

Artículo original

VÍAS METABÓLICAS Y ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

METABOLIC PATHWAY AND SPORT TRAINING

Aleen Trujillo Rodríguez

Especialista de 1er grado en MGI, Especialista de 1er grado en Medicina del Deporte

avlopez43@inder.cu

RESUMEN

La alta exigencia en los deportistas de élite hace cada vez más necesario controlar el proceso de adaptación al entrenamiento. El objetivo de esta revisión es analizar las características de las diferentes vías metabólicas atendiendo a la potencia y capacidad de cada una y precisar los entrenamientos correspondientes dependiendo de las exigencias físicas para la ejecución de las diferentes acciones en dependencia del deporte.

El metabolismo Anaerobio consta de dos vías metabólicas la anaerobia aláctica donde se produce energía en condiciones de déficit de oxígeno sin la producción del ácido láctico, la Anaerobia Láctica donde la concentración de ácido láctico en plasma es la herramienta más común en la valoración de la carga de entrenamiento y la Vía Aerobia que obtiene la energía en presencia de oxígeno.

Es fundamental precisar el tiempo de duración de cada vía metabólica así como de su potencia y capacidad, brindándoles a los entrenadores amplias oportunidades para valorar el entrenamiento y evaluar su diseño según los requerimientos energéticos de cada deporte. .

Palabras clave: entrenamiento, vías metabólicas,

ABSTRACT

High level sportsmen are asked for high demand of effort, so trainers have to make a deeper control of the process of training. The main objective of this revision is to analyze the features of the different metabolic forms regarding the power and capacity of each one and to be accurate in choosing the right training process depending from the physical demands for the development of different actions related to the kind of sport to be trained.

The anaerobic metabolism has two metabolic ways: the alactic anaerobic way, in which the energy is produced in lacking of oxygen conditions without the production of lactic acid; the anaerobic lactic way in which the concentration of

lactic acid in plasma is the commonest tool in valuating the training charges and the aerobic form that gets the energy in conditions of present of oxygen.

It is very important to establish the time each metabolic form works as well as their power and capacity so that trainers could have a several opportunities to valuate the training and to evaluate its design according to the energetic requirements of each kind of sport.

Key words: training, metabolic ways

INTRODUCCIÓN

Para lograr la adaptación fisiológica eficaz al ejercicio se hace necesario conocer los requerimientos de energía para iniciar, mantener y culminar con eficiencia un tipo determinado de ejercicio, tanto para el deporte de competición, como para los programas de salud en la población.

El sistema muscular transforma la energía química en mecánica. Pero para que realice la contracción muscular son necesarias dos cosas: la existencia de un estímulo nervioso que excite el músculo y la presencia de energía química aprovechable por la fibra muscular (1).

El conocimiento de las bases metabólicas y de los procesos metabólicos del ejercicio: Vía Anaerobia cuando hay déficit de oxígeno y la Vía Aerobia cuando en presencia de oxígeno se obtiene la energía. Es fundamental no sólo para consideraciones teóricas, sino también para la creación de una trayectoria más científica y con mayor fundamento al servicio del diseño y la dirección del entrenamiento. (Chicharro & Fernández, 1995; McArdle, Katch, & Katch, 2000; Powers & Howley, 2001) y monografías concretas (Atko Viru & Viru, 2003).

Los entrenadores dispondrán de amplias oportunidades para valorar los efectos del entrenamiento y evaluar su diseño. El valor de la información de la retroalimentación relacionada se elevó significativamente gracias a la utilización de datos sobre los procesos metabólicos del organismo de los deportistas, incluido el reflejo de los procesos metabólicos a escala celular.

Los estudios bioquímicos pueden considerarse una herramienta útil para el control del entrenamiento si los resultados obtenidos proporcionan la información necesaria y directa para la mejora del diseño y la dirección del entrenamiento práctico de los deportistas.

Los resultados de los estudios bioquímicos podrán ser utilizados para el análisis directo del entrenamiento del deportista y los entrenadores empezarán a entender la verdadera esencia del entrenamiento. El principal resultado será que el entrenamiento tradicional, normalmente «a ciegas», podrá ser sustituido por una elección consciente de los ejercicios, los métodos de entrenamiento, los regímenes de trabajo/descanso y las cargas del entrenamiento (2).

Mediante la utilización de métodos bioquímicos, de los efectos inducidos por el entrenamiento en el organismo, centrando la atención en la valoración de la potencia y la capacidad de los diversos mecanismos de producción de energía (resíntesis del adenosín trifosfato). También se considerarán los diagnósticos del lactato además de varias posibilidades para el análisis de la eficacia del control metabólico.

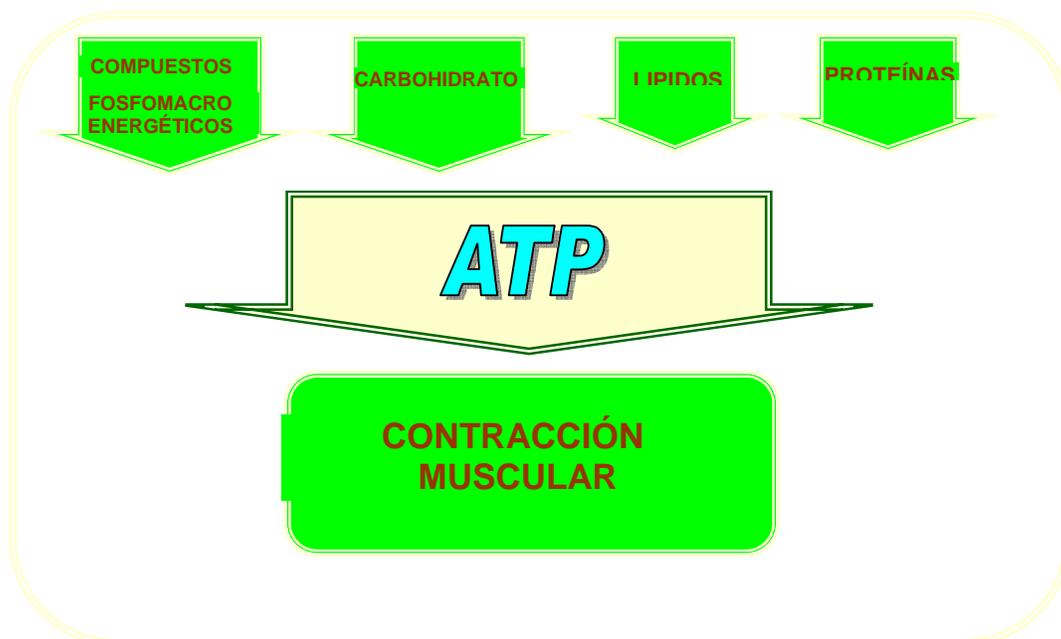
El objetivo de esta investigación es adquirir información sobre la adaptación metabólica y su mecanismo de control a fin de comprender los cambios producidos en el metabolismo celular. En primer lugar, la necesidad de utilizar los métodos bioquímicos surge a la hora de valorar los efectos del entrenamiento sobre los sistemas energéticos. Cuando la eficacia del entrenamiento desaparece, son necesarios estudios bioquímicos adicionales para determinar el porqué.

El control bioquímico del entrenamiento está relacionado con la evaluación de las cargas en el entrenamiento. La utilización de los parámetros metabólicos para la valoración de la intensidad y el volumen de la carga de las sesiones de entrenamiento y los microciclos (2).

El comportamiento de las necesidades de combustible del organismo depende del tipo de ejercicio dinámico o estático y de la intensidad y duración del trabajo (1).

Principales nutrientes que pueden ser almacenados en el organismo para ser utilizados como Fuente Energética:

- CP + ADP : Tejido muscular
- CHO: Glucógeno muscular y Hepático y la glucosa en sangre.
- Lípidos: Triglicéridos en adipositos y músculos.
- Proteínas y Aminoácidos: Hígado



Todos los sistemas energéticos tienen 2 conceptos: **potencia** (1a fase de utilización) y **capacidad** (cuánto tiempo puedo trabajar con dicho sistema) (3).

Para evaluar cuantitativamente los procesos de transformación anaerobia y aerobia de la energía en la actividad muscular se utilizan 3 criterios principales:

- **Criterio de potencia:** Evalúa la velocidad de la transformación de energía en el proceso dado. Mide la cantidad de ATP utilizado por unidad de tiempo.
- **Criterio de capacidad:** Refleja las reservas generadas de las sustancias energéticas o la cantidad de ATP que puede suministrar para cubrir las necesidades de un trabajo físico continuado.
- **Criterio de eficacia:** Demuestra la relación entre la energía gastada para la resíntesis de ATP y la totalidad de energía desprendida en el transcurso del proceso dado.

"El funcionamiento de las vías energéticas es un sistema de llaves o puertas que se abren y se cierran".

Los sistemas energéticos podemos modificarlos por medio del entrenamiento.

Dependiendo del deporte, habrá más predominio de unas vías energéticas sobre otras. Con el entrenamiento mejoraremos los enzimas en cantidad y calidad de trabajo, se almacena más energía y la velocidad de las reacciones aumenta.

Procesos de formación de la Energía (ATP) según las vías metabólicas (4):

Sistema Anaeróbico Aláctico

Ocurre a través de la reacción de la creatín fosfoquinasa (proceso anaeróbico fosfógeno aláctico), donde la resíntesis de ATP se efectúa a costa de la transfosforilación entre el creatínfosfato y el ADP:



Procesos anaerobios de la resíntesis de ATP:

Reacción de mióquinasa con la cual la resíntesis de ATP se lleva a cabo a expensas de la desfosforilación de una parte determinada del ADP.



Características del Sistema Anaerobio Aláctico:

La energía la aporta el ATP almacenado en el músculo, el aporte de O₂ es insuficiente, la concentración de ácido láctico es baja, tiene mucha potencia y poca capacidad, su inercia es nula, consigo energía rápidamente.

Los Objetivos de esta vía son:

1. Estimular las fibras rápidas, porque las fibras lentas e esfuerzos intensos y cortos no intervienen.
2. Estimular la musculatura para que mejore su capacidad contráctil (coordinación intramuscular) y su coordinación (contracción-relajación).
3. Perfeccionar gestos técnicos de corta duración y alta intensidad para producir más potencia.
4. Mejorar el proceso de producción de energía (ATP) a partir del combustible aláctico (ATP y creatin fosfato). Es decir, incrementar la concentración de ATP en el músculo.

Consideramos *Potencia Anaeróbica Aláctica*: El máximo consumo de energía por unidad de tiempo en esfuerzos muy breves y de máxima intensidad. Duración de 6 – 8 seg.

Los factores limitantes de la Potencia Anaerobia Aláctica son:

- Cantidad y calidad de las fibras rápidas (FT)
- Cantidad y actividad de los enzimas que intervienen en las reacciones alácticas (creatinfosfoquinasa)
- Concentración de ATP: 5 mmoles/Kg. músculo

Las características del entrenamiento de esta Vía Metabólica son:

- Duración: 0 - 5 segundos
- Combustible: ATP
- Intensidad: Máxima
- Fc. máxima: 220 – edad
- Lactacidemia: no vale para nada ya que no indica nivel de esfuerzo
- Recuperaciones: 2-3 minutos

Medios de entrenamiento (5):

1. Multisaltos horizontales y verticales (hasta 10). Total por sesión: 60-100
2. Cuestas cortas: 6-9 x 30-50 metros. Con alta pendiente y a máxima velocidad. Recuperación: 3-4 minutos.
3. Arrastres: de un neumático. 10-15 metros. Con poco peso para no modificar la técnica de carrera. Nunca pasar de un 10% del peso corporal para potencia aláctica. Desde parado o lanzado.
4. Trabajo de fuerza: al 70-100% es mejora de la fuerza máxima y por tanto de las fibras rápidas. La velocidad es baja. Del 30-80% es fuerza velocidad y la velocidad es alta. Por debajo del 70-100% de la fuerza máxima trabajaría fibras lentas.

5. Distancias repetidas: 40-60 metros a máxima velocidad. Recuperaciones de 3 minutos. El volumen por sesión es de 400-800 m (10-15 repeticiones). Trabajar siempre con cronómetro para que todas las series se hagan al mismo tiempo aproximadamente.

La Capacidad Anaeróbica Aláctica: Energía total almacenada en forma de fosfatos (ATP y CrP). Capacidad baja de 15 a 20 segundos (4).

Los factores que limitan la Capacidad Anaeróbica Aláctica son que las concentraciones de ATP y creatin fosfato. A mayor concentración de fosfágenos, mayor producción de energía. Cuando se agotan hay que resistetizarlos.

Objetivo: Aumentar los niveles de fosfocreatina y su velocidad de resíntesis. A los 18 segundos se repone el 50%, 36" el 75% y a los 108" el 98,5%.

En la capacidad aláctica sobre todo nos cargamos creatinfosfato. El ATP no lo gastamos tanto. De ahí que se hagan aportaciones de creatina.

Características del entrenamiento:

- Duración: 5-20 segundos
- Intensidad: 95 – 100 %
- Energía: ATP - Creatinfosfato
- Fc. máxima: 220 - edad
- Ácido láctico: no influye.
- Recuperaciones del sustrato: 2 - 3 minutos

Medios de entrenamiento (5):

1. BOMPA: 10 - 30 repeticiones. Tiempo de trabajo: 4 - 15 segundos por repetición. Pausa: 1- 3 minutos. Densidad: $\frac{1}{4}$. Al 95% velocidad máxima.
2. NAGLAK: 5-6 series x 3-4 repeticiones x 12 segundos. Micropausa 2 - 3 minutos. Macropausa 4-6 minutos.
3. BELLOTI: 2 series x 4 - 5 repeticiones x 60 - 80 - 100 m (a mayor nivel de entrenamiento distancias más largas y viceversa). Intensidad: 95 - 98%. Micropausa 1,5 - 2 minutos. Macro 8-12 minutos.
4. PASCUA: 40 - 100 m. Volumen sesión: 1000 - 2000 m. Micropausa 3-6 minutos. Macro 4 - 8 minutos. También propone cuestas de 60-80 m con una pendiente del 18%. Pausas y volumen igual que arriba. También arrastres: 30 - 50 m. Recuperaciones y pausas las mismas.

Sistema Anaeróbico Láctico

Los objetivos de esta vía metabólica son (4):

- 1) Estimular las fibras FT (rápidas) y los sustratos tampón (bicarbonatos).
- 2) Tolerar el aumento de la concentración de lactato y la bajada de PH.
- 3) Coordinar todos los sistemas del organismo.

El proceso por el cual se forma el ATP por este sistema de energía es la *glicólisis* (proceso anaerobio láctico), donde la resíntesis de ATP se desarrolla según la marcha de la desintegración anaeróbica enzimática de los glúcidos, la cual termina con la formación de energía más el ácido láctico.



Las vías anaerobias ocurren en el Sarcoplasma de la célula.

La Potencia Anaeróbica Láctica: Es la máxima tasa para producir energía en forma de ATP durante un esfuerzo máximo con la contribución de energía de origen glucolítico.

Los factores limitantes de la Potencia Anaeróbica Láctica son: La cantidad y calidad de las fibras FT b y la concentración y actividad de los enzimas (PFK y LDH)

Las características del entrenamiento de esta vía son:

- Duración: 20-45 segundos
- Intensidad: 95%
- Energía: glucógeno-lactato
- Fc.: máxima (220-edad)
- Lactato: Máximo (18-26 mmoles/l). Aquí lo importante es obtener concentraciones altas de lactato.
- Recuperaciones: 48-72 horas.

Medios para el entrenamiento (5):

1. BOMPA: 2 x 2-4 repeticiones. Micropausa 5 minutos, macropausa 30 minutos. Tiempo de trabajo: 30-60 segundos. Densidad: 1/5. Intensidad: 95% de la velocidad máxima.
2. NAGLAK: 3-6 x 20"-2". Intensidad: 95%. Recuperación 10 minutos.
3. BELLOTI: Distancias repetidas: 4-8. Series repetidas: 2-4 x 4-8 x 20 segundos (100 m)-1" (500 m). Micropausa 6"-macropausa 15". Intensidad máxima. Volumen sesión: 1000 - 1800 m
4. SALTIN: Para el aumento de la capacidad enzimática: 3-8 x 30-40 segundos. Recuperación 5 minutos. Velocidad máxima. Densidad 1/10. Para el aumento de la capacidad tampón: 3-7 x 30-40 segundos. Recuperación 2 minutos. Velocidad submáxima. Densidad ¼. En

deportes colectivos por ejemplo con trabajo técnico. En fútbol en 15 x 15 metros, 1 contra 1 (1x1) durante 45 segundos.

La Capacidad Anaeróbica Láctica: Es la cantidad total de energía proveniente de las vías glucolíticas en esfuerzos máximos (60-180 seg.).

Los factores limitantes de la Capacidad Anaeróbica Láctica son la bajada del PH y los niveles de los sustratos amortiguadores (bicarbonato)

Características del entrenamiento:

- Duración: 45 segundos a 2 minutos
- Intensidad: 90 - 95%
- Energía: glucógeno degradado a lactato
- Fc: máxima (220-edad)
- Lactato: 12-18 mmoles/l
- Recuperación: 48-72 h

Medios para el entrenamiento:

1. BOMPA: 2-2,30 minutos de trabajo. 4 - 8 veces. Micropausa: 5 minutos. Macropausa 30 minutos. Densidad: 1/5 Lactato: 12 - 18 mmol/l. Intensidad: 85%, Fc.: casi máxima.
2. NAGLAK: 2-3 x 3-4 x 30-90 segundos. Intensidad 90%. Micropausa 2-5 minutos. Macropausa 15-20 minutos
3. PASCUA: Series repetidas: 100 - 500 m. Intensidad: 80-90%. Recuperación: 4-5 minutos
4. BELLOTI: 3-4 x 3-5 x 45 segundos a 3 minutos. Intensidad: 90-95%. Micropausa 3-6 minutos. Macropausa 12 minutos
5. SALTIN: 2-6 x 1.30-2 minutos. Recuperación 10 minutos. Intensidad: 90%.

Sistema Aerobio

Los procesos aerobios ocurren en presencia de Oxígeno. La respiración celular ocurre en las mitocondrias.

Los Objetivos de esta vía son: Incrementar el VO_2 máxima del individuo (aumentando su potencia aeróbica), inercia inicial del sistema aeróbico (2-3 minutos), aumentar la capacidad aeróbica, tratando de conseguir un % de VO_2 máx. más alto y durante más tiempo, aumentar el umbral anaeróbico, usando durante más tiempo un VO_2 máx. más alto, el trabajo aeróbico intenta estimular las fibras I y las II, mejorar los factores centrales: aumento de la capacidad de transporte del O_2 en el corazón (volumen sistólico, volumen minuto cardíaco, bajar la Fc.) y pulmones (volumen minuto respiratorio) y mejorar el factor local: desarrollo del potencial oxidativo de los grupos musculares que intervienen en la especialidad (mitocondrias, capilares...)

Proceso aeróbico: Glucólisis aeróbica, degradación de glucógeno mediante oxidación. (4)

Glucosa (glucógeno) + O₂ -----(CO₂ + H₂O + ATP

“Proceso aeróbico” (= lipólisis, degradación de grasas mediante B-oxidación)

Ácidos grasos libres + O₂ -----(CO₂ + H₂O + ATP

Potencia aeróbica: Es igual al VO₂ máx. Tiempo de 2 a 5 min. Es la mayor producción de energía (ATP) por unidad de tiempo mediante mecanismos metabólicos de tipo aerobio y en esfuerzos que representan las máximas velocidades aerobias. Es la intensidad de trabajo a la que se alcanza el VO₂ máx. de un sujeto. También es igual a velocidad aeróbica máxima.

- Potencia subcrítica: por debajo del VO₂ máx.
- Potencia supercrítica: por encima del VO₂ máx.

Los factores limitantes de esta vía son: VO₂ máxima del sujeto. Cuanto más alto esté, más potencia aeróbica, la Acidez, el VO₂ máxima se alcanza con un grado de concentración de lactato medio-alto. Hay disminución del PH, las Fibras FTa y ST (Tipos I y Ia), la actividad mitocondrial de las enzimas del ciclo de Krebs.

Características el entrenamiento:

- Duración: 2-15 minutos
- Intensidad: 80%
- Energía: glucosa-glucógeno: 2 opciones: ciclo de Krebs = 38 ATP + CO₂ + H₂O
- Lactato: 6-12 mmoles/l
- Fc.: 170 a la máxima. Hablaríamos de umbral para arriba
- Recuperación: glúcidos de 12-48 horas; Lípidos de 3 a 24 horas; proteínas de 24 a 72 horas.

La potencia aeróbica es un sistema mixto entre el sistema láctico y el aeróbico. Para alcanzar el VO₂ máxima hay que hacer un trabajo anaeróbico.

Medios para el entrenamiento (5):

- BOMPA: 3-5 minutos. 4-12 repeticiones. Recuperación: 2-3 minutos. Densidad 2/1. Lactato: 6-12 mmoles/l. Fc.: 180. Intensidad: 80-85% y 85-90%.

- Entrenamiento fraccionado largo: 4-12 x 3-5 minutos. Recuperación: 2-3 minutos. Densidad: 2/1. Intensidad: 80%.

- Entrenamiento fraccionado corto: 4-12 x 30"-2". Recuperación: 10"-1". Densidad: 2/1. Intensidad: 80%.

- En el entrenamiento fraccionado si quitas tiempo de recuperación vas a la vía láctica y si aumentas el tiempo de recuperación vas a la vía láctica.

Capacidad aerobia: Es la cantidad total de energía disponible de forma aerobia independientemente del factor tiempo.

Los factores limitantes de esta vía son: El nivel de reservas de los glúcidos y lípidos, saber utilizar las grasas a una intensidad baja y por debajo del umbral anaeróbico, el equilibrio iónico, la deshidratación y la termorregulación.

Características del entrenamiento:

- Duración: + 15"
- Intensidad: 70%
- Energía: glucosa, grasas, glucógeno = ciclo de Krebs = glúcidos: 38 ATP, grasas = 147 ATP.
- Lactato: - 4 mmoles/l
- Fc.: 130-140 a 170
- Recuperación: 24-48 h

Medios para el entrenamiento

1. Entrenamiento de carrera continua armónico (a la misma velocidad): lento, medio y rápido (más lejos o más cerca de la velocidad aeróbica máxima).
2. Entrenamiento de carrera lento: su objetivo es regenerar, recuperación activa, a nivel psicológico es bueno, perseverancia y sobre todo quemar grasas. Si la intensidad es baja no se utilizan los glúcidos.
3. Entrenamiento de carrera medio: desarrolla la capacidad aeróbica del sujeto y es el entrenamiento básico de la resistencia.,
4. Entrenamiento de carrera rápida: desarrollo de la capacidad aeróbica al máximo. Carrera cerca del umbral anaeróbico.
5. Entrenamiento continuo progresivo (es una mezcla de los 3 modelos anteriores). Los 3 modelos se pueden trabajar a lo largo de la temporada de forma combinada o separada. También se pueden hacer en una misma sesión: tener claro aquí que el entrenamiento de carrera rápido se mete al final del entrenamiento para activar las fibras FTa.
6. Entrenamiento continuo variable:

1) Entrenamiento carrera lento más entrenamiento carrera rápido: 2-8 x 10"-30" lento / 10"-30" rápido. Ejemplo: 10" lento + 10" rápido.

2) Fartlek: 0,2-0,8 wint

Entrenamiento fraccionado largo o entrenamiento de repeticiones: 2-8 x 5"-10". Intensidad 70 – 80%. Recuperación Fc.: 120 (1"-2")

CONCLUSIONES

Los ejercicios realizados en las sesiones de entrenamiento o las competiciones accionan los procesos de adaptación aguda necesarios para ajustar las funciones del organismo al nivel de metabolismo energético correspondiente.

Estos ajustes también son necesarios para evitar alteraciones perjudiciales del medio interno del organismo y, a su vez, permiten la realización del ejercicio.

Las repeticiones sistemáticas de un ejercicio inducen adaptaciones estables a largo plazo basadas en cambios estructurales y metabólicos que posibilitan una mayor capacidad funcional. En este sentido, el entrenamiento está basado en la capacidad de adaptación del organismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- León, M. "Bioquímica Bases para la Actividad Física", Editorial "Deportes", La Habana, 2004.
- 2- PANCORBO, A y colab. Integración de variables biomédicas para el control del entrenamiento. Archivo de medicina del deporte, V. VII, N.26, pp.185-195, 2001.
- 3- Rodríguez, R. y M. García, "El Control Bioquímico en el Deporte" (conferencia mimeografiada) 2006.
- 4- Nicot G. Bioenergética. Conferencia de la maestría de control médico del entrenamiento. Instituto de Medicina Deportiva. Ciudad Habana, nov 2011.
- 5- Wilmore, J. H., COSTILL, D.L. Fisiología del esfuerzo del deporte.
- 6- Bompa, T. O. (2005). Theory and Methodology of Training: The Key to Athletic Performance (2da. reimpression, pp. 144-159). Dubuque, Iowa: Kendal/Hunt Publishing Company.