

Control biomédico del entrenamiento (CBE)

Training biomedical control

Mauricio Serrato Roa*

Óscar Horacio Bernal Triviño**

Resumen

El control biomédico del entrenamiento es una actividad de intervención multidisciplinaria realizada como parte de los planes de entrenamiento de los deportistas. Con estas actividades se pretende aportar al mejoramiento de la forma deportiva y prevenir la enfermedad deportiva.

El control biomédico del entrenamiento se define como toda actividad de medicina del deporte o sus ciencias relacionadas, que pretende evaluar o controlar aspectos relacionados con la salud o el rendimiento de los deportistas. Este control trae consigo intervenciones efectivas producto del análisis y la interpretación de las evaluaciones morfológicas, funcionales, bioquímicas y psicológicas, para asesorar y orientar al entrenador en el manejo de las cargas de entrenamiento y sus pausas compensatorias, con el objetivo de que puedan llevarse con éxito las adaptaciones positivas que mejoren la forma deportiva y favorezcan el logro de los objetivos competitivos. El control biomédico del entrenamiento también logra prevenir las alteraciones en la salud del deportista, reduciendo el riesgo de lesión o enfermedad deportiva.

Para comprender el control biomédico del entrenamiento es necesario entender los procesos de adaptación biológica y el entorno de la dinámica existente entre las cargas externa e interna.

Palabras clave: control biomédico, medicina deportiva, potencial deportivo, sobre entrenamiento, adaptación al entrenamiento, recuperación.

Palabras clave:

Cargas de entrenamiento, control biomédico, enfermedad deportiva, forma deportiva, medicina del deporte pausas compensatorias.

Abstract

The training biomedical control is a multidisciplinary intervention activity to be carried out in training plans. This control provides a good sports form and avoids the sports illnesses.

It is all sports medicine activity and its related sciences. They try to evaluate and control the health aspects and sports people's performance. This control result in effective interventions produced by the analysis and interventions of the morphological, functional, biomedical, psychological evaluations, in order to advise the trainer in management of the training sessions and their compensatory pauses, in order to carry out successfully the positive adaptations for increasing a good sports form and achieving the competitive objectives. As well as, this control avoids the sports people's health alterations by reducing the damage risks and sports illness.

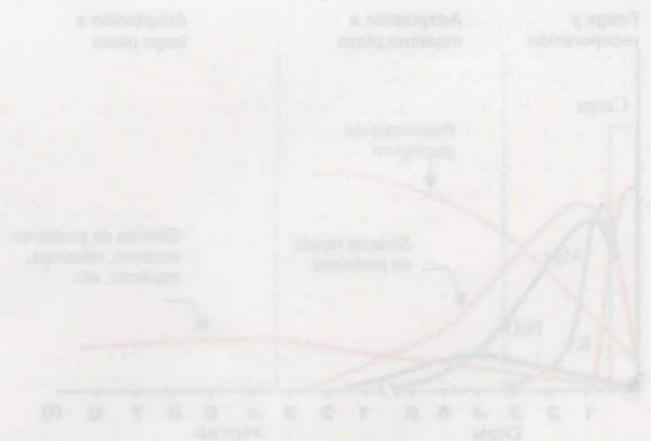
In order to understand the training biomedical control it is necessary to know the biological adaptation processes and the conditions of the current dynamics between the external and internal charges in the trainings.

Key words:

Training charges, biomedical control, sports illnesses, sports form, sports medicine, compensatory pauses.

Fecha de recepción: 12 de octubre de 2005.

Fecha de aceptación: 8 de noviembre de 2005.



* Médico deportivo, Universidad el Bosque. Catedrático Universidad Pedagógica Nacional.

** Especialista en Pedagogía del entrenamiento deportivo. Docente de planta Universidad pedagógica Nacional.

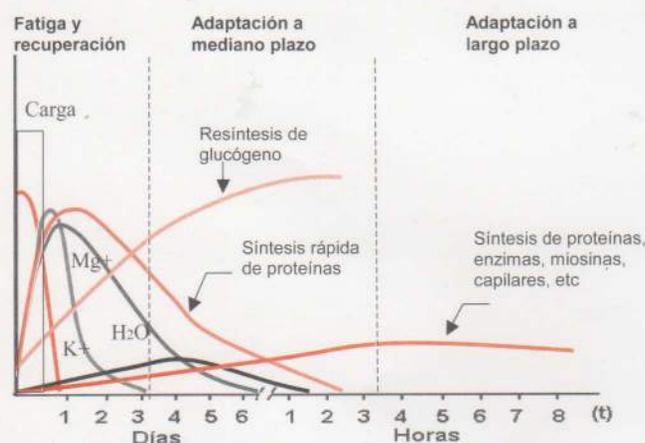
Adaptación biológica y el CBE

En fisiología se denomina adaptación a cualquier cambio en la estructura o función de una célula, tejido, órgano, sistema u organismo, como repuesta a un estímulo de magnitud suficiente para alterar reversiblemente la homeostasis celular.

Por tanto la magnitud del estímulo debe tener una intensidad y una duración mínimas que causen alteración significativa de la homeostasis celular. Los estímulos de carácter inferior no provocan respuestas adaptativas, ya que la célula responde cotidianamente a estos estímulos. Los estímulos demasiado intensos o duraderos pueden sobrepasar a la capacidad adaptativa de la célula e impedir cualquier proceso de adaptación. En estas condiciones la célula sufre daño reversible o irreversible. El estímulo puede ser metabólico o mecánico y, por tanto, los daños resultantes pueden ser derivados de un déficit energético transitorio o de un daño estructural derivado de tensiones mecánicas exageradas.

La adaptación es en sí una propiedad evolutiva de los organismos, que les permite responder ante las agresiones y cambios en el medio, mediante cambios específicos para sobrevivir. Los estímulos son variados y tienen múltiples mecanismos de acción. Los mecanismos celulares mediante los cuales se evocan las respuestas adaptativas son múltiples, ya sea por medio de un factor mecánico o por la inducción de mediadores de señalización intracelular. En el caso de la actividad física no se conocen bien cuáles son estos mediadores. Se cree que son una mezcla de todos, según el tipo de estímulo.

Cuando ocurre un estímulo significativo, se presentan varias fases (gráfica 1).



Gráfica 1. Gráfica de las curvas de los eventos fisiológicos que ocurren después de la carga, la recuperación y las adaptaciones a mediano y largo plazo.

Respuestas agudas

Ocurren durante la aplicación del estímulo, y corresponden a los cambios inmediatos, que se ven reflejados en el aumento del metabolismo, descarga de las reservas metabólicas, producción de energía mecánica en las células musculares, liberación de productos almacenados, secreción de sustancias, etc. Durante esta fase, en las células musculares se degradan proteínas, quedando fragmentos que posteriormente pueden actuar como elementos activadores de las respuestas adaptativas, así como liberación de factores mediadores de la respuesta adaptativa. Ésta es una fase puramente catabólica.

Fatiga

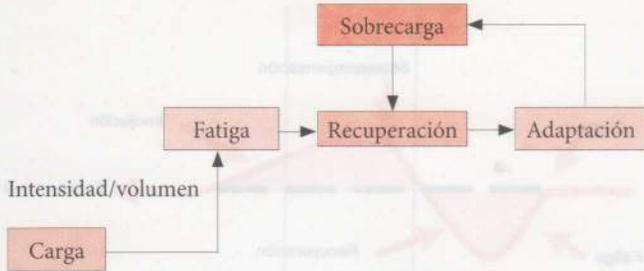
Ocurre simultáneamente cuando se aplica el estímulo, se depletan las reservas metabólicas energéticas, se agotan los productos de secreción, se han alterado las condiciones del ambiente interno por movimiento de iones hacia el exterior (calcio, potasio) y entrada de iones (sodio), se disminuye el potencial energético de la célula, se acumulan hidrogeniones elevando el pH intracelular, aumentan los radicales libres, se mueve líquido al interior de la célula y cae el potencial eléctrico de las células excitables, entre otras. Progresivamente va disminuyendo el potencial de respuesta a los estímulos, hasta que ya no puede evocarse ninguna respuesta aguda.

Recuperación

Una vez cesa el estímulo, es necesario restaurar el orden del medio interno. Se requiere restablecer de inmediato las concentraciones de electrolitos tanto en las células como en el plasma, y en seguida, se deben degradar los restos proteicos. El metabolismo se aumenta como consecuencia de un estado puramente anabólico, en el cual se restablecen las reservas energéticas de glucógeno y triglicéridos intracelulares e inicia una fase aguda de síntesis proteica, la cual es anabólica.

Adaptación

Es la fase más tardía. Cuando el estímulo es repetido, se van produciendo respuestas de síntesis proteica que modifican en su estructura y función las células, aumentando su capacidad de respuesta ante los estímulos repetidos, haciendo que éstos no provoquen alteraciones significativas del medio interno que pongan en peligro la viabilidad de la célula. Estos cambios son reversibles si cesa la aplicación de los estímulos repetidos. Para aumentar los cambios funcionales o estructurales es necesario aumentar la cantidad o intensidad del estímulo, es decir aplicar sobrecargas (gráfica 2).

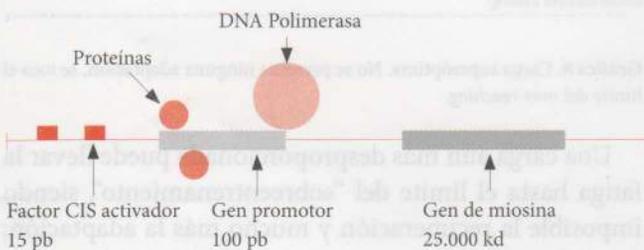


Gráfica 2. Fases de la respuesta ante un estímulo y ciclo de adaptación sobrecarga.

Puede deducirse que se trata de un proceso de dos fases: una de descarga, la cual es exclusivamente catabólica o de liberación de energía, y una de recarga o resíntesis, que es anabólica. Para realizar una actividad se “libera” el mecanismo catabólico que obliga a periodos mucho mas prolongados de recuperación. Estas fases normales deben ser consideradas en conjunto y de manera complementaria, no sólo como partes separadas.

Como un ejemplo de las adaptaciones que ocurren en respuesta al ejercicio se mostrará de forma sucinta la adaptación del músculo. Para que un músculo se contraiga, se requiere la activación voluntaria del área motora de la corteza cerebral, la cual evoca potenciales de acción específicos para los músculos y las acciones por realizar. Los impulsos nerviosos terminan en la placa motora liberando acetilcolina y probablemente otros moduladores de origen neurogénico que pueden ser mediadores de respuestas adaptativas.

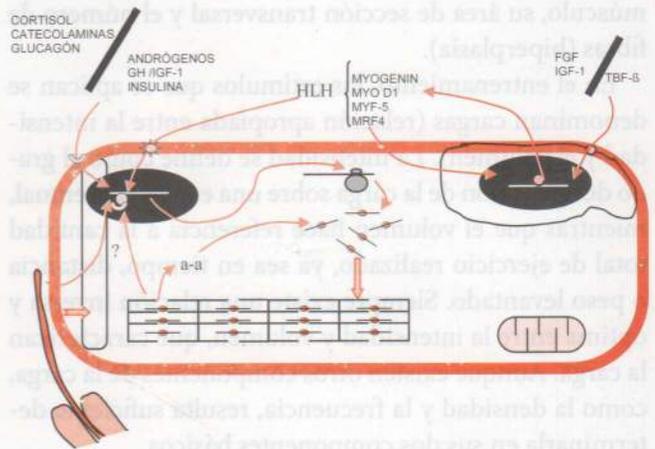
La miosina tiene una vida media de aproximadamente 15 días. Cada vez que la célula se contrae muchas proteínas se rompen. Las proteínas dañadas son degradadas, liberando pequeños fragmentos proteicos que tienen en su estructura secuencias de aminoácidos que pueden fijarse a ciertos genes activadores muy específicos del genoma de la célula. Al unirse estos fragmentos, forman un complejo con el ADN que permite fijar la enzima ARN polimerasa, que inicia el proceso de síntesis de ARN mensajero que contiene la información necesaria para la síntesis de proteínas amplificadoras de la respuesta adaptativa (gráfica 3).



Gráfica 3. Gen promotor para la síntesis de miosina.

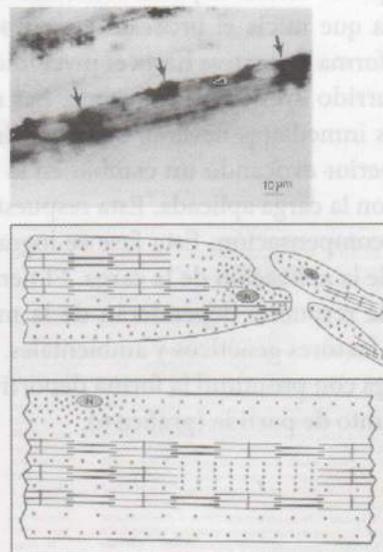
Estas proteínas se conocen como factores de crecimiento (TGF). Los factores de crecimiento pertenecen a la familia de proteínas HLH, que tienen la propiedad de reconocer sitios específicos del ADN y desencadenar programas de transcripción de proteínas estructurales y funcionales que modificarán el fenotipo de la célula.

Regulación del turnover proteico en el músculo



Gráfica 4. Adaptación del muslo ante un estímulo intenso.

En la gráfica 4 se muestran algunos de estos factores. Los TGF actúan sobre la misma célula o sobre otras células cercanas, siendo un efecto local en el sitio de aplicación del estímulo. Dentro de los miotubos de las células musculares se encuentran unas células embriónicas que tienen la pueden diferenciarse en miocitos o fusionarse con las células contenidas en el miotubo, las cuales se conocen como células satélite (gráfica 5).



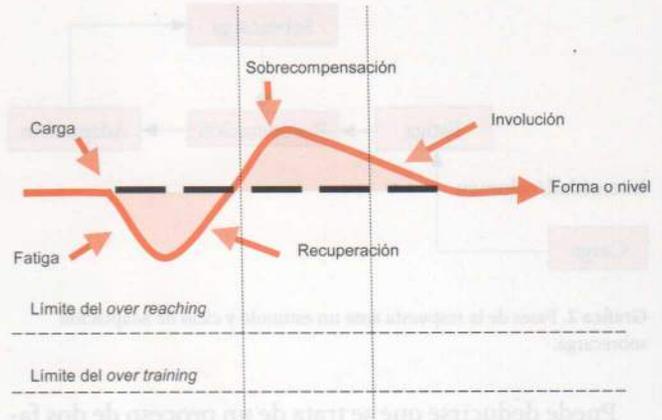
Gráfica 5. Demostración de la activación de las células satélite, de manera paracrina y autocrina mediante la producción de factores Biogénicos. Med. Sci. Sports. Exerc. 24: 2: 1992.

Por lo tanto ante un estímulo adecuado, el músculo responde adaptándose al producir miosinas específicas para el tipo de estímulo, mediante la modulación de la expresión genética. No sólo se modifican las características de las proteínas motoras; si el estímulo es adecuado se cambia por completo la expresión fenotípica de la fibra muscular de lenta en rápida, y viceversa. Ocurre finalmente una modificación de la composición del músculo, su área de sección transversal y el número de fibras (hiperplasia).

En el entrenamiento, los estímulos que se aplican se denominan cargas (relación apropiada entre la intensidad y el volumen). La intensidad se define como el grado de aplicación de la carga sobre una escala porcentual, mientras que el volumen hace referencia a la cantidad total de ejercicio realizado, ya sea en tiempo, distancia o peso levantado. Siempre existe una relación inversa y óptima entre la intensidad y volumen, que caracterizan la carga. Aunque existen otros componentes de la carga, como la densidad y la frecuencia, resulta suficiente determinarla en sus dos componentes básicos.

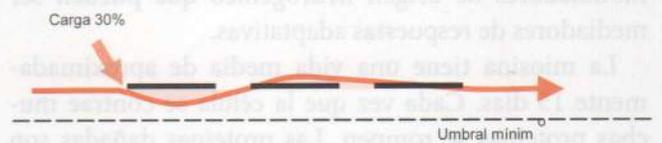
Cuando se realiza un test que evalúe cualquiera de las cualidades físicas, su magnitud determina el estado de la forma deportiva. Lógicamente cada deporte tendrá una o varias cualidades determinantes del rendimiento, las cuales se usaran como referente de la forma deportiva. Sin aplicar cargas, la forma deportiva a corto plazo no se modificará; sin embargo, a mediano y largo plazo la forma tenderá a decrecer en un proceso conocido como involución.

Cuando se aplica una carga, se produce una fase de fatiga, en la que la forma deportiva decrece transitoriamente hasta que inicia el proceso de recuperación, que llevará la forma deportiva hasta el nivel inicial, una vez ha transcurrido un tiempo suficiente. Las respuestas adaptativas inmediatas llevarán la forma deportiva a un nivel superior evocando un cambio en la función consecuente con la carga aplicada. Esta respuesta se denomina supercompensación. Esta fase se logrará unos días después de la aplicación de la carga. El tiempo y la magnitud de la respuesta dependerán de la magnitud de la carga, de factores genéticos y ambientales. Si no se aplica una carga con prontitud la forma deportiva involucionará al punto de partida (gráfica 6).

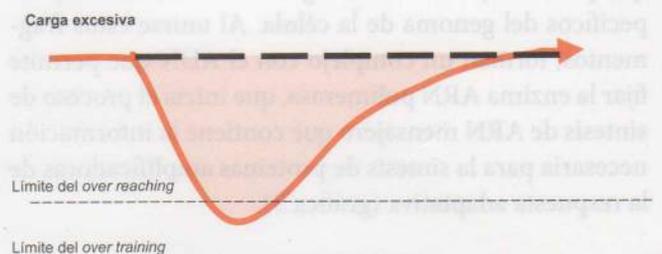


Gráfica 6. Curva de los procesos de carga, fatiga, recuperación y sobrecompensación.

Cuando una carga es tan pequeña que no causa un estrés significativo a las células, la fatiga es pequeña y no se presentará ninguna adaptación (gráfica 7). Al contrario, cuando la magnitud de la carga es exagerada, la curva de la fatiga será muy profunda y la recuperación será más lenta. Si la magnitud de la carga excede la capacidad adaptativa del individuo, puede llegarse hasta el límite del *over reaching*, en el cual la recuperación no es completa, hay lesión celular y la supercompensación no podrá ocurrir ya que el estrés energético y metabólico ocupan los mecanismos celulares en reparar daños (gráfica 8). La recuperación puede tardar semanas.



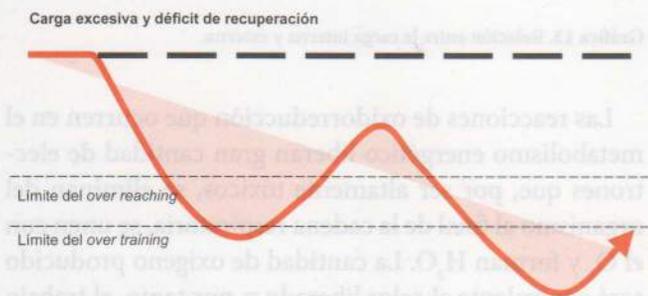
Gráfica 7. Carga subóptima. No se presenta ninguna adaptación.



Gráfica 8. Carga supraóptima. No se presenta ninguna adaptación, se toca el límite del *over reaching*.

Una carga aún más desproporcionada puede llevar la fatiga hasta el límite del "sobrentrenamiento", siendo imposible la recuperación y mucho más la adaptación; los daños son mayores y sistémicos, lo cual hace que este el proceso puede tardar meses en recuperarse.

Las condiciones mencionadas antes no suelen presentarse con una sola carga; es el déficit acumulativo de recuperación lo que lleva a que la forma deportiva decrezca y pueda tocarse el límite del sobreentrenamiento. Cuando las cargas son exageradas y los tiempos de recuperación son inapropiados, ocurre aplicación de las nuevas cargas en el periodo de fatiga o recuperación incompleta, llevando al individuo en una espiral cuesta abajo que terminará en un sobreentrenamiento (gráfica 9)



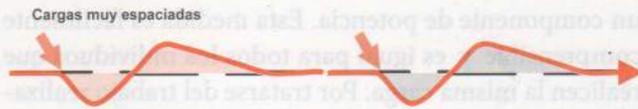
Gráfica 9. Déficit acumulativo de fatiga con recuperación incompleta, que lleva a sobre entrenamiento.

De los conceptos anteriores cabe pensar que existe un momento ideal para aplicar una nueva carga, el cual corresponde al punto mas alto de la curva de la supercompensación. En estas condiciones una nueva carga causará un menor estrés y la recuperación será más rápida. En estas circunstancias es posible aplicar una carga de magnitud superior para lograr una tendencia incremental de la forma deportiva, como puede evidenciarse en la gráfica 10.



Gráfica 10. Aplicación óptima de cargas y sobrecargas para aumentar la forma deportiva.

Puede presentarse la situación de aplicación de cargas óptimas, pero muy espaciadas, similar a lo que sucede con el deportista de fin de semana. Como ya ha ocurrido el proceso de la involución, una nueva carga parte de la línea de base y termina en ella, haciendo que el individuo no progrese y se someta a un estrés repetido que no causa adaptaciones, pero sí origina lesiones (gráfica 11).



Gráfica 11. Aplicación no óptima de cargas ya que están muy espaciadas en el tiempo.

Saber cuando un individuo se encuentra en el punto de la supercompensación, o por el contrario, si no hay indicios de recuperación es una de las tareas del control biomédico del entrenamiento (CBE) y una de las razones por las cuales el CBE aporta efectivamente en el aumento de la forma deportiva y previene la aparición del sobreentrenamiento.

La carga causará cambios adaptativos que se relacionan de manera directa con la magnitud y la calidad intrínseca de los ejercicios, así como de las respuestas propias del individuo y su ambiente. Definitivamente factores genéticos apropiados propician una respuesta de mayor magnitud, aun con poco estímulo, y, más aún, toleran mejor mayor cantidad de carga. En la figura se muestra el efecto de los factores genéticos. Los factores ambientales, que propician la respuesta (carga, método y medios), logran estimular las respuestas agudas al ejercicio y favorecen la recuperación y aceptación de la carga, de modo que los elementos, las superficies y el clima afectan las respuestas mientras que la nutrición, el descanso y la hidratación favorecen la recuperación. Otros factores propios del individuo, como la edad, el género y los factores psicosociales, también intervienen en las respuestas adaptativas.

Existe una interrelación entre la carga genética y el ambiente, que afecta grandemente las respuestas de adaptación, es decir la *Adaptabilidad*. Cuando se entrenan grupos de individuos con el mismo programa y algunos responden con mayores cambios y en menor tiempo, esto se debe a su mayor adaptabilidad.

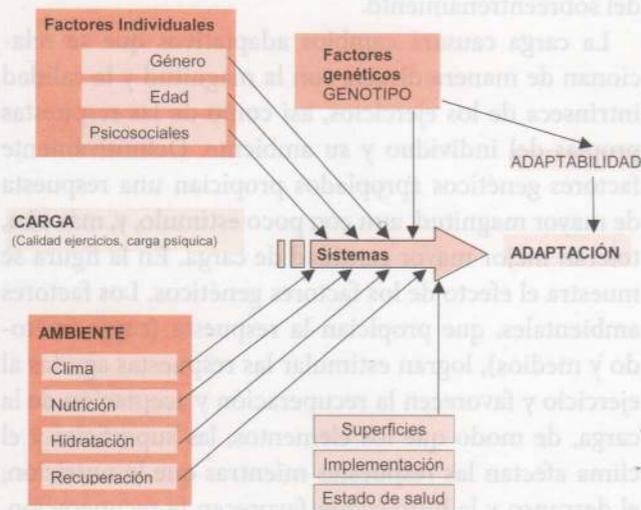
El talento se identifica principalmente por sus factores genéticos: antes de entrenar el individuo ya tiene un rendimiento superlativo, y cuando inicia el plan de entrenamiento, mejora en mayor proporción, con menor requerimiento de carga y en menos tiempo. En la gráfica 12 se muestra un esquema de los factores que afectan la adaptación al entrenamiento.

Relación entre la carga interna y externa

La carga contiene una magnitud que se puede expresar y cuantificar físicamente. Toda carga aplicada sucede en función del tiempo; por tanto, toda carga tiene inherente

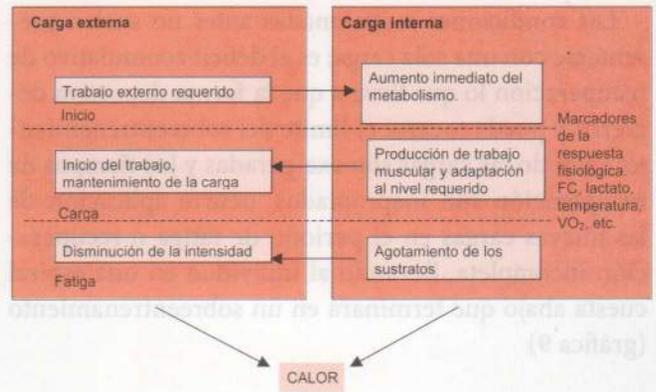
un componente de potencia. Esta medida es fácilmente comprensible y es igual para todos los individuos que realicen la misma carga. Por tratarse del trabajo realizado por el individuo, se denomina *carga externa*.

Dos individuos, a pesar de realizar la misma carga, percibirán de una forma diferente esta carga estándar. Las respuestas que provocan un esfuerzo como consecuencia de una carga externa se denominan *carga interna*. Debido a que las respuestas adaptativas dependerán primariamente de la carga interna, es preciso conocer la magnitud de estas respuestas. Esta es otra función del CBE.



Gráfica 12. Factores que afectan la adaptación, se trata del aporte de factores genéticos y ambientales a los cambios fenotípicos finales, los cuales se ven afectados por una interacción entre los factores genéticos y ambientales, denominada adaptabilidad.

Existe una relación termodinámica entre la carga externa y la interna. Un trabajo externo realizado requiere que se le aplique una energía determinada. Cuando se realiza un trabajo las fuerzas de fricción y de resistencia disiparán la energía total del trabajo realizado en calor. La carga interna hace referencia a la capacidad y eficiencia del individuo para producir la energía que requiere la carga externa. La energía que el individuo produce proviene de los enlaces químicos de los substratos energéticos. Esta energía es liberada gradualmente al romper estos enlaces mediante reacciones de oxido-reducción. Cerca de un 30% de la energía libre proveniente de los substratos se utilizará para realizar el trabajo, la energía restante se liberará como calor. Por último toda la energía producida y liberada se convertirá en calor. Por lo tanto el trabajo externo y el metabolismo producirán cantidades equivalentes de energía térmica que pueden cuantificarse en calorías (gráfica 13).

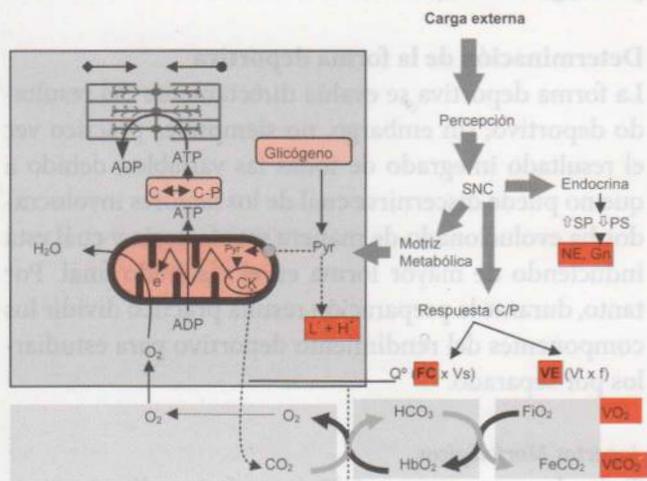


Gráfica 13. Relación entre la carga interna y externa.

Las reacciones de oxidorreducción que ocurren en el metabolismo energético liberan gran cantidad de electrones que, por ser altamente tóxicos, se eliminan del organismo al final de la cadena respiratoria, se unen con el O₂ y forman H₂O. La cantidad de oxígeno producido será equivalente al calor liberado y, por tanto, al trabajo externo realizado. Se sabe que por cada litro de O₂ consumido se producen 5 kilocalorías; por tanto puede establecerse una relación indirecta entre la carga externa y el consumo de oxígeno. Esta relación puede evidenciarse en la pendiente de VO₂ contra carga (vatios); de hecho, se ha establecido que por cada vatio realizado se consumen 10 a 12 ml de O₂.

Para que el O₂ pueda ser utilizado en la mitocondria, es necesario captarlo del ambiente, llevarlo a la sangre, unirlo a la hemoglobina y bombearlo a los tejidos. Este proceso involucra por completo al sistema cardiopulmonar y circulatorio. La ventilación se aumenta de manera proporcional con la intensidad del ejercicio en una combinación entre la frecuencia respiratoria (f) y el volumen corriente (VT); simultáneamente; para aumentar el bombeo de sangre el gasto cardíaco (Q) aumentará de manera proporcional con la intensidad en una combinación entre el aumento del volumen de eyección (V_s) y la frecuencia cardíaca (FC). El metabolismo de los substratos energéticos aumenta la producción de CO₂. Este subproducto debe ser eliminado por el sistema pulmonar (VCO_2). De acuerdo con la intensidad del ejercicio cada vez se reclutarán más unidades motoras glicolíticas rápidas (FG), que al ser de metabolismo citoplasmático producirán cada vez más lactato, de una forma exponencial con la intensidad del ejercicio, causando una acidosis metabólica. Además, cuando la célula muscular realiza la transferencia de la energía química en mecánica, se originan cambios en el ambiente interno, se liberan metabolitos, se acidifica el interior de la célula y se

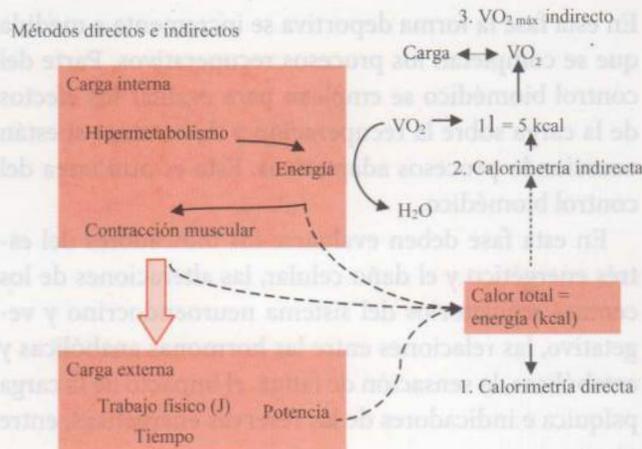
mueven electrolitos e iones que causan señales químicas cuantificables. Cuando se libera la energía del ATP se libera una cantidad equimolecular de hidrogeniones (H^+), lo cual empeora la situación de acidosis intracelular. Como el VO_2 provoca una respuesta integrada de todos los sistemas, las señales fisiológicas, metabólicas y bioquímicas sirven como indicadores de la eficiencia metabólica y, por lo tanto, pueden usarse como marcadores de la carga interna (gráfica 14).



Gráfica 14. Efectos fisiológicos de la carga externa sobre los sistemas involucrados. En color naranja se encuentran resaltados los indicadores metabólicos de la carga interna. C = Creatina, SNC = sistema nervioso central, SP simpático, PS = parasimpático, C-P = creatina fosfato, C/P = cardiopulmonar, L = lactato, Pyr = piruvato, NE = Norepinefrina, Gn = glucagón, FC = frecuencia cardíaca, VE = ventilación, V_s = volumen de eyección, V_t = volumen corriente, f = frecuencia ventilatoria, HbO_2 = Oxihemoglobina, FiO_2 = fracción inspirada de oxígeno, $FeCO_2$ = fracción espirada de CO_2 , VO_2 = consumo de oxígeno.

El VO_2 se convierte en la variable final que expresa la integración de muchos factores que intervienen en la carga interna. Esto se debe a que para consumir O_2 se requiere un trabajo integrado de todos los sistemas desde el pulmón hasta la mitocondria. A su vez, el VO_2 se correlaciona con la carga de trabajo externo, ya que 1 litro de O_2 equivale a producir 5 kilocalorías. Este es el principio de la calorimetría indirecta (gráfica 15). Al conocer el VO_2 puede determinarse cuántas calorías se han generado.

Además, si se conoce la carga externa puede deducirse el VO_2 , ya que los trabajos interno y externo requieren las mismas kilocalorías. De esta forma ha podido establecerse una relación muy precisa entre el trabajo y el VO_2 , que puede deducirse de la pendiente de la curva VO_2 /carga. En condiciones normales, se sabe que por cada vatio de trabajo realizado se consumen 10 a 12 ml de O_2 .



Gráfica 15. Relación entre las cargas interna y externa. Las formas de medición, desde la más precisa mediante calorimetría directa hasta la calorimetría indirecta, cuantificando el VO_2 máximo y relacionando el consumo de oxígeno con la carga externa ($1 l O_2 = 5 kcal$).

Simultáneamente con los cambios metabólicos y termodinámicos que causa el ejercicio, el entorno general del organismo debe encontrarse en un estado catabólico, el cual en esta fase de la carga es regulado por el sistema endocrino. El influjo simpático (SP) aumenta de manera proporcional con la intensidad del ejercicio, haciendo que se libere norepinefrina (NE) de la corteza suprarrenal, aumenta el glucagón y las hormonas tiroideas (gráfica 14).

El control biomédico del entrenamiento

Puede afirmarse que son muchos los cambios fisiológicos que ocurren durante el estado de ejercicio (periodo de carga y fatiga), fase durante la cual se monitorean reacciones fisiológicas conocidas como marcadores de hipermetabolismo. Estos marcadores son directamente proporcionales a la intensidad de la carga externa. Se establece entonces una relación individual entre la aplicación de la carga externa y sus repercusiones en la interna.

Sin embargo, el monitoreo de la carga interna no asegura que ocurran adaptaciones, sólo puede indicar la magnitud del impacto de la carga externa sobre los diferentes sistemas del individuo; por tanto, es también necesario monitorear los cambios fisiológicos que se presentan en la fase posejercicio.

Al aplicar una carga, en principio se presenta una etapa de fatiga, en la cual el rendimiento es inferior debido a las consecuencias fisiológicas de la aplicación de la carga, las primeras horas representan el momento de recuperación a corto plazo, seguida de una fase de recuperación a mediano plazo que puede tardar varios días.

En esta fase la forma deportiva se incrementa a medida que se completan los procesos recuperativos. Parte del control biomédico se emplean para evaluar los efectos de la carga sobre la recuperación y determinar si están ocurriendo procesos adaptativos. Esta es otra tarea del control biomédico.

En esta fase deben evaluarse los indicadores del estrés energético y el daño celular, las alteraciones de los centros regulatorios del sistema neuroendocrino y vegetativo, las relaciones entre las hormonas anabólicas y catabólicas, la sensación de fatiga, el impacto de la carga psíquica e indicadores de las reservas energéticas, entre otros.

En la medida en que se valora esta etapa, puede obtenerse un indicador preciso de cuánto tarda la recuperación y/o sobre compensación, de manera que es posible predecir el momento óptimo para la aplicación de una nueva carga y su magnitud ajustada.

Como puede observarse, parte del monitoreo del control biomédico consiste en evaluar la tendencia de la forma deportiva. Sin este parámetro es imposible evaluar la integración del proceso y la efectividad de las intervenciones del control biomédico. Por tanto es necesario programar evaluaciones frecuentes de la forma deportiva con tests generales o específicos denominados tests pedagógicos.

Estos tests se determinan de acuerdo con las características del deporte, la modalidad y el periodo de entrenamiento, y pueden realizarse en laboratorio o en campo. Los tests de laboratorio dan más precisión a expensas de la especificidad, de manera que todos son complementarios y ninguno da información absoluta. De hecho, la recomendación más pertinente es la realización de tests de campo para la verificación de los resultados de laboratorio. Por ejemplo, si se determinan las zonas de entrenamiento en una curva de lactato obtenida en el laboratorio, se realiza una verificación de las cargas específicas de entrenamiento en el campo, tratando de determinar la relación entre los resultados de laboratorio y los resultados ajustados en cuanto a la carga interna.

Las actividades de control biomédico del entrenamiento se resumen en la tabla 1.

Aplicación del control biomédico del entrenamiento

1. Determinación de parámetros de la forma deportiva y su comparación histórica y transversal.
2. Determinación de la carga externa y su tendencia acumulativa.
3. Determinación de la carga interna y el impacto sobre los sistemas.
4. Determinación de la dosificación de la carga óptima mediante el análisis de la interacción entre la carga interna y la carga externa.

5. Determinación de la cantidad de fatiga y los procesos de recuperación.
6. Determinación del potencial deportivo a través del análisis longitudinal del control biomédico.

Tabla 1. Sumario de las aplicaciones del control biomédico del entrenamiento en el entrenamiento deportivo.

Finalmente, una aplicación efectiva del control biomédico del entrenamiento aumenta la forma deportiva para lograr los objetivos fundamentales.

Determinación de la forma deportiva

La forma deportiva se evalúa directamente del resultado deportivo; sin embargo, no siempre es práctico ver el resultado integrado de todas las variables, debido a que no puede discernirse cuál de los factores involucrados ha evolucionado de manera satisfactoria y cuál está induciendo de mayor forma en el resultado final. Por tanto, durante la preparación resulta práctico dividir los componentes del rendimiento deportivo para estudiarlos por separado.

Aspectos Morfológicos

Todos los aspectos morfológicos afectan directamente el rendimiento deportivo. Algunos tienen que ver con la adecuación de la estructura corporal a las necesidades específicas del deporte y la modalidad, los cuales se estudian desde la antropometría y los análisis de proporcionalidad.

Las características morfológicas que dan ventaja a un competidor se conocen bien. Al comparar al individuo con el patrón ideal puede obtenerse una idea de la favorabilidad de su estructura para el deporte. Por ser una estructura genéticamente determinada, su importancia radica en la selección de talentos y los análisis tácticos de las competencias. No es necesario controlar a menudo esta variable.

Otro aspecto morfológico importante está relacionado con la composición corporal que establece las relaciones entre los tejidos magros y funcionales y el tejido graso. Puede evaluarse el impacto del lastre adicional que un deportista puede tener, así como la relación entre su masa corporal activa y su estructura biotipológica. Por su dinámica cambiante esta valoración se realiza durante el periodo de entrenamiento.

Aspectos fisiológicos

Estos factores han tenido gran preponderancia en el control biomédico del entrenamiento. Deben seleccionarse las cualidades básicas y condicionales, por cuanto son las que, más aportan por separado al rendimiento

deportivo específico, para tomarlas como patrón de referencia y comparación.

A cada cualidad se asigna el test que más se ajusta a la especificidad del deporte y los grupos musculares empleados. Esta cualidad es evaluada en el laboratorio y en el campo, por lo general en etapas significativas del plan de entrenamiento. Se diseñan test de validación de los resultados en campo que pueden ser aplicados sincrónicamente.

Los resultados iniciales deben compararse con sus datos históricos para ver las tendencias anteriores de la forma deportiva y cómo se van acumulando las cargas a largo plazo. Durante la ejecución del plan de entrenamiento se realiza la comparación dentro del ciclo actual de entrenamiento para analizar las tendencias a mediano plazo de la forma deportiva y su relación con el acumulo de cargas de entrenamiento.

Posteriormente los resultados deben compararse con los resultados de sus compañeros, los deportistas de carácter nacional, internacional y mundial, con el fin de establecer un punto de referencia externo de la forma deportiva y sus implicaciones con las metas a largo plazo. Esta comparación puede ayudar a determinar la entrenabilidad del individuo.

Aspectos Psicológicos

La predisposición psicológica ante el deporte y el entrenamiento, sus motivaciones y habilidades caracterizan el grado de competitividad y rendimiento del deportista. Es necesario establecer como las habilidades psicológicas individuales se correlacionan con las demandas competitivas de su deporte.

Las habilidades psicológicas dan una estimación de la capacidad agonística. Estas deben ser evaluadas con frecuencia para determinar el efecto de las intervenciones del entrenamiento Psicológico y por lo tanto estiman los aspectos psicológicos de la forma deportiva.

Aspectos Biomecánicos

La capacidad de expresar al máximo las cualidades físicas durante la ejecución de gestos técnicos puede ser estudiada mediante el análisis biomecánico. Este análisis permite estimar la integración de la forma deportiva y por tanto, se constituye en una herramienta fundamental dada su alta especificidad y su posibilidad de intervenir en el perfeccionamiento técnico.

Deben realizarse evaluaciones serias durante el ciclo de entrenamiento, en especial en las etapas específicas y precompetitivas.

El análisis biomecánico permite comparar la técnica de los individuos con gran perfeccionamiento técnico

con la evolución del trabajo de especialización deportiva.

Determinación de la carga externa y su tendencia acumulativa

Es necesario conocer las magnitudes de la carga externa aplicada para el control biomédico del entrenamiento. Si bien su medición es física, orienta las tendencias de las sobrecargas aplicadas en el plan de entrenamiento y permite establecer los valores de referencia para las intervenciones sobre la carga interna.

El control de la carga externa puede realizarse sobre el plan de entrenamiento, analizando las magnitudes de la carga actual y su relación con las cargas acumuladas en los ciclos anteriores, para establecer una progresión lógica y acorde con el nivel deportivo, su edad y grado de maestría deportiva, su estado de salud y su predisposición para la aceptación de las cargas. Cualquier incongruencia debe controlarse de manera preventiva, hecho que obliga al análisis de las tendencias acumulativas de la carga externa.

Además se debe analizarse la progresión de las cargas y su relación con la intensidad, de manera que exista una proporción lógica entre intensidad y volumen y los periodos de recuperación. Cualquier incongruencia que no sea corregida desde el plan de entrenamiento pondrá al atleta en serio riesgo de sobre entrenamiento.

Debe evaluarse igualmente, la progresión de la sobrecarga, de manera que sea proporcional con el nivel del deportista, su historia, su edad y sus características individuales para aceptar las cargas. Al analizar la progresión es necesario evaluar la tendencia oscilatoria de las cargas, de modo que existan periodos de recuperación acordes con las cargas planeadas.

El análisis del plan permite también una adecuada valoración de los puntos y fechas de intervención, las fases sensibles o críticas del plan, así como los momentos de las evaluaciones y controles. Éste es, pues, el principal insumo para el control biomédico del entrenamiento.

Determinación de la carga interna y el impacto sobre los sistemas

Cada vez que una carga externa se aplica a un organismo ocurren respuestas individuales proporcionales a la magnitud y duración de la carga. Es necesario tener indicadores que manifiesten en cierto grado el impacto fisiológico de las cargas aplicadas, para correlacionarlo con los datos obtenidos en las evaluaciones previas. De este análisis deriva una magnitud cuantificable de la carga interna. Por tanto son mediciones que se realizan durante la aplicación de la carga.

La herramienta más empleada para controlar la carga interna es la frecuencia cardiaca (FC), que si bien se correlaciona con la intensidad del estímulo, sólo tiene valor en los trabajos de resistencia. Es necesario anotar que la FC no tiene un comportamiento lineal con la carga externa, a diferencia del VO_2 , en la que sí hay una correlación gracias a las equivalencias termodinámicas. En cargas bajas los aumentos de FC entre una y otra son mayores que las diferencias encontradas entre cargas elevadas. Este hecho debe ser tenido en cuenta para el trabajo en campo. Igualmente resulta inexacta la predicción de la FC con base en la edad, y en el alto rendimiento se recomienda medir la FC máxima para objetivar las intensidades de entrenamiento. Se recomienda realizar grabaciones cada 5 segundos de la FC para ser analizados mediante *software* posteriormente.

Otra medida común para establecer la intensidad del entrenamiento es la medición del lactato sanguíneo. Si se han realizado evaluaciones previas, se verifica que las cargas aplicadas en el campo coincidan con las esperadas. Si no hay congruencia éstas deben ser ajustadas si estos cambios no pueden ser atribuidos a ingesta de carbohidratos deficiente, estado de hidratación adecuado, clima extremo o recuperación insuficiente. Otro uso del lactato durante la carga consiste en tomarlo en la recuperación. Cuando se realizan trabajos de potencia y velocidad, puede estimarse la tasa de glucólisis que el atleta es capaz de realizar por unidad de tiempo. El lactato después de pruebas mayores a 20 segundos, se acumula en el compartimiento intracelular, debido a la saturación completa de los transportadores en las fibras rápidas glucolíticas (FG). El lactato, comienza a ser transportado a la sangre en el periodo de recuperación haciendo un pico máximo entre los 7 y los 10 minutos. El valor máximo obtenido se correlaciona bien con la capacidad glucolítica y por consiguiente con la forma deportiva. Además permite estimar la evolución de la forma.

Durante la fase aguda del ejercicio se presenta una gran movilización de carbohidratos desde las reservas hepáticas, la cual es proporcional a la descarga de catecolaminas que se presenta cuando la intensidad del ejercicio aumenta. Por tanto la medición de la glicemia durante la carga refleja este impacto. Cuando las cargas son prolongadas el glucógeno intracelular se va agotando, en este momento se pueden presentar caídas de los niveles de glucosa sanguínea que afectan profundamente el rendimiento. En las fases de recuperación se puede evidenciar una drástica caída de la glicemia como consecuencia del uso acelerado de carbohidratos en esta fase.

Existen reportes muy escasos del uso de la urea durante la aplicación de cargas. Se encuentra que el valor en la primera hora de recuperación se correlaciona con la intensidad de esta carga. Se puede evaluar el déficit energético en que puede entrar el músculo por cargas excesivas, ya que se reflejaría un uso de emergencia de la miokinasa para producir ATP a partir del ADP, hecho que genera aumento de AMP intracelular que tiene que ser deaminado para ser excretado. Como consecuencia se producen moléculas de nitrógeno que posteriormente son convertidos en urea. Mediciones del ácido úrico podrían ser empleados de la misma manera.

Dosificación de la carga

El control biomédico no sólo puede emplearse para determinar la forma deportiva. De hecho, las valoraciones de etapa proporcionan una información paralela de gran utilidad. Las relaciones que existen entre la carga, la FC y los marcadores metabólicos permiten extrapolar las intensidades requeridas para aplicar las cargas. Pueden obtenerse zonas de entrenamiento que al ser extrapoladas a las condiciones del campo se convierten en una herramienta de gran utilidad para el entrenador.

Determinación de la fatiga y la capacidad de recuperación

Un uso importantísimo del control biomédico estriba en evaluar cómo se lleva a cabo la recuperación en relación con la cantidad de fatiga producida por la carga. Con esta información pueden conocerse los momentos de las fases sensibles para aplicar nuevas cargas, establecer si están produciéndose procesos anabólicos de recuperación que lleven a adaptaciones y por lo tanto, son fundamentales en los periodos de administración de altas cargas.

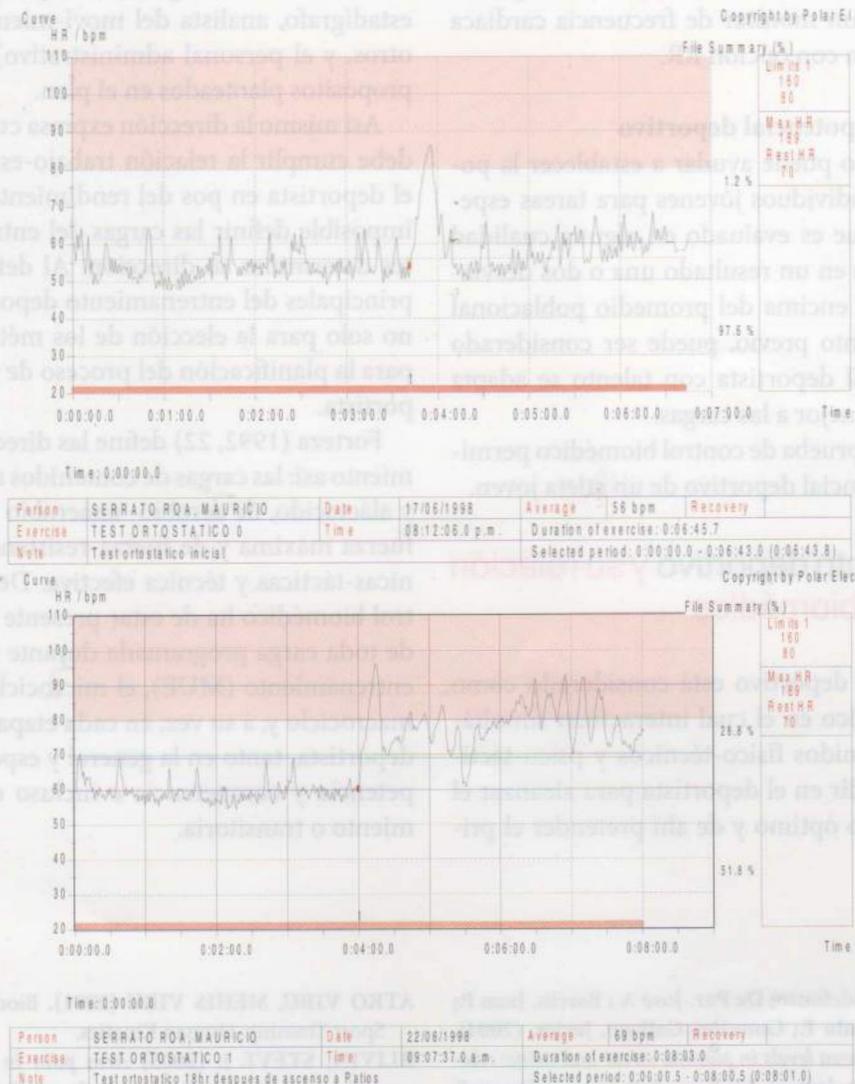
Normalmente el ejercicio produce elevaciones tanto de la urea como de la actividad de la CPK plasmática. En las primeras 12 horas estas concentraciones deben retornar a la normalidad si la fatiga no fue muy profunda o si la capacidad de recuperación es suficiente. Cuando se excede la carga, los valores permanecen elevados después de 18 a 24 horas. Si los valores elevados persisten por varios días, puede hablarse de un déficit recuperativo o un exceso de carga con relación a la capacidad de adaptación del individuo. Para evaluar con más precisión se requiere que el individuo sea monitoreado continuamente para establecer las tendencias individuales de respuesta a la carga, de manera que valores persistentemente elevados entre las 18 y las 24 horas por encima de una desviación estándar de los valores

propios del individuo pueden ser interpretados como anormales. Existe poca investigación al respecto de la dinámica de la urea y la CPK con las cargas de entrenamiento. Se considera que una elevación persistente de los valores de urea se produce como consecuencia de un exceso de volumen, mientras que las elevaciones de la CPK indican excesos en la intensidad. El mecanismo que explica la salida de la CPK de la célula está relacionado con la ruptura de la integridad de las membranas, ya sea por déficit energético o por daño mecánico. Por tanto en los deportes con contracciones excéntricas se producen con más frecuencia elevaciones de la CPK, sin que indique necesariamente sobrecarga excesiva.

El individuo se encuentra sólo en dos fases: carga o recuperación. Durante cada uno de estos periodos predominarán las hormonas catabólicas o anabólicas, respectivamente. Una alteración de la dinámica de estas fases llevará consigo una alteración del patrón en-

tre el sistema simpático y el parasimpático o entre las hormonas catabólicas y las anabólicas. Ejemplo de esta última es la relación testosterona/cortisol.

En un estado de deficiente recuperación se altera el balance autonómico, hecho que se refleja en la pérdida de la variabilidad cardíaca en reposo, expresando un predominio simpático o parasimpático. Del análisis espectral de los fractales de la frecuencia cardíaca puede evidenciarse en etapas tempranas el *over reaching* u *over training*. En la figura 16 se evidencia un control previo de variabilidad cardíaca realizado con un monitor de pulso en modo R-R, y el control después de una sesión de entrenamiento intensa en la cual el deportista no se ha recuperado. La variabilidad cardíaca puede ser una herramienta precoz, para evaluar el impacto del entrenamiento sobre el control autonómico y, por tanto, previo a cualquier indicador bioquímico y hormonal.



Gráfica 16. Over training test, mostrando insuficiente recuperación.

El test consiste en colocar al individuo en decúbito supino de 3 a 4 minutos registrando en modo RR. Con esto se ve la influencia del sistema parasimpático. Se toma la presión arterial. Súbitamente se coloca al sujeto de pie y se toma nuevamente la presión arterial, se continúa monitorizando el RR durante 3 la 4 minutos más. Al colocarse el sujeto de pie, cae el retorno venoso y por tanto, el gasto cardiaco, desencadenando una respuesta simpática. Con esta maniobra, se puede conocer el efecto del influjo simpático. Siempre se debe tomar un test de referencia al comienzo de la temporada para analizar individualmente su comportamiento ante las altas cargas.

La presión arterial sistólica no debe subir mas de 15 mmHg, y la variabilidad cardiaca no debe estar alterada antes y después del reto ortostático. En la gráfica se evidencia un cambio muy significativo en el predominio simpático, que lleva a una reducción de la variabilidad cardiaca.

Este test es de aplicación sencilla, sin embargo, requiere disponer de un monitor de frecuencia cardíaca de última generación con opción RR.

Determinación del potencial deportivo

El control biomédico puede ayudar a establecer la potencialidad de los individuos jóvenes para tareas específicas. Un sujeto que es evaluado en alguna cualidad física y se encuentra en un resultado una o dos desviaciones estándar por encima del promedio poblacional aun sin entrenamiento previo, puede ser considerado talento deportivo. El deportista con talento se adapta más rápidamente y mejor a las cargas.

El análisis de una prueba de control biomédico permite el cálculo del potencial deportivo de un atleta joven.

El entrenamiento deportivo y su relación con el control biomédico

Si el entrenamiento deportivo está considerado como un proceso sistemático en el cual interactúan simultáneamente sus contenidos físico-técnicos y psico-tácticos que buscan incidir en el deportista para alcanzar el nivel de rendimiento óptimo y de ahí pretender el pri-

mer lugar en la competencia, se hace indispensable que el control biomédico (actividad de intervención multidisciplinaria que incide en el proceso de entrenamiento) actúe directamente sobre él.

Para comprender dicha actuación han de considerarse tres principios fundamentales: la planificación que implica una utilización eficaz del tiempo en la preparación del deportista, la periodización, que trata sobre cómo (su método) actuar en relación de asimismo, y la dirección del entrenamiento, principio pocas veces valorado por los entrenadores que por lo cual se han presentado consecuencias serias en la aplicación de las cargas en dicho proceso.

La dirección se entiende como el sentido que han de tener los contenidos del entrenamiento y que son responsabilidad directa de todos los que interviene en el proceso (el médico deportólogo, el deportista, el cuerpo técnico, el grupo de profesionales adjunto: psicólogo, nutricionista, fisiólogo, fisioterapeuta, trabajador social, estadígrafo, analista del movimiento deportivo, entre otros, y el personal administrativo) para alcanzar los propósitos planteados en el plan.

Así mismo la dirección expresa cuál es el objetivo que debe cumplir la relación trabajo-esfuerzo-descanso en el deportista en pos del rendimiento y sin la cual sería imposible definir las cargas del entrenamiento, sin antes determinar su dirección. Al definir las direcciones principales del entrenamiento deportivo, éstas servirán no solo para la elección de los métodos, sino también para la planificación del proceso de preparación del deportista.

Forteza (1992, 22) define las direcciones del entrenamiento así: las cargas de contenidos anaerobio láctacido, y aláctacido, de aerobio- anaerobio y las de aerobio, de fuerza máxima y de fuerza-resistencia, de técnica, técnicas-tácticas y técnica efectiva. De esta forma el control biomédico ha de estar presente antes, en y después de toda carga programada durante la micro unidad de entrenamiento (MUE), el microciclo, el mesociclo y el macrociclo y, a su vez, en cada etapa de preparación del deportista, tanto en la general y especial, la de precompetencia y competencia e incluso en la de restablecimiento o transitoria.

Bibliografía

ALVEAR-ORDENES, Ildelfonso; De Paz, José A.; Barrio, Juan P.; Cruz Tornez, Armando F.; González Gallego, Javier. (2004). *Physical exercise and urea levels in plasma, sweat and urine: relationship with muscular damage*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 36(5) Supplement: S30-S31.

ATKO VIRU, MEHIS VIRU (2001). *Biochemical Monitoring of Sport Training*. *Human Kinetics*.

BLIVIN, STEVE J. (2005) *Arm pain in a conditioned warrior athlete*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 37(5) Supplement:S9.

- COMBEST, TRAVIS; SAUNDERS, Michael J. Facsm; Kane, Mark D.; Todd, Kent (2005). Attenuated CPK Following Carbohydrate/Protein Intervention Improves Subsequent Performance: Medicine & Science in Sports & Exercise. 37(5) Supplement: S42.
- DUMKE, C L. NIEMAN, D. C. (2003). Changes in Blood Chemistry Following Ultradistance Running. Medicine & Science in Sports & Exercise. 35(5) Supplement 1:S91.
- FORTEZA DE LA ROSA, Armando. (1992). El entrenamiento deportivo. Apuntes teóricos y metodológicos. Ciudad de la Habana.
- GRAHAM, TERRY E.; Turcotte, Lauraine P.; Kiens, Bente; Richter, Erik A. (1997). Effect of Endurance Training on Ammonia and Amino Acid Metabolism in Humans. Medicine & Science in Sports & Exercise. 29(5):646-653.
- GREDIAGIN, A.; Leklem, J. E. (2001). The Effect of a 50-Km Ultramarathon on Plasma Urea Nitrogen Concentration and Urinary Nitrogen Excretion. Medicine & Science in Sports & Exercise. 33(5) Supplement 1:S163.
- HALSON, S. L.; Bridge, M. W.; Gleeson, M.; Meeusen, R.; Jeukendrup, A. E. (2002). Time Course of Performance Changes and Markers of Overreaching in Cyclists. Medicine & Science in Sports & Exercise. 34(5) Supplement 1:S274.
- HALSON, SHONA L. et al. (2003). Immunological Responses To Over reaching in Cyclists. Medicine & Science in Sports & Exercise. 35(5):854-861.
- HARTMANN, Ulrich; Mester, Joachim (2000). Training and Over training Markers in Selected Sport Events. Medicine & Science in Sports & Exercise. 32(1):209.
- HOFFMAN, J. R. et al. (2002). Biochemical and Endocrine Responses to an Intercollegiate Football Game. Medicine & Science in Sports & Exercise. 34(5) Supplement 1:S197.
- HOFFMAN, JAY R. et al. (2002). Performance, Biochemical, and Endocrine Changes During a Competitive Football Game. Medicine & Science In Sports & Exercise. 34(11):1845-1853.
- KEARNS, AMY K.; Clarkson, Priscilla M. Facsm; Rouzier, Pierre A.; Rubin, Richard J. (2004). High Blood Creatine Kinase Levels do not Portend Renal Failure in Exertional Rhabdomyolysis. Medicine & Science in Sports & Exercise. 36(5) Supplement:S36.
- KNIZIA, K.; Gastmann, U.; Netzer, N.;Steinacker, J. M. Facsm; Lehmann, M. Macsm (1997). Monitoring High-Intensity Endurance Training Using Resting Hematological, BloodChemical, and Serum/Plasma Endocrinological Parameters. Medicine & Science in Sports & Exercise. 29(5) Supplement:221.
- KONIG, Daniel; Huonker, Martin; Schmid, Andreas; Halle, Martin; Berg, Aloys; Keul, Joseph (2001). Cardiovascular, Metabolic, and Hormonal Parameters in Professional Tennis Players. Medicine & Science in Sports & Exercise. 33(4):654-658.
- KONIG, Daniel; Schumacher, York Olaf; Heinrich, Lothar; Schmid, Andreas; Berg, Aloys; Dickhuth, Hans-Hermann (2003). Myocardial Stress after Competitive Exercise in Professional Road Cyclists. Medicine & Science in Sports & Exercise. 35(10):1679-1683.
- KRAEMER, William J.; et al. (1999). Influence of Exercise Training on Physiological and Performance Changes with Weight Loss in Men. Medicine & Science in Sports & Exercise. 31(9):1320-1329.
- LENTO, P. H. Akuthota (2002). Confusion in a Marathoner. Medicine & Science in Sports & Exercise. 34(5) Supplement 1:S219.
- MARTIN, David T. Et al. (2004). Serum Testosterone, Cortisol and Biochemistry during a Cycling Stage- Race: Top 10 Vs. Non-Top 10 Finishers. Medicine & Science in Sports & Exercise. 36(5) Supplement:S139.
- MICHAEL, Niess, et al. (2003). Evaluation of Stress Responses to Interval Training at Low and Moderate Altitudes. Medicine & Science in Sports & Exercise. 35(2):263-269.
- MIKHEEV, Alexander A. Ph.D., Asst. Prof. (2005). Effects of Dosed Longitudinal Vibration on Athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise. 37(5) Supplement: S193.
- MUJIK, Inigo; et al. (2000). Physiological Responses to a 6-D Taper in Middle-Distance Runners: Influence of Training Intensity and Volume. Medicine & Science in Sports & Exercise. 32(2):511.
- ROWBOTTOM, D. et al. (2001). Biological Variables to Assist in Fatigue Management are Individualised in Highly Trained Swimmers. Medicine & Science in Sports & Exercise. 33(5) Supplement 1:S341.
- ROWBOTTOM, David G.; Keast, David; Garcia-Webb, Peter; Morton, Alan R. (1997) Training Adaptation and Biological Changes Among Well-Trained Male Triathletes. Medicine & Science in Sports & Exercise. 29(9):1233-1239.
- SCHNEIDER, C. M. Facsm ; Fort, I. L. ; Hayward, R. ; Balog, J. M.; Kreider, D. L. (1997). Serum Profile of Middle-Aged Males Following Exercise-Induced Muscle Injury. Medicine & Science in Sports & Exercise. 29(5) Supplement:52.
- STEINACKER, Juergen M.; Lormes, Werner; Lehmann, Manfred; Altenburg, Dieter. (1998). Training of Rowers Before World Championships. Medicine & Science in Sports & Exercise. 30(7):1158-1163.
- STEVENS, Bruce R.; Godfrey, Michael D.; Kaminski, Thomas W.; Braith, and Randy W. (2000). High-Intensity Dynamic Human Muscle Performance Enhanced by a Metabolic Intervention. Medicine & Science in Sports & Exercise. 32(12):2102-2108.
- Training and Overtraining of the World Class Athletes: An Interdisciplinary and International Perspective 1097. Medicine & Science in Sports & Exercise. 28(5) Supplement: 184. 1996.
- URHAUSEN, A.; Coen, B.; Kindermann, W. (2001). Intensive Training vs. Rest: Effects on Ergometric, Hormonal, and Psychological Results. Medicine & Science in Sports & Exercise. 33(5) Supplement 1:S132.
- URHAUSEN, A.; Coen, B.; Weiler, B.; Werremeier, S.; Kindermann, W. Hormonal and Biochemical Parameters, Psychovegetative Profile, and Ergometric Performance During Training in Rowers. Medicine & Science in Sports & Exercise. 30(5) Supplement:174. 1998.
- URHAUSEN, Axel; Gabriel, Holger H. W.; Kindermann, Wilfried. (1998). Impaired Pituitary Hormonal Response to Exhaustive Exercise in Overtrained Endurance Athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise. 30(3):407-414.
- VANHEEST, J. L. 1,2; Skinner, J. 1; Cappaert, J. M. 1; Rodgers, C. D. 2; Ratliff, K. (1996). Monitoring Training Stress in Elite Swimmers Using Biological Markers. Medicine & Science in Sports & Exercise. 28(5) Supplement:182.
- WHYTE, GREGORY P.; George, Keith; Sharma, Sanjay; Lumley, Steven; Gates, Philip; Prasad, Krishna; Mckenna, William J. (2000). Cardiac Fatigue Following Prolonged Endurance Exercise of Differing Distances. Medicine & Science in Sports & Exercise. 32(6):1067-1072.
- VOLEK, JEFF S. (2004). Influence of Nutrition on Responses to Resistance Training. Medicine & Science in Sports & Exercise. 36(4):689-696.