



FUNDACION H.A.BARCELO
FACULTAD DE MEDICINA

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN

EFFECTOS DEL *CROSSFIT*® SOBRE LA FLEXIBILIDAD DE LOS ISQUIOTIBIALES, Y SOBRE LA FUERZA DE SALTO EXCÉNTRICA Y CONCÉNTRICA.

AUTOR/ES: Ayala, Pablo Adolfo

TUTOR/ES DE CONTENIDO: Lic. Wechsler, Silvina

TUTOR/ES METODOLÓGICO: Lic. Ronzio, Oscar

FECHA DE LA ENTREGA: 29-11-2016

CONTACTO DEL AUTOR: pablorp9@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: el *Crossfit*® es una nueva y popular forma de entrenamiento que abarca diferentes movimientos funcionales de alta intensidad, donde la flexibilidad, la fuerza y la resistencia muscular son las principales cualidades físicas a mejorar. El objetivo de este estudio fue valorar los efectos del *Crossfit*® sobre la flexibilidad de Isquiotibiales, y sobre la fuerza de salto excéntrica y concéntrica. **Material y métodos:** se realizó un estudio de tipo observacional, de corte longitudinal y prospectivo. Se incluyeron personas que practican *Crossfit*® de ambos sexos, entre 20 y 40 años que entrenan en Tuluka. Se utilizó el *Sit and Reach Test* para evaluar la flexibilidad de Isquiotibiales, y una plataforma de salto de *Fisiomove*® en la cual se realizaron el *Squat Jump* y *Counter Movement Jump* para evaluar la fuerza de salto excéntrica y concéntrica. **Resultados:** en cuanto al *Sit and Reach Test* la media en relación a (S and R FLEX PRE) fue de 3,72 cm y (S and R FLEX POS) fue de 5,61 cm. En cuanto al *Squat Jump* la media en relación a (SJ-FM-Con-PRE) fue de 292,69 N y (SJ-FM-Con-POS) fue de 293,81 N. La media en relación a (SJ-FM-Exc-PRE) fue de 179,95 N y (SJ-FM-Exc-POS) fue de 183,84 N. En cuanto a *Counter Movement Jump* la media en relación a (CMJ-FM-Con-PRE) fue de 277,05 N y (CMJ-FM-Con-POS) fue de 285,38 N. La media en relación a (CMJ-FM-Exc-PRE) fue de 181,13 N y (CMJ-FM-Exc-POS) fue de 186,51 N. **Discusión y Conclusión:** a través del análisis de los resultados se concluyó que luego de 6 semanas de entrenamiento de *Crossfit* hubo resultados positivos para las cualidades físicas flexibilidad y fuerza. **Palabras Clave:** *Crossfit*® – flexibilidad – fuerza excéntrica – fuerza concéntrica.

ABSTRACT

Introduction: the *Crossfit*® is a new and popular form of training that encompasses different high intensity functional movements, where flexibility, strength and muscular endurance are the main physical qualities to be improved. The aim of this study was to evaluate the effects of the *Crossfit*® on the flexibility of the hamstrings, and on eccentric and concentric jumping force. **Material and methods:** an observational, longitudinal and prospective study was performed. We included people who practice *Crossfit*® of both sexes, between 20 and 40 years old who train in Tuluka. The *Sit and Reach Test* was used to evaluate the flexibility of the hamstrings, and a *Fisiomove*® jump platform in which *Squat Jump* and *Counter Movement Jump* were performed to evaluate the eccentric and concentric jumping force. **Results:** as for *Sit and Reach Test* average relative to (S and R FLEX PRE) was 3.72 cm and (S and R FLEX POS) was 5.61 cm. As for *Squat Jump* the average in relation to (SJ-FM-Con-PRE) was 292.69 N and (SJ-FM-Con-POS) was 293.81 N. The mean in relation to (SJ-FM-Exc-PRE) was 179.95 N and (SJ-FM-Exc-POS) was 183.84 N. As for *Counter Movement Jump* the average in relation to (CMJ-FM-Con-PRE) was (CMJ-FM-Con-POS) was 285.38 N. The mean relative to (CMJ-FM-Exc-PRE) was 181.13 N and (CMJ-FM-Exc-POS) was 186.51 N. **Discussion and conclusion:** through the analysis of the results it was concluded that after 6 weeks of *Crossfit* training there were positive results for the physical qualities flexibility and strength. **Keywords:** *Crossfit*® - flexibility - eccentric force - concentric force.

INTRODUCCIÓN

El *Crossfit*® es una nueva y popular forma de realizar ejercicio que abarca muchos tipos de patrones de movimientos funcionales dentro de una sola sesión de entrenamiento,

que se lleva a cabo en alta intensidad. Se compone de un calentamiento específico, la fuerza y el trabajo de una habilidad, una resistencia o el acondicionamiento del entrenamiento programado con una duración de entre 10 a 30 minutos (1).

Las sesiones de entrenamiento se dividen en *Workouts of the Day* (WOD) o entrenamiento del día, y se basan en el método intermitente de alta intensidad *High Intensity Interval Training* (HIIT), que se ha utilizado como una variante al tradicional entrenamiento de la resistencia para la mejora de la capacidad aeróbica (2).

El entrenamiento del *Crossfit*® está diseñado para emular las actividades de la vida cotidiana que requieren tanto de capacidades aeróbicas como anaeróbicas. Dentro de estas capacidades se encuentran las cualidades físicas como fuerza, resistencia, flexibilidad (3).

La flexibilidad se caracteriza por el rango máximo de movimiento que posee un músculo en una articulación o serie de articulaciones. La falta de una buena condición de extensibilidad de los músculos isquiotibiales pueden generar una disminución en la movilidad de la pelvis, y esto puede conducir a cambios biomecánicos en la distribución de la presión sobre la columna vertebral y sus posibles trastornos (4).

La fuerza muscular es uno de los componentes más importantes para el deporte y la prevención de lesiones (5). La mayoría de las acciones involucradas en actividades técnicas y del aparato locomotor específicos dependen de la capacidad de aplicar una gran cantidad de esa fuerza a gran velocidad. Esto se conoce como potencia muscular, y es de gran importancia en el rendimiento deportivo (6).

La mayoría de los movimientos atléticos son multi-articulares y requieren un movimiento preciso y potente de una serie de segmentos a través de un rango de movimiento. La contracción muscular es responsable de la iniciación y control de los movimientos segmentarios. Estas contracciones musculares pueden clasificarse por los cambios en la longitud muscular global durante la producción de fuerza. La contracción muscular excéntrica se caracteriza por el alargamiento del músculo durante la producción de fuerza (7, 8). En cambio la contracción muscular concéntrica se caracteriza por un acortamiento general de la longitud del músculo durante la producción de fuerza (7, 9).

La fuerza de salto concéntrica es la fuerza realizada por los músculos extensores de cadera y rodilla para impulsar al participante hacia arriba partiendo desde una flexión de rodilla y cadera de 90° (7).

La fuerza de salto excéntrica es la fuerza realizada por los músculos extensores de cadera y de rodilla en el momento de la caída del salto, en la cual el participante pasa de una posición de cuerpo extendida a una flexión de cadera y rodilla de 90° cuando se produce el contacto con el suelo (7).

Para medir estas 2 fuerzas de salto se utilizó una plataforma de salto, que es un dispositivo diseñado para obtener datos relacionados con la fuerza concéntrica, excéntrica y el tiempo de aire del mismo. Hay diferentes saltos y los más utilizados son el *Squat Jump* (SJ) y el *Counter Movement Jump* (CMJ). En el primero se comienza desde una posición de sentadilla, y el segundo desde una posición erguida, donde el movimiento está dado por un ciclo de estiramiento-acortamiento del músculo (10, 11).

Existen diferentes métodos para evaluar la flexibilidad de los músculos Isquiotibiales. Entre ellos están el test de elevación de pierna recta, que miden la extensión de rodilla con la cadera en flexión y el test de extensión de rodilla o prueba de ángulo poplíteo que miden el rango de extensión de la rodilla con la cadera en flexión de 90 grados (12).

Se utilizó el *Sit and Reach Test* por su fiabilidad y validación para evaluar la flexibilidad de los músculos Isquiotibiales (4, 12).

Se utilizó la Plataforma de Salto por su validación y fiabilidad para realizar el *Counter Movement Jump* y el *Squat Jump* y de esta manera evaluar la fuerza de salto excéntrica y concéntrica de los músculos implicados en ambos saltos (10, 13, 14).

El objetivo principal de este trabajo fue examinar los efectos del entrenamiento del *Crossfit®* sobre la flexibilidad de los Isquiotibiales y sobre la fuerza de salto excéntrica y concéntrica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo, diseño y características del estudio:

Se realizó un estudio clínico de tipo observacional, de corte longitudinal y prospectivo (15) (14).

Población y muestra:

La población estuvo conformada por 400 personas de *Crossfit®* entre 20 y 40 años, de ambos sexos, que entrenan en Tuluka Palermo(1, 16).

Tamaño de la muestra: se estudiaron un total de 9 personas (n=18 miembros inferiores) que realizan *Crossfit®* pertenecientes a Tuluka.

Tipo de muestreo: la muestra fue de tipo estratificada por edad, debido a que se seleccionaron individuos con un límite de edad establecido y de ambos sexos (1).

Criterios de inclusión: se incluyeron en este estudio personas recién iniciadas de *Crossfit®*, de ambos sexos, que entrenan 2 veces por semana en Tuluka, con edades comprendidas entre 20 y 40 años (1, 16).

Criterios de exclusión: se excluyeron aquellos sujetos con antecedentes de fracturas, cirugía, dolor, enfermedades musculoesqueléticas y quienes no firmen el consentimiento informado (7, 17).

Criterios de eliminación: se eliminaron aquellas personas que no completaron el entrenamiento, que no se presentaron en las fechas de evaluación y los que presentaron alguna lesión durante el período de entrenamiento.

Aspectos éticos:

El presente proyecto será evaluado por el Comité de Ética del Instituto Universitario De Ciencias De La Salud, Fundación H. A. Barceló.

Se le entregará a los participantes un documento escrito titulado “Carta de información y consentimiento escrito de participación del voluntario” y otro denominado

“Consentimiento informado” explicando los objetivos y propósitos del estudio, los procedimientos experimentales, cualquier riesgo conocido a corto o largo plazo, posibles molestias; beneficios de los procedimientos aplicados; duración del estudio; la suspensión del estudio cuando se encuentren efectos negativos o suficiente evidencia de efectos positivos que no justifiquen continuar con el estudio y, la libertad que tienen los sujetos de retirarse del estudio en cualquier momento que deseen. En ese documento también se indica cómo será mantenida la confidencialidad de la información de los participantes en el estudio ante una eventual presentación de los resultados en eventos científicos y/o publicaciones. En caso de aceptación el sujeto firmará dichos documentos.

Procedimiento/s

Instrumento(s)/Materiales: se utilizó el cajón de medición para realizar el *Sit and Reach Test* y así evaluar la flexibilidad de Isquiotibiales (4, 12).

Para evaluar la fuerza de salto excéntrica y concéntrica se utilizó la Plataforma de Salto modelo Jumper de *Fisiomove*®, a través del *Counter Movement Jump* y el *Squat Jump* (13, 14).

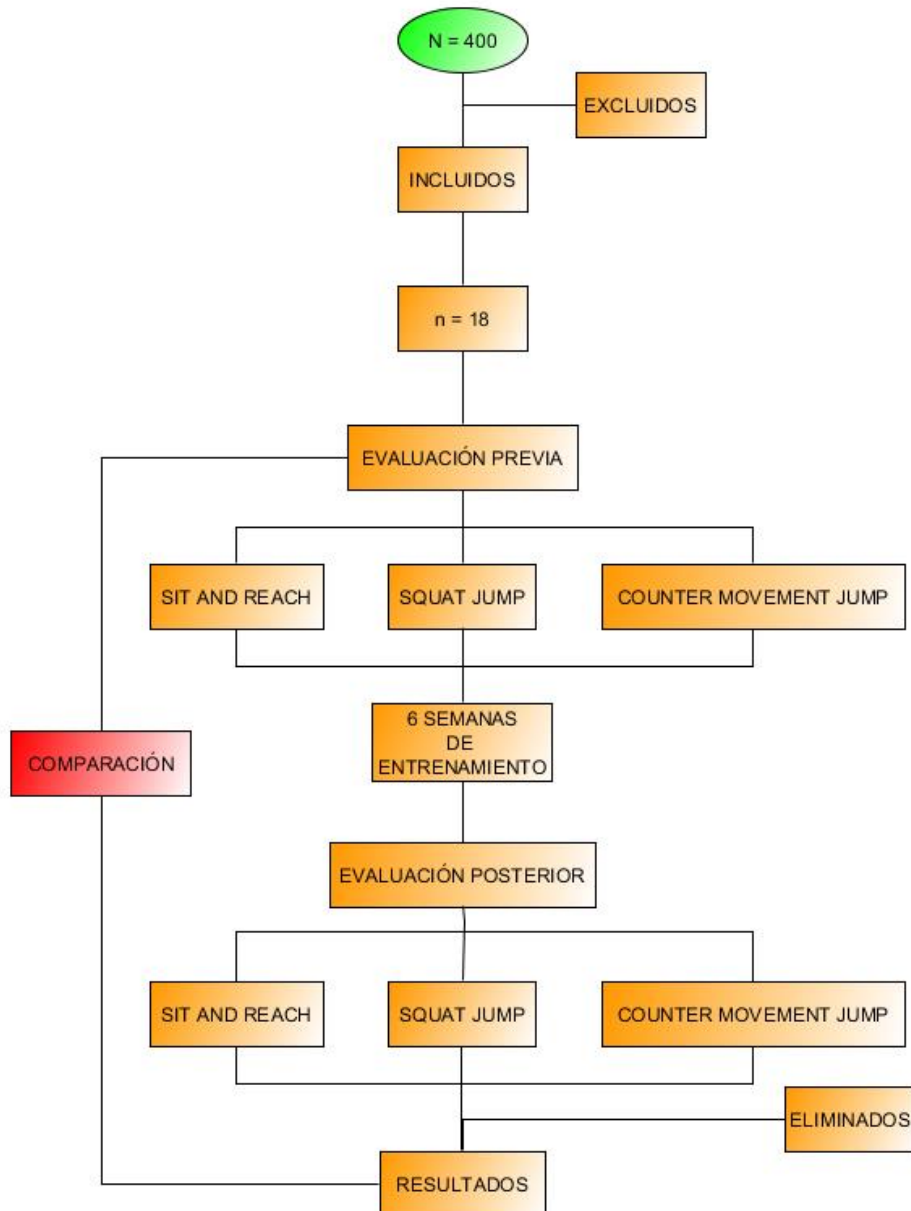
Método: se seleccionaron personas recién iniciadas de *Crossfit*® que entrenan en Tuluka, los cuales debieron estar de acuerdo a ser evaluados y cumplir con los criterios de inclusión. Se les brindó una charla previa, a cargo del kinesiólogo responsable de la investigación, en la cual se los invitó a participar de forma voluntaria a ser parte de este estudio, debiendo firmar un consentimiento informado donde encontraron más detalles con respecto al mismo.

Los participantes realizaron una entrada en calor de 8 minutos de duración en una bicicleta fija previo a la evaluación de la flexibilidad y la fuerza de salto (18). Se incluyeron 2 ó 3 *Counter Movement Jump* y 2 ó 3 *Squat Jump* submáximas y también los participantes realizaron ejercicios de estiramiento estático estandarizados durante 5 minutos en los músculos inferiores de la espalda y los isquiotibiales (17, 19).

Para evaluar la flexibilidad de Isquiotibiales se utilizó el *Sit and Reach Test*, los voluntarios se colocaron sentados con los pies contra el cajón de medición, con sus rodillas extendidas y los pies separados al ancho de sus caderas, con los tobillos en 90° de flexión (4, 17). Las plantas de los pies se colocaron perpendiculares al suelo, en contacto con el cajón de medición y las puntas de los pies dirigidas hacia arriba. En esta posición se les solicitó que realicen una flexión máxima del tronco con las rodillas y brazos extendidos colocando la mano derecha sobre la izquierda, y se aproximaron lentamente hacia adelante todo lo que fuera posible deslizando sus manos a lo largo de la placa de medición (4). El valor 0 cm correspondió a la tangente de las plantas de los pies, siendo negativos los valores cuando las falanges distales de la mano no superaban la tangente y positivos cuando sí lo superaban (4).

Para evaluar la fuerza de salto excéntrica y concéntrica se utilizó la Plataforma de Salto Jumper *Fisiomove*®, en la cual se realizó el *Counter Movement Jump* o salto contra movimiento que consiste en que las personas se coloquen en posición de cuerpo extendido, seguido de una flexión de rodilla y cadera hasta los 90°, con las manos en la cintura para luego saltar lo más alto posible; también se realizó el *Squat Jump* que consiste en que las personas se coloquen en posición de flexión de rodillas y caderas de 90°, con las manos en la cintura para luego saltar lo más alto posible (10, 19).

Se midieron las variables fuerza máxima concéntrica, excéntrica y tiempo de aire de ambos miembros inferiores (20). Se realizaron 3 saltos con un descanso de 20 segundos entre cada uno y se utilizó la media de los resultados de los 3 saltos (10, 21, 22). Para este trabajo no fueron tenidos en cuenta los valores de la variable tiempo de aire. Se realizaron las 3 evaluaciones mencionadas anteriormente y luego de un periodo de 6 semanas de entrenamiento de 2 veces por semana, se volvieron a tomar dichas evaluaciones (15).



Tratamiento estadístico de los datos:

Los datos fueron volcados al Microsoft Excel, con el que se realizaron tablas y gráficos. Para describir a las variables cuantitativas se calculó promedio, desvío estándar, mínimo y máximo.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra valores de media, desvío estándar, máximo y mínimo de los resultados obtenidos a través del *Sit and Reach Test*.

Tabla1

	S and R FLEX (cm) PRE	S and R FLEX (cm) POS
MEDIA	3,72	5,61
DESV. EST	7,89	8,50
MÁX	16,00	16,50
MIN	-8,00	-9,00

Se pudo observar que la media en relación a la flexibilidad medida a través del *Sit and Reach Test* Pre (S and R FLEX PRE) fue de 3,72 cm y la media en relación a la flexibilidad medida a través del *Sit and Reach Test* Pos (S and R FLEX POS) fue de 5,61 cm.

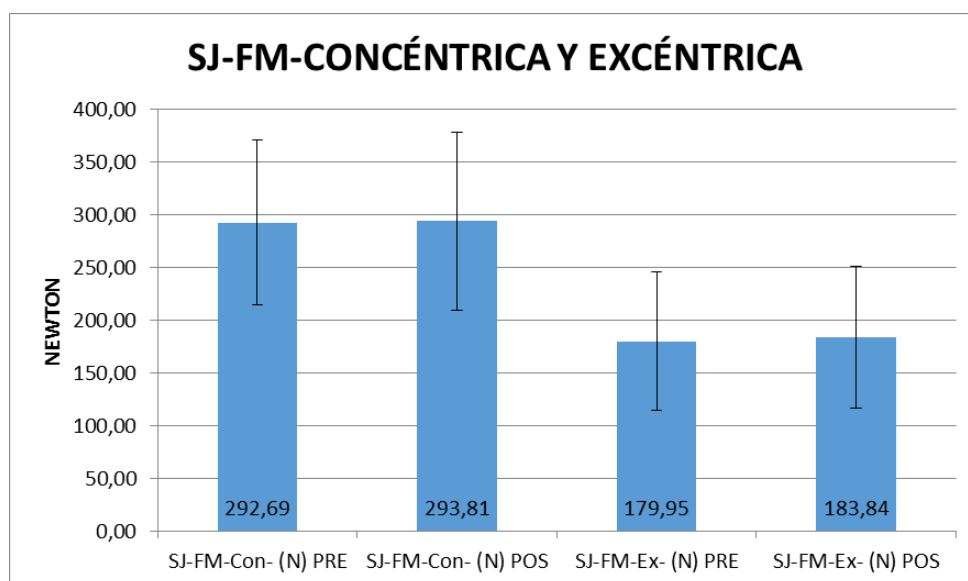
En la tabla 2 se observan los valores de media, desvío estándar, máximo y mínimo de los resultados obtenidos del *Squat Jump* a través de la plataforma de salto.

Tabla 2

	SJ-FM-Con- (N) PRE	SJ-FM-Con- (N) POS	SJ-FM-Ex- (N) PRE	SJ-FM-Ex- (N) POS
MEDIA	292,69	293,81	179,95	183,84
DESV. EST	78,01	84,05	65,72	67,42
MÁX	423,91	439,29	302,45	286,61
MIN	166,62	159,87	56,90	63,86

Se observó que la media en relación a la Fuerza Máxima Concéntrica PRE (SJ-FM-Con-PRE) fue de 292,69 N y la Fuerza Máxima Concéntrica POS (SJ-FM-Con-POS) fue de 293,81 N. La media en relación a la Fuerza Máxima Excéntrica PRE (SJ-FM-Exc-PRE) fue de 179,95 N y la Fuerza Máxima Excéntrica POS (SJ-FM-Exc-POS) fue de 183,84 N. (Gráfico 1)

Gráfico 1



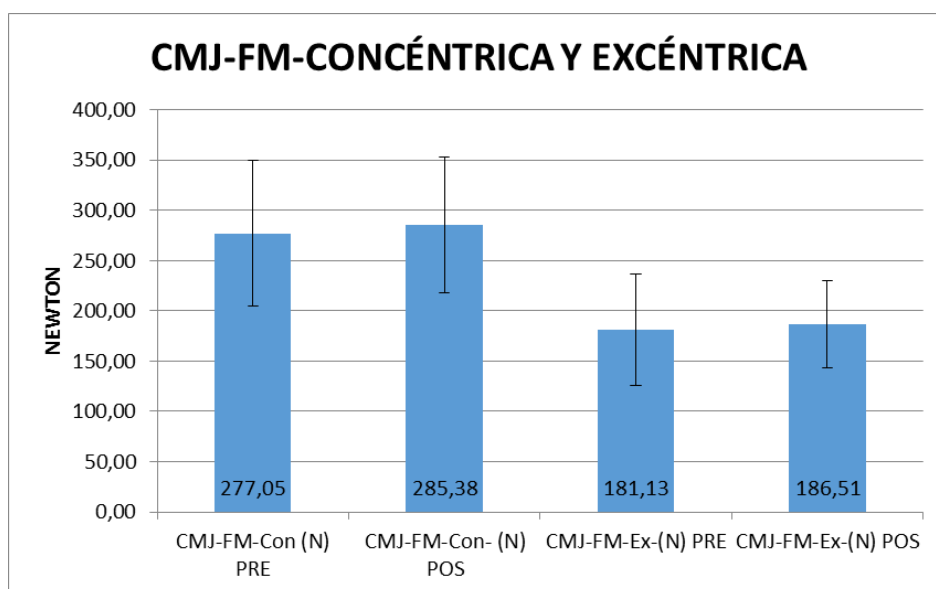
En la tabla 3 se observan los valores de media, desvío estándar, máximo y mínimo de los resultados obtenidos del *Counter Movement Jump* a través de la plataforma de salto.

Tabla 3

	CMJ-FM-Con (N) PRE	CMJ-FM-Con- (N) POS	CMJ-FM-Ex-(N) PRE	CMJ-FM-Ex-(N) POS
MEDIA	277,05	285,38	181,13	186,51
DESV. EST	72,17	67,73	55,29	43,01
MÁX	431,88	401,79	313,30	296,96
MIN	142,17	181,79	72,16	107,31

Se observó que la media en relación a la Fuerza Máxima Concéntrica PRE (CMJ-FM-Con-PRE) fue de 277,05 N y la Fuerza Máxima Concéntrica POS (CMJ-FM-Con-POS) fue de 285,38 N. La media en relación a la Fuerza Máxima Excéntrica PRE (CMJ-FM-Exc-PRE) fue de 181,13 N y la Fuerza Máxima Excéntrica POS (CMJ-FM-Exc-POS) fue de 186,51 N. (Gráfico 2)

Gráfico 2



DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Se considera a *Crossfit* como una modalidad de entrenamiento llevado a cabo a alta intensidad que se ha vuelto muy popular en los últimos años. Según numerosos autores, mediante la práctica de este entrenamiento se genera una mejora en capacidades físicas, dentro de las cuales las más significativas se vieron reflejadas en la fuerza, resistencia y flexibilidad (1-3).

Al igual que en otras investigaciones, en este trabajo se han observado resultados positivos a partir de la sexta semana de entrenamiento en adelante (15, 23, 24).

Se ha encontrado que el *Sit and Reach Test* presentó una alta especificidad y sensibilidad para cuantificar la flexibilidad de los músculos isquiotibiales, al igual que este trabajo otros autores obtuvieron resultados positivos con respecto a la utilización de este *Test* (4, 12, 17).

En este trabajo, al igual que otras investigaciones demostraron validación y fiabilidad en la utilización de la Plataforma de Salto para cuantificar el *Counter Movement Jump* y el *Squat Jump* y de esta manera evaluar la fuerza de salto excéntrica y concéntrica de los músculos implicados en ambos saltos (10, 11, 13, 14).

Se considera que habría que ampliar la muestra realizada en este trabajo, ya que en otras investigaciones donde se utilizaron las mismas herramientas las muestras fueron de mayor tamaño (4, 10-13).

En este trabajo se buscó analizar el efecto del *Crossfit* sobre la flexibilidad de los isquiotibiales y sobre la fuerza de salto excéntrica y concéntrica, a través del análisis de los resultados se concluyó que luego de 6 semanas de entrenamiento hubo resultados positivos para ambas cualidades físicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Butcher SJ, Neyedly TJ, Horvey KJ, Benko CR. Do physiological measures predict selected CrossFit((R)) benchmark performance? Open access journal of sports medicine. 2015;6:241-7.
2. Smith MM, Sommer AJ, Starkoff BE, Devor ST. Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2013;27(11):3159-72.
3. Bellar D, Hatchett A, Judge LW, Breaux ME, Marcus L. The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. Biology of sport. 2015;32(4):315-20.
4. Lopez-Minarro PA, Vaquero-Cristobal R, Muyor JM, Espejo-Antunez L. Criterion-Related Validity of Sit-and-Reach Test as a Measure of Hamstring Extensibility in Older Women. Nutricion hospitalaria. 2015;32(1):312-7.
5. Otten R, Whiteley R, Mitchell T. Effect of subject restraint and resistance pad placement on isokinetic knee flexor and extensor strength: implications for testing and rehabilitation. Sports health. 2013;5(2):137-42.
6. Loturco I, Nakamura FY, Tricoli V, Kobal R, Cal Abad CC, Kitamura K, et al. Determining the Optimum Power Load in Jump Squat Using the Mean Propulsive Velocity. PloS one. 2015;10(10):e0140102.
7. Padulo J, Tiloca A, Powell D, Granatelli G, Bianco A, Paoli A. EMG amplitude of the biceps femoris during jumping compared to landing movements. Springerplus. 2013;2(1):520.
8. Lepley LK, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM. Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction. The Knee. 2015;22(3):270-7.
9. Givoni NJ, Pham T, Allen TJ, Proske U. The effect of quadriceps muscle fatigue on position matching at the knee. The Journal of physiology. 2007;584(Pt 1):111-9.
10. Choukou MA, Laffaye G, Tairar R. Reliability and validity of an accele-rometric system for assessing vertical jumping performance. Biology of sport. 2014;31(1):55-62.
11. López JG, Marroyo JAR, Cubillo RP, Ordás MCÁ, Vicente JGV. El tipo de plataforma de contacto influye en el registro de la altura de salto vertical estimada a partir del tiempo de vuelo. European Journal of Human Movement. 2008(21):1-15.

12. Mayorga-Vega D, Merino-Marban R, Viciano J. Criterion-related validity of sit-and-reach tests for estimating hamstring and lumbar extensibility: A meta-analysis. *Journal of sports science & medicine*. 2014;13(1):1.
13. Padulo J, Bragazzi NL, Nikolaidis PT, Dello Iacono A, Attene G, Pizzolato F, et al. Repeated Sprint Ability in Young Basketball Players: Multi-direction vs. One-Change of Direction (Part 1). *Frontiers in physiology*. 2016;7:133.
14. Comyns T, Kenny I, Scales G. Effects of a Low-Load Gluteal Warm-Up on Explosive Jump Performance. *Journal of human kinetics*. 2015;46:177-87.
15. Karsten B, Larumbe-Zabala E, Kandemir G, Hazir T, Klose A, Naclerio F. The Effects of a 6-Week Strength Training on Critical Velocity, Anaerobic Running Distance, 30-M Sprint and Yo-Yo Intermittent Running Test Performances in Male Soccer Players. *PloS one*. 2016;11(3):e0151448.
16. Lindle RS, Metter EJ, Lynch NA, Fleg JL, Fozard JL, Tobin J, et al. Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr. *Journal of applied physiology*. 1997;83(5):1581-7.
17. De Baranda P, Rodrez GP. A comparison of the sit-and reach test and the back-saver sit-andreach test in university students. 2009.
18. Kollock Jr RO, Onate JA, Van Lunen B. The reliability of portable fixed dynamometry during hip and knee strength assessments. *Journal of athletic training*. 2010;45(4):349-56.
19. Alemdaroglu U. The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *Journal of human kinetics*. 2012;31:149-58.
20. Jaggars JR, Swank AM, Frost KL, Lee CD. The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2008;22(6):1844-9.
21. Hough PA, Ross EZ, Howatson G. Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2009;23(2):507-12.
22. La Torre A, Castagna C, Gervasoni E, Ce E, Rampichini S, Ferrarin M, et al. Acute effects of static stretching on squat jump performance at different knee starting angles. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2010;24(3):687-94.
23. Ziemann E, Grzywacz T, Luszczuk M, Laskowski R, Olek RA, Gibson AL. Aerobic and anaerobic changes with high-intensity interval training in active college-aged men. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2011;25(4):1104-12.
24. Osawa Y, Azuma K, Tabata S, Katsukawa F, Ishida H, Oguma Y, et al. Effects of 16-week high-intensity interval training using upper and lower body ergometers on aerobic fitness and morphological changes in healthy men: a preliminary study. *Open access journal of sports medicine*. 2014;5:257-65.