

## La Fatiga

### FATIGA. Definición

La fatiga es definida fisiológicamente como la incapacidad para realizar o mantener la producción de un trabajo.

La fatiga es la respuesta más normal y común que un individuo manifestará como consecuencia de las siguientes situaciones: despliegue de un importante esfuerzo físico, estrés emocional, aburrimiento y falta de sueño, entre los más habituales.

El síndrome de fatiga crónica (SFC) es un trastorno debilitante y complejo que se caracteriza por un cansancio intenso que no mejora con el descanso en la cama y que puede empeorar con la actividad física o mental. Las personas con SFC a menudo realizan actividades a un nivel sustancialmente menor de lo que eran capaces antes de la aparición de la enfermedad. La causa o causas del SFC no han sido identificadas y no se dispone de pruebas diagnósticas específicas.

En el proceso de entrenamiento la fatiga es un factor limitante en el rendimiento de los deportistas.

Adherimos a la definición de Terrado que entiende por **FATIGA** a **la imposibilidad de generar una fuerza requerida o deseada, precedida o no por un ejercicio**<sup>1</sup>.

En principio es una situación de alarma del organismo, que busca prevenir la realización de esfuerzos por encima de los límites actuales del deportista, tratando de prevenir deterioros orgánicos irreversibles. En este sentido es **la disminución transitoria (reversible) de la capacidad de rendimiento** que impide que la actividad deportiva se realice con el volumen, la intensidad, la coordinación o la precisión que la misma requiere.

En un segundo aspecto puede constituir un estado patológico. Mientras que la fatiga aguda (tanto global o de entrenamiento, como la local o muscular), sería un sistema de protección orgánico ante el daño ocasionado por la propia contracción muscular y por los cambios metabólicos; la fatiga sub aguda y crónica serían una consecuencia sistémica y patológica del deterioro orgánico global.

Por ello la fatiga puede comprender: *"una extensa gama de situaciones y manifestaciones que pueden pasar desde un agotamiento general de todo el organismo y de la mente del deportista, provocado por ejercicio físico, hasta el cansancio físico y mental, que puede llevar a la pérdida de ánimo y motivación para mantener o reiniciar el esfuerzo"*.<sup>2</sup>

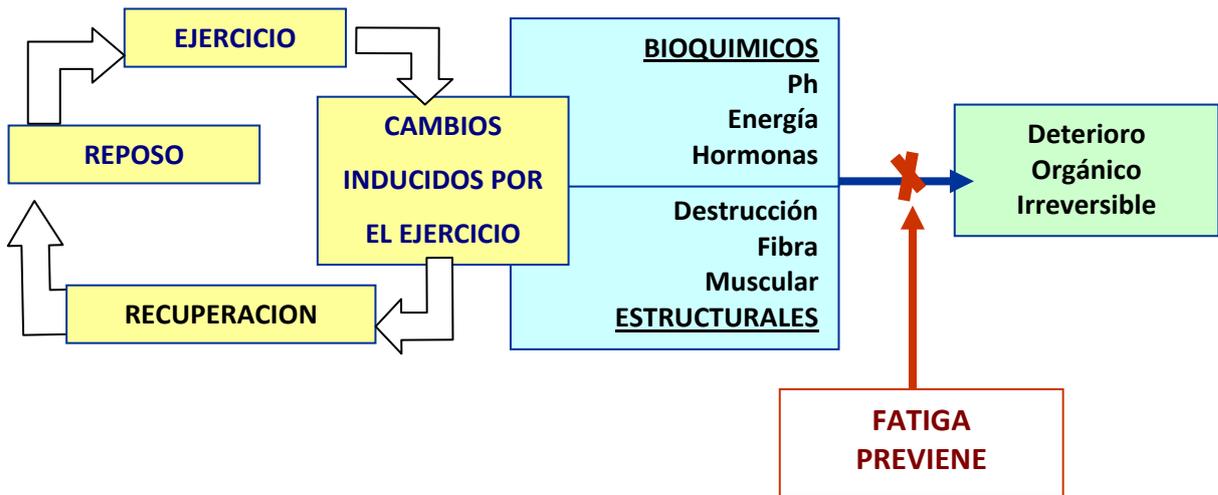
La Fatiga tiene dos funciones fundamentales

Protectora: Previniendo un deterioro orgánico irreversible (Ver cuadro).

Efectiva: Disminuyendo el rendimiento en cualquiera de sus aspectos, afectando la aplicación de fuerza, disminuyendo la intensidad, falta de coordinación, fallas en la precisión o en la percepción, etc.

<sup>1</sup> Terrado, Master alto Rendimiento Deportivo COES, 2000

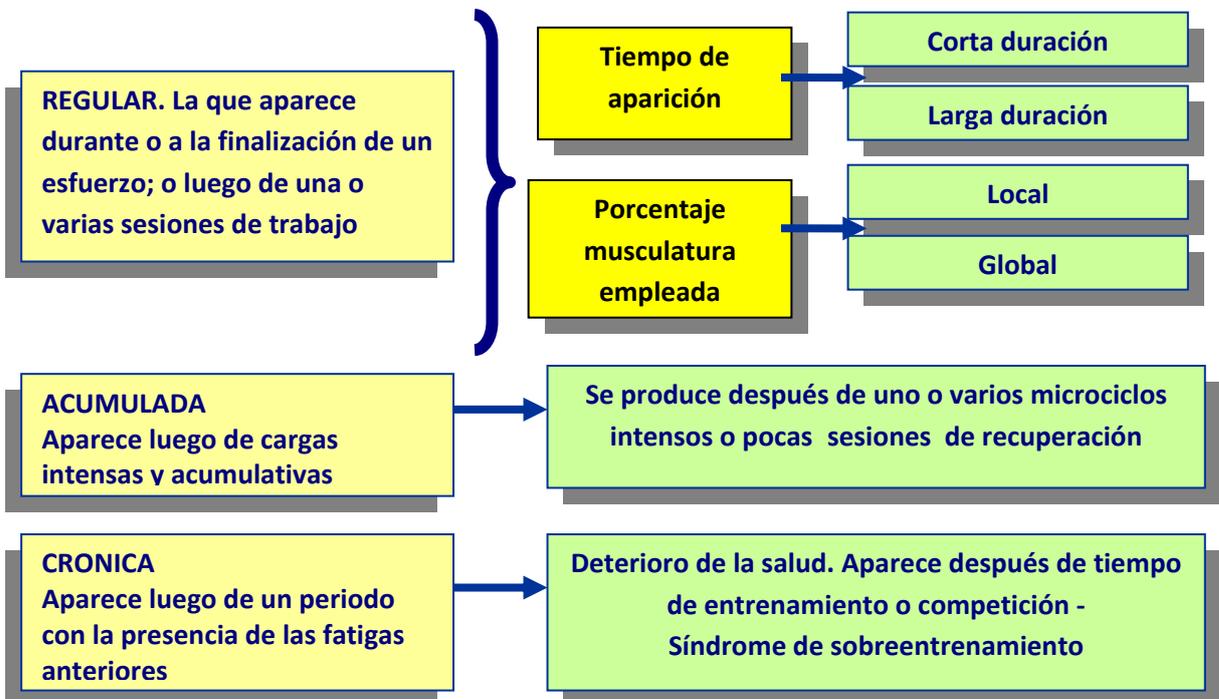
<sup>2</sup> Garcia Verdugo M/Lleibas X, Entrenamiento de la Resistencia, Gymnos, Madrid, 1999



### FATIGA CLASIFICACION

#### a) En función del tiempo de aplicación de las carga:

- **Fatiga Regular.** Se produce generalmente durante los entrenamientos cotidianos o las competencias. Produce un decaimiento temporal de las prestaciones que se recupera en horas (o en algunos casos 1 ó 2 días).
- **Fatiga Acumulada.** También denominada sobrecarga (Terrado). Aparece después de la aplicación de cargas intensas y acumulativas. Correctamente considerada provoca adaptaciones importantes en atletas experimentados o de alto rendimiento.



## - Sobreentrenamiento

Es un deterioro de la salud. Hay dos maneras de presentación del Síndrome de sobreentrenamiento, dependiendo del tipo de estimulación que lo produjo:

### **Sobreentrenamiento simpático**

Se caracteriza por predominar en él los síntomas de excitación, y se observa principalmente en atletas de potencia, corredores de medio fondo y deportes de equipo.

El atleta presente algunas de las siguientes manifestaciones:

- ✓ Aumento de la frecuencia cardíaca en reposo.
- ✓ Aumento de la presión arterial en reposo.
- ✓ Retraso en recuperación post-esfuerzo de la frecuencia cardiaca.
- ✓ Disminución de peso.
- ✓ Aumento de la fatiga previa al entrenamiento y en reposo.
- ✓ Retraso en la recuperación después del entrenamiento.
- ✓ Alteraciones del sueño, generalmente insomnio.
- ✓ Pérdida del deseo de entrenar y competir.
- ✓ Disminución de los niveles de ácido láctico máximos.
- ✓ Aumento de niveles de ácido láctico sub máximos.
- ✓ Aumento de la incidencia de infecciones.
- ✓ Disminución manifiesto del rendimiento.

### **Sobreentrenamiento parasimpático**

Se presenta fundamentalmente en atletas de fondo, triatletas y ciclistas. Es más difícil de identificar y generalmente se diagnostica tardíamente. El atleta presenta un aparente estado de buena salud (come bien, no pierde peso, no presenta insomnio e incluso duerme más de lo normal). Los síntomas se observan solamente cuando el atleta intenta realizar su actividad física. Las manifestaciones que puede presentar el atleta son las siguientes:

- ✓ Disminución de la frecuencia cardíaca en reposo.
- ✓ Rápida recuperación de la frecuencia cardiaca post-esfuerzo.
- ✓ Apetito normal sin variación en el peso corporal.
- ✓ No hay insomnio, incluso el deportista duerme más.

- ✓ Hipoglucemia durante esfuerzos.
- ✓ Síntomas depresivos.
- ✓ Disminución de niveles de ácido láctico máximos.

b) En función del lugar de aparición se diferencia en:

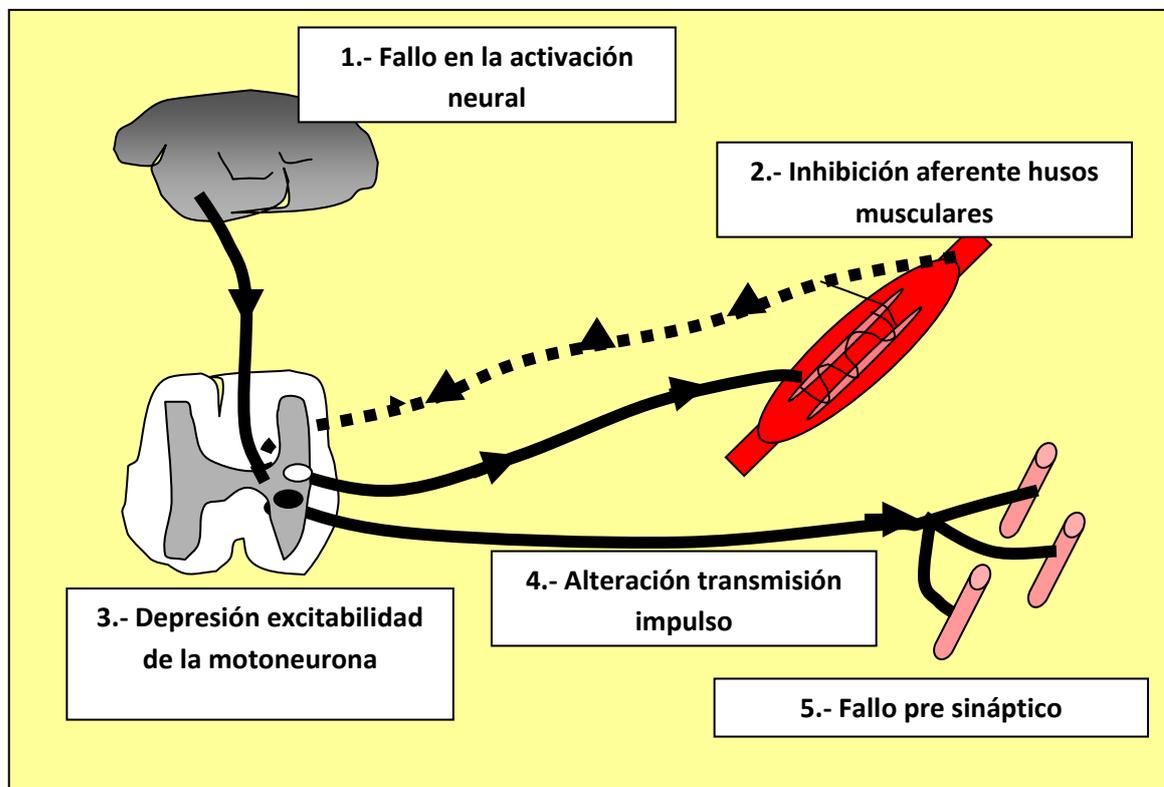
### FATIGA NEURAL

En la Fatiga Neural existe un fallo en la actividad neuronal, como consecuencia de diferentes factores (metabólicos, psicológicos...), que impide la correcta actividad muscular, ocasionando una menor producción de fuerza.

La Fatiga Neural, o más precisamente el fallo en la actividad central, es aquella que se produce cuando la causa está por encima de la placa motora afectando a **una o varias de las estructuras nerviosas involucradas en la producción, mantenimiento o control de la contracción muscular.**

La Fatiga Neural incluye todas las situaciones que afecten y puedan comprometer el normal funcionamiento de las neuronas corticales, motoneuronas, ramificaciones nerviosas y la liberación de neurotransmisores.

En el cuadro siguiente se señalan los lugares de aparición o de fallo de la fatiga Central



### FACTORES INHIBITORIOS

Diferentes factores impiden la correcta activación neuromuscular, ocasionando una menor producción de fuerza.

## 1.- MOTIVACION.

Para que exista contracción muscular máxima debe existir un alto grado de motivación (diferentes factores psicológicos y emocionales afectan dicho estado).

- Los diferentes estadios de fatiga van a tener un componente fisiológico que se manifiestan con menor vigor y mayor fatiga.
- Estos estados son acompañados de cambios hormonales que indican menor reactividad simpática e hipofisiaria (menor nivel de B-Endorfinas, Noradrenalina y ACTH).

## 2.- ALTERACION EN LA EXCITACIÓN DE LA NEURONA CORTICAL

Puede ocurrir a nivel de la neurona (Punto 1) o de la motoneurona (Punto 3 y 4) debido a los siguientes factores:

### 2.1.- INHIBICIÓN CORTICO-CORTICAL.

Se inhiben zonas motoras del cortex y del cerebelo (Inhibición GABAérgica)

### 2.2.- FEEDBACK NEGATIVO DESDE EL MUSCULO.

El sistema Gamma por su conexión con la motoneurona Alfa (a través de las fibras I a y II), controla la activación de la misma.

### 2.3.- METABORECEPTORES

Sustancias generadas en el metabolismo energético muscular son conducidas mediante las fibras aferentes III (más sensibles a estímulos mecánicos) y IV (más sensibles a productos metabólicos), hacia la motoneurona ALFA, ejerciendo un efecto inhibitorio.

## 3.- ALTERACIONES METABOLICAS

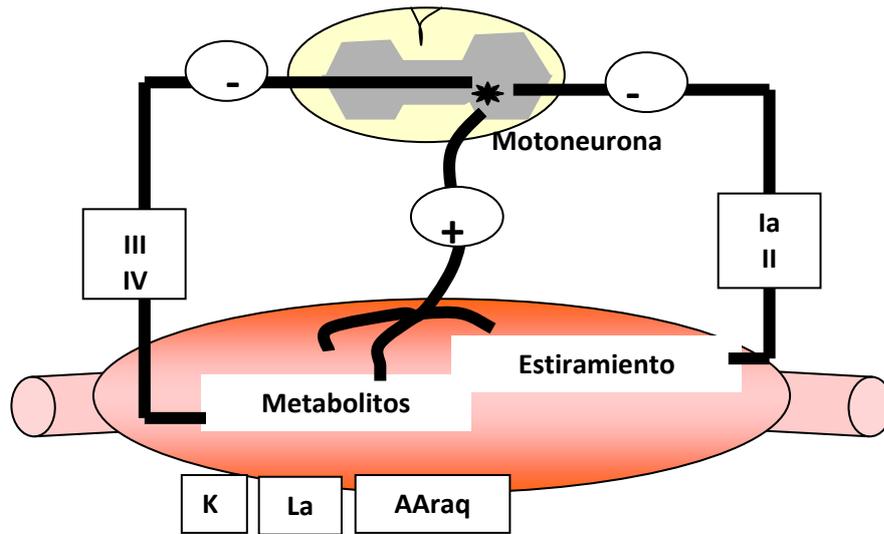
La actividad nerviosa de las motoneuronas se verá afectada por:

- Diferentes alteraciones en el metabolismo sistémico (hipoglucemia).
- Presencia de sustancias tóxicas (ión-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>).
- Alteración en la captación de aminoácidos (afectan la síntesis de neurotransmisores)..., produciéndose un efecto depresor central a nivel neural y condicionando la aparición de la fatiga precoz.

## 4.- ALTERACION EN LOS NEUROTRANSMISORES

Cambios en los neurotransmisores (por ejemplo: aumento de la 5HT) está directamente relacionados con la aparición de fatiga aguda; por el contrario (Aumento de la actividad Dopaminérgica) mejora el rendimiento.

En el cuadro siguiente se muestra la retroalimentación inhibitoria desde el músculo hacia la motoneurona.



**FATIGA MUSCULAR**

La Fatiga Muscular se localiza en el músculo, a partir del botón sináptico. El fallo se presenta en diferentes lugares del componente muscular, a saber:

Dificultad para desarrollar el potencial de acción.

Fallos en el sarcolema para propagar el impulso nervioso, el acoplamiento de los tubos T y el retículo sarcoplasmático, la liberación de iones  $Ca^{++}$ , la producción de los puentes de actina y miosina y el proceso de relajación.

En el cuadro siguiente se sintetiza el lugar de fallo y sus consecuencias:

FATIGA MUSCULAR	
1	FALLO PRESINAPTICO - FATIGA CENTRAL
2	DIFICULTAD PARA DESARROLLAR POTENCIAL DE ACCION (Disminución liberación Acetilcolina)
3	SARCOLEMA - ALTERACIÓN PROPAGAR POTENCIAL ACCIÓN (Alteración salida $K^+$ )
4	FALLO ACOPLA TT y RS
5	FALLO AFINIDAD $Ca^{++}$ y TROPONINA
6	FALLO EN LA PRODUCCION DE PUENTES DE ACTINA Y M IOSINA
7	FALLO EN EL PROCESO DE RELAJACION

Menor producción de  $Ca^{++}$

Presencia de Pi

Acidez afecta recaptación de  $Ca^{++}$

## EFFECTOS

- Disminución de fosfocreatina en el músculo, componente energético fundamental de las actividades físicas de alta intensidad y corta duración.
- Aumento de la acidez muscular, como consecuencia de un aumento en la producción de ácido láctico.
- Disminución de glucógeno en el músculo, combustible fundamental para la realización de actividades físicas de mediana y larga duración.

**El lugar de aparición de la fatiga depende del ejercicio-deporte que se realiza y su intensidad. Por lo que para un perfecto conocimiento de las situaciones de fatiga, el entrenador debe conocer a la perfección su deporte y los componentes fisiológicos del mismo**

## MECANISMOS DE PRODUCCION DE FATIGA

Las principales causas o mecanismos de producción de fatiga son los siguientes:

### 1.- ACUMULACION DE METABOLITOS

La acumulación de diferentes metabolitos es determinante fundamental en la aparición de la fatiga. Los principales son los siguientes:

**1.1.- Hidrogeniones (H<sup>+</sup>)** El entrenamiento produce un incremento de utilización del O<sub>2</sub>, con una menor producción de lactato e hidrogeniones (H<sup>+</sup>), así como un aumento en la capacidad tampón muscular, permitiendo tolerar más H<sup>+</sup> (*retraso de la fatiga*).

El aumento de H<sup>+</sup> ocasiona una caída en el PH ocasionando:

- Disminución del potencial de la membrana muscular
- A nivel del RS necesita incrementar el Ca<sup>++</sup> para igual tensión
- Reduce la recaptación de Ca<sup>++</sup> desde la tropomina
- Inhibición de la inhibición de la enzima fosforilasa y PFK (>PH 6,5)

### 1.2.- Fosfato inorgánico (Pi).

El Pi procedente de la hidrólisis de la PCr limita la producción de fuerza

**1.3.- Amoníaco (NH<sub>3</sub>).** AMP + IMP ————— ADP y (desecho) NH<sub>3</sub>

Ciclo de las purinas

Se producen las siguientes reacciones:

- Disminuye el N° de fibras activas
- Aumento de la función de PFK
- Inhibe el Ciclo de Krebs
- Inhibe gluconeognésis
- Inhibe oxigenación mitocondrial

- *Efecto depresor central a nivel neural*

## 2.- ALTERACION HIDROELECTRICA

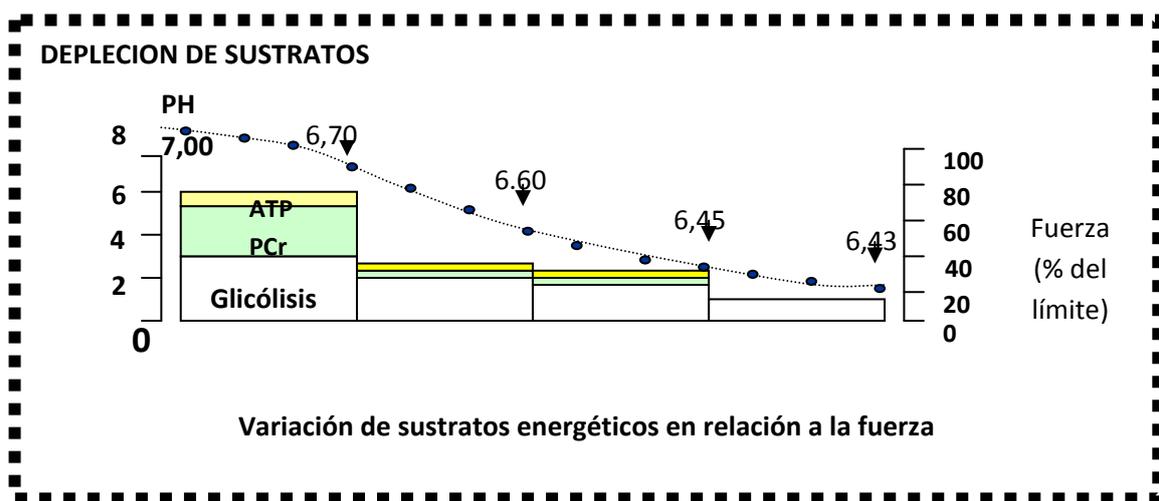
Aparece generalmente en pruebas de alto riesgo térmico o de larga duración.

Se produce una importante pérdida de agua (con la consiguiente disminución de volumen plasmático). Ello provoca:

- Pérdida de iones
- Altera potencial de la membrana
- Transmisión impulso nervioso

## 3.- DEPLECCION DE SUSTRATOS

La menor presencia de ATP, provocada por la depleción de los sustratos, alteración de la acción de la bomba Na/K y  $Ca^{++}$ . Asimismo la hipoglucemia afecta al funcionamiento cerebral.



## 4.- ALTERACION CAPTACION AMINOACIDOS RAMIFICADOS

En ejercicios de larga duración los AAR se utilizan para la producción de energía. Esta depleción aumenta la utilización de AAA (triptófano) produciendo letargo y post esfuerzo, falta de apetito y alteración del sueño.

## 5.- ALTERACION DE KINASAS

Un microambiente con cambios en los nucleótidos ( $Ca^{++}$  // hexokinasa // creatinquinasa // glicerokinasa) afecta a las enzimas kinasas o ATPasas

## 6.- RADICALES LIBRES

La alta intensidad de utilización del  $O_2$  por parte de las células origina la producción de radicales libres. Esto altera el correcto funcionamiento celular produciendo fatiga.

## 7. TEMPERATURA

El aumento de la temperatura central a 40°C coincide con la imposibilidad de mantener el ejercicio. Produce un aumento de la acumulación de lactatos y una depleción de glucógeno más rápida.

### CONTROL Y DETECCION DE LA FATIGA

La fatiga y sus causas deben ser controladas en el proceso de entrenamiento. Se debe diferenciar la fatiga real de la denominada percepción de la fatiga, que es la que "siente" el deportista.

### PERCEPCION DE FATIGA

Es el grado de cansancio que es percibido por el deportista para un trabajo determinado. Factores fisiológicos (en relación con el trabajo realizado) y emocionales (que están relacionados con la carga psicológica y del entorno social).

Borg, en 1970 y 1982, confeccionó escalas que tienen una correlación importante con variables referidas a la intensidad del entrenamiento, tales como la frecuencia cardíaca, nivel de lactacidemia, carga, etc.). Este autor no niega la influencia de factores psicológicos, pero considera que son los fisiológicos los que más influyen en la percepción de fatiga.

¿Cómo fue el entrenamiento?			
0	Nada, inapreciable	5	Duro
0,5	En extremo débil	6	.....
1	Muy débil	7	Muy duro
2	Débil o ligero	8	.....
3	Moderado	9	.....
4	Algo duro	10	En extremo duro

*Escala de fatiga Borg 1982*

### INDICADORES DE FATIGA

Existen diferentes indicadores objetivos para detectar la aparición de fatiga.

#### a) Indicadores cotidianos

- Frecuencia cardíaca basal. (A la mañana, antes de salir de la cama).
- Frecuencia cardíaca post entrenamiento (1 hora después de finalizado).
- Peso basal.
- Insomnio. Calidad de sueño nocturno.
- Estado de ánimo.
- Apetito.

#### b) Indicadores periódicos

- Análisis de sangre y orina.
- Test de campo.

- Dinamometría.

### **c) Indicadores bioquímicos**

- Análisis de sangre y orina.

Diferentes autores han encontrado una disminución en la hemoglobina, hematocrito y hematíes en el síndrome de sobreentrenamiento o en incrementos bruscos de las cargas de entrenamiento.

También se ha encontrado disminución en los niveles de inmunoglobulinas, lo cual podría predisponer a la aparición de enfermedades.

Algunos autores consideran la elevación de urea plasmática como un indicador del sobreentrenamiento.

- Testosterona basal.
- Cortisol basal.
- Ver otros.

### **IMPORTANTE: REALIZANDO UN ANALISIS MINUCIOSO DE LAS CARGAS DE ENTRENAMIENTO**

Una estricta individualización de los planes de entrenamiento con un correcto equilibrio entre las cargas de entrenamiento y la recuperación necesaria del atleta, es una de las condiciones más importantes para incrementar la eficacia del entrenamiento.

La planificación anual del entrenamiento, así como los diferentes microciclos, debe ser correctamente valorado dependiendo de las capacidades físicas del deportista y de los objetivos propuestos.

Dentro de este apartado debemos hacer hincapié en dos aspectos importantes: por una parte realizar una gradual transición en el aumento de las cargas de entrenamiento hasta alcanzar la carga óptima de cada deportista, y por otro lado, tener en cuenta las diferentes competiciones que efectuará el deportista a lo largo de la temporada, competiciones que en algunos casos pueden producir un elevado desgaste físico y fatiga.

### **RESPECTAR LOS TIEMPOS DE RECUPERACION**

El arte del entrenamiento es proporcionar una cantidad y calidad óptima de trabajo sin sobrepasar la capacidad de recuperación y regeneración individual del atleta. Hay que respetar el adecuado tiempo de recuperación entre las sucesivas sesiones de entrenamiento. Pero incluso más importancia tiene la recuperación de las cargas de trabajo dentro de la misma sesión de entrenamiento.

En el deportista de alto nivel, el reposo entre sesiones de entrenamiento raramente es superior a las 24 horas. Normalmente hay un solo día de reposo absoluto en la planificación semanal, y en algunos deportes como en el atletismo, hay una semana de descanso después de 2 ó 3 semanas de entrenamiento intenso. En estos casos, tiene un especial interés el reposo relativo o entrenamiento de regeneración, donde el deportista realiza sesiones de trabajo a muy bajas intensidades, por ejemplo realizar una sesión de entrenamiento de carrera continua al aire libre a un ritmo suave durante 20 a 30 minutos, seguido de ejercicios de estiramientos musculares. Este tipo de entrenamiento es especialmente bueno para ayudar al organismo a obtener los fenómenos de compensación buscados en el entrenamiento con cargas elevadas.