

## LA FATIGA, TIPOS CAUSAS Y EFECTOS

### THE FATIGUE, TYPES, CAUSES AND EFFECTS

#### **Jorge Enrique Moreno Quinchanegua**

*Licenciado en educación física de la Universidad Pedagógica Nacional. Estudiante de Maestría en ciencias del deporte. Universidad U.D.C.A.  
E-mail: jorge\_tkw@hotmail.com*

#### RESUMEN

---

El siguiente artículo hace parte del proyecto de investigación "Efecto de los métodos de recuperación activa y pasiva en deportistas paralímpicos de levantamiento de pesas". Metodología: Tiene como fin conceptualizar la fatiga desde los estudios de varios artículos científicos, explicar sus causas y enmarcar los tipos de fatiga, pasando por experimentos sobre la fatiga y cómo actúa fisiológicamente el organismo. Resultado: La fatiga en el ámbito de la actividad física y deportiva, interviene en el rendimiento al disminuir la intensidad o el nivel de actividad que se esté realizando, por ello, se hace necesario conocer cómo afecta en la actividad realizada.

**Palabras Clave:** Fatiga, fatiga central, fatiga periférica, fatiga muscular, músculo.

#### ABSTRACT

---

The following article is part of the research project "Effect of active and passive recovery methods on Paralympic weightlifting athletes". Methodology: Its purpose is to conceptualize fatigue from the study of several scientific articles, explain its causes

and frame the types of fatigue, through experiments on fatigue and how the body acts physiologically. Result: Fatigue in the field of physical activity and sports, intervenes in performance by reducing the intensity or level of activity that is being performed, therefore, it is necessary to know how it affects the activity performed.

**Key words:** fatigue, central fatigue, peripheral activity, muscle fatigue, muscle.

#### INTRODUCCIÓN

---

En parámetros de actividad física, deportiva o competitiva, se debe tener en cuenta la fatiga como un estado moderador de la actividad, porque con su aparición se empiezan a generar cambios físicos y mentales dentro de las acciones que se están realizando, la fatiga también, puede ser causante de deficiencia en la técnica deportiva y crear mayor probabilidad de lesiones en los deportistas (Carvalhais, et al., 2013).

Como ejemplo en el voleibol el movimiento repetitivo del ataque genera fatiga y como consecuencia con el tiempo puede llevar a la deficiencia del gesto deportivo y producir disquinesia escapular, una lesión específica en el hombro (Soliamá, et al., 2015, p. 2015). En otros deportes, se ha evidenciado que la fatiga está relacionada con el aumento de la fuerza vertical de reacción del suelo, esto puede generar mayor riesgo para producir una fractura por estrés de la tibia, algo específico en deportes de impacto

continuo como el triatlón y la marcha (Luna, S., et al., 2015, p. 252).

Según Gómez, Bolaños, Minaya y Fogaca (2010), la fatiga puede ser establecida como "la incapacidad para seguir generando un nivel de fuerza o una intensidad de ejercicio determinada" (p.537). Por ello, es de suma importancia conocerla y entender cómo afecta el organismo en su capacidad para realizar un trabajo específico. También, se ha definido la fatiga como la sensación de cansancio, determinada por la disminución del rendimiento deportivo, originada después de realizar un ejercicio de alta intensidad o tiempo prolongado (Sesboüé y Guincestre, 2006, p 348). Entonces, el rendimiento deportivo puede estar limitado por la fatiga, que se caracteriza por ser central o periférica, dependiendo de si se desarrolla proximal o distal a la unión neuromuscular. Ambos modelos representan perjuicios en la capacidad de los músculos para generar fuerza o hacer el trabajo (Shei, y Mickleborough, 2013, p.1).

Existen problemas al investigar la fatiga, a causa de su complejidad en la cantidad de factores que influyen para que surja y como se manifiesta, se ha propuesto por varios autores que depende de donde se derive la fatiga, puede ser determinada como fatiga central o fatiga periférica. La fatiga central se refiere a las acciones que afectan neuronalmente la contracción muscular y la fatiga periférica, cuando se presenta un deterioro de los procesos bioquímicos de la contracción muscular (Santos, Dezan, Sarraf, 2003, p.8).

Entonces, resulta oportuno empezar a explicar los tipos de fatiga, debido a que se encuentran muy relacionados, y su accionar determina la capacidad del organismo para mantenerse, seguir, aumentar o parar las acciones que se estén ejecutando.

## FATIGA CENTRAL

---

Respecto a la fatiga central se encuentra, que existen conflictos al tratar de definirla por la complejidad de su aparición, esta fatiga hace referencia a las alteraciones en el funcionamiento del sistema nervioso central, específicamente, en el funcionamiento cerebral, que se puede traducir en variaciones o fallas voluntarias e involuntarias, que pueden ocurrir en varios niveles de las estructuras nerviosas que intervienen en la actividad física, que puede provocar una alteración en la transmisión desde el sistema nervioso central (SNC) o en el reclutamiento de los axones motores (Santos, M., et al., 2003, p. 8).

En este tipo de fatiga existe una reducción en la contracción máxima voluntaria, afectando la cadena de mando de la contracción muscular. Estos factores se extienden desde el nivel cortical a la unión neuromuscular, es decir, la parte extramuscular de la cadena de comandos del proceso de contracción muscular, que producen una disminución en la capacidad del sistema nervioso central, para enviar la señal a la unión neuromuscular, la fatiga central se caracteriza por una reducción de la contractilidad independientemente de factores mecánicos y metabólicos propios del músculo (Sesboüé, B., et al., 2006, p. 349).

Estudios acerca de las causas de la fatiga central han revelado que este tipo de fatiga, puede verse inducida a causa de los procesos proximales de las uniones neuromusculares, donde se produce una disminución de los impulsos del sistema nervioso central a la unión neuromuscular, también, se produce la fatiga central por la influencia de los grupos III y IV de los aferentes musculares, que detectan cambios en los medios metabólicos de las fibras musculares, lo que resulta en

una alteración en la unidad central motora (CMD), sucesivamente, la supresión de CMD puede ser el resultado de una disminución en la concentración de la neurotransmisor dopamina en la fatiga y la acumulación de serotonina (5-hidroxitriptamina), en el

cerebro como se muestra en la figura 1 (R Shei, et al., 2013, p.5). Este aumento en los niveles de serotonina está muy relacionado con la aparición de la llamada fatiga central (Mesa, 2013, p.9).

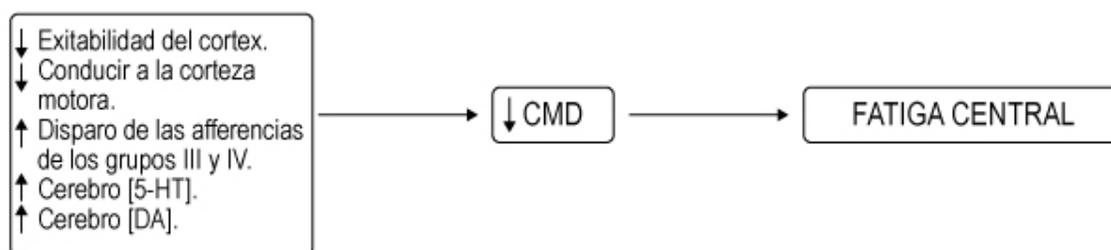


Figura 1: Resumen de los factores centrales que contribuyen a la fatiga. (5-HT), concentración del neurotransmisor serotonina; (DA), concentración del neurotransmisor dopamina. Tomado de (Shei & Mickleborough, 2013, p.6).

## FATIGA PERIFÉRICA

Esta hace referencia a las acciones implicadas en el músculo, por ello, es también llamada fatiga muscular, que puede estar generada por múltiples factores como: alteraciones del Ph, la temperatura y el flujo sanguíneo, la acumulación de productos del metabolismo celular (especialmente de los que resultan de la hidrólisis del ATP, como el ADP, AMP, IMP, Pi y amonio), la pérdida de la homeóstasis del ión Ca<sup>2+</sup>, el papel de la cinética de algunos iones en los medios intra y extracelular (como el K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> Mg<sup>2+</sup>),” (Gómez, et. al., 2010, p.540). Lo anterior, genera una menor disponibilidad de sustratos energéticos en el músculo activo durante los periodos de ejercicio (Ascensão, Magalhães, Oliveira, Duarte y Soares, 2003, p.115).

Este tipo de fatiga se ha determinado como aquella que afecta a las estructuras

situadas por debajo de la placa motora y que actúan en la contracción muscular, se produce a nivel periférico del organismo en el sistema muscular (Mesa, 2013, p.5). La actividad física genera depleción de sustratos como el glucógeno, ATP-PCr, donde la molécula de ATP, se utiliza en el cuerpo como generadora de energía, que luego se puede utilizar para hacer el trabajo celular, entonces la síntesis de ATP es un factor limitante principal de ejercicio.

Como se muestra en la figura 2 (Shei, et al., 2013, p.3). Al igual otros factores que interfieren en la fatiga periférica son el acumulado de metabolitos, hidrogeniones, lactato, fósforo inorgánico, NH<sub>4</sub>, el daño muscular inducido por ejercicio, alteraciones hidroelectrolíticas (H<sub>2</sub>O, Na, K, entre otros), modificaciones en los aminoácidos ramificados y radicales libres (Terrados, 2011, p. 86).

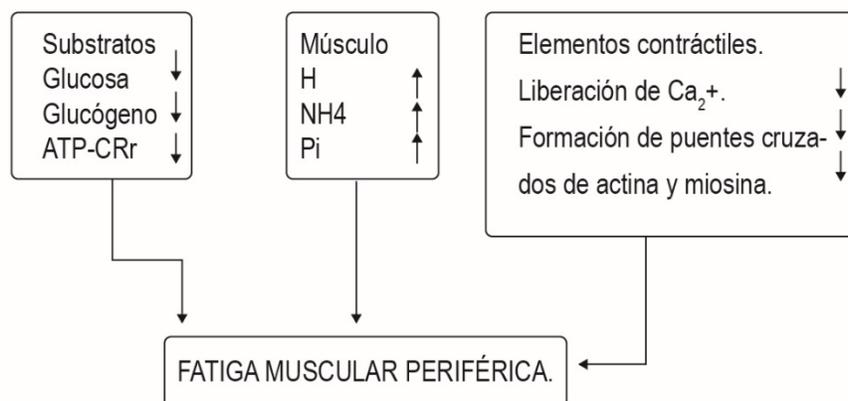


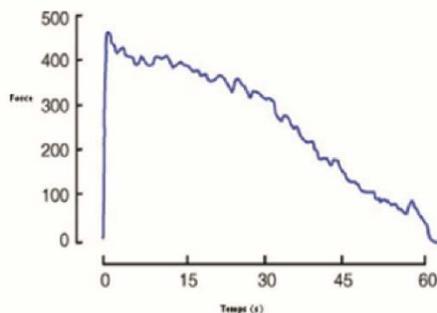
Figura 2: Posibles factores periféricos que contribuyen al desarrollo de la fatiga. Modificado de (Shei & Mickleborough, 2013, p.6).

## LA FATIGA MUSCULAR PERIFÉRICA

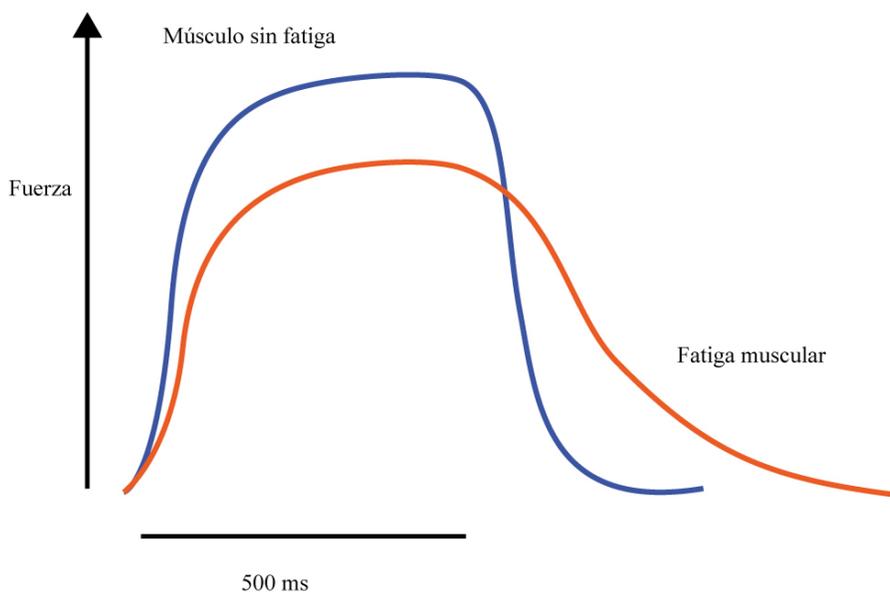
La fatiga muscular periférica, se presenta obedeciendo factores como permanencia e intensidad de la actividad, clase de fibra muscular reclutada, nivel de entrenamiento del sujeto y condiciones ambientales para el ejercicio (Mesa, J., 2013, p. 6). Se produce a través de un encadenamiento de factores que van desde las acciones de reducción en la activación de la motoneuronas, que parten del sistema nervioso central, pasando luego al nervio periférico, la placa terminal donde se produce un fallo en la transmisión neuromuscular, que está directamente afectado el sarcolema que presenta alteraciones en las propagaciones de los potenciales de acción, afectando el retículo sarcoplasmático, los acoples de calcio-

troponina y reducciones en los acoples de actina-miosina (Fernández y Delgado, 2003, p. 48).

La aparición de la fatiga logra disminuir las acciones ejecutadas en cualquier actividad, ejemplo de ello, la disminución de la fuerza en relación del tiempo, disminuye rápidamente. (Figura 4) (Sesboüé et. al. 2006, p.349), También, se han evidenciado las diferencias entre el accionar de un músculo sin fatiga y otro fatigado utilizando estimulaciones eléctricas (Figura 5) (Sesboüé, B., et al., 2006, p. 349). Esto demuestra que la fatiga genera incapacidad de mantener una contracción muscular relacionado con el deporte de alto rendimiento esto puede afectar en cualquier resultado a disputar competitivamente.



*Fig 5: Evolución de la fuerza muscular durante una contracción agotadora: a pesar de la vigilancia visual un estímulo, la fuerza disminuye rápidamente.*



*Fig. 5: Efecto de una estimulación tetánica corta de 50 Hz después de una cansada contracción de 45 s.*

Los estudios sobre la fatiga han logrado exponer teorías sobre su accionar en el organismo, una de ellas trata de sobre el modelo gobernador central (CGM), que exponen Shei y Mickleborough (2013), el CGM sirve para proteger el cuerpo de una crisis metabólica terminal a causa de la intensidad

de la actividad manteniendo una capacidad de reserva metabólica.

En el CGM, la integración de la información y el control de CMD, se postula que tendrá lugar en el pensamiento subconsciente. La manifestación de la fatiga se da a través del resultado de los cálculos mentales subconscientes. Según Shei (2013)

existe una comunicación entre el pensamiento consciente y subconsciente (es decir, conscientemente se produce una desaceleración debido a la fatiga o el intento de combatir la fatiga producida) puede ser re-integrado en el cerebro subconsciente. Al mismo tiempo, la información aferente es enviada de vuelta al pensamiento subconsciente, a través de los nervios somatosensoriales. El CMG, entonces, integra

esta información y produce una respuesta unificada para modular CMD, éste recibe simultáneamente información sensorial desde la periferia, el envío de señales eferentes, y la comunicación con el cerebro consciente.

Con el fin de disminuir la intensidad de la actividad manteniendo una reserva metabólica. Esto se expone en la figura 7.

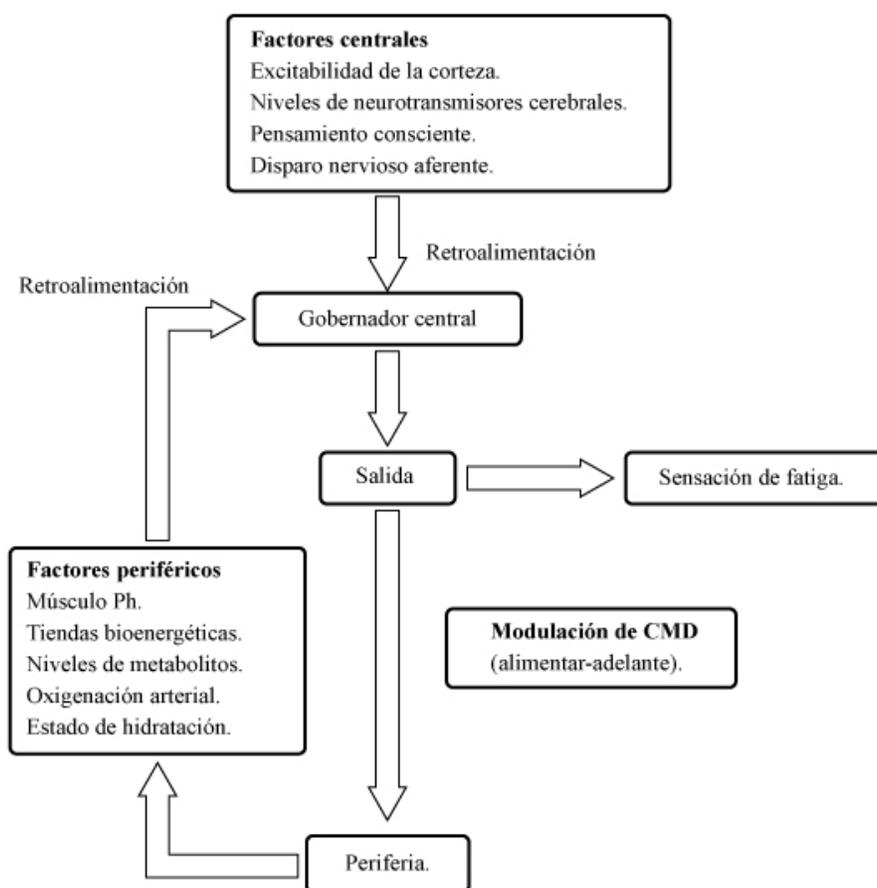


Figura 7: Resumen del CGM propuesto de la regulación del ejercicio durante el ejercicio. CMD, accionamiento de motor central. Tomado de (Shei y Mickleborough, 2013, p.7).

Investigaciones bases metabólicas de fatiga muscular aguda de Santos, M., et al (2003), han propuesto que la fatiga depende de factores como el tiempo de ejecución de la actividad, la intensidad del ejercicio, la edad y el género, como ejemplo: el artículo de revisión creado por Enoka y Duchateau (2008) en que se expuso las diferencias entre jóvenes adultos y adultos mayores respecto a la fuerza específica

generada, se evidenció que los jóvenes eran más fuertes que los adultos mayores durante una contracción isométrica máxima. La tarea consistía en mantener una contracción isométrica con los músculos flexores del codo a 20% del máximo durante el mayor tiempo posible Figura 7 (Enoka y Duchateau, 2008, p.13).

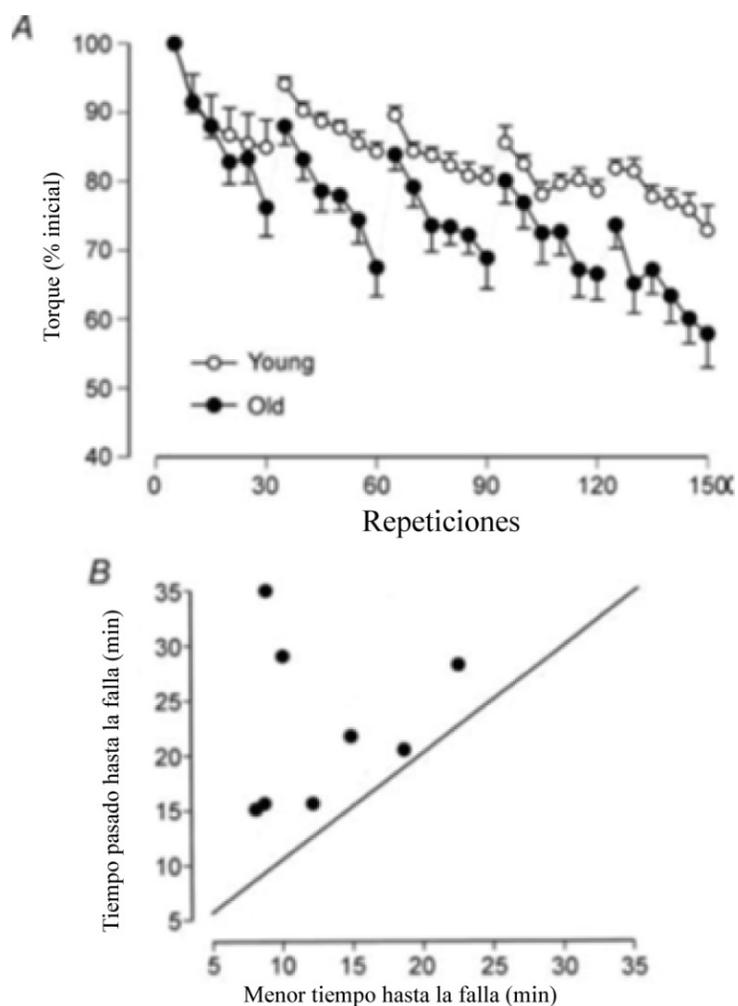


Figura 7. Diferencias de fatigabilidad entre adultos jóvenes y adultos. Tomado de (Enoka, R. y Duchateau, J., 2008, p.12).

La fatiga experimentada por los dos grupos de sujetos se asoció con cambios en el control de acoplamiento de excitación-contracción por  $Ca^{2+}$ , pero, para los adultos mayores la fatiga se relacionó con el deterioro de la propagación neuromuscular. Estos resultados indican por lo tanto, que los adultos mayores eran más fatigables que los adultos jóvenes, cuando se realizan contracciones máximas en el acortamiento y alargamiento de los músculos dorsiflexores.

En contraste con estos resultados Enoka, R., et al., 2008, expone el trabajo de Hunter (2005) en el que encontró que los adultos mayores ( $71,3 \pm 2,9$  años) podrían sostener una contracción isométrica submáxima de los músculos flexores del codo por más tiempo que los hombres jóvenes ( $21,5 \pm 4,4$  años) (Enoka, R., et al., 2008, p.12).

También, el género influye en la aparición de la fatiga, debido a que en otros estudios, se evidenciaron las diferencias entre hombres y mujeres. Las mujeres suelen ser capaces de mantener una contracción muscular por más tiempo, utilizando los músculos flexores del codo, especialmente, a intensidades más bajas, según lo investigado por: Enoka, R., et al., 2008. Pero, en las contracciones de esfuerzo máximo, la mayoría de las explicaciones comunes para esta diferencia de sexo son la mayor masa muscular activa por los hombres y, en menor dependencia en el metabolismo glucolítico por mujeres (Enoka, R., et al., 2008, p.13).

## CONSIDERACIONES FINALES

---

La fatiga logra generar aumento de controversias en cuanto a su significado, tipo,

localización y las causas que la generan, también, se establece que el estado de fatiga cambia dependiendo de la edad y el género, de la preparación física de cada persona, y la voluntad de la misma, para realizar las acciones, no se puede generalizar que la fatiga aparecerá en los mismos periodos de tiempo y con los mismos volúmenes de carga para todos.

Se logra definir que la fatiga es un estado que se genera después de una actividad física constante y que según su localización puede ser central o periférica, pero aunque se dan por distintas causas fisiológicas, una precede a la otra, esto genera un interrogante para seguir con otro artículo de investigación, debido a que, si la fatiga central hace referencia al sistema nervioso y la fatiga periférica se da a través de los procesos generados por debajo de la placa motora: ¿cuál de las dos inicia el decaimiento del rendimiento deportivo?. También, se podría extender en otro tipo de investigaciones sobre: ¿cómo retardar los efectos de la fatiga en el organismo que se entrena para superar los límites físicos? porque aunque se establezcan parámetros, para que se produzca la fatiga, no son regulares y dependen del grado de entrenamiento que tenga el deportista, para que la fatiga sea prematura o no.

Los investigadores sobre la fatiga sugieren que se sigan realizando más estudios a profundidad para establecer nuevos parámetros que encasillarían un poco más el estado de fatiga, mientras tanto, se sigue informando como fisiológicamente la fatiga actúa en el organismo y las posibles causas de la misma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Ascensão, A., Magalhães, J., Oliveira, J., Duarte, J., Soares, J. (2003). Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, vol. 3, n.1, pp.108-123.
- Enoka, R. and Duchateau, J. (2008). The Physiological Society 586.1 muscle reoxygenation stops. *Med Sci Sports Exerc* 39, pp. 443–453.
- Fernández, B., Delgado, M. (2003). *La preparación biológica en la formación integral del deportista*. Madrid, España: Paidotribo.
- Gómez, C., Bolaños, C., Brousett, M. y Hochmuller, F. (2010). The mechanisms involved in acute fatigue *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte-* vol. 10 - número 40. ISSN: 1577-0354
- Mesa, J. (2013). *Fatiga tipos y causas*. *Revista Cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física*, 8(3).
- Otoni, V., Teles, Th., Lara, V., Leite, D., Domingues, J., Teixeira, S. (2013). Força muscular e índice de fadiga dos extensores e flexores do joelho de jogadores profissionais de futebol de acordo com o posicionamento em campo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 19 (6) pp. 452 - 456.
- Rozenblit, R., Lisboa, F., Leme, L., Ejnisman, B., De Castro, A., Alves, R. (2015.) A influência do treinamento na discinesia escapular em jogadoras de voleibol: um estudo prospectivo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 21 (3) pp. 206 – 209.
- Santos, M., Dezan, V., Sarraf, T. (2003). Bases metabólicas da fadiga muscular aguda. *Rev. Bras. Ciên. e Mov. Brasília* v. 11 n. 1 pp. 07-12.
- Sesboüé, B., Guincestre, Y. (2006). Muscular fatigue. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 49 (6): pp. 1-6.
- Shei, R., Mickleborough, T. (2013). Relative Contributions of Central and Peripheral Factors in Human Muscle Fatigue during Exercise: A Brief Review *Rev Journal of Exercise Physiologyonline*. Volume 16 Number 6.
- Silva, S., Castilho, A., Serra, M., Ferrari, N., Andare, B., Yoshio, E., Sales, D., D'Andrea, J. (2015). Análise isocinética e cinética de corredores e triatletas com e sem histórico de fratura por estresse. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* , 21 (4), pp. 252- 256.
- Terrados, N. (2011). Bases fisiológicas comunes para deportes de equipo. *Revista Andaluza Medicina del Deporte*, 4(2), pp. 84-88.