

Valoración fisiológica de los resultados del entrenamiento deportivo

Prof. A. VENERANDO.

(Italia).

En el reciente 5.º Congreso Internacional del Grupo Latino de Medicina física y del deporte se discutieron los resultados del entrenamiento deportivo y los métodos para estructurarlos desde el punto de vista bio-fisiológico, aspecto que cada día resulta más importante en la práctica debido a la necesidad de escoger a los atletas de una selección según su efectivo estado de *forma*, es decir según su máxima eficiencia psico-física o su *condición atlética*. Esto quiere decir determinar no sólo el grado de entrenamiento actual, sino también formular un pronóstico, es decir valorar el grado de entrenamiento en el futuro y precisamente en el momento de la competición para la cual el atleta ha sido propuesto; significa también sugerir al entrenador eventuales modificaciones del sistema de entrenamiento de un atleta en particular o de todo el equipo; significa proponer medidas dietéticas, higiénicas, fisioterápicas para mejorar en un sector o en conjunto la fuerza, la resistencia del individuo llevándolo otra vez a su mejor estado de salud; significa en fin diagnosticar precozmente las eventuales consecuencias del sobreentrenamiento.

Contestar científicamente a todos estos problemas, es decir con aquel rigor metodológico que hoy se impone en el ámbito de las ciencias médico-fisiológicas, significa dar un *valor cuantitativo* a la observación de determinados fenómenos, o sea dar una contestación *objetiva* y no basada sobre un impresionismo clínico. Tratándose de sujetos sanos además del dato cuantitativo absoluto de la conducta de un determinado parámetro fisiológico, morfológico o funcional, es necesario considerar también el *alejamiento más o menos significativo* entre el dato encon-

trado experimentalmente y los datos del sujeto normal, pero no entrenado, es decir los valores teóricos de la normalidad. Muy raramente en efecto se puede conocer la conducta del sujeto en particular antes de iniciar la actividad física que lo ha llevado a ser entrenado.

Existen, pues, también motivos prácticos que justifican la búsqueda de la conducta tanto del sujeto sano normal como del sujeto sano entrenado frente a la observación objetiva del médico que ha de determinar el grado de entrenamiento, es decir el grado de eficiencia psicofísica alcanzada en un determinado tipo de deporte.

Todo esto, si bien puede parecer a primera vista muy sencillo teniendo en cuenta los progresos actuales de la Fisiología y de la Medicina aplicados al deporte, representa aún hoy un problema notablemente árduo en el caso de que se pase de un planteamiento teórico a su aplicación práctica.

Basta en realidad considerar que este problema general tiene que ser fraccionado en otros numerosos problemas dependientes sobre todo de factores inherentes al sujeto (sexo, edad, constitución, orientación neurovegetativa), o al tipo de trabajo que caracteriza el deporte practicado por el atleta, o al tipo de prueba selectiva escogida para darse cuenta de las dificultades de valorar con precisión y objetividad la situación de un sujeto entrenado.

Se podría objetar que los resultados deportivos en los deportes que tienen tiempos y medidas, están ya en condición de seleccionar verdaderamente los varios atletas, o sea que el ojo experto del técnico que forma un equipo de fútbol, de baloncesto o de rugby, hace a su vez una graduación muy precisa del estado de

forma, de destreza o de habilidad de los varios componentes del equipo. Nosotros no desvalorizamos el resultado técnico sobre el terreno, pero consideramos que éste representa un importante test funcional, que, a su vez, tiene que inscribirse en la valoración fisiológica de un atleta; pensamos que el médico deportivo tiene que completar y explicar el resultado técnico o el rendimiento sobre el terreno de juego sobre la base de la eficiencia psico-física del organismo de un atleta y eventualmente objetivar sus deficiencias o la discrepancia entre el resultado técnico y el resultado de laboratorio.

Todo esto implica una comprobación objetiva condicionada a: a) de base, b) durante esfuerzos excesivos o estímulos de varia naturaleza; c) durante la recuperación.

Los valores absolutos y los alejamientos del estado normal adquiridos experimentalmente en el sujeto en particular o en un grupo de atletas, tienen que ser valorados en relación al tipo de trabajo muscular que caracteriza el deporte practicado; muy diferente en efecto es la conducta de un atleta entrenado a esfuerzos prolongados (trabajo preferentemente aeróbico) o a esfuerzos extenuantes (trabajo anaeróbico) o a esfuerzos que alternan los dos tipos de trabajo, anaeróbico y aeróbico, es decir a un trabajo mixto (MARGARIA).

Prescindiendo de la valoración de los datos experimentales, es necesario completar la comprobación con metodologías diferenciadas en comparación a los tipos antedichos de trabajo deportivo; todos saben al respecto que es relativamente fácil observar y valorizar la eficiencia de un atleta entrenado a esfuerzos preferentemente aeróbicos, al menos considerando el grado de *homeostasis* alcanzada por su organismo frente a estímulos de varia naturaleza (como el frío, los cambios de posición, algunos fármacos, el mismo trabajo muscular standard), y que es sin embargo difícil valorizar el grado de entrenamiento alcanzado por atletas que practican deportes de destreza o de habilidad.

A este propósito es necesario recordar que los estudios realizados con notable profundidad, especialmente por la escuela sueca y alemana, han considerado sobre todo las adaptaciones al trabajo muscular genérico; sus resultados, de gran interés fisiológico, sirven sólo en parte para nuestros fines incluso teniendo en cuenta que los deportes representan tipos particulares de trabajo caracterizados por valores psicológicos notables y sujetos a influencias ambientales muy relevantes.

Los técnicos norteamericanos persiguen desde hace tiempo otra dirección de investigación

que tiende a medir varios componentes de la disposición y de la habilidad para enjuiciar la eficiencia física (physical fitness), por medio de pruebas de fuerza, de flexibilidad, de coordinación, de resistencia, etc. (CURETON, FLEISHMAN, etc.).

Los estudios fisiológicos que ya hemos nombrado, al contrario, tienen en cuenta el grado de eficiencia física en relación con la capacidad máxima de trabajo aeróbico (ASTRAND).

A nosotros nos parece que hoy es necesario puntualizar todas las direcciones seguidas en la valoración de los efectos de un sistema de entrenamiento, es decir del grado de entrenamiento de un atleta, de manera que se pueda facilitar al médico deportivo datos y metodologías seguras e interpretables, relativamente simples y de aplicación fácil.

Este es el fin principal que nos hemos propuesto en nuestra relación, que se debe por lo tanto considerar como una relación crítica sintética sobre el control y la valoración del grado de entrenamiento de un atleta.

La larga introducción que hemos hecho puede dar la medida de las dificultades que es necesario superar para dar a nuestro trabajo aquella claridad de exposición que es fundamental para la puesta al día del médico deportivo.

Pedimos perdón de antemano si no tratamos estos asuntos en todos sus aspectos y si no discutimos otros aspectos de gran interés científico, que pueden ser planteados por el tema general de nuestra relación sobre todo sobre la fisiogénesis de algunas adaptaciones, el problema de la homeostasis de entrenamiento, etcétera, etc.

Para obtener una exposición simple nos hemos servido de cuadros esquemáticos: nos apresuramos a decir que pueden ser incompletos y que confiamos en la colaboración de los expertos para su perfeccionamiento. Es necesario, pues, decir que no hemos querido citar los varios tests, más o menos personales, de eficiencia física porque consideramos en primer lugar necesario permanecer fieles a la directriz fisiológica que nos hemos propuesto y en segundo lugar porque desearíamos fundar la valoración del grado de entrenamiento de un sujeto sobre un balance objetivo de varios parámetros más bien que sobre un sólo test.

Es clásico repetir que el entrenamiento induce en el organismo una más grande tolerancia al esfuerzo, y es por lo tanto sobre esta base que se podría fundar la valoración del grado de entrenamiento alcanzado.

Sin embargo si se nos permite expresar una crítica, formal más que sustancial al término «tolerancia al esfuerzo», es que éste expresa un concepto clínico más que fisiológico y que denota por lo tanto una denominación que consideramos superada en cuanto a la valoración funcional de los atletas. Se prefiere por lo tanto resumir los efectos del entrenamiento, en el aumento de la capacidad de carga actual y de la denominada reserva funcional, y también de la destreza en la ejecución de un determinado acto deportivo.

En este esquema, sobre el cual pensamos que todos estamos de acuerdo actualmente, se tiene que encauzar el estudio analítico de la valoración objetiva de los efectos del entrenamiento deportivo.

Un criterio que se puede seguir en la esquematización de los efectos del entrenamiento en los tres diferentes tipos de trabajo deportivo (preferentemente aeróbico, preferentemente anaeróbico y mixto), puede ser el de la valoración diferencial con los datos cuantitativos medios del sujeto no entrenado para un determinado parámetro anatómico-funcional. En otros términos se puede seguir el sistema de apreciar cuantitativamente las diferencias en las medias normales del dato encontrado en el sujeto que se pretende valorar.

Ahora bien este criterio diferencial objetivo tiene que tener en cuenta las condiciones de la observación que se tiene que seguir por lo tanto en condiciones de base, durante y después de un esfuerzo standard, durante y después de un esfuerzo máximo. De esta manera se pueden tener diferencias en menos de los datos medios normales (por ejemplo en condiciones básicas la disminución de la frecuencia cardíaca con aparición de bradicardia, induce una diferencia negativa de 10 - 20 pulsaciones al minuto); o sea *reducción de las diferencias*, como en el caso de un esfuerzo standard, en el cual los incrementos de la pulsación o en la presión en más y la duración del tiempo de recuperación, tienden a reducirse a medida que progresa el entrenamiento; más demostrativa aún, la reducción hasta la perfecta indiferencia de las contestaciones a la prueba clino-ortostática; en fin *incremento notable de las diferencias en más*, como en el caso de la fuerza muscular o sea de la capacidad cardíaca y del consumo máximo de oxígeno en el esfuerzo, que con el progreso del entrenamiento tienden a alcanzar valores varias veces mayores que los del sujeto no entrenado.

Este esquematismo, según nuestra opinión, no es excesivo, porque encuadra todas las si-

tuaciones que se pueden verificar como adaptaciones del organismo al entrenamiento, o reacciones al trabajo muscular o a otros estímulos.

La condición de eficiencia atlética óptima no puede obviamente prescindir de una *funcionalidad psíquica* igualmente excelente. Pero, permaneciendo inmutable el nivel intelectual y la constelación caracterológica, el único parámetro del psiquismo que puede presentar alguna variación está representado por la efectividad y en particular por el control de la vida emotiva. Y es justamente el aspecto de la funcionalidad psíquica el que tiene mayor interés en el campo médico-deportivo.

A diferencia de la funcionalidad cardio-respiratoria, la funcionalidad psíquica es poco apta para ser examinada y valorada en términos cuantitativos de exactitud significativa. Sin embargo, si bien en los límites de una valoración de máxima y solamente indicatoria, la psicodiagnóstica pone a disposición una metódica tan válida como simple, a través de los reactivos llamados psicofísicos.

Lo que aparece de las diferencias cuantitativas reveladas en las tres condiciones antes enunciadas y para los varios parámetros, es necesario que sea valorado en relación con el sexo y el tipo de deporte practicado.

Mientras por lo que se refiere al sexo nos parece inútil ilustrar cómo pueden ser cuantitativamente diferentes los resultados del entrenamiento, por lo que se refiere al deporte practicado es necesario subrayar una vez más la importancia de tener en cuenta el tipo de trabajo fisiológico que lo caracteriza.

En efecto las respuestas del organismo son en gran parte específicamente condicionadas por las necesidades metabólicas propias de cada actividad deportiva; por lo cual el trabajo preferentemente aeróbico o de resistencia produce un esfuerzo cardio-respiratorio notablemente mayor, que el árduo trabajo anaeróbico. De aquí el diferente esquema anatómico-funcional entre un levantador de pesos, un lanzador, un saltador o un corredor de carreras de velocidad, y un mediofondista, un nadador, un jugador de baloncesto, de water-polo, o del esquema de un futbolista.

Merecen en fin una palabra las modalidades de examen de un atleta, que requieren, para facilitar relieves válidos, condiciones lo más posible basales. En efecto el control y la valoración del grado de entrenamiento se fundan, como ya hemos subrayado, sobre criterios comparativos o diferenciales entre el estado actual del sujeto en examen y sus precedentes o las medias de grupos análogos: de aquí la

necesidad de exámenes en análogas condiciones experimentales.

SIGNOS DE ENTRENAMIENTO

Sería demasiado largo examinar cada dato en particular de la numerosa serie que hemos reunido. El fin que nos hemos propuesto era y sigue siendo eminentemente práctico, por lo que nos limitaremos a discutir los signos más útiles y significativos para el control y la valoración de los resultados del entrenamiento deportivo.

Entre los signos morfológicos el *peso corporal* representa una guía útil para juzgar el grado de entrenamiento de un sujeto; aquí vale una regla general, es decir que el peso-forma se puede casi sobreponer al peso ideal del sujeto en base al sexo, edad y tipo constitucional. Como todas las reglas, también ésta tiene sus excepciones; téngase en cuenta por ejemplo la lucha y el boxeo, en los cuales el peso corporal es un elemento técnico para la subdivisión en categorías. En estos deportes las variaciones del peso-forma del peso ideal de un sujeto son provocados por dos factores tales como el aumento notable de las masas musculares y la necesidad de volver a entrar en los límites de la categoría.

Entre los signos de entrenamiento cardiocirculatorio es fundamental la conducta de la frecuencia cardíaca en reposo, en el esfuerzo y en la recuperación de un esfuerzo standard y de un esfuerzo maximal.

Lo que puedo decir sobre las estrictas correlaciones existentes entre la frecuencia cardíaca y otros parámetros funcionales es tan conocido que no creo necesario detenerme a ilustrarlas y a justificar la importancia de la frecuencia cardíaca como elemento de juicio no sólo del perfecto funcionalismo cardiocirculatorio, pero como signo de adaptación del corazón y del aparato circulatorio a las demandas periféricas de los deportes preferentemente aeróbicos, es decir de resistencia. La braquicardia, el menor valor de la frecuencia cardíaca máxima post-esfuerzo, la más corta duración del tiempo de recuperación del esfuerzo indican sin duda un buen grado de entrenamiento.

Naturalmente en los deportes que se caracterizan por esfuerzos breves, si bien fuertes, no se producen las causas que determinan la braquicardia y los otros fenómenos antedichos y por lo tanto no se aprecian en el examen del atleta. Recordamos incidentalmente que los factores emotivos, los factores físicos (frío), los

factores neurovegetativos constitucionales (vago-tonia) pueden incidir sobre los valores de la frecuencia cardíaca.

Los cambios de posición, como el pasar de la posición clinoestática a la ortoestática, provocan normalmente un aumento de la frecuencia cardíaca, y de la presión arterial; ahora bien, es fácil comprobar que en el sujeto entrenado esto pasa con poca o ninguna diferencia entre los valores, demostrándose de esta manera el alcance de una positiva homeostasis cardiocirculatoria. Análogo significado tiene el menos incremento de la frecuencia en la espiración forzada bloqueada (prueba de VALSAVA) en la cual el sujeto entrenado mantiene durante todo el esfuerzo y aún más los valores de la frecuencia entre límites extremadamente cercanos a los basales, lo que demuestra el perfecto equilibrio alcanzado por sus sistemas reguladores y de compensación.

De la misma manera la presión arterial media sufre escasas modificaciones en esta prueba a diferencia del normal no entrenado y del neurodistónico.

Vale la pena, antes de pasar a examinar la conducta de otros parámetros indicativos del grado de entrenamiento, detenerse sobre la *cinética de la vuelta a la norma de la frecuencia cardíaca* después del esfuerzo. Ya hemos subrayado la fundamental importancia de la reducción del tiempo de recuperación después de una prueba de esfuerzo standard a medida que el sujeto se entrena; aún más interesante es el análisis de la curva de la frecuencia cardíaca que tiene, como se sabe, una dirección de tipo exponencial.

Es por lo tanto útil medir el tiempo de semi-recepción de la fase rápida de la curva que expresa fielmente la restauración de la frecuencia cardíaca después del esfuerzo; varios factores pueden en efecto influir sobre la fase lenta, por lo cual la verdadera vuelta a las condiciones de partida puede ser falseada.

Pasando a otro parámetro cardiovascular, es necesario hablar del *hipercardiovolumen* como signo de entrenamiento. Es curioso que precisamente con el tiempo han cambiado los conceptos interpretativos. No hace muchos años el engrandecimiento del corazón era sintomático del daño que el deporte causaba; después fue objeto de estudio por parte de fisiólogos y cardiólogos, que aclararon su significado funcional; hoy nosotros lo consideramos adaptación fundamental, en algunos deportes, para el buen rendimiento atlético. Naturalmente no es el caso aquí de insistir sobre la necesidad de un correcto examen radiológico del volumen del corazón,

sobre la necesidad de efectuar exámenes cardioráquicos en relación a la superficie corpórea, etc.

De todas maneras en la práctica es útil, con todas sus limitaciones hacer un telecardiograma ántero-posterior en módica inspiración y otro en Valsalva, es decir en espiración forzada bloqueada o mejor dicho espirando contra una columna de 40 mm. de mercurio.

Este experimento, que Tigerstedt efectuó hace más de 50 años en el sujeto sano, puede facilitar informaciones interesantes sobre el atleta a través de la medida de los diámetros y su diferencia en los radiogramas, que demuestra cómo el eventual engrandecimiento de la capacidad cardíaca sea funcional y en relación con aquella dilatación tonógena o regulativa propia del entrenado.

Diré sólo algunas palabras acerca del electrocardiograma. Sus variaciones morfológicas en el sujeto entrenado no son, a nuestro parecer, tan significativas que nos lleven a considerarlo dentro de los parámetros más útiles para el juicio del grado de entrenamiento, sin embargo es cierto que algunos signos, con ondas T de voltaje elevado, pueden facilitar un dato más por añadir a los otros.

El aumento de duración del trayecto P-Q, su reducción después del esfuerzo, etc., merecen ser estudiados aún en su preciso significado fisiológico y fisiopatológico antes de ser propuestos como signos de entrenamiento. También las modificaciones menores de la fase de repolarización y las más marcadas encontradas en porcentajes siempre mayores también en condiciones de óptima forma deportiva, necesitan ulteriores estudios antes de ser tomadas en consideración y propuestas como datos utilizables a los fines de la valoración del grado de entrenamiento.

Los volúmenes respiratorios estáticos y dinámicos nos permiten ulteriores exámenes cuantitativos para el juicio no sólo de eficiencia física sino también de entrenamiento. Es necesario recordar a tal propósito la necesidad de efectuar exámenes técnicamente perfectos, correctos en base a la presión atmosférica y a la temperatura ambiente (BTPS), con espirógrafos carentes de inercia o de roce, con la completa colaboración del sujeto, en condiciones básicas, etc.

El aumento de la capacidad vital (C. V.) y de la VEMS son a nuestro parecer los datos más significativos. Las medias, por ejemplo, que hemos encontrado en jóvenes polideportivos, son aproximadamente el 20 % más elevadas que las teóricas.

Indudablemente las pruebas funcionales que facilitan los datos más seguros para valorar la eficiencia funcional de un sujeto y por lo tanto también su grado de entrenamiento son las que se basan en la medición del consumo de oxígeno. En efecto el consumo de oxígeno, sea al nivel correspondiente al metabolismo basal, sea al nivel máximo que se puede alcanzar, es siempre la expresión global de todas las actividades metabólicas del organismo en el momento investigado.

En los atletas entrenados la curva del consumo de oxígeno frente a cargas de trabajo en aumento demuestra que la curva del trabajo aeróbico máximo (TAM o vita máxima) se alza progresivamente.

También el aumento del valor del máximo consumo de oxígeno representa un dato de interés notable para juzgar el entrenamiento; Margaria considera que éste representa fielmente la potencia de la máquina humana y en realidad el dato referido a las medias normales y, en el mismo individuo, en exámenes sucesivos, puede ser indicativo del grado de entrenamiento. A tal fin el valor máximo de O_2 por unidad de peso expresa la relación potencia/peso del sujeto. Estos parámetros, juntos con el de la cantidad total de la hemoglobina que aumenta a medida que el entrenamiento progresa, son aún desgraciadamente de adquisición relativamente difícil desde el punto de vista metodológico, y además implican a veces maniobras cruentas o aparatos costosos. Esto limita su aplicación sólo a Institutos especializados y a casos particulares; en la práctica al médico deportivo se pueden confiar sólo las técnicas de exploración cardiorespiratoria antedichas, y además la búsqueda del «test» de DONAGGIO que ya sea con el método original, sea con las sucesivas modificaciones propuestas por ALBEAUX-FERNET, por POORTSMAN y por otros, facilita criterios de entrenamiento de extrema importancia.

La reacción de DONAGGIO resulta de fácil ejecución y tendría en efecto que encontrar sitio en la rutina médico deportiva por la gran gama de datos que puede facilitar; en el caso específico del control de los resultados del entrenamiento deportivo, su negatividad después del esfuerzo «standard», o mejor dicho después de un esfuerzo de intensidad igual al esfuerzo de competición demuestra el buen grado de entrenamiento. Análogamente al «test» de DONAGGIO, la búsqueda de los efectos urinarios del esfuerzo puede ser efectuada a través del cálculo de los elementos formes del sedimento (número de glóbulos rojos y blancos de los ci-

lindros), y eventualmente a través de la aldolasuria según nuestras recientes experiencias.

En fin, una relativamente simple y ya extendida metodología, que se puede aplicar en la valoración del grado de destreza alcanzada por un atleta viene representada por los reactivos psicofísicos.

Entre éstos, los más indicativos son el pantógrafo o falso-torno (válido para valorar la coordinación bi-manual y viso-motora), el dinamógrafo (especialmente en la prueba que consiste en hacer repetir al sujeto un determinado esfuerzo siempre igual, al ritmo de una contracción cada segundo), y sobre todo al reacciómetro.

Experimentos hechos en muchos laboratorios de psicofisiología del deporte y controlados por ANTONELLI en nuestro Instituto, han demostrado que los tiempos de reacción simple resultan reducidos en alguna centésima de segundo y son más exactos en los atletas en condiciones óptimas de eficiencia física.

Han causado notable interés, por las aplicaciones que pueden tener en nuestro campo, las curvas intensidad/duración de la excitabilidad neuromuscular. Investigaciones de la escuela de LABORIT han demostrado, efectivamente, un típico comportamiento de las curvas de la excitabilidad nerviosa y de la muscular en el sujeto entrenado con ensanchamiento de la área comprendida entre las dos curvas; sin embargo según nuestra experiencia esta técnica, así como la electromiografía, no facilita aquellos seductores resultados que los primeros estudios parecían prometer, sobre todo en relación a las dificultades técnicas que limitan notablemente su aplicación.

El control de la máxima capacidad de tensión isométrica de determinados grupos musculares es otro elemento útil a los fines de la valoración del grado de entrenamiento; éste sirve sobre todo para la identificación del déficit más que para un control de los incrementos sectoriales de la fuerza. Dificultades de aparatos y de «standards» significativos a este propósito limitan la utilidad de la medida de la fuerza del atleta, hecho que sería tan atractivo para nuestro tema.

Como el lector habrá seguramente notado hemos expresamente evitado en la exposición de nuestro tema basarnos sobre una única prueba, mecanizando sus resultados y reduciendo la valoración al cálculo de un índice matemático.

Aunque insistiendo sobre la necesidad de dar un valor cuantitativo a las respuestas del organismo entrenado, nosotros desconfiamos de todos los sistemas que reducen a cifras y números —a menudo sólo en apariencia precisos— la serie de los complejos fenómenos producidos por el entrenamiento deportivo.

Según nuestro parecer es necesario que el médico deportivo conozca bien el mecanismo de tales adaptaciones y sepa explorarlas a varias alturas; conozca el juego, tal vez alterno, de los mecanismos funcionales de reacción y de compensación, porque sólo de esta manera podrá valorar con precisión y conocimiento el grado de entrenamiento de un atleta y podrá darse cuenta de sus eventuales anomalías, fijando en colaboración con el técnico la justa dosis de actividad deportiva, útil para alcanzar la forma deseada.