

INSTITUTO DE ONCOLOGIA Y RADIOBIOLOGIA

## Algunas consideraciones sobre la fatiga. Revisión bibliográfica

Dr. Luis A. Urgellés Lorié

Urgellés Lorié, L. A.: *Algunas consideraciones sobre la fatiga. Revisión bibliográfica.*

Se presenta este trabajo como resumen de otros anteriores, al estudiar la fatiga y su relación con la frecuencia crítica de fusión, la frecuencia cardíaca y el ácido láctico. Se plantea que cuando el trabajo se realiza en aerobiosis, hay un ligero aumento del ácido láctico en niveles aeróbicos, así como también de la frecuencia crítica de fusión. Se informa que cuando el esfuerzo realizado llega a la anaerobiosis, el ácido láctico aumenta y la frecuencia crítica de fusión disminuye, como resultado de una inhibición central al nivel de la formación reticular.

### INTRODUCCION

Al trabajo de una célula, órgano o al organismo en general, le corresponde un período de reposo, durante el cual se recupera la capacidad para realizar un nuevo trabajo.

La experiencia clínica enseña que para desaparecer el agotamiento general del organismo, consecutivo a esfuerzos físicos o psíquicos son necesarios, en muchos casos, semanas y hasta meses de descanso.<sup>1</sup> Se sabe el período de "reposo" de décimas de segundos que requiere el corazón para su rítmico funcionamiento,<sup>2,3</sup> y de la fatiga de la transmisión sináptica cuando las terminales presinápticas son estimuladas continua y repetidamente;<sup>4-7</sup> igualmente, se conoce el mecanismo de la fatiga muscular producida por una sobrecarga de trabajo,<sup>8</sup> de la fatiga auditiva cuando se somete el oído a ruidos fuertes y prolongados,<sup>9</sup> y también de la fatiga general del organismo, cuya manifestación subjetiva es el cansancio.<sup>10</sup>

En todos los casos la fatiga revela una alteración del equilibrio fisiológico o la incapacidad para mantener ese equilibrio en condiciones de carga de trabajo, por lo que se puede decir que la fatiga y la necesidad de reponerse son propiedades inmanentes a la materia viva.<sup>1</sup>

### DEFINICION

La fatiga, que en su origen no es un término científico, pero que designa una sensación bien conocida por la experiencia diaria,<sup>11</sup> no tiene una definición que satisfaga a los

Especialista de I Grado en Fisiología Normal y Patológica.

diferentes autores. De tal modo, los fisiólogos la consideran como un decrecimiento de la capacidad física, y los psicólogos como una condición que afecta a todo el organismo, en la que influyen factores tales como sensación subjetiva de cansancio y deterioro de la actividad física y mental.

*Grandjean*,<sup>11</sup> la considera un estado general del organismo como resultado del efecto de la acumulación de diferentes factores, tales como la monotonía del trabajo, la responsabilidad, el aburrimiento, la iluminación, el clima, el ruido, etcétera. Otros la consideran como una respuesta generalizada del organismo a una situación de sobrecarga.<sup>12</sup>

En el coloquio celebrado en París en 1963, entre médicos y sociólogos,<sup>13</sup> el doctor *V. Laffite* destacó tres niveles distintos, aunque simultáneos para la fatiga:

1. El nivel fisiológico, con una disminución de la actividad fundamental del organismo.
2. El nivel psicológico, con sensación de malestar.
3. El nivel bioquímico, con alteraciones del metabolismo y de ciertas sustancias orgánicas.

Por otra parte, *Houssay*<sup>14</sup> y *Simonson*<sup>15</sup> definen la fatiga como una pérdida transitoria de la capacidad para ejecutar un trabajo, consecutiva a la realización prolongada del mismo. Este último autor sugiere cuatro procesos básicos involucrados en su producción.

1. Acumulación de sustancias productoras de fatiga, por ejemplo, el ácido láctico.
2. Depresión de sustancias necesarias para la actividad, por ejemplo, el glucógeno, ATP.
3. Cambio en el estado fisicoquímico de los sustratos, por ejemplo, al nivel de la membrana celular.
4. Trastornos de la regulación y la coordinación, por ejemplo, los trastornos en la regulación cardiovascular.

También se describen varios tipos de fatiga: la que aparece después de un trabajo breve e intenso, la que sigue a un ejercicio menos intenso, pero más prolongado y la fatiga crónica que aparece como consecuencia de una actividad prolongada, sin períodos suficientes de reposo que faciliten la recuperación. Además, se ha clasificado en diferentes grados: laxitud, agotamiento, agotamiento crónico y colapso.<sup>1</sup>

En todos los casos se conjugan factores centrales y periféricos, fisiológicos y psicológicos. En el hombre son más los psicológicos que los fisiológicos. También se destacan los aspectos subjetivos de la fatiga.

## FATIGA Y SU RELACION CON EL SNC

Con la introducción de la encefalografía por *Berger* en 1929, quien describió el ritmo alfa, y los experimentos de *Moruzzi* (1949) y otros, quienes formularon sus teorías acerca de la función desempeñada por la formación reticular en el cerebro,<sup>11,16,19,20</sup> se han incrementado los conocimientos neurofisiológicos para una mejor comprensión del fenómeno que produce la fatiga en el SNC. Con estos antecedentes, *Rojtbak* y *Dedabrishvili*<sup>21</sup> (1959) hicieron la interesante observación de que durante la actividad muscular el ritmo alfa del electroencefalograma (EEG) era remplazado por un ritmo beta, y que el desarrollo de la fatiga causaba un gradual retorno del ritmo alfa.

*Christian*<sup>22</sup> (1971) informa un deficiente bloqueo de las ondas alfa tras estímulos sensoriales, en el período de la fatiga. Por otro lado, *Grandjean*<sup>11</sup> considera la encefalografía como uno de los métodos más importantes para el estudio de la fatiga.

Durante muchos años, los fisiólogos supieron que la fatiga y el sueño debían ser inducidos y controlados primariamente por los mismos factores humorales.<sup>23</sup> Recientes estudios<sup>24</sup> de los posibles mecanismos bioquímicos para la regulación del sueño, sugieren que la inducción y el mantenimiento de los estados de vigilancia y sueño son controlados, al menos en parte, por aminas biógenas, específicamente la serótina (5-hidroxitriptamina o 5-HT) y la noradrenalina (NA), identificadas en cortes histológicos por el método histoquímico de fluorescencia, desarrollado por *Falck* y *Hillarp* hace varios años.<sup>25</sup> También se ha informado el carácter hipnogénico del ácido láctico<sup>26</sup>

## LA FATIGA Y LA ACTIVIDAD MUSCULAR

En última instancia, el principal factor que determina la aparición de la fatiga es la actividad muscular voluntaria, para la cual el músculo, que se comporta como una máquina altamente eficiente y versátil, de característica ingenieril notable, comparada con la que construye el hombre, tiene que contraerse determinando un trabajo y, para ello, transforma la energía química del ATP en energía mecánica de los procesos contráctiles.<sup>27</sup>

La energía liberada durante la degradación de los alimentos no es la que se utiliza directamente para el trabajo mecánico de la contracción del músculo, sino que se emplea en la formación de ATP, el cual se almacena en la célula muscular.

Las fuentes de energía para la resíntesis de ATP se encuentran en el propio músculo. Cuando éste trabaja en condiciones anaerobias, la fosfocreatina, que es un importante reservorio de energía, se hidroliza y libera una gran cantidad de ésta, la cual es necesaria para regenerar ATP a partir de ADP. Por otra parte, el glucógeno muscular proporciona glucosa 1-fosato, que por vía del ciclo de glucólisis anaeróbica llega a formar ácido láctico con resíntesis de ATP.<sup>27,28</sup>

Diferentes autores han planteado que la intensidad de la carga de trabajo desempeña una función sobresaliente en la producción de lactato.<sup>29,30</sup>

Durante el ejercicio muscular se incrementa, tanto el lactato intracelular como el sanguíneo, pero existen marcadas diferencias entre las concentraciones del lactato del músculo esquelético y el lactato sanguíneo durante ejercicios intensos, demostrándose un gradiente de concentración del músculo a la sangre.<sup>14,31,32</sup>

Ya en 1877, *Du Bois-Raymond* (citado por *Karlsson*,<sup>33</sup> había encontrado ácido láctico en los músculos de jugadores fatigados, y expresaba que "mientras más ácido láctico acumula el músculo, más agotado estará". Más tarde, *Araki* (1891) (citado por *Karlsson*<sup>33</sup> fue uno de los primeros fisiólogos que realizó estudios sobre la formación de lactato en animales, y encontró un aumento de su concentración en la orina y la sangre de perros y conejos sometidos a hipoxia, lo que corrobora la hipótesis de que el ácido láctico se acumula en la sangre cuando hay carencia de suministro de oxígeno.<sup>33</sup>

Posteriormente, *Fletcher y Hopkins* (1937) (citado por *Karlsson*<sup>33</sup> definieron las condiciones necesarias para la acumulación del lactato y demostraron la remoción de éste en un medio rico en oxígeno.

Recientemente, *Ca'n*<sup>34</sup> (1977) estudió la liberación del lactato arterial en perros anestesiados, y observó que este metabolito se elevaba con mayor rapidez cuando respiraban nitrógeno que bajo los efectos de la apnea.

En opinión de *Houssay*,<sup>14</sup> el organismo consume menos oxígeno que el requerido para el trabajo que realiza en la fase inicial del ejercicio. Este hecho se debe a la demora con que se efectúan los ajustes respiratorios y sobre todo circulatorios, necesarios para llevar hasta los tejidos la cantidad de oxígeno que éstos precisan. A pesar de ello, los músculos se contraen gracias a la energía liberada por la transformación de glucógeno en la llamada fa-anaeróbica. Debido a la carencia de oxígeno, la combustión del ácido láctico y del pirúvico, o la reconversión de éstos en glucógeno, no puede efectuarse por completo. Así, el ácido láctico se acumula en los músculos y parte de él pasa a la sangre, con lo que se eleva el nivel de la lactacidemia.

La acumulación del ácido láctico se comprueba por la reacción del músculo fatigado ante el papel de tornasol.<sup>35</sup> Esto hace suponer que la fatiga se asocia con la acumulación de ácido láctico.

Diferentes autores han encontrado un incremento de la hemoglobina y ácido láctico<sup>29,33,36,37</sup> después de una carga de trabajo.

Por otra parte, se ha encontrado relación entre los ácidos grasos libres (FFA) en el plasma y el lactato después de ejercicios intensos, que demuestran carácter preponderante del metabolismo anaeróbico en sujetos no entrenados.<sup>38,39</sup>

*Keul*<sup>40</sup> (1970) al estudiar la frecuencia cardíaca y el nivel de glucosa y lactato en sangre arterial, demostró que la FC y el lactato eran más elevados en los boxeadores noveles que en los experimentados, y recomendó que este hallazgo se tuviera en cuenta al programar el entrenamiento. Este mismo autor<sup>41</sup> encontró similares resultados en esgrimistas.

La respuesta de la FC al trabajo físico es un valioso indicador fisiológico de la capacidad física de trabajo del sujeto, por lo que tiene gran interés para la investigación en Medicina del Trabajo y ciencias afines. Además, por ser función de otras variables fisiológicas, psicológicas o físicas, tales como gasto energético, estado de ánimo, ruido, temperatura, etcétera, resulta útil valorarlas o medirlas cuando no es posible hacerlo directamente por medio de los valores de la FC.<sup>42</sup>

Durante la realización de un trabajo físico resulta dificultoso o imposible medir la FC por los métodos tradicionales, por lo que si no se dispone de equipos telemétricos, no queda otro recurso que medirla inmediatamente después de concluido el ejercicio.

Al inicio del ejercicio, por acortamiento del período de diastasis en la sístole, aumenta la frecuencia cardíaca, que contribuye al incremento del gasto cardíaco con la finalidad de aumentar el transporte de oxígeno; de tal modo, que en el ejercicio el gasto cardíaco aumenta en proporción a la intensidad del consumo de oxígeno, por lo que existe una buena correlación entre estas dos variables.<sup>43</sup>

El profesor *Dobromir Dobrev* (citado por *Macek*,<sup>36</sup> del Instituto Superior de Cultura Física de Bulgaria, en su reciente visita (1979) al Instituto de Medicina Deportiva de la Ciudad de La Habana, manifestó que su equipo de investigadores ha encontrado una estrecha relación entre la FC y el lactato. Semejante hallazgo fue observado por *Robinson*,<sup>44,45</sup> quien además de comprobar cifras muy elevadas del lactato en atletas durante una carrera de 2 millas, en comparación con las registradas en reposo, halló una correlación estrecha entre el lactato y la FC al final del esfuerzo.

#### FATIGA Y FRECUENCIA CRITICA DE FUSION (FCF)

El ojo puede distinguir estímulos que están separados en el tiempo. El límite de esta capacidad viene dado por la medida de la frecuencia mínima, a la cual, estímulos repetidos aparecen fusionados (juntos) como un estímulo continuo. Esta frecuencia mínima expresada en cps, es llamada frecuencia crítica de fusión (FCF).<sup>48</sup>

Hay un estrecho paralelismo entre la FCF, que es un parámetro de excitabilidad similar a la cronaxid y la edad, pero no es una relación directa.<sup>47</sup> Aunque es probable que represente la excitabilidad de todo el SNC, ya que disminuye con la hipoxia experimental,<sup>47</sup> se mantienen aún las discrepancias en cuanto a los mecanismos que la rigen.

Existen dos métodos para la obtención del valor de la FCF. El primero consiste en aumentar progresivamente la frecuencia de centelleo del estímulo luminoso que se presenta al sujeto, hasta que éste manifieste percibir una luz continua. Esta frecuencia que coincide con el punto luminoso fijo es el valor de la FCF. El otro método consiste en presentar el estímulo luminoso a una frecuencia mayor de 50 cps para que parezca un punto luminoso continuo; en ese momento se le disminuye progresivamente la frecuencia hasta que el sujeto perciba una luz discontinua. A estos procedimientos se les denomina métodos ascendentes y descendentes, respectivamente.<sup>48</sup>

La frecuencia crítica de fusión (FCF), definida como un fenómeno psico- fisiológico donde el sujeto responde objetivamente a un estímulo objetivo regularmente aplicado<sup>48</sup> en sus Inicios fue empleada para estudiar ciertos aspectos de la función visual,<sup>49</sup> y se comprobó posteriormente qué en su mecanismo intervienen todas las partes de la vía visual, hasta la corteza de la región occipital del cerebro.<sup>50</sup>

Diferentes autores han demostrado que la medición de la frecuencia crítica de fusión constituye una técnica útil para el estudio de la fatiga, porque depende, primariamente, de la actividad de la corteza cerebral y su descenso es indicativo de la disminución de la capacidad para realizar trabajo físico o mental.<sup>11,12,47,50,51</sup>

*Simonson* y *fnzer*<sup>52</sup> (1941) han propuesto el uso de la FCF como una medida de la fatiga general" del sistema nervioso central, como resultado de la fatiga visual, específicamente.

Además, encontraron en grupos de oficinistas, laboratoristas y trabajadores intelectuales, disminución de la FCF en horas de la tarde, comparados con los valores de la mañana. El decrecimiento se observó en todos los casos estudiados. Estos mismos autores<sup>53</sup> demostraron que la administración de anfetamina a sujetos, durante el día, elimina el efecto del trabajo sobre la FCF. Igualmente estudiaron el efecto de varios tipos de trabajo físico sobre la FCF y encontraron que después del trabajo estático la FCF se incrementa en el 79 % de los 50 sujetos estudiados, y que al aplicar un trabajo anaeróbico severo, la FCF descendía en el 75 % de los casos estudiados.<sup>50</sup> Sin embargo, *Brozek* y *Keya* (citado por *fiyanj*)<sup>49</sup> encontraron un incremento de la FCF en sujetos que caminaban a un "teadmil" con 10 grados de inclinación y a una velocidad estable, durante dos horas, y concluyen que el trabajo muscular pesado afecta la FCF.

Por otra parte, *Mañero* y *Urgellés*,<sup>54</sup> (1979) al aplicarles a 20 sujetos tres cargas submáximas de trabajo en una bicicleta ergométrica durante 5 minutos, observaron que la FCF se incrementó en todos los sujetos estudiados. Además, se encontraron una baja correlación ( $n = 0,13$ ) entre la FC y la FCF.

Se acepta en la bibliografía, como límite fisiológico, el 10 % de disminución del valor de la FCF, durante la jornada laboral, considerándose los valores mayores indicativos de fatiga predisponente a errores, accidentes y a la aparición de la fatiga crónica.<sup>11,12</sup>

*Epelman*,<sup>12</sup> (1974), al estudiar operadores de máquinas perforadoras, observó una disminución promedio del 10,89 % de la FCF entre las 7 am y la 1 pm. De igual forma, encontró una correlación estrecha entre la FCF y la manifestación subjetiva de cansancio, destacando el valor que debe asignarse a las manifestaciones subjetivas como indicadores sensibles de una situación laboral productora de fatiga.

Por otra parte, en relación con la encefalografía, *Hashimoto*<sup>55</sup> encontró una buena correlación ( $n = -0,78$ ) entre la frecuencia crítica de fusión y la razón de las ondas alfa y beta (alfa/beta) del electroencefalograma.

#### FATIGA Y ATENCION: BREVES CONSIDERACIONES

Aunque el concepto de la atención ha ocupado la mente de fisiólogos y psicólogos por mucho tiempo, es sólo en los últimos 25 años que éstos han intentado sistemáticamente estudiarla. El fenómeno de habituación por el que el cerebro pasa de registrar los estímulos repetidos y el control de la atención por el estado de ánimo y la experiencia pasada, fue discutido por

filósofos como *Descartes, Leibniz y Hebert*. Con anterioridad, psicólogos como *William James, Ribot y otros*, recalcaron la naturaleza selectiva de la atención y se adelantaron a muchos trabajos neuropsicológicos contemporáneos, al referir la posibilidad de tomar los cambios posturales y musculares como medida indirecta de la atención.<sup>56</sup>

Nuestro conocimiento actual acerca de los mecanismos neurofisiológicos de la atención está lejos de ser completo, pero las investigaciones experimentales en animales y los estudios en seres humanos han suministrado algunas evidencias que relacionan este estado psicológico con la actividad cerebral.<sup>56</sup>

La atención puede ser dirigida con estímulos relevantes, sean éstos físicos o psíquicos, por lo que está asociada íntimamente con la motivación.<sup>56</sup>

Una de las manifestaciones que se observan en el transcurso de la fatiga es la disminución de la atención" evidenciada por estudios de tiempo de reacción,<sup>56</sup> el test de atención concentrada de *Toulouse-Pieren*<sup>157</sup> y otros exámenes.

#### FATIGA Y FACTORES AMBIENTALES

En la producción de fatiga no sólo intervienen los factores individuales que se han considerado anteriormente, sino que desempeñan una función importante los factores ambientales.

El mantenimiento de un ritmo de trabajo puede estar alterado por diferentes factores ecológicos, de los cuales los más frecuentes son los que modifican la temperatura y la humedad.

En ambientes cálidos la temperatura corporal tiende a incrementarse, pero cuando exceda los 38,3 °C declina la eficiencia del trabajo, por lo que los obreros quedan expuestos a postraciones, con síntomas iniciales de fatiga, acompañada de cabeceos, disneas, etcétera.<sup>58</sup> Con incremento del calor, sobreviene una fatiga significativa.<sup>59</sup>

Por otra parte, la iluminación es uno de los factores más importantes de un centro laboral. La luz en fábricas y talleres es un elemento excepcional e importante para el rendimiento en el trabajo.

Existen tablas que relacionan el nivel de iluminación con el puesto de trabajo, pero si la iluminación es insuficiente se producen en el trabajador trastornos de la acomodación, lágrimas, hiperemia conjuntival y otros, que contribuyen a la aparición de la fatiga.<sup>n°12,60</sup>

El ruido tiene efectos negativos innegables como pueden ser desde un simple y pasajero dolor de cabeza, hasta la sordera profesional irreversible, por lo que es importante el establecimiento de normas y medidas que controlen este riesgo.

Se han establecido diferentes normas en distintos países sobre el nivel de ruido durante ocho horas de exposición, y existen diversos criterios, pero con tendencia a fijar el límite en 85 db (A).<sup>12,6162</sup>

Los ruidos contribuyen siempre a la aparición de la fatiga general en el trabajo, sobre todo cuando excede los valores permisibles.

## RESULTADOS Y COMENTARIOS

De acuerdo con los conceptos expuestos anteriormente, se puede definir la fatiga como una disminución de la capacidad para emprender una tarea determinada, después de realizar un esfuerzo. Este esfuerzo puede ser físico o mental, de ahí que se clasifique en dos tipos: fatiga física y fatiga mental, pero en ambos casos hay un síntoma que las identifica y es la sensación de "cansancio".

Este tema es de interés para muchos, por cuanto todos nos hemos encontrado a veces fatigados en momentos en que una determinada situación exige de nosotros más esfuerzo y ha ocurrido que no estamos en condiciones óptimas para realizarlo. Evitar la fatiga es siempre lo más acertado, pero no siempre se conocen las formas adecuadas de hacerlo.

En este trabajo se discute los resultados de otros anteriores, que han permitido proponer un modelo neurofisiológico para explicar el estado de la fatiga.

En uno de nuestros primeros trabajos acerca de este tema,<sup>54</sup> a un total de 20 sujetos, supuestamente sanos, se les aplicaron tres cargas de trabajo submáximas, en una bicicleta ergométrica. Durante el trabajo\* asignado se les midió la frecuencia cardíaca teleméricamente, así como la frecuencia crítica de fusión, tanto al inicio, como al finalizar la actividad, hasta los cinco primeros minutos de recuperación. Se observó que lejos de disminuir la FCF, esta se incrementaba. Estos resultados permiten sacar como conclusión, que cuando un sujeto ejecuta una actividad física en estado estacionario, en condiciones de aerobiosis, se manifiesta cierta excitabilidad de la actividad cerebral, evidenciada por el aumento de la FCF.

Posteriormente, se realizaron otros estudios<sup>63-65</sup> y se dividió la muestra en dos grupos (adiestrados y no adiestrados), de acuerdo con la antigüedad en el desempeño de las tareas evaluadas. Se evaluaron la frecuencia cardíaca, la FCF y la concentración de ácido láctico en sangre, antes y al finalizar la actividad evaluada.

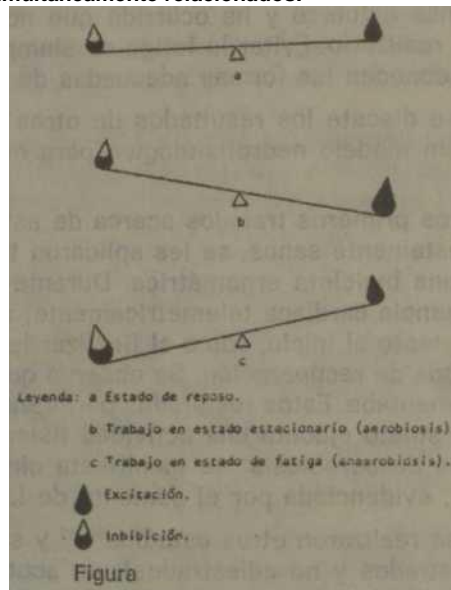
En estos trabajos se corroboraron los resultados anteriores y se demostró que cuando el sujeto realiza un trabajo que lo lleva al estado de fatiga, la FCF disminuye en la misma medida en que aumenta la concentración de ácido láctico en la sangre.

Otros autores<sup>49,50</sup> han estudiado la FCF, y encontraron que después de un trabajo estático ésta se incrementa, mientras que al aplicar un trabajo anaeróbico severo la FCF desciende, y concluyen que el trabajo muscular pesado afecta la misma.

De todas estas experiencias se considera que cuando el esfuerzo realizado no lleva a la fatiga al sujeto, el músculo trabaja en aerobiosis, por lo que no libera tanto ácido láctico al torrente circulatorio. Simultáneamente, se facilita la formación reticular que puede ser causada por un incremento de impulsos que facilitan los diferentes segmentos del SNC, tales como la parte periférica, músculo, piel y órganos sensoriales.<sup>16</sup> Todo esto explica que en un grupo de trabajadores adiestrados ante una tarea, se



haya encontrado un aumento de la FCF como reflejo de la actividad de la formación reticular y un ligero aumento del ácido láctico dentro de los niveles aeróbicos.<sup>63,65</sup> Contrario a esto, cuando el esfuerzo realizado lleva a la fatiga, el músculo trabaja en anaerobiosis, por lo que el ácido láctico aumenta en la sangre. En estas condiciones hay una inhibición central que puede deberse a cambios en el balance de impulsos inhibitorios facilitadores del SNC,<sup>11,66</sup> o una acción directa del ácido láctico en el SNC que provoque o ayude el efecto inhibitorio en la formación reticular (figura). Ello pudiera explicarse por el carácter hipnagénico que tiene el ácido láctico,<sup>26</sup> o ambos mecanismos simultáneamente relacionados.



Lo anteriormente expuesto es demostrado por el hecho de que, en un grupo de trabajadores no adiestrados, fatigados, se encontró disminución de la FCF y aumento del ácido láctico en niveles anaeróbicos.<sup>33,65</sup> También se ha demostrado disminución de la FCF en la hipoxia experimental,<sup>47</sup> lo cual apoya nuestra hipótesis.

Basados en los comentarios anteriores, se pueden discutir algunas consideraciones relacionadas con la problemática de la fatiga mental. En este caso, el sujeto sometido a sobrecarga mental muchas veces se mantiene sentado en una posición determinada delante de la mesa de trabajo. En esa posición apenas se mueve y deja pasar algunos minutos hasta adoptar otra posición, en la que también permanece generalmente inmóvil. Estas circunstancias lo hacen sentirse "tenso".

La permanencia en esas posiciones sólo es posible mediante la contracción isométrica de grupos musculares que permiten mantener al sujeto en una posición fija.<sup>49,67,68</sup> A nuestro juicio, esa contracción, que es intensa, ya que mantiene un largo tiempo inmóvil al sujeto, necesita también del metabolismo anaeróbico. En estas circunstancias se libera ácido láctico del músculo, pasando a la sangre. En ese momento es que comienzan los mecanismos de fatiga.

Se han realizado estudios en pilotos,<sup>69</sup> donde se demuestra que la contracción isométrica provoca disminución del riego sanguíneo y, por consecuencia, un trabajo anaeróbico.

Esto pudiera explicarse con los resultados de *Simonson y Enzer*<sup>52</sup> que encontraron en grupos de oficinistas, laboratoristas y trabajadores intelectuales, disminución de la FCF en horas de la tarde, en comparación con los valores arrojados en horas de la mañana. Además, demostraron<sup>53</sup> que la administración de anfetamina a sujetos durante el día, elimina el efecto del trabajo sobre la FCF.

De igual forma, *Epelman*<sup>12</sup> (1974) al estudiar a los operadores de máquinas perforadoras, observó también disminución de la FCF.

Por todos estos antecedentes, se considera que la fatiga mental se debe a una concentración isométrica de los músculos que provoca disminución del riego sanguíneo hasta ellos, lo que trae por consecuencia un trabajo anaeróbico, y produce inhibición central, de la misma forma que en la fatiga física. En este caso la aparición de la fatiga será más lenta.<sup>67</sup> Este mecanismo pudiera completar otro modelo ya descrito anteriormente.<sup>11,66</sup>

## SUMMARY

Urgellés Lorié, L. A.: *Some considerations on fatigue. Bibliographic review.*

The study of fatigue and its relationship to critical fusion frequency, heart rate and lactic acid is presented in this paper as a summary of other previous papers. It is stated that when physical work is performed in aerobic conditions, there is a slight increment of lactic acid as well as of the critical fusion frequency. When effort performed reaches anaerobic conditions, lactic acid increases and critical fusion frequency decreases, as result of a central inhibition at reticular formation level.

## RÉSUMÉ

Urgellés Lorié, L. A.: *Certaines remarques sur la fatigue. Revue bibliographique.*

Ce travail est présenté comme résumé d'autres travaux précédents concernant l'étude de la fatigue et son rapport avec la fréquence critique de fusion et l'acide lactique. Il est signalé que lorsque le travail se réalise en aérobiose, il y a un léger accroissement de l'acide lactique dans des niveaux aérobies, ainsi que de la fréquence critique de fusion. Lorsque l'effort réalisé atteint l'anaérobiose, l'acide lactique augmente et la fréquence critique de fusion diminue, comme résultat d'une inhibition centrale au niveau de la formation réticulaire.

## BIBLIOGRAFIA

1. *Honigsmann, G. et al.*: Estado de agotamiento. *En: Diagnóstico diferencial en Neurología*. Tomo III, España, Ed. Labor, 1932. Pp. 217-222.
2. *Ganong, W.*: La bomba cardíaca. *En: Manual de Fisiología Médica*. Cuba, Ed. Revolucionarias, 1966. Pp. 442-444.
3. *Mountcastle, V. B.*: Cardiac cycle. *In: Medical Physiology*. Vol. II, USA, Ed. Mosby, 1974. Pp. 892-897.
4. *Bigland-Ritchie, B. et al.*: Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscles. *Clin Sci Mol Med* 54(6): 609-614, 1978
5. *Guyton, A.*: Transmisión y elaboración de la información en el sistema nervioso. *En: Tratado de Fisiología Médica*. 3ra. ed. Cuba, Ed. Revolucionarias, 1967. Pp. 644-657.

- 6 **Me Lennan H.:** Fundamental mechanisms involved in the chemical transmission process. *In:* Synaptic Transmission. 2da. ed. USA, Ed. W. B. Saunders Company, 1970, Pp 24-40.
- 7 **Mountcastle, V. B.:** Neuromuscular fatigue and facilitation. *In:* Medical Physiology Vol. I. USA Ed. Mosby, 1974. Pp. 171-173.
8. **Falls, H.:** Muscular fatigue. *In:* Exercise Physiology. USA, Ed. Academic Press, 1969 38-41\*.
- 9 **Lonsbury-Martin. B. L.; M. B. Mcikle:** Neural correlates of auditory fatigue: frequency-dependent changes in activity of single cochlear nerve fibers. *J Neurophysiol* 41 (4): 978-1005, 1978.
10. **Cameron, C.:** A theory of fatigue. *Ergonomics* 16: 633, 1973.
11. **Grandjean, E.:** Fatigue. *Am Ind Hyg Assoc J*; 25: 401-411, July-August, 1970.
12. **E peí man, M. N. y otros:** Valoración fisiológica de las condiciones de trabajo en operaciones de máquinas perforadoras. *Fac Clin Med Córdoba* 32: 7-17, enero-febrero, 1974.
13. **Klotz, P. H. y otros:** La fatiga industrial. *En:* Coloquio de doctores y especialistas sociólogos. España, Ed. Ricardo Aguilera, 1970.
14. **Houssay, B. y otros:** Fisiología del ejercicio. *En:* Fisiología Humana. Cuba; Ed. Ciencia y Técnica, 1971. Pp. 631-646.
15. **Simonson, E.:** Physiology of work. Capacity and fatigue. USA 1971. P. 96.
16. **Asmussen, E.; B. Mazin:** A central nervous component in local muscular fatigue. *Eur J Appl Physiol* 38: 9-15, 1978.
17. **Bigland-Ritchie, B. et al.:** Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. *Clin Sci Mol Med* 54(6): 609-614, 1978.
18. **Yoshitake, H.:** Three characteristic patterns of subjective fatigue symptoms. *Ergonomics* 21 (3): 231-233, 1978.
19. **Manda, M.:** Bases neurofisiológicas del control central de las sensaciones. *E G Navarra* 6(3): 228-242, 1962.
20. **Morin, G.:** La formación reticular. *En:* Fisiología del sistema nervioso central. España, Ed. Toray Masson, 1966. Pp. 393-410.
21. **Rojtbak, A. J.; C. M. Dedabrishvili:** On the mechanism of active rest. *Dokl Akad Nank SSSR* 124: 957-960, 1959. Ob. Cit. (4).
22. **Christian, W.:** El electroencefalograma normal y anormal. *En:* Atlas de electroencefalograma clínica. España, Ed. Paz Montalvo, 1971. Pp. 35-43.
23. **Legendre, R.; H. Pieron. Cit.** Pappenheimer. 1967. *Z Ailg Physiol* 14: 235, 1913. Ob Cit. (29).
24. **Mountcastle, V. B.:** Biochemical regulatory mechanisms in sleep. 1972. Pp. 275-277; Ob. Cit. (62).
25. **Fuxe, K.; T. Hokfelt:** Detección de los cambios provocados en las neuronas monoaminérgicas centrales por fármacos que actúan sobre el SNC. *Triangle* 10 (3): 73-84, 1972.
26. **Fernández-Guardiola, A.:** Mecanismos y funciones del sueño normal. *Salud Mental* 1 (1): 6-13, 1978.
27. **Lehninger, A. L.:** Sistemas contráctiles y móviles. *En:* Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular. España, Ed. Omega, 1972. Pp. 619-641.
28. **Astrand, P.; K. Rodahl:** Muscle Contraction. *In:* Text Book of Work physiology. USA, Ed. McGraw-Hill Book Company, 1970. Pp. 21-23.
29. **Bang, O.:** The lactate content of the blood during and after muscular exercise in man. *Skand Arch Physiol* 74(10): 51-82, 1936.
30. **Miyamura, M.; Y. Honda:** CO<sub>2</sub> dissociation curves of oxygenated whole blood obtained at rest and in exercise. *J Appl Physiol* 39 : 37-45, 1978.
31. **Jorfeldt, L. et al.:** Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise. *J Anal Physiol* 44(3): 350-352, 1978.
32. **Karlsson, J. et al.:** The influence of prolonged severe exercise on the maximal lactate concentration in the working muscle on man. *Acta Physiol Scand* 73: 31A-32A, 1968.
33. **Karlsson, J.:** Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. *Acta Physiol Scand (Suppl)* 358, 1971.
34. **Cain, S. M.:** Arterial lactate response dogs made apneic or breathing nitrogen. *J Appl Physiol* Reep 42 (1): 39-43, 1977.
35. **Morehouse, L.:** Aspectos metabólicos y ambientales del ejercicio. *En:* Fisiología del ejercicio. 3ra. ed., Argentina, Ed. El Ateneo, 1974. Pp. 167-211.
36. **Macek, M.:** Intermittent exercise of supermaximal intensity in children. *Pediatric Work Phys Act Pald Scand (Suppl)* 217: 29-31, 1971.
37. **Drake, J.:** Estudio del ácido láctico, equilibrio ácido-básico y hemoglobina en atletas de ciclismo y judo. Tesis de grado, 1979.
38. **Brooke, M. H. et al:** The prolonged exercise test in patients with muscle pain and fatigue. *Trans Am Neurol Assoc* 102: 56-59, 1977.
39. **Cobb, L. A. et al.:** Hemodynamic relationships of metabolism and plasma free fatty acids during prolonged, strenuous exercise in trained and untrained subjects. *J Clin Invest* 42(6): 800, 1963.

31. **Keul, J. et al.:** La influencia del boxeo en la frecuencia cardíaca y en el nivel arterial de glucosa y lactato. *Med Sport* 10 (12): 374-377, 1970.
32. **Keul, J. et al.:** Hertz frequenz und arterielle glucose und lactatspiegel bei feehtern wahrends des trainincjs. *Schweiz, Z Sportmedizin E* 3: 93-100, 1970.
33. **Monod, H.:** La Validité des mesures de frequence cardiaque en ergonomie. *Ergono- mies* 10: 485-537, 1967.
34. **Astrand, P.; K. Rodahl:** *Circulation. Ob. Cit.* (28): 115-174, 1975.
35. **Robinson, S. et al.:** New records In human power. *Science* 85: 409-410, April, 1937.
36. **Robinson, S. et ol.:** The lactic acid mechanism and certain properties of the blood in relation to training. *Am J Physiol* 132: 757-769, 1941.
37. **Alper, M.:** Flicker. *In: Visual Psychophysics. Vol. 7, USA, Ed. Board, 1972. P. 273.*
38. **Simonson, E.:** Flicker fusión frequency (FFF) visión. *In: Physiology of Work Capacity and Fatigue. USA. 1971. Pp. 424-426.*
39. **Akos, K.; M. Akos:** Critical Flicker Frequency and its series. *In: The Critical Flicker Frequency Series Effect. Hungría, Ed. Akadémiani Kiadó, 1967. P. 4.*
40. **Ryan, T. A.:** Word and Effort. Ed. The Ronald Press Company, USA, 1974. P. 117.
41. **Simonson, E.; J. Brozek:** Flicker fusión frequency. Background and applications. *J Appl Physiol* 32: 349-370, 1954.
42. **Volle, M. A. et al.:** Work, fatigue and critical visual fusión frequency. *Ergonomics* 27(7): 551-558, 1978.
43. **Simonson, E.; N. Enzer:** Measurement of fusión frequency of Flicker as a test of fatigue of the central nervous systems. *J Ind Hyg Tox* 23: 83-89, 1841.
44. **Simonson, E. et al.:** Effect of anphetamine on fatigue of the central nervous system. *War Medicine* 1: 690-695, 1941.
45. **Mañero, /?.; L. A. Urgellés:** Actividad física y frecuencia crítica de fusión. *Rev Cub Hig Epid* 19(2): 122-127, 1981.
46. **Hashimoto, K.:** Physiological features of monotony manifested under high speed driving situations. *Japan, Ob. Cit.* (11) 1969.
47. **Me Ghie, A.:** Aspectos psicológicos de la atención y sus trastornos. *En: Neurofisiología contemporánea. Tomo II, Cuba, Ed. Orbe, 1977. Pp. 189-250.*
48. **Székely, B.:** Manual de técnicas de exploración psicológicas. Argentina, Ed. Kapelus, 1966. Pp. 707-709.
49. **Del Puerto Quintana, C. et al.:** Fatiga en el trabajador. *En: Higiene del medio. Tomo III, Cuba, Ed. Ciencia y Técnica, 1976. Pp. 869-875.*
50. **Ntinneley, S. A. et al.:** Physiological and psichoiolical pffect nf heat stress simulating cockpit conditions. *Avlation, Space and Environmental. Medicine* 43: 763-767, June, 1978.
51. **Ryan, T. A.:** Specific factors governing efficiency and productivity. *Ob. Cit.* (49), 124- 156, 1970.
52. Requisitos generales de seguridad: Sistema Estatal de Normalización. Aseguramiento Metrológico URSS, GOST 1: 25, 1976.
53. CAME: Nivel tolerable de ruido en los puestos de trabajo. *En: El ruido. II Proyecto. Febrero, 1979. , ,*
54. **Urgellés Lorié, L. A.:** Estudio de algunos parámetros considerados como indicadores de fatiga en trabajadores de una Industria sideromecánica. Tesis de grado, 1979.

55. *Urgellés Lorié, L. A.*: Estudio de la fatiga en trabajadores de una fábrica de construcción de maquinarias. *Ergonomía* 1: 24-26, 1981.
56. *Urgellés Lorié, L. A. et al.*: Comportamiento de la FCF y otros parámetros en condiciones de terreno. *Revista del Hospital Psiquiátrico de La Habana* 23 (4): 543-547, 1982.
57. *Grandjean*, Fatigue in Industry. *Br J Ind Med* 36: 175-186, 1979.
58. *Urgellés Lorié, L. A.*: La Fatiga. *Revista del Hospital Psiquiátrico de La Habana* 23(3): 423-426, 1982.
59. *Urgellés Lorié, L. A.*: La fatiga en el ajedrecista, 1983. (En publicación).
60. *Und, A. R. et al.*: Influence of posture on isometric fatigue. *J Appl Physiol* 46(2): 270-274, August, 1978.

Recibido: 6 de Junio de 1984

Aprobado: 8 de enero de 1985

Dr. *Luis A. Urgellés Lorié*  
Instituto de Oncología y Radiobiología  
Calle F y 29, Vedado  
Ciudad de La Habana  
Cuba