

El voltaje de la onda R en el post-esfuerzo inmediato de pacientes con cardiopatía isquémica crónica con o sin infarto previo

FELIX A. BAJRAJ*, ANTONIO PILI, JORGE AIUB

Séptima Cátedra de Medicina Interna. Universidad de Buenos Aires. Hospital de Clínicas "José de San Martín"

*Para optar a miembro titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

Este trabajo fue presentado en Sesión de Temas Libres del XIX Congreso de la Cardiología Argentina. Simposio Internacional de Insuficiencia Cardíaca. San Miguel de Tucumán - septiembre de 1983.

Recibido para su publicación: 9/84. Aceptado: 8/85

Dirección para separatas: Av. del Libertador 4780 (1426) Buenos Aires, Argentina.

Se analizaron las variaciones del voltaje de la onda R en el post-esfuerzo inmediato de la prueba ergométrica (PEG) de 57 pacientes (p) con cardiopatía isquémica crónica (CIC), divididos en 2 grupos. A) 28 p con infarto agudo padecido 6 a 36 meses antes, en tratamiento médico, y B) 29 p con angor típico, y respuesta a nitroderivados, ECG patológico y PEG positiva. El total presentó: frecuencia cardíaca, carga máxima, doble producto y METS con valores promedio sin diferencias significativas; la onda R aumentó en 26 (45.6%), disminuyó en 20 (35.1%) y no varió en 11 (19.3%). Comparando ambos grupos, las variaciones de la onda R mostraron diferencias entre los mismos en niveles de $p < 0.05$ - $p < 0.01$, resultando estadísticamente significativas. Conclusiones: la variación del voltaje de la onda R en pacientes con CIC es un parámetro estadísticamente significativo entre grupos de pacientes con o sin infarto previo. Aumenta la sensibilidad en el diagnóstico de isquemia en la PEG de los mismos.

La prueba de esfuerzo graduado (PEG) se ha constituido en los últimos años, en el método complementario más accesible y utilizado en el diagnóstico de la cardiopatía isquémica, en pacientes con o sin síntomas y con electrocardiograma basal (ECG) normal o patológico. Los distintos parámetros obtenidos en la interpretación de sus resultados, fueron relacionados con la fisiopatología de la enfermedad, estableciéndose criterios de alteración anatómica de las arterias coronarias o del estado funcional de la pared ventricular.¹⁻⁴

Si bien las modificaciones del segmento ST constituyen la expresión más fiel en la evaluación de la

isquemia, la variación del voltaje de la onda R entre el período basal y el post-esfuerzo inmediato, ha centrado el interés de numerosos autores ante la evidencia de que su aplicación puede mejorar sensiblemente la detección y el diagnóstico de la enfermedad coronaria.

La correlación de la PEG con otros métodos de estudio permitió obtener diagnósticos más precisos de los distintos grados de enfermedad y de la caracterización de los grupos de pacientes estudiados. Sin embargo, no se ha logrado, hasta el momento, obtener criterios de certeza que hagan posible obviar los estudios más complejos, cuando se requiere progresar en el diagnóstico de la afección.

La precisión predictiva de cualquier prueba diagnóstica está directamente relacionada con la sensibilidad y especificidad de la misma, así como con la prevalencia de la enfermedad en la población que se estudia (Teorema de Bayes).⁵

La posibilidad de estudiar la variación de la onda R como variable antes y después de la prueba, en un grupo de pacientes con alta incidencia de la enfermedad, hace posible valorar su aporte a la sensibilidad del método. La relación de probabilidad de acuerdo al teorema, que para enfermos con enfermedad coronaria confirmada, la muestra como real y estadísticamente significativa.⁶

Con este criterio se seleccionó un grupo de pacientes con diagnóstico confirmado de cardiopatía isquémica crónica (CIC) con o sin infarto previo y se evaluó, en la prueba ergométrica de los mismos, la variación del voltaje de la onda R.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se efectuó sobre 57 pacientes con CIC,

de edad promedio 52.2 años y un rango entre 37 y 65, correspondiente 42 al sexo masculino y 15 al femenino.

A todos se les efectuó un estudio ergométrico con bicicleta de frenado mecánico. La medicación, en los que la recibían, fue suprimida. Se valoró los resultados en una derivación V_5 (excepcionalmente V_4 o V_6), en el período basal y en el posterior inmediato al máximo esfuerzo; la medición a compás de punta seca fue efectuada en 6 a 10 complejos sucesivos, para evitar los errores debidos a variaciones respiratorias o de técnica de inscripción, considerándose el promedio en milímetros.

Las mediciones se efectuaron desde la línea isoeletrica hasta el vértice de la onda R, analizando las variaciones de su voltaje en milímetros, entre el trazado basal y el posterior inmediato al esfuerzo máximo. (Fig. 1)

Se intentó en todos un esfuerzo máximo escaleariforme continuo limitado por síntomas y se monitorizó con osciloscopio toda la prueba, en sus distintas etapas y hasta los 9 minutos del período de recuperación.

Se establecieron 2 Grupos de pacientes en relación a la sintomatología o diagnóstico, teniendo en cuenta los antecedentes, la historia natural de la enfermedad y el resultado de la PEG (con criterio angor y/o ST) para complementar el diagnóstico de cardiopatía isquémica. Así el grupo A lo constituye una población de 28 pacientes: 22 hombres y 6 mujeres; edad promedio 50.1 años (rango entre 37 y 65) que padecieron infarto agudo de miocardio—certificado por haber asistido al mismo, su cuadro clínico, ECG y perfil enzimático— 6 a 36 meses an-

tes. Todos ellos estuvieron asintomáticos en los últimos 3 meses y el tratamiento médico se les suspendió para la prueba. El infarto correspondió en 15 a la cara diafragmática, en 9 a la cara anterior, en 3 a las caras anterior y diafragmática y en 1 fue no transmural. Las PEG resultaron negativas en 18 (no angor - no ST), positivas por angor y ST en 3, por angor sin ST en 1 y por ST sin angor en 6. El grupo B lo constituye una población de 29 pacientes: 20 hombres y 9 mujeres, edad promedio 54.3 años y un rango entre 43 y 64; con diagnóstico de cardiopatía isquémica basado en angor típico, respuesta a nitroderivados de acción rápida, alteraciones isquémicas en el ECG y PEG positiva por angor y/o ST con caracteres isquémicos. Las PEG fueron positivas por angor y ST en 9, por angor sin ST en 4 y por ST sin angor en 16.

No se evaluaron pacientes con resultados dudosos. Tampoco se evaluaron pacientes con valvulopatías, ni con miocardiopatías no isquémicas; no se efectuó la correlación angiográfica ni radioisotópica de los que la tenían, con el criterio de limitar los resultados a los fines propuestos y para homogeneizar el grupo de pacientes estudiados.

El análisis estadístico se efectuó cualitativamente previa confección de un diagrama de sectores en el total de pacientes observados y para cada grupo (Fig. 2). Para ello se compararon las variaciones de la onda R, se confeccionó la tabla de contingencias para el cálculo de chi cuadrado (χ^2) correspondiente, y se observó una diferencia significativa entre los mismos. Cuando se evaluó en forma cuantitativa la variación de la onda R en milímetros, se efectuó la media aritmética y el error standard para ca-

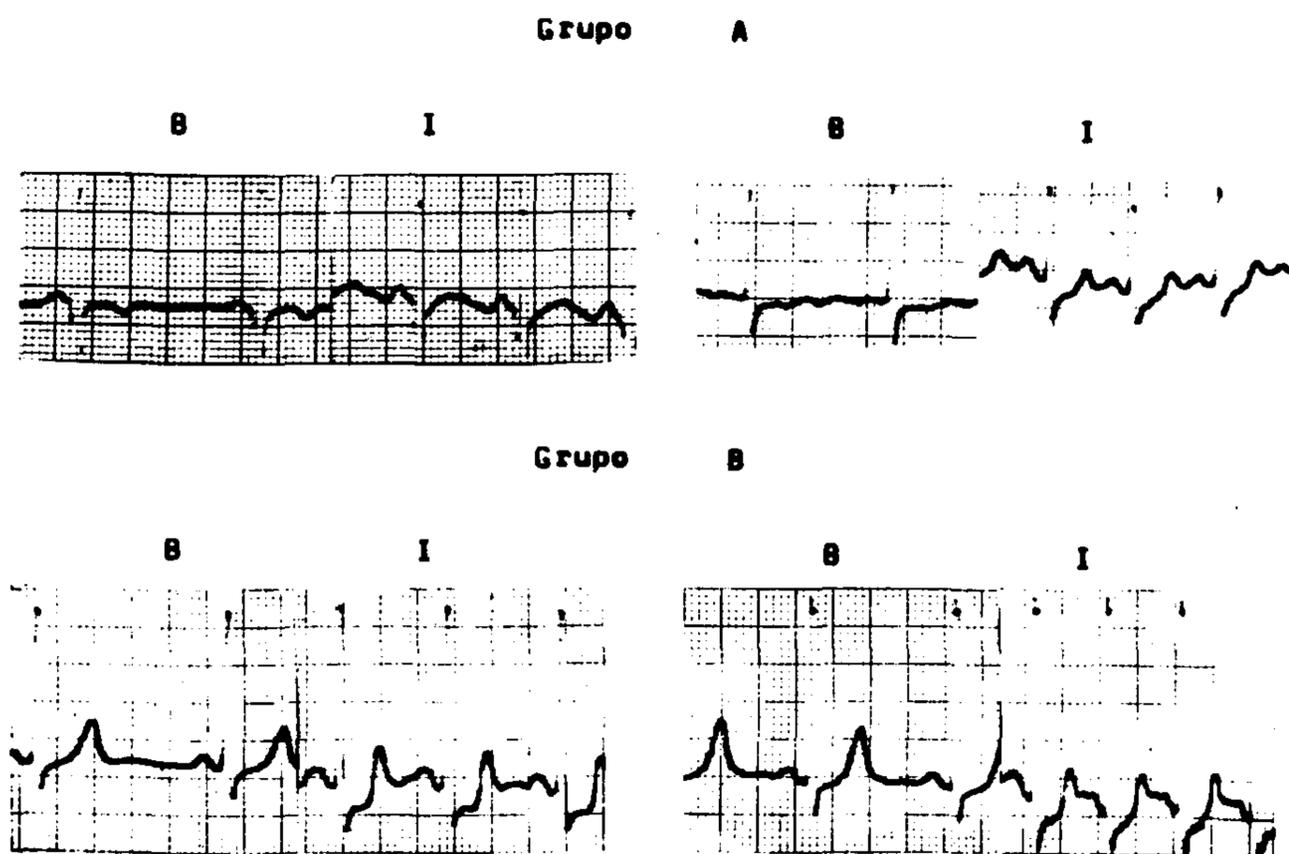


Fig. 1. Cambios del voltaje de onda R en 2 pacientes de cada grupo con sus correspondientes trazados electrocardiográficos en derivación EV_5 : B = Basal; I = Inmediato post-esfuerzo.

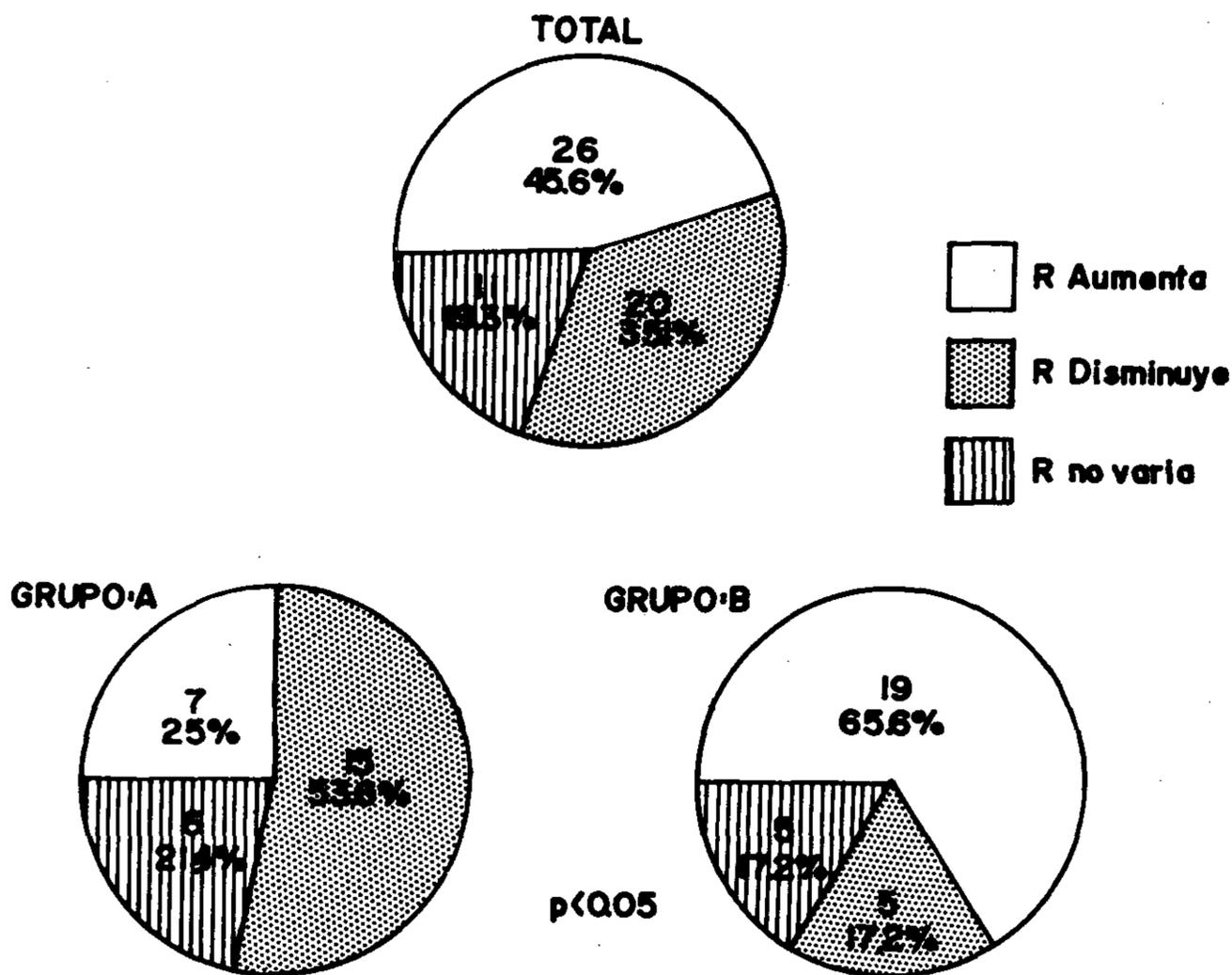


Fig. 2. Diagrama de sectores con la variación del voltaje de onda R comparando el total de pacientes y cada uno de los grupos; se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos A y B $p < 0.05$

da grupo y la significancia de la diferencia entre las medias por el método "z" de Gauss para las muestras correspondientes (verificado por el test de "t" de Student).

RESULTADOS

La evaluación del total de pacientes estudiados muestra resultados semejantes en la tolerancia al esfuerzo y parámetros de función ventricular en ambos grupos, como se ve en la Tabla I; frecuencia cardíaca, carga máxima, doble producto y METS, presentan valores sin diferencias significativas entre los mismos.

Cuando se evaluó cualitativamente (Fig. 2) la onda R aumentó (+) en 26 (45.6%), disminuyó (-) en 20 (35.1%) y no varió (=) en 11 (19.3%). En el Grupo A: la onda R disminuyó (-) en 15 (53.6%), aumentó (+) en 7 (25%) y no varió (=) en 6 (21.4%); en el Grupo B: R + en 19 (65.6%), - en 5 (17.2%) y = en 5 (17.2%). Comparando en ambos grupos las variaciones de la onda R para el cálculo de $\chi^2 = 10.7$; $\nu = gl. = 4$ ($p < 0.05$).

El cálculo en milímetros de la variación del voltaje de la onda R muestra diferencias entre ambos grupos: Grupo A: -0.39 ± 0.94 y Grupo B: 1.43 ± 0.76 , siendo significativa la diferencia de las medias por el cálculo de $z = 2.24$ ($p < 0.01$) y $t = -3.01$ ($p < 0.05$) lo que hace que las diferencias sean estadísticamente significativas en un grado entre el 1% y el 5% (Fig. 3).

DISCUSION

Las variaciones del QRS y en especial del voltaje de la onda R en los distintos momentos de la PEG han sido motivo de numerosos trabajos y experiencias, desde las observaciones iniciales.⁷⁻⁸

Todos los estudios que relacionan los cambios del voltaje de la onda R al estado anatómico o funcional del miocardio, en general coinciden en que la disminución del mismo en el post-esfuerzo inmediato (con respecto al voltaje inicial) aparece en pacientes normales sometidos a una prueba máxima; mientras que la ausencia de cambios y en especial el aumento del voltaje de la onda R se observa en condiciones anormales.

De las distintas experiencias se obtiene un criterio de comportamiento variable en enfermos con cardiopatía isquémica. En los más afectados, au-

Tabla 1

	GRUPO A	GRUPO B
FC	138 ± 6.6	140.2 ± 4.6
CARGA Mx	578.6 ± 60.1	568.9 ± 62.8
DP	27225 ± 2155.5	28021 ± 1813.4
METS	5.6 ± 0.4	5.7 ± 0.4

Controles ergométricos expresados en valores promedio ($\bar{X} \pm ES$) para cada grupo, sin diferencias significativas ($p : NS$) entre ambos.

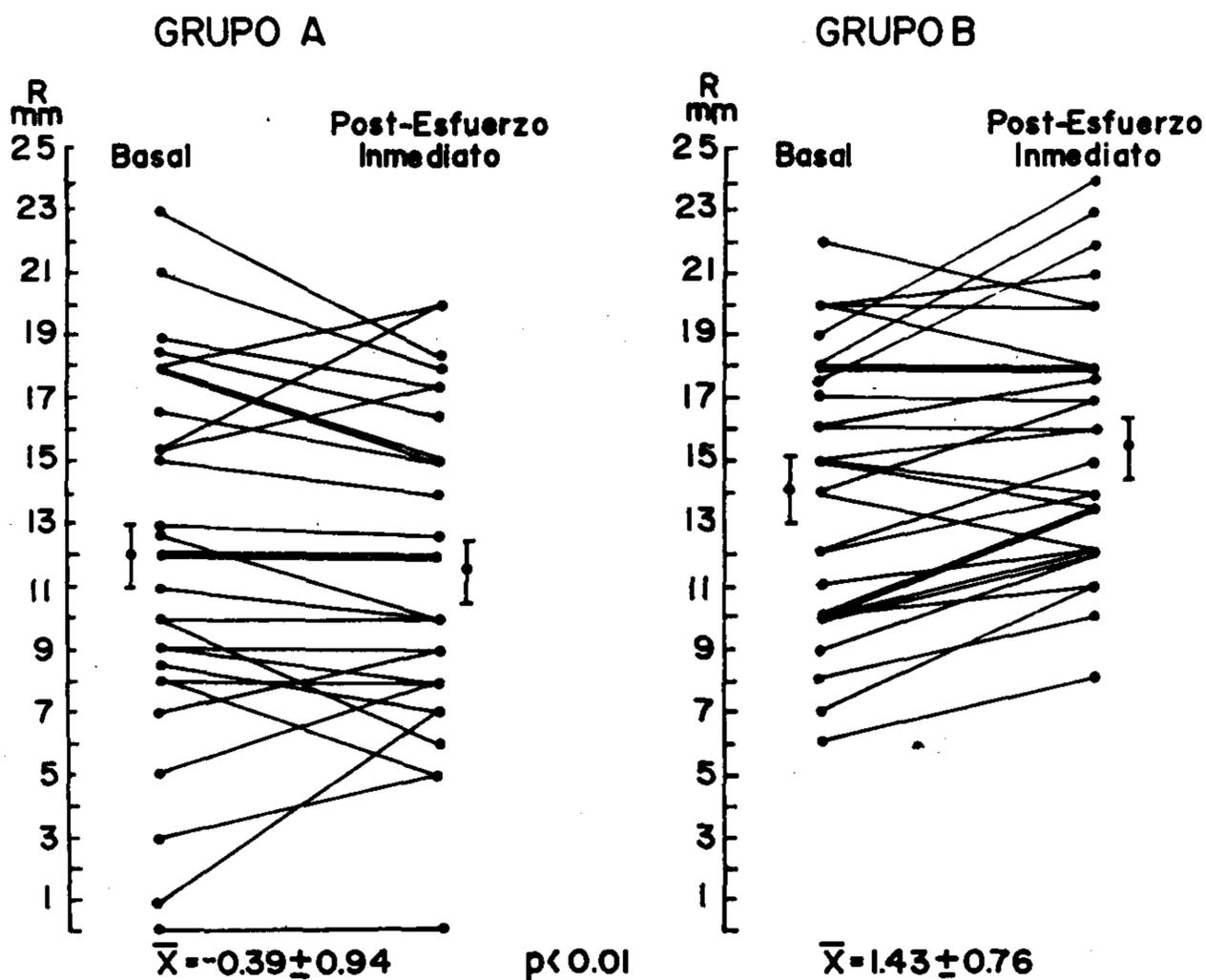


Fig. 3. Variación del voltaje de R en milímetros mostrando la diferencia entre ambos grupos en valores promedio ($\bar{X} \pm ES$) estadísticamente significativos $p < 0.01$

menta el voltaje al máximo esfuerzo o en el post-esfuerzo inmediato, mientras que en los afectados en menor magnitud, el voltaje disminuye a semejanza de lo descrito para los pacientes normales.⁹⁻¹⁰

Es aceptado que la aplicación de las variaciones de la onda R como una variable más de las que la prueba produce, colabora a disminuir falsos positivos o falsos negativos, y mejora la sensibilidad, especificidad y valor predictivo de la PEG.¹¹

No obstante, persisten discrepancias en la interpretación del fenómeno fisiopatológico que lo produce, en su importancia como expresión de isquemia miocárdica y grado de extensión de la misma, así como su relación con la alteración anatómica vascular o funcional miocárdica.

Tanto la relación del voltaje de la onda R con los volúmenes ventriculares observada por Brody¹², los estudios experimentales de David y cols. que observaron la variación del volumen cardíaco y los cambios de amplitud de la onda R luego de ligar una arteria coronaria u obstruyendo las venas cavas en dos grupos de perros¹³, así como el criterio de variación de la onda R en sujetos normales o con coronariopatía, según la frecuencia cardíaca alcanzada al esfuerzo,¹⁴ plantean interpretaciones variables.

La correlación con métodos radioisotópicos o angiográficos tampoco ofrece resultados absolutos.¹⁵⁻¹⁸

Aceptada la validez del ejercicio como inductor

de cambios de ST en el diagnóstico de enfermedad coronaria y la sensibilidad de la variación del voltaje de la onda R para predecirla,¹⁹⁻²¹ Gerson sugiere una relación ST/R para obtener una mayor significación con los cambios de ambos.²²

Las variaciones circadianas en las respuestas al ejercicio también pueden hacer variar los resultados.²³

Cuando se utiliza un test con alta prevalencia de enfermedad se reduce la proporción de falsos positivos. Así se observa una significativa predicción aún en mujeres, estudiando PEG de poblaciones con alta incidencia de coronariopatía;²⁴ Allen y cols. pronosticaron enfermedad coronaria a 5 años en hombres mayores de 40 en los que el criterio de la onda R tuvo mayor sensibilidad que el de ST.²⁵

En enfermos con coronariopatía y angor durante la PEG, se observa un aumento de la presión y el volumen ventricular izquierdo al detener la prueba; similar aumento muestra el volumen sistólico en el período de isquemia.²⁶

Probablemente los cambios de la onda R reflejan el fallo ventricular isquémico para disminuir de volumen con el esfuerzo extremo.²⁷

Los pacientes con angor muestran mayor aumento de la onda R después del ejercicio. Es razonable presumir que estos pacientes tienen ventrículos isquémicos y desarrollan asinergias, especialmente si esto mejora con el uso de nitroderivados. Asimismo, enfermos con secuelas de infarto y evolución

asintomática tuvieron buena respuesta al ejercicio y una función ventricular izquierda aceptable, si el miocardio afectado presentó buena irrigación (arterias no obstruidas o con lesiones medianas). Así, la presencia de angina parecería ser un factor determinante de importancia en el comportamiento de la onda R en el ejercicio.²⁸

En este trabajo se analizan pacientes con CIC, con o sin infarto previo, en dos grupos que muestran respuestas ergométricas comparables como la frecuencia cardíaca, carga máxima, doble producto y los METS alcanzados al esfuerzo máximo. Las diferencias de la variación del voltaje de la onda R entre los mismos fue estadísticamente significativa. La comparación se realizó en pacientes con alta incidencia de enfermedad coronaria.

Se obtiene así una significativa diferencia entre el aumento del voltaje de la onda R para el grupo de pacientes con manifestaciones de isquemia, en relación al descenso observado en los que padecieron infarto previo. Aumenta de este modo la sensibilidad de la PEG para diagnosticarla en enfermos con estas características.

Interpretamos que la zona de necrosis limitaría la extensión de las zonas isquémicas y planteamos la hipótesis de que la disminución de la onda R, observada en pacientes con secuela de infarto en relación a los que no lo tuvieron, sería expresión de la alteración funcional miocárdica dependiente de la extensión de zonas isquémicas.

Es evidente que los sucesivos trabajos avalan el criterio de utilizar los cambios de la onda R en la interpretación de la PEG, y consideramos que su aplicación se incrementará en futuros estudios.

CONCLUSIONES

La variación del voltaje de la onda R en el post-esfuerzo inmediato en pacientes con cardiopatía isquémica crónica, es un parámetro estadísticamente significativo, comparando grupos con o sin infarto previo.

Aumenta la sensibilidad de la prueba ergométrica en los mismos, para el diagnóstico de isquemia.

SUMMARY

Changes in the amplitude of R-wave immediately following the exercise testing were analyzed in 57 patients (p) with chronic ischemic heart disease (IHD) divided in 2 groups: A) 28 p with 6-36 months previous acute myocardial infarction, under medical treatment, and B) 29 p with typical angina, response to nitroderivatives, pathological EKG and a positive exercise testing. Both groups showed: heart rate, maximum load, double product and METS with average figures showing no

significant differences; R augmented in 26 (45.6%) diminished in 20 (35.1%) and did not change in 11 (19.3%). Comparing both groups, changes of R-waves showed statistically significant differences between them in terms of $p < 0.05$ - $p < 0.01$. Conclusions: Change in the amplitude of R in patients with ischemic heart disease is an statistically significant parameter between groups of patients with or without previous infarction and increases sensitivity in the prognosis of ischemia in the exercise stress testing induced to these individuals.

BIBLIOGRAFIA

1. Bruce RA, Gey GO, Cooper MN, et al: Seattle heart watch: Initial clinical, circulatory and electrocardiographic response to maximal exercise. *Am J Cardiol* 33: 459, 1974.
2. Ellestad MH, Wam MKC: Predictive implications of stress testing. *Circulation* 51: 363, 1975.
3. Ellestad MH, Cooke BM, Greenberg PS: Stress testing: Clinical application and predictive capacity. *Progr Cardiovasc Dis* 21: 431, 1979.
4. Boskis B, Lerman J, Perosio A, Scattini M: Manual de Ergometría y Rehabilitación en Cardiología. E.C.T.A. Bs. As., 1974.
5. Rifkin BD, Hood WB Jr: Bayesian analysis of electrocardiographic exercise stress testing. *N Engl J Med* 297: 681, 1977.
6. Froelicher VF: Estado actual del electrocardiograma de esfuerzo. Presentado XVIII Congreso de Cardiología Argentina, X Congreso Sudamericano de Cardiología y Simposio Internacional de Técnicas No Invasivas. *Rev Arg Cardiol* 51: N° 3, 126-149, 1983.
7. Bonoris PE, Greenberg PS, Castellonet MJ, Ellestad MH: Significance of changes in R wave amplitude during treadmill stress testing. Angiographic correlation. *Am J Cardiol* 41: 846, 1978.
8. Aptecar M, Grinfeld de Roncoroni L, Mindlin de Aptecar FR: Las variaciones del voltaje del complejo QRS en la interpretación de las Pruebas Ergométricas. *Rev Arg Cardiol* 47: 33, 1979.
9. Bajraj FA: Las variaciones del voltaje de R en la Prueba Ergométrica para la evaluación de la cardiopatía isquémica. Trabajo para Carrera Docente. Depositado en Facultad de Medicina, 1981.
10. Bonoris PE, Greenberg PS, Christison G et al: Evaluation of R wave amplitude changes vs ST segment depression in exercise testing. *Circulation* 57: 904, 1978.
11. Perosio A, Lerman J, Mele E: Validez y limitaciones de la prueba ergométrica graduada. *Pren Med Argent* 67: 75, 1980.
12. Brody D: A theoretical analysis of intracavitary blood mass influence in the heartlead relationship. *Carc Res* 4: 75, 1980.
13. David D, Naito M, Chen C: R wave amplitude variations during acute experimental myocardial ischemia. *Circulation* 63: 1364, 1981.
14. Lerman J: Valor práctico de la onda R en el electrocardiograma de esfuerzo. *Medicina* 41: 614, 1981.
15. Battler A, Slutzky R, Pfisterer M et al: The relation between QRS amplitude changes and left ventricular ejection fraction during exercise (Abstr) *Am J Cardiol* 43: 354, 1979.
16. Uhl GS, Kay TN, Hickman JR: Computer-Enhanced Thallium Scintigrams in asymptomatic men with abnormal exercise tests. *Am J Cardiol* 48: 1037, 1981.
17. Dehmer GJ, Lewis SE, Hillis LD et al: Exercise-induced alterations in left ventricular volumes and the pressure-volume relationship. *Circulation* 63: 1008, 1981.
18. Wagner S, Cohn K, Selzer A: Unreliability of exercise induced R wave changes as indexes of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 44: 1241, 1979.

19. Caprio L de, Cuomo S, Bellotti P et al: R wave amplitude changes during stress testing. Comparison with ST segment depression and angiographic correlation. *Am Heart J* 99: 413, 1980.
20. Linhart JW and Turnoff HB: Maximum Treadmill exercise test in patients with abnormal control electrocardiograms. *Circulation* 49: 667, 1974.
21. Baron DW, Ilesley C, Sheiban I et al: R wave amplitude during exercise. *Br Heart J* 44: 512, 1980.
22. Gerson MC, Morris SN, McNery PL: Relation of exercise-induced physiologic ST segment depression to R wave amplitude in normal subjects. *Am J Cardiol* 46: 778, 1980.
23. Joy M, Pollard CM, Nunan TO: Diurnal variation in exercise responses in angina pectoris. *Br Heart J* 48: 156, 1982.
24. Barolsky SM, Gilbert CA, Faruqi A et al: Differences in electrocardiographic response of women and men: A non Bayesian factor. *Circulation* 60: 1021, 1979.
25. Allen WH, Aronow WS, Goodman P, et al: Five-year follow-up of maximal treadmill stress test in asymptomatic men and women. *Circulation* 62: 522, 1980.
26. McCans JL and Parker JO: Left ventricular pressure-volume relationships during myocardial ischemia in men. *Circulation* 48: 775, 1973.
27. Clarke LJ, Bruce RD: Pruebas de esfuerzo. En Cohn PF: Diagnóstico y tratamiento de las coronariopatías. Salvat, Barcelona, 1983, pág 87.
28. Lerman J, Mele E, Chiozza M et al: Effects of nitrates on R wave variations after exercise in coronary heart disease. *Chest* 80: 137, 1981.