



**FUNDACION H.A.BARCELO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**  
**TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**RATIO ENTRE CUÁDRICEPS E IQUIOSURALES EN CROSSFIT.**

**AUTOR/ES:** Barrios, Jessica – Novas Iharur, Cynthia.

**TUTOR/ES DE CONTENIDO:** Lic. Bianchi, Sebastián.

**TUTOR/ES METODOLÓGICO:** Lic. Ronzio, Oscar; Lic. Gulisano, Mariana;

Lic Dandres, Romeli

**FECHA DE LA ENTREGA:** 18-12-2017

**CONTACTO DEL AUTOR:** [jessicabarrios.1@outlook.com](mailto:jessicabarrios.1@outlook.com); [novascyn@gmail.com](mailto:novascyn@gmail.com)

## RESUMEN

**Introducción:** El *Crossfit*®, es un plan de entrenamiento físico de alta intensidad, el cual ha ganado gran popularidad en los últimos años, basado en un programa de ejercicios que van desde correr, levantamiento de pesas y olímpico, y movimientos de gimnasia, se centra en el desarrollo de 10 cualidades físicas: fuerza, equilibrio, resistencia cardiovascular y respiratoria, coordinación, potencia, flexibilidad, agilidad, velocidad, precisión y resistencia muscular. La Fuerza muscular es la acción producida por un músculo o un grupo muscular contra una resistencia. La cual forma parte de las cualidades físicas fundamentales para las actividades de la vida diaria. El objetivo principal de este trabajo fue analizar el Ratio muscular entre el cuádriceps e isquiosurales en atletas de *Crossfit*®, mediante el uso de dinamometría isométrica.

**Material y métodos:** Se realizó un estudio de tipo analítico, observacional y transversal. La población de estudio estuvo conformada por 400 atletas de *Crossfit*®, de ambos sexos entre 20 y 40 años, que entrenan en Tuluka Reebok *Crossfit*®. Para la recolección de datos sobre la fuerza máxima voluntaria, el instrumento a utilizar fue un dinamómetro computarizado con celda de carga isométrico modelo *Isoforce*® de *Fisiomove*® y un goniómetro manual. Los mismos fueron volcados a *Microsoft Excel* 2016. **Resultados:** De los 40 atletas de *Crossfit*® evaluados, todos cumplieron con los criterios de inclusión. En la (tabla 1) se observó los resultados obtenidos en la evaluación de la FMVI de cuádriceps e isquiosurales de cada individuo, realizada a través de la dinamometría. Se tuvieron en cuenta las medias, mínimas, máximas y desvío estándar. Se observó que la media en relación a la fuerza máxima voluntaria isométrica de cuádriceps derecho (FMVI CD) fue de 51,65 KgF y la FMVI de isquiosurales derecho (FMVI ID) fue de 16,12 KgF. La media en relación con la FMVI de cuádriceps izquierdo fue de 50,24 KgF y la FMVI de isquiosurales izquierdo fue de 16,20 KgF. (Gráfico 1). En la tabla 2 se observó la media, máxima, mínima y desvío estándar del Ratio cuádriceps e isquiosurales de ambas piernas (RC y RI). Se observó que la media en relación el ratio entre cuádriceps derecho e isquiosurales derecho (RCD/ RID) fue de 0,32 y el ratio entre cuádriceps izquierdo e isquiosurales izquierdo (RCI/RII) fue de 0,33 (Gráfico)

Para el análisis estadístico se aplicó el *UnPaired t test* para las variables Hombres vs. Mujeres obteniendo un valor P de 0.0269, arrojando resultados significativos. **Discusión**

**y Conclusión:** En este trabajo se buscó analizar la valoración del Ratio entre cuádriceps e isquiosurales en atletas de *Crossfit*®, con un entrenamiento mayor al año, donde no se han encontrado suficientes investigaciones con relación a este tema, por lo que se sugiere que se realicen investigaciones al respecto. A través del análisis de los resultados se concluyó que tanto hombres como mujeres presentan un desequilibrio en la fuerza muscular entre ambos músculos (cuádriceps e isquiosurales) en miembros inferiores. Se considera de gran valor corregir este desequilibrio muscular en miembros inferiores para prevenir la aparición de futuras lesiones ya sea en rodilla como en los isquiosurales. **Palabras Clave:** *Crossfit*®, fuerza muscular, dinamometría isométrica, músculo cuádriceps, músculos isquiosurales, desequilibrio muscular.

## ABSTRACT

**Introduction:** CROSSFIT is, a high intensive training, which in the last years achieve great popularity. It is based on a programme of exercises which include: run, do weightlifting and Olympic and gymnastic movements. It is focused on the development of ten physical qualities: strength, balance, cardiovascular and respiratory resistance, coordination, power, flexibility, agility, speed, accuracy and muscular resistance. The muscular strength is the action produced by a muscle or a group of muscles against a resistance. These strength is part of main physical qualities to do any activities of daily life. The main purpose of this work is to analyze the muscular Ratio between quadriceps and hamstrings on Crossfit athletes, with isometric dynamometry. **Material and methods:** It was made a transversal, observational and analysis method study. The population was made up of 400 Crossfit athletes of both sex between, 20 and 40 years, who train in TULUKA REEBOK CROSSFIT. To collect information about the maximum voluntary strength it was used a computerized dynamometer with isometric charge cell called ISOFORCE de FISIOMOVE and a manual goniometer. This information was insert in MICROSOFT EXCEL 2016. **Results:** Of the 40 Crossfit@ athletes evaluated, all met the inclusion criteria. Table 1 showed the results obtained in the evaluation of the FMVI of quadriceps and ischiosural of each individual, performed through dynamometry. The mean, minimum, maximum and standard deviation were taken into account. It was observed that the mean in relation to the maximal voluntary isometric force of right quadriceps (FMVI CD) was 51.65 KgF and the FMVI of right hamstring (FMVI ID) was 16.12 KgF. The mean in relation to the FMVI of the left quadriceps was 50.24 KgF and the FMVI of the left hamstring was 16.20 KgF. (Graph 1). Table 2 showed the mean, maximum, minimum and standard deviation of the quadriceps and ischiosural ratio of both legs (RC and RI). It was observed that the ratio of the ratio between right quadriceps and right hamstring (RCD / RID) was 0.32 and the ratio between left quadriceps and left hamstring (RCI / RII) was 0.33 (Graph 2). For the statistical analysis the UnPaired t test was applied for the variables Men vs. Women obtaining a P value of 0.0269, significant results. **Discussion and conclusion:** In this work was asked for the Ratio valuation between quadriceps and hamstrings in CROSSFIT athletes who had more than a year training. It wasn't found enough studies about this topic, therefore it is suggest that make futures investigation on that subject. Over the test results it conclude that both, men and women, shows an instability on the muscular strength between both muscles, quadriceps and hamstrings, in lowers members. It is considerate of great value to correct this muscular instability in lower members to prevent future wounds either in knees or in isquiosurales. **Keywords:** CROSSFIT, muscular strength, isometric dynamometry, quadriceps muscle, hamstring muscle, muscular instability.

## INTRODUCCIÓN

El *Crossfit*®, es un plan de entrenamiento físico de alta intensidad, el cual ha ganado gran popularidad en los últimos años; se basa en un programa de ejercicios que van desde correr, levantamiento de pesas y olímpico, y movimientos de gimnasia. Estos ejercicios se realizan con repeticiones rápidas y sucesivas (1).

El tiempo de cada sesión programada es de una hora, el cual se divide en una entrada en calor que es de 10-30 minutos, una etapa de entrenamiento de fuerza o habilidades técnicas, un trabajo principal de resistencia y por último una etapa de recuperación, movilidad y elongación. Estos tipos de ejercicios se incorporan en las sesiones de entrenamiento de grupos llamados *Workout of The Day* (WOD), “entrenamientos de día” (2).

*Crossfit*® se centra en el desarrollo de diez cualidades físicas: fuerza, equilibrio, resistencia cardiovascular y respiratoria, coordinación, potencia, flexibilidad, agilidad, velocidad, precisión y resistencia muscular (3).

La Fuerza muscular es la acción producida por un músculo o un grupo muscular contra una resistencia desarrollando un esfuerzo máximo. La cual forma parte de las cualidades físicas fundamentales para las actividades de la vida diaria, tales como el trabajo, mantenimiento de la postura y deporte, es uno de los elementos más importantes para el alto rendimiento y la prevención de lesiones. La contracción muscular es responsable del control e iniciación de los movimientos. Existen tres tipos de contracciones musculares: una de ellas es la concéntrica donde se produce un acortamiento de la longitud del músculo durante la producción de fuerza, en cambio la contracción muscular excéntrica se caracteriza por el alargamiento del músculo durante la producción de fuerza e isométrica es la fuerza sin modificar la longitud del músculo (4, 5).

Para evaluar la fuerza muscular existen tres tipos de métodos: Prueba muscular manual (PMM), dinamometría isocinética y dinamometría isométrica. La PMM es un método muy utilizado, pero puede no detectar un factor importante como el déficit del rendimiento muscular y al ser subjetivo se vuelve un tipo de evaluación que no cumple con el logro de los resultados que se buscan. La dinamometría isocinética es la herramienta *gold estándar* para la valoración de la fuerza, pero posee como contrapartida costos muy elevados. La dinamometría isométrica digital es una herramienta que evalúa la fuerza máxima voluntaria isométrica (FMVI), la misma es de bajo costo, fácil de utilizar y con alto grado de fiabilidad adecuada (6, 7).

Los músculos isquiosurales están compuestos por: semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral los cuales son los responsables de la extensión de la cadera como de la flexión de la rodilla, en este mismo movimiento parte de ellos colaboran de la rotación interna y rotación externa de esta articulación. Los tendones de este músculo son los principales protectores contra la subluxación anterior de la rodilla gracias a su acción en conjunto con el ligamento cruzado anterior (LCA) (8).

El cuádriceps es uno de los músculos más grandes y potentes que se encuentran en el cuerpo humano. El mismo actúa como un estabilizador dinámico de la articulación de la rodilla, es importante debido a su contribución en actividades de la vida diaria tales como subir escaleras, levantarse de una silla, caminar y saltar. Además de estas importantes funciones de movilidad, el rendimiento de cuádriceps es fundamental en el

control de la desaceleración del impacto del peso corporal durante el proceso de descarga estabilizando la articulación de la rodilla (5, 9).

La relación entre estos 2 músculos, tienen una gran incidencia sobre las lesiones en miembros inferiores. Los factores que pueden influir en el riesgo de sufrir una lesión deportiva son extrínsecos e intrínsecos. La lesión más común de este grupo muscular se puede producir por una extensión rápida de rodilla a través de una contracción excéntrica de los isquiosurales para la desaceleración del movimiento. El Ratio entre estos músculos ha demostrado que es el indicador más fiable para cuantificar la descompensación neuromuscular que provoca una lesión. Existen 2 tipos: El ratio convencional (H:Q) determinado por un dinamómetro isocinética con contracción isométrica o concéntrica de los músculos (10).

El objetivo principal de este trabajo fue analizar la ratio muscular entre el cuádriceps e isquiotibiales en atletas de *Crossfit*®, mediante el uso de dinamometría isométrica.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Tipo, diseño y características del estudio:**

Se realizó un estudio de tipo analítico, observacional y transversal (6).

### **Población y muestra:**

La población de estudio estuvo conformada por 3200 atletas de *Crossfit*®, de ambos sexos entre 20 y 40 años, la cual 800 entrenan en Tuluka Reebok *Crossfit*® sede Palermo (11).

La toma de datos se llevó a cabo en Tuluka Reebok *Crossfit*® sucursal Palermo, durante los meses de Julio a Octubre del año 2017.

Tamaño de la muestra: se estudió un total de 40 atletas de ambos sexos de *Crossfit*® pertenecientes a Tuluka Reebok *Crossfit*®.

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 que se presentaron de forma voluntaria (11).

Criterios de inclusión: se incluyeron en este estudio atletas de *Crossfit*® de ambos sexos que entrenan en Tuluka Reebok *Crossfit*® con edades comprendidas entre 20 y 40 años que tengan al menos 1 año de entrenamiento en *Crossfit*® (1, 11).

Criterios de exclusión: se excluyeron aquellos sujetos con cirugía previa de rodilla, que tengan algún tipo de lesión músculo esquelético en el miembro inferior, trastorno neurológico, y quienes no firmaron el consentimiento informado. (9, 12).

Criterios de eliminación: se eliminaron aquellos atletas que no se presenten a la fecha de evaluación, que durante la prueba manifestaron algún tipo de dolor o lesión que les impida seguir con la evaluación o aquellos que desearon abandonar la evaluación (13).

### **Aspectos éticos:**

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

Se les entregó 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 observacionales, cualquier riesgo conocido a corto o largo plazo, posibles molestias; 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 tiene 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:

Para la recolección de datos sobre la fuerza máxima voluntaria, el instrumento a utilizar fue un dinamómetro computarizado con celda de carga isométrico modelo *Isoforce*® de *Fisiomove*® y un goniómetro manual. Los mismos fueron volcados a Microsoft Excel 2016 (14, 15).

#### Método:

La búsqueda de atletas voluntarios de *Crossfit*® que entrenan en Tuluka Reebok *Crossfit*®, Honduras 5962, Palermo, C.A.B.A. Se realizó entre el mes de Julio a Octubre a cargo del Licenciado Sebastián, Bianchi.

Se colocaron carteles dentro del establecimiento donde fueron detallados los criterios de inclusión, exclusión, objetivos, lugar y fecha que se llevó a cabo las evaluaciones. En recepción se dejó una planilla donde las personas interesadas a participar en el estudio pudieron anotarse dejando sus datos. Se hizo entrega del consentimiento informado que debieron ser firmados por cada postulante.

Luego el Lic. a cargo brindó una charla informativa sobre el procedimiento de evaluación. Fueron registrados en un programa de *Excel* los datos de cada participante (nombre y apellido, edad, peso y altura).

Las pruebas se realizaron durante una sesión programada, la cual fue terminada en el mismo día.

Los participantes realizaron una entrada en calor de 8 minutos de duración en una bicicleta fija, luego realizaron ejercicios de elongación estáticos (isquiosurales, cuádriceps, gemelos) durante 5 minutos de los músculos a evaluar (14, 15).

Con el dinamómetro mencionado anteriormente se efectuó la valoración de la FMVI de los músculos cuádriceps e isquiosurales en ambas piernas, el mismo estuvo sujeto a una estructura metálica amurada a la pared, y el otro extremo se colocó una correa de

tobillo. Los atletas debieron realizar 3 repeticiones submáximas para familiarizarse con la prueba. Luego se llevó a cabo 3 repeticiones de máximo esfuerzo donde la ejecución fue de 5 segundos de duración con 10 segundos de descanso entre cada intento, para una adecuada recuperación, al cabo de 1 minuto de pausa se continuo con la pierna contraria. Se consideró el mayor valor logrado entre los 3 intentos (14, 16, 17).

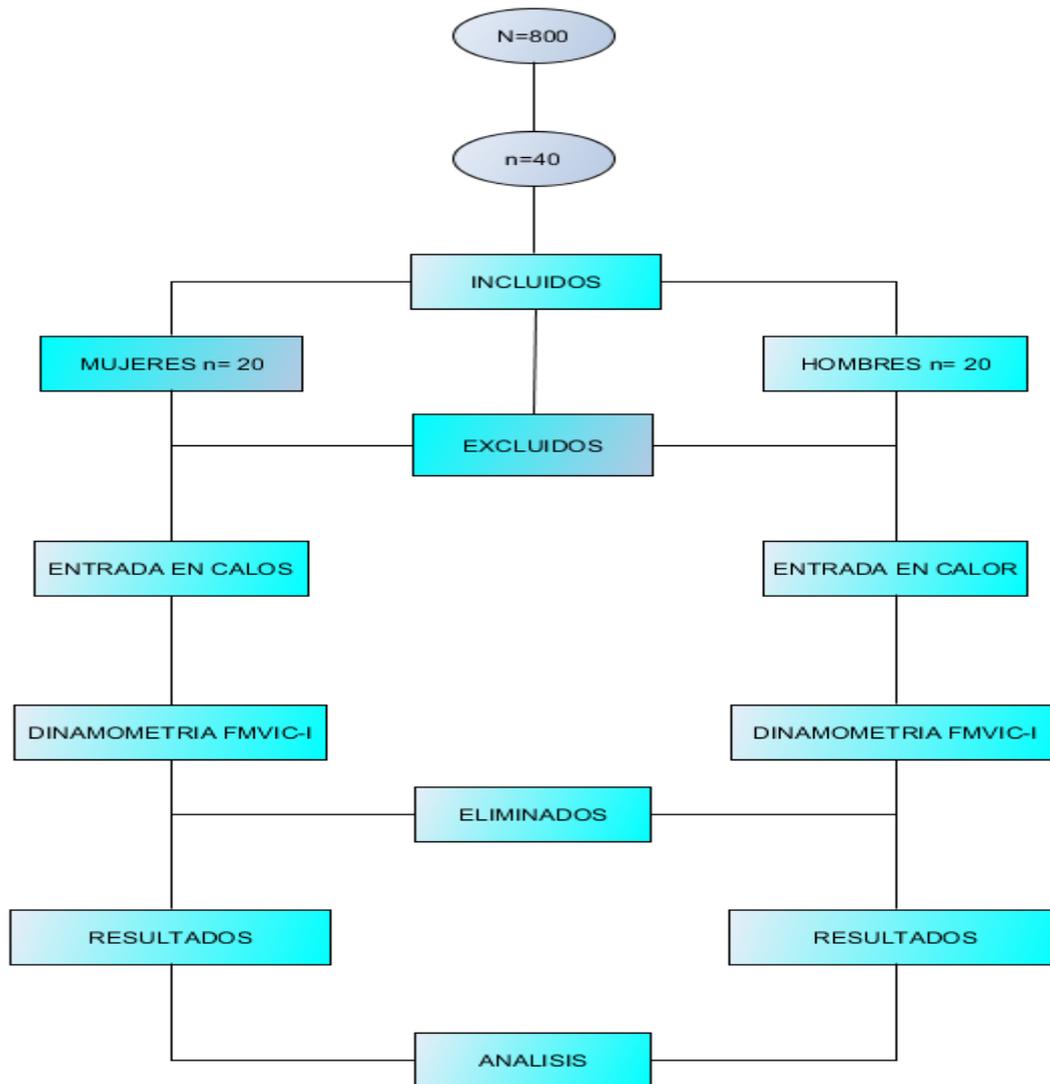
Se utilizó un goniómetro manual para medir los segmentos corporales en el ángulo deseado. Se colocó el eje sobre cóndilo femoral externo, el brazo fijo se alineo en muslo tomando como reparo óseo el trocánter mayor del fémur y su brazo móvil se alineó con la línea media longitudinal de la pierna tomando como reparo óseo el maléolo externo (6, 18).

Se evaluó los grupos musculares: cuádriceps e isquiosurales, la posición de partida fue en 120° para la correcta activación neuromuscular para una óptima longitud de las fibras musculares (19, 20).

Evaluación de cuádriceps: se colocó al sujeto en sedestación con sus brazos cruzados sobre el pecho, tomándose su hombro contralateral. Debió sentarse correctamente apoyando totalmente su espalda en el respaldar, se estabilizó con velcro para evitar compensaciones a través de los hombros, el pecho y las caderas, con flexión de cadera 90° y rodillas a 120° apoyando los pies en el suelo. El manguito del brazo de palanca del dinamómetro se adjuntó proximal a los maléolos del tobillo (6, 8, 14).

Evaluación de isquiosurales: se colocó al sujeto en decúbito prono, sobre una colchoneta, ubicando ambos brazos al costado del cuerpo y la cadera en posición neutra. Partiendo de una flexión de rodilla de 120°, se solicitó al sujeto que realice una flexión de rodilla, llevando el talón al glúteo, sin despegar la pierna opuesta ni la cadera de la colchoneta (21).

El valor más alto registrado de la FMVI expresado en KgF, entre los intentos anteriormente mencionados, fue el seleccionado para el análisis mediante el software *Fisiomove* (22).



### Tratamiento estadístico de los datos:

Los datos fueron volcados al Microsoft Excel, con el que se realizó tablas y gráficos. Para describir las variables cuantitativas se calculó promedio, desvío estándar, mínimo y máximo. Se aplicó el soft GraphPad InStat para analizar estadísticamente las variables. En todos los test estadísticos aplicados para muestras relacionadas e independientes se usó un nivel de significación menor del 5% para rechazar la hipótesis nula.

## RESULTADOS

De los 40 atletas de *Crossfit*® evaluados, todos cumplieron con los criterios de inclusión.

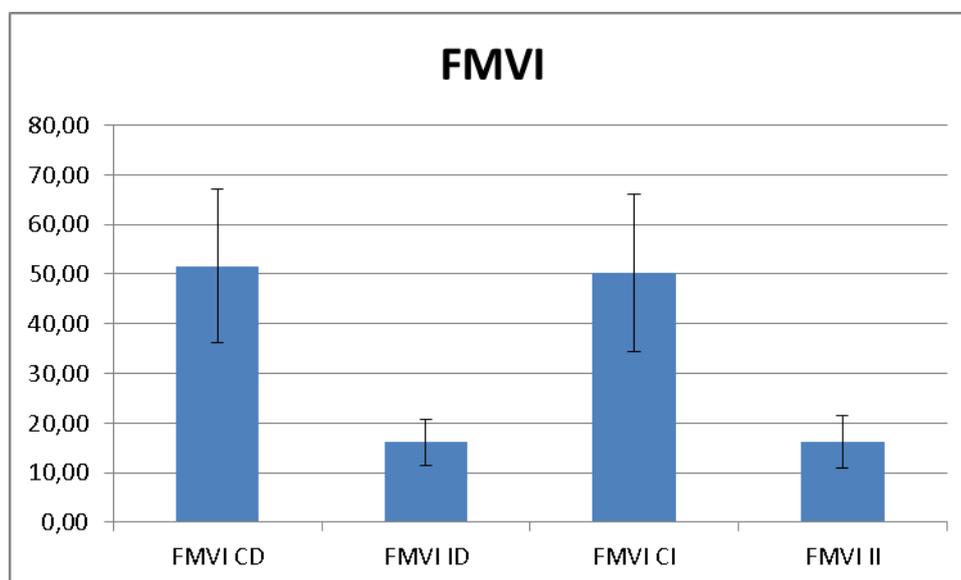
En la tabla 1 se observó los resultados obtenidos en la evaluación de la FMVI de cuádriceps e isquiosurales de cada individuo, realizada a través de la dinamometría. Se tuvieron en cuenta las medias, mínimas, máximas y desvío estándar.

Tabla 1

|           | FMVI CD | FMVI ID | FMVI CI | FMVI II |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| MED       | 51,65   | 16,12   | 50,24   | 16,20   |
| DESV. EST | 15,43   | 4,72    | 15,94   | 5,33    |
| MÁ        | 97,65   | 25,65   | 91,80   | 26,40   |
| MÍN       | 31,52   | 7,50    | 29,55   | 8,65    |

Se observó que la media en relación con la fuerza máxima voluntaria isométrica de cuádriceps derecho (FMVI CD) fue de 51,65 KgF y la FMVI de isquiosurales derecho (FMVI ID) fue de 16,12 KgF. La media en relación con la FMVI de cuádriceps izquierdo fue de 50,24 KgF y la FMVI de isquiosurales izquierdo fue de 16,20 KgF. (Gráfico 1)

Gráfico 1



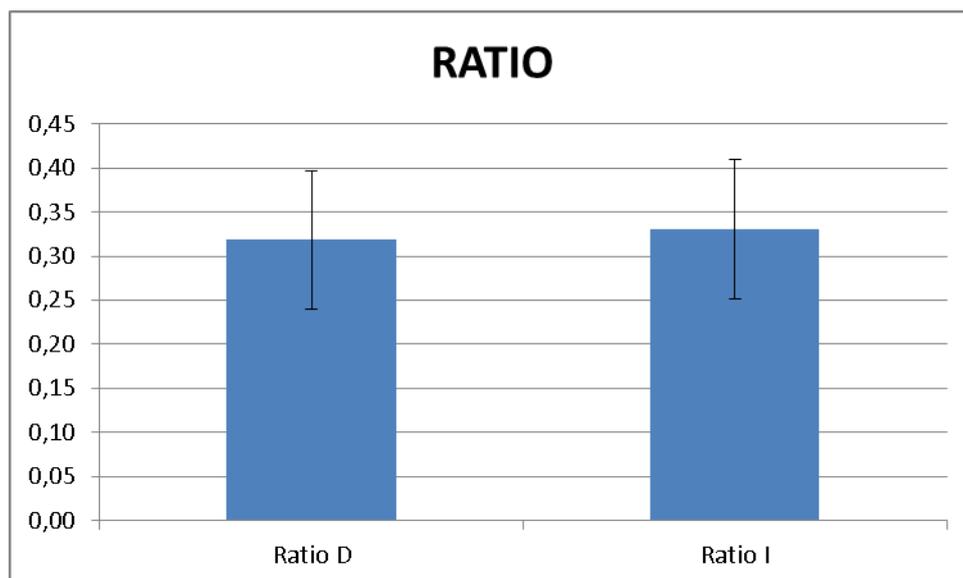
En la tabla 2 se observó la media, máxima, mínima y desvío estándar del Ratio cuádriceps e isquiosurales de ambas piernas (RC y RI).

Tabla 2

|                  | <b>Ratio D</b> | <b>Ratio I</b> |
|------------------|----------------|----------------|
| <b>MED</b>       | 0,32           | 0,33           |
| <b>DESV. EST</b> | 0,08           | 0,08           |
| <b>MÁ</b>        | 0,53           | 0,48           |
| <b>MÍN</b>       | 0,24           | 0,19           |

Se observó que la media en relación el ratio entre cuádriceps derecho e isquiosurales derecho (RCD/ RID) fue de 0,32 y el ratio entre cuádriceps izquierdo e isquiosurales izquierdo (RCI/RII) fue de 0,33 (Gráfico 2)

Gráfico 2



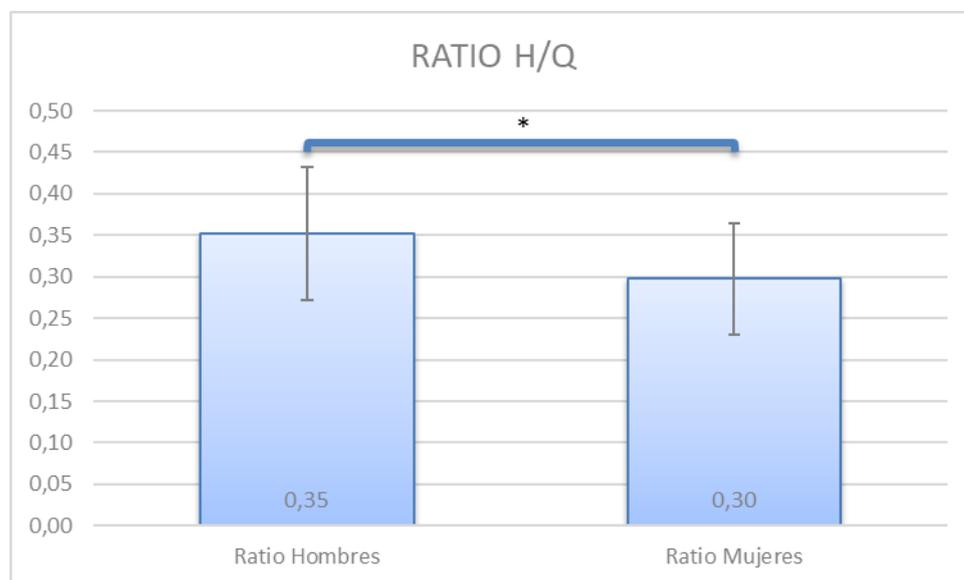
En la tabla 3 se observó la media, máxima, mínima y desvío estándar del Ratio cuádriceps e isquiosurales de ambas piernas en Hombres vs Mujeres.

Tabla 3

|         | Ratio Hombres | Ratio Mujeres |
|---------|---------------|---------------|
| Med     | 0,35          | 0,3           |
| Des Est | 0,08          | 0,07          |
| Máx     | 0,53          | 0,43          |
| Mín     | 0,24          | 0,19          |

Para el análisis estadístico se aplicó el *UnPaired t test* para las variables Hombres vs. Mujeres obteniendo un valor P de 0.0269, arrojando resultados significativos, sumándose los resultados de FMVI de miembro inferior izquierdo y derecho. (grafico 3)

Grafico 3



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Se considera *Crossfit*® como una modalidad de entrenamiento relativamente nuevo y popular en los últimos años. Que es llevada a cabo a alta intensidad, a través de ejercicios multimodales abarcando muchos patrones de movimientos funcionales dentro de una sola sesión de ejercicios. Es importante tener una correcta técnica de ejecución para evitar futuras lesiones, varios autores han investigado la fuerza muscular del cuádriceps e isquiosurales concluyendo que el equilibrio entre ambos grupos musculares le brindan estabilidad en la articulación de cadera y rodilla (1, 5, 8, 9).

En este estudio no se tuvo en cuenta la dominancia de la pierna como si lo han hecho otros autores, debido a que el *Crossfit*® es un deporte bilateral y predominantemente simétrico se analizó la fuerza muscular comparando la existencia o no de un posible desequilibrio muscular en los miembro inferior ( cuádriceps e isquiosurales) (1, 23, 24).

La mayoría de los autores analizaron la fuerza a través de la dinamometría isocinética, en este estudio se utilizó la dinamometría isométrica ya que no se ha encontrado diferencias en la obtención de datos entre ambos métodos y la misma es de bajo costo, fácil de utilizar y con alto grado de fiabilidad adecuada (6, 7).

Se ha considerado que el promedio de lesiones en *Crossfit*® es aproximadamente del 20% debido al uso repetitivo a alta intensidad demostrando que durante el levantamiento de pesas la articulación con mayor riesgo de lesión es el hombro, espalda baja y rodilla. Se piensa que las mujeres tienen menos riesgo de lesión ya que buscan ayuda de un entrenador que las guíe en su entrenamiento, en tanto los hombres entrenan por su propia cuenta teniendo estos un porcentaje mayor a lesionarse. Esto indica que el *Crossfit*® es un programa de entrenamiento que puede funcionar de manera segura para todos los atletas si se realiza en un entorno seguro (3).

Se demostró que el ratio entre el cuádriceps e isquiosurales debe ser de 0,60 o mayor para disminuir el riesgo de lesiones del LCA e isquiosural, menor a 0,60 se considera que hay desequilibrio muscular entre ambos músculos, generando así una posible lesión en el miembro inferior (17, 23, 25).

En este trabajo se buscó analizar la valoración del Ratio entre cuádriceps e isquiosurales en atletas de *Crossfit*®, con un entrenamiento mayor al año, donde no se han encontrado suficientes investigaciones con relación a este tema, por lo que se sugiere que se realicen investigaciones al respecto.

A través del análisis de los resultados se concluyó que tanto hombres como mujeres presentan un desequilibrio en la fuerza muscular entre ambos músculos (cuádriceps e isquiosurales) en miembros inferiores. Se considera de gran valor corregir este desequilibrio muscular en miembros inferiores para prevenir la aparición de futuras lesiones ya sea en rodilla como en los isquiosurales.

## 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. Partridge JA, Knapp BA, Massengale BD. An investigation of motivational variables in CrossFit facilities. *Journal of strength and conditioning research*. 2014;28(6):1714-21.
3. Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD. Injury Rate and Patterns Among CrossFit Athletes. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2014;2(4):2325967114531177.
4. 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.
5. Angst F, Kaufmann M, Benz T, Nehrer S, Aeschlimann A, Lehmann S. Quadriceps performance under activation of foot dorsal extension in healthy volunteers: an interventional cohort study. *BMC musculoskeletal disorders*. 2015;16:340.
6. Reinking MF, Bockrath-Pugliese K, Worrell T, Kegerreis RL, Miller-Sayers K, Farr J. Assessment of quadriceps muscle performance by hand-held, isometric, and isokinetic dynamometry in patients with knee dysfunction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1996;24(3):154-9.
7. Koblbauer IF, Lambrecht Y, van der Hulst ML, Neeter C, Engelbert RH, Poolman RW, et al. Reliability of maximal isometric knee strength testing with modified hand-held dynamometry in patients awaiting total knee arthroplasty: useful in research and individual patient settings? A reliability study. *BMC musculoskeletal disorders*. 2011;12:249.
8. Daneshjoo A, Rahnama N, Mokhtar AH, Yusof A. Effectiveness of injury prevention programs on developing quadriceps and hamstrings strength of young male professional soccer players. *Journal of human kinetics*. 2013;39:115-25.
9. Douma KW, Regterschot GR, Krijnen WP, Slager GE, van der Schans CP, Zijlstra W. Reliability of the Q Force; a mobile instrument for measuring isometric quadriceps muscle strength. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*. 2016;8:4.
10. Martínez JPM, Gómez JP, Vivas JC. Efecto de la fatiga en el ratio isquiotibiales: cuádriceps. *Revisión sistemática*.
11. Lindle R, Metter E, Lynch N, Fleg J, Fozard J, 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.
12. Toonstra J, Mattacola CG. Test–retest reliability and validity of isometric knee-flexion and-extension measurement using 3 methods of assessing muscle strength. *J Sport Rehabil*. 2013:2012-0017.
13. 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.
14. 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.
15. Lima TR, Guimaraes FS, Carvalho MN, Sousa TL, Menezes SL, Lopes AJ. Lower limb muscle strength is associated with functional performance and quality of life in patients with systemic sclerosis. *Brazilian journal of physical therapy*. 2015;19(2):129-36.
16. Schneider P, Benetti G, Meyer F. Muscular strength of 9-18-year old volleyball athletes through computational dynamometry. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2004;10(2):85-91.

17. The Reliability of Portable Fixed Dynamometry During Hip and Knee Strength Assessments.
18. Malliaropoulos N, Kakoura L, Tsitas K, Christodoulou D, Siozos A, Malliaras P, et al. Active knee range of motion assessment in elite track and field athletes: normative values. *Muscles, ligaments and tendons journal*. 2015;5(3):203.
19. Silva SB, de Abreu LC, Valenti VE, Nogueira DV, Moraes ÉR, Natividade V, et al. Verbal and visual stimulation effects on rectus femoris and biceps femoris muscles during isometric and concentric. *International archives of medicine*. 2013;6(1):38.
20. Watanabe K, Akima H. Effect of knee joint angle on neuromuscular activation of the vastus intermedius muscle during isometric contraction. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2011;21(6):e412-20.
21. Knezevic OM, Mirkov DM, Kadija M, Milovanovic D, Jaric S. Alternating Consecutive Maximum Contraction as a Test of Muscle Function in Athletes Following ACL Reconstruction. *Journal of human kinetics*. 2012;35:5-13.
22. Measurement of force sense reproduction in theMinoo Khalkhali Zavieh, PT, PhD1), Bahram Amirshakeri, PT2), Asghar Rezasoltani, PT, PhD1), Ghadam Ali Talebi, PT, PhD3), Khosro Khademi Kalantari, PT, PhD1), Vahab Nedaey, PT, MS.pdf.
23. Benck BT, de David AC, do Carmo JC. Déficits no equilíbrio muscular em jovens atletas de ginástica feminina. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*. 2016;38(4):342-8.
24. Pellicer-Chenoll M, Serra-Añó P, Cabeza-Ruiz R, Pardo A, Aranda R, González LM. Comparison of conventional hamstring/quadriceps ratio between genders in level-matched soccer players. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2017;10(1):14-8.
25. Santos HH, Hanashiro DN, Ávila MA, Camargo PR, Oliveira AB, Salvini TF. Efeito do treino isocinético excêntrico sobre a razão I/Q do torque e EMGs em sujeitos saudáveis. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2014;20(3):227-32.