PubliCE, (PubliCE) 2001

Monograph

Estrés Cardíaco-Estrés Muscular o el Espejo que no Existe (Una confusión histórica)

Prof. Jorge Luis Roig

RESUMEN

Palabras Clave: frecuenica cardiaca, fatiga, lactato, consumo de oxígeno

ESTRÉS CARDÍACO-ESTRÉS MUSCULAR O EL ESPEJO QUE NO EXISTE

Consideración preliminar

La respuesta cardíaca al esfuerzo, en función del trabajo muscular, debe ser analizada pura y exclusivamente en el marco de los esfuerzos aeróbicos y con participación de más de 1/6 a 1/7 de la musculatura total del cuerpo (algo así como un trabajo cíclico a dos piernas). Un compromiso muscular de esta magnitud es el que asegura que el sistema cardiocirculatorio (SCC) aporte su cuota de oxígeno para las reacciones mioenergéticas. Es la única situación metabólica donde se justifica controlar la actividad cardíaca toda vez que aquí su participación está asociada a satisfacer los reclamos energéticos, algo que el corazón consigue aportando oxígeno por minuto a los músculos activos. Cuando la cantidad de músculos involucrados es inferior a dicha fracción, la energía local aeróbica es suficiente como para asegurar que la actividad se concrete.

Primeras discusiones

Una de las cuestiones que más distante se halla de la realidad fisiológica es la pretensión de encontrar una asociación íntima entre la respuesta cardíaca al esfuerzo y la realidad del acontecer muscular durante un trabajo. Lamentablemente la cardiología, sin proponérselo, ha influido mucho en este error funcional y conceptual contaminando desde hace un siglo la información en las ciencias del ejercicio con la generalización de ciertas investigaciones que mucho tienen que ver con el corazón (y no siempre de un sujeto sano) y poco o nada con la respuesta de la musculatura esquelética durante una actividad física. Tan así fueron los mensajes, que ciertas valoraciones fisiológicas como la de VO_2max o la frecuencia cardíaca máxima teórica (220-edad) se institucionalizaron desde el consultorio del cardiólogo, algo que se transpoló al terreno de las evaluaciones funcionales en el convencimiento de que finalmente expresaría el dato ansiado de rendimiento. Lo que "dijera el corazón" en una prueba de esfuerzo era información suficiente para juzgar el nivel aptitudinal del evaluado. Hemos asistido con frecuencia a evaluaciones de futbolistas profesionales, incluso de selección nacional, quienes fueron ¡testados en cicloergómetro! en su VO_2max. y calificados en su condición. Un grosero error científico a la luz del conocimiento actual, pero cuyas conclusiones salieron del laboratorio hacia la comunidad profesional del área de las ciencias del ejercicio y de allí al entrenando.

Numerosas fórmulas han planteado históricamente niveles de exigencia que, desde la lectura de la frecuencia cardíaca (FC), nos han querido obligar a pensar que la taquicardia de ejercicio es el espejo del acontecer muscular y por ello ciertos porcentajes de exigencia de esos batimentos cardíacos se compadecerían con correspondientes niveles de estrés del músculo. No está en duda que todo esfuerzo físico genera aceleración cardíaca, solo que asociar un nivel fijo de estrés muscular a esa taquicardia es iniciarse en la lectura de lo incorrecto. El principio que debe regir nuestra asociación corazón-músculo activo, es que nunca el entrenamiento cardíaco generará su correlación muscular, algo que sí pasará a la inversa. El corazón puede taquicardizar a igual FC en las más disímiles situaciones de estrés muscular, sin embargo cada una de estas actividades bien podría generar un tipo diferente de adaptación en el miocito. Así, correr a una determinada FC en una cinta deslizante a 0% de inclinación no producirá la misma adaptación de la musculatura esquelética que correr a igual FC pero a 8% de inclinación. En la vereda opuesta, todo trabajo muscular que se encuadre dentro de una metodología adecuada de entrenamiento generará adaptaciones cardíacas, las que podrían conseguirse incluso a diferentes FFCC en distintos sujetos. Esto es así porque no cuenta el valor absoluto de frecuencia sino el porcentaje que ella represente de la máxima de esfuerzo (FCmaxE) cuando de adaptaciones cardíacas hablamos. Y esto ocurrirá no solo con trabajos de tipo aeróbico sino también anaeróbicos. Léase por caso las que consigue un "corazón parietal" en los especialistas en disciplinas explosivas (dominadas por metabolismos fosfagenolíticos, sobre todo), donde se modifica el espesor de la pared ventricular sin un acompañamiento en el incremento del tamaño de sus cavidades (corazón cavitario) y de la red capilar (densidad capilar disminuida). Bien podría interpretarse lo anterior como el tipo de adaptación desproporcional disminuida (Sportmedizin-Arbeits-und trainingsgundlagen, Hollmann, 1983, la ciencia del entrenamiento deportivo, J. de Hegedüs, 1985), en la cual el tamaño de la fibra se incrementa pero el número de capilares por fibra se mantiene inalterado. En esta situación se podría generar un déficit más o menos acentuado de los mecanismos de aporte de oxígeno y nutrientes así como una merma en la tasa de eliminación de sustratos indeseados del interior del miocito.

No pocos profesionales se han ganado una página en el compendio de los errores proponiendo desde hace decenas de años ciertas fórmulas (más de 70) que han pretendido circunscribir la magnitud del esfuerzo a niveles de exigencia a partir de lo que supuestamente el "corazón comunica" que está pasando en las profundidades mismas de la intimidad muscular. Obviamente que no hemos estado ajenos a la proliferación del error desde nuestro diario hacer, toda vez que los libros en general brindaban (y aun lo siguen haciendo) esa "panacea" para elaborar planes de trabajo en todos los niveles del espectro de rendimiento físico deportivo. Así, era común encontrar en los textos programas de tal o cual fondista que corría hasta alcanzar los 180 latidos/minuto y recuperaba hasta los 120 lat/min para volver a salir (a lo Emil Zatopek, por caso). Luego otras escuelas de entrenamiento como la de Friburgo plantearon la necesidad de trabajar en niveles máximos parecidos (190 lat/min) pero que la pausa no se prolongara más allá de los 150 lat/min. En fin, toda una "inapreciable ayuda" para los entrenadores pero una postergación más o menos importante para la mayoría de los que pretendían evolucionar en el rendimiento si se guiaban por esas sugerencias. Más adelante expresaremos el porqué de esta afirmación y aportaremos una ayuda para planificar mejor.

La FC en el contexto del esfuerzo muscular

El corazón, desde el análisis bioenergético oxidativo, forma una parte (y no más) del complejo sistema de aporte de energía. Recordemos que, por definición, es una bomba que tiene por función expulsar sangre dentro de un circuito vascular cerrado y recogerla del mismo luego de haber irrigado los diferentes territorios de nuestro organismo. En el ámbito de la musculatura esquelética, desde entregar oxígeno y nutrientes hasta retirar elementos de desecho o que bien pueden ser de utilidad en otros sitios, sin dudas que lo que más se le reconoce en el campo del ejercicio es su aporte de oxígeno. Analizando un poco más finamente esta tarea, es menester resaltar que, aun estando la totalidad del gas circulante a disposición muscular, puede ser el adecuado a los reclamos pero no haber aptitud local para extraer la cantidad de oxígeno que el esfuerzo reclama. Es decir, se pueden efectuar cálculos matemáticos precisos a partir de ecuaciones que nos demuestran que para un esfuerzo se requiere determinada cantidad de sangre por minuto (en función a la energía que ello puede aportar en la unidad de tiempo). Eso implica simplemente calcular la potencial eyección sistólica del sujeto que está haciendo el esfuerzo y multiplicarlo por "x" cantidad de latidos. Hasta aquí todo asoma como muy fácil. Si eyecta 100ml y se requieren para un esfuerzo 18 litros de sangre por minuto, pues para esta situación con batir hasta las 180 pulsaciones por minuto el problema está resuelto (100ml x 180 de FC= 18000ml, o sea 18L). Lamentablemente la cosa no es tan sencilla. El concepto de diferencia arterio-venosa de oxígeno (dif.A-VO_2) aparece aquí como otra parte fundamental en la comprensión de la problemática que tratamos. La dif.A-VO_2 analizada en este contexto de esfuerzo, hace referencia a un fenómeno mucho más local que central y por ello de enorme protagonismo muscular. La mayoría de nuestras asociaciones a nivel del concepto "dif. A-VO_2" han sido guiadas solo al sistema cardiocirculatorio, olvidando que no es una componente unipolar sino una trilogía simbiótica perfecta, constituida por una red arterial capilar, una masa muscular activa y una red venosa capilar. Que el oxígeno que llega quede en más o en menos tiene que ver con un proceso dependiente decididamente de una aptitud de las fibras musculares comprometidas. Por ello terminan siendo responsables directas de la cantidad de trabajo (umbral de duración) y la intensidad a la cual puede ser efectuado (umbral de intensidad). A los fines de aclarar algo de ello, digamos que una cantidad "x" de dicho gas va a los tejidos que trabajan (músculos, por caso) por las arterias y una cantidad menor del mismo seguirá su curso hacia las venas. La diferencia entre lo que llega (y queda) y lo que sale se denomina diferencia arterio-venosa de oxígeno. De esta manera, el gas requerido que

alcanza a los músculos puede ser el solicitado al SCC, pero de ahí debe incorporarse al interior de la fibra para participar en el proceso de obtención de energía. Una pobre vascularización local (la que es modificada también por entrenamiento muscular y no cardíaco) y/o una densidad mitocondrial escasa (relación entre la superficie de la fibra muscular y el número de mitocondrias), unido a una insuficiente cantidad de enzimas para las reacciones, pueden constituirse en límites locales muy importantes que provoquen "per se" una pobre dif.A-VO_2 y con ello que mucho oxígeno llegue y poco quede.

La FC es una valorable herramienta de control, la que podemos observar y hasta memorizar como dato a partir de relojes que nos brindan esa posibilidad por ejemplo, pero no alcanza para "leer" el fenómeno muscular (y mucho menos metabólico) en su integralidad. El creer que porque el SCC está apto para mandar bastante más sangre por minuto es suficiente para satisfacer los requerimientos, puede hacernos olvidar del componente muscular del sistema aeróbico. Elevar la FC y el volumen de eyección sistólica forma parte de una respuesta y no la repuesta toda. Si la sangre que llega en cantidades crecientes al músculo no logra dejar en él el oxígeno reclamado para controlar las reacciones oxidativas (pobre diferencia A-VO_2, por ejemplo), el trabajo se verá limitado y el esfuerzo concluirá en breve por incluirnos prontamente en otro sistema metabólico.

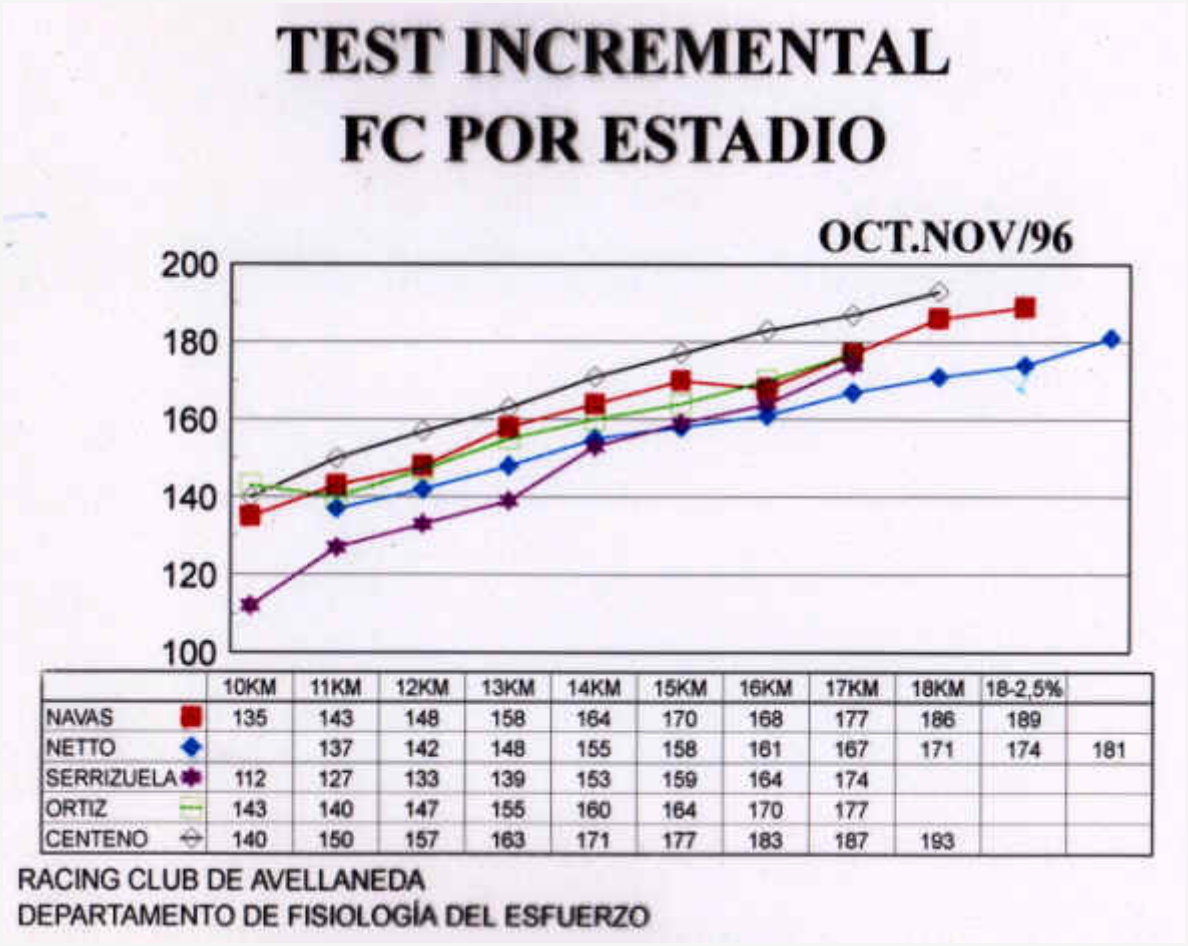
Valorar pues la aptitud del SCC es útil, y observar su comportamiento en ciertas situaciones podrá ayudarnos a orientar mejor el trabajo. Pero no nos olvidemos que hay un fenómeno muscular "invisible", al menos hasta cierto momento (la hiperventilación puede ser el componente visible de la respuesta muscular al esfuerzo, como ya veremos). Sin dudas que el gran desafío que se nos presenta es lograr que la FC, en algún momento del proceso de entrenamiento, pueda "contarnos" lo que está pasando en el interior del miocito.

Las diferencias entre los diferentes

Como si pocas contraindicaciones tuviera el guiarnos ciegamente con el dato de los batimentos cardíacos, muchas veces encontramos a sujetos con la FC muy elevada (no correlacionada com el esfuerzo) y una percepción subjetiva de cansancio mínima, en tanto que en otras oportunidades la FC puede estar bastante más baja y sin embargo la fatiga muscular percibirse elevada (como cuando hay vaciamiento glucogénico muscular, por ejemplo). Y no menos significativo es el fenómeno de la taquicardia como respuesta a un esfuerzo determinado, cuando comparamos igual nivel de exigencia (expresado como velocidad de desplazamiento, por ejemplo) y respuestas cardíacas por demás dispares entre diferentes sujetos que están siendo sometidos a un mismo esfuerzo.

Antes de continuar en esta línea de análisis, es válido recuperar aquí un aspecto no siempre justipreciado en el estudio de los fenómenos fisiológicos de rendimiento, el de tasa metabólica. Sin dudas que esta nos ayudará también a comprender un poco más el concepto de "disociación de imagen especular" que le pretendemos adjudicar al fenómeno corazón-músculo activo. Siempre la energía que reclama un esfuerzo es solicitada en la unidad de tiempo, la que a su vez se dimensiona como expresión de la intensidad del ejercicio. Esta tasa, en el campo de los esfuerzos aeróbicos, no necesariamente debe analizarse por la velocidad de locomoción o por la FC, independientemente que pueda tener una correspondencia lineal en diversas oportunidades. La intensidad de desplazamiento puede ser baja y sin embargo la tasa metabólica sumamente elevada (correr hacia arriba en una empinada cuesta durante algunos minutos es un claro ejemplo). Otras veces la intensidad de desplazamiento puede ser más elevada (correr la misma cuesta pero en sentido inverso) y la FC mostrarse en valores más bajos que en el ascenso pero la tasa metabólica ser alta. En estos considerandos también se aprecia el fenómeno de disparidad entre la FC y la actividad muscular. Dijimos anteriormente que muchas veces la actividad cardíaca expresa un nivel de estrés frente a un tipo de actividad en tanto en otras circunstancias la misma FC representa un esfuerzo que en nada se compadece con el nivel de carga. Esto es aun mucho más notorio cuando se analizan las respuestas al mismo tipo de actividad en diferentes personas, según ya advertimos. Como ejemplo observemos la gráfica 1. Allí 5 jugadores de fútbol pertenecientes a un plantel profesional fueron evaluados por nosotros en un test de protocolo continuo e incremental hasta que alcanzaran el estado de agotamiento subjetivo. Se grabó la actividad cardíaca de cada uno de ellos mientras efectuaba la prueba. Del análisis de la gráfica de referencia se observa rápidamente cómo las FFCC variaban de un jugador a otro a las mismas velocidades de traslación, prueba evidente de la diferencia que para cada uno representaba la magnitud de esfuerzo a cualquier nivel que se lo analizara. Es obvio resaltar que ellos formaban parte de la misma planificación de entrenamiento físico, por lo que destaca aun mucho más cómo la misma carga de trabajo representa una respuesta bastante diferente según los casos y las personas y que puede no tener nada que ver con el entrenamiento al cual ha sido sometido. En ese ejemplo, que dos sujetos corran a la misma velocidad no expresa necesariamente la misma magnitud de esfuerzo. Ni tampoco lo comunica igual FC a diferentes velocidades. Las razones son múltiples, pero sin dudas que la cantidad de masa muscular involucrada, el uso predominante de determinado sustrato, el nivel de recuperación de la carga precedente, la descarga adrenérgica generada por el estímulo, el tipo y cantidad de fibra comprometida, entre otras variables, son causales primarias de las diferencias entre los sujetos. Grueso error sería el concederle aquí, a un valor fijo de FC o de velocidad, un fenómeno muscular determinado. Analicemos ahora algún caso en particular. Véase que el jugador Ortiz ha llegado al límite del esfuerzo a los 17km/h, momento en el cual se detuvo y su FC en ese instante se encontraba en 177 latidos/ minuto. El mismo valor le descubrimos en el jugador Navas y coincidentemente a la misma velocidad, solo que el estrés muscular no se parecía en nada por cuanto este último pudo aun

concretar dos niveles más de exigencia antes de agotarse al límite.



	10KM	11KM	12KM	13KM	14KM	15KM	16KM	17KM	18KM	18-2,5%	
NAVAS	135	143	148	158	164	170	168	177	186	189	
NETTO		137	142	148	155	158	161	167	171	174	181
SERRIZUELA	112	127	133	139	153	159	164	174			
ORTIZ	143	140	147	155	160	164	170	177			
CENTENO	140	150	157	163	171	177	183	187	193		

Gráfico 1

Es incuestionable que los 177 latidos/minuto de Ortiz están expresando todo un fenómeno muscular de extremo nivel de exigencia en el sector aeróbico, con las funciones metabólico-musculares al límite, y donde su VO_2 sin dudas es seguramente máximo, algo que para el jugador Navas representa a dicha velocidad todavía un porcentaje elevado pero no límite de sus posibilidades. Y un dato más a considerar. Podemos afirmar que mientras que Ortiz estaba en las vecindades de su 100% de su frecuencia cardíaca máxima de esfuerzo (¡y al 88% de su máxima teórica!) y seguro de su tasa metabólico-energética oxidatavia, Navas se encontraba al 93% de la FC final alcanzada en el último escalón del test.

Una valorable información: la Frecuencia Cardíaca máxima de Esfuerzo

Se torna aquí sumamente importante la consideración de la frecuencia cardíaca máxima de esfuerzo (FCmaxE). No es desconocido para la mayoría el grave error de establecer como criterio de intensidad de esfuerzo el uso la ecuación de 220-Edad y a ello aplicarle un nivel de intensidad a partir de porcentajes de la máxima. Veamos por caso la graf.2, donde se compara la Frecuencia Cardíaca Máxima Teórica (FCmaxT) con la FCmaxE en un plantel de voley femenino de Selección Nacional Argentina Sub 16 (mundial 2001). Sometimos al mencionado plantel a un test determinado con el objetivo de que las jugadoras lograran el número máximo de batimentos posibles.

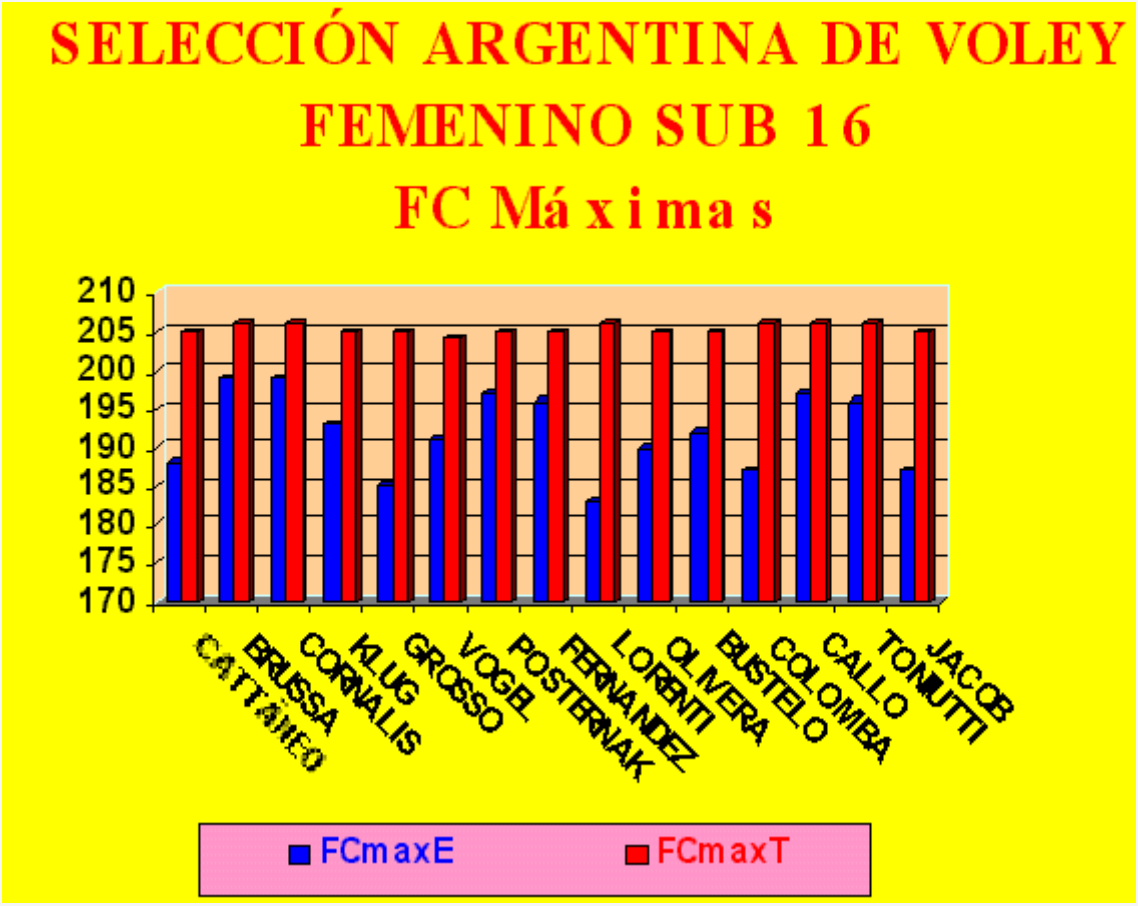


Gráfico 2

Se aprecia con sobrada evidencia en porcentajes muy elevados de sujetos lo que se observa en este plantel de jugadoras, donde raramente coincide la predicción con la realidad. Ya Costill advierte que de la totalidad de sujetos de 40 años, la FCmaxE en el 68% de los evaluados fluctúa entre los 168 y los 192 latidos, y el 95% varía entre los 156 y los 204 batimentos. Venimos trabajando desde hace más de 10 años con la valoración de la FCmaxE porque expresa una realidad fisiológica que muy pocas veces se vincula con la cronológica de la FCmaxT. Hemos obtenido resultados por demás alentadores para asociar la información cardíaca al hacer muscular. A continuación nos explayaremos un poco más sobre una posible manera de estrechar vínculos entre las dos variables.

ESTRÉS CARDÍACO-ESTRÉS MUSCULAR O EL ESPEJO POSIBLE

En la intención de buscar una manera de poder identificar algún mecanismo que permita planificar los esfuerzos aeróbicos con una información que no contemple solamente la FC de esfuerzo, varios fisiólogos del ejercicio han generado tareas de investigación tendientes a encontrar el tan ansiado vínculo entre la respuesta muscular y la actividad cardíaca con el propósito de que ella sea el referente a utilizar para la prescripción de actividades.

El doble umbral (DU)

En una serie de trabajos concretados recientemente con colegas (no publicados) hemos evaluado un test de umbral de lactato en sujetos participantes de diferentes deportes amateurs y profesionales (de conjunto e individuales) y en individuos comprometidos en actividades físicas emprendidas de una manera sistemática durante algún tiempo, pero sin nivel competitivo. El protocolo de la prueba mostraba a ésta como incremental y continua, se concretaba en cinta deslizante o pista de atletismo, cada dos minutos se obtenía una muestra de sangre (en un tiempo de "capilarización" de la misma no superior a los 20" en promedio) y se aumentaba en ese momento 1 Km/h la velocidad de desplazamiento. La velocidad inicial se ajustaba a las posibilidades del sujeto en función a su nivel aptitudinal, la que normalmente fluctuó

entre los 8 y 10 Km/h. El esfuerzo debía conducirlo al límite de su rendimiento muscular y cardíaco, lo que era advertido por el mismo atleta y la garantía de la magnitud del cansancio alcanzada la marcaba a su vez la evaluación que se realizaba de la FC en dicho momento (grado de estrés cardiocirculatorio) así como el valor final de A-L en sangre al concluir el test (interpretado como magnitud de estrés muscular tolerable). La evolución de la FC quedaba registrada en la memoria de un cardiofrecuenciómetro telemétrico cada 5" y durante todo el tiempo que duraba la prueba. Del análisis posterior de los datos fuimos advirtiendo que había una reiterada aparición del umbral de lactato (U-L) a un porcentaje de la FC máxima de esfuerzo que fluctuaba entre el 90 y 94% de la misma. A este momento lo denominamos doble umbral (DU), por umbral de lactato y umbral de frecuencia.

La relación de este momento con la percepción subjetiva de esfuerzo por parte del evaluado y la enorme experiencia puesta en práctica en esfuerzos a intensidades submáximas a este punto de intensidad, confirman la aparición de una "situación metabólica crítica", llámese umbral o como se quiera, que bien puede ser reconocida y que advierte sobre la instalación de alguna forma de inhibición motora importante que obliga a finalizar la actividad en poco tiempo más.

Test de 10' máximos

No conformes con la información que estábamos recogiendo, comenzamos a someter a diferentes sujetos al test que finalmente denominamos de Frecuencia Cardíaca Máxima de Esfuerzo (TFCmaxE), que consiste en correr una distancia, la máxima posible, en 10 minutos, con la advertencia al evaluado que en los 60 segundos finales sería avisado de lo que resta en tiempo para que haga el mayor esfuerzo y así agotarse a niveles límites. Se escogió este test en virtud de saberse que en estos tiempos se puede alcanzar perfectamente el VO_2max y que haciéndolo incremental garantizábamos la evolución de la FC en consonancia con el aumento de la exigencia y con ello del VO_2max.. También estaba asegurando que los batimentos fueran máximos y que el estrés muscular se compadeciera con los de esfuerzos límites en el terreno del VO_2max., algo que era fácil de comprobar porque se evaluaba lactato al fin de la prueba. Concluido el test, registramos inmediatamente la FC alcanzada. Es dable comunicar aquí que si el cardiofrecuenciómetro no posibilita memorizar el registro de la FC, se toma como máxima la FC del final del ejercicio, pero si la archiva hay que analizar los datos almacenados en el cardiofrecuenciómetro porque no es poco frecuente que la FC final observada sea menor a la registrada en algún momento del intraesfuerzo. Esto puede entenderse a partir del conocimiento del posible aplanamiento o deflexión de la curva de FC ante esfuerzos máximos en el terreno de lo aeróbico al alcanzarse los niveles de VO_2max..

El TFCmaxE nos permitió comprobar que la prescripción de trabajo a partir de porcentajes inferiores al DU (intensidad subDU) posibilitaba la prosecución del esfuerzo aeróbico por períodos mucho más prolongados que cuando el sujeto lo hacía por encima de dicho porcentaje. Medimos también los niveles de ácido láctico a dicha intensidad subDU y los comparamos con los alcanzados por los sujetos en el test de umbral de lactato. Observamos que ellos se correspondían con los valores propios de intensidades subumbral. Vale mencionar además que confirmamos que las exigencias planteadas a porcientos mayores al 90-94% (intensidad supraDU) mostraban los niveles de ácido láctico propios del sector supraumbral.

La comunicación muscular

En otro sector de este artículo, señalamos que es posible que se torne visible el estrés muscular. Es conocido que la hiperventilación de esfuerzo está vinculada a un acentuado metabolismo glucolítico. Esta afirmación se cimienta en un hecho sustancialmente bioquímico, los ácidos y bases se vinculan en un intento, podríamos decir, de que el esfuerzo no concluya. Abordemos un poco más profundamente este aspecto. Imaginemos que un sujeto está realizando una actividad física de tipo continua y en el terreno de los esfuerzos aeróbicos. Se sabe que existen básicamente dos umbrales de esfuerzo en este tipo de actividades. Un umbral de intensidad y otro de duración. Llámase umbral de intensidad a aquel momento en que la persona que se está ejercitando ingresa en un nivel evolutivo de exigencia a partir del cual ciertos fenómenos de tipo fisiológico-musculares decidirán que el esfuerzo solo pueda continuar por unos pocos minutos más. Es el caso típico de una prueba incremental en la que el sujeto pisa el umbral de lactato (U-L). A partir de allí solo unos pocos minutos más tardará en detenerse por acumulación de ácido láctico, hidrogeniones y caída del pH, entre otras cuestiones. El umbral de duración es una situación final parecida, solo que se dispara dicho momento cuando el individuo corre distancias superiores a las habituales. En esta circunstancia también entrará en una zona metabólica conflictiva que desencadenará un status muscular que le obligará a parar o al menos disminuir sensiblemente la velocidad de traslación.

Una vez aclarado esto, analicemos cómo es que el "músculo avisa" su nivel de estrés y ello puede servirnos para intentar asociar ese momento a la FC circunstancial. Cuando una actividad tiene tal nivel de exigencia que obliga al sujeto a pisar el U-L, los mecanismos bioquímico-musculares que se desencadenan pueden ser sintetizados así:

1. rápida acumulación de A-L, iones hidrógeno y descenso del pH.
2. tamponamiento del A-L por el bicarbonato de sodio.
3. formación de ácido carbónico y lactato de sodio.
4. acción de la anhidrasa carbónica sobre el ácido carbónico disociándolo en dióxido de carbono y agua.

5. el exceso de dióxido de carbono (extramitocondrial) genera hiperventilación por estimulación del centro respiratorio bulbar.

En estos 5 pasos se puede apreciar cómo todo esfuerzo que se ejecute a niveles de exigencia arriba del umbral o que se precien sencillamente de ser glucogenolíticos desencadenarán "reacciones musculares visibles" que se mostrarán como hiperventilación. No es una ayuda menor este dato. Poniéndolo en contexto, bien podemos decir que toda persona que esté hiperventilando ha entrado en una zona decididamente glucolítica, lo que puede ser un acierto en función de haberse procurado ese tipo de exigencia o también un grave error de si lo que se pretendía era ahorrar la carga glucogénica, aumentar la participación lipolítica, o ambas cuestiones.

En síntesis, pues, resulta desacertado atribuir a un nivel de FC un grado de estrés muscular de una manera arbitraria. Es menester en principio aceptar que múltiples fenómenos musculares pueden acontecer a iguales FC en un sujeto o en individuos diferentes, a un mismo nivel de exigencia o absolutamente distinto, y también reconocer que las adaptaciones buscadas se conquistan, en el mejor de los casos, a porcentajes de la FC pero nunca a partir de 220- edad. El cotidiano contacto con nuestro atleta o entrenando puede ayudarnos a aproximar mucho mejor el tan distante vínculo corazón-músculo. en dicho momento En este punto, algunas estrategias más cercanas al campo que al laboratorio parecen ser más seguras para equivocarnos menos.

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine (2000). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. *6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins*
2. American College of Sports Medicine (2001). ACSM's resource manual: guidelines for exercise testing and prescription. *4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins*
3. Bhambhany y cols (1994). Prediction of stroke volume from oxygen pulse measurements in untrained and trained men. *Can. J. appl. Physiol., 19, 49-59*
4. Booth F.W., Thomason D.B (1991). Molecular and cellular adaptation of muscle en response to exercise: perspectives of various models. *Physiol. Rev., 71, 541-585*
5. Bove, A.A. y Lowenthal, D.T (1983). Exercise medicine. Physiologycal principle and clinical applications. *Academics Press, New York*
6. Braunwald E (1993). Tratado de cardiología. *Interamericana, MacGraw-Hill, Madrid*
7. Brengelmann G (1983). Circulatory adjustments to exercise and heat stress. *An. Rev. Physiol., 45, 191-212*
8. Brooks, G.A., Fahey, T.D., White, T.P. & Baldwin, K.M (2000). Exercise physiology: human bioenergetics and its applications. *3rd ed. Mountain View, California: Mayfield*
9. Cazorla y cols (1984). Les épreuves d'effort en physiologie. Epreuves et mesures du potentiel aérobie dans les épreuves de la valeur physique. *INSEP Editions, Paris, Travaux et recherche en EPS, 7, 95-119*
10. Chanon R., Stephan H (1986). El test CAT. Control Aerobic Training. *Revue EPS, 196, 49-53*
11. Deligiannis A. y cols (1995). Effect of submaximal dynamic exercise on left ventricular function in endurance and power trained Atlhletes. *Med. Sci. Res., 23, 5-227*
12. Freund H. y cols (1986). Interaction of test protocol and inclined run training on maximal oxygen uptake. *Med. Sci. Sport Exerc. 18, 5, 588-592*
13. Froelicher, V.F. & Myers, J.N (2000). Exercise and the heart. *4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company*
14. Engels, H.J., Zhu, W. and Moffatt, R.J (1998). An empirical evaluation of the prediction of maximal heart-rate. *Res Quart Exerc Sport 69(1):94-98*
15. Graettinger W.F., Smith D.H.G., Neutel J.M., Myers J., Froelicher V.F. and Weber, M (1995). Relationship of left ventricular structure to maximal heart rate during exercise. *Chest 107(2):341-345*
16. Hollmann W., Mader A (2000). Limiti della capacità di prestazione dell'organismo umano dal punto di vista fisiologico. *Sds-Scuola dello Sport, XIX, 47-48, 2-10*
17. Hoppeler H (1986). Exercise-induced ultraestructure changes in skeletal muscle. *Int. J. Sport Med., 7, 187-204*
18. Incalza P (2001). Le zone di intensità aerobica nelle discipline cicliche di durata. *Sds-Scuola dello Sport, XX, 52, 57-62*
19. Inbar, O. Oten, A., Scheinowitz, M., Rotstein, A., Dlin, R. and Casaburi, R (1994). Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20-70-yr-old men. *Med Sci Sport Exerc 26(5):538-546*
20. Leonardi, L., Besi M., Dalla Vedova, D (1997). Variabilitá e complessitá della frecuencia cardíaca in funzione dell'etá. *Sds-Scuola dello Sport, XVI, 40, 51-59*
21. McArdle W.d. y Cols (1990). Fisiología del ejercicio. *Alianza. Madrid*
22. McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L (1996). Exercise physiology: energy, nutrition and human performance. *4th ed. Williams & Wilkins*
23. McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L (2000). Essentials of exercise physiology. *2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins*
24. Miller, W.C., Wallace, J.P. & Eggert, K.E (1993). Predicting máx. FC and the FC-VO2 relationship for exercise prescription in

obesity. *Med Sci Sports Exerc 25(9):1077-1081*
25. Platonov, V. N (1991). La adaptación en el deporte. *Paidotribo. Barcelona*
26. Ricard, R.M., Leger, L. and Massicotte, D (1990). Validity of the 220-age formula to predict maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc 22(2):Supplement S96 (Abstract 575)*
27. Schlant, R.C. y Sonnenblick, E. H (1990). Normal physiology of cardiovascular system. *Mac Graw-hill. New York*
28. Swain, D. P., Abernathy, K.S., Smith, C.S. Lee, S.J. and Bunn, S.A (1994). Target heart rates for the development of cardiorespiratory fitness. *Med Sci Sports Exerc 26 (1):112-116*
29. Tanaka , H., Monahan, K.G. and Seals, D.S (2001). Age predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol 37:153-6*
30. Tanaka, H. Fukumoto, S. Osaka, Y., Ogawa. S., Yamaguchi, H. and Miyamoto, H (1991). Distinctive effects of tFCee different modes of exercise on oxygen uptake, heart rate and blood lactate and pyruvate. *Int J Sports Med 12:433-438*
31. Wandewalle GP and Havette P (1987). Heart rate, maximal heart rate and pedal rate. *J Sports Med 27:205-210*
32. Wilmore, J.H. y Costill, D.L (1999). Fisiología del esfuerzo y del deporte. *(2º edición castellana), Ed. Paidotribo, Barcelona*
33. Zavorsky, G.S (2000). Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med 29(1):13-26*