

Vladimir PLATÓNOV

TEORIA Y METODOLOGIA DE LA PREPARACION
DE LOS DEPORTISTAS EN EL DEPORTE OLIMPICO

Libro 2

Bases generales
del sistema
de preparación
de los deportistas



Universidad
del Valle

Programa  Editorial

La serie que se propone al lector, compuesta por cinco libros y titulada “Teoría y metodología de la preparación de los deportistas en el deporte olímpico”, es una versión complementada y reelaborada del manual “Teoría general de preparación de los deportistas en el deporte olímpico”, que salió en los últimos años en diferentes países del mundo: España (2001), Brasil (2004), Italia (2004), Rusia (2005), Ucrania (2012).

En el presente libro se estudia el problema de adaptación en el deporte y se presentan las bases generales de preparación de los deportistas. Se estudian los interrogantes de adaptación del sistema muscular, del tejido óseo y conectivo, del sistema de suministro energético, de la dirección de los procesos de fatiga y recuperación, de la formación de las reacciones adaptativas a largo plazo dentro del sistema de preparación anual y a muchos años, de las cargas de entrenamiento y competición, etc.



TEORÍA Y METODOLOGÍA DE LA PREPARACIÓN
DE LOS DEPORTISTAS EN EL DEPORTE OLÍMPICO

Libro 2

Bases generales
del sistema
de preparación
de los deportistas

E&P

Colección Educación y Pedagogía

VLADIMIR NIKOLAIEVICH PLATÓNOV

Doctor en Pedagogía, Profesor, hombre emérito de ciencia y tecnología de Ucrania, Rector de la Universidad Nacional de Educación Física y Deporte de Ucrania, Laureado con el Premio del Comité Estatal del Deporte de la URSS y con el Premio Estatal de Ucrania en Ciencia y Tecnología. Es autor de mas de 400 trabajos sobre teoría del deporte, sistema de preparación de los deportistas en el deporte olímpico, adaptación del hombre hacia las condiciones extremas del medio externo, traducidos y publicados en diferentes países de Europa, Asia, África y América Latina. En el 2001 el autor fue premiado con el Orden Olímpico del Comité Olímpico Internacional por una serie de trabajos en el campo de teoría y metodología del deporte olímpico.

V. N. PLATONOV

TEORÍA Y METODOLOGÍA DE LA PREPARACIÓN
DE LOS DEPORTISTAS EN EL DEPORTE OLÍMPICO

Libro 2

Bases generales
del sistema
de preparación
de los deportistas

E&P

Colección Educación y Pedagogía

Nikolaevich Platonov, Vladimir
Libro 2. Bases generales del sistema de preparación de los deportistas / Vladimir Nikolaevich Platonov ; traductor Jaime Cruz Cerón.-- Cali : Programa Editorial Universidad del Valle,2015.

400 páginas ; 24 cm.-- (Educación y pedagogía)

Incluye bibliografía

1. Entrenamiento deportivo 2. Deportes I. Cruz Cerón, Jaime, traductor II. Tít. III. Serie.

796 cd 21 ed.

A1502306

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Universidad del Valle

Programa Editorial

Serie: Teoría y metodología de la preparación de los deportistas en el deporte olímpico

Título: Bases generales del sistema de preparación de los deportistas

Autor: Vladimir Nikolaevich Platónov

Traducción: Jaime Cruz Cerón

ISBN: 978-958-765-178-2

ISBN-PDF: 978-958-5156-63-0

ISBN-EPUB: 978-958-5156-64-7

DOI: 10.25100/peu.414

Colección: Educación y Pedagogía - Educación Física y Deporte

Primera Edición Impresa septiembre 2015

Rector de la Universidad del Valle: Édgar Varela Barrios

Vicerrector de Investigaciones: Héctor Cadavid Ramírez

Director del Programa Editorial: Omar J. Díaz Saldaña

© Universidad del Valle

© Vladimir Nikolaevich Platónov

Diseño de Carátula y diagramación: Hugo H. Ordóñez Nieves

Corrección de estilo: Luz Stella Grisales H.

Este libro, o parte de él, no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Universidad del Valle.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros.

El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación, razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

Cali, Colombia, octubre de 2020

CONTENIDO

Introducción a la serie 11

Capítulo 1

BASES DE LA TEORÍA DE LA ADAPTACIÓN Y LEYES QUE RIGEN
SU FORMACIÓN EN EL ORGANISMO DE LOS DEPORTISTAS 15

La adaptación y los problemas de la preparación

racional de los deportistas 17

Reacciones adaptativas durante la actividad muscular 22

La formación del sistema funcional y las reacciones adaptativas . . . 24

Formación de la adaptación aguda 31

Formación de la adaptación crónica 35

Los fenómenos de la desadaptación, readaptación

y sobreadaptación en los deportistas 42

Capítulo 2

ADAPTACIÓN DE LOS TEJIDOS MUSCULAR, ÓSEO Y CONECTIVO . . . 57

Particularidades morfo-funcionales de las unidades motoras 57

La especialización deportiva y la estructura del tejido muscular . . . 61

Cambios en las fibras musculares bajo la influencia de cargas

de trabajo de diferente magnitud y orientación 65

La coordinación de la actividad de las unidades motoras como un

mecanismo importante en la adaptación del músculo a la carga física . 73

Adaptación de los tejidos óseo y conectivo 83

La detención del entrenamiento y la desadaptación del tejido muscular 87

Capítulo 3

SUMINISTRO ENERGÉTICO DURANTE LA ACTIVIDAD MUSCULAR . . 89

Características generales de los sistemas energéticos

durante la actividad muscular 89

Sistema energético aláctico	90
Sistema energético láctico (Glucólisis anaeróbica)	98
Sistema energético aeróbico. Características generales	108
Potencia, capacidad, economía y movilidad del sistema energético aeróbico	117
Reservas adaptativas del sistema energético aeróbico	133
Suministro energético durante actividades musculares realizadas con diferente intensidad y duración	146
Adaptación periférica y la utilización del oxígeno	157

Capítulo 4

LAS CARGAS EN EL DEPORTE Y SU INFLUENCIA EN EL ORGANISMO DE LOS DEPORTISTAS	167
Características de las cargas que se aplican en el deporte	167
Los componentes de la carga física y su influencia en la formación de las reacciones adaptativas	169
Especificidad de las reacciones adaptativas del organismo del deportista a la carga física	185
Influencia de la carga física sobre el organismo de los deportistas con diferentes niveles de preparación y de cualificación deportiva	192
Reacción del organismo del deportista a la carga de competición	199

Capítulo 5

LA FATIGA Y LA RECUPERACIÓN EN EL SISTEMA DE PREPARACIÓN DE LOS DEPORTISTAS	205
La fatiga y la recuperación al realizar una intensa actividad muscular	205
La actividad funcional al realizar un trabajo físico prolongado. La fatiga y la recuperación al aplicar cargas de diferente magnitud	222
La fatiga y la recuperación al aplicar cargas de diferente orientación	228
La fatiga y la recuperación en dependencia a la cualificación y al nivel de entrenamiento de los deportistas	245

Capítulo 6

FORMACIÓN DE LAS REACCIONES DE LA ADAPTACIÓN CRÓNICA EN LOS CICLOS DE PREPARACIÓN ANUAL Y MULTIANUAL	249
La edad de los deportistas y su predisposición a la adaptación	249
La formación de la adaptación crónica en el sistema de preparación multianual	266
La formación de la adaptación crónica en dependencia al sexo de los deportistas y a su especialidad deportiva	278

Adaptación del organismo del deportista durante el macrociclo anual en relación a la magnitud y a la orientación de la carga	282
La periodización dentro de la preparación anual como base de una efectiva formación de la adaptación crónica	294

Capítulo 7

BASES DE LA DIRECCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS VOLUNTARIOS	311
El sistema nervioso y la regulación del movimiento	311
Habilidades y hábitos motores	314
Bases de la teoría sobre la dirección de los movimientos	316
Aspectos teóricos del perfeccionamiento de la técnica	330

Capítulo 8

OBJETIVO, TAREAS, MEDIOS, MÉTODOS Y PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA PREPARACIÓN DEPORTIVA	343
Objetivo y tareas de la preparación deportiva	343
Medios empleados en la preparación deportiva	346
Métodos empleados en la preparación deportiva	347
Métodos empleados fundamentalmente en la asimilación de la técnica deportiva	348
Métodos empleados fundamentalmente en el desarrollo de las cualidades motoras	350
Principios específicos de la preparación deportiva	354
Orientación hacia los máximos logros deportivos	355
Profundización de la especialización deportiva	356
Sistematización del proceso de entrenamiento deportivo	357
Relación e interrelación entre el aumento progresivo de la carga física y la tendencia a utilizar cargas máximas	358
Carácter variable y ondulante de la carga física	360
Carácter cíclico en los procesos de la preparación deportiva	363
Unidad e interrelación entre las estructuras de la actividad competitiva y las estructuras de la preparación deportiva	364
Unidad e interrelación entre el proceso de entrenamiento deportivo y la actividad competitiva con factores externos a estos procesos	366
La interdependencia entre la efectividad del proceso de entrenamiento deportivo y la profilaxis de los traumas deportivos	367
Principios didácticos que se utilizan en el sistema de preparación de los deportistas	368
BIBLIOGRAFÍA	375

**PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

INTRODUCCIÓN A LA SERIE

La serie que se propone al lector, “Teoría y metodología de la preparación de los deportistas del deporte olímpico”, compuesta por cinco libros, es una versión complementada y reelaborada del manual *Teoría general de la preparación de los deportistas en el deporte olímpico* que se publicó en los últimos años en diferentes países: España (2001), Brasil (2004), Italia (2004), Ucrania (2004), Rusia (2005).

Los libros están destinados, ante todo, a los entrenadores de alta cualificación y a los estudiantes de maestría de instituciones de educación superior especializadas en entrenamiento deportivo. Muchas unidades temáticas, serán del interés de los administradores que se desempeñan en el campo del deporte y de la preparación olímpica, toda vez que permiten estudiar en forma multilateral los procesos del deporte moderno para de esta manera optimizar todo lo relacionado con la preparación de los deportistas en las distintas etapas. No hay duda de que las diferentes temáticas tratadas en los libros, serán del interés de los médicos deportólogos, investigadores, nutricionistas y de otros especialistas involucrados en el sistema de la preparación olímpica de los deportistas. Los libros también serán útiles para los deportistas de alta cualificación que se preparan para las competencias internacionales de alto nivel.

En el proceso de la escritura de los libros, se utilizó información actualizada producida en investigaciones realizadas directamente en el campo del deporte olímpico y en el sistema de preparación de los deportistas, así como investigaciones en las diferentes disciplinas científicas, tales como la fisiología, la medicina, la bioquímica, la morfología, la biomecánica, la psi-

ciología, la dirección deportiva, etc. Igualmente se presenta la experiencia de la práctica deportiva moderna, cuya sistematización permite estudiar en un nivel esencialmente nuevo, muchos de los problemas que tienen relación con este campo del conocimiento.

En el proceso de elaboración de los libros, el autor se apoya en conocimientos y experiencias fundamentadas científicamente que conllevan a resultados fidedignos y eficaces. Por ejemplo, todo lo concerniente a los procesos de adaptación de los tejidos muscular, óseo y conectivo durante la actividad muscular, así como todo lo relacionado con los sistemas energéticos y el traumatismo deportivo, se basa en los trabajos de especialistas de los países escandinavos, de Alemania, de Italia, de EE. UU. y de Canadá. Precisamente, las más importantes investigaciones, se han realizado en los laboratorios de estos países. Por otro lado, los interrogantes relacionados con la teoría general de la preparación de los deportistas, con la metodología que permite organizar las diferentes unidades estructurales dentro del proceso del entrenamiento deportivo y con el perfeccionamiento de los diferentes componentes de la preparación se intentan responder basándose en los trabajos científicos de los países de Europa Oriental.

Gran parte del contenido de los libros se basa en los resultados de las investigaciones realizadas por el profesor Platónov* y sus discípulos durante el período comprendido entre los años 1970 y 2005. También se tuvo en cuenta la experiencia del autor y de sus colegas, en los campos de la estrategia general empleada en la preparación olímpica, en el aprovisionamiento científico-metodológico y organizacional del proceso de preparación de deportistas y de los equipos deportivos de muchos países que se destacaron en los diferentes juegos olímpicos celebrados entre los años 1976 y 2004.

El primer libro, *Tipos de deportes olímpicos, competencias y actividad competitiva de los deportistas*, trata sobre la clasificación y la caracterización multifacética de las modalidades deportivas olímpicas, expone las ideas contemporáneas sobre el sistema de las competencias deportivas, sus modalidades, reglamentación, maneras y condiciones de realización, lugar que le corresponde en el sistema de preparación, etc. Igualmente se caracteriza la actividad competitiva de los deportistas, en cuanto a la técnica, la estrategia y la táctica, así como también se caracterizan la estructura y las maneras de dirigir la actividad competitiva en las distintas modalidades deportivas.

* Solo en aquellos casos en que no se esté haciendo referencia a Vladimir Nikolaevich Platónov se indicarán las iniciales del autor correspondiente.

El segundo libro, *Bases generales del sistema de preparación de los deportistas*, estudia el problema de la adaptación en el deporte y presenta las bases generales de la preparación de los deportistas. Se estudian los mecanismos responsables de la adaptación del sistema muscular y de los tejidos óseo y conectivo, de los sistemas energéticos; igualmente, trata la dinámica de los procesos de la fatiga y la recuperación, la formación de las reacciones adaptativas crónicas dentro del sistema de preparación anual y multianual, las cargas de entrenamiento y de competición, etc.

El tercer libro, *Preparaciones física, técnico-táctica y psicológica de los deportistas*, se dedica al desarrollo de las diferentes cualidades motrices de los deportistas: fuerza, velocidad, flexibilidad, resistencia, coordinación, así como también de la preparación técnica, táctica y psicológica de los deportistas.

En el cuarto libro, *Estructuración del proceso de preparación de los deportistas*, se presenta integralmente el sistema de preparación del deportista, la estructura y el contenido del proceso del perfeccionamiento deportivo, la periodización de la preparación durante el año y durante los macrociclos, la estructuración de las sesiones de entrenamiento, de los microciclos y mesociclos, etc.

El quinto libro, *Selección, orientación, dirección y control en el sistema de preparación de los deportistas*, se dedica a la selección de los deportistas con mejor proyección y a la orientación de su preparación dentro del sistema de perfeccionamiento a muchos años; igualmente, trata sobre la dirección, el control, la modelación y el pronóstico en el sistema de preparación deportiva.

**PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

BASES DE LA TEORÍA DE LA ADAPTACIÓN Y LEYES QUE RIGEN SU FORMACIÓN EN EL ORGANISMO DE LOS DEPORTISTAS

Una gran influencia sobre el perfeccionamiento de la teoría y la metodología relacionadas con la preparación de los deportistas la ejerce el intenso desarrollo observado en los últimos tiempos sobre la teoría de la adaptación –conjunto de conocimientos fidedignos sobre la manera como el organismo reacciona a las condiciones del medio ambiente, particularmente a las denominadas condiciones extremas. La influencia de los estudios relacionados con la adaptación en el deporte moderno es muy significativa, toda vez que la actividad deportiva se presenta como una esfera en la vida humana en la que los sistemas funcionales del organismo trabajan en los límites de sus posibilidades, creándose unas condiciones ideales para el estudio de los mecanismos adaptativos del organismo cuando éste es sometido a condiciones extremas. Precisamente, en la actualidad se ha acumulado –en relación con el deporte– una gran cantidad de conocimiento reflejada en las diferentes posiciones que se manifiestan frente a la teoría de la adaptación.

En su más amplia concepción se entiende por adaptación la capacidad del organismo de reaccionar a las condiciones cambiantes del medio ambiente con nuevos niveles de estabilidad psicofuncional. Se diferencian dos tipos de adaptación: genotípica y fenotípica.

La *adaptación genotípica*, considerada la base de la evolución, se relaciona con los cambios históricos de la materia viva que se presentan en las diferentes especies, condicionados por cambios genéticos y por los mecanismos propios de la selección natural.

La *adaptación fenotípica* se presenta durante la vida de cada individuo como respuesta a la influencia de múltiples factores procedentes del medio ambiente. Precisamente este tipo de adaptación es la que ha sido objeto de estudio en las últimas décadas a través de un gran número de investigaciones realizadas en las más diversas áreas del conocimiento interesadas en profundizar sobre la actividad del humano desde los puntos de vista práctico y científico.

En un principio, el concepto *adaptación* se trató desde lo biológico y lo médico. Sin embargo, el intenso progreso técnico, los cambios y la cada vez mayor complejidad observada entre el hombre y el medio ambiente llamó la atención de un número variado de especialistas expertos en diferentes áreas del conocimiento (sociólogos, psicólogos, ingenieros y pedagogos). La adaptación se convirtió en un concepto científico de obligatoria utilización por los más diversos especialistas, toda vez que ayuda a la síntesis y a la unificación del conocimiento relacionado con las diferentes esferas del saber. El concepto en mención se introdujo ampliamente en las esferas relacionadas con la preparación deportiva y con la actividad competitiva. La adaptación como concepto se emplea en la teoría y la metodología del deporte, en la fisiología deportiva, la morfología, la bioquímica, la biomecánica, la psicología y la medicina.

En la definición de la adaptación es necesario tener en cuenta que ésta se puede entender como proceso y como resultado:

- La adaptación se entiende como un proceso que explica la manera en que el organismo reacciona a los cambios presentados en los medios externo e interno.
- Se aplica para hacer referencia al relativo equilibrio que se observa entre el organismo y el medio.
- También encierra los procesos de cambio que se presentan en el organismo, inducidos por los diferentes estímulos procedentes de los medios externo e interno.

Se debe, sin embargo, estar de acuerdo con L. P. Matviev (1999) al observar que los diferentes significados que adopta el concepto adaptación, pese a utilizarse ampliamente en la literatura científica, dificulta su utilización al estudiar materiales científicos producidos en las diferentes áreas del conocimiento; es más preciso utilizar el término adaptación cuando se hace referencia al proceso a través del cual el organismo reacciona a los diferentes estímulos con nuevos niveles de estabilidad psicofuncional. Por el contrario, el término *adaptabilidad* se puede emplear para referirse al resultado de todo lo concerniente a la adaptación como proceso.

LA ADAPTACIÓN Y LOS PROBLEMAS DE LA PREPARACIÓN RACIONAL DE LOS DEPORTISTAS

Las investigaciones llevadas a cabo en los laboratorios de muchos países demuestran que no existe ningún tipo de actividad profesional realizada por el humano que se pueda comparar –por los efectos de entrenamiento– con la actividad característica del deporte de alto rendimiento. El trabajo físico agotador realizado en las más difíciles condiciones climatológicas no provoca en el organismo humano los cambios adaptativos que se observan en el organismo de los deportistas de altísima cualificación. Trabajos de muchas horas como el del leñador en el trópico, del trabajador agrícola que realiza sus labores a alturas de 3000-4000 msnm o a nivel del mar, de los *sherpas* del Himalaya o de los “hombres-taxi” de Asia que transportan personas son algunos ejemplos. Ninguno de ellos genera las adaptaciones en los sistemas cardiovascular y respiratorio observadas en los atletas de fondo, en los ciclistas de ruta, en los esquiadores y, en general, en todos aquellos deportistas cuya especialización está relacionada con la resistencia aeróbica (Hollmann y Hettinger, 1980). Lo anterior se explica de una manera sencilla: la intensidad del más difícil de los trabajos físicos realizado durante varias horas al día, aun en las condiciones climatológicas más extremas (climas calurosos, alta montaña), es significativamente menor que la intensidad empleada en el deporte de rendimiento. Las condiciones extremas en las que se realiza la actividad competitiva en el mundo del deporte no tiene análogos con otras actividades profesionales realizadas por los humanos, exceptuando los casos cuando la vida peligra frente a situaciones de alto riesgo.

La expresión de la adaptación en el mundo del deporte es muy variada. En el entrenamiento se observa la adaptación a la carga física con diferentes direcciones, con intensidades variadas, con distintas duraciones en el tiempo y de diferente complejidad coordinativa. Con el propósito de desarrollar las cualidades físicas y perfeccionar la maestría técnico-táctica y las funciones psíquicas se emplea un gran arsenal de ejercicios físicos. Las competencias, particularmente las más importantes (juegos olímpicos, campeonatos del mundo, competencias continentales), se relacionan no solo con cargas físicas que rayan en el límite, sino también con el hecho de que se realizan bajo condiciones extremas (altísima competitividad, condiciones climatológicas complejas, influencia de los jueces, conducta de los espectadores aficionados), aspectos determinantes en la formación de las diferentes reacciones adaptativas.

Las particularidades específicas de los procesos adaptativos en los diferentes tipos de deporte se relacionan también con el hecho de que al de-

portista –en condiciones de entrenamiento y de competencia– le corresponde interactuar no solo con los compañeros de equipo, sino también con deportistas rivales, utilizando implementos especiales (balones, raquetas, espadas, guantes de boxeo, etc.), lo que sin duda aumenta las dificultades y los problemas a la capacidad del organismo de adaptarse a las condiciones cambiantes del medio ambiente. Una particularidad de la adaptación observada en el mundo del deporte, a diferencia de lo que ocurre en otros tipos de actividad realizada por los humanos en condiciones extremas, es que ésta se presenta en forma poliescalonada, en condiciones del medio ambiente cada vez más complejas. En efecto, cada una de las etapas que conforman los ciclos multianuales, anuales o los denominados macrociclos, al igual que los períodos competitivos, exigen al organismo del deportista la adaptación por escalones, negando de una manera dialéctica lo logrado en los escalones anteriores.

En el transcurso de una carrera deportiva se cursa una gran cantidad de escalones. En la estructura de la preparación multianual del deportista se presentan siete etapas en un período que puede ir desde los 6-8 años hasta los 20-25 y más años, dependiendo del tipo de deporte. A su vez, cada período anual puede incluir desde uno hasta tres, cuatro y a veces más macrociclos independientes, cada uno puede terminar en una competencia importante y exige una preparación especial que conlleva a un nuevo nivel adaptativo (en relación con las competencias anteriores) (Platónov, 1997).

En otras actividades humanas en las que se exige la adaptación en condiciones extremas (en condiciones de ingravidez presente en los prolongados vuelos espaciales, vivir en zonas geográficas con climas rigurosos, etc.), la culminación de las reacciones adaptativas fundamentales está relacionada con el establecimiento de un nuevo régimen de funcionamiento de los principales sistemas orgánicos y con la estabilidad de la homeostasia, estabilidad que podrá mantenerse durante mucho tiempo en ausencia de fuertes estímulos. En estas condiciones los procesos de adaptación se detienen o, incluso, se puede presentar la desadaptación cuando, por ejemplo, los astronautas regresan a la tierra o cuando la persona regresa a su sitio habitual de vida después de haber estado en una zona de condiciones climatológicas extremas.

En el deporte moderno el mantenimiento prolongado y en un alto nivel de las reacciones adaptativas es característico en las etapas finales de la preparación multianual, toda vez que se trata de conservar los resultados logrados en un nivel máximo, lo que supone especificaciones muy complejas. El alto nivel adaptativo de los sistemas funcionales del organismo como respuesta a los prolongados, intensos y variados estímulos puede ser

conservado solamente aplicando grandes e intensas cargas de trabajo que permiten mantener los cambios logrados en las esferas morfo-funcional y motora. Y es precisamente en este momento cuando surge la necesidad de definir un sistema de cargas que, por un lado, garantice el mantenimiento del nivel adaptativo logrado y, por el otro, no provoque el agotamiento de las estructuras orgánicas responsables de la adaptación.

Las particularidades fenotípicas de individuos concretos no siempre permiten resolver esta tarea por la vía de mantener el nivel de adaptación conseguido. Surge la tarea compleja de encontrar métodos de entrenamiento que permitan mantener en un alto nivel los resultados logrados, así se deba deprimir algunos componentes responsables de la adaptación, al tiempo que se conservan las reservas que permiten el perfeccionamiento de otros componentes (Platónov, 2002). Otro problema que se presenta en relación con los procesos adaptativos en el deporte tiene que ver con la presencia de reacciones adaptativas adecuadas en condiciones de una actividad competitiva de gran variabilidad, particularmente en aquellos deportes denominados de situación, como lo son los juegos deportivos y los deportes de combate.

En este momento las reacciones adaptativas de tipo agudo (operativo), es decir, las que presentan efectos funcionales inmediatos durante un juego deportivo, un deporte de combate o un duelo deportivo, sirven de base para el desarrollo de las reacciones adaptativas de larga duración (crónicas), a saber, aquellas que presenta efectos permanentes. De esta manera –durante el proceso de formación de la adaptación de larga duración– se garantiza la estabilidad de las reacciones adaptativas fundamentales, al tiempo que se permite que el organismo reaccione con una gran variabilidad al momento de presentarse la adaptación aguda de corta duración. Este mismo problema, aunque a decir verdad en relación a otros aspectos, se puede observar en aquellos deportes que presentan una gran estabilización en las características del movimiento, como por ejemplo la natación, las carreras atléticas de fondo y medio fondo, el esquí y el ciclismo, etc.

La imperiosa necesidad de mantener el ritmo durante la actividad competitiva (conservando la velocidad durante el recorrido de determinada distancia, por ejemplo), en condiciones de una fatiga progresiva que se expresa en una crítica perturbación de la homeostasia del medio interno del organismo, se relaciona con la formación de reacciones adaptativas específicas que provocan oscilaciones esenciales en los principales parámetros de la estructura del movimiento y en la esfera psíquica, garantizando en última instancia la efectividad en la solución de las tareas motoras (Platónov, 1997). Una de las tendencias del deporte moderno de altísimo rendimiento tiene relación con el papel creciente que juega el talento y las particularidades individuales

como factores que determinan las perspectivas del deportista y su capacidad para lograr altísimos resultados deportivos. Las particularidades fenogénicas de la inmensa mayoría del conjunto de los grandes deportistas del mundo se presentan como ejemplos de una adaptación original y efectiva a los más intensos y complejos estímulos presentes en las sesiones de entrenamiento y de competencia.

Lo anterior no solo se refiere a los juegos deportivos, también hace referencia a los deportes de una altísima y compleja coordinación y a los deportes de combate, que exigen la búsqueda constante del modelo individual más efectivo en lo que respecta a las adaptaciones de corta y larga duración tanto en condiciones de entrenamiento como de competición. Incluso, en los deportes con una estructura del movimiento estereotipada y con una actividad competitiva excesivamente regular (por ejemplo, la prueba ciclista en grupo de los 4 kilómetros o el remo en grupo de dos, cuatro y ocho deportistas), cuando cada uno de los integrantes del grupo realiza el mismo trabajo y obtienen el mismo resultado, se observan –en cada uno de los deportistas– grandes diferencias en las reacciones adaptativas de larga y corta duración de los sistemas funcionales que soportan la mayor carga de trabajo.

En la actualidad muchos laboratorios en diversos países estudian los problemas relacionados con la adaptación del organismo a la carga física. Se han realizado gran cantidad de investigaciones en humanos y animales, estos últimos –particularmente ratones– han sido empleados en un gran número de investigaciones morfológicas y bioquímicas. Desafortunadamente, muchos autores, al formular sus teorías, no desaprovecharon la oportunidad para hacer extensivas sus conclusiones a los humanos e, incluso, dar recomendaciones prácticas dirigidas al mundo del deporte moderno. En forma sorprendente, este enfoque incorrecto se manifestó en muchos trabajos científicos donde se compararon resultados de investigaciones idénticas realizadas con humanos y animales. De acuerdo a la opinión de otros autores (Holloszy y Coyle, 1984), los datos obtenidos en las investigaciones realizadas con animales no se pueden trasladar a los humanos, pese a que la adaptación de una serie de órganos y sistemas transcurren bajo los mismos principios y presentan consecuencias semejantes en roedores y humanos.

Así por ejemplo, en los ratones, la capacidad para oxidar piruvato y ácidos grasos, así como el nivel de la mayoría de las enzimas mitocondriales (exceptuando las que participan en el metabolismo de los cuerpos cetónicos) es mucho mayor en las fibras musculares de contracción rápida que en las de contracción lenta. En los humanos sucede lo contrario; las fibras de contracción lenta (tipo I) poseen un mayor número de mitocondrias, aproximadamente es dos veces mayor que el presente en las fibras de contracción

rápidas (tipo II). Es más, la diferencia entre las fibras IIA (fibras rápidas oxidativas glucolíticas, FOG) y las fibras II B (fibras rápidas glucolíticas, FG) es mucho menor en los humanos que en los ratones. Otra diferencia: en los ratones los diversos tipos de fibras se encuentran en músculos diferentes o en partes diferentes de un mismo músculo, cuando la mayoría de los músculos humanos presentan los tres tipos de fibras en diferente proporción (Henriksson, 1992b).

En los ratones el correr en la cinta sin fin no provoca la transformación de las fibras II B (blancas rápidas) a las de tipo II A (rojas rápidas), toda vez que en estado de entrenamiento la diferencia de la actividad de las enzimas mitocondriales es de cuatro a ocho veces (Winder, Baldwin y Holloszy, 1974). Por el contrario, en los humanos adaptados a un trabajo prolongado de gran exigencia, a menudo no es posible diferenciar las fibras blancas rápidas (IIB), pues el trabajo prolongado que permite el desarrollo de la resistencia de tipo aeróbico conduce a la casi completa transformación de éstas en fibras tipo IIA, es decir, en fibras rojas y rápidas. (Jansson y Kaiser, 1977; Wilmore y Costill, 2004). Diversas investigaciones sobre la reacción de otros órganos y sistemas de los animales en condiciones de trabajo físico recomiendan no aplicar los resultados en la práctica del deporte de alto rendimiento.

La interacción de las posiciones fundamentales entre la teoría de la adaptación y la teoría y metodología del entrenamiento deportivo se evidencia en lo siguiente: por un lado, la teoría y la metodología moderna del deporte en el proceso de formulación de los medios y métodos más efectivos para lograr establecer los diferentes aspectos del estado de preparación del deportista, así como en la definición de la estructura óptima de la actividad competitiva, utiliza los principios y las leyes que rigen los procesos adaptativos. Por otro lado, un gran número de investigaciones sobre el fenómeno de la adaptación, realizadas con la participación de deportistas de alto rendimiento, constantemente permite que se amplíe y se profundice la base empírica de la teoría de la adaptación, al tiempo que conducen a la aparición de nuevas leyes, a la formación de ideas y a la elaboración de hipótesis con buenas perspectivas. A la par, las leyes que rigen la teoría relacionada con la preparación de los deportistas contribuyen a la ampliación de las ideas y al enriquecimiento de los fundamentos en que se basa la teoría de la adaptación.

De igual forma, notándose la imperiosa necesidad de integrar los procesos en aquellas áreas comunes del conocimiento, como lo son la teoría de la adaptación y la teoría de la preparación de los deportistas, es necesario llamar la atención sobre lo inadmisibles: "...bajo la bandera de la integración

no es recomendable mezclar de una manera ecléctica posiciones teóricas que presentan diferentes objetos de estudio o extrapolar de una manera incorrecta detrás de unos límites científicos permitidos” (Matviev, 1999). En este orden de ideas el enriquecimiento del conocimiento en la esfera teórica de la preparación deportiva, utilizando el conocimiento proveniente de la teoría de la adaptación, exige un enfoque cualificado y ponderado. Se crean entonces las condiciones que permiten, por un lado, realizar una síntesis constructiva del conocimiento, enriqueciéndose así la teoría de la preparación deportiva y, por el otro, garantizar la revisión del conocimiento en mención sobre la base de juicios escolásticos acerca del papel que juega la teoría de la adaptación en el perfeccionamiento del sistema de preparación de los deportistas.

REACCIONES ADAPTATIVAS DURANTE LA ACTIVIDAD MUSCULAR

El concepto de adaptación está estrechamente relacionado con el concepto de *estrés*, es decir, con un estado de tensión general del organismo que surge como respuesta a la influencia de un estímulo supramaximal. El término *estrés* (*stress* en inglés) lo introdujo por primera vez el científico canadiense H. Selye en el año 1936. Él logró demostrar que, bajo la influencia de un fuerte agente estresante, el organismo puede reaccionar de dos formas: 1) si el estímulo es muy fuerte o actúa durante un tiempo prolongado, se presenta una fase denominada de agotamiento, última fase del síndrome adaptativo general; 2) si el estímulo no supera las reservas adaptativas del organismo, entonces se presenta la movilización y distribución de los recursos energéticos y estructurales del organismo, provocando la activación de los procesos responsables de cambios adaptativos específicos (H. Selye, 1982).

En el entrenamiento deportivo y en la actividad competitiva la expresión del primer tipo de reacción se presenta cuando se planifican cargas excesivas que no corresponden con las posibilidades funcionales del organismo, cuando se participa en competencias importantes durante un tiempo prolongado que presentan, además, alto nivel de competitividad. Este tipo de reacción a menudo se observa en los ciclistas que participan en “tours”, en boxeadores que deben competir en muchos asaltos durante el proceso clasificatorio, en los maratonistas, en los triatlonistas, etc. Por el contrario, el segundo tipo de reacción estimula los mecanismos adaptativos. Su papel se manifiesta, como ya se mencionó, en la movilización de los recursos energéticos y estructurales del organismo: en el aumento de glucosa que se observa en la sangre, así como de ácidos grasos, nucleicos y aminoácidos; igualmente, se expresa en un aumento de la actividad de los sistemas cardiovascular y res-

piratorio, responsables del suministro de oxígeno y sustratos a los órganos y tejidos que realizan el mayor trabajo.

Se presenta una redistribución de los recursos desde los órganos no activos hacia los órganos que participan intensamente durante la actividad muscular, para lo cual se utilizan mecanismos de vasoconstricción en los vasos de los órganos no activos y vasodilatación en los vasos de aquellos órganos del sistema funcional que participan de una manera muy activa en los mecanismos adaptativos (Volkov, L. V., 2002; Wilmore y Costill, 2001). Por ejemplo, si en reposo los músculos consumen el 30%, el cerebro el 20% y los riñones el 7% del oxígeno que ingresa al organismo, durante una gran actividad física los porcentajes que expresan el consumo de oxígeno en estos tres órganos son 87%, 2% y 1% respectivamente (Wade y Bishop, 1962; De Vries y Hous, 1994).

Las reacciones adaptativas que se observan en el organismo humano se dividen en agudas (efectos inmediatos) y crónicas (efectos acumulativos) que, a su vez, pueden ser congénitas o adquiridas. La intensificación de la respiración, la redistribución de la sangre entre órganos no activos y activos, el aumento del umbral de la percepción auditiva y el aumento de la frecuencia cardiaca que se observa cuando se realiza un ejercicio físico son ejemplos de reacciones adaptativas agudas congénitas. Bajo la influencia del entrenamiento, este tipo de reacciones solo varían en el plano cuantitativo, a diferencia de las reacciones agudas adquiridas (por ejemplo, el desarrollo de un complejo hábito motor desde lo técnico-táctico), que demandan un riguroso proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir, un proceso de entrenamiento exhaustivo.

La adaptación crónica –de efectos permanentes– surge progresivamente como resultado de la acción prolongada o frecuente de determinados estímulos ejercidos sobre el organismo. En esencia, la adaptación crónica se desarrolla sobre la base de la repetición sistemática de la adaptación aguda, caracterizándose por la adquisición de una nueva cualidad por parte del organismo: de no adaptado se transforma en adaptado. Examinando la interacción que se presenta entre los dos tipos de adaptación, es necesario señalar que la transformación de la adaptación aguda a la adaptación crónica debe ser percibida como una acción de empalme entre ambas. El cambio de la adaptación aguda a la adaptación crónica supone la presencia de un proceso que implica complejos cambios funcionales y estructurales en el organismo, garantizándose así el desarrollo, la fijación y el aumento de potencia de los sistemas que en un momento determinado estén siendo exigidos.

Se estableció que los cambios morfofuncionales presentados durante la adaptación crónica obligatoriamente deben seguir los siguientes procesos:

a) cambios en la interacción de los mecanismos reguladores; b) movilización y utilización de las reservas fisiológicas del organismo; c) formación de un sistema funcional especial responsable de la adaptación a una actividad concreta. Estos tres tipos de reacciones fisiológicas son básicas y fundamentales en todo proceso adaptativo. En el logro de una adaptación estable y concluida, la transformación de los mecanismos reguladores juega un gran papel, al igual que la movilización de las reservas fisiológicas, siendo importante el orden en que ambos factores se conectan en los diferentes niveles funcionales. Por lo visto, al inicio se conectan las reacciones fisiológicas corrientes y solo después se conectan las reacciones conducentes a la adaptación permanente que también exigen un gran gasto energético y una gran movilización de las reservas funcionales del organismo. El resultado es la formación de un sistema funcional especial que garantiza un resultado útil en una actividad concreta que realiza el ser humano. Este sistema funcional en los deportistas supone una nueva interacción entre los centros nerviosos, la esfera vegetativa, los mecanismos hormonales y los órganos realizadores de la acción, imprescindible para resolver las tareas relacionadas con la adaptación del organismo a la carga física (Solodkov y Sudzilovsky, 1996).

LA FORMACIÓN DEL SISTEMA FUNCIONAL Y LAS REACCIONES ADAPTATIVAS

De acuerdo con los estudios de P. K. Anojin (1975), las leyes que rigen los procesos adaptativos se entrelazan de una manera muy estrecha con las leyes que rigen el proceso de formación del sistema funcional. Los trabajos de Anojin sobre la teoría de los sistemas funcionales se basan en los resultados de las investigaciones realizadas por A. A. Ujtomsky (1876-1942) acerca del concepto de foco dominante como un sistema que unifica los centros nerviosos con los órganos realizadores de la acción y cuyo propósito es organizar la conducta del humano, siempre buscando un resultado útil.

La expresión externa del foco dominante, escribió Ujtomsky, se manifiesta por una determinada conducta que responde a estímulos concretos, deprimiéndose al tiempo la expresión de otros tipos o acciones de conducta que no son necesarios para el momento. Detrás de estas acciones de la conducta humana se encuentra la excitación no de uno, sino de muchos centros nerviosos. De acuerdo con la idea de Ujtomski, el sistema de foco dominante por principio se diferencia de la idea que se tiene sobre los sistemas anatómo-fisiológicos, tales como el circulatorio, el respiratorio, el digestivo y otros.

Por foco dominante se entiende, todo un complejo de componentes neurohumorales y realizadores de la acción pertenecientes a diferentes sistemas

anatomo-fisiológicos que se encuentran integrados en un sistema en el cual todo está interrelacionado. De acuerdo con Anojin (1975), por sistema funcional se entiende la organización dinámica de las estructuras y de los procesos orgánicos; estas estructuras están involucradas independientemente de si pertenecen a lo anatómico, a lo funcional o a lo tisular. El único criterio para involucrar en el sistema funcional tal o cual componente corresponde a la capacidad de éste de colaborar en el proceso adaptativo al que está siendo sometido un determinado órgano.

Anojin (1975) diferenció los eslabones que se involucran en el proceso realizado por el sistema funcional, siempre con el propósito de lograr un resultado útil:

- Síntesis aferente.
- Sitio en donde se toman las decisiones.
- Formación del modelo aferente que conserva información sobre los resultados que se presentarán a la salida del sistema (acceptor de acción).
- Formación integral de la excitación aferente.
- Información sobre el resultado útil.
- Formación de la aferentación inversa o de regreso, que contiene en forma codificada los parámetros de la acción final.
- Comparación de los parámetros del modelo aferente, pronosticador de los resultados (acceptor de acción), con los parámetros reales de la acción realizada, información que regresa al sistema nervioso por las conexiones inversas o de retroalimentación.

Según algunos científicos (Shvirkov, 1978; K. K. Platónov, 1978), la idea de Anojin sobre el sistema funcional eliminó los principales obstáculos que impedían la síntesis de los conocimientos fisiológicos y psicológicos, por tanto se creía que el investigador que realizaba experimentos fisiológicos lo hacía de una manera localizada, sin tener en cuenta que los procesos relacionados con la conducta y la psiquis involucran al cerebro y a todo el organismo, asumiéndolo además como un todo. Una particularidad importante del sistema funcional está en el hecho de que los resultados de su acción, orgánicamente, influyen no solo sobre el proceso de su formación, sino también sobre sus reorganizaciones ulteriores. El concepto sobre la *interacción de los componentes*, por sí solo, no explica todos los procesos que se presentan en el organismo cuando a través del sistema funcional se intenta lograr un resultado útil. La interacción de los componentes del sistema se logra en la medida de que cada uno de ellos –bajo la influencia de la síntesis aferente y de la información que procede de la conexión in-

versa— esté en libertad de aislarse de los otros o de unificarse con otros, de tal manera que se logre, del modo más efectivo y racional, el resultado útil (Anojin, 1975).

Las investigaciones de F. Z. Meerzon (1986) permitieron relacionar las ideas del foco dominante y del sistema funcional con las leyes que rigen los procesos presentes en la adaptación crónica. Se hizo claridad sobre la interacción que se observa entre la función y el aparato genético de las células —a través de la activación de la síntesis de los ácidos nucleicos y de proteína específica— en aquellos órganos claves del sistema funcional. Al mismo tiempo, el desarrollo de la inhibición de funciones en otros sistemas se ve expresado en una disminución de la síntesis de ácidos nucleicos y de proteína específica en las células constitutivas de estos sistemas, es decir, se expresa claramente la acción del foco dominante de unos órganos sobre otros que no están siendo sometidos a una gran influencia por parte de los diferentes factores del medio ambiente.

La interrelación entre la función y el aparato genético de la célula se constituye en el eslabón clave del proceso de consolidación de la adaptación crónica. Todos los cambios estructurales que presentan los órganos y tejidos como respuesta a la carga de entrenamiento, desde la hipertrofia de las motoneuronas hasta la hipertrofia de las fibras miocárdicas y esqueléticas, transcurren por el mismo principio. Lo anterior sucede por la vía de la síntesis de los ácidos nucleicos y de proteína específica en los grupos celulares responsables de la adaptación. En última instancia, el propósito final de la adaptación es preparar al organismo para la acción de las cargas de trabajo. De esta manera, la adaptación también se presenta como respuesta a otros factores del medio ambiente, tales como el calor, el frío, la hipoxia. El sistema funcional formado como respuesta a cualquier carga física de trabajo incluye tres componentes: el aferente, el central regulador y el efector (Anojin, 1975; Meerzon, 1986; Pshennikova, 1986).

El componente aferente del sistema funcional integra los receptores del sistema sensorial, es decir, el eslabón aferente del sistema nervioso. Este componente realiza la síntesis aferente, que consiste en procesar toda la información procedente del medio ambiente. Se cataloga como un estímulo, un elemento de arranque de los procesos de adaptación. En dependencia al carácter, a la magnitud, a la dirección y a la complejidad coordinativa de la carga física, la síntesis aferente —que sucede bajo la interacción de la motivación, la memoria, las informaciones de ambiente y de arranque— transcurre de una manera relativamente simple, lo que facilita la formación del sistema funcional. Por el contrario, cuando la síntesis aferente se torna compleja, se dificulta la formación del sistema funcional.

El movimiento estereotipado y monótono, como los movimientos de estructura cíclica y el implicado en las disciplinas de velocidad-fuerza, no presenta gran dificultad al componente aferente del sistema funcional, encargado de realizar la síntesis aferente y la toma de decisiones. En cambio, los así llamados deportes de situación o juegos deportivos, que se caracterizan por la gran variabilidad de situaciones que se presentan durante la competencia, dificultan enormemente la función del componente aferente. La síntesis aferente no solo sucede antes de que se inicie la actividad motora, sino que se presenta incluso durante la ejecución del movimiento. En estas circunstancias, un papel supremamente importante le corresponde a la corrección sensorial que se efectúa gracias a la información que proviene de la musculatura esquelética y de los órganos internos.

Los impulsos aferentes procedentes de los receptores –condición fundamental en la formación adaptativa del sistema funcional– y la influencia sensorial externa –segunda condición para la consolidación de este sistema– informan sobre la posición de las diferentes partes del cuerpo y sobre los cambios del medio ambiente. Por lo tanto, el componente aferente del sistema funcional es un eslabón clave en el proceso dirigido a garantizar la adaptación del organismo a la carga física. El componente central-regulador del sistema funcional se manifiesta en los procesos neurológicos y humorales, responsables de la regulación de las reacciones adaptativas. Como respuesta a las señales aferentes, el componente neurológico se conecta a las reacciones motoras y moviliza el sistema vegetativo a través de mecanismos reflejos.

Los impulsos aferentes procedentes de los receptores provocan en la corteza de los grandes hemisferios cerebrales procesos nerviosos positivos (excitatorios) y negativos (inhibitorios), colaborando en la consolidación del sistema funcional responsable de la adaptación. En el organismo adaptado, la parte neurológica reacciona de forma rápida y precisa a los impulsos aferentes, presentándose una correspondencia entre la actividad muscular y el grado de movilización del sistema vegetativo. En el organismo no adaptado no se observa tal perfección, toda vez que la acción motora puede ejecutarse de una manera más o menos aceptable, al tiempo que el suministro vegetativo puede resultar insuficiente.

Al ingresar la señal con las características de la carga física, simultáneamente a los cambios descritos con anterioridad, se presenta la activación de los mecanismos de control humoral por parte del sistema nervioso, que son los responsables de la regulación de los procesos adaptativos. El significado funcional de las reacciones humorales (intensa liberación de hormonas, fermentos y mediadores químicos) se expresa en una más completa movi-

lización del sistema funcional, en la medida que el organismo se encuentra en capacidad de realizar un trabajo muscular durante mucho tiempo y en un alto nivel. Los resultados concretos de la influencia humoral se expresan en la activación de los sistemas muscular y vegetativo; en la movilización de los recursos energéticos desde los depósitos (carbohidratos y grasas) y su ulterior oxidación; en la correcta redistribución de los materiales energéticos en los órganos y tejidos, y en el aumento de la síntesis de los ácidos nucleicos y de proteína específica.

El componente efector del sistema funcional, responsable de la adaptación, está constituido por los músculos esqueléticos, los órganos de la respiración, el aparato circulatorio, la sangre, etc. La influencia de la carga física sobre la musculatura esquelética tiene que ver con la activación de las unidades motoras, el nivel y la activación de los procesos bioquímicos al interior de las células, las particularidades del riego sanguíneo encargado de suministrar el oxígeno, los nutrientes y, al mismo tiempo, eliminar los metabolitos. De esta manera, el aumento de la fuerza, de la velocidad y de la precisión del movimiento, así como de la capacidad de trabajo, dentro del marco de la adaptación crónica, se logra a través de dos procesos fundamentales: la formación en el sistema nervioso central de un mecanismo encargado del control y del gobierno del movimiento, y los cambios morfofuncionales que ocurren en los músculos (hipertrofia muscular, aumento de la potencia de los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbicos, aumento de la cantidad de hemoglobina y del número de mitocondrias, disminución de la formación y de la acumulación de amoníaco, correcta y efectiva redistribución del flujo sanguíneo, etc.).

La formación del sistema funcional y el hecho de involucrar en este proceso a las estructuras morfofuncionales del organismo se constituye en el principal fundamento de la adaptación crónica a la carga física, provocando un aumento efectivo de la actividad de los diferentes órganos, así como en la actividad del organismo, tomado éste como un todo. Conociendo las leyes que rigen la formación del sistema funcional, se puede –utilizando diferentes medios– influir de un modo efectivo en sus diversos eslabones o componentes y de esta manera acelerar la adaptación a la carga física, lo que se reflejará en un aumento del estado de entrenamiento del sujeto. En última instancia, lo que se estará haciendo es controlar y regular los procesos adaptativos.

El primer efecto de cualquier estímulo que provoque una gran movilización de las posibilidades funcionales del organismo tiene que ver con la excitación de los centros nerviosos correspondientes aferentes y motores, la movilización del aparato motor, la activación de los sistemas energéticos,

cardiovascular, respiratorio. En síntesis, se forma un sistema funcional integrado que debe responder de una manera muy específica por la realización del trabajo muscular. Sin embargo, en sus inicios, la efectividad del sistema no es muy grande, toda vez que no posee una potencia suficiente y tampoco presenta una gran economía en su accionar. Muchos de los eslabones del sistema agotan rápidamente sus posibilidades, aun cuando el trabajo que se está realizando no sea ejecutado con gran intensidad y no sea muy duradero.

La aplicación sistemática y repetitiva de los estímulos que provocan la movilización de los sistemas progresivamente conduce al desarrollo de la adaptación crónica. Un papel clave en este proceso recae sobre la evaluación de los resultados que se presentan a la salida del sistema. La información sobre los efectos adaptativos logrados ingresa constantemente –a través de los mecanismos de retroalimentación– a los centros nerviosos, que a su turno garantizan la regulación de la actividad de los órganos realizadores de la acción; todo lo anterior sucede con el propósito de lograr la adaptación crónica. (Solodkov y Sudzilovsky, 1996). A grandes rasgos, los mecanismos involucrados en la reacción del organismo humano, al realizar ejercicios físicos, pueden ser presentados de la siguiente manera: como resultado de la acción de las señales o estímulos percibidos por los receptores, los impulsos aferentes ingresan a la corteza de los grandes hemisferios cerebrales, provocando procesos de excitación e inhibición, dando lugar a la formación del sistema funcional correspondiente que termina integrando determinadas estructuras cerebrales. Este sistema de dirección se encarga de movilizar de una manera selectiva los correspondientes grupos musculares con la participación de todas las estructuras motoras del cerebro: nivel cortical motor (corteza motora), nivel subcortical motor (cuerpo estriado, globo pálido), el nivel motor del tallo cerebral que incluye los centros motores del cerebro medio y de la médula oblonga, así como los niveles motores que se localizan en la parte segmentada de la médula espinal, incluyendo el último eslabón del sistema, a saber, las grandes motoneuronas localizadas en las astas anteriores de la médula espinal. Simultáneamente con la movilización de los músculos, los eslabones nerviosos que participan en el gobierno del movimiento influyen sobre los centros que controlan la circulación, la respiración y las otras funciones vegetativas, provocando la activación de la respiración y de la circulación, al tiempo que inhiben la función de los órganos que conforman el aparato digestivo y el riñón (Pshennikova, 1986; Robergs y Roberts, 2002).

En el organismo no entrenado, el sistema central de “dirección” actúa con pocos resultados: la coordinación del movimiento es imperfecta, la intensidad y la duración del trabajo son insuficientes. Lo anterior está rela-

cionado, ante todo, porque las conexiones intercentrales son al momento imperfectas e insuficientes en cantidad. En estos casos se observa un envío no efectivo de impulsos nerviosos hacia los músculos incorporados al trabajo, así como a los músculos antagonistas. Igualmente se observa incoordinación en las funciones respiratorias, circulatorias y musculares (Kozilov, 1983; Platónov, 2002).

El entrenamiento sistemático conduce a la ampliación de las conexiones intercentrales en todos los niveles motores del cerebro, a la formación del estereotipo dinámico motor, producto del equilibrio armonioso de los procesos nerviosos formados, siguiendo el mecanismo de los reflejos condicionados. Es necesario aclarar que la formación del estereotipo se extiende también a las funciones vegetativas (Vinogradov, 1983). La adaptación del sistema central de regulación se expresa en la automatización del movimiento, resaltando el hecho de que los hábitos motores consolidados se realizan sin el control de los centros nerviosos, lo que es una señal de economía.

La acumulación de un fondo de muchos reflejos condicionados que ocurre durante el proceso del entrenamiento ayuda a la ampliación de las posibilidades del humano hacia la extrapolación cuando se realizan actos motores de gran complejidad, lo que significa la ampliación de las posibilidades del sistema nervioso central de crear súbitamente algoritmos de los actos motores, imprescindibles para la solución efectiva de muchas tareas motoras que surgen inesperadamente (Zimkin, 1984; Pshennikova, 1986). El concepto de adaptación está estrechamente relacionado con el concepto de reservas funcionales, es decir, con las posibilidades latentes con que cuenta el organismo humano y que pueden ser realizadas en condiciones extremas.

Las reservas biológicas de la adaptación pueden expresarse a nivel celular, tisular, de órganos, de sistemas y a nivel de todo el organismo, tomado éste como un todo. A nivel celular, las reservas de la adaptación están relacionadas con la variación del número de estructuras funcionalmente activas, así como con el aumento de la cantidad de estructuras de acuerdo con el nivel de exigencia a que está siendo sometido el órgano. En niveles superiores, el nivel de las reservas funcionales se manifiesta en una disminución del gasto energético por unidad de trabajo, en un aumento de la intensidad y de la efectividad en relación con el funcionamiento de los órganos y sistemas del organismo.

A nivel de todo el organismo, las reservas se manifiestan en la posibilidad de realizar reacciones íntegras, garantizándose así la ampliación de las tareas motoras de diferente complejidad y la adaptación a condiciones extremas del medio ambiente (Mozshujin y Davidenko, 1984; Platónov, 1997).

Para expresar cuantitativamente las reservas funcionales se determina la diferencia entre el nivel máximo de actividad a que puede ser sometido el órgano o el sistema y el nivel mínimo de actividad cuando se está en estado de reposo. En la Tabla 1.1 se muestran los datos sobre las reservas funcionales de diferentes órganos y sistemas en personas no deportistas y en deportistas de altísima cualificación especializados en deportes que demandan una gran expresión de la resistencia de tipo aeróbico. Estos datos evidencian información sobre la gran capacidad adaptativa del organismo humano.

Tabla 1.1 Reservas funcionales de hombres que no practican deporte y de deportistas de altísima cualificación

Índice	No deportistas			Deportistas de alta cualificación		
	En reposo	En carga límite	Cambios (cantidad de veces)	En reposo	En carga límite	Cambios (cantidad de veces)
Capacidad vital pulmonar (ml BTPS)	4000	-	-	6500	-	-
Volumen del corazón (cm ³)	700	-	-	1150	-	-
Consumo de oxígeno (ml/kg/min)	4,5	45,0	10	3,8	76	30
Máxima deuda de oxígeno (ml)	-	5600	-	-	22 000	-
Gasto cardiaco (L)	5,8	24,5	4,2	4,2	42	10
Duración del trabajo a un nivel del 90% del $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ (min)	-	10	-	-	120	12

FORMACIÓN DE LA ADAPTACIÓN AGUDA

En calidad de ejemplo de la adaptación aguda se pueden examinar las reacciones de organismos entrenados y no entrenados al recorrer una distancia de 400 m a máxima velocidad. Inmediatamente después de iniciar el trabajo se observan cambios bruscos en la actividad de los sistemas funcionales, que alcanzan su más alto nivel al finalizar la carrera (Tabla 1.2). En la persona no entrenada estos cambios en la esfera funcional son menores, en comparación con lo que sucede en los deportistas, pese a que los no entrenados también pueden alcanzar altos niveles de funcionalidad.

Otro ejemplo de adaptación aguda puede ser la distribución de la sangre que se observa durante el trabajo físico (Tabla 1.3).

Tabla 1.2. Reacción del organismo humano (hombres de 18-20 años) al recorrer una distancia de 400 metros a máxima velocidad

Índice	Individuos no entrenados		Deportistas entrenados	
	En reposo	Después de la carga	En reposo	Después de la carga
FCC (ppm)	70	180	55	210
Ventilación pulmonar (L)	10	75	8	140
Gasto cardiaco (L)	6	20	4,5	30
Consumo de oxígeno (ml/kg/min)	4	45	4	70

Fuente: Amosov y Bendet, 1989

Tabla 1.3 Distribución del suministro sanguíneo en reposo y al aplicar cargas de diferente intensidad

Circulación	Reposo		Carga física					
	ml/min	%	Liviana		Mediana		Máxima	
			ml/min	%	ml/min	%	ml/min	%
Órganos del abdomen	1400	24	1100	12	600	3	300	1
Riñones	1100	19	900	10	600	3	250	1
Vasos venosos	250	4	350	4	750	4	1100	4
Músculos	1200	21	4500	47	12 500	71	22 000	88
Otros órganos	1850	32	2650	27	3050	19	1450	6
Total	5800	100	9500	100	17 500	100	25 100	100

Fuente: Amosov y Bendet, 1989

Las reacciones adaptativas agudas están condicionadas por la magnitud del estímulo, el nivel de entrenamiento del deportista, su disponibilidad para realizar un trabajo concreto y la capacidad de los sistemas funcionales para lograr una rápida y efectiva recuperación. Por ejemplo, la normalización de los índices funcionales después de realizar un trabajo intenso de muy corta duración puede durar unas cuantas decenas de segundos, contrario a lo que sucede después de participar, por ejemplo, en la prueba de maratón. En este último caso, la recuperación puede durar de 9 a 12 días (Platónov, 2002). Se debe tener en cuenta que la formación de la adaptación aguda a una acción motora concreta no significa la presencia de una adaptación estable. En realidad, el primer efecto al realizar cualquier trabajo tiene que ver con la excitación de los correspondientes centros nerviosos aferentes y motores, así como también con la movilización de la actividad muscular y con la activación de los órganos que conforman

los sistemas circulatorio y respiratorio, los que, en su conjunto, forman el denominado sistema funcional responsable de la realización de un trabajo muscular concreto.

Sin embargo, la efectividad de este sistema dependerá de la cantidad del recurso funcional disponible que, como se sabe, limita el volumen y la intensidad del trabajo realizado. El aumento de los recursos funcionales exige que el sistema funcional trabaje en sus posibilidades máximas (o cerca a éstas), logrando como resultado la formación progresiva de la adaptación crónica de efectos permanentes. Las reacciones adaptativas agudas de efectos inmediatos pueden ser divididas en tres fases. La presencia de cada una de las fases fácilmente se evidencia en el trabajo prolongado.

La primera fase se relaciona con la activación de los componentes del sistema funcional, que garantizan la realización del trabajo. Lo anterior se expresa en un brusco aumento de la frecuencia de las contracciones cardíacas (FCC), de la ventilación pulmonar, del consumo de oxígeno, de la acumulación de ácido láctico, etc. La segunda fase surge cuando durante la actividad del sistema funcional se llega a una estabilidad de todos los índices funcionales, se manifiesta entonces el denominado estado estable. La tercera fase se presenta cuando se perturba el balance ente la demanda y el consumo de oxígeno como consecuencia de la fatiga de los centros nerviosos que regulan la actividad muscular y de la disminución crítica de las reservas de los carbohidratos. La manifestación frecuente de esta tercera fase puede dificultar la formación de la adaptación crónica, así como también provocar cambios negativos en el estado de los diferentes órganos.

Cada una de las fases descritas está relacionada con la conexión de las reservas funcionales correspondientes a un determinado escalón. El primer escalón tiene relación con el cambio desde el estado de reposo hasta cuando se realiza la actividad muscular, en este nivel se garantiza el trabajo hasta el momento que surge la denominada fatiga compensatoria; en el segundo escalón el trabajo continúa en condiciones de un estado de fatiga progresivo, allí la utilización de las reservas está relacionada con la renuncia involuntaria de seguir realizando el trabajo a raíz del agotamiento de los correspondientes recursos físicos y psíquicos. Es claro que aun en condiciones de entrenamiento y de competencias exigentes no ocurre un total agotamiento de las reservas, esto significa que no todas las reservas son utilizadas. Lo anterior permite concluir que hay un tercer escalón de reservas que se movilizará sólo en condiciones extremas (Mozshujin, 1982; Davidenko, 1984).

Es imprescindible anotar que en competencias de gran importancia (juegos olímpicos, campeonatos del mundo y de Europa), que se caracterizan por un alto nivel de competitividad y por generar altos niveles de estrés psicoló-

gico, los deportistas de altísimo rendimiento a menudo están en capacidad de movilizar las reservas funcionales que se encuentran lejos de los límites del segundo escalón, capacidad que, como es sabido, se manifiesta en condiciones de entrenamiento y de competencia no tan importantes (Platónov, 1997). Es necesario resaltar que una particularidad de un sistema funcional bien adaptado es la gran flexibilidad y labilidad que posee para lograr un mismo resultado final con diferentes estados de los medios interno y externo. Lo anterior se puede ilustrar utilizando las características técnico-tácticas más generales; los datos presentados en la Figura 1.1 evidencian una gran variabilidad del ritmo del movimiento y del recorrido de la brazada en diferentes momentos (50, 100, 150 y 200 m). Prácticamente, la nadadora logró resultados similares, pese a haber utilizado diferentes estructuras coordinativas del movimiento, lo que demuestra la gran movilidad de complejos sistemas funcionales cuyo propósito es lograr un alto resultado final.

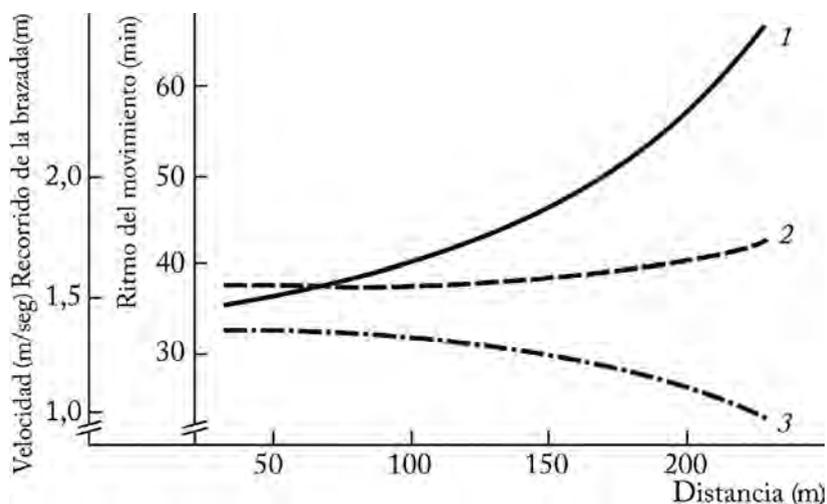


Figura 1.1. Cambios en el ritmo del movimiento (1), recorrido de la brazada (2) y velocidad (3) de una nadadora de alto rendimiento especializada en 200 m estilo pecho

Fuente: Platónov, 1992.

Los mejores nadadores del mundo, a diferencia de los deportistas de menor cualificación, no solo presentan valores más altos en cuanto a la velocidad máxima, sino que tienen la capacidad de mantener una alta velocidad hasta el final de la distancia. Lo anterior se logra por una efectiva variación de las características dinámicas y cinemáticas del movimiento, en correspondencia con los cambios que se presentan en las posibilidades funcionales en diferentes

recorridos de la distancia. El carácter de las reacciones de adaptación aguda puede ser demostrado, utilizando material relacionado con la variabilidad de los parámetros dinámicos y cinemáticos de la técnica deportiva en diferentes condiciones de entrenamiento y de actividad competitiva. Incluso, en los deportes cíclicos, en los que se caracteriza una estructura monótona y rigurosa del movimiento, se observan grandes oscilaciones de los diferentes parámetros, condicionados por los cambios en la intensidad del trabajo y por el estado funcional del deportista en un momento concreto del recorrido de la distancia.

Por ejemplo, la dinámica de los índices informativos de la técnica deportiva sufren grandes oscilaciones en dependencia a las condiciones bajo las cuales se recorre a nado la distancia de 100 m en estilo libre (Fig. 1.2). Las mayores diferencias se observan no solo cuando se comparan los datos arrojados al nadar los 100 m en condiciones habituales y al recorrer a nado los últimos 100 m en la prueba de 400 m combinado, sino también cuando se comparan los datos registrados al inicio y al final de cada prueba.

FORMACIÓN DE LA ADAPTACIÓN CRÓNICA

Transcurre en cuatro etapas. La primera está relacionada con la movilización sistemática de los recursos funcionales del organismo al momento en que el deportista ejecuta un programa de entrenamiento con una determinada orientación, buscando estimular los mecanismos de la adaptación crónica sobre la base de ir sumando los efectos de la adaptación aguda que, como se ha señalado, se repite de manera sistemática. En la segunda etapa, como consecuencia de la repetición sistemática de la carga física, sucede la reorganización estructural y funcional de los órganos y tejidos. Al final de esta etapa se presenta la hipertrofia de los órganos, lo que permite al sistema funcional actuar en nuevas condiciones.

La tercera etapa se caracteriza por la estabilidad que adquiere la adaptación crónica; se cuenta con una reserva que garantiza el nuevo nivel de funcionalidad del organismo, hay una gran estabilidad de las estructuras funcionales y una estrecha interrelación entre los sistemas reguladores y los órganos realizadores de la acción motora. La cuarta etapa se presenta cuando el entrenamiento no es racional, cuando se utilizan unas cargas de entrenamiento excesivas, la alimentación es deficiente y la recuperación de las funciones es incompleta, conduciendo al desgaste de algunos componentes del sistema funcional.

La estructuración racional del proceso de entrenamiento supone la presencia de las tres primeras etapas. Es necesario resaltar que las reacciones adaptativas que transcurren dentro de los límites de estas tres etapas se pue-

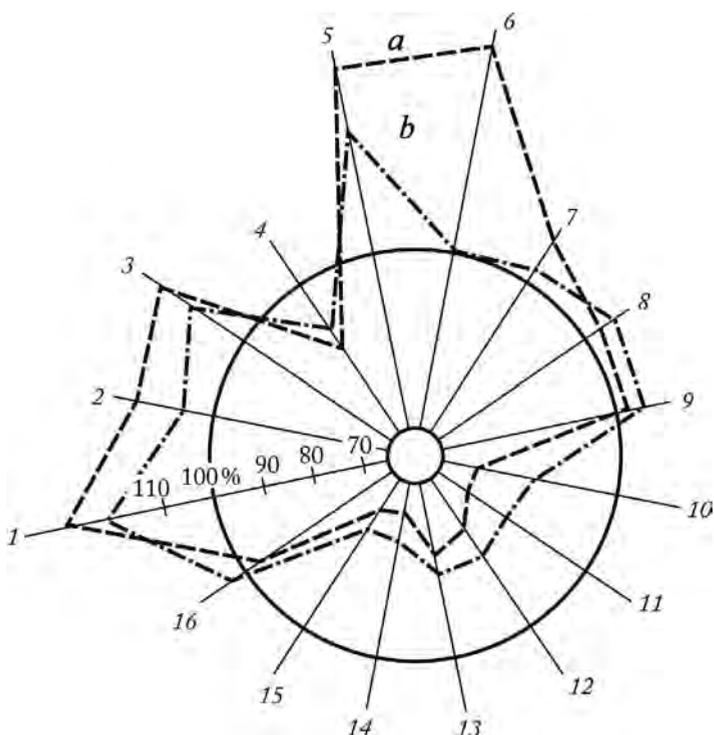


Figura 1.2. Dinámica de los índices de la técnica al nadar la IV (última) etapa en la prueba de 400 m combinado, en comparación con los índices de la técnica al recorrer la distancia de 100 m estilo libre*

Fuente: Platónov, 1992.

den relacionar con diferentes aspectos del estado de preparación y de la actividad competitiva en su conjunto. En particular, por esa vía transcurre la adaptación de algunos órganos (por ejemplo, del corazón), de los sistemas funcionales (como aquellos que garantizan la productividad aeróbica), y a la par se trabaja sobre la formación del estado de preparación del deportista en su conjunto, que se ve reflejado en su capacidad para lograr los resultados fijados en una determinada etapa del perfeccionamiento deportivo. La

* Este resultado se toma como 100% (a. etapa inicial; b. etapa final): 1. duración de la brazada; 2. duración de la zambullida; 3. duración del ciclo; 4. ritmo; 5. tiempo en lograr la máxima fuerza de los brazos; 6. duración de la fuerza de arrastre; 7. cantidad de ciclos; 8. porcentaje de los movimientos de trabajo; 9. densidad de las brazadas; 10. magnitud del apoyo durante el arrastre del brazo derecho; 11. magnitud de apoyo durante el arrastre del brazo izquierdo; 12. magnitud del apoyo durante la repulsión del brazo derecho; 13. magnitud del apoyo durante la repulsión del brazo izquierdo; 14. fuerza de impulso del brazo derecho; 15. fuerza de impulso del brazo izquierdo; 16- asimetría dinámica.

pregunta sobre el mecanismo de la adaptación individual (fenotípica), consiste en saber de qué manera las posibilidades potenciales del organismo, determinadas genéticamente como respuesta a las exigencias del medio, se transforman en posibilidades reales.

Las exigencias crecientes del medio ambiente conducen, de una manera relativamente rápida, a la formación de un sistema que garantice una reacción adaptativa adecuada a nuevos estímulos por parte del organismo. Sin embargo, para la formación de una adaptación perfecta no basta por sí mismo el surgimiento de un determinado sistema funcional. Es necesario que en las células, tejidos y órganos que conforman el sistema se produzcan cambios estructurales que garanticen un aumento de su potencia y la interacción entre estos componentes (Platónov y Bulátova, 2003). Un desarrollo eficiente de la adaptación crónica, está relacionado con la aplicación sistemática de la carga física que presenta una alta exigencia al sistema que está siendo sometido a la adaptación. La intensidad en este proceso de adaptación está determinada por la magnitud de la carga física, la frecuencia con que se aplica y la duración de las sesiones de entrenamiento.

La adaptación crónica se desarrolla de una manera más efectiva cuando se utilizan grandes cargas físicas, que presentan una alta exigencia a los sistemas funcionales del organismo (Platónov, 1998; Mojan, Gesson y Grinjaff, 2001). Los cambios estructurales y funcionales en el músculo cardiaco (hipertrofia, aumento de la cantidad de fibras por unidad de masa, aumento de la potencia de la bomba de calcio, sarcoplasma abundante, sistema de conducción del corazón –a veces denominado la musculatura específica del corazón–, aumento de la concentración de hemoglobina y de la actividad de los fermentos responsables del transporte de los sustratos hacia las mitocondrias, aumento del número de los capilares coronarios, aumento de la masa mitocondrial, etc.) son la base para lograr un aumento de las posibilidades funcionales del corazón, una rápida movilización, un aumento de la velocidad y de la amplitud de las contracciones cardiacas, una mayor velocidad y profundidad de la diástole y un aumento de la capacidad para contrarrestar la fatiga (Astrand y Rodahl, 1986; Hartley, 1992).

Los cambios que se presentan durante la adaptación crónica no solo abarcan al corazón, también surgen modificaciones en el tejido muscular esquelético, en el sistema nervioso y glandular endocrino, etc. En relación al sistema nervioso se ha observado la hipertrofia a nivel de las motoneuronas, así como un aumento en la actividad de los fermentos que participan en la respiración celular; a nivel del músculo esquelético se han detectado cambios relacionados con aumentos de la red capilar y del número de mitocondrias. El aumento del número de mitocondrias en la fibra muscular

esquelética, junto con el aumento de la potencia aeróbica, hacen que el músculo utilice en mayor proporción el piruvato, reduciéndose de esta manera la concentración de ácido láctico, al tiempo que aumenta la utilización de ácidos grasos. Todo lo anterior hace que el deportista pueda realizar un trabajo muscular de mayor intensidad y duración. (Meerzon, 1981, 1986).

Una adaptación crónica efectiva a nivel de los sistemas neurohumorales está relacionada con un aumento de los criterios: potencia y economía. El aumento de la potencia tiene relación con la hipertrofia de la médula suprarrenal, que provoca un aumento de las reservas de las catecolaminas, y con la hipertrofia de la corteza suprarrenal, responsable de la secreción de glucocorticoides. El aumento de las reservas de las catecolaminas conduce a su rápida movilización durante las cargas explosivas de corta duración; en los trabajos prolongados se evita agotarlas. Por otro lado, el aumento en la capacidad de la corteza suprarrenal para sintetizar corticoesteroides garantiza su alto nivel de concentración en la sangre durante los trabajos prolongados, al tiempo que produce un aumento de la capacidad de trabajo del deportista (Viru, A., Viru, M., Konovalova y Epik, 1993).

El aumento de la economía del sistema neurohumoral se manifiesta con una menor liberación de catecolaminas cuando se realizan trabajos estándar. Por ejemplo, un entrenamiento de resistencia realizado durante tres semanas provoca una disminución significativa de la concentración de las catecolaminas en sangre cuando se realiza un trabajo estándar, en comparación con los datos iniciales. Después de un entrenamiento de ocho semanas no se observa ningún aumento de las catecolaminas en sangre (Winder, Baldwin y Holloszy, 1973). El aumento de las posibilidades funcionales de las glándulas suprarrenales, en mucho, determina la efectividad del suministro energético durante la actividad muscular. Las catecolaminas activan fermentos claves que participan en la glucogenólisis y en la glucólisis, provocando que el miocardio y la musculatura esquelética dispongan de una mayor cantidad de glucosa, toda vez que el hígado se ve obligado a desdoblar glucosa a partir del glucógeno hepático (Viru, 1987; Pshennikova, 1986).

La activación de la regulación humoral provoca una mayor intensidad en la síntesis de los ácidos nucleicos y de proteína específica. La hiperfunción de los órganos y tejidos del sistema funcional, estimulada por un aumento en la actividad hormonal, condiciona en gran medida la formación de la base estructural de la adaptación crónica, que provoca efectos permanentes como respuesta al ejercicio cuando éste se aplica de una manera sistemática. El incremento de la economía en la actividad del sistema neurohumoral durante el estado de entrenamiento está relacionado con el aumento de la

reactividad del tejido a la influencia de las catecolaminas (Askew, Huslon, Plopper y Keeker, 1975) y con el perfeccionamiento del mecanismo autorregulador del órgano responsable de la adaptación en el sistema funcional (Pshennikova, 1986; Wilmore y Costill, 2001).

La economía del organismo entrenado, en comparación con el no entrenado, se manifiesta en estado de reposo: la frecuencia de las contracciones cardiacas (FCC) disminuye desde 65-75 pulsaciones por minuto hasta 30-50 ppm; la frecuencia respiratoria, desde 16-20 ciclos respiratorios en un minuto hasta 6-10 cpm; el volumen respiratorio por minuto se reduce en un 10-12%, y el consumo de oxígeno, en un 20%. La economía del organismo entrenado también se manifiesta cuando se realiza un trabajo estándar: se presenta una disminución del consumo de oxígeno en el miocardio del orden de 1,5-2 veces (Heiss et al., 1975), el aumento de las frecuencias cardíaca y respiratoria es menor, así como menor es el aumento del nivel de lactato en sangre; igualmente decrece la expresión del sistema simpático-adrenérgico, lo que significa una reducción en la concentración de las catecolaminas en sangre (Pshennikova, 1986; Mojan et al., 2001).

Un elemento importante en la adaptación crónica es la formación de un sistema económico y estable de interacción (sincrónica y sinfásica) en la corteza de los grandes hemisferios cerebrales, que forman parte de los órganos de gobierno del sistema funcional y que poseen gran resistencia a las interferencias externas. En las personas bien adaptadas a la carga física, a diferencia de los no adaptados, los sistemas no se perturban bajo la influencia de factores negativos del medio (gran tensión psíquica y emocional, obstáculos externos, desarrollo de la fatiga). La perturbación del sistema cortical de interacción se acompaña de una desmejora en la regulación interna y externa de las funciones, así como de una disminución del autosentir y de la capacidad para mantener el ritmo del movimiento, perturbándose la estructura externa del hábito motor; también se observa rápidamente un rechazo a continuar con el trabajo. La adaptación crónica a cargas límite de trabajo está relacionada no solo con la ampliación de las posibilidades funcionales de la corteza cerebral, sino también con el aumento de la capacidad de movilizar las reservas funcionales en condiciones de una fatiga evidente.

Al momento de entender los mecanismos centrales responsables de este tipo de movilización, dos aspectos cobran particular importancia: los datos sobre la intensificación, en las personas adaptadas, de la interrelación potencial entre la corteza prefrontal (zona de asociación) y la zona motora en el período de la fatiga compensada, al igual que la conservación (hasta el cansancio extremo) del sistema (pese a la destrucción de la sincronización

espacial en otras regiones de la corteza) durante el período de la fatiga que ya no puede ser compensada (Sologub, 1984; Enok, 2000). La adaptación crónica se caracteriza por un aumento de las reservas funcionales como consecuencia de profundas transformaciones ocurridas en los órganos y tejidos, por una gran economía en las funciones, por un aumento de la movilidad y de la estabilidad en la actividad de los sistemas funcionales, y por crearse interrelaciones racionales y flexibles entre las esferas vegetativa y motora. Además, las transformaciones adaptativas no se relacionan con una gran hipertrofia de los órganos comprometidos, siendo este tipo de hipertrofia más racional, lo que hace que los órganos sean más estables durante la desadaptación y exijan un esfuerzo menor para mantener el nivel de adaptación logrado. Este tipo de adaptación, más racional, no se asocia a una gran explotación del aparato genético, a diferencia de la adaptación que involucra fundamentalmente cambios estructurales en los órganos, es decir, aumentos en su masa.

La economía en los sistemas adaptados se presenta a nivel celular y de órganos, determinando la interrelación de las estructuras celulares; a nivel de sistemas se presenta la interrelación entre los órganos, y, por último, a nivel de la regulación neurohumoral, la economía resulta de un aumento de la reactividad de los órganos adaptados hacia los mediadores químicos y las hormonas (Meerzon, 1986). Por ejemplo, el corazón de una persona entrenada cuando realiza un trabajo estándar consume aproximadamente tres veces menos oxígeno y emplea tres veces menos cantidad de sustratos para la oxidación que el corazón de una persona no entrenada (Heiss et al., 1975), esto corresponde a cambios en la interrelación de las estructuras celulares, responsables del aumento en la efectividad de los mecanismos energéticos que ocurren al interior de la célula.

En cuanto a la regulación neurohumoral, responsable de la adaptación del sistema, la economía de sus funciones se expresa en un aumento de la reactividad de los órganos comprometidos en relación a los mediadores químicos y a las hormonas. La movilización del sistema, como respuesta a factores provenientes del medio externo, puede realizarse con una menor participación de los metabolitos reguladores y un menor grado de excitabilidad en los mecanismos de regulación (Meerzon, 1986; Mojan et al., 2001). La menor disociación de las estructuras del organismo, cuando se aplican grandes cargas, también se puede percibir como una señal de economía del sistema funcional sometido a la adaptación. Es conocido que una disminución de la concentración de ATP en los tejidos estimula la degradación de sustancias energéticas. Un aumento en la síntesis de las moléculas macroenergéticas previene un déficit de ATP.

Como resultado, el organismo evita la alternación de los procesos de desgaste y de regeneración de los órganos y sistemas, garantizándose un gasto económico de los recursos del organismo. Se estableció, por ejemplo, como resultado de una carga física prolongada, un aumento significativo de las reservas estructurales del corazón, gracias a la hipertrofia y posiblemente a la hiperplasia de las fibras miocárdicas. Simultáneamente se observan cambios contrarios en los riñones, en las glándulas suprarrenales y en el hígado. Investigaciones realizadas en animales (Bloor, Lean y Pasyk, 1968) demostraron que la cantidad de unidades funcionales del riñón (nefronas) puede disminuir en un 25%, la cantidad de células en las glándulas suprarrenales y en el hígado, en un 20% y 30%, respectivamente. Es claro que en estos órganos de singular importancia se produce una notable disminución de sus reservas funcionales. La efectiva formación de la adaptación crónica no se puede garantizar sin tener en cuenta las características fenotípicas y genotípicas que sirven para clasificar las personas en diferentes tipos constitucionales. No solo en el deporte, en donde la necesidad de clasificar a las personas es evidente, sino en otras actividades humanas que tienen relación con los problemas de la adaptación se siente la imperiosa necesidad de tener un enfoque diferenciado de las personas con relación a las características de su constitución física.

Así por ejemplo, el tratamiento de los problemas de grandes poblaciones humanas para adaptarse a la vida y al trabajo en sitios con condiciones extremas, tales como el extremo norte, la Antártida, los desiertos, etc., exige que se tengan en cuenta los diferentes tipos, según la constitución física, encontrados al interior de estas poblaciones.

El primer tipo (“velocistas”), lo constituyen personas capaces de manifestar potentes reacciones fisiológicas con gran efectividad en respuesta a factores del medio ambiente que oscilan de una manera significativa, pero que accionan durante cortos períodos de tiempo, por tanto un alto nivel de efectividad solo puede mantenerse durante un tiempo muy corto. Las propiedades fenogenéticas de los “velocistas” no son las adecuadas para adaptarse a un trabajo duradero de baja intensidad.

El segundo tipo (“fondistas”), fenogenéticamente hablando, se encuentra menos adaptado para el trabajo de mucha potencia y corta duración. Sin embargo, las personas pertenecientes a este segundo grupo están en capacidad de mantener durante un largo período de tiempo un trabajo regular de baja intensidad realizado en condiciones no adecuadas. Cada uno de estos tipos se caracteriza por presentar particularidades antropométricas y morfofuncionales muy concretas.

Entre estos dos tipos extremos de constitución existen los intermedios, los denominados “mixtos”. El conocimiento médico-biológico sobre las po-