

# Artículos originales

## Estudio comparativo de la fracción de eyección, velocidad de acortamiento circunferencial normalizada y velocidad de eyección media normalizada en la evaluación de la función ventricular

HECTOR LARDANI

JORGE BELARDI

Departamento de Hemodinamia  
y Angiografía del Instituto  
de Cardiología de la Academia Nacional  
de Medicina,  
Buenos Aires.

Recibido para su publicación: 3/1983  
Aceptado: 4/1983

*Con la finalidad de comparar el valor relativo de la FE, VACN y VEMN en la evaluación de la función ventricular se estudiaron 123 pacientes con cardiopatías de diversa naturaleza. Los pacientes con clara disminución de la función ventricular como aquellos que padecían de cardiomiopatía congestiva de origen indeterminado o cardiomiopatía isquémica tenían FE, VACN y VEMN francamente disminuidas (FE:  $42 \pm 2,7$ ,  $42 \pm 2,6$ ; VACN:  $0,78 \pm 0,07$ ,  $0,75 \pm 0,07$  y VEMN:  $1,68 \pm 0,15$ ,  $1,54 \pm 0,11$ ), valores significativamente por debajo de los normales (FE:  $80 \pm 1,1$ ; VACN:  $1,85 \pm 0,07$ ; VEMN:  $3,03 \pm 0,10$ ,  $\bar{X} \pm E.S.$ ) (Figs. 2, 3 y 4). En general se demostró que el cálculo de ambas velocidades no ofreció ventajas al de la determinación de la FE en esta amplia gama de cardiopatías y por el contrario introdujo un aumento de la dispersión, lo que sugiere una menor confiabilidad de los mismos en la detección de un deterioro de la función ventricular.*

La evaluación precisa de la función ventricular representa una de las dificultades más complejas de resolver en la práctica cardiológica diaria. En pacientes con valvulopatías en los cuales existen alteraciones de pre y postcarga producidas por el defecto mecánico o por los mecanismos compensadores que éste genera, estas dificultades se multiplican. Por otra parte, en muchas oportunidades, frente a un paciente con valvulopatía y con contractilidad miocárdica ya alterada, se plantea el dilema de determinar si la corrección quirúrgica del defecto valvular redundará todavía en beneficio para el paciente. En estos casos la responsabilidad del cardiólogo es insoslayable, pues si se inclina por aconsejar lo menos riesgoso a corto plazo, que es el continuar con el tratamiento médico, puede tal vez privar al paciente de su última oportunidad de modificar favorablemente la evolución de la enfermedad.

Es por ello que son innumerables los estudios y trabajos relativos a este tema en los últimos años. Los índices del período isovolumétrico parecen ser más útiles para detectar cambios agudos en el estado contráctil; en cambio la estimación del estado de contractilidad basal en pacientes crónicos parece realizarse con mayor precisión por medio de los índices del período eyectivo.<sup>1</sup>

Entre estos últimos, la fracción de eyección (FE), la velocidad de acortamiento circunferencial normalizada (VACN) y la velocidad de eyección media normalizada (VEMN) han sido previamente investigadas y consideradas de utilidad.<sup>2</sup> Una ventaja adicional reside en

Dirección postal:  
Academia Nacional de Medicina  
Instituto de Cardiología  
Departamento de Hemodinamia y  
Angiografía  
Coronel Díaz 2423  
(1425) Buenos Aires  
Argentina

el hecho de poder obtener estos índices por métodos no invasivos.<sup>3, 4</sup>

Algunos autores consideran que la VACN y la VEMN podrían ser más útiles que la FE, especialmente en pacientes con sobrecargas mecánicas, como se observan en las valvulopatías.<sup>1, 2</sup>

El objetivo de este trabajo fue el de comparar el valor de la FE, VACN y VEMN en un grupo de individuos normales (N) y en otro, con diversas cardiopatías, con la finalidad de determinar si está justificado el realizar medidas y cálculos adicionales para determinar VACN y VEMN o si la sola estimación de FE cumple con la misma finalidad teniendo la ventaja de su más sencilla determinación.

#### MATERIAL Y METODO:

Del archivo del laboratorio de Hemodinamia de la Cleveland Clinic Foundation se extrajeron 123 pacientes con variedad de cardiopatías, los cuales habían sido sometidos a cateterismo cardíaco por diversos síntomas y signos. Veinte de estos individuos fueron hallados normales luego del procedimiento.

En el estudio se incluyeron individuos normales, pacientes con probable función ventricular normal o levemente alterada como los portadores de prolapso valvular mitral, pacientes con sobrecarga volumétrica, pacientes con sobrecarga de presión, individuos con obstrucción al lleno de ventrículo izquierdo como los que padecen estenosis mitral y finalmente un grupo con clara alteración de la función ventricular izquierda por miocardiopatía.

El número total de pacientes fue dividido en ocho subgrupos, como se muestra en la Tabla 1.

En todos los casos se realizó cateterismo arterial retrógrado con ventriculograma izquierdo en OAD y coronariografía. Además en los pacientes valvulares se realizó cateterismo derecho. Ningún paciente tenía coronariopatía significativa, excepto los incluidos en el grupo de cardiomiopatía isquémica severa difusa (CMI).

Los pacientes con prolapso de válvula mitral no tenían insuficiencia mitral significativa. Las valvulopatías fueron seleccionadas de tal modo de constituir condiciones puras: por ejemplo, estenosis mitral y aórtica incluyen

Tabla 1

Normales (N)	20 pacientes
Prolapso de válvula mitral (PVM) (sin insuficiencia mitral)	19 pacientes
Estenosis mitral (EM)	14 pacientes
Insuficiencia mitral (IM)	19 pacientes
Estenosis aórtica (EA)	12 pacientes
Insuficiencia aórtica (IA)	15 pacientes
Cardiomiopatía congestiva (CMC)	11 pacientes
Cardiomiopatía isquémica (CMI)	13 pacientes

pacientes sin regurgitación mínima estimada por angiografía, insuficiencia mitral y aórtica incluyen pacientes sin gradiente transvalvular detectado durante el cateterismo. Todos los pacientes estaban en ritmo sinusal y tenían ventriculogramas en OAD de buena calidad en los cuales pudo delinearse sin dificultades la silueta ventricular en fin de sístole y diástole durante un latido sinusal.

Los pacientes con valvulopatías tenían alteraciones hemodinámicas severas como para ser considerados candidatos quirúrgicos con los criterios actuales.

Los pacientes con miocardiopatía congestiva tenían clara alteración severa y difusa de la función ventricular sin causa aparente, sin alteraciones valvulares ni congénitas y sin obstrucción de arterias coronarias. Los pacientes con cardiomiopatía isquémica tenían obstrucciones severas de las arterias coronarias y alteraciones severas y difusas de la función ventricular izquierda. Estas alteraciones fueron estimadas como severas por el examen visual del ventriculograma. Todos los estudios fueron realizados bajo leve sedación con diazepam.

Los ventriculogramas se filmaron con película de 35 mm a 30 imágenes por segundo inyectando 40 cc de material de contraste.

El volumen diastólico final fue medido durante un latido sinusal delineando la imagen de mayor volumen alcanzada por el ventrículo en el período diastólico.

El volumen de fin de sístole se determinó delineando la imagen que demostrará el menor tamaño del ventrículo izquierdo durante sístole.



Para el cálculo de volúmenes y fracción de eyección se utilizó el método de Green.<sup>5</sup>

El "tiempo de eyección angiográfico" fue definido como el número de imágenes que se separaban la imagen de fin de diástole de la imagen de fin de sístole multiplicado por el tiempo que separa cada imagen (33 msec), restándole 50 msec del período isovolumétrico, como fue realizado previamente por Karliner y colaboradores.<sup>6</sup>

La VACN fue calculada como la magnitud del acortamiento del eje menor entre fin de diástole y fin de sístole, dividido por el tiempo requerido para este acortamiento (tiempo de eyección angiográfico), normalizada por unidad de longitud en unidades de circunferencias de fin de diástole y expresando el resultado en unidades de circunferencias de fin de diástole por segundo.

En forma similar, la VEMN se estimó calculando la diferencia en volumen VI entre fin de diástole y fin de sístole dividida por el tiempo requerido para esta reducción de tamaño. Este valor fue finalmente normalizado dividiéndolo por el volumen diastólico final, obteniéndose un índice de reducción de volúmenes de fin de diástole por segundo.

Los datos fueron analizados estadísticamente utilizando el test de Student. Un valor de  $p < 0,05$  fue considerado significativo.

## RESULTADOS

### *Fracción de eyección (FE)*

Los resultados de la FE obtenidos en el laboratorio de la CCF en individuos normales y los valores normales de diferentes instituciones pueden apreciarse en la Fig. 1. Salvo las cifras de la Universidad de Harvard, que son relativamente más bajas, las del resto de las instituciones coinciden aceptablemente bien.

En la Fig. 2 se observan los valores de FE en los ocho grupos de pacientes estudiados. Se identifica a simple vista una marcada diferencia entre los individuos normales (N) y los de los dos últimos grupos, que tienen deterioro más marcado de la función ventricular (N:  $80\% \pm 1,1$ ; CMC:  $42\% \pm 2,7$ ; CMI:  $42\% \pm 2,6$ ;  $P < 0,01$ ).

Los pacientes con prolapso de válvula mitral tienen valores normales de FE coincidentes con

los resultados obtenidos en una serie mayor de pacientes publicada previamente.<sup>7</sup> La relativa reducción de la FE en pacientes con EM fue observada previamente.<sup>8</sup> Pacientes con insuficiencia mitral muestran valores similares a los normales, al igual que los pacientes con estenosis aórtica ( $79\% \pm 2,7$  y  $76\% \pm 2,5$  respectivamente). El grupo de pacientes con insuficiencia aórtica muestra diferencias significativas con los valores normales, observándose una cifra de  $58\% \pm 3,0$ ,  $P < 0,05$ . Esta reducción de FE en IA ha sido observada anteriormente en la literatura.<sup>8,9</sup>

### VACN

En la Fig. 3 observamos que los valores de VACN en los individuos normales es de  $1,85 \pm 0,07$ . Estos valores son similares a los de Peterson ( $1,83 \pm 0,12$ )<sup>2</sup> y a los de Karliner.<sup>6</sup> Los diferentes valores de VACN para las diversas cardiopatías muestran diferencias similares a las halladas con FE. En los pacientes con EM se observan valores inferiores a los normales ( $1,48 \pm 0,14$ ,  $P < 0,05$ ). Los correspondientes a insuficiencia aórtica son también significativamente menores ( $1,16 \pm 0,11$ ) y los que pertenecen a las cardiomiopatías son los más claramente anormales (CMC:  $0,78 \pm 0,07$ , y CMI:  $0,75 \pm 0,07$ ,  $P < 0,05$ ).

### VEMN

En la Fig. 4 se han graficado los valores correspondientes a VEMN. Las cifras correspondientes a los individuos normales son de  $3,03 \pm 0,10$ . Estos valores, si bien algo menores, no difieren estadísticamente de los obtenidos por Peterson y colaboradores ( $3,32 \pm 0,18$ ).<sup>2</sup> Nuevamente se observa la leve disminución de los valores en EM ( $2,6 \pm 0,15$ ,  $P < 0,05$ ), las cifras menores obtenidas en insuficiencia aórtica ( $2,35 \pm 0,15$ ,  $P < 0,05$ ) y las francamente bajas de las cardiomiopatías (CMC:  $1,68 \pm 0,15$ , y CMI:  $1,54 \pm 0,11$ ,  $P < 0,05$ ).

En la Fig. 5 se observa la correlación entre FE, VACN y VEMN en los 123 pacientes estudiados. FE se correlaciona mejor en todos los grupos con VACN que con VEMN.

La Fig. 6 resume los valores correspondientes al tiempo de eyección hallado por angiografía al que se le dedujo 50 msec. Si bien los pacien-

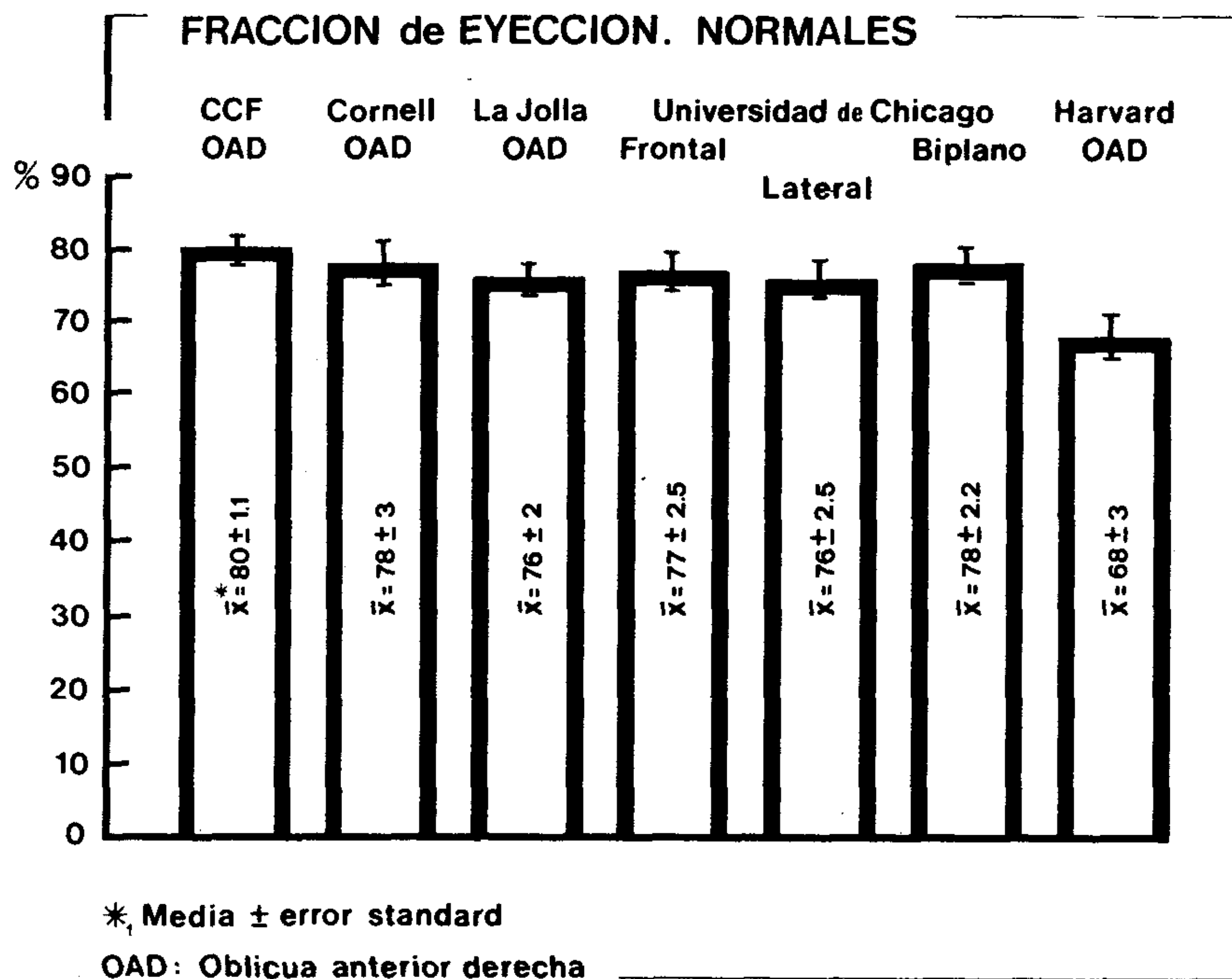


Fig. 1

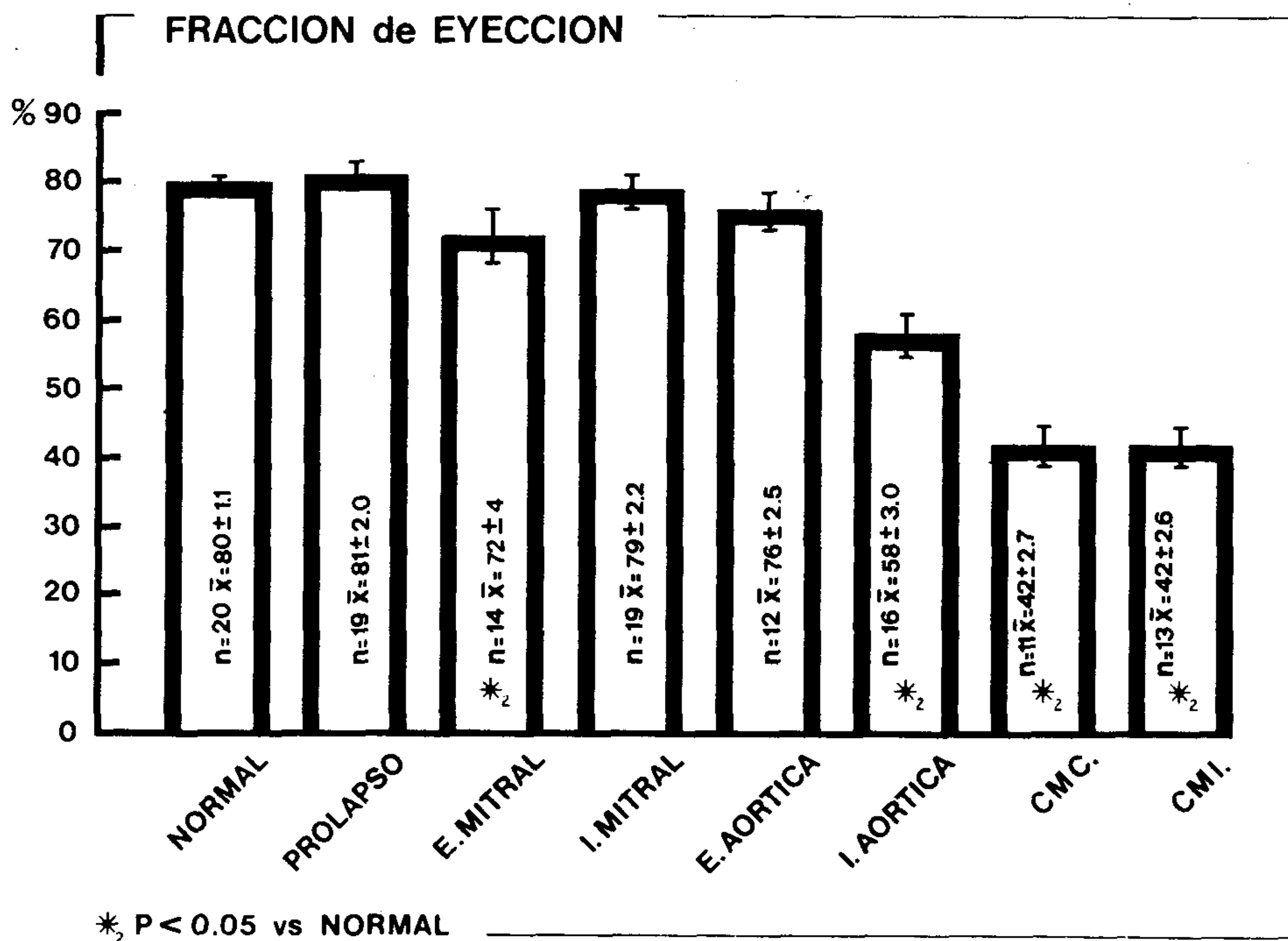


Fig. 2

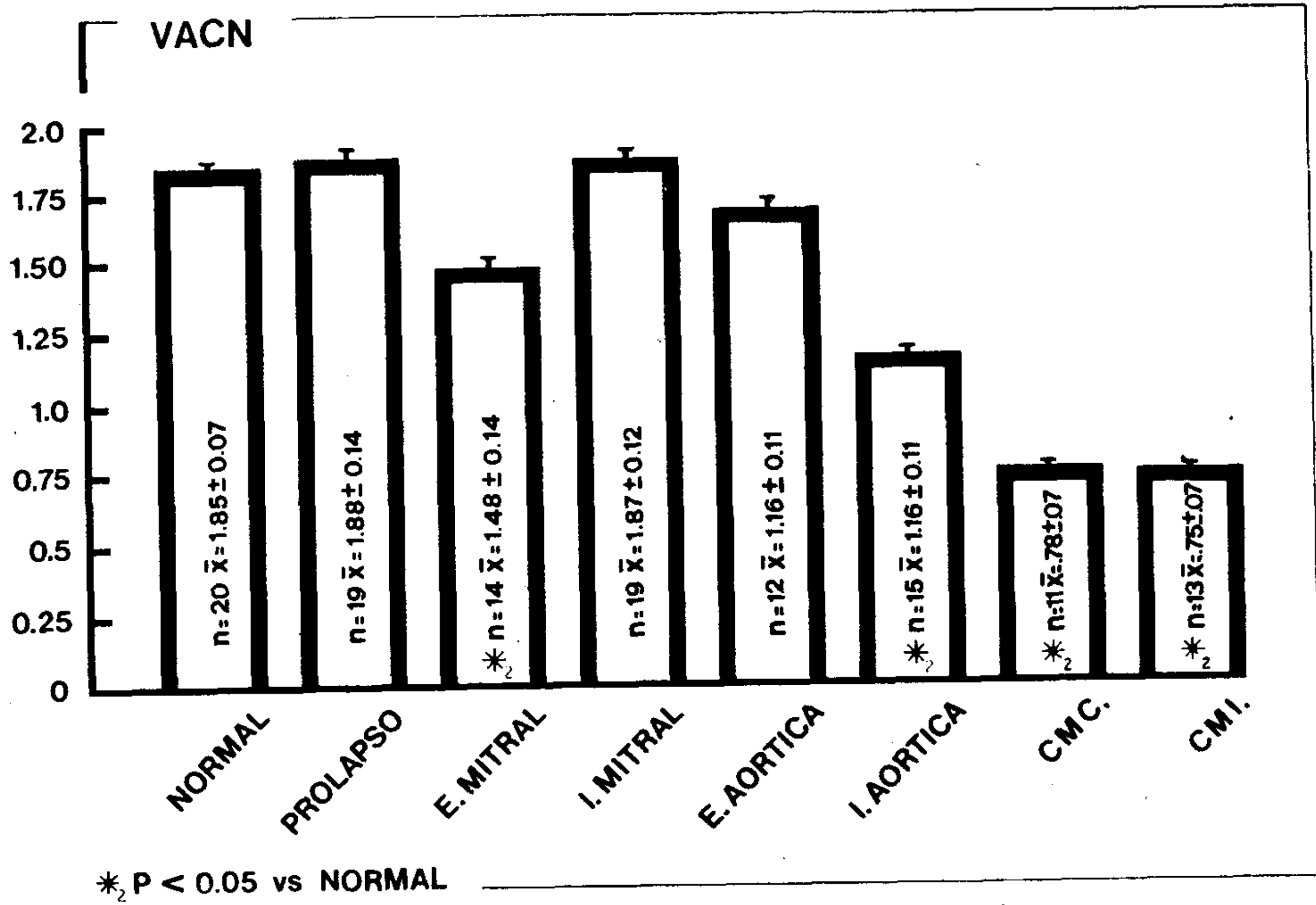


Fig. 3

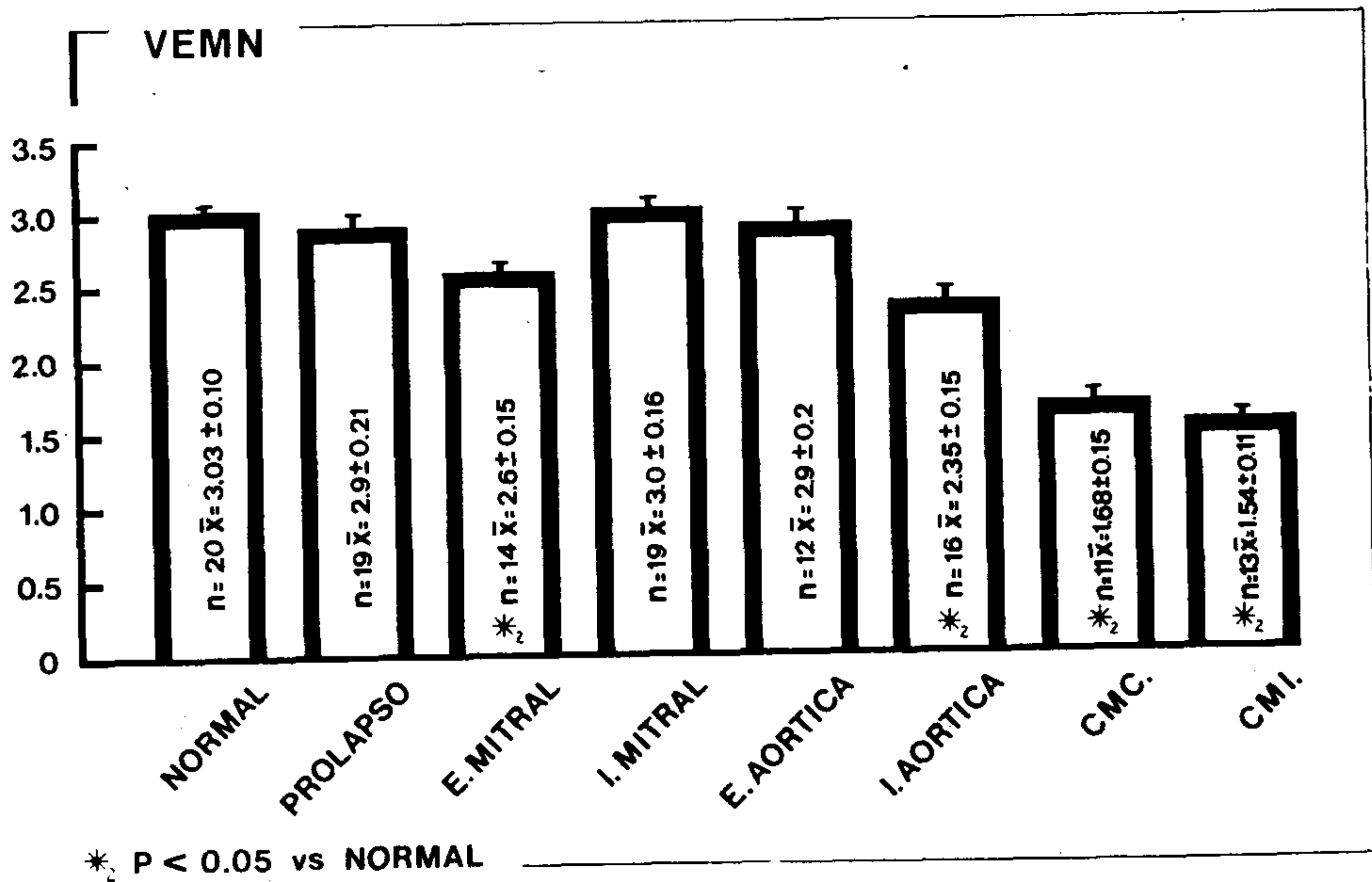


Fig. 4

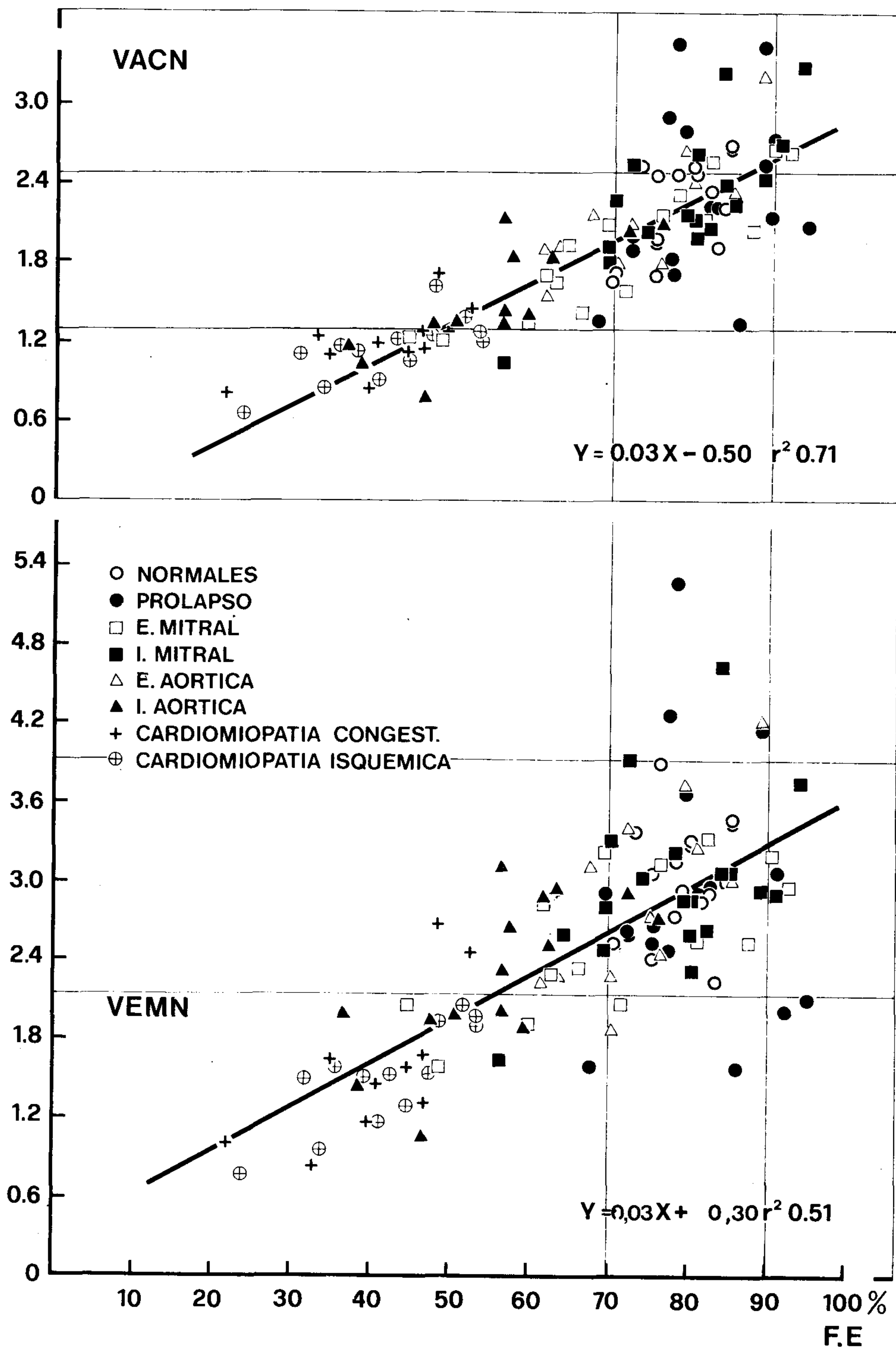


Fig. 5. Correlación entre FE, VEMN y VACN. Las franjas verticales y horizontales trazadas sobre la figura delimitan los valores incluidos en dos desviaciones estándar alrededor de la media. Se observa que en el grupo de pacientes con FE normal, ninguno presentó VACN disminuida y sólo dos tuvieron VEMN por debajo de límites normales.



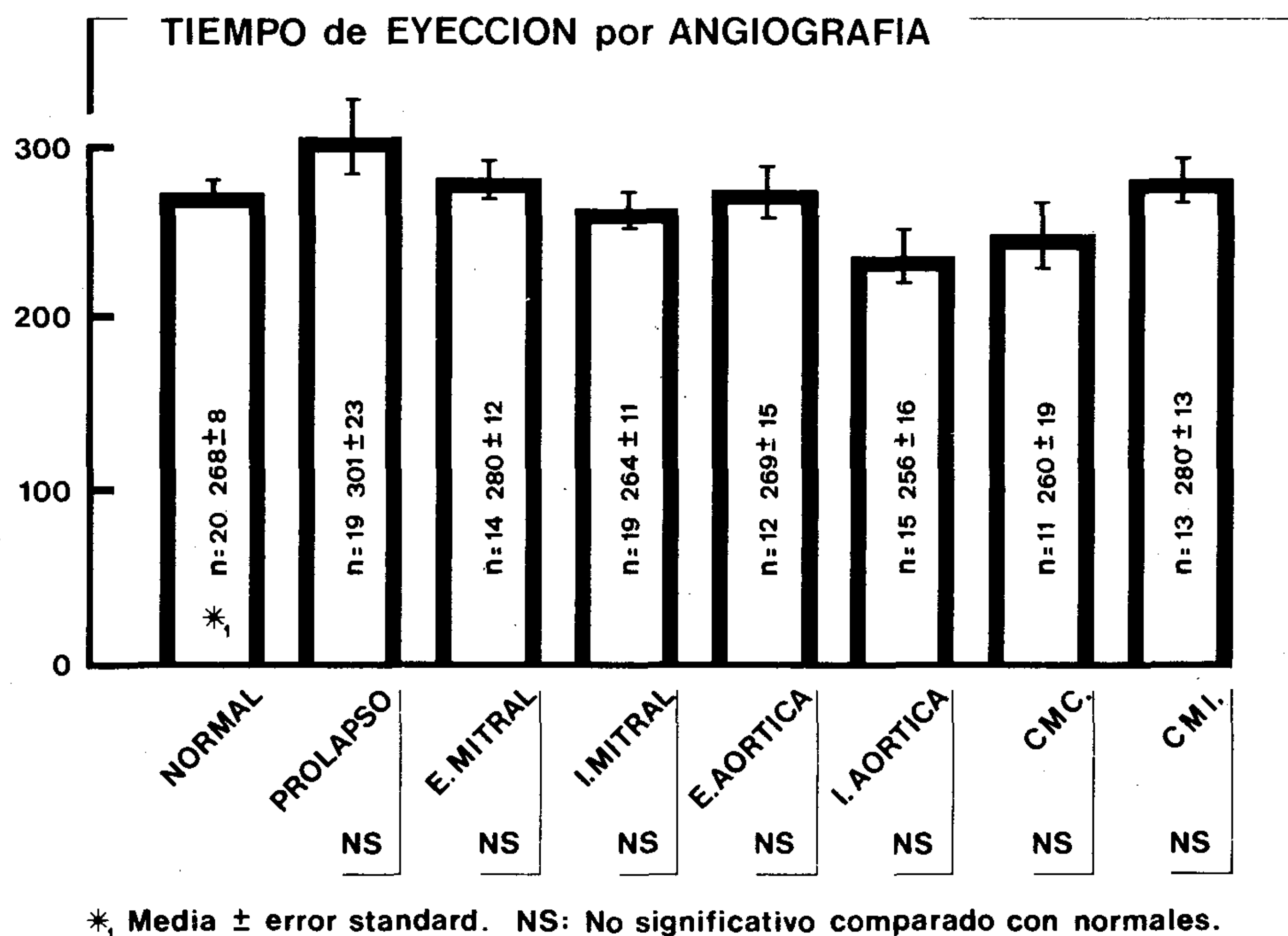


Fig. 6

tes con PVM, EM y CMI tienen valores más altos que los normales, estas diferencias no son significativas. Nuestros valores para individuos normales no difieren de los que calculamos para el grupo de normales del trabajo de Peterson.<sup>2</sup> Los correspondientes a CMI de nuestro grupo son más bajos que los de este autor, pero las diferencias no alcanzan significación estadística.

#### DISCUSION

En la evaluación de la función ventricular, especialmente cuando se pretende estimar el estado de la contractilidad miocárdica, se accede a una zona en la cual todavía no se ha avanzado mucho a pesar de los numerosísimos trabajos sobre el tema publicados en los últimos años. Aparentemente los índices del período eyectivo, tal vez por su mayor simplicidad de cálculo y mayor precisión en la estimación de la contractilidad basal, han gozado de creciente aceptación en los últimos tiempos. La posibilidad de obtener estos índices en forma no invasiva por medio de la ecocardiografía<sup>3</sup> y de los estudios con cámara gamma<sup>4</sup> agregan

mayor interés a la determinación de los mismos en las diferentes cardiopatías.

La fracción de eyección es quizás el más clásico de estos índices y el que se ha transformado en el patrón que sirve de comparación a todos los demás. La simplicidad de su cálculo es quizás la razón fundamental de su amplio uso. Su valor pronóstico fue demostrado en un número importante de pacientes.<sup>10, 11, 12</sup> Sabemos, por otra parte, que cambios de precarga y postcarga modifican *per se* el valor de la FE para un mismo estado contráctil. Así, el incremento agudo de la postcarga trae como consecuencia una caída de la FE y la disminución de aquélla genera un aumento de los valores de este parámetro.<sup>13</sup> Además, el aumento de la precarga produce un incremento de la FE y la disminución de aquélla reduce los valores de la misma. En los incrementos crónicos de la resistencia a la eyección, como se observa en la estenosis aórtica, la FE permanece normal durante un largo período debido a la puesta en juego de la hipertrofia ventricular izquierda, la cual permite, con el aumento de la fuerza de

contracción, eyectar un volumen adecuado a los requerimientos metabólicos en cada sístole, aun frente a una resistencia aumentada.

Esta falta de especificidad de la FE motivó a los investigadores a estudiar otros índices del período eyectivo con la esperanza de detectar deterioro del estado contráctil más precozmente que con la FE o tal vez hallar un parámetro más específico, vale decir que fuera menos modificado por alteraciones de precarga y postcarga.

Karliner<sup>6</sup> demostró la simplicidad del cálculo de la VACN y su valor en estimar el estado contráctil del miocardio comparándolo cuantitativamente entre pacientes, sugiriendo que este parámetro es capaz de detectar alteraciones de la función VI aun cuando coexistan alteración mecánica valvular y disfunción miocárdica. Otros autores sugirieron que la VACN podría ser aún más sensible que la FE para detectar alteraciones de la contractilidad en pacientes con sobrecarga mecánica como la insuficiencia mitral.<sup>1</sup>

La VEMN fue propuesta por Peterson.<sup>2</sup> Dado que su cálculo se realiza teniendo en cuenta los acortamientos operados no sólo en el eje menor (como en la VACN), sino también en el eje mayor del VI, este índice teóricamente podría ser más útil que aquél en casos en los cuales el ventrículo adopta una forma esferoidal, como en casos avanzados de disfunción, y su eje menor podría mostrarse proporcionalmente más deprimido que el eje mayor. En este caso la VACN podría sobreestimar el grado de disfunción.

Además, en pacientes con patología segmentaria como miocardiopatía isquémica, según el mismo autor, la VEMN podría ser tan sensible como la VACN y obviar estos inconvenientes.

Nuestro estudio, realizado en una amplia gama de alteraciones fisiopatológicas, ofrece una excelente oportunidad para analizar el comportamiento de estos parámetros en variadas situaciones hemodinámicas.

En el análisis comparativo de FE, VACN y VEMN observamos que, como lo muestran las Figs. 2, 3 y 4, VACN y VEMN no mostraron ninguna diferencia significativa en relación a FE en la evaluación de la función ventricular de las diferentes patologías.

Se ha sugerido que algunos pacientes con re-

gurgitación valvular y alteraciones de la contractilidad miocárdica asociada pueden mostrar FE normal y velocidad reducida.

En nuestro estudio este fenómeno no fue observado (Fig. 5). Sólo dos pacientes con FE normal tenían VEMN por debajo de los valores normales. El número de pacientes es muy pequeño como para pensar que las velocidades puedan haber detectado alguna alteración de la función ventricular que no reconoció FE. Este interrogante no puede ser develado con los datos emergentes de este trabajo; tal vez el seguimiento a largo plazo de estos pacientes pueda arrojar alguna luz sobre este problema. En el mismo diagrama se observa que en el grupo de aquellos pacientes con clara reducción de su función ventricular (cardiomiopatías), 4 presentan VACN normal y 3 VEMN dentro de límites normales, observándose además muchos valores cercanos a los normales a diferencia con la lejanía del límite inferior de FE normal. Tratándose de pacientes con clara alteración de la contractilidad, debemos asumir que si las velocidades mostraron valores normales, las mismas fueron menos sensibles que FE para detectar el deterioro miocárdico existente.

En la Fig. 6 se muestra el tiempo de eyección en los diferentes grupos de pacientes. Ninguno de los grupos mostró cifras estadísticamente diferentes de las halladas en normales. Esta observación ayuda a explicar el hecho de no hallar mayor capacidad discriminativa con el uso de velocidades, comparada con la FE obtenida por el método angiográfico. Nuestros tiempos de eyección no difieren estadísticamente de aquellos que calculáramos tomando datos de Peterson.<sup>2</sup> Además, el tiempo de eyección puede estar alterado en las valvulopatías por razones mecánicas y/o hemodinámicas independientes del estado contráctil del miocardio y, por lo tanto, al incluirlo en el cálculo de velocidades podría eventualmente introducir mayor dispersión en la evaluación de la contractilidad miocárdica.

En 1975 se demostró en experimentos en animales que, al aumentar la resistencia a la eyección de ventrículo izquierdo, se producía inmediatamente una caída de la velocidad de acortamiento circunferencial, pero que si se mantenía esa elevada resistencia por un cierto



período, las velocidades volvían a su valor normal.<sup>14</sup>

En nuestros pacientes con estenosis aórtica observamos valores de FE, VACN y VEMN prácticamente dentro de límites normales. Tal vez la instalación de la hipertrofia ventricular izquierda haya determinado paulatinamente la normalización del stress ventricular y permita así a los índices del período expulsivo analizados mostrar valores normales.

### CONCLUSIONES

Del análisis comparativo del comportamiento de FE, VACN y VEMN frente a un grupo de pacientes normales y 7 grupos de pacientes con diferentes valvulopatías se desprende que no existe una clara superioridad de estos índices comparados con la FE en la discriminación de los diferentes grupos.

En los pacientes con sobrecarga de volumen debido a IA e IM concluimos lo siguiente:

— Muy pocos pacientes con FE normal tenían velocidades disminuidas. Un seguimiento a largo plazo de estos pacientes podría tal vez demostrar si los valores bajos de las velocidades realmente indicaban un deterioro de la contractilidad no detectado por la FE, aunque esto parece poco verosímil.

— En sobrecarga de presión representada por pacientes con estenosis aórtica, el uso de las velocidades no pareció ofrecer ninguna ventaja sobre el simple cálculo de la fracción de eyección.

— En los pacientes con clara reducción de la contractilidad representada por las miocardiopatías tampoco se observó una diferencia apreciable entre el uso de las velocidades o el de la FE, excepto por el hecho de la mayor sensibilidad de esta última.

— Los pacientes con PVM y los portadores de EM fueron igualmente catalogados por los tres parámetros estudiados, sin mostrar diferencia entre ellos, excepto por la mayor dispersión de los valores de VACN y VEMN.

Consideramos, por lo tanto, que en nuestro grupo de 123 pacientes la incorporación del tiempo de eyección a la fracción de acortamiento o a la FE para obtener VACN y VEMN no aumenta el poder de discriminación de aque-

llos parámetros de más fácil obtención, sugiriendo, por el contrario, que el cálculo de las velocidades aumenta la dispersión y, por lo tanto, disminuye la confiabilidad de aquellos índices primarios.

### COMPARISON OF THE EJECTION FRACTION MEAN NORMALIZED VELOCITY OF CIRCUNFERENTIAL FIBER SHORTENING AND MEAN NORMALIZED SYSTOLIC EJECTION RATE AS A MEAN TO EVALUATE THE VENTRICULAR FUNCTION

*The purpose of this study was to compare the value of ejection fraction (EF) mean normalized velocity of circumferential fiber shortening (VCF) and mean normalized systolic ejection rate (MNSER) in 123 patients with a variety of cardiac conditions. Patients with clear reduction of myocardial contractility like those with congestive cardiomyopathy (CCM) or ischemic cardiomyopathy (ICM) showed EF, VCF and MNSER severely depressed (EF:  $42 \pm 2.7$ ,  $42 \pm 2.6$ ; VCF:  $0.78 \pm 0.07$ ,  $0.75 \pm 0.07$  and MNSER:  $1.68 \pm 0.15$ ,  $1.54 \pm 0.11$  mean  $\pm$  SEM) (Figs. 2, 3 and 4). EF separated neatly both groups whereas 2 patients with cardiomyopathy had normal MNSER and 4 patients normal VCF. In general the use of the velocities did not offer advantages over EF in this large spectrum of cardiopathies and conversely appeared to be less reliable in the detection of impairment of left ventricular function.*

### BIBLIOGRAFIA

1. Mechanisms of Contraction of the Normal and Failing Heart, pp 158-159. Little Brown and Co, 1976.
2. Peterson KL, Skloven D, Ludbrook P, Uther JB, Ron J: Comparison of isovolumic and ejection phase indices of myocardial performance in man. *Circulation* 49: 1088, 1974.
3. Cooper RH, O'Rourke R, Karlner JS, Leopold GR: Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of the mean rate of circumferential fiber shortening in man. *Circulation* 46: 914, 1972.
4. Pérez Baliño N, Sporn V, Gobe E, Ruiz M, Bruno C, de la Fuente L: Estudio de la función VI en sujetos normales y con cardiopatía isquémica en reposo y esfuerzo mediante la utilización de radioisótopos. *Correlación cinecoronariográfica. Rev Arg Cardiol* 49: 199, 1981.
5. Greene DG, Grant C, Bunnell TL: Estimation of left ventricular volume by one-plane cineangiography. *Circulation* 35: 61, 1967.
6. Karlner JS, Gault JH, Eckeberg D, Mullins CB, Ross J:

- Mean velocity of fiber shortening. A simplified measure of left ventricular myocardial contractility. *Circulation* 44: 323, 1971.
7. Lardani H, Moreyra AE, Manubens S, Belardi J, Fava M, Sheldon W: Electrocardiographic findings in 125 patients with idiopathic prolapse of the mitral valve studied by angiography.
  8. Dodge HT, Baxley: Left ventricular volume and mass and their significance in heart disease. *Am J Cardiol* 23: 528, 1969.
  9. Gaash WH, Wallace A, Levine H: Chronic aortic regurgitation. The effect of aortic valve replacement on left ventricular volume, mass and function. *Circulation* 58: 825, 1978.
  10. Cohn PF, Gorlin R, Cohn L, Collins J: Left ventricular ejection fraction as a prognostic guide in surgical treatment of coronary and valvular heart disease. *Am J Cardiol* 34: 136, 1974.
  11. Nelson G, Gorlin R: Prognosis in medically treated coronary artery disease. Influence of ejection fraction compared to other parameters. *Circulation* 52: 409, 1973.
  12. Singh R, Green W, Mc Guire L: Left ventricular ejection fraction and results of cardiac surgery. *Cardiology* 59: 342, 1974.
  13. Graham TP, Jacmakani JM, Carmen RV: Evaluation and observation with a pressure load. *Circulation* 44: 1043, 1971.
  14. Sayosama S, Theroux P, Romero M, Bishop S, Bloor C, Franklin D, Ross J: Adaptation of the left ventricle to chronic pressure overload.