

Sobre los autores

Atko-Meeme Viru, Doctor en Medicina, Diplomado en Ciencias es profesor honorario especializado en fisiología del ejercicio en la Universidad de Tartu, en Estonia. Sus investigaciones examinan los problemas fundamentales y las cuestiones aplicadas relativas a los fundamentos del control del entrenamiento. Estudió medicina en la Universidad de Tartu en Estonia y se diplomó en ciencias en la Academia de Ciencias de Estonia.

Mehis Viru, Doctor en Medicina. Es investigador, jefe del Laboratorio de Fisiología del Deporte y catedrático

de los estudios de entrenamiento en la Universidad de Tartu, en Estonia. Sus principales áreas de investigación cubren el control del entrenamiento, el sobreentrenamiento y la adaptación metabólica y hormonal al ejercicio y el entrenamiento. El Dr. Viru ha pasado 15 años controlando el entrenamiento de los deportistas de elite de Estonia en diferentes disciplinas deportivas. Asimismo, ha estudiado y trabajado durante cuatro años en el Karolinska Institute de Estocolmo, uno de los institutos médicos más importantes del mundo. El Dr. Viru obtuvo su licenciatura en medicina en la Universidad de Tartu, en Estonia.

Índice

Prefacio IX
Créditos XIII

Parte I

Objetivo del control bioquímico del entrenamiento 1

Capítulo 1 Introducción: necesidad y oportunidad 3

Datos históricos 3

Principios y diseño del control del entrenamiento 5

Resumen 10

Capítulo 2 Adaptación metabólica en el entrenamiento 11

Función de la adaptación celular en los cambios inducidos por el entrenamiento 11

Síntesis adaptativa de proteínas 13

Control metabólico 18

Adaptación aguda y a largo plazo 20

Mejora del control metabólico 24

Resumen 25

Parte II

Métodos para el control bioquímico del entrenamiento 27

Capítulo 3 Metabolitos y sustratos 29

Biopsia muscular 29

Metabolitos de la sangre 34

Sustratos oxidativos de la sangre 50

Microdiálisis 56

Consideraciones generales 56

Resumen 58

Capítulo 4 Metodología de los estudios hormonales 61

Consideraciones metodológicas generales 61
Interpretación de los resultados 65
Resumen 71

Capítulo 5 Las hormonas como herramientas para el control del entrenamiento 73

Sistema simpaticosuprarrenal 73
Sistema hipofisocorticosuprarrenal 78
Hormonas pancreáticas 89
Hormona y factores del crecimiento 94
Hormonas tiroideas 98
Hormonas reguladoras del equilibrio hidroelectrolítico 99
Hormonas sexuales 103
Péptidos opiáceos endógenos 109
Resumen 111

Capítulo 6 Índices hematológicos e inmunológicos y equilibrio hidroelectrolítico 113

Índices hematológicos 113
Índices inmunológicos 129
Equilibrio hidroelectrolítico 133
Resumen 137
Conclusión general de la parte II 138

Parte III

Realización del control bioquímico del entrenamiento 139

Capítulo 7 Retroalimentación desde los efectos inducidos por el entrenamiento 141

Sistema energético muscular y clasificación del ejercicio 141
Sistema energético anaeróbico 144
Sistema energético aeróbico 150
Control de los mecanismos de producción de energía 161
Valoración de otros efectos del entrenamiento 167
Resumen 168

Capítulo 8	<i>Evaluación de las cargas en el entrenamiento</i>	171
	Carga de la sesión de entrenamiento	171
	Microciclos de entrenamiento	180
	Resumen	191
Capítulo 9	<i>Valoración de los cambios de la adaptabilidad para la optimización de las estrategias de entrenamiento</i>	193
	Cambios de la adaptabilidad en el entrenamiento	193
	Cambios hormonales y metabólicos durante un macrociclo de entrenamiento	198
	Alteración de las actividades inmunitarias durante un macrociclo de entrenamiento	208
	Fenómenos especiales en el deporte de alto nivel	210
	Resumen	219
	Conclusión general de la parte III	220
	Conclusiones	221
	Bibliografía	223
	Índice alfabético	277

Prefacio

Desde un punto de vista biológico, el entrenamiento deportivo representa la adaptación del organismo a unas condiciones de mayor actividad muscular. Dicha adaptación puede conseguirse como resultado de diversos cambios en el organismo que abarcan desde el nivel de las estructuras celulares y los procesos metabólicos hasta el nivel integral de las actividades funcionales, su control y la construcción de sus estructuras. Los cambios afectan a los mecanismos moleculares de los procesos metabólicos y la capacidad funcional de las estructuras celulares. En conjunto, todos estos cambios aseguran el aumento de la capacidad de trabajo físico y el rendimiento deportivo, contribuyen al desarrollo óptimo de los niños y los adolescentes, aseguran una mejora del estado de salud y ayudan a mantener la calidad de vida de los ancianos. No obstante, la aparición de todos estos cambios depende de la calidad y la organización del entrenamiento. De hecho, los efectos del entrenamiento están específicamente relacionados con determinadas características de los ejercicios realizados, su intensidad y duración y la relación trabajo/reposo, tanto durante la sesión de entrenamiento como en el microciclo de entrenamiento (normalmente de 4 a 7 días). En consecuencia, el objetivo del entrenamiento deportivo es provocar un cambio intencionado en el organismo mediante los ejercicios y métodos de entrenamiento más adecuados.

Los principios sobre los que se basa este concepto de entrenamiento derivan de los siguientes resultados obtenidos a partir de estudios fisiológicos y bioquímicos:

- Un cierto número de cambios y peculiaridades en el organismo distinguen al deportista de elite (*homo olympicus*) de la persona sedentaria (*homo sedentarius*).
- Los experimentos realizados en los entrenamientos y los estudios cruzados confirman que el ejercicio sistemático puede inducir los cambios necesarios para mejorar las capacidades físicas.
- La naturaleza, intensidad y duración de los ejercicios de entrenamiento y las peculiaridades en la participación de diversos músculos y unidades motoras son determinantes para los cambios adaptativos del organismo.

- Los cambios específicos en el organismo dependen de la realización de ejercicios específicos y la síntesis adaptativa de proteínas es la base de esta relación. De hecho, se cree que los cambios hormonales y los metabolitos acumulados durante y después del ejercicio son inductores de la síntesis específica de proteínas. La síntesis adaptativa de proteínas así provocada da lugar a un aumento de las estructuras celulares más activas e incrementa el número de moléculas de enzimas que catalizan las vías metabólicas más sensibles.

Así, los ejercicios de entrenamiento provocan los cambios específicos en el organismo necesarios para conseguir el propio objetivo del entrenamiento. Por ejemplo, una mayor resistencia requiere un mayor potencial oxidativo de las fibras musculares, que a su vez se consigue gracias a un mayor número de mitocondrias en las células y una mayor actividad de las enzimas oxidativas. En su conjunto, los cambios provocados por los distintos ejercicios dan lugar a una mejora del nivel de rendimiento físico.

La principal ventaja del control bioquímico es que cada ejercicio se realiza para conseguir un cambio específico en el organismo y que el cambio resultante hace posible comprobar la eficacia de cada uno de estos ejercicios o grupo de ejercicios. De esta manera, el entrenamiento se convierte en un proceso bien controlado y, en consecuencia, los cambios que experimenta el organismo sirven para controlar la eficacia del entrenamiento respecto a una respuesta específica.

Para la planificación del entrenamiento, especialmente para las correcciones a una planificación anterior, se necesita información de respuesta para saber qué está pasando en el organismo del deportista; para saber cómo se puede influir sobre las sesiones, los regímenes y las fases del entrenamiento (por ejemplo, fase de entrenamiento intenso o fase de puesta a punto); y para saber cuáles son los principales resultados del entrenamiento. En muchos casos, es necesario realizar estudios hormonales y metabólicos para obtener la información necesaria.

Los métodos bioquímicos se utilizan cada vez más en el entrenamiento de los deportistas. Muchos deportistas

y entrenadores reconocen el valor de los índices bioquímicos y los utilizan como guía para el entrenamiento, aunque también es cierto que en algunos casos los resultados de los estudios bioquímicos son incomprensibles y por lo tanto carecen de utilidad. Por otra parte, en ocasiones, los métodos bioquímicos se utilizan incorrectamente o de forma incoherente.

El objetivo de *Análisis y control del rendimiento deportivo* es proporcionar a los entrenadores de elite, los médicos deportivos, los investigadores y los estudiantes de posgrado los conocimientos relacionados con los principios científicos utilizados en los métodos bioquímicos destinados al control del entrenamiento. En este sentido, esperamos ofrecer la información necesaria para poder escoger los métodos bioquímicos que se adapten a los resultados esperados, evitar la sobrevaloración de los resultados obtenidos en los estudios bioquímicos y determinar la adecuación o la inconsistencia de un método para obtener la información necesaria. Para ello, este libro trata de los conocimientos básicos y los problemas metodológicos relacionados con el control bioquímico del entrenamiento deportivo.

El objetivo de este libro es determinar cuándo y cómo utilizar el control bioquímico en el entrenamiento deportivo teniendo en cuenta la metodología de los estudios bioquímicos de campo y su validez, limitaciones y posibles causas de error. La principal tarea es definir la información relevante y las bases científicas para la utilización de los diversos métodos de control. Nuestra idea es demostrar que una herramienta es buena si se emplea correctamente y de forma coherente. Para ello, el análisis de los diversos métodos se prolongará en una evaluación de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta el objetivo concreto del control del entrenamiento.

El libro está dividido en tres partes. La primera hace referencia al objetivo, la necesidad y los procesos relacionados con el control bioquímico del entrenamiento. La segunda incluye un análisis general de los métodos de

control utilizados, y pone especial hincapié en los metabolitos, los sustratos y las hormonas como herramientas de control bioquímico. La tercera analiza el empleo de diversos métodos de valoración de los cambios inducidos por el mismo, la evaluación de la carga de la sesión de entrenamiento (que incluye la evaluación del efecto del entrenamiento), el control sobre la influencia de los microciclos del entrenamiento, la valoración del rendimiento máximo, el control de la capacidad adaptativa del organismo y la oportuna determinación de lo que puede llegar a provocar un sobreentrenamiento.

El lector podrá obtener los conocimientos necesarios para utilizar los métodos bioquímicos y comprender los resultados obtenidos. Esperamos que *Análisis y control del rendimiento deportivo* ayude a solidificar las bases para dirigir y planificar el entrenamiento de los deportistas, lo cual permitirá, a su vez, que el entrenamiento sea más eficaz.

Esperamos que los investigadores especializados en el control del entrenamiento encuentren en *Análisis y control del rendimiento deportivo* la información necesaria para estimular sus ideas, realizar un control bioquímico más eficaz y desarrollar nuevos métodos de control. Nuestro deseo es ayudar a quienes utilizan el control bioquímico del entrenamiento a comprender mejor sus resultados.

Este libro es una continuación de *Adaptación en el entrenamiento deportivo* (Virus 1995). La excelente y profunda revisión realizada por Saltin y Gollnick (1983) en *Manual de fisiología – músculo esquelético* y los monográficos de Yakovlev (1977), Hollman y Hettinger (1976), Hargreaves (1995) y Lehmann *et al.* (1999a, 1999b), así como los libros de texto de Åstrand y Rodahl (1986), Brooks *et al.* (1996) y Garret y Kirkendall (2000) han proporcionado las bases tanto para *Adaptación en el entrenamiento deportivo* como para *Análisis y control del rendimiento deportivo*. Además, diversos artículos han proporcionado la información referente a la adaptación metabólica de la actividad muscular.