



Bases fisiológicas del entrenamiento físico en ciclismo

- **M. Rieu: Profesor de Fisiología-Laboratorio de Fisiología de las Adaptaciones. Facultad de Medicina. París, Francia.**
- **Traducción del francés por el Dr. Héctor Bernal, M.D. Dir. C. Fis. Ejercicio. Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.**

EXPOSICION DEL PROBLEMA

En los deportes en los cuales el desempeño se basa en el desplazamiento horizontal del centro de gravedad del cuerpo, como en el caso de la marcha, la carrera a pie, el ciclismo..., el objetivo del entrenamiento físico es aumentar la velocidad máxima con la cual se puede efectuar cierto desplazamiento.

En estos casos:

$$v \text{ máx} = \frac{\bar{E} \text{ máx}}{C}$$

En donde $v \text{ máx}$ es igual a la velocidad máxima teórica ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), $\bar{E} \text{ máx}$ es igual al gasto máximo de energía ($\text{J}\cdot\text{s}^{-1}$) y C es igual al costo energético del trabajo considerado ($\text{J}\cdot\text{m}^{-1}$).

FACTORES FUNDAMENTALES DEL DESEMPEÑO

Cada uno de los términos de esta relación representa por consiguiente un factor de desempeño y las consecuencias de un entrenamiento apropiado pueden entonces influir sobre cada uno de ellos.

Gasto máximo de energía ($\bar{E} \text{ máx}$). $\bar{E} \text{ máx}$ representa el gasto máximo de energía, es decir, el gasto máximo de renovación de ATP que puede ser provisto durante un período determinado por los músculos comprometidos en la actividad considerada. En efecto, es la hidrólisis de moléculas del ATP presentes en las células musculares la que permite la interacción actina-miosina que lleva así a un acortamiento de la fibra. A mayor intensidad de la contracción, mayor rapidez en el consumo de ATP. Como su concentración en el músculo es muy débil ($5 \text{ mmole}\cdot\text{Kg}^{-1}$), el ATP desaparecería en uno a dos segundos si no fuera renovado a la velocidad a la cual se utiliza. Tres mecanismos aseguran la renovación del ATP: la hidrólisis de una molécula presente en la célula; la creatinina fosfato (P-C); la glucólisis que

partiendo del glicógeno y/o de glucosa, llega hasta ácidos pirúvico y láctico; y el ciclo de Krebs, asociado a la cadena respiratoria de citocromos cuyos productos terminales son el dióxido de carbono y el agua.

Las dos primeras cadenas de reacciones se desarrollan en ausencia de oxígeno (metabolismo anaeróbico aláctico y láctico respectivamente), por el contrario, la presencia de oxígeno es necesaria para el funcionamiento de la cadena respiratoria (metabolismo aerobio).

Se deben realizar tres observaciones esenciales: la velocidad máxima de renovación del ATP que condiciona, por lo tanto, la potencia máxima de la contracción no es la misma según el metabolismo que se considere: es muy rápida si se toma como referencia el metabolismo anaerobio láctico, es dos veces más lenta en el caso del metabolismo anaerobio láctico y es cuatro veces más lenta en el caso del metabolismo aerobio.

La cantidad total de ATP que puede ser provista por cada uno de estos metabolismos y que determina el tiempo durante el cual se puede mantener una actividad muscular, difiere en sentido inverso: la concentración de creatinina-fosfato es débil en el músculo ($15 \text{ mmole}\cdot\text{Kg}^{-1}$) y se agotará en cinco a seis segundos con ocasión de una contracción máxima; muchos factores y muy especialmente la acidosis celular limitan la duración del mecanismo de la glucólisis anaerobia: por lo que un esfuerzo intenso que requiera esta fuente de energía no podrá prolongarse más allá de 45 a 50 segundos; por el contrario, el metabolismo aerobio tiene una gran capacidad que, al menos teóricamente, no depende sino de las reservas de sustratos energéticos que están disponibles en el organismo: ellas son esencialmente, glicógeno y triglicéridos almacenados a nivel hepatomuscular y en los adipocitos respectivamente. La puesta en marcha de cada uno de estos mecanismos es también diferente. Ella es

inmediata para el mecanismo de creatinin-fosfato que puede de una vez alcanzar su potencia máxima, mientras que para el caso de los metabolismos anaerobio láctico y aerobio, existe un retardo de cerca de 10 segundos o dos a tres minutos respectivamente.

Dicho de otra manera, el ATP presente en el citoplasma de las fibras musculares permite la realización de esfuerzos explosivos, tales como un salto. Si se toma el ejemplo de la carrera a pie, la reserva celular en creatinin-fosfato permite efectuar esfuerzos breves e intensos como por ejemplo los 100 metros; una carrera de 400 metros planos es realizada gracias a la provisión de ATP que suministra el metabolismo anaerobio láctico. En los esfuerzos de larga duración tales como el maratón la energía es extraída exclusivamente del metabolismo oxidativo.

Sin embargo, la realidad es a menudo más compleja: por ejemplo en una carrera ciclística de ruta, que globalmente representa un esfuerzo de tipo aerobio pueden aparecer momentos importantes tales como el arranque para salir de un pelotón, o al contrario, pegarse a la rueda de un adversario cuando intente escaparse, o arrancar para una meta volante, que sobre el plano energético requieren en gran parte el sistema creatinin-fosfato.

De la misma manera, una pista demasiado elevada durante una carrera en montaña, que sobrepase sus posibilidades aerobias, lo conduce a utilizar como complemento energético sus fuentes anaerobias lácticas, con la consecuencia importante de desarrollar acidosis y la aparición de desfallecimiento. En fin, cuando estos esfuerzos intensos sostenidos durante por lo menos cinco a seis horas, y sobre todo si se han cometido errores en la dieta, pueden agotarse las reservas de glucógeno, lo cual lleva a hipoglicemia y en este caso también aparece desfallecimiento. Además conviene recordar que la degradación del glucógeno por la vía de la glucólisis anaerobia provee cerca de 12 veces menos ATP que cuando este sustrato es totalmente metabolizado por la vía de reacciones oxidativas. Si el corredor ha utilizado demasiado la fuente de energía anaerobia láctica, sus reservas en glucógeno se agotarán más rápidamente.

Permaneciendo en el caso del ciclismo, si los corredores de pista, velocistas y persecutores requieren sobre todo su metabolismo energético anaerobio, mientras que en los rutereros el metabolismo aerobio representa la principal fuente de renovación del ATP.

El consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) es representativo de la potencia de cada mecanismo (potencia máxima aeróbica = PMA), pero la capacidad de

durar con energía aeróbica representa otra cualidad y debe también medirse en los deportistas. Puede definirse como el porcentaje máximo de la VO_2 máx (F máx. VO_2 máx) que un sujeto puede movilizar durante un tiempo (o una distancia) dados. Esta noción encuentra su expresión más pura en las carreras contra el reloj en las cuales el ciclista solitario entrega su esfuerzo lo más intenso posible, durante un tiempo que puede alcanzar hasta dos horas.

En resumen, fuera de los casos en donde el deportista realiza en estado estable un esfuerzo de larga duración, la energía total gastada por él representa, en cada instante, y según proporciones que varían en función de las condiciones de la competencia la sumatoria de los gastos de ATP propios de cada uno de los metabolismos considerados.

El costo energético (C). Representa la cantidad de energía necesaria para vencer las resistencias que se oponen a la realización de un trabajo físico determinado. Estas son de diverso tipo y además de las resistencias de inercia y de gravedad propias de la actividad deportiva considerada pueden distinguirse: 1) Los factores endógenos y muy especialmente todas las fuerzas de fricción y de viscosidad que frenan el funcionamiento muscular y la libertad de movimientos articulares (funcionamiento cardíaco, ventilatorio, mantenimiento de la postura y del equilibrio, etc.), las características antropométricas del sujeto y en particular su peso. 2) Los factores exógenos, entre los cuales se encuentran, en primer lugar, las fuerzas de resistencia aerodinámicas que aumentan con el cuadrado de la velocidad y también la naturaleza del terreno sobre el cual se efectúa la prueba, su inclinación, y también las características mecánicas del material utilizado (calzado, bicicleta). Así, el costo energético de una actividad física depende por una parte de las características propias tanto del tipo de deporte, como al individuo, y por otra parte, de las condiciones medioambientales.

En el laboratorio es posible para ciertas disciplinas deportivas, estandarizar las condiciones ambientales con el fin de expresar las características propias del tipo de deporte. Este es por ejemplo el caso de la carrera a pie estudiada sobre banda rodante. Los resultados generalmente informados muestran que el costo energético expresado en términos de $ml-O_2 \cdot Kg^{-1} \cdot Km^{-1}$ es independiente de la velocidad siempre y cuando que se esté colocando dentro de una escala de potencia que varíe entre 50 y 90% de la VO_2 máx. En aquellas circunstancias en donde se anulen las resistencias aerodinámicas y las condiciones del terreno se hayan normalizado, sin embargo las variaciones interindividuales de "C" siguen siendo importantes

(de 165 a 220 ml-O₂.Kg⁻¹.Km⁻¹).

El ejemplo del maratón permite concretar el significado de la velocidad máxima teórica (v máx). Si en un sujeto la V_{O₂} máx es igual a 65 ml-O₂.Kg⁻¹.min⁻¹ la fracción máxima de V_{O₂} (endurance) \bar{F} máx = 0,8 y el costo C = 185 ml-O₂.Kg⁻¹.Km⁻¹, tendremos que:

$$v \text{ máx} = \frac{0.8 \times 65}{185} \times 60' = 16.9 \text{ Km.h}^{-1}$$

Esta ecuación tiene valor predictivo, porque permite explicar hasta en un 70% el desempeño logrado efectivamente por los atletas.

En efecto, las resistencias aerodinámicas permanecen despreciables al considerar los efectos prolongados en la carrera a pie ya que ellas no representan más del 10% de la energía total gastada. En la marcha esta proporción es todavía más débil (el 3% a lo sumo).

El caso del ciclismo es diferente y más complejo. Aquí las fuerzas antigravitatorias son nulas. En efecto, sentado en su sillín, el ciclista no tiene necesidad de elevar su centro de gravedad a cada golpe de pedal, como es el caso de la carrera a pie, a cada paso, durante la fase de "despegue". Igualmente, salvo en el caso de aceleraciones violentas, las resistencias de inercia son despreciables, en tanto que en la carrera a pie, ellas ejercen una influencia considerable, en cada paso, durante las fases de desaceleración-recepción y de aceleración propulsión.

Por el contrario, las resistencias ligadas al material deben tenerse en cuenta: aquellas debidas al frote mecánico de las diferentes partes de la máquina; aquellas debidas al rodamiento que depende de las características de los neumáticos y de la presión a la que estén inflados, y que interactúan con el peso del corredor y de la bicicleta; lo mismo que con el material de que está revestida la pista. El declive del terreno juega también un papel considerable ya que cuando se asciende una cuesta, el ciclista deberá suministrar un trabajo complementario para sobrepasar la fuerza de gravitación ligada a su desplazamiento vertical; el fenómeno se invierte cuando se está en descenso.

En fin, las fuerzas de resistencia aerodinámica toman una parte primordial en este deporte en donde la velocidad de desplazamiento puede alcanzar valores relativamente elevados (40-50 Km/h⁻¹). Ellas dependen: de la velocidad del ciclista a la cual debe añadirse o quitarse la del viento, según que venga de frente o de atrás; de la densidad del aire; de la superficie proyectada del corredor sobre el plano perpendicular a la dirección del movimiento.

En resumen, el costo energético, es decir la energía gastada por unidad de distancia durante un desplazamiento en bicicleta es función de las fuerzas de resistencia no aerodinámicas, entre las cuales el peso del individuo interviene en gran parte, y de las fuerzas de resistencia aerodinámicas que evolucionan en relación directa con el cuadro de la velocidad.

El costo energético total (Ct) expresado en Julios por metro de desplazamiento, puede ser también calculable sobre terreno plano y uniforme en ausencia de viento a una presión barométrica de 760 Torr y a una temperatura de 20°C:

$$Ct = Cna + Ca = [(0,17.Kg^{-1}) + (0,42.m^{-2}.V^2)] m^{-1}$$

En donde los dos términos Cna + Ca representan las fuerzas de resistencia no aerodinámicas y aerodinámicas respectivamente.

Para un hombre que mide 1,75 m y pesa 70 Kg produciendo una velocidad de 40 Km/h, Ct de acuerdo con este cálculo sería: 107 J.m⁻¹. En estas condiciones las resistencias aerodinámicas son la causa de cerca del 90% de la energía total gastada.

En un ascenso, como se reduce la velocidad, la energía destinada a luchar contra la fuerza de gravitación (Cg: J.m⁻¹) toma cada vez más importancia y debe ajustarse a la ecuación precedente, de tal manera que:

$$Cg = 39,2 \text{ Kg}^{-1} S/100$$

en donde S es la pendiente.

Evidentemente, en el caso de un descenso, el término se invierte y, en este caso, la velocidad se estabilizará cuando la fuerza de gravitación esté en equilibrio con las fuerzas de resistencia aerodinámica y de frote. Se vuelve posible, entonces, rodar sin gastar energía: lo que se llama rueda libre.

A pesar de que esos dos parámetros están ligados entre ellos, no se debe confundir la noción de costo energético con la de rendimiento, que es la relación entre la potencia mecánica desarrollada sobre la energía total gastada por unidad de tiempo.

Así, el rendimiento del ejercicio en bicicleta medido sobre bicicleta ergométrica es relativamente constante e igual a cerca del 25%.

Esto significa, por ejemplo, que un esfuerzo que dure una hora y que desarrolle una potencia mecánica de 200 W causará un gasto de energía total de:

200 W x 3.600 seg x Kcal = 2.880 KJ o sea 689 Kcal.

Es de notar que en la carrera a pie el rendimiento de los músculos activos es más elevado, pudiendo alcanzar cerca del 40% ya que ellos pueden recuperar durante la fase de propulsión la energía que habían almacenado en sus estructuras elásticas durante la fase de recuperación, beneficiándose así de un verdadero fenómeno de "rebote".

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO

El entrenamiento debe tener como objetivo aumentar el valor de la relación E máx/c jugando sobre los dos términos.

Efectos del entrenamiento sobre el gasto de energía (E). Entrenamiento de resistencia (endurance). En el corredor ciclista de ruta es necesario acrecentar su capacidad aeróbica aumentando, de una parte, su consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), y de otra parte, el porcentaje de ésta VO_2 máx que es capaz de movilizar durante un período largo de tiempo ($F_{máx} \cdot VO_2$ máx), lo que equivale a retrasar la fatiga.

Efectos sobre la VO_2 máx. Los efectos del entrenamiento de resistencia (endurance) sobre la VO_2 máx se conocen muy bien. La VO_2 máx puede crecer gracias a una adaptación central cardíaca y a una adaptación periférica especialmente a nivel de los tejidos:

$$VO_2 \text{ máx} = Q \text{ máx} \times D(a-v) O_2 \text{ máx}$$

en donde Q = Débito cardíaco, y D (a-v) O_2 = la diferencia de contenido en oxígeno entre la sangre arterial y la sangre venosa mezclada.

El entrenamiento alcanza una elevación del gasto cardíaco máximo ligado al volumen de eyección sistólica máximo y también a un aumento de la captación de oxígeno por la fibra muscular. Las adaptaciones fisiológicas que originan estos cambios son numerosas. A nivel del corazón tendremos en cuenta principalmente el aumento de volumen del órgano, que se acompaña del incremento en la capilarización del miocardio y de modificaciones de la miosina, así como de intercambios de calcio a nivel celular. Estos factores tienen por consecuencia una prolongación de la fase de contracción cardíaca y una mayor relajación muscular entre dos contracciones, lo que favorece el llenado cardíaco y la irrigación coronaria. Además, se acentúa la influencia del sistema nervioso parasimpático, que tiene como consecuencia una reducción sensible de la frecuencia cardíaca (Fc) de reposo y una recuperación más rápida del ritmo car-

díaco de base cuando el esfuerzo se detiene. Por el contrario, la Fc máx no se aumenta, pudiendo al contrario estar disminuida.

A nivel de los músculos estriados esqueléticos, que están comprometidos en el entrenamiento, cualquiera sea el tipo de fibras se observa crecimiento de la densidad capilar, elevación del volumen mitocondrial y cambio de la estructura de la miosina, cuyos isómeros se orientan hacia la forma lenta. Estos factores tienen por consecuencia una mejor irrigación de la fibra muscular y un mejoramiento de las capacidades oxidativas que pueden así utilizar mejor el oxígeno que pasa a su alcance cuando crece el gasto.

En resumen, el entrenamiento de resistencia aerobia puede en el caso sedentario, incrementar su VO_2 máx en cerca del 20%. En el atleta de alto nivel, las variaciones de VO_2 máx entre el período de competición y de actividad menor son más evidentes (cerca del 10%). No se debe olvidar que el valor de VO_2 máx. depende en gran proporción del patrimonio genético de cada individuo.

La resistencia (endurance) aeróbica (F máx. VO_2 máx). El aumento de la F máx, es decir de las calidades de resistencia aerobia es la respuesta a cambios que tienen por efecto reducir la influencia de los factores de fatiga. De esa manera, el crecimiento del potencial oxidativo global del organismo limita el tener que recurrir a la glucólisis. Esto tiene como consecuencia retardar el agotamiento de las reservas de glucógeno. Asimismo, se disminuye el riesgo de aparición de una acidosis. Además se favorece la utilización muy precoz de lípidos como sustrato energético, lo cual tiene también como resultado, economizar el glucógeno. Este tipo de entrenamiento permite también una mejor tolerancia al calor, retrasa los peligros de la deshidratación gracias a un aumento del volumen plasmático, mejora el funcionamiento hepático y renal al preservar la perfusión sanguínea de estos órganos cuando se alcanza un nivel de esfuerzo. Simultáneamente, se manifiestan adaptaciones hormonales. Crece la sensibilidad a la insulina de las células musculares, aumenta la secreción de endorfinas interfiriendo con el control nervioso de numerosas otras hormonas, como la hormona del crecimiento (GH) y también de la hormona luteinizante (LH). Conviene anotar que todos estos efectos del entrenamiento de resistencia son efímeros y no resisten la interrupción del entrenamiento: después de una inactividad física de algunas semanas, estos efectos se reducen considerablemente.

Recordemos además, que una alimentación equilibrada y suficientemente rica en azúcares lentos y en

proteínas, lo mismo que una hidratación bien conducida aumenta otro tanto las posibilidades de sostener un esfuerzo prolongado.

Efectos del entrenamiento fuerza-velocidad sobre el gasto de energía. La forma de aumentar la potencia energética (E) en el corredor de pista se conoce menos. Aquí se trata de esfuerzos violentos de corta duración que extraen su energía de fuentes esencialmente anaerobias, sobre todo de tipo aláctico, más aún en el velocista. Las sesiones de entrenamiento tienen en este caso como blanco aumentar la fuerza de la velocidad de la contracción muscular. Ellas consisten en series de ejercicio breve e intenso repetidas a intervalos próximos entre sí. El efecto más evidente es el desarrollo de una hipertrofia muscular debida sobre todo a un aumento del diámetro de las fibras musculares rápidas (de tipo IIb) asociada a un incremento del número de miofibrillas y de la síntesis de proteínas contráctiles de forma rápida. Paralelamente se nota una disminución del número de capilares lo mismo que de la densidad mitocondrial y de las actividades enzimáticas oxidativas, mientras que aquellas de la glucólisis anaerobia aumentan. El consumo del glucógeno se acelera. Este último fenómeno es particularmente ventajoso en el persecutor, quien por su cobertura energética utiliza mucho el metabolismo anaerobio glucolítico, ya que el entrenamiento aumentaría también el poder tampón celular y por lo mismo, la tolerancia a la acidosis.

Efectos del entrenamiento sobre el costo energético (C). La disminución del costo energético ofrece más dificultades. En el corredor a pie, el mejoramiento de la técnica de carrera para una mejor coordinación de gestos y una mejor gestión de apoyo del suelo en el momento de las fases de recepción y aceleración se acompañarán de una menor elevación del centro de gravedad, durante la fase de despegue lo cual puede, en una cierta medida, mejorar el desempeño. Por la misma razón, los materiales de los que están revestidas las pistas modernas de carreras y las formas como se construyen los calzados, mejoran mucho las cosas.

Por el contrario, el costo energético del corredor ciclista depende poco de su propio comportamiento técnico, si se exceptúa la posición del corredor sobre la máquina, que debe adaptarse a su morfología y a las circunstancias aerodinámicas. Además el peso representa una desventaja considerable que se trata de combatir a cualquier precio. Por lo demás, el costo energético va a depender más bien de las características mecánicas de la bicicleta en las cuales las resistencias debidas al frotamiento y a la superficie de rodamiento deben ser

reducidas al máximo por los constructores. También el conjunto hombre-máquina debe ofrecer el mínimo posible de resistencia al viento. La naturaleza del suelo, el declive del terreno y las condiciones climáticas son totalmente independientes de la voluntad del atleta, en cambio tienen que ver con la voluntad de los organizadores de las competencias.

PERSPECTIVAS

En resumen, la característica principal del ciclismo es de ser un deporte de alto gasto energético.

Diferentes métodos tienen que permitir la evaluación de las pérdidas calóricas cotidianas del ciclista durante la carrera por etapas: encuestas dietéticas, cálculos hechos a partir de planes de actividad, también estudios por agua doblemente marcada dan resultados similares y muestran que los corredores pierden cerca de 300 KJ.Kg^{-1} por día. El aspecto nutricional reviste una gran importancia en la conducción del entrenamiento de estos deportistas, tanto sobre el plano cuantitativo como cualitativo.

Lo mismo importa para el aporte hídrico, ya que estos sujetos pueden perder durante las competencias hasta dos litros de sudor por hora.

En el curso del año, el período de interrupción del entrenamiento es breve y no dura más allá de un trimestre. El resto del tiempo, los ciclistas permanecen muchas horas sobre su sillín, alternando en la semana sesiones de esfuerzos cortos e intenso teniendo por objetivo el acrecentamiento de su "potencia aerobia" y de salidas prolongadas realizadas a ritmos relativamente moderados destinados a mejorar su rendimiento (endurance).

En la actualidad las investigaciones que conciernen a las modificaciones fisiológicas ligadas al entrenamiento se orientan hacia los aspectos celulares y moleculares de esta adaptación y tienden a fijar límites tanto generales como individuales. Una mejor comprensión de los fenómenos que regulan la expresión genética de la síntesis proteica representa un objetivo prioritario. En efecto, de esta regulación dependen los cambios observados en el curso de diferentes formas de entrenamiento y entre ellos los concernientes a: las actividades enzimáticas que controlan el funcionamiento de diferentes metabolismos energéticos, las modificaciones estructurales de proteínas contráctiles y las secreciones hormonales.

El mejor conocimiento de estos diferentes aspectos nos permitirá quizás distinguir lo innato de lo adquirido, problema esencial, largamente debatido y que preocupa tanto a los fisiólogos como a los entrenadores.

LECTURAS RECOMENDADAS

- Blomqvist CG, Saltin B. Cardio-vascular adaptation to physical training. *Ann Rev Physiol* 1983; 45: 169-189.
- Booth FW, Thomason DB. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspective of various models. *Physiol Rev* 1991; 71: 541-575.
- Brooks GA. Current concepts in lactate exchange. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23: 895-906.
- Clausen JP. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. *Physiol Rev* 1974; 54: 75-159.
- Deschenes MR, Kraemer WJ, Maresh CM, Crivello JF. Exercise induced hormonal changes and their effects upon skeletal muscle tissue. *Sports Medicine* 1991; 12: 80-93.
- Di Prampero PE. Energetics of muscular exercise. *Rev Physiol Biochem Pharmacol* 1981; 89: 143-222.
- Di Prampero PE. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med* 1986; 7: 55-72.
- Pette D, Staron RS. Cellular and molecular diversities of mammalian skeletal muscle fibers. *Rev Physiol Biochem Pharmacol* 1990; 116: 2-47.
- Rieu M. Bioenergetique de l'exercice musculaire et de l'entraînement physique PUF Ed. 1986, pp. 1-462 ouvrage en collaboration avec P. Cerretelli, C.Y. Guezennec, K. Hainaut, H. Howald, P. Pesquies, P. Poortmans, P. Di Prampero, D. Wassermann.
- Rieu M. La biologie du sportif. *La Recherche* 1992; 23: 878-887.
- Rowell LB. Human cardio-vascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol Rev* 1974; 54: 75:159.
- Swynghedauw B. Developmental and functional adaptation of contractile proteins in cardiac and skeletal muscles. *Physiol Rev* 1986; 66: 710-750.