



*Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís. 2013; Vol. 8, Núm. 3*

**ISSN: 1728-922X**

## **FATIGA. TIPOS Y CAUSAS**

Artículo de revisión

**Juan Antonio Martínez Mesa<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Doctor en Ciencias Psicológicas, Investigador Auxiliar, Categoría Docente Auxiliar.

Dirección Particular: Avenida 1ra. No 2803. Apto 6. Entre 28 y 30. Playa. Ciudad Habana. Cuba.

Correo electrónico: [jamm@infomed.sld.cu](mailto:jamm@infomed.sld.cu)

### **RESUMEN**

El propósito fundamental de este trabajo es analizar las características comunes que se describen en la conceptualización del término fatiga y que arrojan una mejor comprensión de lo que significa este proceso. Describir los diferentes tipos y clasificaciones que se han realizado en el estudio de la fatiga, así como las causas más conocidas que dan origen al proceso dentro de la actividad deportiva y en las ciencias en general. Los aspectos principales tratados se encuentran expuestos a partir de diferentes consideraciones teóricas y experimentales en esta línea de trabajo y del deporte en general. Se relaciona el comportamiento de la fatiga con elementos importantes del entrenamiento deportivo como lo es la carga de trabajo suministrada y la capacidad del organismo para asimilarla, a partir de este fundamento se abordan las consideraciones teóricas actuales más importantes que tratan de explicar de diferentes puntos de vista los distintos tipos, causas y diagnóstico sobre la fatiga. Palabras claves. Supercompensación, neurotransmisores, lactato en sangre, frecuencia crítica de fusión ocular, signos de latencia de carga, glucógeno, ácidos grasos, aminoácidos, serotonina, dopamina, acetilcolina.

**Palabras claves:** fatiga, tipos, supercompensación, catecolaminas.

## **ABSTRACT**

The fundamental purpose of this work is to analyze the common characteristics that it is described in the conceptualization of the term tire and that throw a better comprehension of which means this process. Describing the different types and classifications that they have carried out in the study of the fatigue, as well as the causes more known than give origin to the process in the sport activity and in the sciences in general. The main aspects treaties find exposed as of different theoretical and experimental considerations in this line of work and of the sport in general. It is related the conduct of the fatigue with important elements of the sport training as it is the load of work supplied and the capacitance of the organism to assimilate the, as of this lay the foundations of put into port the theoretical current more important considerations than it try to explain of different viewpoints the different types, cause and diagnose on the fatigue. Code words. Overcompensation, neurotransmisoreses, lactate in bleeds, cutoff frequency of ocular fusion, signs of latency of load, glycogen, fatty acids, amino acids, serotonin, dopamine, acetylcholine.

**Key words:** fatigue, types, overcompensation, catecolaminases.

## **INTRODUCCIÓN**

Diferentes y numerosas han sido las definiciones que se han realizado acerca de la fatiga. Estas definiciones han ido transformándose y ganando en calidad en la medida que los estudios sobre la fatiga han ido avanzando en las diferentes ciencias que estudian este proceso y gracias al descubrimiento de los diferentes mecanismos orgánicos que en ella intervienen.

No obstante a esto, si estas definiciones son analizadas en su conjunto se llega a la conclusión que la fatiga es un complejo proceso que en general ocurre en el organismo a partir de un determinado desgaste en el nivel energético de la persona que realiza un trabajo determinado.

En la mayoría de los casos este estado está sujeto a un conjunto de cambios que experimenta el organismo cuando se encuentra sometido a condiciones extremas de trabajo o a tipos de trabajo para los cuales no se poseen las respuestas adaptativas necesarias o que sobrepasan los límites individuales de esfuerzo que posee el sujeto que realiza dicha actividad. Este estado va acompañado de diferentes reacciones del organismo que lo identifican y a partir de ellos se puede conocer sobre la intensidad, repercusión y pronóstico que caracteriza este proceso.

Numerosas también han sido las diferentes clasificaciones que se han realizado sobre la fatiga, así como también numerosas han sido sus causas a pesar que si existe un consenso sobre los mecanismos responsables de su producción.

En la esfera del deporte, tanto en el deporte de alto rendimiento, como en la iniciación deportiva y en el deporte como promoción de la salud, el manejo adecuado de la fatiga en general se ha convertido en un aspecto muy importante en la profilaxis y control del entrenamiento deportivo.

## **DESARROLLO**

De acuerdo al análisis de las diferentes definiciones de la fatiga (1) se han encontrado en ellas características comunes:

- a. Tiene un carácter reversible.

Es un estado (2) funcional orgánico transitorio y reversible, expresión de una respuesta de índole homeostática del organismo. Su aparición garantiza la reversibilidad del proceso. Es la disminución transitoria y reversible de la capacidad de rendimiento la que garantiza la calidad de los proceso de entrenamiento si el trabajo sigue una optima relación con el descanso.

En este aspecto es adecuado señalar que no solo es importante controlar el efecto de la fatiga en la relación trabajo-descanso inmediato, la que se produce con la supercompensación entre sesiones de trabajo o entrenamiento. El efecto de la fatiga no es siempre inmediato, puede manifestarse en el tiempo, entre otras causas, según el tipo de trabajo realizado, el grado de vaciamiento de las reservas energéticas y el nivel de monotonía que se desprende de la diversificación y dosificación general del entrenamiento, produciéndose una disminución del nivel de eficiencia del deportista, llegándose a producir sintomatología de sobrecarga. El efecto retardado en la aparición de la fatiga es un fenómeno importante que habrá de tenerse en cuenta en la sucesión y la alternancia de los diferentes tipos de trabajos.

- b. Posee un carácter protector.

La fatiga se ha entendido como un estado funcional del organismo que tiene una significación protectora, como un mecanismo de defensa que previene la aparición de lesiones irreversibles y lesiones deportivas. Es una alarma del organismo, que busca prevenir la realización de esfuerzos por encima de sus límites (3). Mecanismo de defensa (4) que se activa ante el deterioro de determinadas funciones orgánicas y celulares, ese mecanismo de carácter defensivo tiene su origen en la expresión del fracaso de los dispositivos orgánicos para adaptarse a las condiciones requeridas por un trabajo, cuyo objetivo es evitar las consecuencias adversas derivadas de una práctica físico-deportiva excesiva. El alerta de la magnitud de la ruptura del equilibrio que se está produciendo con la actividad que se realiza se traduce a partir de toda una serie de síntomas orgánicos, en los organismos entrenados, generalmente la aparición de los síntomas psicológicos conforman una barrera protectora a nivel del umbral perceptivo de cansancio, protegiendo el nivel de tolerancia del sujeto. En el ámbito

deportivo se plantea (5) que la fatiga posee un carácter protector ya que su aparición es una manifestación defensiva para proteger al organismo en general y al Sistema Nervioso Central de las sobrecargas de trabajo.

c. En su producción generalmente están presentes sensaciones de cansancio. Este es un aspecto que tiene una consideración muy generalizada y popular. La fatiga (6) generalmente suele ir acompañado de sensación desagradable causado por un esfuerzo previo. En el contexto de la práctica deportiva se ha definido (7) como un estado de agotamiento debido a un esfuerzo excesivo de carácter físico y/o psíquico con síntomas relacionados con un estado de cansancio, que denuncia el traspaso de los límites de resistencia del organismo y de la mente.

La aparición de la fatiga está muy relacionada con el estado de cansancio percibido, se encontraron (8) correlaciones lineales muy altas entre la percepción de la intensidad del ejercicio y la frecuencia cardíaca. Trabajos posteriores demuestran que la relación es más de naturaleza acelerada que lineal. Existe un contexto bastante general que la relación entre estas dos variables (9) han dado como resultado la descripción de funciones "aceleradas" con exponentes cercanos a 1,6.

La percepción subjetiva de cansancio es difícil de asociarla pura e individualmente a la variable carga de trabajo ya que se conoce que la percepción de cansancio depende de diversos factores, dentro de los que se enumeran los sensoriales, somáticos, emocionales, umbrales de tolerancia, evaluación de la tarea (10), (11), contexto en que se produce la medición, etc., integrados dentro de una configuración de concepto de Gestalt que influirá en la elaboración individual de esa respuesta. No obstante los estudios que consideran la evaluación de esa respuesta en muestras que permiten una buena inferencia estadística confirman el comportamiento de alta correlación entre la percepción de cansancio y la carga de trabajo. Existen estudios longitudinales que han observado dicha relación, como los realizados por Suárez y Martínez en el 2012, donde se demostró que existe un aumento significativo de la percepción de cansancio después del suministro de cargas planificadas en cada una de las etapas de entrenamiento estudiadas. Observándose un aumento mayor y gradual a partir del mesosistema de preparación especial y hasta el mesosistema de estabilización de la forma deportiva. El estudio de correlación realizado encontró relación entre las mediciones pre y post carga en los mesosistemas de preparación física general, especial variado y obtención de la forma deportiva (12).

d. Es un estado que puede ser o no percibido por el sujeto.

En su definición sobre la fatiga F. Bartlett considera el carácter inconsciente que puede tener el proceso (13). En ocasiones puede verse contradictorio un aspecto como este, más cuando se está hablando de las respuestas de diosconfort que conlleva el proceso de fatiga. En este aspecto el especialista debe ser cuidadoso.

En ocasiones las manifestaciones y síntomas de fatiga aparecen prematuramente y esto es debido a diferentes causas. En otras ocasiones esta sintomatología aparece en el momento esperado o quizás algo tardíamente. En estas circunstancias la fatiga exhibe una sintomatología generalmente consciente y con una representación a ese nivel muy cercano a la realidad objetiva. Sin embargo existen dificultades claras de la identificación consciente del nivel de recuperación alcanzado después de realizado un proceso de descanso, a pesar que este bien planificado y aprovechado. El sujeto que fue expuesto a un determinado trabajo puede poseer síntomas de fatiga que no ha podido eliminar totalmente y puede no ser consciente de ello.

Estas características comunes a la fatiga que se han enumerado separadamente tienen una gran interconexión entre sí.

En trabajos anteriores (1) se ha hecho referencia a las dos teorías fundamentales que existen sobre la fatiga. A partir de ello está bastante generalizada una clasificación de este proceso.

#### 1. Clasificación de la fatiga.

De manera general la fatiga ha sido clasificada en:

- Fatiga periférica.
- Fatiga central.

##### a. La fatiga periférica.

La fatiga periférica es la que se produce a nivel periférico del organismo, en el sistema muscular, en los órganos implicados en el proceso de trabajo y en toda la fisiología que sustenta este comportamiento periférico. Se localiza fundamentalmente en el sistema muscular y se manifiesta por síntomas diagnosticables como la inconsistencia que se produce en la tensión de las fibras musculares, la prolongación del tiempo de relajación por las transformaciones bioquímicas a nivel del músculo, la disminución de la amplitud de la contracción muscular, etc. Aquella en la que los mecanismos que deterioran la contracción muscular afectan a las distintas estructuras contráctiles, situadas por debajo de la placa motora.

Los mecanismos implicados en la producción de la fatiga son una serie de procesos físicos y biológicos, de causas diversas, que condicionan la actividad muscular contráctil y que entre sus efectos principales se encuentran:

- La disminución de fosfocreatina en el músculo, componente energético fundamental de las actividades físicas de alta intensidad y corta duración.
- El aumento de la acidez muscular, como consecuencia de un aumento en la producción de ácido láctico.

- La disminución de glucógeno en el músculo, combustible fundamental para la realización de actividades físicas de mediana y larga duración.

La fatiga muscular periférica, depende del tipo, duración e intensidad del ejercicio, del tipo de fibra muscular reclutada, del nivel de entrenamiento del sujeto y de las condiciones ambientales de realización del ejercicio (14). Por el tiempo de aparición se han distinguido fundamentalmente dos tipos de fatiga:

- La fatiga aguda.
- La fatiga crónica.

#### a.1. La fatiga aguda.

Es la que se origina durante la realización de una actividad física, durante una sesión de ejercicios, entrenamiento o competición produciendo disminución del rendimiento. Aparecen mecanismos diferentes en su producción dependiendo que el ejercicio sea de corta o larga duración, local o general. En general es la fatiga de producción necesaria como objetivo del entrenamiento físico deportivo en función del área funcional estimulada durante el ejercicio. Si los estímulos de carga están bien dosificados y aplicados, la estimulación sobre los niveles de tolerancia del esfuerzo tendrá un resultado supercompensatorio.

#### a.2. La fatiga crónica.

Como mencionamos antes, el efecto retardado en la aparición de la fatiga es un fenómeno importante que habrá de ser observado y controlado en la sucesión y la alternancia de los diferentes tipos de trabajos. Este tipo de fatiga se engendra paulatinamente, como resultado de un largo e intenso proceso de entrenamiento que ocasiona un estado permanente de fatiga que conduce al deterioro del rendimiento y que puede llegar al síndrome de sobreentrenamiento. Su aparición transcurre con el acumulo de cargas, creándose un subproducto de las mismas con el paso del entrenamiento, con el avance en los microsistemas y hasta mesosistemas.

Sus causas están basadas fundamentalmente en un desequilibrio entre los estímulos de carga aplicados y la capacidad de carga del sujeto para asimilarlos y en la mayoría de los casos es responsable de este desbalance un no adecuado y profundo chequeo general del proceso de supercompensación, donde se obvia la valoración de los vestigios de fatiga a nivel central que producen los estímulos de carga (15).

Sus síntomas poseen una localización fundamentalmente periférica y posee un cuadro sistémico con una manifestación generalizada, global en el organismo, con sintomatología de larga duración y de difícil desaparición, por lo que el sujeto necesita de un tiempo largo de recuperación.

La forma de deducir experimentalmente si la fatiga observada es periférica se efectúa mediante la electromiografía y/o la dinamometría.

Con la aplicación electromiográfica, si el potencial de acción no disminuye y sí lo hace la fuerza, la localización es periférica. Mediante la dinamometría, si es imposible realizar la contracción voluntaria máxima, que es negativa también a la estimulación eléctrica del musculo, la fatiga es periférica.

b. Fatiga central.

En otros trabajos (1) se definió el concepto de fatiga central, el cual sigue asociado a alteraciones específicas funcionales del sistema nervioso central, y que no pueden ser explicadas de forma razonada por la existencia de marcadores periféricos de fatiga muscular. Es un fallo en la activación central, cuando la causa del deterioro de la contracción muscular está por encima de la placa motora afectando a una o varias de las estructuras nerviosas involucradas en la producción, mantenimiento y control de la contracción muscular.

Las alteraciones en el funcionamiento cerebral (16) se traducen en una falla involuntaria en la conducción del impulso (17), que pueden ocurrir en uno o más niveles de las estructuras nerviosas que intervienen en la actividad física, lo cual puede provocar una alteración en la transmisión nerviosa.

Las causas más comunes relacionadas con la aparición de la fatiga central son:

- El fallo en la activación neuronal.
- La inhibición aferente desde husos neuromusculares y terminaciones nerviosas.
- Depresiones de la excitabilidad de la motoneurona.
- Las alteraciones en la transmisión del impulso nervioso.
- El fallo presináptico.

Los lugares de aparición de la fatiga central corresponden a los distintos elementos del sistema nervioso que participan en la activación de las fibras musculares. De esta forma el lugar inicial que afecta la producción de fuerza es la propia actividad de la motoneurona. Al modificarse su actividad está modificando la actividad eléctrica, la contracción muscular y por tanto la producción de fuerza.

Pudiendo verse afectado la progresión del impulso nervioso generado en la motoneurona que llega a la placa motora. Todo esto origina el fallo en la transmisión del potencial de acción al área postsináptica, involucrando la producción, liberación y recaptación del neurotransmisor.

La forma de deducir experimentalmente si la fatiga producida es central o periférica se efectúa mediante la electromiografía y/o la dinamometría.

Con la aplicación de la electromiografía, si el potencial de acción disminuye y también lo hace la fuerza generada, se puede decir que es una fatiga central, si por el contrario el potencial de acción no disminuye y si lo hace la fuerza, la localización es periférica.

Mediante la dinamometría, si es imposible realizar la contracción voluntaria máxima, que es positiva a la estimulación eléctrica del músculo, el diagnóstico es a favor de una fatiga central.

#### b.1. Hipótesis sobre la fatiga central.

La existencia de la fatiga central ha sido tratada de explicar también a partir del papel que tienen el metabolismo de las proteínas y los aminoácidos en la actividad física. Generalmente los estudios se han orientado al efecto del ejercicio sobre el metabolismo de los carbohidratos y las grasas, sin profundizar como los aminoácidos contribuyen significativamente en el rendimiento deportivo.

Los aminoácidos son los precursores de algunos neurotransmisores (18), se conoce que uno de los probables mecanismos asociados a la fatiga central está relacionado con las alteraciones que se produce en la síntesis y en la actividad de algunos neurotransmisores (19). Estudios realizados sobre los mecanismos implicados en la producción de la fatiga (20) explican la aparición de la fatiga central a partir del papel que juegan los aminoácidos.

En la realización de ejercicios prolongados y en todos aquellos requerimientos físicos donde los depósitos de glucógeno se encuentran muy depletados se aumentan los niveles plasmáticos de los ácidos grasos libres, por la necesidad que las grasas aporten la mayor cantidad de energía y se produce un aumento en la utilización de los aminoácidos de cadena ramificada como fuentes de energía para los músculos, de manera que su concentración en el torrente sanguíneo disminuye.

De esta forma los ácidos grasos viajan en la sangre unidos a una proteína, la albúmina que actúa como transportador.



El Triptófano es el único aminoácido que circula en la sangre unido en parte a la albúmina en una unión que es reversible, de tal forma que mientras una parte de triptófano circula unida a la albúmina la otra circula de forma libre (Triptófano libre). Con el aumento del consumo del glucógeno se rompe el equilibrio entre las fracciones de ácidos grasos y triptófano. Cuando el aumento de las concentraciones plasmáticas de ácidos grasos es significativo, éstos desplazan al Triptófano de su unión a la albúmina y, en consecuencia, aumenta la concentración plasmática de Triptófano libre.

Los aminoácidos de cadena ramificada y el triptófano atraviesan la barrera hematocefálica, penetrando en el cerebro unidos a un mismo transportador, en condiciones normales existe un equilibrio entre el triptófano libre y los aminoácidos en la utilización de este transportador para penetrar en el cerebro, sin embargo cuando la cantidad de aminoácidos de cadena ramificada está disminuida porque están siendo captados por los músculos para ser transformados en energía, el triptófano libre dispone de más transportadores y penetran en mayor cantidad dentro del cerebro, donde es convertido en un neurotransmisor llamado serotonina. Debido a este proceso los niveles de serotonina cerebral aumentan.

A este aumento en los niveles de serotonina se le atribuye la aparición de la llamada fatiga central.

Se plantea que si se aumentan las cantidades de aminoácidos de cadena ramificada, aumentándose sus concentraciones plasmáticas, para que existan más aminoácidos unidos al transportador, junto con el triptófano para penetrar en el cerebro, se evitaría la penetración de mayores cantidades de triptófano al cerebro, con lo cual los niveles de triptófano serían más bajos, por lo que la concentración de serotonina en el cerebro disminuiría y se retrasaría la aparición de la fatiga central.

Estas hipótesis sobre la fatiga central se relaciona también con el sistema de producción de la fatiga muscular, debido a la posible alteración que pueda este mecanismo ocasionar en la percepción del esfuerzo muscular (21), (22) y por la relación que existe con síntomas psicológicos y hábitos como la indisposición, somnolencia, falta de atención, el humor (23) y supresión del apetito (24), (25).

Otros neurotransmisores han sido también utilizados en la explicación de la producción y/o disminución de la fatiga central. La dopamina (DA), neurotransmisor érgico, productor de energía, ha sido asociado a aspectos como la locomoción, la emoción y el aprendizaje (26) con una comprobada influencia en la mejoría del control motor a pesar de su condición érgica. El aumento de las funciones dopaminoérgicas en el cerebro conlleva a un aumento del desempeño por lo que uno de los mecanismos posibles de la dopamina es su habilidad para inhibir parte de la síntesis y metabolismo de la serotonina y retardar o inhibir la fatiga central (27) así como la administración de algunos aminoácidos de cadena

ramificada para ser inhibidores del aumento de la síntesis cerebral de serotonina (28).

También a la acetilcolina se le ha atribuido su relación con la fatiga central (29), donde su precursor, la colina, contribuye en el metabolismo de la fatiga central y periférica, ya que estudios de este tipo demuestran que la disminución en el consumo de colina puede disminuir la velocidad de transmisión de los impulsos en el músculo esquelético (30).

## b.2. Diagnóstico.

No obstante la medición de la frecuencia crítica de fusión ocular continua siendo un valor útil, no invasivo y objetivo en la evaluación de la fatiga central (31) además con una aplicabilidad muy generalizada en la población mundial que abarca el ámbito laboral, clínico y deportivo.

Las variaciones encontradas en los niveles de activación cortical a través de la frecuencia crítica de fusión ocular son cada día más utilizadas en diferentes investigaciones que están encontrando correlatos con otros aspectos involucrados en la fatiga central (32), (33), (34).

En el ámbito deportivo se han encontrado hallazgos de gran interés. Uno de ellos es que el análisis de los valores basales de frecuencia crítica de fusión ocular puede ayudar a conocer si el deportista presenta un nivel óptimo de activación para obtener el mejor rendimiento y evitar las sobrecargas que puede producir el entrenamiento y la competición.

La frecuencia crítica de fusión ocular ha sido utilizada para conocer el nivel de activación y la fatiga del Sistema Nervioso Central que comportan

las cargas de entrenamiento a los deportistas. Su utilización en el control del entrenamiento deportivo (35) lo ha llevado a constituirse como un elemento más del proceso del entrenamiento.

En la actualidad su utilidad lo lleva a complementar la explicación de fenómenos hasta ahora no comprendidos en su totalidad, aun a partir de medidas directas para conocer el comportamiento de variables fisiológicas y bioquímicas.

La disminución de la frecuencia crítica de fusión ocular, expresión de la disminución de los niveles de activación cortical, sugieren una reducción en el procesamiento de la información y pueden llegar a reflejar estados extremos de agotamiento y de fatiga (36), estados que puede ser producidos incluso por un suministro no adecuado de estímulos anteriores de carga de trabajo (37) o reflejos de una inadecuada diversificación del entrenamiento.

Con relación a la posible activación del Sistema Nervioso Central se debe tener en cuenta que este estado cortical es el principal responsable de la actividad y coordinación motora, por lo que es la expresión de la aptitud para la programación,

regulación y control de los movimientos técnicos y elemento clave en el rendimiento deportivo. Una buena estimulación cortical garantiza la conducta motriz y el rendimiento deportivo. Esta activación cortical ocurrirá si los estímulos de carga son bien dosificados y suministrados en cada uno de los periodos de trabajo por los que transite un deportista. Al respecto, Martínez y Suárez (38), en un reciente estudio longitudinal, han comprobado que existe un aumento significativo en el comportamiento de la activación cortical después del suministro de cargas planificadas en cada una de los mesosistemas de entrenamiento de todo un periodo preparatorio. El mayor aumento reportado por estos autores se produce en el mesosistema de Preparación Especial Variado, donde existe una mayor dinámica en la intensidad y el volumen en el suministro de las cargas de trabajo, mientras que el menor aumento se produce en el Mesosistema de Estabilización de la Forma Deportiva, donde la intensidad y el volumen de las cargas disminuyen con el objetivo de buscar la forma deportiva.

### **Consideraciones finales**

Los aspectos aquí expuestos y analizados llevan a la reflexión del complejo proceso que es la fatiga en general, la cual posee mecanismos diferentes de producción si se manifiesta a nivel periférico o central, sin embargo se puede constatar que es un proceso único con diferentes manifestaciones que abarca el organismo en general.

La hipótesis que considera el papel que tiene el metabolismo de las proteínas y los aminoácidos en la actividad física avala el importante rol que tiene la producción de neurotransmisores a nivel del Sistema Nervioso Central y también los cambios en la activación de sus procesos, aunque se debe tener en cuenta también el desempeño que tienen los estímulos de carga en el condicionamiento de la producción de neurotransmisores ergícos a nivel del Sistema Nervioso Central.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Martínez J A. Psicofisiología de la fatiga I. Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís. 2011; Vol 6, Num 2. ISSN: 1728-922X
2. Barbany J R. Fundamentos de Fisiología del Ejercicio y del Entrenamiento. Barcelona. Barcanova. 1990
3. Rodríguez M and Núñez, A. *EFDeportes.com, Revista Digital*. Buenos Aires, Año 15, N° 149, Octubre de 2010. <http://www.efdeportes.com/>
4. Fernández J C Taxonomía de la fatiga I y II. 2001. <http://www.Efdeportes.com>. Revista Digital - Buenos Aires - Año 7 - N° 38 – Julio
5. Kipke L. Fisiología del Entrenamiento. The New Zealand. J. Sport Medizine. 1985, Vol. 13, No. 4, dec
6. Bravo R. Fundamentos Anatomofisiológicos del Cuerpo Humano Aplicados a la Educación Física I. Archidona(Málaga). Aljibe S. L. 1998

7. Mannino G and Polani, D. Fatiga, dolor y actividad deportiva. En: Tamorri, S. *Neurociencias y deporte: Psicología deportiva, procesos mentales del atleta*. Barcelona: Paidotribo, 2004, p. 259
8. Arruza J. Esfuerzo percibido y frecuencia cardiaca: el control de la intensidad de los esfuerzos en el entrenamiento de Judo. *Revista de Psicología del Deporte*. 1996, 9 - 10: 29 – 40
9. Gutiérrez J. Análisis de las características de la escala de esfuerzo percibido (RPE) de Borg (Ratio of Perceived Exertion). 2007. Disponible en: <http://www.psicodeporte.com>. Consultado: el 22 de febrero 2007
10. Rodríguez I, Martínez J A, Rivero S. El uso de la escala PSS para valorar la respuesta psicológica a las cargas de entrenamiento. *Revista Perspectivas Psicológicas*, 2002. Vol. 2, Año III. Dpto. Psicología, Fac. Humanidades, UASD, R. Dominicana.
11. Rodríguez I. Valoración de la fatiga en atletas de judo masculino a partir de los métodos directo e indirecto. Tesis de Maestría (Maestría en Psicología del Deporte). La Habana,UCCF “Manuel Fajardo”. 2008.
12. Suarez M and Martínez J A. Comportamiento de la autovaloración del estado físico en las diferentes etapas del periodo preparatorio.
13. Memorias de AFIDE V Convención Internacional de Actividad Física y Deportes ISBN
14. Bartlett F. The bearing of experimental psychology upon human skilled performance. *Brit. J. Industr. Med.*1951. 8, 209-217
15. Davis M and Fitts R. Mechanisms of muscular fatigue. In P Darcey, ACSM’S resource manual - guidelines for exercise testing and prescription, 2001. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 184-190.
16. Martínez J A. Psicofisiología de la fatiga II. *Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís.* 2011; Vol 6, Num 3. ISSN: 1728-922X
17. Davis, M.; Bailey, S. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1997, 29 (1): 45-57
18. Stackhouse S, Dean J, Lee S, Binder-Macload S. Measurement of central activation failure of the quadriceps femoris in healthy adults. *Muscle and Nerve*. 2000, 23: 1706-1712
19. Degroot M, Massie M, Boska M, Gober J, Miller R, Dishman R. Brain monoamines exercise and behavioral stress: animal models. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1997, v.29, n.1, p.63-74
20. Silva A, Oliveira F, Silva M. Mecanismo de Fadiga durante o exercicio fisico. *Revista Brasileira de cineantropometria Desempenho Human*. 2006, 8(1):105-113
21. Gómez R, Cossio M A, Brousett M, Hochmuller R T. Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2010, vol. 10 (40) pp. 537-555. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista40/artmecanismo171.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista40/artmecanismo171.htm)
22. Newsholme E, Blomstrand E, Ekblom B. Physical and mental fatigue: Metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *Sports Med* 1992, 48 (3): 477-495
23. Newsholme E, Blomstrand E. The plasma level of some amino acids and physical and mental fatigue. *Experientia*. 1996, v.52, p.413-5

24. Lieberman H R, Corkin S, Spring B J, Wurtman R J, Growdon JH. The effects of dietary neurotransmitter precursors on human behavior. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1985, v. 42, p. 336- 70
25. Blundell J. Serotonin and the biology of feeding. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1992, v.55, p.155S-9S
26. Weltzin T, Fernstrom J, McConaha C, Kaye W. Acute tryptophan depletion in bulimia: effects on large neutral amino acids. *Biological Psychiatry*. 1994, v.14, n.35, p.388-97).
27. Barenoud P. Evaluation of simple and complex sensorimotor behaviors in rats with a partial lesion of the dopaminergic nigrostriatal system. *Eur J Neurosci*. 2000, 12: 322-336
28. Kirkendall D. Fatigue from voluntary motor activity. In: *Exercise and sport science*. 2000, Lippincott Williams & Wilkin; p.97-104
29. Xia N. Effects of dietary choline levels on human muscle function. MS thesis, Boston University College of Engineering, 1991 Apud Kirkendall
30. DT. Fatigue from voluntary motor activity. In: *Exercise and sport science*. Garrett WE, Kirkendall DT. Lippincott Williams & Wilkins. Xia, 2000).
31. Murata K, Araki S, Kawakami N, Saito Y, Hino E. Central nervous system effects and visual fatigue in VDT workers. *Int Arch Occup Environ Health*, 1991; 63 (2): 109-113
32. Vivó F J. Influencia de la fatiga en la agudeza visual, dinámica y frecuencia crítica de fusión en un grupo de motoristas de elite participantes de una prueba de resistencia de 24 horas. *Tesis no publicada de maestría*. 2009. Universidad de Cataluña. Barcelona. España.
33. Bueno del Romo G, Douthwaite W A, Elliot DB. Critical flicker frequency as a potential vision technique in the presence of cataracts. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2005; 46: 1107-1112
34. Davranche K, McMorris T. Specific effects of acute moderate exercise on cognitive control. *Brain and cognition*, 2009; 69, 3: 565-570
35. Sole Forto J, Quevedo I, Junyent L, Auge Serra M, Morales Aznar J. El control de l'entrenament de la resistencia: importancia de la frecuencia crítica de fusio ocular. *Apunts: Educación física y deportes*, 2004; 76: 28-34).
36. Barrios Duarte R, Lobato Gonzalez S, Rodriguez Pacheco F, Cardoso Perez L. Desarrollo de un procedimiento para diagnosticar confiabilidad en la medición de la frecuencia crítica de fusión (FCF) en deportistas. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*. [En línea] 2003; 66 [Consulta: 05-04-2009]. Disponible en. : <<http://www.efdeportes.com/efd66/fcf.htm>>.ISSN 1514-3465
37. Martínez J A and Góngora E. Comportamiento de la activación cortical después del entrenamiento en nadadores yucatecos. *Aportaciones a la Psicología del Deporte*. Congreso Psidafi. UADY. 2010)
38. Martínez J A, Suárez M. Comportamiento de la activación cortical en las diferentes etapas del periodo preparatorio. Aceptado para publicar. *Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís*. 2011; Vol 6, Num 3. ISSN: 1728-922X.
39. Santos M, Dezan V, Sarraf T. Bases metabólicas da fatiga muscular aguda. *Rev. Bras. Cien. E Mov*. 2003, Brasilia. 11 n. 1p. 07-12 .

40. Xia N. Effects of dietary choline levels on human muscle function. MS tesis, Boston University College of Engineering, 1991 Apud Kirkendall DT. Fatigue from voluntary motor activity. In: Exercise and sport science. Garrett WE, Kirkendall DT. Lippincott Williams & Wilkins. Xia, 2000).
41. Murata K, Araki S, Kawakami N, Saito Y, Hino E. Central nervous system effects and visual fatigue in VDT workers. *Int Arch Occup Environ Health*, 1991; 63 (2): 109-113
42. Vivó F J. Influencia de la fatiga en la agudeza visual, dinámica y frecuencia crítica de fusión en un grupo de motoristas de elite participantes de una prueba de resistencia de 24 horas. *Tesis no publicada de maestría*. 2009. Universidad de Cataluña. Barcelona. España
43. Bueno del Romo G, Douthwaite W A, Elliot DB. Critical flicker frequency as a potential vision technique in the presence of cataracts. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2005; 46: 1107-1112
44. Davranche K, McMorris T. Specific effects of acute moderate exercise on cognitive control. *Brain and cognition*, 2009; 69, 3: 565-570
45. Sole Forto J, Quevedo I, Junyent L, Auge Serra M, Morales Aznar J. El control de l'entrenament de la resistencia: importancia de la frecuencia crítica de fusio ocular. *Apunts: Educación física y deportes*, 2004; 76: 28-34)
46. Barrios Duarte R, Lobato Gonzalez S, Rodriguez Pacheco F, Cardoso Perez L. Desarrollo de un procedimiento para diagnosticar confiabilidad en la medición de la frecuencia crítica de fusión (FCF) en deportistas. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*. [En línea] 2003;
47. 66 [Consulta: 05-04-2009]. Disponible en: <<http://www.efdeportes.com/efd66/fcf.htm>>.ISSN 1514-3465
48. Martínez J A and Góngora E. Comportamiento de la activación cortical después del entrenamiento en nadadores yucatecos. Aportaciones a la Psicología del Deporte. Congreso Psidafi. UADY. 2010)
49. Martínez J A, Suárez M. Comportamiento de la activación cortical en las diferentes etapas del periodo preparatorio. Aceptado para publicar. *Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís.* 2011; Vol 6, Num 3. ISSN: 1728-922X.