiento unilateral en los músculos extensores de la muñeca por un periodo de cuatro semanas con acciones isométricas encontraron incrementos de $(8,2 \pm 9.7 \%, p = 0.02)$ en los músculos homólogos de la muñeca contralateral. Resultado semejante al encontrado por Seger y Thorstensson (23) que utilizó entrenamiento unilateral isocinético en jóvenes y encontró efecto cruzado con los dos tipos de entrenamientos siendo mayor en el grupo que entrenó excéntricamente con un rango de incremento de 11-13%. Otro estudio con resultado semejante al nuestro fue reportado por Wirth et al., (44) que encontraron un incremento de 31.1% en la fuerza máxima después de seis semanas de entrenamiento excéntrico en las extremidades inferiores con jóvenes. Magnus et al., (45) también encontraron resultados similares con entrenamiento de fuerza en mujeres mayores de cincuenta años con inmovilización unilateral, después de doce semanas de entrenamiento unilateral con acciones isométricas, los valores que encontraron fueron de un 34% en la ganancia de fuerza. Nickols-Richardson et al., (46) en un estudio con mujeres comparando el entrenamiento unilateral excéntrico y concéntrico isocinético después de cinco meses de entrenamientos encontró incrementos de 18.6 y 28.9 % en las piernas y 12.5 y 24.6% en los brazos.

Fernández-Gonzalo et al., (47) en un estudio con treinta y dos jóvenes para evaluar la respuesta al daño muscular tras seis semanas de entrenamiento inercial con sobrecarga excéntrica encontró incrementos significativos en la fuerza máxima (25 y 20%), en la potencia concéntrica (56 y 46%), en la potencia excéntrica (57 y 47%) y en la masa muscular (4.6 y 5.4%) en hombres y mujeres respectivamente.

En un meta-análisis realizado por Roig et al., (13) sugiere que cuando el ejercicio excéntrico fue llevado a cabo a intensidades más altas en comparación con el entrenamiento concéntrico, la fuerza total y la fuerza excéntrica aumentaron más significativamente. Sin embargo, en comparación con el entrenamiento concéntrico,

las ganancias de fuerza después del entrenamiento excéntrico aparecieron más específicas en términos de velocidad y el modo de contracción.

En cuanto a la masa muscular Roig et al., (13) menciona que el entrenamiento excéntrico cuando es realizado a altas intensidades ha demostrado ser más eficaz en la promoción del aumento de la masa muscular medidos como la circunferencia muscular. Además, el entrenamiento excéntrico también mostró una tendencia hacia el aumento del área de sección transversal del músculo medido resonancia magnética o tomografía computarizada.

En concordancia con los estudios de Roig nuestro estudio encontró incrementos significativos apenas en el grupo que entrenó excéntricamente 2.9% en el muslo, en el grupo que entrenó concéntricamente no presentó cambios en la masa muscular, un estudio llevado a cabo por Wilkinson et al., (48) realizado con hombres jóvenes y con entrenamiento isotónico progresivo unilateral del cuádriceps durante ocho semanas encontró incrementos de 0.9 % en la pierna entrenada y de 0.5 % en la pierna no entrenada. En otro estudio realizado por Lee et al., (49) con ratas después de ocho semanas de entrenamiento encontró un incremento de 23.3 % en la masa muscular. Aguiar et al., (50) en otro estudio realizado con ratas y con un entrenamiento progresivo de cuatro series de 10-12 repeticiones encontró incrementos en la masa muscular de 29% y 35% en la semana ocho y doce respectivamente. En otro estudio realizado para analizar adaptaciones hormonales e hipertrofia entre jóvenes entrenados y no entrenados, después de veintiuna semanas de entrenamiento bilateral y/o unilateral con ejercicios de extensión de la rodilla, press de piernas y sentadilla Ahtiainen et al., (51) encontraron incrementos de 5.6% en el CSA. Otro estudio realizado para analizar la relación entre adaptaciones musculares y la inactividad física (desuso de tres semanas) en jóvenes, tras tres semanas de entrenamiento unilateral con acciones isométricas, Campbell et al., (52) encontraron incrementos de 2% por encima dos valores iniciales.

Hortobágyi et al., (53) realizaron una investigación donde compararon tres distintos entrenamientos (excéntrico, concéntrico y combinados) sobre la fuerza máxima, tamaño de la fibra muscular y expresión de los genes miofibrilares, tras la inmovilización y el entrenamiento. En los resultados encontrados los sujetos que

entrenaron con acciones excéntricas tuvieron una hipertrofia mayor en las fibras I, IIa y IIx, en relación con los que entrenaron con acciones concéntricas y combinado.

Diferente de nuestros resultados un experimento con mujeres Adamson et al., (7) entrenaron unilateralmente el brazo no dominante con acciones dinámicas durante ocho semanas con una carga de aproximadamente 85% de 1RM y a pesar de incrementos en la fuerza máxima no encontraron incrementos en la masa muscular que fue evaluada por antropometría. Farthing y Chilibeck., (5) en un estudio realizado con jóvenes para comparar el efecto cruzado entre entrenamiento excéntrico isocinético de baja y alta velocidad durante ocho semanas también no encontró incrementos en la masa muscular, que en este experimento fue evaluada utilizando ultrasonido.

Nickols-Richardson et al., (46) llevaron a cabo un experimento con duración de veinte semanas para comparar los efectos del entrenamiento excéntrico y concéntrico sobre la masa sin grasa y otras variables, y encontraron incrementos significativos semejantes con los dos tipos de entrenamientos. Otro experimento realizado por Farthing y Chilibeck., (54) para comparar los entrenamientos con acciones excéntricas y concéntricas a dos velocidades distintas (lenta y rápida) en los músculos flexores del codo, encontraron que el entrenamiento excéntrico tuvo mayores incrementos en el grosor del músculo 13% contra el concéntrico lento 5.3%, concéntrico rápido 2.6% y el excéntrico lento, demostrando que el entrenamiento con acciones rápidas es más efectivo para la hipertrofia muscular.

Un estudio realizado por Nickols-Richardson et al., (46) durante cinco meses con acciones isocinéticas en el brazo y pierna dominante y que utilizó la misma herramienta (DXA) para evaluar la masa muscular, tejido libre de grasa, encontró incrementos significativos equivalentes en los dos tipos de entrenamientos.

En cuanto a la potencia los resultados encontrados en el presente estudio sobre la pierna sin entrenamiento demuestran que los dos tipos de entrenamientos incrementan significativamente la potencia siendo más pronunciada con las cargas de 60 y 70% en el grupo que entrenó con acciones concéntricas y excéntricas respectivamente. Un resultado semejante al nuestro Baker et al., (55) encontraron incrementos en la potencia con cargas de 50 y 60% de la fuerza máxima.

6. CONCLUSIONES

A la vista de nuestros datos, podemos concluir, que:

1º El entrenamiento unilateral de fuerza concéntrica, de cuatro semanas de duración, produce en la pierna entrenada un incremento significativo de las manifestaciones de la fuerza máxima (1RM) concéntrica, y de la potencia manifestada al vencer resistencias entre el 30 y el 70% de la fuerza máxima, sin acompañarse de hipertrofia.

2º El entrenamiento unilateral de fuerza excéntrica, de cuatro semanas de duración, produce en la pierna entrenada un incremento significativo de las manifestaciones de la fuerza máxima (1RM) concéntrica, y de la potencia manifestada al vencer resistencias entre el 30 y el 70% de la fuerza máxima, acompañándose de hipertrofia muscular a pesar de la corta duración del entrenamiento.

3º El incremento de la fuerza máxima y de las potencias a diferentes porcentajes de la máxima fuerza, tras cuatro semanas de entrenamiento unilateral es similar, tanto si se entrena la extremidad de manera concéntrica como excéntrica.

4º Un entrenamiento unilateral de cuatro semanas, consigue hipertrofia muscular si es realizado de manera excéntrica, pero no si se entrena de manera concéntrica.

5º En lo relativo al efecto cruzado, cuatro semanas de entrenamiento unilateral, tanto si se realiza de forma concéntrica como excéntrica, producen sobre la pierna no entrenada mejoras similares en la fuerza máxima unilateral, así como en la potencia manifestada frente a diferentes porcentajes de fuerza máxima.

6º A diferencia del entrenamiento corto unilateral concéntrico, el excéntrico produce en la pierna no entrenada un incremento de la masa libre de grasa y de hueso.

7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este es un estudio, que se realizó como piloto, y que como tal ha servido para asentar la base para futuros y próximos estudios, más ambiciosos, aumentando el número de sujetos, así como los grupos experimentales con el fin de intentar identificar a corto y a largo plazo el efecto cruzado cuando el entrenamiento se realiza a diferentes velocidades de ejecución, con diferentes frecuencias semanales y con diferentes intensidades.

Igualmente en un futuro, sería factible el plantearse estudios para ver la utilidad práctica del efecto cruzado hipertrófico en personas aquejadas de disimetrías funcionales, tanto temporales como crónicas.

8. BIBLIOGRAFÍA


1. Monteiro, W, D, Simão, R. Is there bilateral deficit in the lateral 10 RM in arm and leg exercise? *Rev Bras Med Esporte*. 2006 12(3):104-7
2. Hendy AM, Spittle M, Kidgell DJ. Cross education and immobilisation: mechanisms and implications for injury rehabilitation. *J Sci Med Sport*. 2012;15(2):94-101.
3. Farthing JP, Zehr EP. Restoring symmetry: clinical applications of cross-education. *Exerc Sport Sci Rev*. 2014;42(2):70-5.
4. Dragert K, Zehr EP. Bilateral neuromuscular plasticity from unilateral training of the ankle dorsiflexors. *Experimental Brain Research*. 2011;208(2):217-27.
5. Farthing JP, Chilibeck PD. The effect of eccentric training at different velocities on cross-education. *Eur J Appl Physiol*. 2003;89(6):570-7.
6. Farthing JP, Chilibeck PD, Binsted G. Cross-education of arm muscular strength is unidirectional in right-handed individuals. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(9):1594-600.
7. Adamson M, Macquaide N, Helgerud J, Hoff J, Kemi OJ. Unilateral arm strength training improves contralateral peak force and rate of force development. *Eur J Appl Physiol*. 2008;103(5):553-9.
8. Munn J, Herbert RD, Hancock MJ, Gandevia SC. Training with unilateral resistance exercise increases contralateral strength. *J Appl Physiol*. 2005;99(5):1880-4.
9. Sariyildiz M, Karacan I, Rezvani A, Ergin O, Cidem M. Cross-education of muscle strength: cross-training effects are not confined to untrained contralateral homologous muscle. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2011;21(6):E359-E64.
10. Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *J Appl Physiol*. 2004;96(5):1861-6.
11. Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, Lee M, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol*. 2006;101(5):1514-22.
12. Scripture EW, Smith T, M. BE. On the education of muscular control and power. *Stud Yale Psychol Lab*. 1894 2:114 - 9
13. Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2009;43(8):556-68.
14. Lee M, Carroll TJ. Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Med*. 2007;37(1):1-14.
15. Cowell JF, Cronin J, Brughelli M. Eccentric Muscle Actions and How the Strength and Conditioning Specialist Might Use Them for a Variety of Purposes. *Strength and Conditioning Journal*. 2012;34(3):33-48.
16. The basics: Strenght training, power training, and your muscles. *Strenght & Power Training*. (2010). 2010:2-5
17. Cavanagh PR. On 'muscle action' vs 'muscle contraction'. *Journal of Biomechanics*. 1988;21(1):69.
18. Faulkner JA. Terminology for contractions of muscles during shortening, while isometric, and during lengthening. *J Appl Physiol*. 2003;95(2):455-9.
19. Fimland MS, Helgerud J, Solstad GM, Iversen VM, Leivseth G, Hoff J. Neural adaptations underlying cross-education after unilateral strength training. *Eur J Appl Physiol*. 2009;107(6):723-30.
20. Komi PV, Viitasalo JT, Rauramaa R, Vihko V. Effect of isometric strength training of mechanical, electrical, and metabolic aspects of muscle function. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1978;40(1):45-55.
21. Zhou S, Oakman A, Davie A. Effects of unilateral voluntary and electromyostimulation training on muscular strength of the contralateral limb. *Hong Kong Journal of Sports Medicine & Sports Science*. 2002;14:1-11.

22. Bemben MG, Murphy RE. Age related neural adaptation following short term resistance training in women. *J Sports Med Phys Fitness*. 2001;41(3):291-9.
23. Seger JY, Thorstensson A. Effects of eccentric versus concentric training on thigh muscle strength and EMG. *Int J Sports Med*. 2005;26(1):45-52.
24. Ranganathan VK, Siemionow V, Liu JZ, Sahgal V, Yue GH. From mental power to muscle power--gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia*. 2004;42(7):944-56.
25. Behm DG, Sale DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med*. 1993;15(6):374-88.
26. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*. 2007;37(2):145-68.
27. Staron RS, Karapondo DL, Kraemer WJ, Fry AC, Gordon SE, Falkel JE, et al. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol*. 1994;76(3):1247-55.
28. Willoughby DS, Nelson MJ. Myosin heavy-chain mRNA expression after a single session of heavy-resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(8):1262-9.
29. Evetovich TK, Housh TJ, Housh DJ, Johnson GO, Smith DB, Ebersole KT. The effect of concentric isokinetic strength training of the quadriceps femoris on electromyography and muscle strength in the trained and untrained limb. *J Strength Cond Res*. 2001;15(4):439-45.
30. Hortobagyi T, Lambert NJ, Hill JP. Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(1):107-12.
31. Zhou S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exerc Sport Sci Rev*. 2000;28(4):177-84.
32. Shima N, Ishida K, Katayama K, Morotome Y, Sato Y, Miyamura M. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. *Eur J Appl Physiol*. 2002;86(4):287-94.
33. Paddon-Jones D, Leveritt M, Lonergan A, Abernethy P. Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. *Eur J Appl Physiol*. 2001;85(5):466-71.
34. Schlumberger A, Stec J, Schmidtbleicher D. Single- vs. multiple-set strength training in women. *J Strength Cond Res*. 2001;15(3):284-9.
35. Vieluf S, Godde B, Reuter EM, Voelcker-Rehage C. Effects of age and fine motor expertise on the bilateral deficit in force initiation. *Exp Brain Res*. 2013;231(1):107-16.
36. Taniguchi Y, Burle B, Vidal F, Bonnet M. Deficit in motor cortical activity for simultaneous bimanual responses. *Exp Brain Res*. 2001;137(3-4):259-68.
37. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*. 2001;81(4):1725-89.
38. Plank LD. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005;8(3):305-9.
39. Levine JA, Abboud L, Barry M, Reed JE, Sheedy PF, Jensen MD. Measuring leg muscle and fat mass in humans: comparison of CT and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Appl Physiol*. 2000;88(2):452-6.
40. Visser M, Fuerst T, Lang T, Salamone L, Harris TB. Validity of fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. Health, Aging, and Body Composition Study--Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Body Composition Working Group. *J Appl Physiol*. 1999;87(4):1513-20.
41. Santos DA, Gobbo LA, Matias CN, Petroski EL, Goncalves EM, Cyrino ES, et al. Body composition in taller individuals using DXA: A validation study for athletic and non-athletic populations. *J Sports Sci*. 2013;31(4):405-13.
42. McCurdy K, Langford GA, Cline AL, Doscher M, Hoff R. The Reliability of 1- and 3Rm Tests of Unilateral Strength in Trained and Untrained Men and Women. *J Sports Sci Med*. 2004;3(3):190-6.
43. Lee M, Gandevia SC, Carroll TJ. Unilateral strength training increases voluntary activation of the opposite untrained limb. *Clin Neurophysiol*. 2009;120(4):802-8.

44. Wirth K, Keiner M, Szilvas E, Hartmann H, Sander A. Effects of eccentric strength training on different maximal strength and speed-strength parameters of the lower extremity. *J Strength Cond Res.* 2014.
45. Magnus CR, Arnold CM, Johnston G, Dal-Bello Haas V, Basran J, Krentz JR, et al. Cross-education for improving strength and mobility after distal radius fractures: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2013;94(7):1247-55.
46. Nickols-Richardson SM, Miller LE, Wootten DF, Ramp WK, Herbert WG. Concentric and eccentric isokinetic resistance training similarly increases muscular strength, fat-free soft tissue mass, and specific bone mineral measurements in young women. *Osteoporos Int.* 2007;18(6):789-96.
47. Fernandez-Gonzalo R, Lundberg TR, Alvarez-Alvarez L, de Paz JA. Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(5):1075-84.
48. Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Grant EJ, Correia CE, Phillips SM. Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration. *Eur J Appl Physiol.* 2006;98(6):546-55.
49. Lee S, Barton ER, Sweeney HL, Farrar RP. Viral expression of insulin-like growth factor-I enhances muscle hypertrophy in resistance-trained rats. *J Appl Physiol.* 2004;96(3):1097-104.
50. Aguiar AF, Vechetti-Junior IJ, Alves de Souza RW, Castan EP, Milanezi-Aguiar RC, Padovani CR, et al. Myogenin, MyoD and IGF-I regulate muscle mass but not fiber-type conversion during resistance training in rats. *Int J Sports Med.* 2013;34(4):293-301.
51. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Hakkinen K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89(6):555-63.
52. Campbell EL, Seynnes OR, Bottinelli R, McPhee JS, Atherton PJ, Jones DA, et al. Skeletal muscle adaptations to physical inactivity and subsequent retraining in young men. *Biogerontology.* 2013;14(3):247-59.
53. Hortobagyi T, Dempsey L, Fraser D, Zheng D, Hamilton G, Lambert J, et al. Changes in muscle strength, muscle fibre size and myofibrillar gene expression after immobilization and retraining in humans. *J Physiol.* 2000;524 Pt 1:293-304.
54. Farthing JP, Chilibeck PD. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89(6):578-86.
55. Baker D, Nance S, Moore M. The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J Strength Cond Res.* 2001;15(1):92-7.
56. Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(2):333-41.
57. Hollander DB, Durand RJ, Trynicki JL, Larock D, Castracane VD, Hebert EP, et al. RPE, pain, and physiological adjustment to concentric and eccentric contractions. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(6):1017-25.
58. Robertson RJ, Goss FL, Aaron DJ, Gairola A, Kowallis RA, Liu Y, et al. One repetition maximum prediction models for children using the OMNI RPE Scale. *J Strength Cond Res.* 2008;22(1):196-201.
59. Lagally KM, Robertson RJ. Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *J Strength Cond Res.* 2006;20(2):252-6.

9. ANEXOS

9.1 Anexo 1. Modelo del Cuestionario (PAR-Q)



Lawndale Christian Fitness Center
Cuestionario para determinar si uno está listo para actividad física (PAR-Q)

La actividad física regular es divertida y saludable y cada día un número mayor de personas comienza a ser más activo. Para la mayoría de personas, no hay riesgos de ser más activo. Sin embargo, algunas personas sí deben consultar a su médico antes de comenzar a ejercitarse.

Si Ud. está planeando hacerse mucho más activo de lo que es hoy, comience por contestar las siete preguntas que aparecen abajo. Si su edad está entre 18 y 69 años, el cuestionario PAR-Q le dirá si debe consultar a su médico antes de empezar. Si ya tiene más de 69 años y no acostumbra ser muy activo, consulte a su médico primero.

El sentido común es su mejor guía para contestar las preguntas del PAR-Q. Por favor léalas cuidadosamente y conteste cada una honestamente:

YES	NO	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. ¿Algún médico le ha dicho que tiene problemas del corazón y que sólo debe hacer actividades físicas recomendadas por un médico?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. ¿Tiene dolor en el pecho cuando hace alguna actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. En el último mes, ¿ha tenido dolor en el pecho cuando no estaba haciendo actividades físicas?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. ¿Pierde el equilibrio por mareos, o ha perdido alguna vez el conocimiento?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. ¿Tiene problema en algún hueso o articulación que pueda ser agravado por un cambio en su actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. ¿Está tomando medicamentos recetados por el médico para la presión arterial o para el corazón (por ejemplo, pastillas diuréticas)?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. ¿Sabe de cualquier otra razón en contra de que ejercite?

Si contestó que SÍ a una o más de las preguntas:

Consulte a su médico ANTES de hacerse mucho más activo o ANTES de someterse a una evaluación de forma física. Consulte a su médico sobre el PAR-Q y las preguntas que contestó con SÍ. Puede ser que pueda realizar cierta actividad con tal de que empiece lentamente y aumente la actividad poco a poco. O puede ser que tendrá que limitar sus actividades a las que no son riesgosas para Ud. Consulte a su médico acerca de las actividades que quiere realizar y siga sus consejos.

Si contestó que NO a todas las preguntas del PAR-Q, puede:

Empezar a hacerse más activo—empiece lentamente y aumente la actividad poco a poco. Es la manera de proceder menos riesgosa y más fácil.

Posponga hacerse más activo:

- Si no se siente bien debido a una enfermedad temporal, tal como un resfriado o una fiebre—Espere hasta que se sienta mejor.
- Si hay la posibilidad de que esté embarazada. Consulte a su médico antes de hacerse más activa.

Note: Si su salud cambia de modo que conteste SÍ a cualquier de las preguntas, avise a su profesional de forma física o a su profesional de salud. Pregunte si debe cambiar su plan de actividad física.

Uso informado del PAR-Q: El Lawndale Christian Fitness Center y sus agentes no son responsables de personas que realizan actividades físicas, y si tiene dudas después de haber llenado este cuestionario, consulte a su médico antes de realizar actividades físicas.

He leído, entendido, y llenado este cuestionario. Han contestado todas mis preguntas.

Nombre _____

Firma _____ Fecha _____

Nombre de Parent/Guardian (si el participante está debajo de 18) _____ Fecha _____

Firma de Parent/Guardian (si el participante está debajo de 18) _____ Fecha _____

Figura 6. Cuestionario PAR-Q

9.2 Anexo 2. Escala OMNI-RES para la percepción subjetiva del esfuerzo.

Robertson et al., (56) define la PSE como la intensidad subjetiva de un esfuerzo, la tensión, disconformidad y/o agotamiento que se siente durante la realización de una actividad. Otro concepto descrito por Hollander et al., (57) define la PSE como la “sensación de esfuerzo experimentado durante el desarrollo de un trabajo físico o mental”. Estos conceptos son admitidos para cualquier tipo de actividad, sin embargo, debemos utilizar los instrumentos adecuados para su cuantificación en función del tipo de ejercicio,

Para evaluar la percepción en ejercicios de fuerza Robertson et al., (56) (58) validaron la escala OMNI para hombres, mujeres y niños, su utilización básicamente consiste en presentar números, figuras y palabras representados en un esquema gráfico ascendente, dónde los sujetos señalan un valor de entre 0 a 10, en el que 0 corresponde a un esfuerzo extremadamente fácil y 10 a un esfuerzo extremadamente duro.

En este estudio durante las evaluaciones de la fuerza máxima utilizamos la escala OMNI-RES para valorar la percepción de cada sujeto entre los intentos ejecutados. Lagally y Robertson (59) en un estudio realizado con cuarenta sujetos para examinar la validez de constructo mediante la correlación de RPE de la OMNI-RES y RPE de la escala de Borg, tanto para hombres como para mujeres encontraron un alto nivel de validez de constructo, que indica que la escala OMNI-RES mide las mismas propiedades de esfuerzo como la escala de Borg durante el ejercicio con resistencia, y sugiere que las dos escalas se pueden utilizar indistintamente el esfuerzo durante el ejercicio con resistencia.

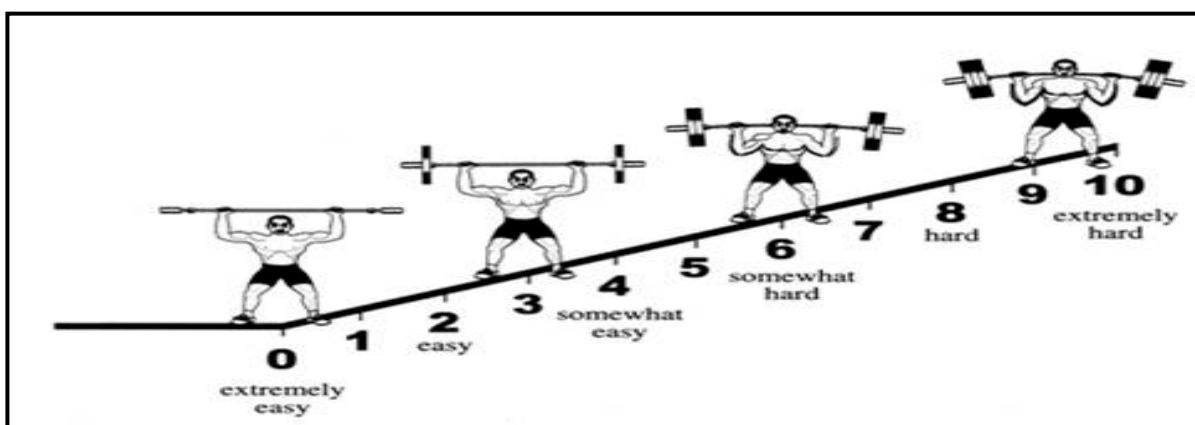


Figura 7. Escala OMNI-RES para la percepción subjetiva del esfuerzo