

POTENCIA Y ACTIVIDAD ELECTROMIOGRÁFICA EN VOLEIBOLISTAS UNIVERSITARIOS

POWER AND ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY IN UNIVERSITY VOLLEYBALL PLAYERS

Esteban Aedo-Muñoz ^{1,3,4}, Valentin Tamayo Contreras ², Cristian Rojas Reyes ³, Cristian Hernández Wimmer ³, Ciro Brito ⁴, Bianca Miarka ^{4,5}, Rodrigo Arghoty Bucheli ⁶, Fabio Dal Bello ², Tomás Herrera Valenzuela ^{1,2}

esteban.aedo@usach.cl

¹ Laboratorio de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud. Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Santiago de Chile (USACH), Chile

² Escuela de Ciencias del Deporte y Actividad Física. Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás (UST), Chile

³ Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE), Chile

⁴ Programa de Posgrado en Educación Física, Universidad Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

⁵ Programa de Posgrado en Educación Física, Universidad Federal do Río de Janeiro (UFRJ), Brasil

⁶ Escuela Militar de Cadetes José María Cordova, Colombia

Envío Original: 2019-06-24 Reenviado: 2019-10-16, 2019-11-29 Aceptado: 2019-12-18

Publicado: 2020-03-04

Doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v18i1.37753>

Resumen

El propósito del estudio fue determinar la potencia relativa del miembro inferior y actividad electromiográfica de superficie (EMGs) del glúteo mayor (GM), vasto medial (VM), vasto lateral (VL) y gastrocnemio lateral (GASLAT), durante un salto contramovimiento (CMJ) y un salto Abalakov (ABK). Un total de 24 voleibolistas universitarios se dividieron en dos

grupos iguales asignados por el nivel de competencia. Grupo 1 (G_1) compuesto por voleibolistas de 1ª división universitaria y grupo 2 (G_2) compuesto por voleibolistas de 2ª división universitaria, estos fueron sometidos a dos evaluaciones simultáneas de potencia y EMGs. Para la potencia se utilizó un sistema de grabación en 2D, realizando un seguimiento del trocánter mayor con una cámara de 250 fps. Esta grabación se sometió a una medición por medio de software (Tracker®), para obtener los valores de potencia absoluta. La EMGs se realizó por medio de un electromiógrafo Delsys Trigno® en los músculos GM, VM, VL y GASLAT. Se presentaron diferencias significativas en %Peak_{RMS} del VL ($G_1=65.2 \pm 10.2$; $G_2=54.0 \pm 11.7$ %Peak_{RMS}; $p < 0.05$) en CMJ, mientras que en ABK presentaron diferencias significativas VL ($G_1=69.6 \pm 17.3$; $G_2=55.1 \pm 12.3$ %Peak_{RMS}; $p < 0.05$) y GASLAT ($G_1=61.4 \pm 13.4$; $G_2=50.6 \pm 7.2$ %Peak_{RMS}; $p < 0.05$), para la potencia relativa no se presentaron diferencias significativas entre CMJ ($p > 0.05$) y ABK ($p > 0.05$).

Palabras clave: electromiografía de superficie, potencia, salto vertical, voleibol

Abstract

The purpose of this study was to determine the relative potency of the lower limb and the surface electromyographic activity (EMGs) of the gluteus maximus (GM), vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL) and lateral gastrocnemius (GASLAT), during a countermovement jump (CMJ) and an Abalakov jump (ABK). A total of 24 university volleyball players were separated into two groups the same assigned by the division. Group 1 (G_1) is formed of volleyball players from the 1st university division. Group 2 (G_2), is formed of volleyball players from the 2nd university division. These two groups carried out two simultaneous assessments of power and EMGs. For power was used a 2D recording system. This measure was taken by tracking the greater trochanter through a camera that captures at 250 fps. Then, the recording was measured by a software (Tracker®), to obtain the absolute power values. The EMGs were performed using a Delsys Trigno® electromyograph in the muscles GM, VM, VL and GASLAT. Significant differences in %Peak_{RMS} of the VL ($G_1=65.2 \pm 10.2$; $G_2=54.0 \pm 11.7$ %Peak_{RMS}; $p < 0.05$) in a CMJ, while in ABK showed significant differences in VL ($G_1=69.6 \pm 17.3$; $G_2=55.1 \pm 12.3$ %Peak_{RMS}; $p < 0.05$) y GASLAT ($G_1=61.4 \pm 13.4$; $G_2=50.6 \pm 7.2$ %Peak_{RMS}; $p < 0.05$), for the relative potency no significant differences were presented between CMJ ($p > 0.05$) and ABK ($p > 0.05$).

Keywords: surface electromyography, power, vertical jump, volleyball

Introducción

El voleibol actualmente presenta diversos elementos de análisis, que determinan las manifestaciones físicas involucradas en este deporte, el cual tiene entre sus características principales una alta demanda física, que requiere de un rendimiento de intensidad elevada y corto tiempo con breves tiempos de descanso (Rodríguez Quijada, [2015](#); Hileno y Buscà, [2012](#)). Las características físicas y fisiológicas que los jugadores de voleibol poseen, los ayudan a desempeñarse en las distintas acciones técnico tácticas del juego (Nikolaidis et al., [2015](#)). Una de las manifestaciones de la fuerza que requiere el voleibol es la potencia del miembro inferior, para realizar gestos técnicos como el ataque, bloqueo y armado, los cuales necesitan del salto vertical para poder ejecutarlos (Martínez, [2017](#)).

La potencia muscular del tren inferior y la capacidad del salto vertical, son considerados elementos importantes para el éxito del rendimiento atlético (Cormie, McGuigan y Newton, [2011](#)). Muchas investigaciones han apuntado al desarrollo del rendimiento del salto vertical como elemento prioritario del voleibol (Viitasalo y Bosco, [1982](#); Chu y Myer, [2013](#); Jiménez, Salicetti-Fonseca y Jiménez-Díaz, [2018](#)). La actividad muscular contráctil puede ser valorada por una técnica llamada electromiografía (EMG), la cual registra la actividad eléctrica evocada en el músculo cuando es activado por el sistema nervioso central para realizar una contracción (Merletti y Parker, [2004](#)). La EMG provee información acerca del tiempo de activación muscular y una estimación de la fuerza aportada por el músculo (Enoka y Duchateau, [2016](#)). Para mediciones que involucran movimientos dinámicos como saltos o carreras, se utiliza la electromiografía de superficie (EMGs), la cual es captada por medio de electrodos ubicados en el vientre muscular (Hermens, Merletti y Freriks, [1996](#)). Una de las unidades de medida más utilizada para valorar el nivel de actividad muscular en movimientos dinámicos es la magnitud electromiográfica. La magnitud electromiográfica es la cantidad de actividad eléctrica muscular, la cual se encuentra relacionada por la raíz media cuadrática (RMS) de la señal EMG, describiendo de manera técnica la potencia de la señal (Ebben, Simenz y Jensen, [2008](#)).

Las acciones musculares en un salto vertical se encuentran dirigidas por la cadena extensora del miembro inferior, que determina los músculos implicados en el salto. La

cadena comienza en la cadera donde el glúteo mayor realiza una extensión coxofemoral (Kim y Park, [2016](#)) además de glúteo medio y músculos isquiosurales, junto con tensar los ligamentos de esta articulación, la actividad de los isquiosurales desencadenan una activación recíproca a nivel de rodilla mediante la activación de los vastos que componen el músculo cuádriceps, mayormente vasto medial y vasto lateral en la segunda etapa la extensión de rodilla (Knežević y Mirkov, [2011](#)), finalizando la cadena extensora en la articulación del tobillo, a través del músculo gastrocnemio (MacDowall, Sanzo y Zerpa, [2015](#)).

El salto vertical es una herramienta válida para medir el rendimiento de la potencia del miembro inferior (Markovic y Jaric, [2007](#)). Los saltos más adecuados para la medición de la potencia en voleibol corresponden al contramovimiento (CMJ) y abalakov (ABK) (Sozbir, [2016](#)), debido a su aproximación con los movimientos que se demuestran en este deporte. En el salto CMJ se deben ubicar los pies ligeramente separados, con las manos en la cadera durante toda la prueba; el sujeto inicia el movimiento desde la posición de erguido, para luego bajar hasta los 90° de flexión de rodilla y volver a subir lo más rápido posible (Bosco, [1994](#)), mientras que el salto ABK es similar al CMJ con la diferencia que el sujeto utiliza sus brazos libres para utilizarlos en todo el movimiento.

Los métodos más utilizados para estimar la potencia de la cadena extensora se basan en la altura del salto vertical como variable inicial (Kröll, Fritz y Hermann, [junio 2017](#); Sayers, Harackiewicz, Harman, Frykman y Rosenstein, [1999](#)), sin embargo, escasos son los estudios que utilizan EMGs y potencia en su valoración. A raíz de lo anterior es que se plantea la siguiente interrogante ¿Cuál es la potencia y nivel de actividad electromiográfica en la cadena extensora de los miembros inferiores (MMII) en voleibolistas universitarios, en saltos CMJ y ABK?, detallando que el propósito de la investigación es determinar la potencia relativa del miembro inferior y actividad electromiográfica en saltos CMJ y ABK en voleibolistas universitarios.

Muestra y metodología

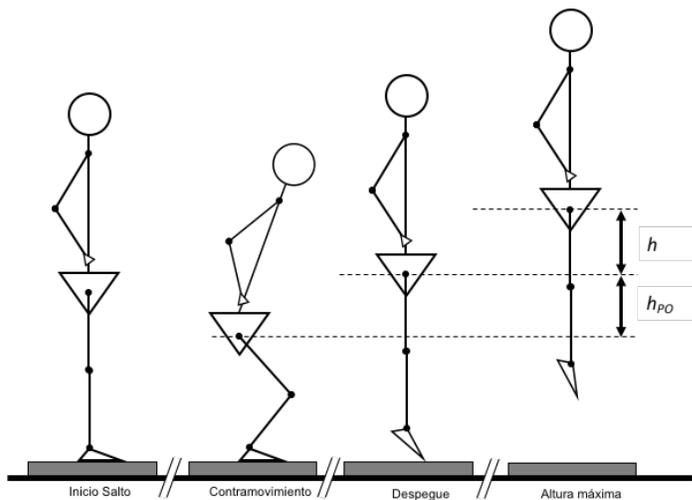
En este estudio se utilizó una muestra de tipo intencionada por las características y viabilidad de la investigación, compuesta por 24 voleibolistas universitarios varones. Se dividieron en dos grupos asignados por el nivel de competencia. Grupo 1 (G₁) está compuesto por voleibolistas de 1ra división universitaria (n=12) (21.4 ± 3.0 años; 73.3 ±

10.8 kg; 179.1 ± 6.2 cm) y en grupo 2 (G_2), está compuesto por voleibolistas de 2da división universitaria ($n=12$) (20.9 ± 2.5 años; 70.7 ± 7.9 kg; 175.0 ± 5.2 cm). Los participantes fueron informados de los procedimientos, objetivos, riesgos y beneficios a través de un consentimiento informado, el cual firmaron voluntariamente, respetando el tratado de Helsinki y aprobado por Comité Ético Científico de la Universidad Mayor de Chile N°032-2018.

Durante la ejecución de los saltos CMJ y ABK se realizaron se realizaron dos registros de manera simultáneas; potencia de salto y actividad electromiográfica de los músculos gluteo mayor (GM), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) y gastrocnemio lateral (GASLAT). Cada participante realizó una etapa previa de familiarización con los saltos, corrigiendo errores en su ejecución durante 10 minutos. Los deportistas realizaron tres repeticiones en cada salto con pausas completas, de 3 minutos, entre las repeticiones y saltos, instando al deportista en obtener el mejor rendimiento en cada uno de ellos.

Potencia de Salto

La potencia fue medida a través de la ecuación propuesta por Samozino, Morin, Hintzy y Belli (2008). Esta medición se realizó a través del método de seguimiento del trocánter mayor en 2D (2D trochanter tracking). Se ubicó un marcador reflectante en el trocánter mayor. Se grabó el salto en 2D con una cámara de alta velocidad (250 fps) y una resolución de 640x360Mp. La grabación fue analizada utilizando el software tracker 4.96® para Windows. La calibración del video se realizó ubicando un objeto a un metro del marcador y a la misma distancia de la cámara. Para calcular la altura del salto se consideró la diferencia de la posición del trocánter mayor en dirección vertical entre la máxima altura durante el salto y el momento del despegue (Kröll et al., 2017). Ver [Figura 1](#).



$$\bar{P} = mg \left(\frac{h}{h_{PO}} + 1 \right) \sqrt{\frac{gh}{2}}$$

Figura 1. Valoración de saltos. Adaptado de Samozino, et al. (2008). P: potencia (watts); m: masa (kg); g: gravedad (9,81 m/s²); h: altura de salto en forma vertical (m); h_{PO} : distancia entre la altura del marcador de la cadera en el momento del despegue y altura más baja del contramovimiento (m).

Adquisición de las señales EMGs.

La señal electromiográfica se obtuvo con electrodos bipolares de superficie de plata 99%, de 1 mm. de ancho y 10 mm. de longitud y una separación interelectrodo de 10 mm. (Modelo Delsys® Inc. Boston. M. USA). Las señales registradas por los electrodos fueron preamplificadas en forma diferencial con un modo común de rechazo de 92 dB, y una ganancia de 1 kHz (Delsys Inc. Boston. USA). Mediante un Electromiógrafo inalámbrico Delsys modelo trigno®, validado internacionalmente (Cronin, Hanley y Bissas, 2016; Fuller, Thewlis, Tsiros, Brown, y Buckley, 2016; Mascret et al., 2016) se digitalizó la señal EMG a una frecuencia de muestreo de 1000 Hz. (Myomonitor USA.). Para la ubicación de los electrodos se utilizó la recomendación de SENIAM® en el vientre de los músculos GM, VM, VL y GASL (Criswell, 2011). La impedancia es un factor importante al momento de realizar la medición EMGs. Un alto nivel de impedancia genera interferencias o ruidos que producen una mala captura de la señal por parte de los electrodos, para disminuir el ruido se debió preparar la piel, de manera que esta quedó sin vellos ni suciedad (Hermens, et al., 2007).

Procesamiento de la señal de la EMGs.

Las señales EMG obtenidas fueron procesadas en una macrocomputadora registrados por el software IGOR PRO Wavemetrics 5.01®. Todas las señales electromiográficas fueron rectificadas en forma completa y pasadas por un filtro digital pasa bajo de 6 Hz. Para registrar el inicio de la activación muscular, primeramente, se definió un nivel basal que correspondió al promedio de la amplitud registrada en una ventana previa a la activación con un umbral correspondiente al valor basal más 10 veces la desviación

estándar de dicha ventana. Una vez determinado el inicio de la actividad eléctrica muscular se calculó la magnitud de la respuesta, a través de la RMS. Se analizó la RMS de cada contracción muscular, solo en su fase concéntrica. Las normalizaciones de los datos se realizaron mediante la técnica de Peak Value de la señal de EMG, a través de una ventana de tiempo de 20 ms (Halaki y Ginn, [2012](#)).

Análisis estadístico

Inicialmente se realizó un análisis exploratorio de datos para identificar y corregir valores extremos. La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de homocedasticidad (criterio de Bartlett). Se aplicaron ANOVAs de dos vías para grupos independientes (grupo x salto) para potencia (CMJ y ABK) y cada uno de los músculos evaluados con EMGs (VM, VL, GM y GASLAT) y su correspondiente post-hoc Bonferroni para establecer la diferencia entre medias. Eta-cuadrado (η^2) y la estadística d de Cohen se usaron para estimar la magnitud de los efectos de los tratamientos entre grupos. Finalmente, se usó $p < 0.05$ como nivel de significancia en todos los análisis (SPSS, 20.0).

Resultados

En la [Tabla 1](#) se presenta la potencia relativa entre ambos grupos (G_1 y G_2) y el tipo de salto (CMJ y ABK). La estadística demostró que existe un efecto en el tipo de salto ($F=125.341$; $p=0.00$; $\eta^2=0.85$), ya que en el ABK se consiguen mayores niveles de potencia, además no se hallaron diferencias entre grupo ($F=0.012$; $p=0.9$; $\eta^2=0.01$), o la interacción entre el tipo de salto y el grupo ($F=0.408$; $p=0.259$; $\eta^2=0.02$).

Tabla 1.

Resultados de la potencia relativa por grupos en CMJ y ABK.

Grupo	CMJ (Watts/Kg)	ABK (Watts/Kg)
G_1	28.6±3.5	33.1±4.0
G_2	28.5±4.1	33.6±5.2

CMJ: Salto Contramovimiento – ABK: Salto Abalakov. Fuente: Elaboración propia

En la [Tabla 2](#) se presenta la estadística descriptiva de los valores de actividad RMS para los músculos GM, VM, VL y GASLAT tomando en consideración grupo (G_1 y G_2) y tipo de salto (CMJ y ABK). No hubo efecto de interacción entre tipo de salto y grupo para GM ($F_{3,192}=1.421$; $p=0.078$; $\eta^2=0.011$) y VM ($F_{3,192}=0.231$; $p=0.081$; $\eta^2=0.01$). El VL presentó efecto de interacción ($F_{3,192}=4.439$; $p=0.008$; $\eta^2=0.241$), en CMJ y ABK, donde los deportistas de G_1 manifestaron mayor actividad ($p \leq 0.03$). Resultado similar fue observado

para el GASLAT, donde los deportistas de G₁ presentaron mayor activación muscular pero solo en ABK (p=0.011).

Tabla 2.

Resultados RMS de EMGs en salto CMJ y ABK.

Tipo de salto	Grupo	Glúteo Mayor	Vasto medial	Vasto lateral	Gastrocnemio lateral
CMJ (%Peak _{RMS})	G ₁	52.3±15.7	63.9±17.3	65.2±10.2 ^a	63.4±14.4
	G ₂	50.5±9.6	55.1±16.2	54.0±11.7	56.2±10.4
ABK (%Peak _{RMS})	G ₁	56.0±11.5	62.9±13.4	69.6±17.3 ^b	61.4±13.4 ^c
	G ₂	47.6±9.0	54.7±10.6	55.1±12.3	50.6±7.2

^a p=0.022 vs. G₂, ^b p=0.03 vs. G₂, ^c p=0.011 vs. G₂. Fuente: Elaboración propia

Discusión

El éxito deportivo en el voleibol requiere de una adecuada identificación de las variables que permitan no solo la selección de jugadores, sino que a su vez una correcta planificación de los entrenamientos (Sattler, Hadžić, Dervišević y Markovic, [2015](#)). Algunas de estas variables son la potencia muscular y la actividad electromiográfica, las cuales influyen directamente en el rendimiento del salto vertical. De esta manera se demuestra la importancia de valorar de forma sistemática la potencia en voleibolistas, ya que las manifestaciones de la fuerza que demanda este deporte son de alta exigencia (Smith, Roberts y Watson, [1992](#)).

Las distintas fórmulas que calculan de manera indirecta la potencia del salto vertical, establecen estadísticamente que la producción de potencia máxima depende, en gran medida, de la altura del salto vertical y masa corporal (Canavan y Vescovi, [2004](#); Lara Sánchez et al., [2006](#)), la propuesta de Samozino, et al. ([2008](#)) considera estas variables y agrega una más; masa corporal (m), altura de salto (h) y distancia del empuje (h_{PO}). La h_{PO} determina la distancia en que se ejerce la fuerza contra el piso obteniendo una relación directa con el salto debido a la especificidad del movimiento (Johnson y Bahamonde, [1996](#)), mientras que la h la cual se inicia desde el despegue hasta la máxima altura alcanzada tiene una relación directa sobre la potencia del salto (Sayers et al., [1999](#)) (Canavan y Vescovi, [2004](#); Lara Sánchez et al., [2006](#)), esta distancia de empuje y altura de salto se recomienda valorarlas a través de seguimiento de marcadores (Kröll et al.,

[2017](#)), evitando el sesgo de evaluación que utilizan otras propuestas que determinan la altura de salto a través de tiempos de vuelo (Vandewalle, Péerès y Monod, [1987](#)).

La potencia generada en los distintos saltos que se utilizan en las valoraciones deportivas describen al salto ABK como uno de los que alcanzan mayores niveles de potencia (Lara, Abián, Alegre y Jiménez, [2004](#)), lo que concuerda con los valores obtenidos en ABK al compararlos con los de CMJ en esta investigación, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de jugadores, por otra parte Gonçalves, Lopes, Nunes, Marinho y Neiva ([2019](#)) compararon jugadores de voleibol de elite con jugadores sub-elite en pruebas de lanzamiento del balón medicinal, CMJ, ABK y salto con vertical con impulso, encontrando mayores niveles de rendimiento en saltos CMJ para jugadores de voleibol de elite en comparación con jugadores sub-elite.

La actividad electromiográfica de la cadena extensora en miembros inferiores, muestra que los músculos VM, VL y GASLAT tienen mayores niveles de activación que el GM en saltos ABK y CMJ, similar a lo descrito por Harry et al. ([2018](#)) donde menciona que GASLAT, VL y VM se encuentran entre los cinco principales músculos en CMJ y ABK tanto para grupos de alto como bajo nivel, corroborando que los saltos verticales CMJ y ABK tienen una baja variabilidad en las estrategias de activación electromiográfica inclusive en condiciones de fatiga (Rodacki, Fowler y Bennett, [2002](#)) o diferentes modalidades de voleibol (Dal Bello, Navarro Caballero, Rueda y Aedo-Muñoz, [junio 2017](#)).

La baja actividad electromiográfica del GM en comparación con los otros músculos en jugadores de 1ra división universitaria, concuerda con lo descrito por Simsek, Kirkaya, Onarici Gungor y Ruhi Soylu ([2016](#)), donde demostraron que en un salto CMJ la activación electromiográfica fue mayor en la musculatura de la rodilla en comparación con la musculatura de la cadera, detallando que esta baja actividad del GM se asocia con bajos valores de parámetros cinéticos en la articulación de cadera, expresando un bajo aporte de esta articulación en el salto CMJ.

Esto puede tener explicación a la diferencia en los ángulos articulares para cada tipo de salto en la fase de despegue, ya que para el salto ABK los brazos tienen un movimiento libre provocando una mayor flexión de cadera al momento de llevar los brazos hacia posterior (Hara, Shibayama, Takeshita y Fukashiro, [2006](#); González Cruz, Bregains y Braidot, [2008](#)). Durante el salto ABK se presenta una limitación al utilizar el método de valoración propuesto por Samozino et al. ([2008](#)), ya que este se encuentra diseñado para

SJ y algunos estudios mencionan un buen nivel de precisión con CMJ (García-Ramos et al., [2019](#)).

El voleibol universitario actual, es una competencia de alto nivel donde muchos jugadores son proyectados a equipos profesionales e inclusive selecciones nacionales, el control del rendimiento en todas las dimensiones es relevante, la baja de rendimiento se asocia directamente con riesgo de lesión, diferentes dietas y falta de evaluaciones científicas periódicas (Kubiak, [2012](#)). Esta última detalla la importancia de esta investigación, ya que busca proporcionar a los entrenadores y profesionales de la actividad física valores de potencia y actividad electromiográfica para identificar niveles de avances o retrocesos del rendimiento en el voleibol universitario.

Para futuras investigaciones se recomienda realizar valoraciones de la actividad electromiográfica durante la fase excéntrica de los saltos, además de contar con muestras de damas como varones.

Conclusiones

La potencia relativa señaló que no existen diferencias significativas entre ambos grupos en los saltos CMJ y ABK. Para la actividad electromiográfica se concluyó que en el salto CMJ la actividad neuromuscular es mayor en todos los músculos del grupo de jugadores de 1ra. División, sin embargo, el único que presenta diferencias relevantes es el VL. En el salto ABK la actividad electromiográfica es mayor de manera significativa en los músculos VL y GASLAT, también en el grupo de 1ra. División.

Financiación

El presente trabajo no dispuso de apoyo financiero de ninguna naturaleza para su realización.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

- Bosco, C. (1984). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo.
- Canavan, P. K., y Vescovi, J. D. (2004). Evaluation of power prediction equations: peak vertical jumping power in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(9), 1589–1593. doi: <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000139802.96395.ac>
- Chu, D. A., y Myer, G. (2013). *Plyometrics*. Estados Unidos: Human Kinetics. Recuperado de <https://www.amazon.com/-/es/Donald-Chu/dp/0736079602>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., y Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17-38. doi: <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Criswell, E. (2011). *Cram's introduction to Surface Electromyography* (2ª ed). Canada: Jones and Bartlett Publishers. Recuperado de http://samples.jbpub.com/9780763732745/32745_fmxx_final.pdf
- Cronin, N. J., Hanley, B., y Bissas, A. (2016). Mechanical and neural function of triceps surae in elite racewalking. *Journal of Applied Physiology*, 121(1), 101-105. Recuperado de <http://europepmc.org/article/med/27255524>
- Dal Bello, F., Navarro Caballero, E., Rueda, J., y Aedo-Muñoz, E. (Junio, 2017). *Vertical jump characteristic and low limbs muscular contribution in chileans volleyball players during the counter movement jump (CMJ)*. Trabajo presentado en 35thConference International Biomechanic of Sport, Cologne, Germany. Recuperado de <https://commons.nmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1215&context=isbs>
- Ebben, W.P., Simenz, C., y Jensen, R. (2008). Evaluation of Plyometric Intensity Using Electromyography. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 861–868. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a834b>
- Enoka, R.M., y Duchateau, J. (2016). Translating Fatigue to Human Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2228–2238. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000929>
- Fuller, J.T., Thewlis, D., Tsiros, M.D., Brown, N.A.T., y Buckley, J.D. (2016). Effects of a minimalist shoe on running economy and 5-km running performance. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1740–1745. doi: <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1136071>
- García-Ramos, A., Pérez-Castilla, A., Morales-Artacho, A. J., Almeida, F., Padial, P.,

- Bonitch-Góngora, J., ... Feriche, B. (2019). Force-Velocity Relationship in the Countermovement Jump Exercise Assessed by Different Measurement Methods. *Journal of Human Kinetics*, 67(1), 37-47. doi: <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0085>
- Gonçalves, C.A., Lopes, T.J.D., Nunes, C., Marinho, D.A., y Neiva, H.P. (2019). Neuromuscular Jumping Performance and Upper-Body Horizontal Power of Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003139>
- González Cruz, C., Bregains, F., y Braidot, A. (2008). Análisis cinemático del salto en pacientes sin patologías en extremidades inferiores. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(3), 33–39. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622008000100006
- Halaki, M., y Ginn, K. (2012). Normalization of EMG Signals: To Normalize or Not to Normalize and What to Normalize to? En: G.R. Naik. *Computational Intelligence in Electromyography Analysis - A Perspective on Current Applications and Future Challenges*. Intechopen. doi: <https://doi.org/10.5772/49957>
- Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., y Fukashiro, S. (2006). The effect of arm swing on lower extremities in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, 39(13), 2503–2511. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.07.030>
- Harry, J. R., Paquette, M. R., Schilling, B. K., Barker, L. A., James, C. R., y Dufek, J. S. (2018). Kinetic and Electromyographic Subphase Characteristics With Relation to Countermovement Vertical Jump Performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 34(4), 291–297. doi: <https://doi.org/10.1123/jab.2017-0305>
- Hermens, H.J., Merletti, R., y Freriks, B. (1996). *European Activities on Surface Electromyography [SENIAM]*. Netherlands: Roessingh Research and Development. Recuperado de <http://www.seniam.org/pdf/contents1.PDF>
- Hermens, H., Freriks, B., Merletti, R., Stegeman, D., Blok, J., Rau, G., ... Hägg, G. (2007). *European Recommendations for Surface Electromyography*. Recuperado de <http://www.seniam.org/pdf/contents8.PDF>
- Hileno, R., y Buscà, B. (2012). Herramienta observacional para analizar la cobertura del ataque en voleibol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 12(47), 1–14. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/542/54224563010.pdf>

- Jiménez, D. A., Salicetti- Fonseca, A., y Jiménez-Díaz, J. (2018). Efectos del entrenamiento pliométrico en la fuerza explosiva en deportes colectivos: un metaanálisis. *Pensar En Movimiento: Revista de Ciencias Del Ejercicio y La Salud*, 16(1), e27752. doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v16i1.27752>
- Johnson, D.L., y Bahamonde, R. (1996). Power Output Estimate in University Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(3), 160-166. Recuperado de https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1996/08000/Power_Output_Estimate_in_University_Athletes.6.aspx
- Kim, J., y Park, M. (2016). Changes in the activity of trunk and hip extensor muscles during bridge exercises with variations in unilateral knee joint angle. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(9), 2537–2540. doi: <https://doi.org/10.1589/jpts.28.2537>
- Knežević, O., y Mirkov, D. (2011). Strength and power of knee extensor muscle. *Physical Culture*, 65(2), 5-15. doi: <https://doi.org/10.5937/fizkul1102005K>
- Kröll, J., Fritz, J., y Hermann, S. (Junio, 2017). *The 2D Trochanter tracking method: A low cost alternative when Assessing vertical power-force-velocity profile?* Trabajo presentado en 35thConference International Biomechanic of Sport, Cologne, Germany. Recuperado de <https://commons.nmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1146&context=isbs>
- Kubiak, C. (2012). *Perceived factors influencing athletic performance across career stages*. School of Social and Health Sciences: Halmstad University. Recuperado de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:619224/FULLTEXT01.pdf>
- Lara, A., Abián, J., Alegre, L., Jiménez, L., y Aguado, X. (2004). *Direct versus indirect measurement of power with jump tests in female volleyball*. Trabajo presentado en 10th Annual Congress of the European College of Sport Science. Recuperado de <http://www.smas.org/2-kongres/papers/922.pdf>
- Lara Sánchez, A., Alegre, L. M., Abián-Vicén, J., Jiménez Linares, L., Ureña Espa, A., y Aguado, X. (2006). The selection of a method for estimating power output from jump performance. *Journal of Human Movement Studies*, 50(6), 399–410. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/253644452_The_selection_of_a_method_for_estimating_power_output_from_jump_performance
- Markovic, G., y Jaric, S. (2007). Positive and Negative Loading and Mechanical Output in Maximum Vertical Jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10),

1757–1764. doi: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31811ece35>

Martinez, D. (2017). Consideration for Power and Capacity in Volleyball Vertical Jump Performance. *Strength And Conditioning Journal*, 39(4), 36-48. Doi: <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000297>

Mascret, N., Ibáñez-Gijón, J., Bréjard, V., Buekers, M., Casanova, R., Marqueste, T., ... Cury, F. (2016). The Influence of the 'Trier Social Stress Test' on Free Throw Performance in Basketball: An Interdisciplinary Study. *PLoS One*, 11(6), e0157215. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157215>

Merletti, R., y Parker, P.J. (2004). *Electromyography: Physiology, Engineering, and Non-Invasive Applications*. New Jersey: IEEE. Recuperado de <https://books.google.cl/books?id=SQthgVMil3YC>

Nikolaidis, P.T., Afonso, J., Buško, K., Ingebrigtsen, J., Chtourou, H., y Martin, J. (2015). Positional Differences of Physical Traits and Physiological Characteristics in Female Volleyball Players – the Role of Age. *Kinesiology*, 47(1), 75–81. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/267749972_Positional_differences_of_physical_traits_and_physiological_characteristics_in_female_volleyball_players_-_the_role_of_age

Rodacki, A.L.F., Fowler, N. E., y Bennett, S.J. (2002). Vertical jump coordination: Fatigue effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(1), 105–116. doi: <https://doi.org/10.1097/00005768-200201000-00017>

Rodríguez Quijada, M. (2015). Voleibol: análisis de su estructura y características para entender el juego. *EFDeportes.Com*, 20(10). Recuperado de <https://www.efdeportes.com/efd210/voleibol-analisis-para-entender-el-juego.htm>

Samozino, P., Morin, J.B., Hintzy, F., y Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during the squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41(14), 2940–2945. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>

MacDowall, I., Sanzo, P., y Zerpa, C. (2015). The Effect of Kinesio Taping on Vertical Jump Height and Muscle Electromyography Activity of the Gastrocnemius and Soleus in Varsity Athletes. *International Journal of Sports Science*, 5(4), 162-170. Recuperado de <http://article.sapub.org/10.5923.j.sports.20150504.08.html>

Sattler, T., Hadžić, V., Dervišević, E., y Markovic, G. (2015). Vertical Jump Performance of

- Professional Male and Female Volleyball Players: effects of playing position and competition level. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1486–1493. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000781>
- Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., y Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(4), 572–577. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10211854>
- Simsek, D., Kirkaya, İ., Onarici Gungor, E., y Ruhi Soylu, A. (2016). Relationships among Vertical Jumping Performance, EMG Activation, and Knee Extensor and Flexor Muscle Strength in Turkish Elite Male Volleyball Players. *Turkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 8(2), 46-56. doi: <https://doi.org/10.5336/sportsci.2016-51433>
- Smith, D. J., Roberts, D., y Watson, B. (1992). Physical, physiological and performance differences between canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 10(2), 131–138. doi: <https://doi.org/10.1080/02640419208729915>
- Sozbir, K. (2016). Effects of 6-Week Plyometric Training on Vertical Jump Performance and Muscle Activation of Lower Extremity Muscles. *The Sport Journal*, 1-18. Recuperado de <https://thesportjournal.org/article/effects-of-6-week-plyometric-training-on-vertical-jump-performance-and-muscle-activation-of-lower-extremity-muscles/>
- Vandewalle, H., Péérès, G., y Monod, H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Medicine*, 4, 268–289. doi: <https://doi.org/10.2165/00007256-198704040-00004>
- Viitasalo, J. T., y Bosco, C. (1982). Electromechanical behaviour of human muscles in vertical jumps. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 48, 253–261. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00422986>