

El comportamiento electrocardiográfico del corazón en los entrenados para pruebas de resistencia y de potencia bajo esfuerzo hasta el agotamiento

E. GADERMANN.

K. JUNG.

(Traducido de la revista «Sportarzt und Sportmedizin». — Cuadernos 10-11/1970. — Cortesía de los LABORATORIOS WANDER).

En la medicina de rehabilitación y de rendimiento desempeñan un papel predominante para el juicio de sanos y enfermos las pruebas de sobrecarga o esfuerzo. Así pues, resulta natural ampliar los conocimientos sobre las posibilidades de valoración de las pruebas funcionales para que se conozcan los límites entre el comportamiento normal y el patológico.

Según HERXHEIMER (1933), REINDELL (1960), BUTSCHENKO (1967) y otros, las personas y deportistas no entrenadas muestran durante y después de un esfuerzo físico los mismos cambios característicos del E.C.G. si se prescinde de que sus reacciones de frecuencia son distintas. Como causa de los cambios se han considerado los procesos metabólicos miocárdicos de curso fásico (fase trofotropa; fase ergotropa; fase trofotropa) (KLEPZIG, 1956 y otros) que incluso después de los conocimientos más recientes sobre los procesos bioquímicos en el miocardio, no pueden olvidarse todavía del todo si consideramos la cuestión de forma individual. Además se indicó la importancia de un cambio de posición del corazón en la caja torácica relacionado con la respiración profunda que ejerce especialmente un efecto sobre la amplitud de R y T. Finalmente se han atribuido

a influencias neurovegetativas los cambios del Electrocardiograma después del esfuerzo (NORDENFELDT, 1949). REINDELL (1949) vio una posible causa en el desplazamiento de la oferta de sangre en la periferia del corazón y de los vasos coronarios. Hasta qué punto los cambios del E.C.G. representan variantes de la norma, si pueden ser empleados para juzgar el estado de entrenamiento, dónde están los límites entre el comportamiento fisiológico y el patológico, son aspectos que hasta la fecha solamente pueden juzgarse a partir de la experiencia. En la investigación presente comunicamos resultados que se obtuvieron en personas entrenadas para la resistencia y para la potencia, así como en personas normales, con una sobrecarga física creciente hasta el agotamiento en el ergómetro de bicicleta, con el objetivo de obtener fundamentos adicionales para el juicio del comportamiento electrocardiográfico en tales condiciones. En la delimitación del comportamiento «normal» y «patológico» del E.C.G. de esfuerzo existen todavía numerosos puntos sin aclarar que estimulan a tal tipo de investigación.

METODOS

Como sujetos de experimentación sirvieron 57 personas (13 corredores de fondo entrenados para la resistencia, 14 corredores de medio fondo entrenados para la resistencia, 18 remeros entrenados para potencia y 12 personas normales sin entrenamiento especial). La edad de los sujetos de experimentación osciló entre los 20 y 29 años con una edad media de 25; en los grupos individuales existían tipos de constitución idénticos en gran medida.

En estado de entrenamiento no pudo mantenerse del todo igual por los motivos sugeridos.

Para el registro del E.C.G. con un movimiento del papel del 25 y 50 mm/seg., se empleó el registrador triple «Atlas 3 DS», electrodos microadherentes y el E.C.G.-Sol (Burton, Persons & Co.) Se registraron las derivaciones de la pared torácica en todo el tórax en el orden del pequeño triángulo cardíaco de NEHB (D = derivación dorsal; A = derivación anterior y J = derivación inferior). Para la evaluación individual se recurrió solamente a la derivación anterior. Este orden de los registros tiene la ventaja de que también durante una sobrecarga máxima en el ergómetro de bicicleta apenas se originan trastornos por temblores musculares o cambios de la línea cero por un acoplamiento defectuoso de los electrodos con la piel. Sin embargo, es especialmente importante la indiferencia de este tipo de derivaciones frente a las influencias por ortostasis y respiración, que se presentan especialmente con la disposición horizontal de los electrodos, tal como se emplea en diversas ocasiones bajo esfuerzo. Para el cálculo estadístico del valor medio y de la dispersión dieron buen resultado los trayectos individuales medidos según NEHB en la derivación anterior, intervalo R-R, tiempo P-Q y tiempo Q-T así como P, RS y T, formándose en todas las ocasiones 4-5 mediciones del valor medio. En lo que se refiere a los intervalos R-R, P-Q y Q-T y además a la amplitud de RS se averiguaron en estado de reposo, durante el esfuerzo físico y en la fase de recuperación según los métodos generalmente conocidos. Las amplitudes de P y T se midieron a partir de una línea de referencia que se estableció desde un principio de Q hasta el próximo. Finalmente se investigó la relación Q-T/R-R (en que por R se entiende siempre la punta de una curva R), es decir el sistole eléctrico, en relación a la duración total de los períodos del pulso.

Los registros E.C.G. se realizaron en un momento de reposo absoluto (de 1/2 a 1 hora antes del comienzo de la sobrecarga), unos 30 se-

gundos antes del comienzo del esfuerzo, durante la adaptación instantánea (10 segundos después del comienzo del esfuerzo) al final de cada fase de sobre carga, durante el trabajo, aumentada en 40 watos cada 3 minutos continuamente a partir de 30 watos. De este modo, se obtuvo una sobrecarga permanente creciente, que con las demás condiciones exteriores similares en decúbito se efectuaron con un pedaleo en el ergómetro de bicicleta hasta los límites de rendimiento subjetivos y objetivos.

Las personas normales alcanzaron este límite de rendimiento por término medio al cabo de 21 minutos con 270 watos; los corredores de fondo y de medio fondo alcanzaron este límite de rendimiento al cabo de 24 minutos y 310 watos; los sujetos entrenados para potencia alcanzaron, por término medio, al cabo de 27 minutos de trabajo en el ergómetro el límite de rendimiento subjetivo y objetivo a 350 watos. De 5 a 10 segundos después de la interrupción del trabajo siguió el próximo registro; a continuación se procedió a los registros en la fase de recuperación a intervalos de un minuto a 10 minutos después de haber terminado el ensayo de trabajo.

RESULTADOS

El comportamiento electrocardiográfico en los grupos individuales en principio es considerablemente similar; más adelante se detallarán las diferencias entre diversos sujetos entrenados. Como representativos para los hallazgos electrocardiográficos con esfuerzo creciente hasta el agotamiento y en la fase de recuperación pueden considerarse los resultados de los corredores de fondo.

En la fig. 1 se representan los valores medios de la duración R-R, P-Q y Q-T con los límites de dispersión en reposo durante un esfuerzo continuamente creciente hasta el máximo, y en la fase de recuperación en 13 corredores de fondo.

El intervalo R-R tiene como valor medio en reposo 1,16 seg., con ello la frecuencia a unos 52 latidos/min. En la primera fase de sobrecarga el intervalo R-R se acorta al principio, rápidamente; con una sobrecarga creciente se hace más reducido el acortamiento del intervalo R-R y con ello el aumento de la frecuencia de una fase a otra y por ejemplo ya no se modifica más con sobrecargas entre 270 y 210 watos. A este respecto los corredores de fondo alcanzan un intervalo R-R medio de 0,35 segundos, que corresponde a una frecuencia cardíaca de unos 170 latidos/min. En la fase de recuperación, el intervalo R-R aumenta rápidamente

hasta el tercero o cuarto minuto (0,54 segundos $n = 92$ latidos/min.) y se modifica en los próximos minutos sólo de forma reducida (décimo minuto: intervalo R-R = 0,72 seg. correspondiente a una frecuencia de 83 latidos/min.). 10 minutos después de haberse acabado el esfuerzo, la frecuencia cardíaca está todavía claramente elevada frente al valor de partida en reposo.

El tiempo P-Q es en reposo por término me-

dio de 0,15 seg., siendo apenas modificado antes del comienzo de la sobrecarga por las influencias psíquicas, permaneciendo casi igual con una sobrecarga de trabajo media y ligera (reducido descenso lineal), reduciéndose solamente con una sobrecarga submaximal a un valor medio de 0,09 seg., que tampoco sigue reduciéndose con una sobrecarga creciente hasta el agotamiento. Frente al valor de partida este acortamiento es estadísticamente muy significa-

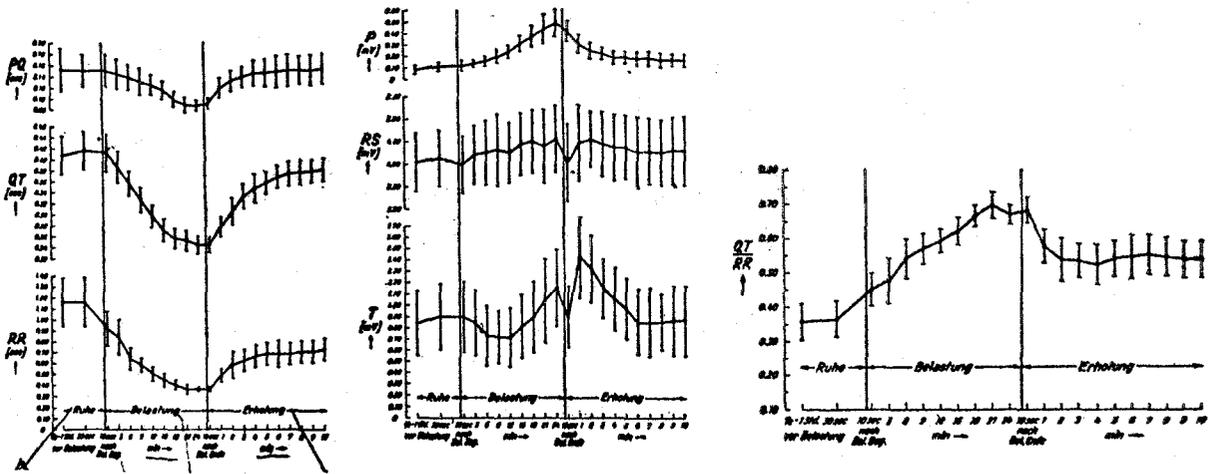


Fig. 1.—Intervalo R-R, Q-T, P-Q. Cociente Q-T/R-R. Amplitud P, RS y T de los corredores de fondo entrenados para la resistencia ($n=13$) en reposo, durante una sobrecarga creciente en el ergómetro de bicicleta en decúbito hasta el límite del rendimiento (posición de partida 30 wattios, aumento cada 3 minutos en 40 wattios) y durante una fase de recuperación de 10 minutos. Cálculo de los valores medios y de la dispersión correspondiente de la derivación anterior (A) del triángulo cardíaco menor.

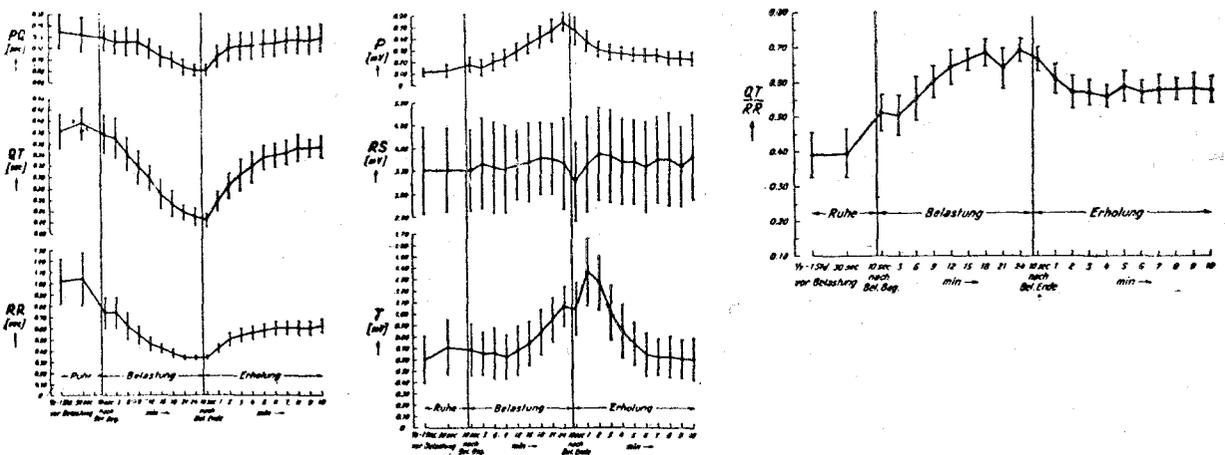


Fig. 2.—Intervalo R-R, Q-T, P-Q. Cociente Q-T/R-R. Amplitud P, RS y T de los corredores de medio fondo entrenados para la velocidad y la resistencia ($n=14$) en reposo, durante un esfuerzo reciente en el ergómetro de bicicleta en decúbito, hasta un límite de rendimiento (en posición de partida 30 wattios, incremento cada 3 minutos en 40 wattios) y durante una fase de recuperación de 10 minutos. Cálculo de los valores medios y de la dispersión correspondiente de la derivación anterior (A) y del triángulo cardíaco menor.

tivo. En la fase de recuperación, se llega a una rápida prolongación del tiempo P-Q hasta el valor inicial, la cual se alcanza en el séptimo minuto. La dispersión se vuelve cada vez más pequeña durante la sobrecarga, con el aumento de la frecuencia, y en la fase de recuperación hasta 10 minutos después del esfuerzo permanece por debajo del valor inicial.

La duración Q-T es en reposo por término medio de 0,41 seg. Desciende muy significativamente hasta la sobrecarga submaximal; se reduce sólo un poco con una sobrecarga mayor (0,24) y se recupera muy rápidamente al principio, en la fase de recuperación (hasta el cuarto minuto en 0,34 seg.), y luego más lentamente hasta el valor inicial. Este no se ha alcanzado todavía con 0,38 seg. al cabo de 10 minutos de la fase de recuperación (diferencia estadísticamente significativa frente al valor en reposo). La dispersión se va haciendo menor con una sobrecarga creciente.

En la fig. 1 se ven, además, el comportamiento del cociente Q-T/R-R de los mismos sujetos de experimentación. En reposo, el comportamiento de la duración sistólica eléctrica es por término medio de 0,36, durante la duración total de los períodos del pulso.

Aumenta continuamente al ir creciendo la intensidad de trabajo y alcanzan un valor máximo de 0,70 ya antes de la sobrecarga máxima, el cual no sigue aumentando con un aumento adicional del esfuerzo de 270 a 310 vatios, sino que se reduce un poco sin significación estadística. Después del final de la sobrecarga el cociente de Q-T/R-R retrocede en el plazo de los dos primeros minutos a 0,54.

Esta relación permanece casi igual hasta el décimo minuto. Existen diferencias aseguradas estadísticamente entre el valor de partida y el valor máximo, entre el valor máximo y el valor del 10.º minuto del tiempo de recuperación y entre éste y el valor de partida.

En la figura 1 se representa finalmente el comportamiento de las amplitudes de P, RS y T de corredores de fondo en reposo, durante el esfuerzo y en la fase de reposo, en la derivación anterior según NEHB.

La amplitud de P es en reposo por término medio de 0,08 mV. y aumenta inmediatamente después de la sobrecarga a 0,11 mV. Especialmente en las fases de sobrecarga medias a submaximales sigue aumentando la amplitud de P, alcanza un máximo en la fase máxima con 0,49 mV y durante la recuperación desciende al principio rápidamente, a partir del 4.º minuto (0,18 mV.) y más lentamente a 0,16 mV. hasta el 10.º minuto, con lo que en este momento permanece con una elevación asegurada esta-

disticamente sobre el valor en reposo. Durante el esfuerzo aumenta la derivación estandar y en la fase de recuperación permanece elevada sobre el valor de partida.

La amplitud de RS es en reposo por término medio de 4,0 mV., la derivación estandar 0,7 mV., valor que apenas se modifica durante la totalidad de la fase de recuperación y de esfuerzo. Finalmente son dignos de mencionar un reducido descenso al comienzo de la sobrecarga, la tendencia a una ligera elevación de la amplitud con una intensidad del trabajo continuamente creciente y el descenso pasajero inmediatamente después de la interrupción del esfuerzo. Con una dispersión considerable de los valores individuales permanecen sin embargo las diferencias muy por debajo de la seguridad estadística.

La amplitud de T es en reposo por término medio de 0,84 mV., antes de la sobrecarga aumenta a 0,90 mV., se reduce después del comienzo de la misma con un mínimo en el 6.º a 12.º minuto (0,73 a 0,71 mV.) y se eleva entonces hasta el esfuerzo máximo a 1,15 mV.

Inmediatamente después del fin de la sobrecarga se reduce a 0,90 mV., aumenta en el primer minuto de la fase de recuperación hasta un máximo de 1,43 mV. y se reduce hasta el minuto 10.º al valor de partida. La dispersión permanece casi con la misma magnitud en reposo y en la fase de recuperación. En comparación con el valor de partida solamente puede asegurarse estadísticamente la elevación de la amplitud T en el primer minuto de la recuperación.

En la fig. 2 se ve la duración de R-R, P-Q y Q-T, la proporción de Q-T, R-R y las amplitudes de P, RS y T en las fases individuales de sobrecarga en 14 corredores de medio fondo. En la fig. 3 pueden verse los valores correspondientes a 18 remeros, mientras que los de 12 personas normales sin entrenamiento especial se encuentran en la fig. 4.

Aunque los intervalos y amplitudes individuales de la curva E.C.G. en principio se modifican en todos los grupos del mismo modo en dependencia de la fase de trabajo correspondiente, existen diferencias individuales que deben mencionarse. La amplitud de la punta P es en reposo en los corredores de fondo la mínima (0,08 mV.); en los remeros y en las personas normales es igual con 0,09 mV.; en los corredores de medio fondo es la máxima (0,12 mV.). La diferencia no es significativa. Una explicación de esta divergencia no la vemos al principio. Durante el esfuerzo máximo la punta P es del 470 al 580 % del valor inicial. Es mínima en el grupo de las personas normales (0,44 mV.),

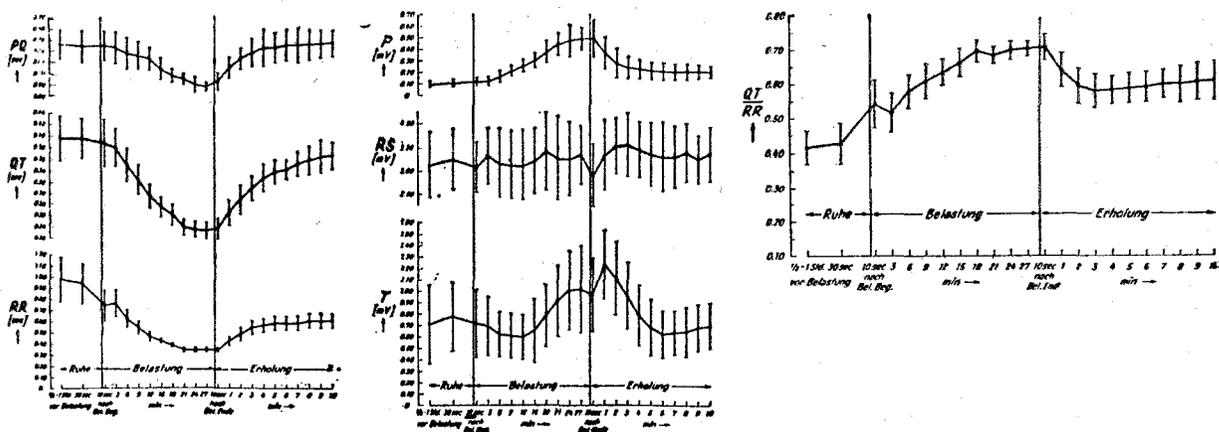


Fig. 3.—Intervalo R-R, Q-T, P-Q. Cociente Q-T/R-R. Amplitud P, RS y T de remeros entrenados para potencia ($n=18$) en reposo, durante un esfuerzo creciente en el ergómetro de bicicleta en decúbito hasta el límite de rendimiento (en posición de partida 30 watos, incremento cada 3 minutos de 40 watos) y durante una fase de recuperación de 10 minutos. Cálculo de los valores medios y de la dispersión correspondiente de la derivación anterior (A) del triángulo cardíaco menor.

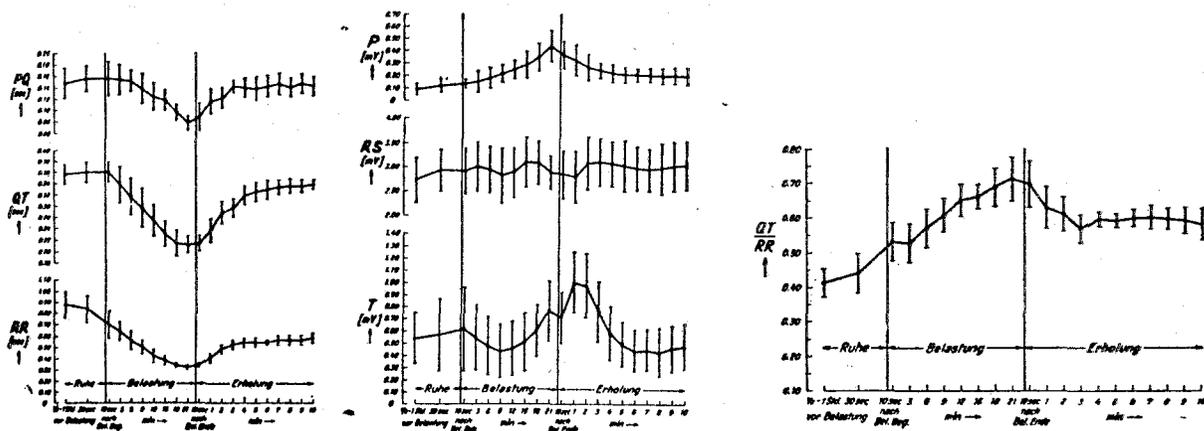


Fig. 4.—Intervalo R-R, Q-T, P-Q. Cociente Q-T/R-R. Amplitud P, RS y T de personas normales sin entrenamiento especial ($n=12$) en reposo, durante sobrecarga creciente en ergómetro de bicicleta en decúbito hasta el límite de rendimiento (posición de partida 30 watos, incremento cada 3 minutos en 40 watos) y durante una fase de recuperación de 10 minutos. Cálculo de los valores medios y de la dispersión correspondiente de la derivación anterior (A) del triángulo cardíaco menor.

subiendo al máximo en los corredores de medio fondo (0,55 mV.). La diferencia entre estos dos grupos es muy significativa estadísticamente durante la sobrecarga submaximal. En el décimo minuto de la fase de recuperación no puede verificarse estadísticamente la diferencia en mínimo en los corredores de fondo 0,16 mV., el comportamiento de la amplitud de P (valor valores máximos en los corredores de medio fondo 0,21 mV.). Frente al valor inicial, la punta P se mantiene elevada en los grupos individuales en un 82-100 %.

La amplitud de RS es máxima en reposo en los corredores de fondo con 4,04 mV., en las personas no entrenadas es mínima con 2,74 mV. (diferencia muy significativa).

Durante el esfuerzo máximo va aumentando de forma reducida en todos los grupos (en un 5-13 %), siendo la mayor en los corredores de fondo y la menor en los corredores no entrenados. Esta diferencia está asegurada estadísticamente.

Inmediatamente después de interrumpir el esfuerzo se reduce la amplitud RS de un 99 a

un 87 % del valor máximo, siendo más pronunciada esta disminución en las personas bien entrenadas que en las mal entrenadas. Diez minutos después del fin de la sobrecarga la amplitud RS permanece máxima en los corredores de fondo, siendo significativamente inferior en las personas no entrenadas.

La amplitud de T en reposo es máxima en 14 corredores de fondo con 0,84 mV.; en las personas no entrenadas es mínima con un término medio de 0,54 mV. La diferencia es muy significativa estadísticamente. De 6 a 12 minutos después del comienzo del esfuerzo se registra un mínimo, que es el del 80,5 % (personas normales) al 104 % (corredores de medio fondo) del valor inicial.

Durante el trabajo máximo se llega a una elevación de la amplitud T en valor medio al 137 % (corredores de fondo) hasta el 178 % (corredores de medio fondo) del valor en reposo. La diferencia puede atribuirse a que los corredores de fondo, ya en reposo, presentan una onda T elevada, de modo que la elevación adicional no ejerce un valor más intenso porcentualmente. La onda T alcanza por término medio un pico entre 1,15 mV. (corredores de fondo) y 0,77 mV. (personas no entrenadas). La diferencia es muy significativa.

Inmediatamente después de la interrupción del esfuerzo se llega a una reducción, que en comparación con el valor máximo es del 7 al 22 %. Un minuto después del final de la sobrecarga se encuentran los valores más elevados para T (corredores de fondo 1,43 mV. = 170 % del valor en reposo; corredores de medio fondo 1,37 mV. = 228 %; remeros 1,24 mV = 174 %; personas no entrenadas 1,00 mV. = 185 por 100). Al cabo de otros nueve minutos de recuperación la amplitud está entre el 103 % (0,87 mV. en corredores de fondo) y el 88 % (0,48 mV. en las personas no entrenadas) del valor de partida. La diferencia entre ambos grupos es estadísticamente significativa al nivel del 1 %.

La duración P-Q está en reposo entre 0,148 segundos (personas normales) y 0,154 seg. (remeros). Estos valores corresponden a los averiguados por BUTSCHENKO (1967) con derivaciones en todo el tórax. Las prolongaciones P-Q se encuentran sólo en casos muy aislados. Durante la sobrecarga máxima la diferencia de la duración P-Q media entre corredores de fondo y los restantes grupos puede apreciarse estadísticamente (duración P-Q más prolongada en valor medio con 0,086 seg. en corredores de fondo, intervalo P-Q más breve en valor medio con 0,076 seg. en los restantes). Tres minutos antes de la interrupción del esfuerzo se encuen-

tra el intervalo P-Q mayor con 0,096 seg. en personas normales, el menor con 0,080 seg. en remeros, en todos los casos (por término medio).

Diez minutos después del final de la sobrecarga los remeros presentan la duración P-Q más prolongada (0,152 seg.), los corredores de medio fondo la más breve (0,136 seg.). La diferencia no está asegurada estadísticamente.

Durante el esfuerzo máximo el tiempo P-Q se acorta en un 49 % (remeros) hasta el 57 % (corredores de fondo) del valor de partida; al cabo de diez minutos la fase de recuperación es del 91 % (corredores de medio fondo) al 100 % (corredores de fondo) del valor en reposo. El tiempo Q-T abarca en reposo valores entre 0,408 seg. (corredores de fondo) y 0,356 segundos (personas normales). La diferencia es muy significativa estadísticamente. Durante la carga maximal se reduce a 0,230 seg. (valor mínimo en corredores de medio fondo) hasta 0,244 segundos (valor máximo en corredores de fondo), es decir en un 35 % (personas no entrenadas) hasta un 41 % (corredores de fondo, remeros) del valor de partida. La diferencia puede asegurarse estadísticamente.

Al cabo de 10 minutos de fase de recuperación el intervalo Q-T alcanza con un 92 % (corredores de medio fondo, remeros) a un 94 % (personas normales), casi de nuevo el valor en reposo. Los tiempos están entre 0,336 segundos en personas no entrenadas y 0,378 segundos en corredores de fondo. Entre ambos grupos extremos puede asegurarse estadísticamente la diferencia como en reposo.

El intervalo R-R presenta con 1,16 seg., es decir unos 52 latidos/min., en los corredores de fondo el valor máximo, con 0,88 seg. es decir unos 68 latidos/min. en las personas normales por término medio en valor mínimo. La diferencia está asegurada estadísticamente.

Durante un esfuerzo máximo distinto en los grupos individuales, se llega a un acortamiento de la duración de los períodos del pulso de 0,36 segundos. = 167 pulsaciones/min. (corredores de fondo) hasta 0,32 seg. = 188 pulsaciones/minuto (personas normales) es decir, a una desviación muy significativa frente al valor en reposo. Porcentualmente el acortamiento es del 64 % (personas normales) al 69 % (corredores de fondo) del valor de partida.

Diez minutos después de la interrupción de la sobrecarga, el intervalo R-R es del 39 % (corredores de medio fondo, remeros) hasta el 34 % (personas normales) por debajo del valor de reposo. Los tiempos son como máximo de 0,72 seg. = 83 pulsaciones/min. (corredores de fondo) a 0,58 seg. = 103 pulsaciones/min. (per-

sonas normales). La diferencia puede asegurarse estadísticamente.

La proporción de Q-R/R-R es mínima en los corredores de fondo con 0,357, máxima en los remeros con 0,416. La diferencia es significativa al nivel del 1 %.

Con una intensidad creciente del trabajo aumenta el cociente Q-T/R-R. Tres minutos antes de la interrupción del esfuerzo se alcanzan valores entre 0,690 (personas normales) y 0,700 (remeros), poco antes del final del trabajo valores entre 0,693 (corredores de medio fondo) y 0,714 (personas normales) y aumenta de este modo en un 70 % (remeros) hasta un 95 % (corredores de fondo) frente al valor de partida.

No son significativas las diferencias entre los grupos aislados durante la sobrecarga máxima y submáxima.

Al cabo de 10 minutos de fase de recuperación, el cociente Q-T/R-R está entre 0,541 (corredores de fondo) y 0,612 (remeros). La prolongación frente al valor inicial está entre el 41 % (personas normales) y el 52 % (corredores de fondo). Resulta notable la elevada significación del nivel del 1 % en la relación de la duración Q-T a la duración R-R entre los corredores de fondo y los remeros, tanto en reposo como en la fase de recuperación.

DISCUSION

Ya en 1910 ROTHBERGER y WINTERBERG consideraron una duración de los períodos del pulso significativamente prolongada en reposo para los corredores de fondo. Mostraban éstos una frecuencia inferior con respecto a la duración de los períodos del pulso, más breves en las personas normales no entrenadas, con frecuencia más elevada, en el sentido de un proceso de adaptación de la circulación a los esfuerzos físicos más elevados. Se asociarían influencias vagales que causan, además, un cambio del potencial de la aurícula con aplanamiento de P y prolongación del intervalo A-V, pero que de todos modos no han resultado estadísticamente significativos en nuestras investigaciones.

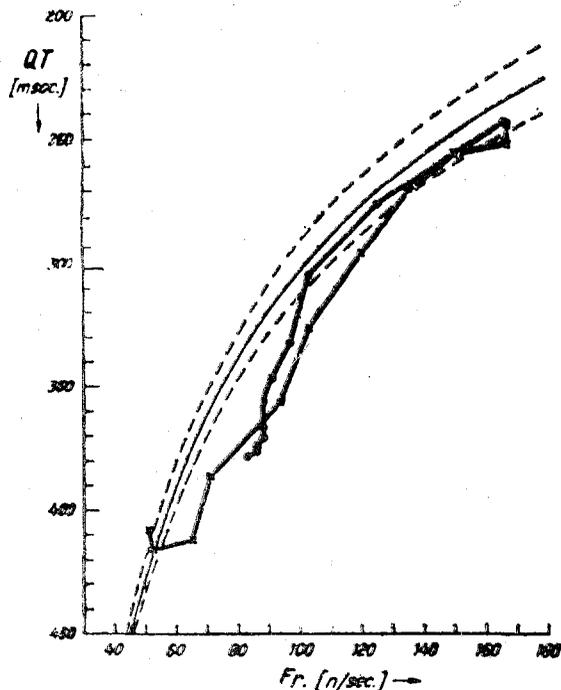


Fig. 5.—Relación entre la frecuencia cardíaca y el espacio Q-T en corredores de fondo entrenados con largas distancias ($n=13$) en reposo, durante cargas progresivas con ergómetro en decúbito hasta el límite de rendimiento (salida con 30 w. Aumento de 40 w. cada 3 minutos) y durante una fase de reposo de 10 minutos.

x —> x De las fases de reposo hasta el agotamiento (frecuencia progresiva, duración de Q-T disminuyendo).

o —> o Desde la interrupción de la carga lenta hasta 10 minutos en la fase de recuperación (frecuencia disminuyendo, duración de Q-T aumentando).

— — — Zona Q-T en reposo según HOLZMANN y HEGGLIN.

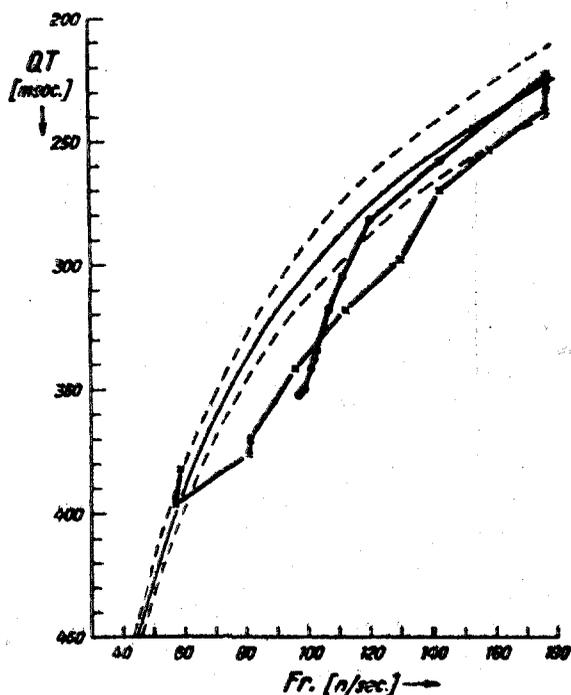


Fig. 6.—Relaciones entre la frecuencia cardíaca y el espacio Q-T en medio-fondistas entrenados con largas distancias y con distancias cortas. Condiciones como en la figura 5.

El intervalo P-Q se mantuvo tanto en los entrenados como en los no entrenados en reposo dentro del valor medio y en las desviaciones estándar, entre los límites normales, se obtuvieron valores algo más elevados para los entrenados (0,26 seg.). Según LETUNOV (1962) el tiempo P-Q se acorta con trabajo máximo a 0,09 seg. por término medio. En nuestras investigaciones encontramos un acortamiento todavía mayor en los remeros entrenados para pruebas de resistencia (hasta 0,06 seg.) en tanto que el acortamiento era menos intenso en los corredores de resistencia.

La duración sistólica eléctrica (tiempo Q-T) se encuentra a menudo prolongada en el valor absoluto para pruebas de resistencia (KLEMO-LA, 1951; REINDELL, 1960; HOLZMANN, 1965).

Durante el trabajo muscular intensivo el tiempo Q-T oscila entre el 80 % y el 70 % del valor inicial (ROSENBLAT y col., 1962). Con el test funcional empleado por nosotros se encontró durante el trabajo máximo en todos los grupos una reducción del tiempo Q-T al 65-59 % del valor en reposo.

La valoración del tiempo Q-T tiene solamente sentido si se la relaciona con el intervalo R-R. REINDELL y col. (1960) encontraron una con-

siderable prolongación de la duración sistólica relativa (Q-T/R-R) en comparación con la de los valores normales indicados por FRIDERICIA (1920). Asimismo los deportistas examinados por HEIM (1958) sobrepasan el valor límite superior de la duración Q-T descrita por HEGGLIN y HOLZMANN (1937) en relación con la frecuencia cardíaca. Los valores de todos los deportistas examinados por nosotros se encontraban en reposo dentro de la zona de dispersión de las relaciones entre la duración Q-T y la frecuencia cardíaca, entre la duración sistólica y la diastólica o bien entre el período expulsivo y el de repleción, indicadas entre otros por FRIDERICIA, HEGGLIN y HOLZMANN, BLUMBERGER (1942), LEPESCHKIN (1957), GADERMANN y col. (1959), JUNG (1968) y colaboradores.

Si el tiempo Q-T se refiere a la frecuencia del pulso (figuras 5-8), el cociente Q-T/R-R en los entrenados para resistencia en reposo se comporta de modo correspondiente a la amplitud de la oscilación indicada para las personas normales en estado de reposo. Inmediatamente antes del esfuerzo aumenta la duración sistólica relativa, principalmente por la prolongación de Q-T, menos por el aumento de la frecuencia. Los valores en esta fase se inclinan más a las condicio-

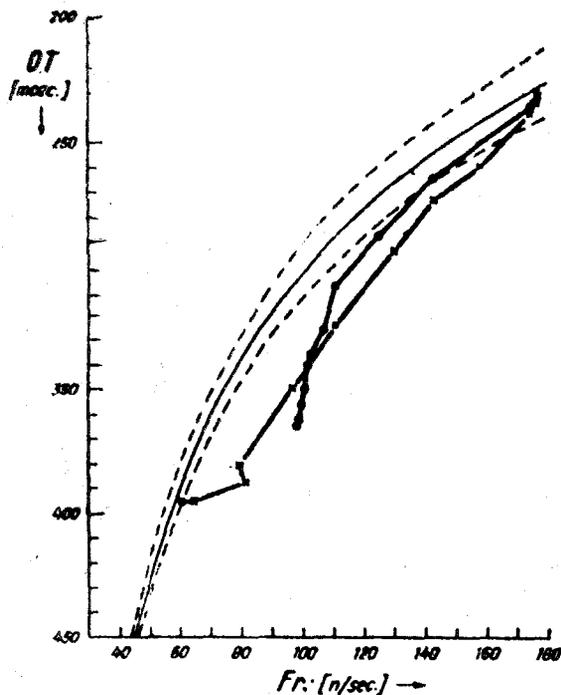


Fig. 7. — Relaciones entre la frecuencia cardíaca y el espacio Q-T en remeros con entrenamiento isométrico ($n=18$) condiciones igual que en figura 5.

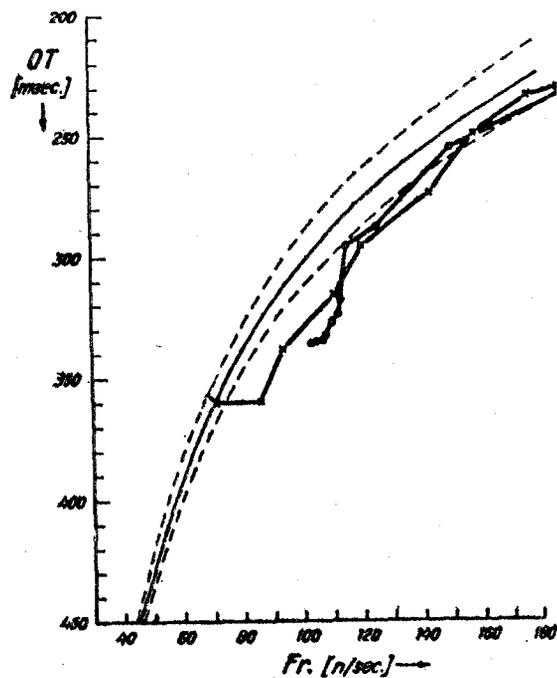


Fig. 8. — Relaciones entre la frecuencia cardíaca y el espacio Q-T en personas normales sin entrenamiento especial ($n=12$). Condiciones como en figura 5.

nes indicadas por HEGGLIN y HOLZMANN (1937) que a los de FRIDERICIA (1920), siendo válidas ambas para el estado de reposo. Después del comienzo de la sobrecarga en todos los grupos se llega a otra prolongación relativa de Q-T que especialmente en la zona de frecuencia de 70-110 pulsaciones/minuto causa una prolongación relativa de Q-T con valores fuera de la amplitud de distorsión indicada por HEGGLIN y HOLZMANN. Si se sigue aumentando la sobrecarga, se acorta la duración sistólica relativa aproximadamente con una frecuencia de 110 pulsaciones/minuto, saliéndose de la zona indicada por FRIDERICIA y acercándose a los valores normales indicados por HEGGLIN y HOLZMANN, para descender asimismo por debajo de los valores medios calculados por los últimos, con un esfuerzo máximo. El aumento, así como la disminución del cociente para la duración sistólica relativa, resulta de lo más claro en corredores de resistencia. SCHLOMKA y REINDELL (1934) encontraron en personas bien entrenadas «un acortamiento sistólico adicional» que iba más allá del acortamiento condicionado por la frecuencia, hasta de 0,05 segundos, lo que posteriormente MELLEROWICZ (1958), HOLZMANN (1965) y DANKO (1966) confirmaron como predominante en personas con reacciones vagotónicas cardíacas. Con un esfuerzo máximo se observa en nuestros sujetos de experimentación entrenados para la resistencia un fenómeno del mismo tipo que puede designarse como «efecto Q-T vagotónico» (véanse figuras 5 y 6).

Las amplitudes de los brotes en el E.C.G. se comportan en las diversas condiciones del modo siguiente: la punta P experimenta durante la sobrecarga máxima un aumento significativo de las amplitudes. En nuestro grupo de sujetos de experimentación el aumento porcentual es el máximo en los entrenados para la resistencia. Considerado de un modo absoluto es el mínimo en las personas no entrenadas. La diferenciación se convierte en estadísticamente significativa durante el esfuerzo máximo. Este aumento de la punta P debe atribuirse a una actividad mayor de la aurícula, que pudiera obedecer a varias causas: cambio de la repleción auricular e incrementado rendimiento funcional de débito, tono simpático elevado y probablemente también un giro del vector P mayor hacia la derecha con el esfuerzo. Resulta bastante aceptable la interpretación de que el «cambio circulatorio» ante el esfuerzo se realiza de modo menos intensivo en las personas no entrenadas que en las entrenadas. En lo referente a la amplitud RS, en los entrenados para la resistencia en la derivación anterior según NEHB es del 148 % de

los valores correspondientes en personas normales no entrenadas, la amplitud T del 155 %.

Frente al potencial en reposo, la amplitud de RS durante la sobrecarga máxima apenas se modifica, un resultado que coincide con el de ROSENBLAT (1962) y BUTSCHENKO (1967) que de todos modos escogen puntos de derivación precordiales, los cuales difieren de los aquí empleados. Mientras dura la fase de recuperación y de sobrecarga, según las cifras averiguadas se mantiene la diferencia entre los entrenados. A este respecto debe pensarse que se trata de la proyección del vector RS sobre la derivación anterior según NEHB. Si se registran las derivaciones I, II, III del triángulo de EINDOVEN, el eje cardíaco eléctrico se proyecta en ciertas circunstancias con mayor declive que en reposo. Las investigaciones de GOTTHEINER y JUNG (en preparación) han dado como resultado del esfuerzo una disminución de la amplitud de R y el correspondiente aumento de amplitud de S en la derivación II y V4.

En el sector ST-T del E.C.G. actúan reacciones, que se atribuyen a influencias por parte de la frecuencia cardíaca, el tono neurovegetativo, reacciones bioquímicas intra-extracelulares en las fibras del músculo cardíaco, del aporte de oxígeno al miocardio del volumen por latido, de la posición del corazón y finalmente del estado de entrenamiento. Se trata de una batería de factores no desdenables hasta la fecha, que influye sobre la repolarización. Las personas no entrenadas en estado de reposo tienen ondas T inferiores a las entrenadas para la resistencia o que en las entrenadas para fuerza y resistencia, aunque la relación de la amplitud T a la RS en estado de reposo permanece aproximadamente igual en todos los grupos. Lo mismo puede decirse del esfuerzo, en donde las ondas T en primer lugar se reducen por un breve plazo en la amplitud, aumentando luego claramente de un modo pasajero. Si se sigue la interpretación de RAAB (1960), en las personas no entrenadas desempeña un papel dominante la eliminación más intensa de adrenalina y de noradrenalina con la hipoxia consecutiva del miocardio, en la disminución de la amplitud T. Solamente si existen trastornos de la irrigación o bien lesiones permanentes del músculo cardíaco, se observa una discordancia de las ondas T. Resultan notables los cambios en el mismo sentido de las amplitudes de RS y T en reposo con la mejora del estado de entrenamiento (amplitudes RS y T más elevadas) que son una característica del corazón de alto rendimiento. La mayor amplitud RS puede explicarse por una musculatura ventricular más fuerte en los corazones entrenados muscularmente fuertes; la elevada ampli-

tud T entre otras razones puede explicarse preponderantemente por influencias vagotónicas sobre el corazón del deportista de alto rendimiento.

En la fase de recuperación se observan las siguientes reacciones: inmediatamente después de la interrupción del esfuerzo se reducen las amplitudes RS y T en las personas entrenadas y no entrenadas de un modo moderado frente a la última fase de sobrecarga; se pasa luego a una elevación de la amplitud T. Un minuto después del final del esfuerzo, que puede registrarse en todos los grupos y también en el segundo minuto de la fase de recuperación, persistiendo en el segundo minuto de la fase de recuperación. Resultan menos claros los cambios de la amplitud RS, que si bien disminuyen de un modo reducido inmediatamente después del esfuerzo, en los minutos siguientes es más elevada que en la posición de partida decreciendo ligeramente de un modo pasajero solamente en las personas no entrenadas en el primer minuto de la fase de recuperación, volviendo luego a elevarse, lo cual en las personas entrenadas ya tiene lugar en el primer minuto.

La llamada «reducción primaria de T» después del final de la sobrecarga se atribuyó causalmente al pulso de oxígeno máximo menor y al volumen por latido menor inmediatamente después de acabado el intenso trabajo muscular y se relacionó con una insuficiencia coronaria relativa (SENSEBACH, 1946; ROSKAMM, 1964; KEUL, 1964). Los cambios descritos hablan en contra de esta interpretación, habida cuenta de que la amplitud T después de finalizado el esfuerzo está más elevada que en la posición inicial. Su ulterior elevación después del primer minuto indica que existen particularidades en la fase de repolarización en dicho momento, que pudieran ser causadas por procesos bioquímicos. Además, deben discutirse influencias condicionadas por la posición, mientras que la frecuencia cardíaca no desempeña papel alguno (véase la distancia R-R de la fase de recuperación en relación a la amplitud T).

Diez minutos después del final de la sobrecarga, las amplitudes de RS y T en las personas entrenadas casi vuelven a alcanzar los valores iniciales, asimismo los intervalos P y Q-T. Las personas no entrenadas en este momento de la fase de recuperación muestran todavía una T un poco aplanada. En todos los grupos la amplitud de T durante la fase de recuperación se comporta en principio en el mismo sentido. El intervalo P-Q y Q-T, así como la amplitud RS no se diferencian de modo esencial en su reacción, tanto en las personas entrenadas como en las no entrenadas. En todos los grupos

la duración de los períodos del pulso, calculada porcentualmente a partir del valor de partida, permanece reducida del mismo modo. La duración sistólica relativa, inmediatamente después de la interrupción del esfuerzo, alcanza la misma magnitud que tuvo en la última fase de la sobrecarga; durante la fase de recuperación ulterior se encuentra primero en todos los grupos dentro la zona de dispersión indicada por HELLING y HOLZMAN (1937), para prolongarse después en todos los grupos sobrepasando dicha zona con frecuencias de 110-120 latidos/minuto. En este caso se trata claramente de una zona de frecuencia crítica en la cual también puede observarse eventualmente la reaparición de extrasístoles que desaparecen con las frecuencias elevadas (GADERMANN, 1968).

A la cuestión de cuándo se presentan alteraciones del ritmo bajo el esfuerzo y cómo deben evaluarse, se remite a estudios anteriores (1968 y 1969); señalaremos exclusivamente que en los deportistas muy entrenados se encuentran extrasístoles por lo menos con la misma frecuencia que en las personas normales no entrenadas y que pronunciada bradicardia condicionada vagotónicamente resuelve la inclinación a la extrasístolia. Los extrasístoles pueden ser provocados por un entrenamiento para la resistencia, pero por otra parte mediante un entrenamiento dosificado puede hacerse desaparecer un corazón «nervioso» con tendencia a la extrasístolia.

RESUMEN

Se ha estudiado el comportamiento electrocardiográfico en el ergómetro de bicicleta, en 57 hombres normales de 20 a 29 años de edad cuyo entrenamiento variaba entre límites muy amplios (corredores entrenados para las carreras de fondo, para velocidad y para carrera de fondo, remeros entrenados para aumentar su fuerza y su resistencia y sujetos normales sin entrenamiento especial). Estas 57 personas se sometieron a una sobrecarga en el ergómetro de bicicleta que fue creciente, hasta agotar sus fuerzas, en posición acostada, habiéndoseles observado después durante 10 minutos en reposo. El objetivo de nuestro plan de trabajo ha sido obtener una base para la interpretación de los electrocardiogramas durante esfuerzos de este tipo que se utilizan en medicina deportiva. Por tal razón metodológica hemos recurrido a la derivación anterior según NEHB para calcular las amplitudes de P, RS y T, los intervalos R-R, P-Q y Q-T y también la duración relativa de los sístoles eléctricos Q-T/R-R. Hemos compro-

bado las diferencias significativas siguientes entre los sujetos que estaban entrenados y los que no lo estaban. En reposo, las amplitudes RS y T de los individuos entrenados son claramente más elevadas en la derivación anterior. La relación entre la elevación TRS y la T sigue, por decirlo así, sin cambios.

La duración del período del pulso y la duración absoluta del sístole eléctrico se ha prolongado en los deportistas entrenados, apareciendo disminuida la relación relativa del sístole eléctrico.

En el curso de la sobrecarga máxima existe, en los sujetos entrenados y en los que no lo están, una tendencia al crecimiento de la amplitud de T, tendencia que sin embargo es más débil en los sujetos no entrenados, y una tendencia al incremento de la amplitud de T.

En comparación con el estado inicial, la amplitud de T aumenta al máximo (en porcentaje) en los corredores de distancias medias, mientras que aumenta al mínimo en los corredores de largas distancias. En estos últimos se comprueba ya una amplitud T elevada en la posición inicial.

En todos los grupos, la amplitud de RS no ha cambiado claramente, es decir, que la diferencia significativa en reposo para los sujetos entrenados y los que no lo están, persiste bajo el esfuerzo. La amplitud RS mayor de los sujetos entrenados se explica por el hecho de que su corazón es más musculoso. En todas las personas de ensayo, estén entrenadas o no, hemos observado una reducción de la duración del período del pulso y de la duración absoluta del sístole eléctrico, es decir, que la relación ha permanecido siendo equivalente a la de reposo. Puede decirse lo mismo de la duración eléctrica relativa del sístole, la cual aumenta del 70 al 90 % con respecto al valor en reposo.

La fase de recuperación comienza por una

disminución de las amplitudes de RS y de T respectivamente del 1 a 13 % y del 7 a 22 %, en relación al valor máximo al final del esfuerzo, seguida de un aumento pasajero de la amplitud de T. Se discuten las causas de este fenómeno.

En el décimo minuto de la fase de recuperación, P aumentó todavía del 80 al 100 %, tanto en los sujetos entrenados como en las personas no entrenadas. Por lo que concierne al comportamiento de la amplitud RS, no existe ninguna variación entre el reposo y el esfuerzo en los diferentes grupos. En los sujetos entrenados, para aumentar su resistencia, la amplitud de T vuelve a su valor inicial en reposo, mientras que en las personas no entrenadas es significativamente inferior al valor inicial. En reposo y bajo sobrecarga, existen diferencias estadísticamente significativas concernientes a los intervalos R-R y Q-T en los diferentes grupos. El comportamiento es del mismo sentido en los distintos grupos, pero en el décimo minuto de reposo la duración eléctrica relativa de la sístole se prolonga en un 41 % como término medio en los sujetos normales, alcanzando el 52 % en los sujetos entrenados para carreras de fondo.

El comportamiento de ST ha confirmado nuestra opinión de que un punto de partida bajo de ST y un curso ascendente desembocan en ondas T de elevación diferentes, pero positivas o todavía concordantes a QRS, lo que no tiene significación patológica. Por el contrario, un trazado ST descendente y que desemboque en una onda T negativa, preterminal o terminal, debe ser considerado como un signo patológico.

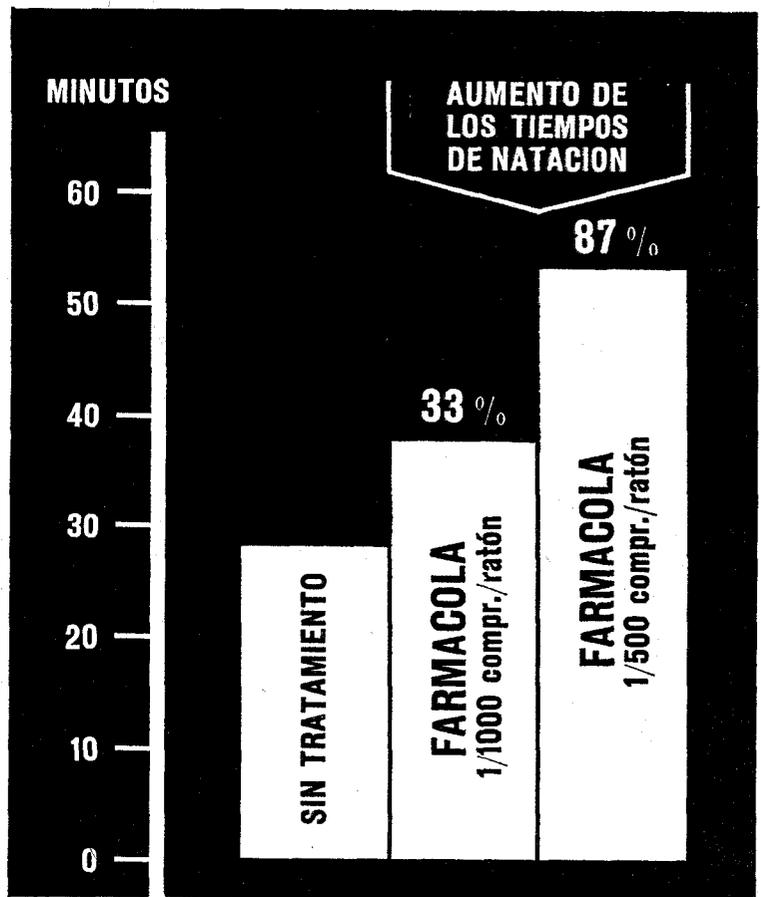
En los sujetos bradicárdicos muy entrenados se observan frecuentemente extrasístoles. Estas desaparecen cuando la frecuencia cardíaca supera los 110-120/minutos, con tal que no tengan significación patológica.

Farmacola

DEFATIGANTE NEURO-MUSCULAR EFERVESCENTE DE ACCION FISIOLOGICA

Prueba de resistencia a la fatiga realizada en el departamento de Farmacología del Laboratorio Dr. Andreu

Se obligó a nadar hasta fatiga total varios lotes de ratones, anotando los tiempos de natación. Al día siguiente se les administró FARMACOLA y se repitió la prueba, comprobándose una notable prolongación de los tiempos de natación.



Comprimidos efervescentes y comprimidos masticables, de agradable sabor.

Glucosa y ATP	energizantes
Acido ascórbico	desintoxicante
Aspartatos.	defatigantes
Nuez de cola y cafeína	estimulantes

Tubos de 10 comprimidos efervescentes y cajas de 15 comprimidos masticables.

P. V. P. 45,00 Ptas.