

## *Importancia de algunos "tests" de bioquímica clínica en la valoración del esfuerzo físico (\*)*

D. J. POORTMANS  
(Bélgica).

(Traducido de la «Revue de L'Education Physique». Vol. II, n.º 1, 1962).

El estudio del esfuerzo tanto en el terreno fisiológico como en el bioquímico, ofrece un interés innegable por su repercusión en el mundo ambiente. El ejercicio físico intenso se acompaña de repercusiones endocrino metabólicas que atacan el equilibrio orgánico completo, pudiendo así conducir a la fatiga. Esta, fenómeno primitivamente local, tiende a ser sustituida por una fatiga central que impregna la totalidad del organismo.

Las agresiones casuales presentan un aspecto específico al cual se sobreañade poco a poco un aspecto global, no específico. Existe pues como dijo recientemente BUGARD, un estado local y un síndrome global de la fatiga en particular del esfuerzo físico en general. La evolución se hace según el síndrome general de la adaptación de SELYE. El esfuerzo físico, la fatiga, constituyen, según la concepción de LABORIT, un síndrome oscilante.

El atleta entrenado, empujado a los límites de las correlaciones hormonales armoniosas, es un ser delicado. El menor sobreentrenamiento puede llevarle hacia la fatiga patológica. Entonces, se hace necesario recoger los datos metabólicos después del esfuerzo, fase catabólica, hasta la fase de recuperación o de anabolismo, ya que sólo el conjunto de los fenómenos tiene interés, y no el aspecto inmediato de uno u otro.

La biología clínica aporta conocimientos muy interesantes en la valoración del esfuerzo realizado. Múltiples pruebas y técnicas de laboratorio muestran las repercusiones sufridas por el organismo después de agresiones de diversa etiología. El examen funcional del riñón, del hígado, etc., proporcionan al observador indicaciones útiles, por medio de las cuales podrá establecerse un diagnóstico y conseguirse una integridad funcional. Es, sin embargo, necesario escoger de entre una gama extensa de análisis, aquéllos cuya investigación proporcionará mayores frutos. Discernir lo que atañe más particularmente a una función orgánica que a otra, no es un trabajo de los más simples. La mayoría de los tests utilizados, tomados aisladamente, no proporcionan datos suficientes para establecer un diagnóstico. Las variaciones recogidas pertenecen a menudo a numerosos síndromes que tienen en su mayoría causas distintas. Existen sin embargo algunas alteraciones que ofrecen un síntoma patognomónico, pero que revelan una patología. Es el caso de la enfermedad de WALDENSTRÖM, cuyo diagnóstico de laboratorio reposa sobre el resultado de la ultracentrifugación. Se observa en este caso cantidades importantes de macroglobulina sérica, teniendo una constante de sedimentación elevada. La inmuno-electroforesis sobre gel confirma además estos hechos. Desgraciadamente en la mayoría de casos un estudio aislado no conduce a nada. El ejemplo de la velocidad de

(\*) Pese haber pasado seis años desde su publicación, el contenido de este trabajo no ha perdido en absoluto actualidad.

sedimentación es uno de los más característicos. Aumenta en las afecciones orgánicas más variadas: anemia, estados cianóticos (lesiones mitrales, por ejemplo), reumatismo articular agudo, procesos inflamatorios en general, etc. Se trata, pues, de constituir una batería de análisis capaces por diversos «recortes» de mostrar una línea de conducta.

El esfuerzo físico intenso produce en el organismo normal unas perturbaciones metabólicas que se equilibran más o menos rápidamente según la intensidad alcanzada, y según las facultades de adaptación del individuo. Ocurre sin embargo que algunos atletas, exteriormente aptos para esfuerzos sostenidos, presentan alteraciones que muestran un trastorno funcional. Una de nuestras investigaciones permitió hace tiempo mostrar un trastorno hepático después de una prueba de cross-country.

Antes de pasar revista a algunos análisis, es importante conocer las vías de los procesos catabólico y anabólico. Procediendo de los diversos tejidos, sustancias tales como prótidos, lípidos glúcidos, hormonas, oligo-elementos, etc., pasan al medio sanguíneo, el cual los transporta algún tiempo por todo el organismo.

Estos productos pueden orientarse hacia dos direcciones bien distintas. Por una parte, si el catabolismo es moderado, recuperan su puesto en los diferentes tejidos, sin reincorporar obligatoriamente a su lugar de origen. Por el contrario, si el esfuerzo es intenso y sostenido, la reabsorción tisular alcanza su máximo y la sobrepasa; los metabolitos pasan entonces al riñón que filtra la sangre, lo que nos lleva a la obtención de una orina concentrada en sustancias diversas.

Se pueden clasificar los múltiples análisis de la biología en cuatro grupos:

1. Morfológicos.
2. Químicos.
3. Enzimáticos.
4. Físico-químicos.

### 1. ANALISIS MORFOLOGICOS

Se estudia particularmente en ellos la eritrocitometría, los estados leucocitarios.

El estudio de la morfología de los eritrocitos o eritrocitometría, comprende entre otras cosas la numeración de los glóbulos rojos, la dosis de la hemoglobina, la medición del hematocrito, la medición del diámetro glomerular.

El número de eritrocitos sufre con el esfuerzo un aumento que en realidad es relativo a una disminución del volumen plasmático. El aumento del hematocrito, del orden del 10 %,

permite eliminar una destrucción globular señalada por ciertos autores. La tasa de la hemoglobina se aumenta en general en el transcurso de las actividades musculares, paralelamente al número de glóbulos rojos, el aumento paralelo significativo de estas tres primeras medidas confirma la explicación ya clásica de la huida plasmática líquida hacia los espacios extracelulares y los músculos en actividad.

Por el contrario el diámetro globular no varía en el curso de la actividad física. El estudio de las curvas de PRICE-JONES, que refleja la actividad de la medula ósea no indica ninguna variación y estas gráficas son del tipo de las curvas de GAUSS homogéneas. Es posible, pues, afirmar que los elementos de la línea roja son exclusivamente normocitos.

La fluctuación de los leucocitos, fenómeno conocido bajo el nombre de leucocitosis miogénica, es mucho más importante que la de los eritrocitos.

El número de glóbulos blancos sufre después de una actividad muscular intensa, un aumento del 50 % sobre el valor inicial. Esta leucocitosis creciente es proporcional a la intensidad y a la duración de la actividad. El estudio de la fórmula leucocitaria aclara un poco este aumento masivo. El porcentaje relativo de los polinucleares y de los linfocitos está ligado a la severidad del esfuerzo requerido. En actividades intensas y breves, se instala una linfocitosis, en actividades intensas y de larga duración, aparece un predominio de los polinucleares. Es posible, pues, diferenciar aquí un esfuerzo breve, bien tolerado, del de larga duración, agotador por su continuidad exagerada. Es conveniente también señalar las variaciones sufridas por los eosinófilos, algunos pretenden que su disminución es significativa y relacionada con la intensidad del esfuerzo, otros estiman que su fluctuación se sitúa en los límites normales. En realidad, la tasa de los eosinófilos no está influenciada por las actividades musculares intensas y cortas. Su disminución ha sido sin embargo puesta en evidencia por SELYE, en las agresiones intensas y prolongadas. Por fin, el aumento de los basófilos procede de las adaptaciones circulatorias. Así, al término del análisis de los diversos tipos de polinucleares, tipos clasificados según sus afinidades tintoriales, se demuestra que su aumento procede sobre todo de los neutrófilos. En cuanto a los monocitos, las desviaciones constatadas en valor relativo en el curso de las actividades no son significativas.

En lo que concierne a los plasmocitos, las células plasmocitarias, las células jóvenes e inmaduras, sólo se les encuentra raramente durante las actividades musculares y no se puede,

pues, confirmar la hipótesis del hiperfuncionamiento de la médula ósea señalada por algunos.

De lo indicado, se puede sacar la conclusión de que la leucocitosis creciente es proporcional a la intensidad y a la duración de las actividades físicas. Comienza por una linfocitosis que da lugar, si el ejercicio se prolonga, a una polinucleosis tanto relativa como absoluta.

## 2. ANALISIS QUIMICOS

Pueden resumirse en el equilibrio ácido-base, a los gases de la sangre, a los metabolitos proporcionados por la contracción muscular, a las hormonas.

La mayoría de los análisis químicos han sido magistralmente tratados por DE LANNE en su tesis de agregación, y no puede hacerse nada mejor que señalar su contenido sustancial.

La dosis de los gases de la sangre,  $O_2$  y  $CO_2$  permite poner en evidencia, al comienzo de la actividad física, una baja notable para estos dos gases. La prosecución del trabajo mantiene la tasa en  $O_2$  constante. La tasa se aumenta rápidamente en el momento del cese de la actividad física, de forma que la circulación continúa acelerada y el consumo de  $CO_2$  sufre variaciones inversas y disminuye continuamente hasta alcanzar un porcentaje mínimo algunos minutos después del cese del trabajo. La reserva alcalina varía de forma muy clara. Disminuye paralelamente, pero no proporcionalmente al aumento del ácido láctico. Sin embargo, esta disminución es fugaz y rápidamente compensada en sus 4/5 partes por el aumento del ácido láctico, quedando 1/5 por el aumento de las proteínas séricas. Estas variaciones adaptadas del equilibrio ácido-base, no impiden la caída del pH, que disminuye durante la actividad, alcanzando por otra parte bastante rápido su nivel inicial con la finalización del trabajo.

Entre los metabolitos, el ácido láctico es el que tiene una variación más constante.

Su acumulación es proporcional más a la intensidad que a la duración del trabajo. Su aumento puede alcanzar hasta 3 veces su valor en reposo. Los ácidos cetónicos, como el ácido pirúvico sufren también un aumento, pero inferior al del ácido láctico. Los metabolitos ácidos, de poco peso molecular, aumentan la presión osmótica y favorecen por reacción una sustracción plasmática. El ionograma revela la influencia de las actividades musculares sobre las variaciones de cada ion observado. Los cationes como el  $Na^+$ , el  $K^+$ , el  $Ca^{++}$ , acusan un aumento proporcional a la duración y a la intensidad del esfuerzo. Entre los aniones, el  $Cl^-$ , permanece estable mientras que los fos-

fosatos siguen las variaciones de  $K^+$ . La reserva alcalina, el ácido láctico, las proteínas, que constituyen otros aniones, experimentan oscilaciones autocompensadas, la suma de sus mEq respectivos permanece casi fija en total.

Material necesario para la contracción muscular, la glucosa ve aumentada su tasa en los esfuerzos cortos e intensos y disminuida en el esfuerzo prolongado. El hierro sigue, por otra parte, una evolución similar.

Señalemos de todas formas que si la glicolisis utilizando la vía de EMBDEN-MEYERHOF-PARNAS proporciona la energía indispensable a la acción muscular, no es la única vía metabólica de la glucosa. El ciclo de la pentosa descubierta hace poco, interviene también por el intermediario de los pentosas-fosfatos y los azúcares fosfatos compuestos de 3, 4 y 7 átomos de C. En el caso particular del esfuerzo físico, está demostrado que la aparición de un regulador hormonal aumenta el metabolismo de la glucosa y disminuye el ciclo de los pentosa-fosfatos. Sin embargo, algunos atletas no adaptados al esfuerzo intenso presentan una sobreactivación del ciclo de pentosa-fosfatos.

La cantidad de proteínas circulantes aumenta con la realización de las actividades musculares. Refleja en realidad el fenómeno de hemoconcentración que puede alcanzar un valor del 15 %. Los seromucoides, fracción glicoproteica de las proteínas totales, aumentan de manera apreciable aunque el alza de las glicoproteínas totales no sea significativa. En el mismo estudio hemos demostrado que la tasa de las sustancias «DONAGGIO» séricas crecen de forma marcada en el curso del esfuerzo. Estas sustancias, de naturaleza compleja y poco conocida, parecen provenir de una despolimerización de la sustancia fundamental del tejido conjuntivo. Ahora bien, la afectación de este tejido refleja un proceso inflamatorio de orden general, corrientemente encontrado en patología. Parece, pues, que el estudio de este problema es del más alto interés para la medicina deportiva. ¿El ejercicio físico INTENSO lleva a la lesión de la trama conjuntiva?, ¿predispone al individuo a reacciones nefastas? Debe buscarse la etiología de los estados reumáticos, enfermedad por excelencia del tejido conjuntivo.

El estudio de las «clearances» proporciona algunas noticias relativas al paso de los diversos metabolitos a través del riñón. De uso corriente en clínica, el método de las «clearances» permite a menudo localizar el lugar de las alteraciones renales. La dosis de insulina en la sangre y en la orina determina la tasa de filtración glomerular. En efecto, esta sustancia no

es ni excretada, ni absorbida por los túbulos renales. El buen funcionamiento de éstos se aprecia de la misma forma, pero con ayuda de una sustancia diferente, el ácido para-amino-hipúrico (PAH). Después del esfuerzo físico intenso, se observa una baja notable de las «clearances» de insulina y de PAH. Esto significa, pues, que la filtración glomerular se atenúa en el curso de las actividades físicas. Así, la excreción aumentada de metabolitos se explicaría en parte por una sobreactivación de la hormona anti-diurética, favoreciendo una reabsorción más importante de agua. De todas formas, parecería que la filtración glomerular está perturbada, si se juzga por la presencia elevada de proteínas en las orinas. Estudios cualitativos y cuantitativos concernientes a estas proteínas urinarias están actualmente en curso en el Servicio de Estudios del I.N.E.P.S.

La dosis de hormonas indica relaciones evidentes entre la glándula suprarrenal y el esfuerzo físico, pero son vagos y difíciles de interpretar. A la pluralidad de los corticoides se suman sus acciones metabólicas antagonistas. Simplificando el problema, se constata que glicocorticoides como los 17-desoxicorticoides aumentan considerablemente después del esfuerzo. Por el contrario los 17-cetosteroides bajan. Durante la recuperación, se ve disminuir los glicocorticoides y remontar los 17-cetosteroides. Estos fenómenos son uno de los testimonios del carácter oscilatorio del esfuerzo físico.

### 3. ANALISIS ENZIMATICOS

La mayoría de ellos debutan apenas en medicina deportiva.

En el medio sanguíneo, la elección ha recaído sobre las transaminasas glutámico-oxalacética (SGOT) y glutámico-pirúvica (SGPT).

En las lesiones musculares (infartos), intervenciones quirúrgicas, partos, la tasa de la SGOT, se eleva. Hemos notado un efecto similar, del orden del 20 %, después de un esfuerzo físico intenso.

La SGPT, por el contrario baja considerablemente al cese de la actividad física (— 95 %) para remontar bastante rápido hasta su valor de base. La SGOT está sobre todo presente en el corazón, el hígado, los músculos esqueléticos y el riñón, mientras que la SGPT sólo está contenida en gran cantidad en el hígado y el riñón. El proceso inflamatorio, con su lisis celular podría imponerse aquí nuevamente.

Hemos podido constatar que la elevación de la SGOT está claramente más acentuada en el sedentario que en el caso del deportista bien entrenado.

La estreptoquinasa es otro enzima dosificado en el medio sangre. Interviene en los fenómenos fibrinolíticos contrarrestando la formación del coágulo. Hemos podido, sin embargo, poner en evidencia algunas variaciones en su actividad. Están en estudio otras investigaciones concernientes a la leucina amino-peptidasa.

Por fin, la uropepsina, enzima proteolítico dosificado en la orina ha sido utilizado en el estudio de la fatiga. Su tasa aumenta mucho durante el esfuerzo.

### 4. ANALISIS FISICO-QUIMICOS

Entre ellos, destaquemos: las electroforesis, la ultracentrifugación y la cromatografía.

La electroforesis o migración de moléculas (aquí proteicas) en un campo eléctrico, da útiles conocimientos en cuanto a la naturaleza de las proteínas afectadas. Así, en la electroforesis sobre papel, una disminución importante de las  $\gamma$ -globulinas señala un déficit de las reacciones inmunitarias del organismo. Una elevación marcada de las  $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ - globulinas hace sospechar un proceso inflamatorio. Después del esfuerzo intenso se nota un alza de las  $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ - globulinas, pero los cinco puntos clásicos de este método sobre papel no dan en realidad más que resultados globales. La introducción de la electroforesis sobre gel, permite obtener un fraccionamiento más claro y más extenso de las proteínas séricas. Este fenómeno se explica por la estructura del medio de migración de las proteínas. El gel se emplea en la proporción de 1-2 %. La técnica utilizada pone generalmente 8 fracciones en evidencia: la pre-albúmina, la albúmina,  $\alpha_1$ -, globulina,  $\alpha_2$ - globulina rápida,  $\alpha_2$ - globulina lenta,  $\beta_1$ - globulina,  $\beta_2$ - globulina y las  $\gamma$ -globulinas. Por fin, un último método ultrasensible es la inmuno-electroforesis. Después de una electroforesis normal sobre gel, se precipitan las diversas proteínas escalonadas a lo largo del mismo por un antisuero específico de las proteínas estudiadas. Entonces, el número de los constituyentes proteicos se eleva hasta una veintena en los casos normales, hasta acercarse a la treintena en ciertos casos patológicos. Pero la inmuno-electroforesis sólo da resultados cuantitativos en descensos o aumentos importantes. Es sobre todo interesante por su finura, su precisión. Es, pues, posible conocer la proteína que ha sufrido variaciones importantes. Así, la electroforesis sobre papel indica una elevación de las  $\alpha_1$ -globulina en las ictericias de obstrucción y una ausencia de alteración en las afecciones hepato-celulares. Pero la inmuno-electroforesis señala que la elevación proviene de un aumento del seromucoide y de la  $\alpha_1$ -glicoproteína de SCHULTZE.

El mismo método muestra, en el caso de hepatitis, una elevación de las  $\beta_2$  A,  $\beta_2$  M, y  $\gamma$ -globulinas.

Los métodos de electroforesis sobre gel y de inmuno-electroforesis son interesantes sobre todo para el estudio de la orina. Señalan perturbaciones muy importantes después del esfuerzo físico. La eliminación de las proteínas urinarias podrá, suponemos, aclarar un poco los datos de la fisiología renal en el curso de las actividades físicas.

La sedimentación de las proteínas sólo puede obtenerse por medio de fuerzas del orden de 500.000 g., lo cual se realiza por la técnica de la ultracentrifugación. Este método permite la determinación de las masas moleculares. Pero en clínica, este método es, sobre todo, interesante por la puesta en evidencia de las proteínas de pesos moleculares diferentes de los nor-

males. Así, su interés es nulo en medicina deportiva en la evaluación de un esfuerzo determinado.

Por fin, la cromatografía sobre papel ha sido utilizada por algunos autores en el estudio de las variaciones acusadas por los ácidos amino después del esfuerzo físico. De todas formas, las variaciones observadas no permiten, por el momento, dar una explicación de los fenómenos hallados.

En conclusión, la mayor parte de los métodos indicados, morfológicos, químicos, enzimáticos o fisico-químicos pueden proporcionarnos datos muy útiles en cuanto al nivel de agresión sufrido por un atleta.

La discriminación entre el esfuerzo corto e intenso y el esfuerzo largo e intenso se hace posible sobre la base de ciertos análisis, siendo los más interesantes resumidos como sigue:

	<i>Esfuerzo corto</i>	<i>Esfuerzo prolongado</i>
<b>SANGRE:</b>		
Glucosa ... ..	↗	↘
Fosfatos ... ..	↗↗	↘↘
Hierro ... ..	↗	↘
Ac. láctico ... ..	↗	↗↗
Ac. cetónicos ... ..	↗	↗↗
d-ribosa ... ..	N ↘	↗
Linfocitos ... ..	↗	—
Polinucleares ... ..	—	↗
Eosinófilos ... ..	—	↗
Seromucoides ... ..	N	↗
Transaminasas (SGOT) ... ..	N	↗
Transaminasas (SGPT) ... ..	N	↘↘
$\alpha_1$ - $\alpha_2$ -globulinas ... ..	N	↘
<b>ORINA:</b>		
Filtración glomerular ... ..	↘	↘↘
Flujo plasmático renal ... ..	↘	↘↘
Diuresis ... ..	↘	↘↘
Glicoproteínas ... ..	↗	↗↗
Uropepsina ... ..	↗	↗↗

N : Concentración normal

↗ : Concentración elevada

↘ : Concentración baja

Después de este examen sumario de algunos tests de biología clínica, ¿qué conclusiones pueden sacarse?

Por una parte, hay que integrar estos análisis a un conjunto de otras exploraciones del hombre en el esfuerzo.

Es necesario, cuanto sea posible, obtener datos múltiples procedentes de investigaciones fisiológicas, psicológicas y bioquímicas. Con su ayuda, la exploración de las variaciones diversas sufridas por el organismo de un atleta será posible y útil para él.

Es así como el Servicio de Estudios ha dirigido a algunos hacia una vida bien definida de entrenamiento, a otros hacia otra actividad más restringida. Pero, si bien estos análisis múltiples son posibles en laboratorio, no son siempre de aplicación corriente. La frecuencia cardíaca, la tensión arterial, el electrocardiograma son de aplicación corriente sobre el terreno, mientras que el examen bioquímico es prácticamente imposible. Sin embargo, si la toma de sangre es a menudo rechazada por los atletas, más por versión psicológica que otra cosa, no lo es la recogida de orinas. A los datos de orden fisiológico tomados sobre el terreno pueden in-

tegrarse los análisis urinarios efectuados en el laboratorio; es por esta razón que nuestras investigaciones se concentran en gran parte sobre los coloides urinarios.

Hay, sin embargo, razones para desconfiar de los valores encontrados en la mayoría de los análisis. La gravedad de una variación no se aprecia de ningún modo por la importancia de las cifras. Lo contrario se aproxima también a la realidad si es exacto que ciertos sujetos alcanzan su equilibrio a nivel superior al habitual, el cual no significa nunca más que una media estadística.

El verdadero investigador no intenta reducir a un signo el conjunto de las variaciones, sino que busca el apreciar, en relación a la totalidad, el sentido y la presencia de un síntoma. El examen en sí mismo no podría resolverle un problema, sólo le ayuda a precisarlo.

Si es cierto que existen muchas incógnitas en medicina, hay ciertamente muchas más en medicina deportiva, donde la distinción entre lo normal y lo patológico es difícil. Puede esperarse que las investigaciones, cada vez más numerosas, podrán ayudar más eficazmente a los deportistas.

# b à l s a m o

# MIDALGAN®

## PRESENTACION

Tubo de 40 g

## FORMULA

Nicotinato de metilo	1,5 g
Salicilato de glicol	5,00 g
Histamina biclorhidrato	0,10 g.
Mefenesina	10,00 g
Capsicina	0,10 g
Excipiente c. s. p.	100 g.

CON MEFENESINA

**MASAJE MEDICO-DEPORTIVO  
RECUPERACION FUNCIONAL  
DOLORES MUSCULARES**

**MIDY**

**LABORATORIOS MIDY, S. A. - Ecuador, 6 - Barcelona-15**

1210