

CENTRO DE INVESTIGACION
MEDICO - DEPORTIVA

RESIDENCIA J. BLUME. - BARCELONA

Estudio estadístico de la frecuencia cardíaca en los tests clínicos de ergometría

DR. C. BESTIT

D. J. VILLALOBOS
(Ingeniero Industrial)

I. — MOTIVO DE ESTE ESTUDIO

Este estudio fue motivado en primer lugar por el interés del Centro de Investigación Médico-Deportiva de la Residencia «Joaquín Blume», de Barcelona, de hacer un intento serio y científico sobre el estudio de la Ergometría, aplicada a la rama de la Medicina Deportiva.

La primera y fundamental razón de este estudio es el intento de standarizar los resultados obtenidos en las pruebas ergométricas, pasando de la valoración meramente subjetiva, sujeta muchas veces a una serie de factores de error que le hacen perder objetividad, y pasar a la valoración objetiva y numérica, que si bien no puede actuar solo exclusivamente, dada la gran variancia de la fisiología humana, puede aportar datos valiosos a la hora de valorar el estado actual del deportista. Al mismo tiempo permite evaluar sistemáticamente la progresión o regresión del mismo a través del tiempo en lo que se refiere a la adaptación del sistema cardiocirculatorio al esfuerzo prolongado.

El segundo motivo, fue el comprobar los principios establecidos por diversos autores sobre el comportamiento del pulso durante el esfuerzo.

El tercer motivo fue hacer un estudio comparativo sobre las dos pruebas que se utilizaban, la de rendimiento máximo de 6 minutos y la progresiva de 10 minutos, con objeto de ver cuál de las dos podía dar parámetros más significativamente estadísticos y standarizar los

resultados. Entendemos que la importante casuística que, sobre tests clínicos de esfuerzo, obraba en nuestros archivos de fichas deportivas, merecía un racional estudio que diera un valor objetivo a nuestra labor durante estos años. Ultimamente una tercera prueba de esfuerzo está siendo sometida a juicio crítico, tanto en el terreno clínico como en el de aplicación práctica de valoración del grado de entrenamiento, y de sus resultados daremos cuenta cuando nuestra experiencia nos lo permita. De una u otra forma las pruebas hasta ahora utilizadas, objeto de este estudio y de las que no puede negarse su validez actual, nos ha permitido enriquecer nuestra experiencia en exploraciones clínicas de este tipo aportando datos valiosísimos a nuevas investigaciones en este campo, actualización exigible a todo Centro Médico de las características del nuestro.

El Centro de Investigación Médico-Deportiva de Barcelona ha efectuado en los últimos cuatro años, más de 2.000 exploraciones con el ergómetro de Fleisch. Las pruebas utilizadas a lo largo de este período han sido de dos tipos. En un principio utilizamos la prueba de esfuerzo máximo de 6 minutos que consiste en aplicar una carga máxima desde el comienzo de la prueba. En los últimos dos años hemos aplicado una prueba de esfuerzo escalonado hasta un máximo de 300 watios. Tanto en una como

en otra prueba, la valoración se efectuaba teniendo en cuenta los principios que sobre el comportamiento de pulso y presión durante el esfuerzo han sido rigurosamente establecidos por diversos autores (REINDELL, MELLEROWICKZ, HOLLMANN, ASTRAND, etc.). Sin embargo, la valoración numérica simple del comportamiento de pulso y presión no permite juzgar siempre con exactitud la respuesta del sistema cardiocirculatorio al esfuerzo prolongado y tan sólo pueden darse enjuiciamientos aproximados sobre la preparación del individuo.

MATERIAL Y METODO

El presente estudio se basa en el comportamiento del pulso en las dos pruebas citadas anteriormente. Para ello hemos seleccionado los resultados obtenidos en individuos del sexo masculino comprendidos entre los 15 y 30 años. Nos basamos tan sólo en las pruebas que llegaron a término, es decir: seis minutos en la prueba de esfuerzo máximo y 10 minutos en la prueba de esfuerzo escalonado. Finalmente hemos rechazado en el presente estudio aquellas pruebas que por circunstancias diversas no tenían garantías de ofrecer datos fidedignos.

Tanto una como otra pruebas se efectuaron con las siguientes condiciones:

- 1.— A la misma hora y procurando mantener condiciones ambientales parecidas.
- 2.— Orientando previamente al individuo explorado sobre el tipo de prueba a la que se iba a someter.
- 3.— Evitando todo esfuerzo violento, psíquico o físico, 24 horas antes de las exploraciones.
- 4.— Procurando que la última comida se efectuara como mínimo 4 horas antes de la prueba.

PRUEBA DE ESFUERZO MAXIMO DE 6 MINUTOS

Las pruebas se efectuaron con el individuo en decúbito. La carga aplicada fue de 4 wátios por kilo de peso, no sobrepasando nunca los 300 wátios como carga total, con objeto de no tener que variar el ritmo de pedaleo (en el ergómetro de Fleisch, por encima de los 300 wátios es necesario un pedaleo de 90 vueltas - minuto, con lo que varían entonces las condiciones de trabajo). El ritmo de pedaleo aplicado a todos los individuos fue de 60 vueltas - minuto. La determinación de la frecuencia cardíaca se hizo por auscultación sobre el área cardíaca, contando las pulsaciones de los 10 segundos finales de cada

minuto de los seis que dura la prueba y de otros seis minutos de recuperación.

La prueba es de gran dureza y exige un máximo de colaboración y espíritu de sacrificio por parte del individuo explorado.

PRUEBA DE ESFUERZO PROGRESIVO DE 10 MINUTOS

Se comienza la prueba con una carga total de 100 wátios, que va aumentándose en 50 wátios cada dos minutos, hasta llegar a un total de 300 wátios al final de los 10 minutos que dura la prueba. La determinación del pulso se lleva a cabo durante el tiempo que dura la prueba y durante 10 minutos de recuperación. En esta prueba, sea cual sea el peso del individuo, las cargas aplicadas son las mismas. Por ello, el trabajo efectuado al final de una prueba de esfuerzo progresivo es distinto en un individuo de 55 kilos y en otro de 75 kilos si se refiere la carga por kilos de peso corporal.

II.— PROCESO DE SELECCION DE DATOS

En lo que a la prueba de esfuerzo máximo se refiere, teníamos las fichas aproximadamente de 160 deportistas de casi todas las especialidades, que habían realizado la prueba; el primer paso constituyó la selección de estos datos.

La primera eliminación fue la de aquellos individuos que no habían terminado la prueba. En esta selección se vio algo que sólo los dedicados profundamente a esta rama deportiva podían intuir; quedaron excluidos muchos deportistas, en los que se suponía una buena preparación, tales como montañismo, esquí fondo, etc.

Al hacer un estudio previo de la muestra resultante —123 deportistas principalmente natación y atletismo— se vio que había una serie de deportistas que se separaban profusamente de la norma general. Estudiándolos se llegó a la conclusión de que la prueba en sí había sido mal aplicada, en un pequeño grupo. Estos casos eran preferentemente el de los deportistas más pesados, especialmente lanzadores de peso, martillo, etc., ya que como se ha indicado en la descripción de la prueba de 6 minutos, la carga para cada individuo es proporcional a su peso; pero a partir de los 80 kilos (por insuficiencia del aparato) todos los individuos trabajaban con la misma carga, con lo cual una de las constantes de la prueba, la relación wátios - kilos de peso, quedara alterada; estos individuos fueron eliminados en la selección de datos.

Una vez pasado por los tamices anteriores,

podimos llegar a una muestra de 108 deportistas, de categoría nacional del deporte español, por lo tanto este trabajo y sus conclusiones serán sólo aplicables a:

— individuos del sexo masculino sometidos a un entrenamiento intenso.

A estos 108 individuos, se les tomaron los siguientes parámetros:

PB = pulso en reposo basal.

P₁ = pulso en el primer minuto de esfuerzo.

P₆ = pulso en el sexto minuto de esfuerzo.

P₇ = pulso en el primer minuto de recuperación y 7.º de la prueba.

P₁₂ = pulso en el sexto minuto de recuperación y 12.º de la prueba.

Estos datos están consignados en la Tabla 1, cada uno bajo la columna de su denominación; tabla que no hemos creído oportuno presentar dada su extensión.

El hecho de haber ordenado los datos por el pulso en el sexto minuto de esfuerzo obedece a que nos pareció, después del estudio previo, que era el más fiable por no modificarse por factores emocionales que influyen en cambio con cierta frecuencia sobre el pulso basal (PB). El pulso en el primer minuto es fácil, en cambio, que se vea afectado por factores emocionales.

En lo que se refiere a la prueba progresiva de 10 minutos de esfuerzo, el proceso ha sido parecido, aunque al contar ya con la experiencia de la primera, nos ha facilitado enormemente la selección de datos.

En esta prueba contábamos con la ventaja substancial de que el número de revisiones hechas era mucho mayor que en la primera prueba y además la experiencia en la toma de medidas de pulso, mayor; por lo cual la exclusión ha sido menor y más sencilla.

De todas las fichas disponibles, más de 1.300, hemos seleccionado en principio aquellas subjetivamente clasificadas como buenas, esto quiere decir, individuos que terminaron la prueba y con pulsos aceptables desde un punto de vista médico-deportivo. De esta primera selección unos 170, eliminamos, como en el caso anterior, los deportistas de peso superior a 80 Kg., con objeto de poder comparar los resultados con los de la primera prueba. Resultado de esta segunda eliminación, fueron 153 fichas.

Después de esta última selección nos quedó una muestra de 148 deportistas, que al igual que en caso anterior, es una muestra representativa de individuos del sexo masculino que practican asiduamente deporte.

De estos 148 deportistas extrajimos los siguientes parámetros:

PB = pulso en reposo o basal.

P₁ = pulso en el primer minuto del esfuerzo.

P₁₀ = pulso en el décimo minuto del esfuerzo.

P₁₁ = pulso en el primer minuto de la recuperación y 11.º de la prueba.

P₂₀ = pulso en el 12.º minuto de recuperación y 20.º de la prueba.

Además de los parámetros extraídos a estos deportistas se les tomó el pulso en cada minuto de la prueba (20 valores), pero de momento y por la poca significación aparente de los demás parámetros, nos hemos limitado a estudiar los equiparables con la prueba de rendimiento máximo de 6 minutos.

Un estudio de los parámetros desechados es posible que tuviese interés pero no en la forma aplicada en esta prueba.

En esta segunda prueba no hemos hecho ninguna ordenación previa, dado el poco éxito que tuvo esta medida en la primera, para hacer resaltar alguna significación estadística directa.

III. — MEDIAS Y VARIANCIAS DE LAS DISTRIBUCIONES - COEFICIENTES PORCENTUALES

Debido a los errores estimados al principio de este trabajo, nos ha parecido adecuado, incluir este capítulo con objeto de asegurarnos el proceso.

Aquellos que quieran documentarse más ampliamente sobre la base estadística de esta sección, pueden encontrarlo ampliamente estudiado en la bibliografía propuesta al final del artículo.

Aquí, no obstante, daremos la significación de la misma.

Se llama media al valor promedio de una distribución de N números, es decir:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

aunque dada la gran cantidad de datos, hemos preferido hallarlos en nuestro trabajo utilizando la frecuencia de los mismos, utilizando entonces esta fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

Se llama variancia de una distribución al valor

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}$$

y desviación tipo a la raíz cuadrada del valor anterior, es decir:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

al igual que la media y por facilidad de cálculo, se ha obtenido a través de sus frecuencias empleando la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n f_i - 1}}$$

Con estos dos datos se puede concretar la distribución de cada parámetro, que en principio supondremos que sigue una distribución gaussiana o normal, aunque esto no es fundamental para nuestro propósito; en este sentido la media nos da el valor alrededor del cual se agrupan los valores, mientras que la Desviación Tipo nos da la constante de dispersión, es decir, cuando están separados los valores extremos o un % determinado de dichos valores del valor de la media.

Haremos un estudio conjunto de las dos pruebas, con objeto de compararlas y ver si efectivamente en este punto existe una disparidad de resultados. En lo que se refiere a la prueba de 10 minutos, sólo hemos evaluado el Pulso Basal (P^B), el pulso en el primer minuto (P_1), el incremento en el primer minuto de esfuerzo (ΔP_1), el pulso máximo (P_{10}) equiparable al P_6 en la prueba de 6 minutos, el pulso en el primer minuto de recuperación (P_{11}), equiparable al P_7 de la prueba de 6 minutos y el pulso final de recuperación (P_{20}), equiparable al P_{12} de la prueba de 6 minutos.

Hemos creído más conveniente no publicar las tablas cuyos resultados están dados a continuación, por cuestión de espacio, pero están a disposición de aquellos que quisieran consultarlos.

Distribución del Pulso Basal

Prueba de 6 minutos-

$$\bar{x} = \text{pulso basal medio} = 55.73 \text{ pulso/min.}$$

$$\sigma = \text{desviación tipo} = 8.409$$

Prueba de 10 minutos-

$$\bar{x} = 52.992 \text{ pulso/min.}$$

$$\sigma = 8.973$$

Como se ve el Pulso Basal en la prueba de 10 m. es algo más bajo que en la prueba de 6 m., aunque la diferencia no es sustancial como para sacar la conclusión de que hay una diferencia entre las muestras tomadas para una y otra prueba.

En cuanto a la desviación tipo, parámetro que nos da la dispersión sobre la media, de la población estudiada existe poca diferencia, aunque en la segunda prueba están algo más dispersos.

Distribución del Pulso en el primer minuto del esfuerzo.

En la prueba de 6 m.-

$$\bar{x} = 119.12 \text{ puls/min.}$$

$$\sigma = 10.3$$

En la prueba de 10 m.-

$$\bar{x} = 96.755 \text{ puls/min.}$$

$$\sigma = 11.567$$

Aquí en este parámetro, existen diferencias sustanciales entre las medias de ambos parámetros, mientras que la media en la primera prueba es de 119.12 pulso/min., en la segunda es sólo de 96.755 pulso/min. En cuanto a la desviación tipo, no existe una especial significación.

Queremos hacer hincapié en el primer resultado, éste quiere significar que, en lo que al primer minuto se refiere, la segunda prueba es muy floja en comparación con la primera, esto se traduce lógicamente en una falta de significación estadística y las causas de estas afirmaciones es que así como en la prueba de rendimiento máximo de 6 minutos el esfuerzo está proporcionado con el peso, no así en la segunda. Así un atleta de 70 Kg. en la primera prueba trabajará en el primer minuto con 70.3 = 210 watos, mientras que en la segunda prueba lo hará sólo con 100 watos, de aquí esta dife-

rencia entre ambas medias, que como veremos tendrá repercusiones en estudios posteriores.

Distribución del incremento en el primer minuto del esfuerzo.

Prueba de 6 m.-

$$\bar{x} = 63.38 \text{ pulso/min.}$$

$$\sigma = 18.75$$

Prueba de 10 m.-

$$\bar{x} = 43.46 \text{ pulso/min.}$$

$$\sigma = 9.513$$

A esta distribución se le pueden aplicar todos los comentarios que hemos realizado con la anterior.

Distribución del pulso máximo.

En la prueba de 6 m.-

$$\bar{x} = 170.72 \text{ pulso/min.}$$

$$\sigma = 14.35$$

En la prueba de 10 m.-

$$\bar{x} = 168.365 \text{ puls/min.}$$

$$\sigma = 13.683$$

Vemos por los datos anteriores que la media en el máximo esfuerzo en una y otra prueba son equiparables 170 y 168; así como sus desviaciones tipo, esto quiere significar que en cuanto al sexto minuto de *la prueba ambos sistemas son igualmente evaluables*, en este caso el deportista actúa con una carga parecida.

En caso de tener que decidir qué prueba se ha de seguir, evidentemente nos inclinaremos por la primera por su mayor rapidez de realización, basándonos sólo en la evaluación de este parámetro.

Distribución primer minuto de recuperación.

Prueba de 6 m.-

$$\bar{x} = 122.48 \text{ pulso/min.}$$

$$\sigma = 14.25$$

Prueba de 10 m.-

$$\bar{x} = 122.517 \text{ pulso/min.}$$

$$\sigma = 16.119$$

Como era de esperar, ambas medias se diferencian en muy poco, puesto que han partido de un pulso aproximadamente el mismo y aquí no actúan ya fenómenos de esfuerzos.

Distribución del pulso final de recuperación.

Prueba de 6 minutos-

$$\bar{x} = 83.87 \text{ pulso/min.}$$

$$\sigma = 14.05$$

Prueba de 10 minutos.-

$$\bar{x} = 80.027 \text{ pulso/min.}$$

$$\sigma = 11,764$$

Como se observa, las medias del parámetro estudiado en ambas pruebas es muy parecido, si bien en la prueba de 10 minutos es algo más bajo, esto es debido que mientras en la primera prueba la recuperación es de 6 minutos, en la segunda dicha recuperación es de 12 minutos, por lo cual se debía presuponer que dicho pulso hubiese bajado mucho más en el segundo caso que en el primero, pero no ha sido así, por lo tanto parece que los 6 minutos extras de recuperación influyen muy poco y que para bajar este pulso, llamémosle «residual», hasta recuperar su pulso basal normal, debe transcurrir bastante tiempo más.

Hasta ahora nos hemos limitado a comparar las dos pruebas entre sí, pero las medias y variancias *per se*, tienen una significación y era una de las motivaciones de este apartado. Comparadas estas medias con las obtenidas por la experiencia, han resultado ser totalmente correctas, por lo cual podemos seguir adelante nuestro estudio en la seguridad de que la muestra ha sido objetivamente elegida, punto sin duda de crucial importancia en relación con la objetividad de los resultados finales.

Evidentemente estas medias no son estáticas, sino que irán variando a lo largo del tiempo, esta variación nos puede dar una evaluación correcta del estado de un determinado deporte, de una determinada región, del efecto de un determinado entrenamiento o bien de la progresión o regresión de un mismo deportista.

Cuantitativamente estas evaluaciones se pueden plasmar en coeficientes numéricos que no harán sino comparar el valor de cada uno de los 5 parámetros obtenidos con la media de dichos parámetros; así podemos saber si un atleta determinado está por encima o por debajo de la media.

Puesto que de cada deportista obtendremos 5 coeficientes (uno por cada parámetro exami-

nado) tendremos una información muy completa sobre la acomodación de su aparato cardio-circulatorio.

Para este cálculo sugerimos el siguiente coeficiente, fácil de calcular y fácil igualmente de interpretar:

$$M_i = \frac{P_i - \bar{P}_i}{\bar{P}_i} \cdot 100$$

Donde P_i es el parámetro del atleta en un momento dado, \bar{P}_i es la media de dicho parámetro en la distribución general.

Así, por ejemplo, si un atleta tiene un pulso basal de 60 pulsaciones/minuto, dicho coeficiente

$$M_B = \frac{60 - 55,73}{55,73} \cdot 100 = 7,66\%$$

que quiere decir que dicho atleta está en 7,66 % peor que la media de deportistas examinados. Este coeficiente puede ser positivo en el caso de que dicho atleta estuviese por encima de la media de la población deportista examinada.

IV. — RELACION Y CORRELACION ENTRE LOS DIVERSOS PARAMETROS

Esta sección tiene una doble motivación, la primera y fundamental ver la relación que existe en los diversos parámetros de las dos pruebas a estudiar, ya que sin este conocimiento sería completamente imposible hallar un coeficiente global significativo, para la evaluación objetiva de la forma (adaptación cardio-circulatoria) de un deportista por medio de este coeficiente.

La segunda era comprobar las proposiciones ergométricas propuestas por diversos autores.

La tercera, ver cómo variaban dichos parámetros en los dos tipos de pruebas realizadas y admitir o rechazar alguna de ellas.

Las técnicas seguidas y los resultados obtenidos en esta sección han sido dos, la primera es el ajuste por mínimos cuadrados de N pares de puntos (en nuestro caso, cada dos de los parámetros definidos) a curvas del tipo $y = ax^b$, o bien $y = a \cdot e^{bx}$ y una segunda de obtención del coeficiente de correlación entre cada par de valores.

AJUSTES POR MINIMOS CUADRADOS Y COEFICIENTES DE CORRELACION

No queremos entretenernos aquí en la explicación de esta técnica, pero para aquel que esté

interesado, puede documentarse en la bibliografía apuntada al final de este artículo.

Hemos utilizado como hemos dicho los dos ajustes $y = a \cdot e^{bx}$, y $y = ax^b$, si bien hemos preferido actuar con este segundo por su facilidad de manejo, para aquellos que no están familiarizados con las curvas.

Tomando $y = ax^b$ linealizando la ecuación: $\ln y = b \ln x + \ln a$ donde

$$b = \frac{N \sum (\ln x \cdot \ln y) - \sum \ln x \sum \ln y}{N \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2}$$

$$\ln a = \frac{\sum \ln y}{N} - \frac{\sum \ln x}{N} \cdot b$$

siempre en el campo $x^i > 0$ e $y^i > 0$ para $i = 1, 2, 3, \dots, N$

Los cálculos de dichos ajustes han sido realizados con un calculador Hewlett-Packard 9.100 A.

Nos parece que no es aquí el momento oportuno para hacer un desarrollo global de las técnicas de correlación, de lo cual pueden encontrar cumplida explicación en las bibliografías reseñadas; pero sí queremos dar una idea de lo que este coeficiente significa, para la mejor comprensión de esta sección.

Este coeficiente nos indica la dependencia que existe entre «n pares de puntos», representación de n pares de valores de 2 parámetros. Dicho coeficiente puede variar desde $r = -1$ a $r = 1$.

En este artículo nos hemos desviado algo del concepto tradicional de coeficiente de correlación y siempre que lo mencionemos a lo largo del estudio queremos significar la dependencia que existe entre la curva de ajuste descrita anteriormente y la distribución real de estos parámetros.

En el caso óptimo de $r = 1$, se quiere significar que los n pares de valores de 2 parámetros se ajustan perfectamente a la curva descrita y que esta relación es directa, es decir, que cuando uno de ellos aumenta, el otro también lo hace, precisamente en la relación indicada por la curva.

En el caso de $r = 0$, significa que el ajuste de los n pares de valores del parámetro examinado, no se ajustan a ningún tipo de curva, aunque este caso es hipotético ya que siempre existirá algún tipo de curva que no dé coeficiente de correlación nulo, bastaría una recta que uniese dos puntos de esta dispersión.

Entre estos extremos descritos ideales, existen toda una gama de coeficientes de correlación, que nos indicarán la bondad de la dependencia entre los parámetros, punto que discutiremos más adelante en esta misma sección.

Al igual que para el ajuste por mínimos cuadrados, hemos utilizado un calculador Hewlett-Packard para la obtención de dicho coeficiente. La prueba utilizada fue:

$$r = \frac{N \sum \ln x_i \cdot \ln y_i - (\sum \ln x_i)(\sum \ln y_i)}{\sqrt{[N \sum (\ln x_i)^2 - (\sum \ln x_i)^2][N \sum (\ln y_i)^2 - (\sum \ln y_i)^2]}}$$

siendo su campo de aplicación $x^i > 0$ y $y^i > 0$ para $i = 1, 2, 3, \dots, N$.

Utilizando estas dos herramientas matemáticas, hemos obtenido los siguientes resultados, cuyas tablas hemos suprimido por su longitud, pero de cuyos resultados damos cumplida representación gráfica, ya que quizás sea este uno de los puntos más importantes de este estudio.

El hecho de no hacer la descripción de los resultados obtenidos por orden de obtención de los mismos estriba en que existen algunos resultados menos claros, por tanto, expondremos primero aquellos de gran claridad, con lo cual podremos ir introduciéndonos en el estudio de estos parámetros y comprenderlos mejor.

En todas las relaciones que expondremos a continuación hemos seguido la misma normativa. Primero hemos hecho una tabla con los dos parámetros a evaluar; después de un estudio visual previo, del cual no se saca casi nunca ninguna conclusión, hemos hallado su curva de relación, por mínimos cuadrados, siguiendo la técnica explicada anteriormente. Después hemos procedido a calcular el coeficiente de correlación, coeficiente que nos indica, lo mucho o poco que se ajustan los parámetros reales a la curva hallada; posteriormente hemos dibujado dicha curva en los casos que verdaderamente fue significativa. Posteriormente describimos las conclusiones a que ésta da lugar.

Relación entre el Pulso Basal (P^B) y el pulso en el primer minuto del esfuerzo (P_1).

Los resultados obtenidos son:

En la prueba de 6 minutos:

$$P_1 = 17,16 \cdot P^B \quad 0,436$$

$$r = 0,611$$

En la prueba de 10 minutos:

$$P_1 = 21,47 \cdot P^B \quad 0,42$$

$$r = 0,4$$

En las figuras 1 y 1 bis están representadas ambas curvas, las curvas representativas de las

pruebas se ajustan con bastante verosimilitud a la distribución de los parámetros reales, como se puede deducir de sus altos coeficientes de correlación. Sin embargo, vemos que existen diferencias sustanciales entre ambos; así, para un atleta que tuviese un pulso basal de 50 pulsaciones/min. (lo que nos presupone unas parecidas condiciones cardiocirculatorias), en la prueba de 6 m. resulta un pulso en el primer minuto de 111 puls./min., mientras que en la prueba de 10 m. es sólo de 94 puls./min. Ya habíamos mencionado estas diferencias en el apartado III de este mismo artículo, al hablar de las medias y variancias de las distribuciones.

Podemos ver que ambos resultados coinciden; esta es una de las razones por las cuales creemos que la prueba progresiva de 10 m. de esfuerzo no es adecuada en cuanto a la evaluación de los primeros minutos de la prueba.

Hemos de tener cuidado, al extraer resultados de esta curva, como de todas las demás, ya que sólo es aplicable a la zona de evaluación estudiada y de ninguna forma podemos extrapolar los resultados fuera de ella.

De momento sólo discutiremos aquí la relación en P^B y P_1 ; naturalmente esto involucra también el parámetro ΔP_1 , pero éste lo glosaremos más adelante.

Como aparece evidente en la relación, existe una dependencia directa entre ambos parámetros, es decir, a un mayor P^B , corresponde un mayor P_1 ; o lo que es igual, cuanto mejor sea la adaptación cardiocirculatoria de un deportista, más bajo será su P^B y su P_1 .

Ahora bien, este aumento no es proporcional, sino que la curva va disminuyendo de pendiente en la figura 1, o bien va aumentando en la figura 1 bis, esto significa que si bien dentro de la zona de evaluación P_1 aumenta con P^B «este aumento es cada vez menor», pudiendo llegarse incluso al resultado utópico pero matemáticamente posible de que $\Delta P_1 = 0$, en casos de pulsos basales altísimos, del orden de 197 pulsaciones/min., dato este completamente teórico.

Volveremos sobre este punto al hablar de las variaciones del ΔP_1 más adelante.

De momento nos basta con saber que el P_1 aumenta con el P^B y que este aumento no es proporcional.

Relación en el Pulso máximo (P_6 ó P_{10}) y el pulso basal (P^B)

La representación de ambas curvas se halla en la figura 2 y corresponde a las expresiones siguientes:

Para la prueba de 6 minutos:

$$P_6 = 88,08 \cdot P_B^{0,16}$$

$$r=0.3$$

Para la prueba de 10 minutos:

$$P_{10} = 71,32 \cdot P_B^{0,215}$$

$$r=0.397$$

Como vemos por el coeficiente de correlación, el ajuste entre los datos reales y las curvas dibujadas es algo menor que en el caso anterior, pero son evaluables.

Del estudio de ambas curvas vemos que aunque la forma de las curvas es algo distinta (esto se podría explicar pues ambas pruebas han sido efectuadas con más de un año de diferencia), la muestra, aunque de características parecidas, no es absolutamente igual.

Podemos observar comparándolos que para pulsos basales bajos (deportistas muy bien preparados) la prueba de 6 m. parece ser más

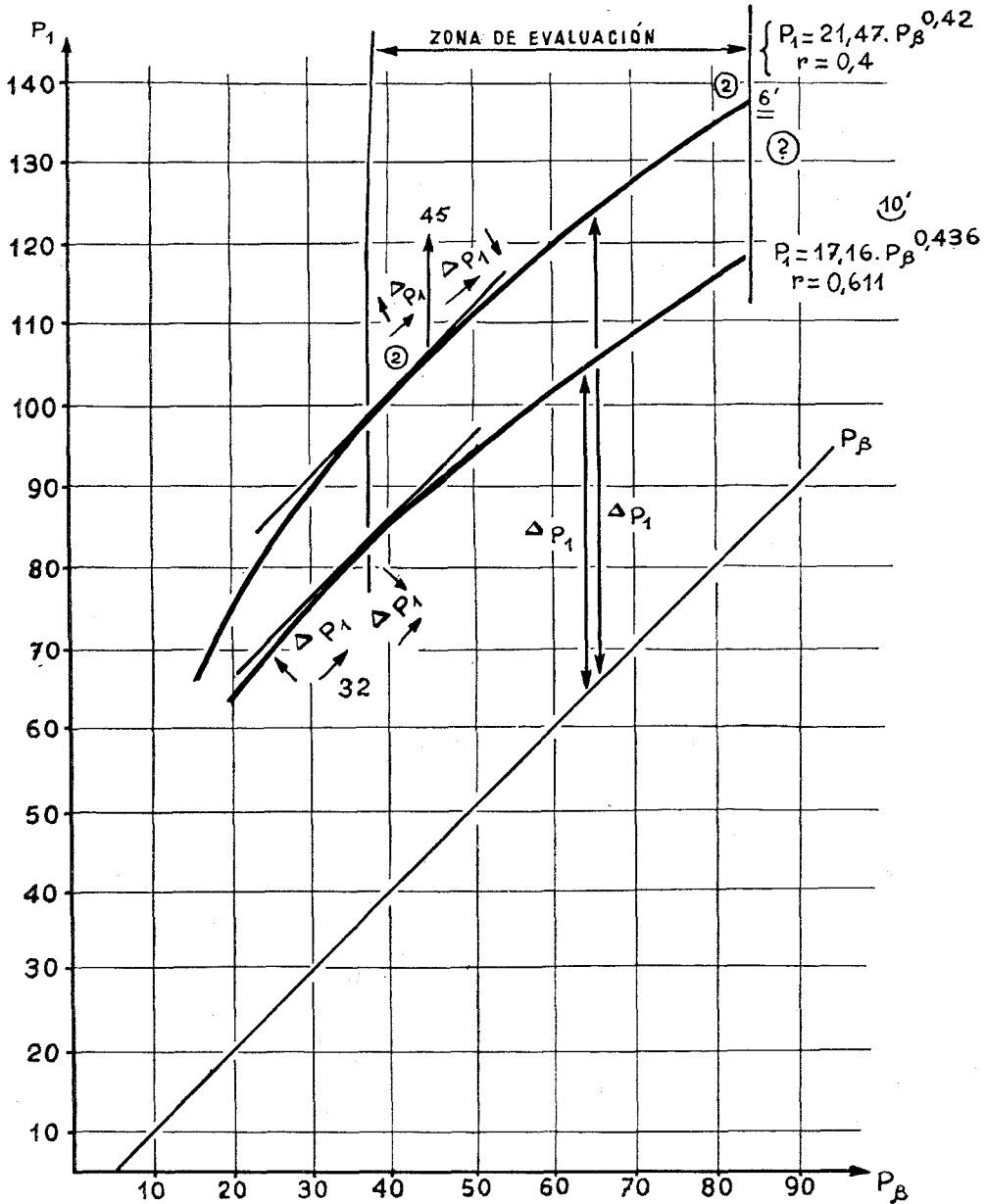


Figura 1

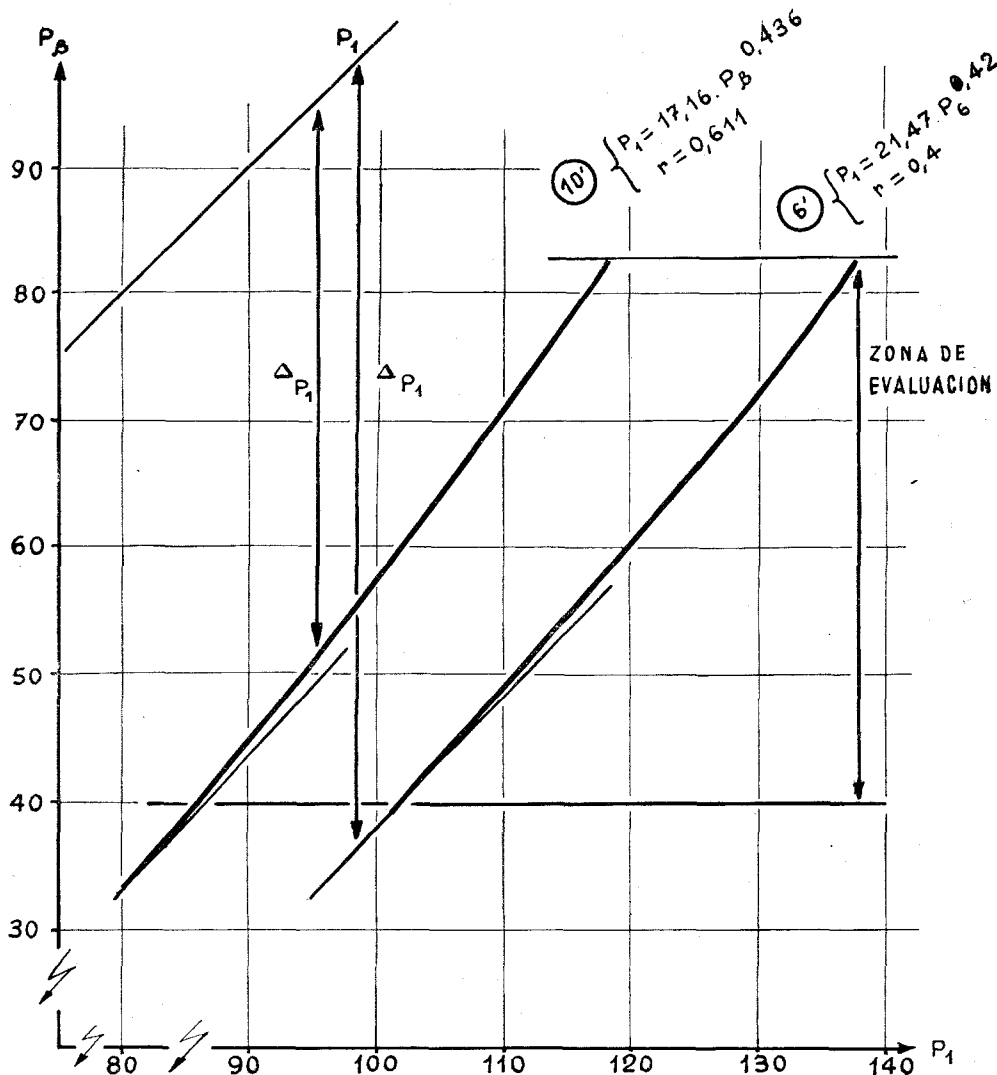


Figura 1 bis

dura que la de 10 m., mientras que para pulsos basales altos (deportistas no tan bien preparados) el predominio parece ser de la prueba de 10 minutos.

Nos parece que ambas pruebas sirven para evaluar correctamente el parámetro P_0 .

Queremos hacer hincapié, al igual que antes, que estas conclusiones sólo son válidas en la zona de evaluación y cualquier extrapolación es errónea.

De las expresiones anteriores o sus curvas representativas deducimos que ambos parámetros P_0 y P_B tienen una dependencia directa, esto quiere decir que cuando P_B aumenta, lo hace también P_0 ; aunque esta dependencia no es pro-

porcional, es decir, a medida que el pulso basal se incrementa la pendiente de la curva va disminuyendo; es decir, que el pulso en el 6.º minuto de un deportista de alto pulso basal no es el que correspondería a uno bien preparado sino que es menor; esto parece ser una tendencia general de todos los parámetros, que por otro lado sigue una ley general en todos los campos de la biología.

«Cuanto peor está adaptado cardio-circulatoriamente un deportista, es mayor la resistencia de su sistema cardio-circulatorio a incrementar su pulso».

En resumen de este apartado diremos primero que el pulso en el sexto o décimo minuto de

la prueba aumenta con el pulso del deportista, pero dicho aumento no es proporcional y segundo que ambas pruebas son válidas para la evaluación de este parámetro.

Relación entre el pulso máximo (P_6 ó P_{10}) y el pulso en el primer minuto de la recuperación

La representación de la relación entre dichos parámetros se muestra en el gráfico de la figura 3 y corresponde a las expresiones siguientes:

Para la prueba de 6 minutos:

$$P_6 = 20,3 \cdot P_7^{0,442}$$

$$r=0,726$$

Para la prueba de 10 minutos:

$$P_{10} = 22,4 \cdot P_{11}^{0,42}$$

$$r=0,689$$

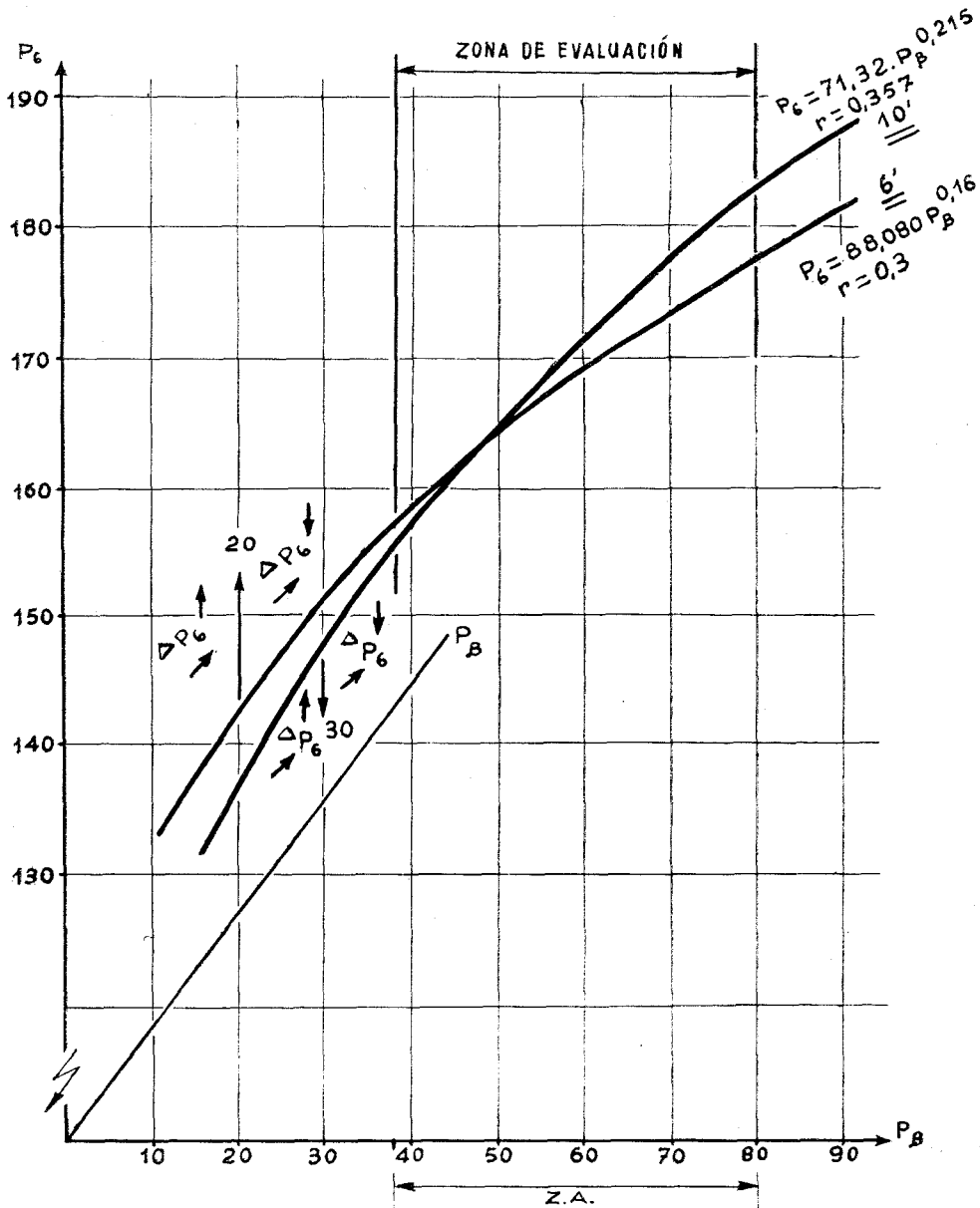


Figura 2

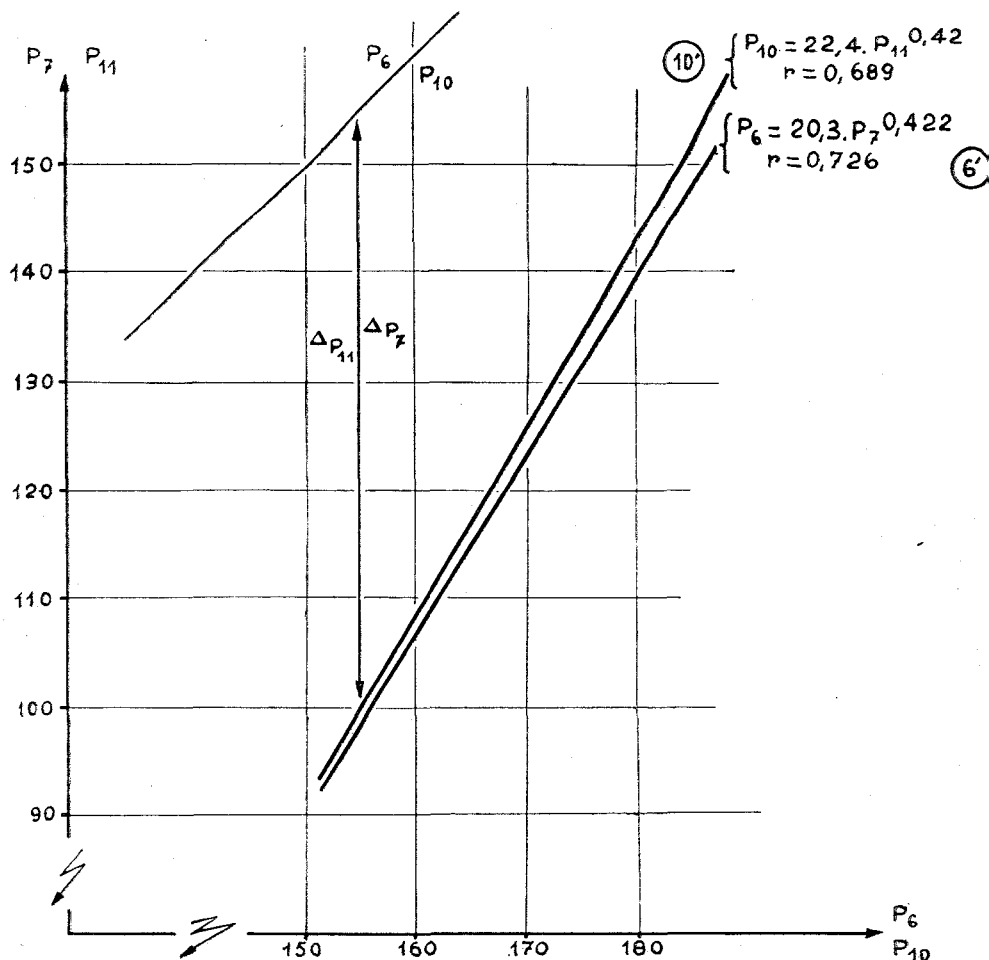


Figura 3

Vemos que en ambos casos el ajuste de dichas curvas a los parámetros reales es absolutamente evaluable, dado su alto coeficiente de correlación.

Al igual que en el apartado anterior no existe una diferencia marcada entre ambas pruebas, lo cual se podría intuir en vista de los resultados del apartado III, cuando hablamos sobre este tema.

De las expresiones anteriores podemos deducir que ambos parámetros tienen una dependencia directa, es decir, a medida que P_6 ó P_{10} aumenta, P_7 ó P_{11} también lo hace, pero al igual que en el caso anterior, esta dependencia no es proporcional sino que la pendiente de la curva de la figura 3 va aumentando, no se crea que este resultado es erróneo, sino simplemente que para su estudio posterior del ΔP hemos cambiado los ejes de coordenadas, lo cual nos sigue la ley que hemos comentado anteriormente, siempre dentro de la zona de evaluación.

Resumen de estas relaciones: es que P_6 ó P_{10} aumentan o disminuyen con P_7 ó P_{11} , que este aumento o disminución no es proporcional y

además ambas pruebas son igualmente evaluables, no sólo para el parámetro P_7 ó P_{11} estudiado sino para todos los que se tomen en la zona de recuperación.

Relación entre el pulso máximo y el pulso final de recuperación

La representación gráfica de las curvas que relacionan en ambas pruebas los parámetros estudiados se muestran en la figura 4 y las relaciones son las siguientes:

Para la prueba de 6 minutos:

$$P_6 = 51,196 \cdot P_{12}^{0,272}$$

$$r = 0,664$$

Para la prueba de 10 minutos:

$$P_{10} = 40,399 \cdot P_{20}^{0,376}$$

$$r = 0,622$$

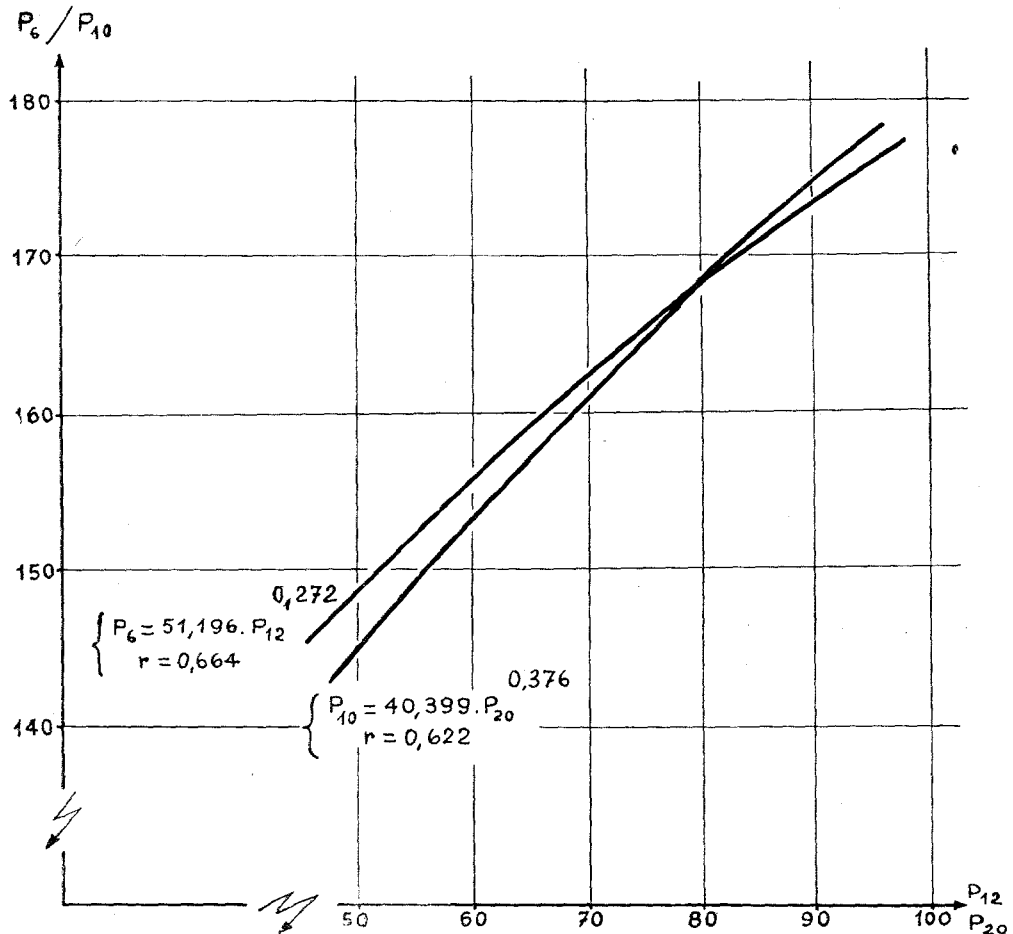


Figura 4

Como se puede deducir de los coeficientes de correlación, el ajuste de los valores reales, con las curvas técnicas obtenidas es muy bueno y por supuesto correctamente evaluables.

En cuanto a la comparación entre las dos curvas, se puede observar que no existe una marcada diferencia entre ellas, sólo la normal variación fisiológica, por lo cual y como habíamos adelantado antes, tanto una como otra prueba es perfectamente evaluable para el estudio de parámetro P_{12} ó P_{26} .

Existe pues una dependencia directa entre los parámetros P_9 ó P_{10} y P_{12} ó P_{20} , aunque como en los casos anteriores esta dependencia no es proporcional, sino que la pendiente de la curva a disminuyendo.

En resumen: dependencia directa no proporcional y evaluación por igual de ambas pruebas.

Estudio del incremento en el primer minuto del esfuerzo en ambas pruebas

Tanto éste como el siguiente estudio, ha sido la parte más larga y profunda de este trabajo,

porque como se verá salen resultados contradictorios, sobre todo si se tiene en cuenta los principios de evaluación ergométrica, generalmente admitidos.

Intentaremos describir el proceso de evolución del análisis con objeto de comprender mejor el problema.

Al principio utilizamos la misma técnica que en los resultados anteriores y hallamos la relación que existía entre el pulso basal y el incremento en el primer minuto del esfuerzo, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Para la prueba de 6 m.:

$$\Delta P_1 = 82,07 \cdot P_B^{-0,08}$$

$$r = -0,04$$

Para la prueba de 10 minutos:

$$\Delta P_1 = 106,74 \cdot P_B^{-0,23}$$

$$r = -0,17$$

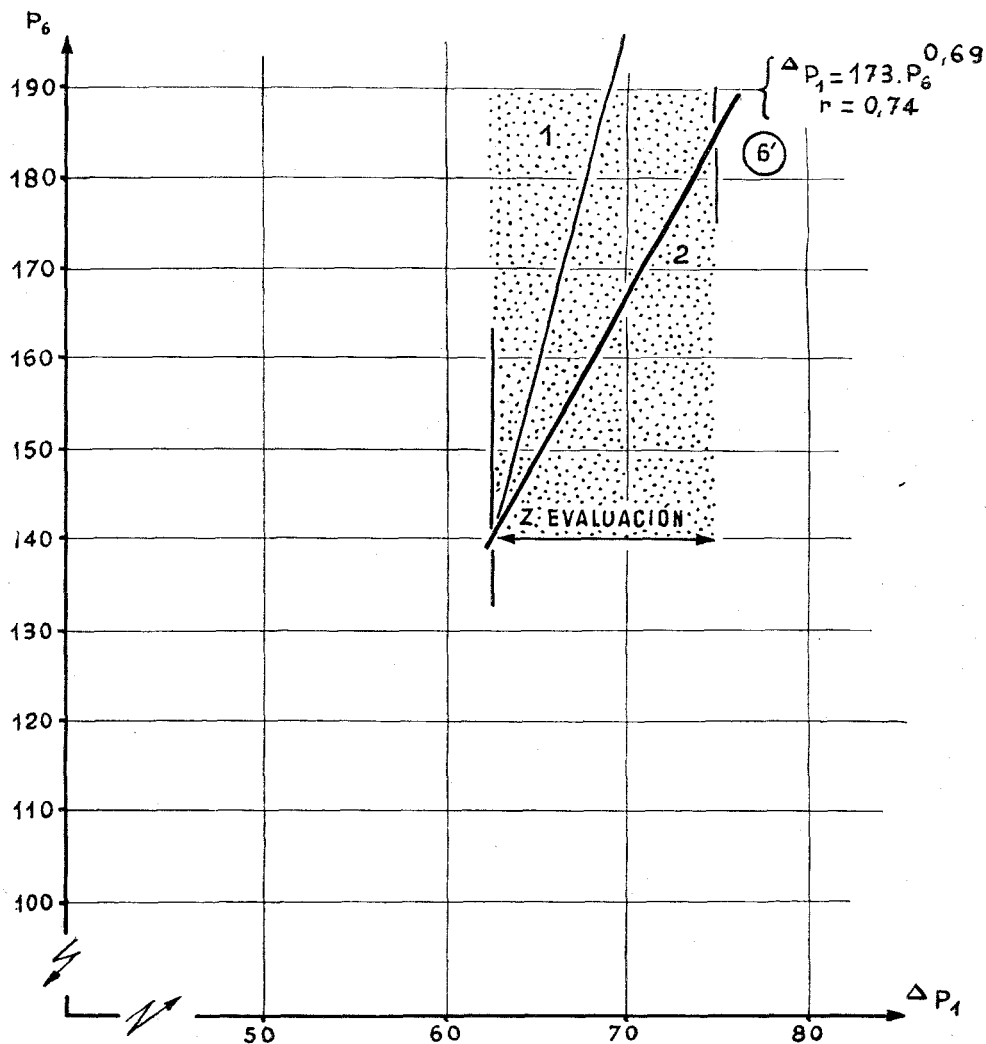


Figura 5

No hemos representado las curvas puesto que éstas no son representativas de la distribución real de estos parámetros, el hecho de que el coeficiente de correlación sea casi nulo indica estadísticamente que ambos parámetros son totalmente estadísticos, es decir, que no tienen nada que ver el uno con el otro, en principio esto iba contra toda lógica, sobre todo en lo que a la prueba de 6 minutos se refiere.

Basado en los anteriores resultados, achacamos la culpa de esta falta de correlación al pulso basal e intentamos buscar otro parámetro más fiable, nos referimos al pulso máximo (P_6 ó P_{10}).

Procediendo por el mismo sistema llegamos a la obtención de las siguientes relaciones:

Para la prueba de 6 minutos:

$$\Delta P_1 = 1.73 \cdot P_6^{0,69}$$

$$r = 0,74$$

Para la prueba de 10 minutos:

$$\Delta P_1 = 6.534 \cdot P_6^{0,383}$$

$$r = 0.14$$

Como se ve, efectivamente, para la prueba de 6 m., existe una buena correlación, es decir, esta curva es efectivamente una buena representación de la distribución real de estos parámetros.

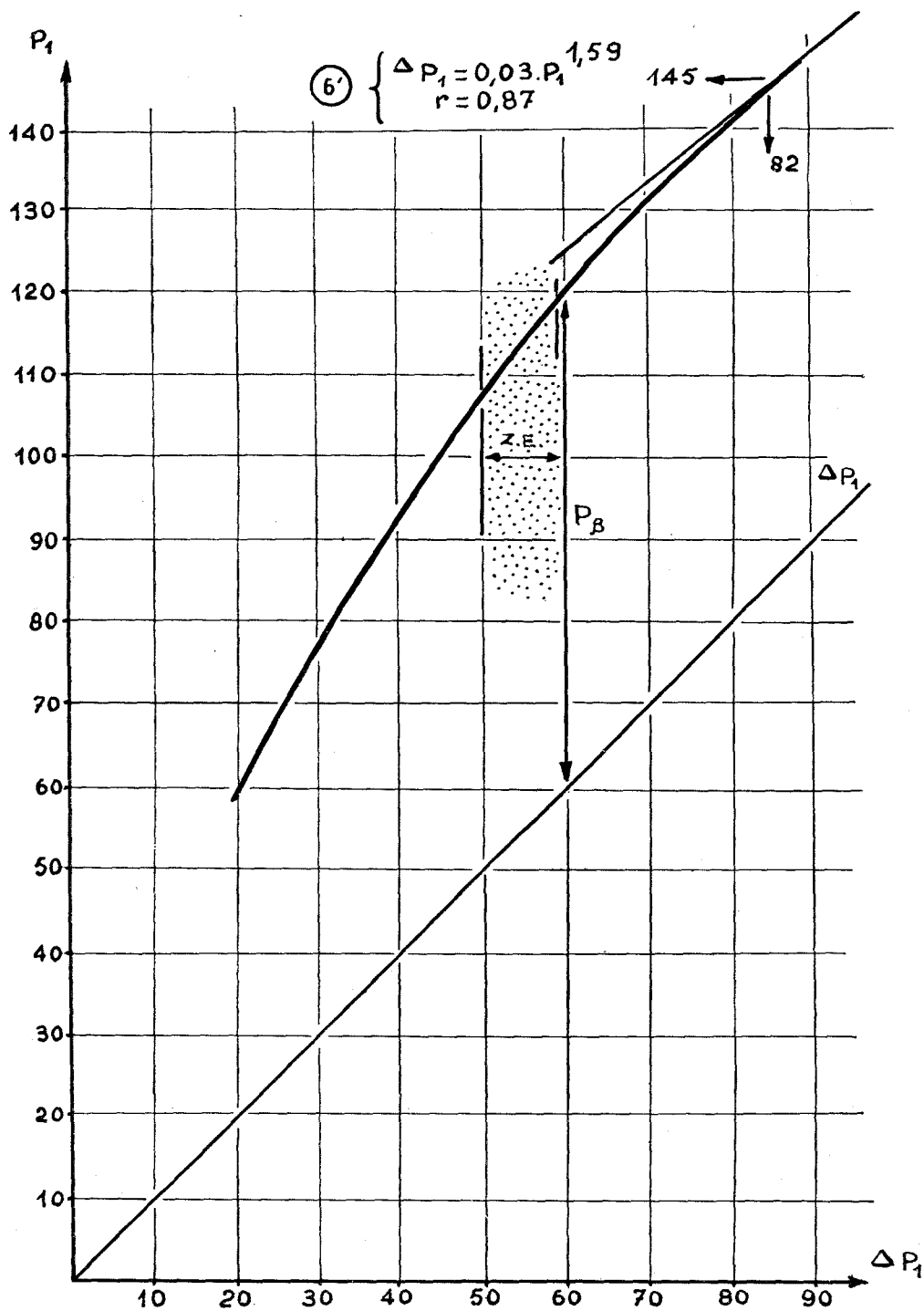


Figura 6

tros, dicha curva está representado gráficamente en la figura 5 en dos versiones, la 1.ª a igual escala en ambas coordenadas y la 2.ª con escala doble en abscisas que en ordenadas. En lo que respecta a la representación de la curva co-

respondiente a la prueba de 10 m., no la hemos incluido, dado que su pequeñísimo coeficiente de correlación nos indica que no es evaluable el ajuste de dicha curva a las variaciones reales de dichos parámetros, lo cual nos

hace una vez más confirmar la hipótesis de que la prueba progresiva de 10 m. es totalmente inadecuada para la evaluación de los parámetros de esfuerzo especialmente de los primeros 4 m., por las razones expuestas en el apartado III y confirmadas aquí.

Estos resultados eran estadísticamente correctos, pero los primeros resultados nos hicieron seguir indagando sobre este parámetro, utilizando la misma técnica, hallamos la relación entre P_1 y P_6 ; era claro que si esta relación era del mismo tipo que la anterior estábamos en el buen camino puesto que como hemos visto anteriormente la relación entre P_6 y P_1 era directa.

La relación resultante fue:

Para $P_6 = 144$	$P_1 = 20.38 \cdot \Delta P_1^{0,411}$	$r = 0,877$
$P_6 = 150$	$P_1 = 15.55 \cdot \Delta P_1^{0,482}$	$r = 0,911$
$P_6 = 156$	$P_1 = 9.335 \cdot \Delta P_1^{0,603}$	$r = 0,898$
$P_6 = 162$	$P_1 = 21.568 \cdot \Delta P_1^{0,424}$	$r = 0,954$
$P_6 = 168$	$P_1 = 20.559 \cdot \Delta P_1^{0,424}$	$r = 0,824$
$P_6 = 174$	$P_1 = 12.183 \cdot \Delta P_1^{0,549}$	$r = 0,897$
$P_6 = 180$	$P_1 = 25.803 \cdot \Delta P_1^{0,366}$	$r = 0,745$
$P_6 = 186$	$P_1 = 19.840 \cdot \Delta P_1^{0,442}$	$r = 0,662$
$P_6 = 192$	$P_1 = 8.352 \cdot \Delta P_1^{0,645}$	$r = 0,904$

La representación gráfica de algunas de estas curvas están dadas en la figura 7, como se ve su ajuste a los parámetros reales es evidente, dado sus altos coeficientes de correlación, no debe extrañar que sean tan altos ya que, aquí son menos puntos, por lo tanto más fácilmente correlacionables y además el coeficiente de correlación global era muy alto $r = 0.87$ (ver párrafos anteriores).

Aunque se aprecia un cierto desplazamiento hacia arriba de la curva, a medida que el pulso máximo va aumentado, este aumento no es lo suficientemente claro, como para dejarnos satisfechos, por lo cual nos pareció oportuno seguir investigando el parámetro.

$$\Delta P_1 = 0.03 \cdot P_1^{1,59}$$

$$r = 0.87$$

Su representación gráfica está dada en la figura 6, la curva es totalmente representativa, dado su alto coeficiente de correlación. Hemos renunciado a efectuar dicha operación con la prueba de 10 m., dado su total ineficacia para evaluar este parámetro, como hemos visto anteriormente.

Como se ve, era la relación esperada y podemos seguir confiando que íbamos en el buen camino.

Como última comprobación empleamos varias veces consecutivas esta técnica, es decir, la relación entre P_1 y P_6 , para diversos pulsos máximos, dichas expresiones fueron:

Las dudas volvieron a surgir al estudiar detenidamente las figuras 1 ó 1 bis (ambas representan lo mismo), en lo cual se puede observar que a partir de un determinado pulso basal, el incremento en el primer minuto disminuye, aunque al ser su coeficiente de correlación no demasiado grande —nos referimos a la prueba de 6 m., ya que la de 10 m. la hemos desechado para el estudio de este parámetro—, no se puede evaluar absolutamente.

Volviendo de nuevo a las figuras 5 y 6, y fijándonos en la zona de evaluación, vemos que ésta es sumamente estrecha en lo que al ΔP_1 se refiere. Así en la figura 5 vemos que la máxima variación del incremento en el primer minuto

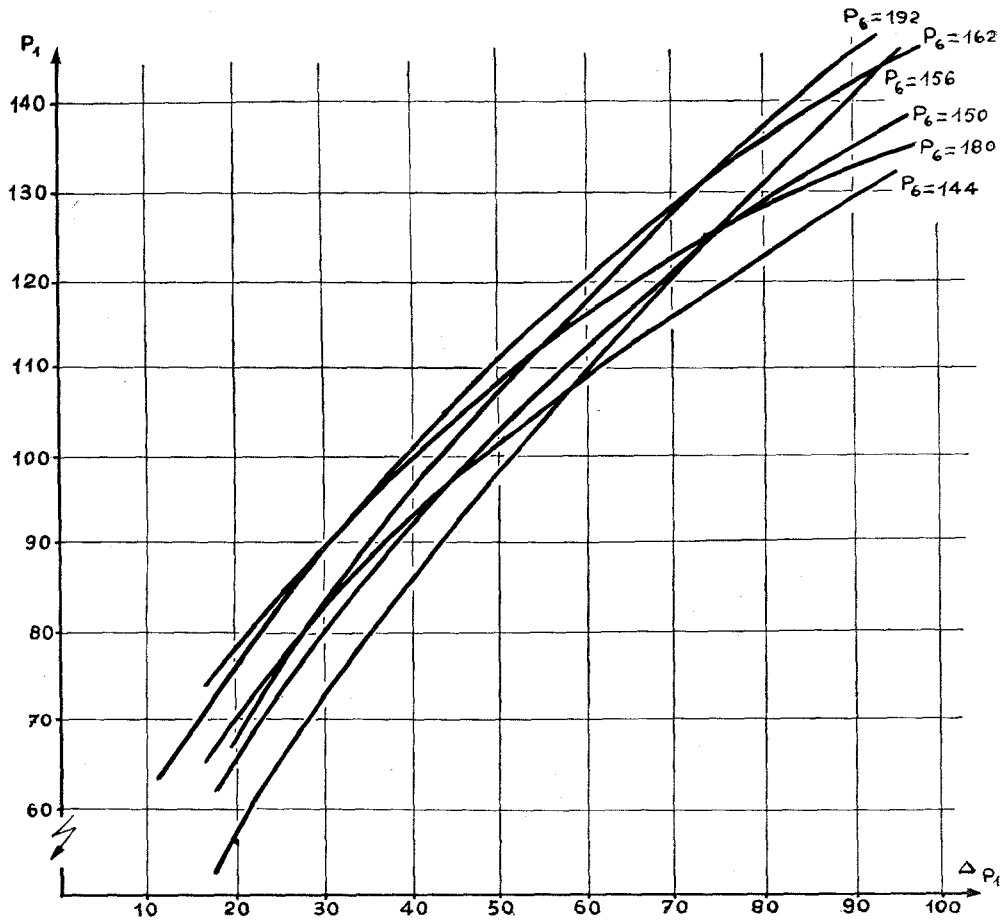


Figura 7

entre nuestro deportista mejor preparado y el peor preparado es sólo de unos 12 puls./min., mientras que dicha variación en el pulso máximo es de 50 puls./min.

Este hecho se nos ve confirmado en la figura 6, que frente a variaciones maximales de 10 puls./min. en el incremento en el primer minuto, aparecen variaciones de 40 puls./min. en el pulso en el primer minuto, es decir, que prácticamente se han mantenido las variaciones del pulso basal. Hecho que se nos vuelve a confirmar en la figura 1 ó 1 bis, donde el ΔP_1 es la diferencia de ordenada entre la curva ya descrita y la recta de 45° que representa las variaciones de P^B referidas a ella misma. Vemos que la variación máxima del ΔP_1 es de 10 pulsaciones/min. tomados en los puntos 1 y 2 y referido a la prueba de 6 minutos.

Por fin podemos llegar a una conclusión en este punto y es que las diferencias entre el incremento en el primer minuto entre un deportista muy bien preparado y el de un deportista muy mal preparado (pero deportista, en el

sentido que le asignamos a esta palabra) son muy pequeñas en relación con las variaciones de los demás parámetros, que parece que existe un efecto de compensación, es decir, que el deportista mejor preparado incrementa algo más su pulso en el primer minuto que el peor preparado, *pero este efecto es tan pequeño* que cualquier error en la toma de medidas, en el estado anímico del atleta, hora de la prueba, etcétera, puede afectarlo, tal que dicho efecto desaparezca.

Sería muy interesante hacer este tipo de estudio en muestras muy seleccionadas por ejemplo, deportistas óptimamente preparados y personas que no practiquen deportes, siendo entonces posible observar si en realidad existe una diferencia sustancial o no.

Estudio del decremento en el primer minuto de recuperación

Este parámetro fue de más fácil evaluación que el anterior, por lo cual sólo mostraremos

las pruebas que nos llevaron a las conclusiones.

Utilizando los resultados hallados, al hablar de la relación entre P_6 y P_7 , representados en la figura 3, que como se recordará eran:

Para la prueba de 6 minutos

$$P_6 = 20.3.P_7^{0,442}$$

$$r = 0,726$$

Para la prueba de 10 minutos

$$P_{10} = 22.4.P_{11}^{0,42}$$

$$r = 0,689$$

Si trazamos sobre dicho gráfico la recta que presenta la variación de P_6 ó P_{10} con relación a ellos mismos, recta representada en el gráfico en la parte superior, o las diferencias de ordenadas entre dicha recta y la curva representa el valor del decremento en el primer minuto de la recuperación. Puesto que la pendiente de esta curva va aumentando a medida que aumenta P_6 ó P_{10} , deduciremos que el decremento varía en relación directa con P_6 y con P_7 . Es decir, que a deportistas con el pulso máximo más alto, corresponden pulsos en el 7º u 11º minuto más altos pero su decremento es menor.

Obsérvese que el ajuste de estas curvas a la variación real de los parámetros es absolutamente correcta dados sus grandes coeficientes de correlación.

Hay que observar sin embargo que como pasaba en el parámetro ΔP_1 ; las variaciones máximas del parámetro ΔP_7 ó ΔP_{11} son también pequeñas, 25 puls./min. entre el mejor deportista y el peor de ellos; aunque aquí no existen interferencia de condiciones previas, sí podría existir en la toma de medidas, hecho por el cual a veces este fenómeno queda enmascarado.

En resumen de esta última sección ΔP_7 ó ΔP_6 varía ligeramente con P_6 ó P_7 , pero dentro de unos límites muy restringidos.

APARTADO V

PRINCIPIO DE EVALUACION

Este apartado está dedicado a resumir las conclusiones deducidas del apartado anterior, para su aplicación en el apartado siguiente a la hora de evaluar el coeficiente.

Los principios son los siguientes:

1. — Cuanto más bajo es el pulso en reposo, mejor es la preparación cardiocirculatoria de un deportista.

2. — Cuanto más bajo es el pulso máximo (después de 6' ó 10') mejor es la adaptación cardiocirculatoria.

3. — Cuanto más bajo es el pulso final de recuperación (después de 12 m. ó 20 m.) mejor es la preparación cardiocirculatoria.

4. — Cuanto menor es el incremento en el primer minuto del esfuerzo, mejor es su preparación cardiocirculatoria.

5. — Cuanto mayor es el decremento en el primer minuto de la recuperación, mejor es su preparación cardiocirculatoria.

Queremos hacer la salvedad de que estas conclusiones son conclusiones «estadísticas», es decir, sacadas de una muestra de más de 100 deportistas y nos dan la tónica general; por lo cual no debe extrañar que aplicadas a un deportista particular los resultados fueran diferentes, pero aplicados a 100 ó más se confirmarían estas hipótesis.

Queremos también hacer notar que el principio 4.º, es válido sólo teniendo en cuenta las salvedades que indicamos en el apartado IV al tratar de él.

APARTADO VI

COEFICIENTE GLOBAL

VI. — A. CARACTERISTICAS

Todas las secciones anteriores no han sido sino meros estudios, bases y relaciones con objeto de obtener este coeficiente cuyas dos características fundamentales son:

1. *Significación.* — Esta es la característica fundamental en cuanto a la seriedad científica de este trabajo, es decir, que este coeficiente sea una representación lo más fiel posible de la preparación cardiocirculatoria y que su variación tanto estacionaria como a través del tiempo sea asimismo fiel seguidor de las vicisitudes de la preparación cardiocirculatoria del deportista o grupo de ellos estudiado.

2. *Simplicidad de cálculo.* — El que haya seguido paso a paso el presente estudio, habrá comprobado que numerosas veces hemos mencionado los calculadores, este ha sido una herramienta indispensable dada la complicación y cantidad de datos a calcular, pero puesto que este coeficiente va a ser utilizado fundamentalmente por médicos y personas no habituadas a su manejo y casi siempre sin las posibilidades económicas que estos aparatos requieren, hemos sacrificado algo de exactitud, por la fácil obten-

ción de este coeficiente, que como se verá se puede obtener en cualquier máquina normal de oficina, éstas sí, al alcance financiero y técnico de cualquier equipo de investigación médica.

VI. — B. OBTENCION DEL COEFICIENTE

La curva que se obtiene una vez plasmado en un gráfico los valores obtenidos en la prueba ergométrica, método usado hasta ahora, no ha sido descrita, en general los trozos de curvas entre cada dos datos son exponenciales de relativamente fácil obtención e incluso sus respuestas coinciden bastante bien con el símil eléctrico, de la salida de un filtro, después de haber introducido en él una onda cuadrada, de aquí podríamos sacar el coeficiente, pero en función de la simplicidad, hemos optado por sustituir dichos exponenciales por rectas, con lo cual evidentemente cometemos un error, la estimación de este error sólo se puede evaluar una vez obtenido el coeficiente como se verá, la distribución de dicho coeficiente se ajusta a la reali-

dad, mucho mejor de lo que a primera vista se hubiese podido predecir.

A la vista de lo anterior y utilizando las relaciones obtenidas en la sección IV, hemos optado por escoger un coeficiente que sea proporcional al «valor absoluto del área de la curva» así quedará:

$$k_1 = \int_0^{12} P(t) dt$$

Es decir, la integración de los valores del pulso a lo largo de toda la prueba, variando desde $t = 0$ hasta $t = 12$. El hecho de no haberlo calculado para la prueba progresiva de 10 m., obedece a los casos anteriormente mencionados.

El lector interesado puede documentarse en los libros citados en la bibliografía.

La aparente complicación de este coeficiente quedará anulada si desarrollamos:

$$\begin{aligned} \left| \int_0^{12} P(t) dt \right| &= \left| \int_0^1 P(t) dt \right| + \left| \int_1^6 P(t) dt \right| + \left| \int_6^7 P(t) dt \right| + \left| \int_7^{12} P(t) dt \right| \\ &= \int_0^1 P_B \cdot dt + \int_0^1 \frac{P_1 - P_B}{1} \cdot t \cdot dt + \int_1^6 P_1 \cdot dt + \int_1^6 \frac{P_6 - P_1}{5} \cdot t \cdot dt + \int_6^7 P_7 \cdot dt + \\ &+ \int_6^7 \frac{P_6 - P_7}{1} \cdot t \cdot dt + \int_7^{12} P_{12} \cdot dt + \int_7^{12} \frac{P_7 - P_{12}}{5} \cdot t \cdot dt = \\ &= P_B \left[t \right]_0^1 + (P_1 - P_B) \left[\frac{t^2}{2} \right]_0^1 + P_1 \left[t \right]_1^6 + \frac{P_6 - P_1}{5} \left[\frac{t^2}{2} \right]_1^6 + P_7 \left[t \right]_6^7 + (P_6 - P_7) \\ &\left[\frac{t^2}{2} \right]_6^7 + P_{12} \left[t \right]_7^{12} + \frac{P_7 - P_{12}}{5} \left[\frac{t^2}{2} \right]_7^{12} = \\ &= 0,5 P_B + 2P_1 + 10P_6 + 4P_7 - 4,5 P_{12} \end{aligned}$$

Con objeto de facilitar el cálculo, hemos considerado como coeficiente final $k = 2k_1$, con objeto de evitar las multiplicaciones por 0,5 y 4,5 con lo cual el coeficiente definitivo queda:

$$K = P_B + 4P_1 + 20P_6 + 8P_7 - 9P_{12}$$

VI. — C. INTERPRETACION

Una vez hallado este coeficiente k para cada individuo, tabulados en la última columna de la tabla I, vemos que deportistas con coeficientes muy altos indican una mala preparación e

individuos con una k muy baja indican muy buena preparación, como se ve en esta tendencia se aprecia en la tabla I.

En la tabla VIII hemos ordenado estos deportistas por el valor de sus k , que varían desde 3.790 para el mejor preparado (numéricamente), luego confrontado con las marcas obtenidas; hasta $k = 4.942$ para el peor preparado de todos ellos.

VI. — D. UTILIZACION PRACTICA DEL COEFICIENTE

A) *Estimación estacionaria de la preparación de un deportista:*

Puesto que existe como hemos visto en la práctica y estudiado teóricamente una relación directa entre el coeficiente global y la preparación cardiocirculatoria de los individuos; podemos establecer una escala, asignando a cada resultado de la prueba ergométrica un valor de k ; con esta escala podremos evaluar la preparación física de un deportista que por primera vez se somete a la prueba ergométrica, pudiéndole así aconsejar el tipo de entrenamiento más conveniente a su momento.

B) *Estimación de los progresos o retrocesos a lo largo del tiempo de un deportista:*

Repitiendo periódicamente dicha prueba al mismo deportista, en períodos suficientemente largos, como para que se pueda influir en su forma física y obteniendo los respectivos coeficientes globales, se podrá evaluar objetiva y rápidamente el curso seguido por su preparación física si

$k \uparrow$ está peor preparado que antes

$k \downarrow$ está mejor preparado que antes.

C) *Evaluación de tipos de entrenamientos:*

Sometidos una serie de deportistas a un determinado entrenamiento, se obtienen sus coeficientes globales antes y después de dicho período sometidos al entrenamiento antedicho; un estudio de dichos coeficientes nos dará el grado de éxito o fracaso de estos entrenamientos, así como el momento de preparación física más adecuado para aplicarlo.

D) *Macroevaluación:*

A orden o nivel de clubs, regional o nacional de las mismas evaluaciones anteriores, ya que como tenemos los valores medios, podremos

hallar su coeficiente global medio por tipo de deportes, clubs, regional o nacional, comparando dichos valores a lo largo del tiempo tendremos la evaluación buscada.

APARTADO VII

CONCLUSIONES

a) *En cuanto al coeficiente:*

— Este sólo es aplicable a deportistas *españoles* que practiquen intensamente deporte y de sexo varón. Este método o coeficiente «se podría» extrapolar fuera de este campo, pero para ello habría que tener en cuenta ciertos puntos, que no hemos tenido en cuenta en este trabajo.

— La validez de este coeficiente estará en función de la fidelidad de los datos a partir de los cuales se calcule, por esto a riesgo de parecer reiterativos es fundamental guardar todas las precauciones pre-prueba y medir el pulso con la mayor fiabilidad posible.

b) *En cuanto al tipo de prueba:*

A lo largo de este estudio, hemos venido indicando objeciones con respecto a una y otra prueba, aquí sólo queremos hacer un resumen de todas ellas.

Nos parece más fiable y evaluable la prueba de rendimiento máximo de 6 minutos, debido a:

1. — Con ello se puede estudiar significativamente los parámetros de esfuerzo especialmente los primeros minutos; cosa que como hemos visto es imposible en la prueba progresiva de 10 minutos de esfuerzo.

2. — Con ella se puede estudiar significativamente los parámetros de esfuerzo máximo, ya que como hemos visto, el hecho de ser 4 minutos más corta no afecta ni al pulso máximo en sí (apartado III) ni a la distribución de este parámetro (apartado IV).

3. — Con ella se puede estudiar significativamente los parámetros de recuperación, ya que como hemos visto, el hecho de que dicha recuperación dure 4 minutos menos, prácticamente no afecta ni a los valores (apartado III) ni a su distribución (apartado IV).

4. — Tiene además esta prueba de 6 minutos, la gran ventaja práctica de que no hay que cambiar la carga cada período de tiempo y además dura 8 minutos menos que la progresiva, ventaja que en igualdad de condiciones hubiese sido suficiente para elegirla.

5. — La única desventaja de esta prueba res-

pecto a la progresiva, es, quizás, su dureza, con lo cual eliminamos una serie de deportistas no demasiado bien preparados, pero los cuales se pueden igualmente evaluar. Todos los deportistas examinados (los cuales mejor, o peor, terminaron la prueba); están en el intervalo (3.790, 4.942); éstos los podemos evaluar por medio del coeficiente k ; los que no terminaron la prueba están a la derecha de $k = 4.942$; puesto que tenemos puntos de referencia sobre deportistas estudiados, se podría hacer un estudio comparativo de los mismos.

Otro sistema, el cual nos parece francamente interesante y valdría la pena estudiar, para estos deportistas, que no pueden acabar esta prueba, es disminuir la carga aplicada, con lo cual el

campo de aplicación de esta prueba podría aumentar ilimitadamente, aunque haría falta un considerable estudio experimental para poder ponerla a punto.

El hecho de que la prueba progresiva de 10 m., no sea eficaz para la evaluación de los parámetros de esfuerzo, por lo menos para los primeros minutos, obedece según nuestro criterio, a dos causas. La primera y fundamental que no existe una proporcionalidad entre el peso del deportista y el esfuerzo que tiene que realizar, de aquí la aleatoriedad de los resultados, mientras que para un individuo de 80 kilos, pedalear con 100 watos de peso, la prueba es un paseo, para el individuo de 60 kilos supone un esfuerzo considerable.

SIGNOS

- P^B = Pulso basal o pulso antes de empezar la prueba.
 ΔP_1 = $P_1 - P^B$ = incremento del pulso en el primer minuto de esfuerzo.
 P_1 = Pulso después del primer minuto de esfuerzo.
 P_6 = Pulso después del sexto minuto de esfuerzo en la prueba de 6 minutos.
 ΔP_6 = $P_6 - P_7$ = decremento o disminución del pulso en el primer minuto de la recuperación.
 P_7 = Pulso en el séptimo minuto de la prueba y primero de recuperación en la prueba de 6 m.
 P_{12} = Pulso en el duodécimo minuto de la prueba y sexto de la recuperación, en la prueba de 6 m.
 r = Coeficiente de correlación.
 \bar{x} = Media de la distribución.
 $\overline{O^2}$ = Variancia de la distribución.
 \overline{O} = Desviación tipo de la distribución.
 f_i = Frecuencia de un valor determinado.
 $\overline{x^i}$ = Cualquier valor de la distribución.
 M^i = Coeficientes porcentuales con respecto a la media.
 k = Coeficiente global.
 P_t = Valores del pulso en función del tiempo.
 P_{10} = Pulso máximo en la prueba de 10 minutos.
 P_{11} = Pulso en el primer minuto de recuperación en la prueba de 10 minutos.
 P_{12} = Pulso final de recuperación en la prueba de 10 minutos.

BIBLIOGRAFÍA

- «Introduction to the Theory of Statistics». — Mood and Graybill - McGraw-Hill, 1963.
 «Statistical Theory and Methodology in Science and Engineering». — U. A. Brownlee - John Wiley and Sons, 1965.
 «Principios de Estadística Médica». — Bradford Hill. Ateneo, 1965.
 «Estadística aplicada a la Ingeniería». — J. Mothes y J. Torrens. - Ariel, 1970.