



FUNDACION H.A.BARCELO
FACULTAD DE MEDICINA

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN

EVALUACION DE LA FUERZA DEL SALTO DESPUES DE 6 SEMANAS DE
ENTRENAMIENTO DE CROSSFIT

AUTOR: Quaglia, Octavio

TUTOR/ES DE CONTENIDO: Lic. Fornes, Diego

TUTOR/ES METODOLÓGICO: Lic. Ronzio, Oscar

FECHA DE LA ENTREGA: 05-05-2015

CONTACTO DEL AUTOR: octavio_quaglia@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: La búsqueda desenfrenada de la población en busca de nuevos sistemas de entrenamiento no deja atrás al CrossFit. Según Greg Glassman, creador del método, define como “entrenamiento funcional, constantemente variado y aplicado a alta intensidad”. Entrando en la controversia que rodea a esta nueva disciplina el objetivo de este trabajo de campo fue la realización de una evaluación cuantitativa de los efectos del entrenamiento amateur de CrossFit sobre la fuerza explosiva, se calcula el ratio *CMJ: SJ* comparando un método que utiliza fuerza concéntrica pura y otro ciclo de estiramiento acortamiento (*SSC*), luego de 6 semanas de entrenamiento, realizando 3 entrenamientos por semana.

Material y métodos: La evaluación se realizó con la plataforma de fuerza *Fisiojumper*® de *Fisiomove*®, en 2 tipos distintos de saltos: *Squat jump (SJ)*, salto en contra movimiento (*CMJ*). Se midió el pico de fuerza reactiva y se calculó el ratio *CMJ: SJ*. Se escogieron atletas sanos, sin lesiones concomitantes y que no realizaban otro sistema de entrenamiento. De esta manera poder cuantificar si el entrenamiento de CrossFit surge efecto sobre la fuerza del salto de sus practicantes.

Resultados: Los cambios luego de haber entrenado bajo esta metodología no fueron significativos.

Discusión y Conclusión: En los 8 sujetos evaluados no se observaron cambios en los niveles de fuerza de manera significativa. Considerando que las evaluaciones se hicieron con sujetos que ya tenían experiencia menor a 1 año dentro de este sistema de entrenamiento se podría pensar que estos cambios ya estaban reflejados en la primera evaluación. También habría que poner foco sobre cómo este sistema de alta intensidad y poco o nada de descanso influye sobre la fuerza muscular de miembros inferiores. Se vio que una mejora en la ejecución de la técnica de *CMJ*, así como también una mejora en la fuerza concéntrica comparando con *SJ*, se puede pensar en una mejora del rendimiento deportivo.

Palabras Clave: Crossfit — Potencia – Saltos – Plataforma de salto - Fuerza explosiva

ABSTRACT:

Introduction: The search of the population in new training systems does not leave behind the CrossFit. According to Greg Glassman, founder of the method, defined as "functional training, varied and consistently applied high intensity." Entering the controversy surrounding this new discipline the aim of this fieldwork was to conduct a quantitative assessment of the effects of amateur CrossFit training on the explosive strength, *CMJ: SJ* ratio is calculated comparing a method using force concentric pure and another stretch shortening cycle (*SSC*), after 6 weeks of training, performing three workouts per week.

Material and methods: The evaluation is performed with the force plate *Fisiojumper*® of *Fisiomove*® in 2 different types of jumps: *Squat jump (SJ)*, counter movement jump (*CMJ*). Peak was measured reaction force and the *CMJ: SJ* ratio is calculated. Healthy athletes were chosen without concomitant injuries and did not carry out other training. In this way to quantify whether CrossFit training effect on strength arises hop practitioners.

Results: Changes after having trained under this methodology were not significant.

Discussion and conclusion: In the 8 people tested did not observe changes in the force levels significantly. Whereas the assessments were made with subjects who had less experience and 1 year in this training system you might think that these changes were already reflected in the first evaluation. It would also have to put focus on how this system of high intensity and little or no break influence on muscle strength of lower limbs. It was found that an improvement in the execution of the CMJ technique, as well as improved strength compared to concentric SJ, you can think in improved athletic performance.

Keywords: Crossfit – power – Power output – Jump test – Force plate

INTRODUCCIÓN

CrossFit es un nuevo programa de fuerza y acondicionamiento con entrenamientos diarios cortos pero intensos.(1)

Según su definición el crossfit es entrenamiento funcional, constantemente variado y aplicado a alta intensidad. Utiliza ejercicios derivados de la gimnasia, de la halterofilia y ejercicios de resistencia. Se basa en el trabajo de diferentes capacidades y habilidades: resistencia cardiovascular y respiratoria, resistencia muscular, fuerza, flexibilidad, potencia, velocidad, agilidad, psicomotricidad, equilibrio, y precisión. Buscando la base del método, se engloba en lo que se conoce como entrenamiento de alta intensidad.(2, 3)

El entrenamiento de alta intensidad (*HIT*) proporciona mejoras de acondicionamiento físico y de salud en menos tiempo por semana que los sistemas actuales. Aunque la intensidad requerida podría ser intimidante, el requisito de tiempo reducido puede ser atractivo para muchas otras personas, que muestra el potencial de las tasas más altas de la adherencia. El entrenamiento funcional de alta intensidad (*HIFT*) combina temporalmente ejercicios aeróbicos y de resistencia con el foco en los movimientos funcionales (multiarticulares), tales como son los ejercicios pliométricos, lo que resulta en mejoras en la capacidad aeróbica y la composición corporal. Intensidad *HIFT* es auto-seleccionada por los participantes. Esto es importante ya que los resultados de intensidad seleccionada por ellos mismos terminan en una mayor tolerancia para *HIT*, especialmente para individuos previamente inactivos.(2, 4)

Los atletas y entrenadores han utilizado históricamente *HIT* para mejorar el rendimiento del ejercicio, pero la eficacia de *HIT* para mejorar los resultados relacionados con la salud ha generado recientemente un nuevo interés. Existe evidencia de mejoras sustanciales en la resistencia de los sujetos sedentarios, siguiendo episodios repetidos de breve ejercicio intermitente máxima.(5)

Los programas de *Crossfit* se basan en desarrollar las capacidades físicas: precisión, agilidad, equilibrio, coordinación, estamina, flexibilidad, potencia, velocidad, resistencia y fuerza. (3)

La potencia máxima de los músculos, es producida cuando se encuentran con mayor número de fibras musculares reclutadas y generando una velocidad intrínseca por debajo a la velocidad de contracción máxima para no generar un gasto metabólico que sea ineficiente. (4)

Un posible mecanismo que explica la eficacia de los ejercicios pliométricos pueden estar asociados con la acción muscular específico llamado el ciclo de estiramiento acortamiento (*SSC*). Esta secuencia de intensa, excéntrica (estiramiento) y concéntrica (acortamiento), contracción de un músculo produce grandes ganancias en la altura del salto debido a los procesos energía elástica almacenada durante la fase de estiramiento y la re activación reflejo de estiramiento.(6-8)

Los ejercicios pliométricos están asociados con las fuerzas de reacción del suelo durante el aterrizaje, que pueden superar los 3 y 7.5 veces la masa corporal de los individuos. Los investigadores han demostrado que el entrenamiento pliométrico, cuando se utiliza con una periodización programa de entrenamiento de fuerza, puede contribuir a mejoras en el rendimiento del salto vertical, la aceleración, la fuerza de las piernas, la fuerza muscular, aumento de la conciencia de las articulaciones, y la propiocepción general. Ejercicios pliométricos implican generalmente detener, iniciar y cambiar de dirección de manera explosiva.(9)

Los saltos son un modelo adecuado para el estudio de la potencia máxima de salida de los músculos de las extremidades inferiores. La justificación implícita ha sido que el rendimiento de los saltos verticales máximos se correlaciona con el rendimiento de otros gestos con movimientos rápidos y explosivos (por ejemplo, correr, cambiar de dirección, patear, lanzar). A través de la evaluación del salto se podrá relacionar el entrenamiento de *crossfit* con un mejor rendimiento general.(8, 10, 11)

La fuerza explosiva de los miembros inferiores, se pueden evaluar con diferentes saltos como: Salto vertical máximo con brazos libres o *Abalakov (ABK)*(12), el test de salto vertical (*VJT*) con el método de *Holcomb*(13), *squat jump*, salto con contra movimiento(14) y el salto en largo o *standing long test (SLJT)*.(13, 15).

Se medirá la fuerza concéntrica realizada por los miembros inferiores en el *CMJ* y *SJ*. Ambos cuentan con una gran fiabilidad, validación, son reproducibles, rápidos, accesibles y no tienen exigencias físicas significantes para realizarlo.(16)

Se calculará el *ratio* entre *CMJ:SJ*. (8). El *SJ* es un test de fuerza explosiva concéntrica sin utilización de energía elástica, el *CMJ* utiliza la energía elástica acumulada en la primera fase del salto favorecido por el ciclo de estiramiento acortamiento (*SSC*). El *ratio* nos permite tener una evaluación global sobre la fuerza realizada en el salto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo, diseño y características del estudio:

Se realizará un estudio de tipo observacional descriptivo transversal.(9)

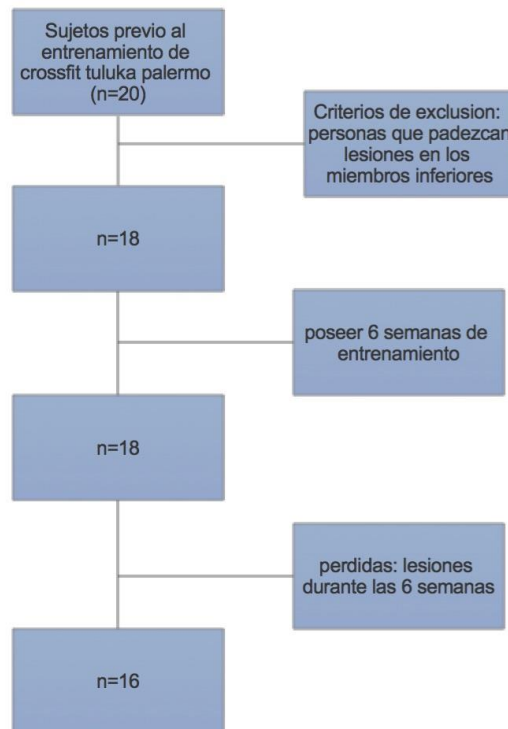
Población y muestra:

La población que se utilizara para el estudio serán hombres y mujeres que concurran al centro de Crossfit Tuluka, ubicado en la calle honduras 5962 C.A.B.A.

Las tomas serán realizadas durante el mes de septiembre de 2015.

Tamaño de la muestra:

Se seleccionó a 10 nuevos inscriptos del centro de Crossfit Tuluka Palermo que cumplieran con los criterios de inclusión. n=11(4, 7). Las muestras fueron realizadas sobre la plataforma de fuerza midiendo cada miembro inferior como una unidad particular. Fueron eliminados los sujetos que no cumplieron con las consignas de entrenamiento y los lesionados. El número final de sujetos luego de las 6 semanas fue de 8, n=16.



Criterios de inclusión:

Se incluyó en el estudio aquellos clientes que tenían al menos 18 años, sanos, que no presentaban lesiones o discapacidades físicas y mentales. (9)

Criterios de exclusión:

Se excluyeron aquellas personas que padezcan lesiones en los miembros inferiores.(9)

Criterios de eliminación: Personas que hayan abandonado el entrenamiento, que no completaron el entrenamiento y que hayan sufrido alguna lesión durante el período de prueba. (17)

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 le entregó a los participantes un documento escrito titulado “Carta de información y consentimiento escrito de participación del voluntario” y un “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 firmó dicho documento.

Procedimiento/s

Instrumento(s)/Materiales:

Se midió la fuerza concéntrica realizada por los miembros inferiores en el *CMJ* y *SJ*. Ambos saltos se realizaron sobre plataforma de fuerza modelo *Fisiojumper®* de *Fisiomove®*.

Método:

Los sujetos fueron evaluados en dos tipos diferentes de ejercicios: Salto contra movimiento (*CMJ*), *Squat jump* (*SJ*).

Previo a la toma de pruebas, los participantes realizaron una entrada en calor dinámica, de 5 minutos, con ejercicios pautados por el *coach* para todos por igual y sin fatigarse.(18) Aparte de evitar lesiones músculo esqueléticas, dicha fatiga neuromuscular puede generar cambios en la biomecánica del salto y en el contacto con el suelo o en la plataforma (19) y también, porque está comprobado que la entrada en calor tiene una gran influencia sobre el salto, generando mayores niveles de fuerza explosiva.(20) De esta manera, también se utiliza la fuerza elástica almacenada en estructuras músculo – tendinosas. (21)

Entre un salto y el siguiente siempre se realizó un descanso de 45 segundos (16) y de 7-8 minutos entre cada prueba.(6)

Se evaluó en plataforma de fuerza a los participantes que tenían menos de 1 año en la práctica de *crossfit* y se volvió a evaluar luego de 6 semanas. Por cada individuo evaluado se tomaron 2 muestras, pierna izquierda y pierna derecha, ya que de esta manera evalúa la plataforma de fuerza. (9)

Se calculó el *ratio* entre *CMJ:SJ*. (8)

Protocolo *SJ*:

Los participantes tuvieron una posición inicial de una sentadilla (no profunda), con las manos en las caderas, con la mirada al frente y luego de ejecutarlo, volvían a la posición inicial. El valor considerado para el estudio fue el pico de fuerza concéntrica de la fase de impulso (despegue) de cada miembro inferior. (22)

Protocolo *CMJ*:

La instrucción dada a cada sujeto fue la siguiente: "saltar tan alto como usted pueda". Las extremidades superiores se balancean primero hacia atrás y luego hacia arriba. No se especifico el ángulo inicial flexión de la rodilla. (6)

Tratamiento estadístico de los datos:

Los datos fueron volcados al Microsoft Excel, con el que se realizarán tablas y gráficos. Para describir a las variables cuantitativas se calculo la media, desvío estándar, mínimo y máximo.

RESULTADOS

De las 11 evaluaciones, sólo 9 cumplieron con los criterios de exclusión y otro fue eliminado debido a lesiones, quedando un total de 8 evaluados con un n° de 16.

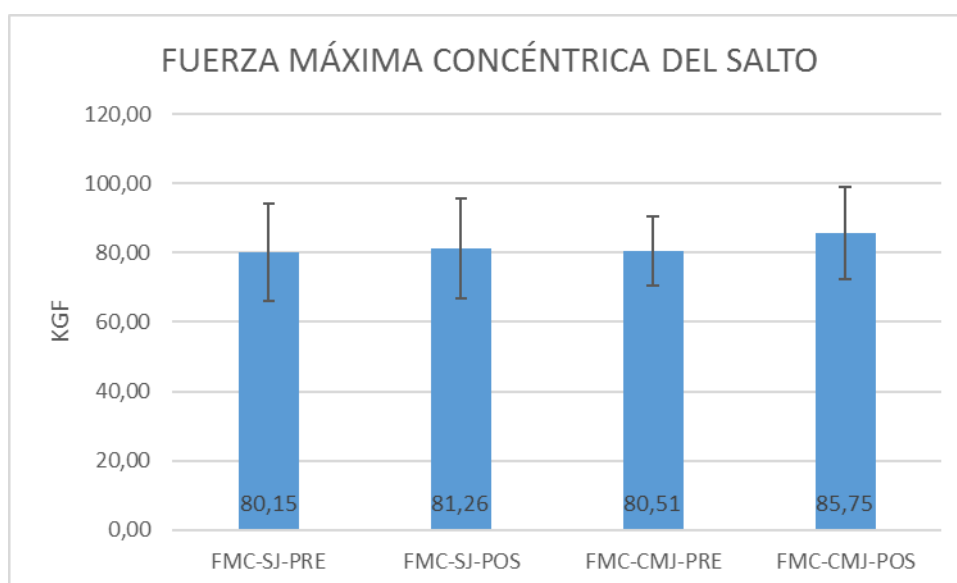
En la Tabla 1 se observan las medias, máxima, mínima y el desvío estándar de las variables en el momento previo al entrenamiento y en el momento posterior.

Tabla 1

	FMC-SJ-PRE	FMC-SJ-POS	FMC-CMJ-PRE	FMC-CMJ-POS	CMJ:SJ-PRE	CMJ:SJ-POS
Media	80,15	81,26	80,51	85,75	1,01	1,06
Desv. Est	14,04	14,37	10,12	13,33	0,10	0,12
Máx	113,64	109,80	96,29	107,69	1,21	1,26
Mín	62,05	63,54	59,95	64,42	0,83	0,87

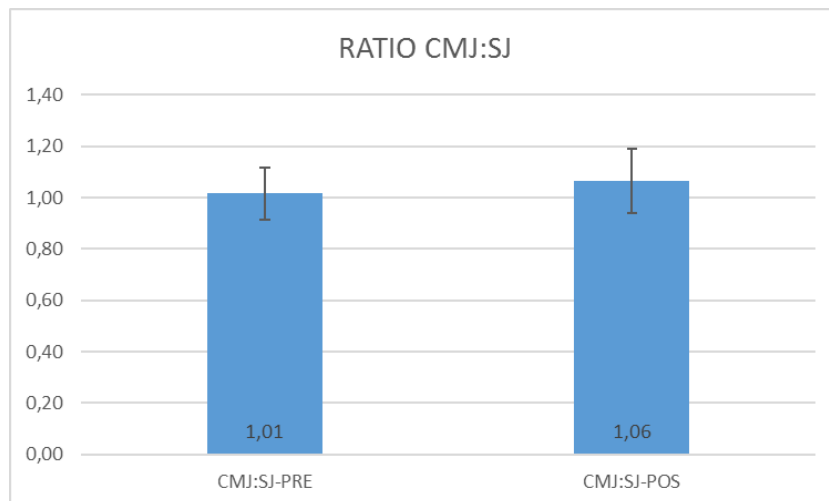
Se pudo observar que la fuerza concéntrica de despegue de miembros inferiores aumentó de la primera a la segunda muestra del SJ siendo: la primera de 80,15 kilogramos fuerza (KgF) y para la segunda, de 81,26 KgF. De igual manera ocurrió con *CMJ* donde el valor previo fue de 80,51 KgF y post entrenamiento de 85,75 KgF. (Gráfico 1)

Gráfico 1



Se observa un aumento en el ratio *CMJ:SJ* de 1,01 previo al entrenamiento y 1,06 luego de las 6 semanas. (Grafico 2)

Grafico 2



DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Se considera al *Crossfit* un entrenamiento funcional de alta intensidad, que mejora las capacidades físicas. Los ejercicios pliométricos son una de las posibilidades para aumentar la potencia de los miembros inferiores, aumentando la fuerza, reclutando la mayor cantidad de fibras musculares. (21, 23, 24).

Para generar dicha potencia, aumentar el nivel de fuerza, se tienen que reclutar la mayor cantidad de fibras musculares para el esfuerzo físico que requiere mantener la contracción concéntrica luego de una excéntrica. (25-27)

El objetivo de este trabajo de investigación fue observar, evaluar y medir cómo el entrenamiento para atletas de *Crossfit* modifica la fuerza explosiva de los miembros inferiores.

Cabe destacar que en este caso los participantes evaluados no iniciaron la actividad, sino que la perfeccionaron.

Basando en los resultados obtenidos podemos decir que el entrenamiento de *crossfit* no aumento la fuerza de manera significativa, no obstante, para considerar en otros estudios donde evalúen una persona que jamás práctico este tipo de entrenamiento. También se puede pensar en el corto tiempo de recuperación y la alta intensidad que utiliza este método como uno de los factores por los cuales no aumenta la fuerza concéntrica pura. Se observo una mejora en la técnica del *CMJ*, favorecido por el *SSC* este salto mostro mejorías en los niveles de fuerza mayores a los de *SJ*, se puede pensar en que esto se translada a un mejor rendimiento deportivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Joondeph SA, Joondeph BC. Retinal Detachment due to CrossFit Training Injury. *Case reports in ophthalmological medicine*. 2013;2013:189837.
2. Smith MM, Sommer AJ, Starkoff BE, Devor ST. Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2013;27(11):3159-72.
3. Partridge JA, Knapp BA, Massengale BD. An investigation of motivational variables in CrossFit facilities. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2014;28(6):1714-21.
4. Heinrich KM, Patel PM, O'Neal JL, Heinrich BS. High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: an intervention study. *BMC public health*. 2014;14:789.
5. Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG. Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports medicine*. 2014;44(7):1005-17.
6. Makaruk H, Czaplicki A, Sacewicz T, Sadowski J. The effects of single versus repeated plyometrics on landing biomechanics and jumping performance in men. *Biology of sport*. 2014;31(1):9-14.
7. Vaczi M, Tollar J, Meszler B, Juhasz I, Karsai I. Short-term high intensity plyometric training program improves strength, power and agility in male soccer players. *Journal of human kinetics*. 2013;36:17-26.
8. Michael R. McGuigan ea. *Strength and Power Profiling of Athletes: Selecting Tests and How to Use the Information for Program Design*. *Strength and Conditioning Journal*. 2013.
9. Miller MG, Herniman JJ, Ricard MD, Cheatham CC, Michael TJ. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of sports science & medicine*. 2006;5(3):459-65.
10. Leontijevic B, Pazin N, Bozic PR, Kukolj M, Ugarkovic D, Jaric S. Effects of loading on maximum vertical jumps: Selective effects of weight and inertia. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2012;22(2):286-93.
11. Pazin N, Berjan B, Nedeljkovic A, Markovic G, Jaric S. Power output in vertical jumps: does optimum loading depend on activity profiles? *European journal of applied physiology*. 2013;113(3):577-89.
12. García López J, Herrero Alonso J. Variables cinéticas de la batida relacionadas con el rendimiento del salto horizontal a pies juntos. *Biomecánica: órgano de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales* 2004, vol 12, núm 2. 2004.
13. Arazi H, Mohammadi M, Asadi A. Muscular adaptations to depth jump plyometric training: Comparison of sand vs. land surface. *Interventional medicine & applied science*. 2014;6(3):125-30.
14. Massuca L, Branco B, Miarka B, Fragoso I. Physical Fitness Attributes of Team-Handball Players are Related to Playing Position and Performance Level. *Asian journal of sports medicine*. 2015;6(1):e24712.
15. Martínez López E. Aplicación de la prueba de lanzamiento de balón medicinal, abdominales superiores y salto horizontal a pies juntos. Resultados y análisis estadístico en educación secundar. *Rev int med cienc act ffs deporte*. 2004(15).

16. de Salles P, Vasconcellos F, de Salles G, Fonseca R, Dantas E. Validity and Reproducibility of the Sargent Jump Test in the Assessment of Explosive Strength in Soccer Players. *Journal of human kinetics*. 2012;33(1):115-21.
17. Mancilla R, Torres P, Alvarez C, Schifferli I, Sapunar J, Diaz E. [High intensity interval training improves glycemic control and aerobic capacity in glucose intolerant patients]. *Revista medica de Chile*. 2014;142(1):34-9.
18. Brumitt J, Heiderscheit BC, Manske RC, Niemuth PE, Rauh MJ. Lower extremity functional tests and risk of injury in Division III collegiate athletes. *International journal of sports physical therapy*. 2013;8(3):216.
19. Borotikar BS, Newcomer R, Koppes R, McLean SG. Combined effects of fatigue and decision making on female lower limb landing postures: central and peripheral contributions to ACL injury risk. *Clinical biomechanics*. 2008;23(1):81-92.
20. de Villarreal ESS, González-Badillo JJ, Izquierdo M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European journal of applied physiology*. 2007;100(4):393-401.
21. Wilson JM, Flanagan EP. The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(5):1705-15.
22. Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004;18(3):551-5.
23. Pappas E, Hagins M, Sheikhzadeh A, Nordin M, Rose D. Biomechanical differences between unilateral and bilateral landings from a jump: gender differences. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2007;17(4):263-8.
24. Ebben WP, Fauth ML, Petushek EJ, Garceau LR, Hsu BE, Lutsch BN, et al. Gender-based analysis of hamstring and quadriceps muscle activation during jump landings and cutting. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(2):408-15.
25. Wakeling J, Blake O, Chan H. Muscle coordination is key to the power output and mechanical efficiency of limb movements. *The Journal of experimental biology*. 2010;213(3):487-92.
26. O'Hara RB, Serres J, Traver KL, Wright B, Vojta C, Eveland E. The influence of nontraditional training modalities on physical performance: Review of the literature. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2012;83(10):985-90.
27. Kyröläinen H, Avela J, McBride J, Koskinen S, Andersen J, Sipilä S, et al. Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2005;15(1):58-64.