

Modificaciones Ecocardiográficas por Oclusión Temporal de Fístulas Arteriovenosas

Drs.: Prof. RICARDO J. ESPER, MONICA CAPRARELLA, MIGUEL LYTHGOE, LUCRECIA Z. CASTRO y FELIX CANTAROVICH

Servicios de Cardiología y Nefrología del Hospital Militar Central, Buenos Aires

* Profesor de Cardiología de la Universidad del Salvador, Buenos Aires
Jefe de la Sección Registros Gráficos Externos del Servicio de Cardiología, Hospital Militar Central, Buenos Aires

RESUMEN

A quince enfermos renales terminales, con fístulas arteriovenosas quirúrgicas para su conexión al dializador, les fueron ocluidas las fístulas temporalmente mientras se les realizaba un registro ecocardiográfico continuo.

Se comprobó que durante la oclusión se produjo bradicardia ($p < 0,001$), disminución de la presión sistólica ($p < 0,001$) y aumento de la diastólica ($p < 0,005$), reducción del diámetro diastólico ($p < 0,01$) y volumen diastólico ($p < 0,01$) del ventrículo izquierdo, sin cambios apreciables en el diámetro sistólico ($p > 0,10$) y volumen sistólico ($p > 0,20$) y se redujo el gasto sistólico ($p < 0,05$) y el volumen minuto ($p < 0,001$). Todos estos cambios se produjeron en los 10 primeros latidos después de la compresión y retornaron, en todos los casos, a los valores basales en los primeros 10 latidos al cesar la misma.

Se concluye que los volúmenes del ventrículo izquierdo, gasto sistólico y volumen minuto se modifican con igual precocidad que la frecuencia cardíaca al comprimir o descomprimir la fístula.

Las fístulas arteriovenosas sistémicas reducen la impedancia periférica e incrementan el retorno venoso al corazón provocando sobrecarga volumétrica de sus cavidades, aumento de la frecuencia cardíaca y de la tensión arterial sistólica, disminución de la tensión arterial diastólica y mayores gasto sistólico y volumen minuto. (1) Su oclusión revierte estos fenómenos. (2-6)

La ecocardiografía es un método no invasivo que permite medir con fidelidad los diámetros internos de las cavidades ventriculares y de la aurícula izquierda, y calcular aproximadamente los volúmenes del ventrículo izquierdo. (7-9)

La oportunidad de estudiar quince nefrópatas terminales a quienes se les había realizado fístulas arteriovenosas quirúrgicas para facilitar su conexión al dializador, ocluyendo temporalmente la fístula mientras se los controlaba ecocardiográficamente, permitieron observar una serie de hechos que motivaron el presente trabajo.

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron quince nefrópatas de diversas etiologías, en estado terminal, a quienes les fue practicada quirúrgicamente una fístula venoarterial laterolateral o terminolateral sobre la arteria braquial o femoral, para facilitar su conexión al dializador. Ocho eran mujeres y siete hombres, con una edad promedio de 43 años (23-73) y sobrellevaban sus fístulas en un plan de hemodiálisis periódicas desde 23,5 meses (6-63). (Tabla nº 1).

TABLA I
CARACTERISTICAS DESCRIPTIVAS
DE LOS CASOS

| | | |
|-------------------------|------------------|---------|
| SEXO | Masculino | 7 |
| | Femenino | 8 |
| | TOTAL | 15 |
| EDAD (en años) | Media aritmética | 43,0 |
| | Desvío estándar | 15,0 |
| | Error estándar | 3,9 |
| | LIMITES | 23 - 73 |
| TIEMPO DE LA FISTULA | Media aritmética | 23,5 |
| | Desvío estándar | 16,4 |
| | Error estándar | 4,2 |
| | LIMITES | 6 - 43 |

A todos se les realizó un ecocardiograma en modo M con un equipo Sonograph II (Unirad Co.) explorando desde el área precordial en el espacio intercostal estándar con respiración normal, (10) descartándose algunos casos cuyos trazados no fueron satisfactorios. Se utilizaron transductores de 2,25 MHz y 13 mm de diámetro, focalizados en 10 cm, y se registró con un inscriptor fibro-óptico Honeywell 1858 sobre papel fotosensible a una velocidad de 25 mm por segundo. Para la exploración del ventrículo izquierdo se dirigió el haz ultrasónico por debajo de la válvula mitral y antes de los músculos papilares, realizando un desplazamiento en T (T-Scanning) para tener la seguridad de detectar la dimensión mayor del diámetro ventricular. (11). En esa situación, un segundo operador comprimía la fístula hasta no tener sensación palpable de frémito o pulso por espacio de 40 latidos. El ecocardiograma se registró en forma continua por espacio de no menos de 20 latidos en condiciones basales, 40 latidos durante la compresión y otros 20 latidos al cesar la misma. Seguidamente, luego de un lapso de reposo de 15 a 20 minutos, se repitió la operación registrando la aurícula izquierda al

nivel donde se observaban simultáneamente las sigmoideas aórticas.

Se midió la aurícula izquierda desde el borde anterior de la pared posterior de la aorta hasta el borde anterior de su pared posterior a nivel de su máxima dimensión en la protodiástole. (13) (Fig. nº 1). El diámetro diastólico del ventrículo izquierdo se consideró como la mayor dimensión al nivel del QRS desde el endocardio izquierdo del septum interventricular hasta el endocardio de la pared posterior libre del ventrículo izquierdo y el diámetro sistólico como la menor dimensión en la telesístole. (Fig. nº 2). Los diámetros diastólico y sistólico del ventrículo derecho se midieron al mismo nivel que los del ventrículo izquierdo, desde el endocardio derecho del septum interventricular hasta el de la pared libre. (Fig. nº 2). Se calcularon los volúmenes diastólico y sistólico del ventrículo izquierdo por la fórmula de Tiechholz, (12) el gasto sistólico por diferencia entre ambos, la fracción de eyección y el volumen minuto multiplicando el gasto sistólico por la frecuencia cardíaca. (14)

Las mediciones se realizaron en todos los casos sobre por lo menos 10 latidos en con-

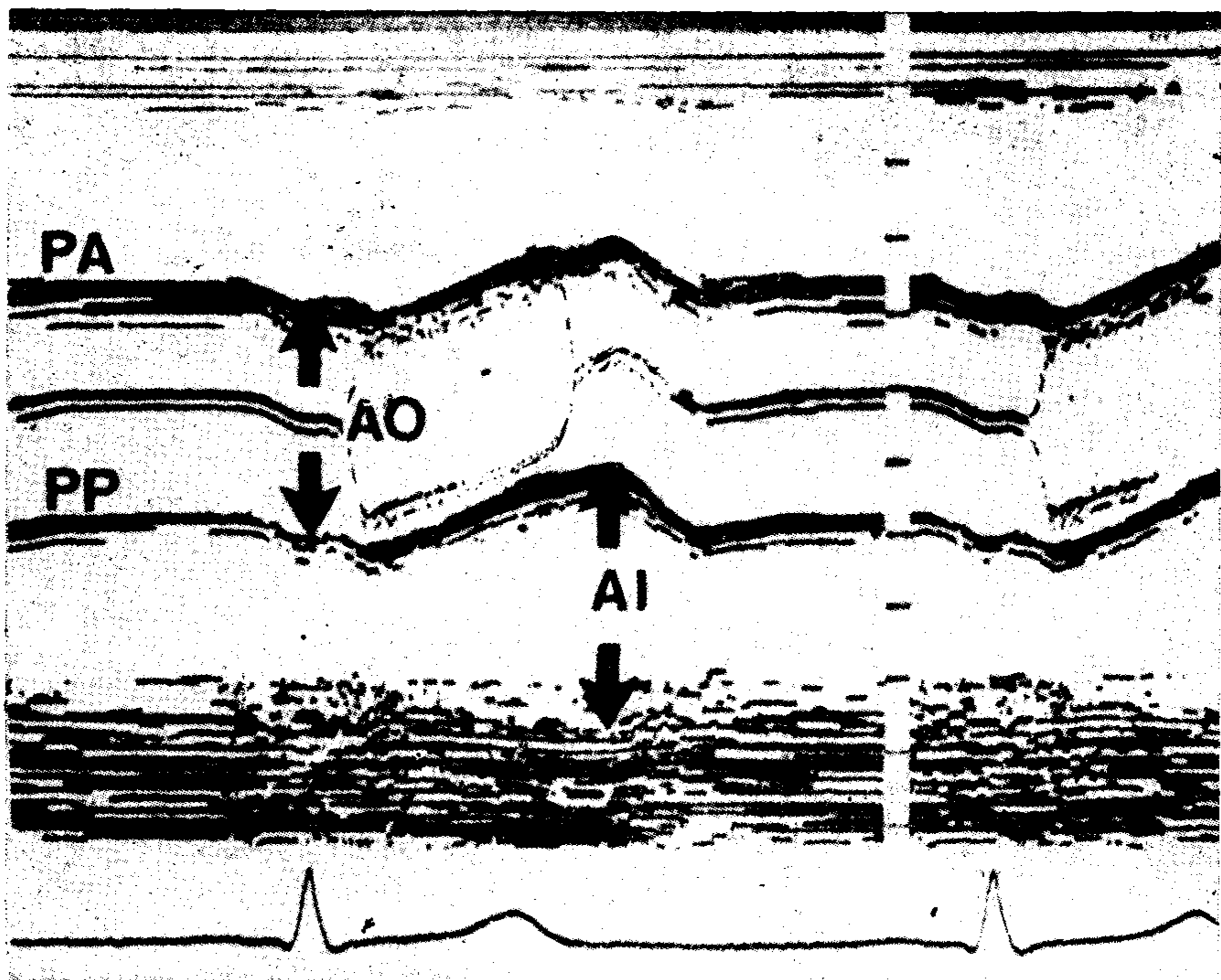


Figura Nº 1: Metodología para la medición de Raíz de Aorta (Ao) y Aurícula Izquierda (AI). PA y PP paredes anterior y posterior de la Aorta respectivamente

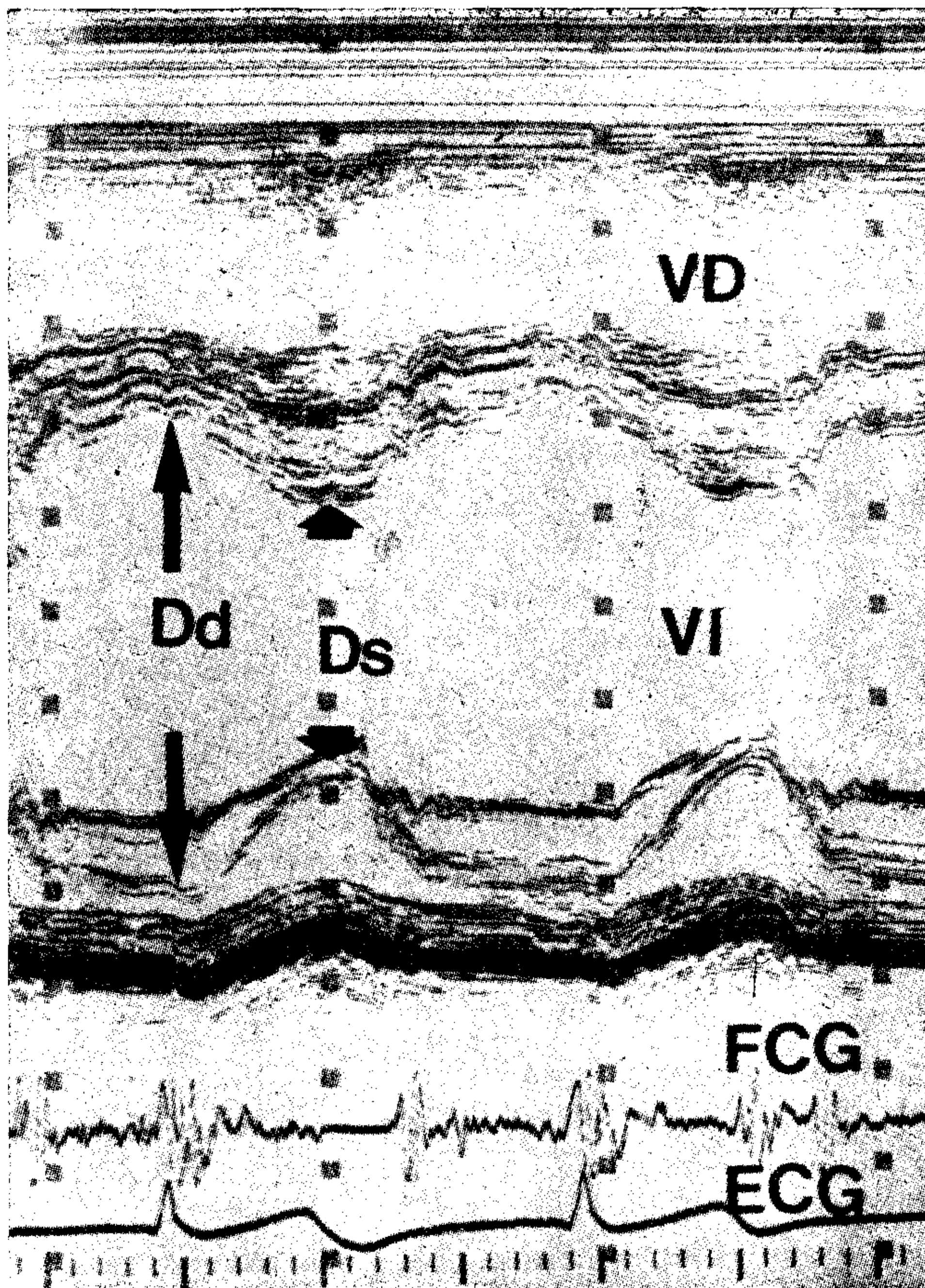


Figura N° 2: Técnica de la medición de los Diámetros Diastólico (Dd) y Sistólico (Ds) del Ventrículo Izquierdo (VI). VD: Ventrículo Derecho. Ecg: Electrocardiograma. FCG: Fonocardiograma.

diciones basales previos a la compresión, en todos los latidos durante la fase de compresión de la fístula y en los 20 latidos subsiguientes una vez cesada la misma.

Simultáneamente un tercer operador tomaba la tensión arterial sistólica y diastólica por el método auscultatorio convencional en el brazo libre, en condiciones basales, entre el latido 20 y 40 de la compresión y en la fase de descompresión. La frecuencia cardíaca se obtuvo de los registros ecocardiográficos.

De esta manera se establecieron tres tipos de resultados: los del estado basal del sujeto (B), los obtenidos durante la oclusión de la fístula por la compresión (C) y los observados en el período de postcompresión (P).

Metodología estadística

Se compararon los valores basales y du-

rante la compresión de la fístula (fases B y C) por medio del test "t" de Student, de observaciones dependientes, considerándose significativa toda diferencia con $p < 0,05$.(15)

RESULTADOS

En todos los casos los valores obtenidos en condiciones basales, cuando se modificaran durante la compresión, retornaban a iguales niveles en la fase de postcompresión, causa por la cual las comparaciones estadísticas se realizaron siempre entre B y C, ya que B y P eran idénticos.

Frecuencia cardíaca

Salvo un caso donde la frecuencia cardíaca no se modificó, todos los demás se bradicardizaron durante la fase C entre el 2° y 8° latido, con un promedio de 5,3 latidos ($p < 0,001$). Una vez reducida la frecuencia, se mantenía con niveles semejantes hasta la

TABLA II
CAMBIOS EN LAS MEDICIONES PRODUCIDOS POR LA OCLUSION DE LA FISTULA
ARTERIOVENOSA

| | | BASAL | COMPRESION | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| FRECUENCIA CARDIACA (x minuto) | \bar{x} de ee | 78,0 15,6 4,0 | 72,7 13,3 3,4 | $p < 0,001$ |
| TENSION ARTERIAL SISTOLICA (mm Hg) | \bar{x} de ee | 157 30 10 | 146 31 10 | $p < 0,001$ |
| TENSION ARTERIAL DIASTOLICA (mm Hg) | \bar{x} de ee | 91 25 8 | 97 27 8 | $p < 0,005$ |
| DIAMETRO DIASTOLICO V.I. (mm) | \bar{x} de ee | 59,3 8,4 2,2 | 58,0 9,3 2,4 | $p < 0,01$ |
| DIAMETRO SISTOLICO V.I. (mm) | \bar{x} de ee | 40,0 11,2 2,9 | 39,7 11,3 2,9 | $p > 0,10$ |
| VOLUMEN DIASTOLICO V.I. (ml) | \bar{x} de ee | 180,1 58,7 15,1 | 172,1 63,2 16,3 | $p < 0,01$ |
| VOLUMEN SISTOLICO V.I. (ml) | \bar{x} de ee | 77,7 49,9 12,9 | 76,5 50,6 13,0 | $p > 0,10$ |
| FRACCION EYECCION (%) | \bar{x} de ee | 59,5 16,1 3,9 | 58,7 15,3 3,9 | $p > 0,20$ |
| GASTO SISTOLICO (ml) | \bar{x} de ee | 102,5 30,5 7,9 | 95,6 27,9 7,2 | $p < 0,05$ |
| VOLUMEN MINUTO (ml) | \bar{x} de ee | 8.019 2.946 761 | 6.954 2.420 625 | $p < 0,001$ |

fase P, donde en todos los casos retornaron a sus frecuencias basales entre el 3° y 10° latidos de P (Tabla nº 2 y Fig. nº 3).

Tensión arterial

La tensión arterial sólo se controló en 10 pacientes, en los que se observó una dis-

minución promedio de la sistólica de 157 a 146 mm Hg y un aumento promedio de la diastólica de 91 a 97 mm Hg en la fase C respecto de B. En la post-compresión recuperaron los valores observados en B. Ambas diferencias fueron estadísticamente sig-

Frecuencia Cardíaca

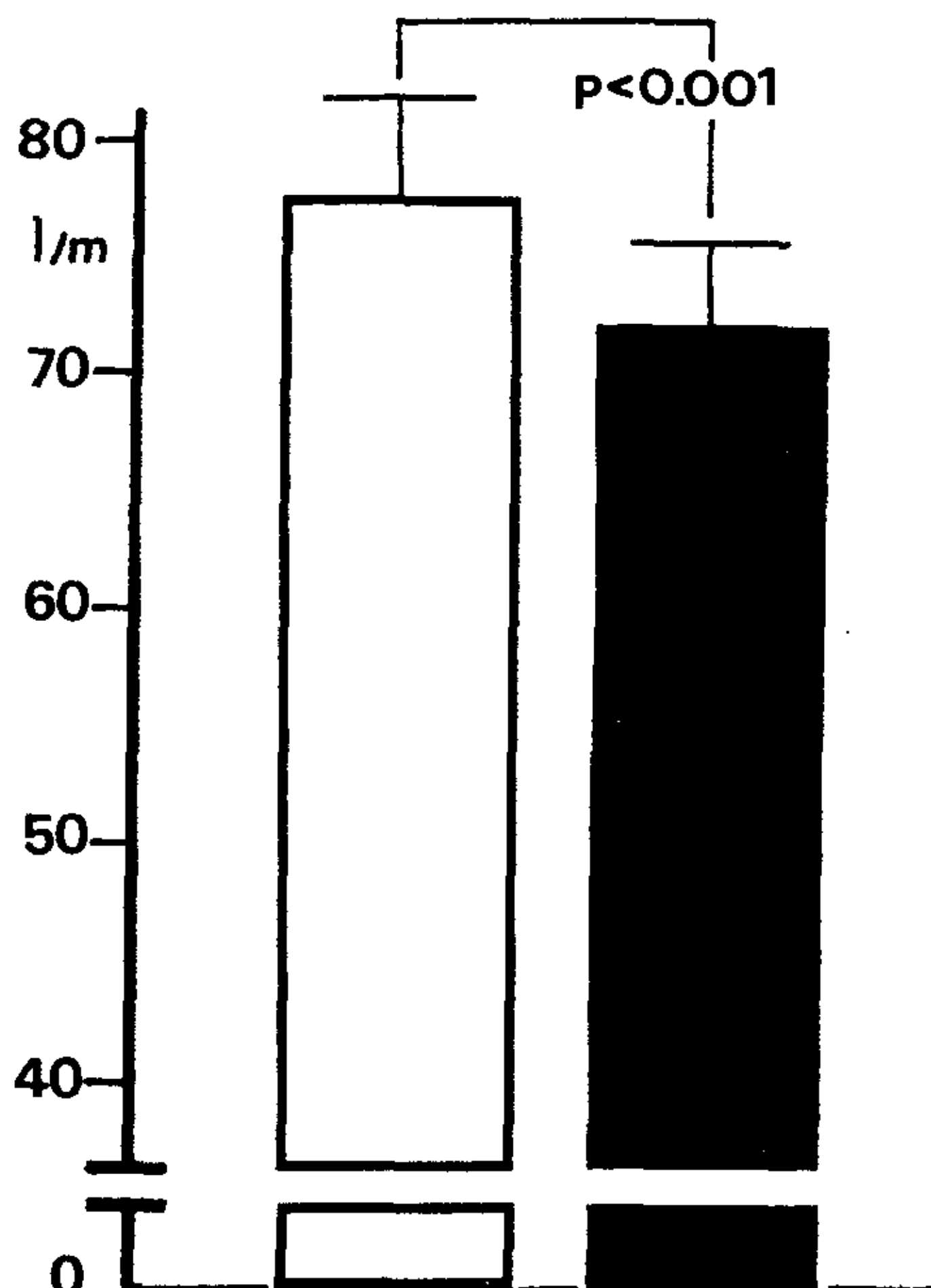


Figura Nº 3: Comparación entre las frecuencias cardíacas antes (blanco) y durante (negro) la oclusión de la fístula

nificativas. (Tabla nº 2 y Fig. nº 4).

Aurícula izquierda

En 3 pacientes se produjo una reducción de su dimensión mayor de 2 a 4 mm entre el 2º y 6º latido de C, retornando al valor anterior entre el 2º y 8º latido de P. No se realizó evaluación estadística.

Ventrículo derecho

Sólo 3 pacientes redujeron sensiblemente sus diámetros entre el 3º y 11º latidos de la fase C, retornando a iguales valores entre el 3º y 5º latidos de P. Al igual que en el caso de aurícula izquierda no se realizó evaluación estadística.

Ventrículo izquierdo

El diámetro diastólico disminuyó progresivamente de 2 a 4 mm en 7 casos, entre el 2º y 10º latidos de C, valores que se mantuvieron hasta la P, en que volvieron a las cifras anteriores entre el 3º y 6º latidos, resultando una diferencia significativa ($p < 0,01$). El diámetro sistólico no se modificó significativamente en ningún caso. (Tabla nº 2).

Volúmenes del ventrículo izquierdo

Los volúmenes fueron calculados sobre los diámetros por la fórmula de Teichholz,

observándose que la reducción del volumen diastólico durante la fase C fue estadísticamente significativa ($p < 0,01$). En cambio el volumen sistólico no se modificó significativamente. (Tabla nº 2 y Fig. nº 5).

Presion Arterial

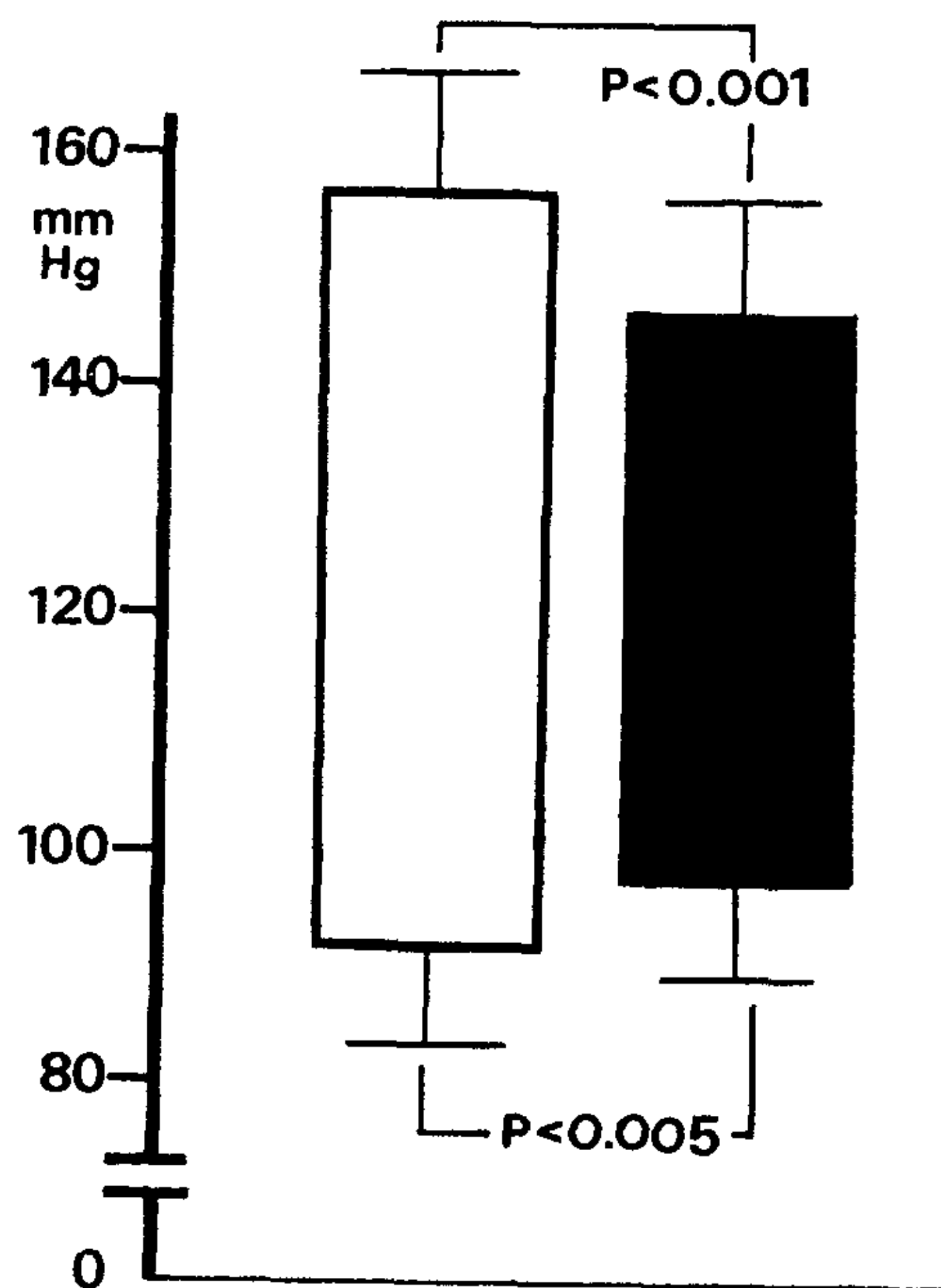


Figura Nº 4: Variaciones en la presión arterial sistólica y diastólica en condiciones basales (blanco) y con la fístula ocluida (negro)

Volumen VI

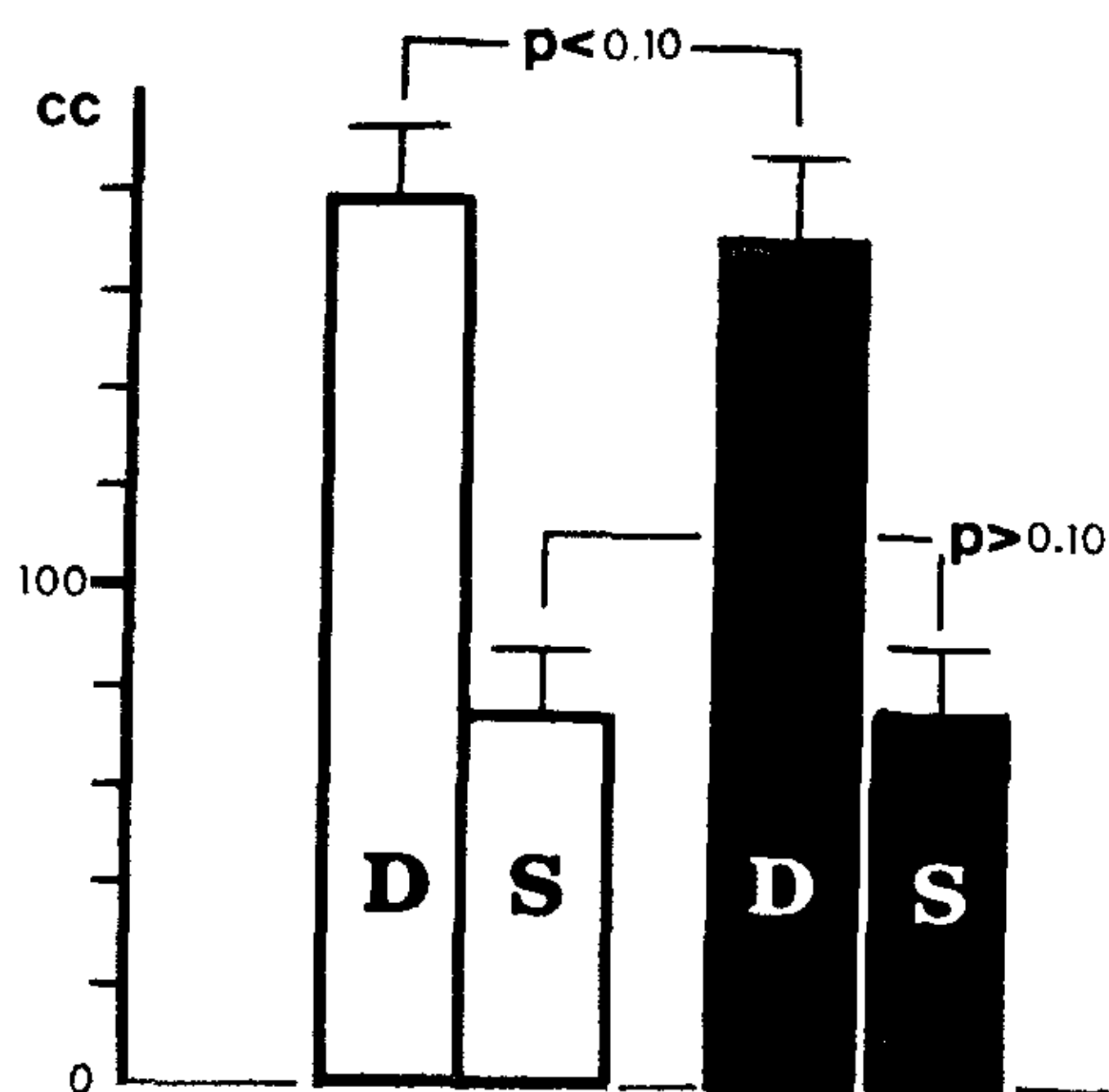


Figura Nº 5: Volúmenes diastólico (D) y sistólico (S) del ventrículo izquierdo en condiciones basales (blanco) y durante la compresión de la fístula

Fracción de eyección

Se observó una reducción de la fracción de eyección pero que no llegó a ser de significación estadística (Tabla nº 2).

Gasto sistólico

A pesar de que sólo 7 pacientes modificaron sus diámetros diastólicos, el cálculo de la diferencia del gasto sistólico resultó significativa ($p < 0,05$). (Tabla nº 2 y Fig. nº 6).

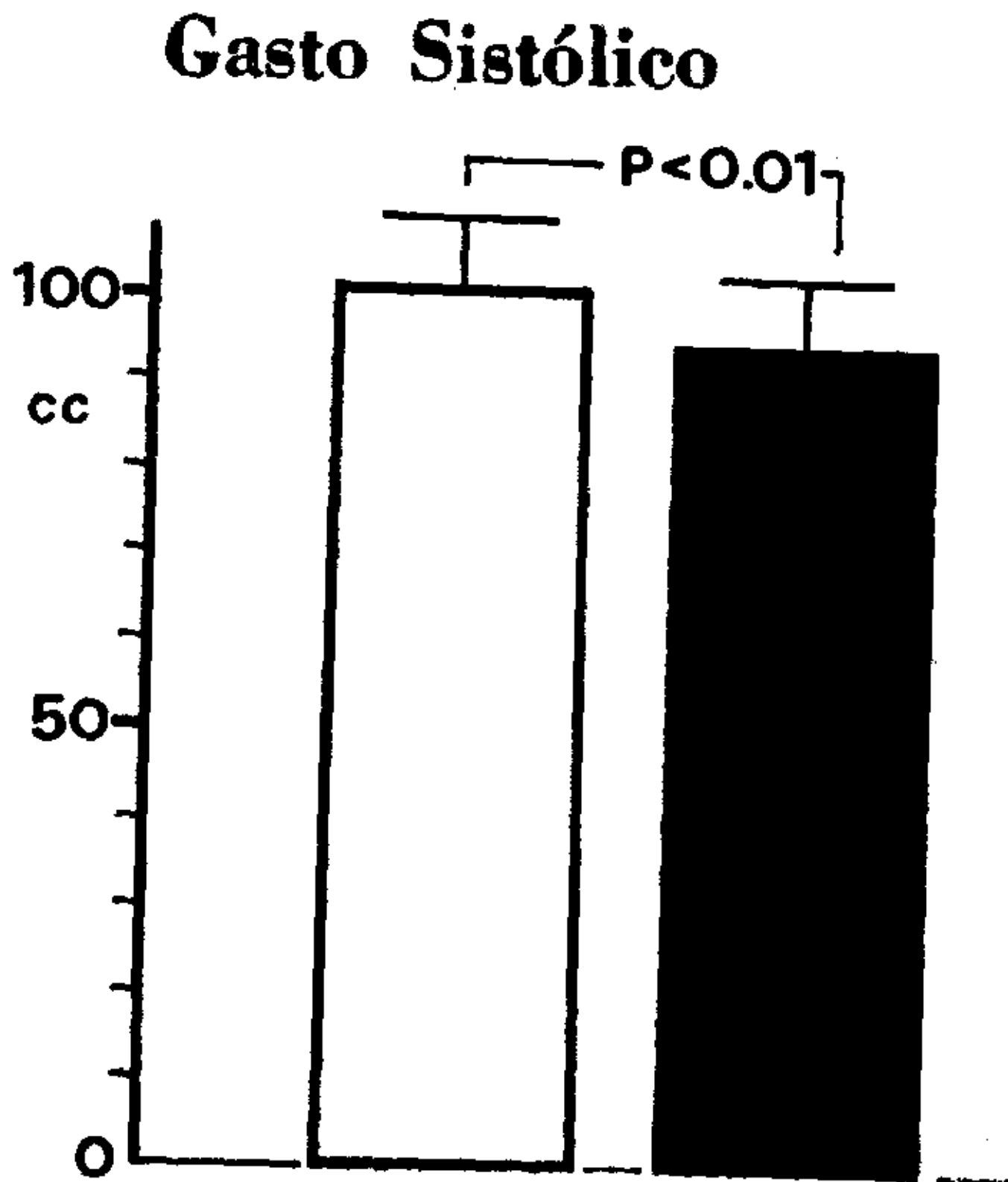


Figura Nº 6: Promedios y errores standard en los gastos sistólicos antes y durante la oclusión de la fístula (blanco y negro respectivamente)

Volumen Minuto

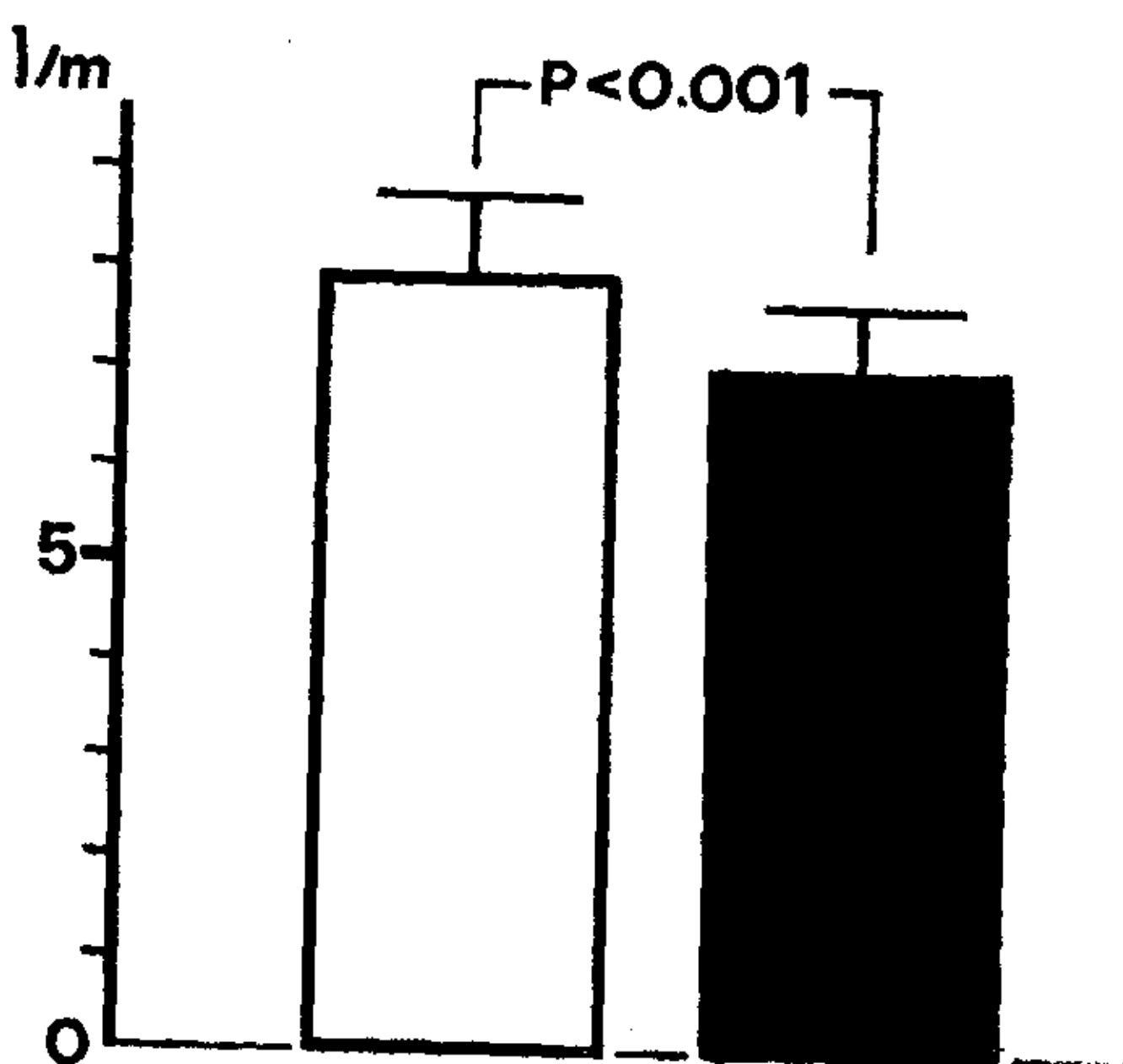


Figura Nº 7: Variaciones del volumen minuto en condiciones basales (blanco) y cuando se ocluyó la fístula

Volumen minuto

El volumen minuto resulta del producto del gasto sistólico por la frecuencia cardíaca. En los 7 casos donde se redujo el diámetro y el volumen diastólicos en la fase C, fue lógico suponer una disminución del mismo. Sin embargo en todos los demás casos hubo una menor frecuencia cardíaca durante la C, disminuyendo también el volumen minuto. De esta manera la diferencia fue absoluta en todos los casos y altamente significativa ($p < 0,001$). (Tabla nº 2 y Fig. nº 7).

DISCUSION

Una fístula arteriovenosa sistémica de cierta envergadura, provoca un importante escape de flujo que reduce la impedancia periférica y significa un desvío considerable de caudal en detrimento de la irrigación distal. Por otra parte aumenta el retorno venoso que incrementa la precarga. De esta manera el corazón se encuentra con mayor llenado y menor poscarga, a lo que se suman las necesidades periféricas afectadas por el cortocircuito de la fístula, lo que lleva a un mayor gasto sistólico y volumen minuto. Estos cambios, que parecerían necesitar de algún tiempo para producirse, se instalan inmediatamente por reflejos de inhibición vagal. (2) La oclusión de la fístula, en forma temporaria o permanente, revierte todos estos fenómenos también en forma inmediata. (2, 3) Los pacientes escogidos para el presente estudio eran todos renales terminales con diversos grados de anemia, factor que exagera las consecuencias hemodinámicas de la fístula. (1)

El ecocardiograma es un método no invasivo de probada utilidad para evaluar los volúmenes de las cavidades cardíacas y resulta ideal para considerar los cambios que producen las fístulas. (8, 9) Mucho se ha escrito respecto de la fidelidad del ecocardiograma en modo M para calcular los volúmenes a partir de un diámetro, (16) pero en el presente caso ello no interesa ya que se trata de comparar cambios en el mismo paciente, con igual método y en el mismo momento. Además existe la contraprueba de que una vez liberada la fístula los valores deberían ser iguales a los basales, si así no lo fuera se supondrían errores de técnica. En la presente experiencia, en la totalidad de los casos los resultados de la fase P fueron iguales a B, indicando la sensibilidad

de la metodología. Otro hecho interesante es que todos los cambios observados en C sucedieron entre los 10 primeros latidos después de ocluir la fístula, al igual que el retorno a P, apoyando la sugerencia de su mecanismo reflejo. (2, 3)

En todos los pacientes menos uno (93,3 %) se observó bradicardia al ocluir la fístula, signo descrito por primera vez por Nicolaidoni, (17) aunque atribuido a Braham, (18) con valores de gran significación estadística ($p < 0,001$). La tensión arterial sólo se midió en 10 de los pacientes, y en todos ellos se observó en C una caída de la tensión sistólica ($p < 0,001$) y elevación de la diastólica ($p < 0,005$). Estos cambios en la frecuencia cardíaca y tensión arterial podrían ser consecuencia del menor gasto sistólico y volumen minuto, pero la bradicardia se produce por vía vagal y es bloqueada parcialmente por la atropina, (2) por lo que se trata de un fenómeno que contribuye al menor volumen minuto.

Los cambios observados en aurícula izquierda y ventrículo derecho, sólo registrados en tres pacientes, no pierden valor por este hecho, ya que es sabido de la dificultad de evaluar pequeños cambios en estas cavidades por las técnicas ecocardiográficas habituales en modo M. (8,9) No así con el ventrículo izquierdo, donde se registró una disminución franca de 1,3 mm de promedio del diámetro diastólico en la mitad de los pacientes, con diferencia estadística apreciable ($p < 0,01$), mientras el sistólico no se modificó significativamente ($p > 0,10$).

El ventrículo izquierdo tiene una forma ovoide que tiende a ser más esférica a medida que se agranda, causa por la cual se intenta corregir el cálculo volumétrico por la fórmula de Teichholz, (12) demostrando una reducción del volumen diastólico con la C de valor estadístico ($p < 0,01$). Como era de esperar por el resultado del diámetro sistólico, el volumen sistólico no varió en forma significativa ($p > 0,10$).

El gasto sistólico decreció en los pacientes con cambios en el volumen diastólico durante C, resultando una disminución promedio de 6,9 cm³, que resultó significativo ($p < 0,05$). La fracción de eyección no mostró diferencias ($p > 0,20$) sugiriendo no haberse producido cambios en lo que respecta a efectividad contráctil del ventrículo izquierdo.

El volumen minuto es el producto del

gasto sistólico por la frecuencia cardíaca. Si bien el gasto sistólico disminuyó en aquellos pacientes donde se redujo el diámetro diastólico, la frecuencia cardíaca cayó en el 93,3 % del total, lo que significa que de cualquier manera todos los pacientes tuvieron una disminución del volumen minuto durante la C. El promedio de descenso fue de 1.065 cm³ con alta significación estadística ($p < 0,001$). Pueden llamar la atención los altos valores del volumen minuto en condiciones basales (promedio 8.019 cm³) o bajo compresión (promedio 6.954 cm³) pero estos pacientes, además de la fístula, son anémicos, factores ambos capaces de incrementarlo.

No se ha encontrado, en la literatura al alcance de los autores, estudios semejantes con ecocardiografía, y los realizados con otras técnicas no permitieron evaluar los volúmenes cardíacos latido a latido para estudiar la precocidad de los cambios. (2, 3)

Esta experiencia permite concluir con que los volúmenes ventriculares se modifican, con la oclusión de las fístulas, con igual precocidad que la frecuencia cardíaca, y que en igual tiempo disminuyó el gasto sistólico y el volumen minuto. De la misma manera la descompresión de la fístula permitió el retorno a la situación basal en forma casi inmediata. Además es otra prueba evidente de la capacidad de la ecocardiografía para diagnosticar las variaciones de volumen del ventrículo izquierdo.

Agradecimiento

Al Dr. Roberto Yabo, director del "Estudio de Asesoramiento Estadístico", su contribución en la elaboración de los datos estadísticos del presente trabajo.

SUMMARY

ECHOCARDIOGRAPHIC CHANGES DURING TEMPORARY OCCLUSION OF ARTERIOVENOUS FISTULA

Continuous echocardiographic recording were registered in fifteen patient with terminal renal disease, treated with periodic hemodialysis, while their surgical arteriovenous fistula were occ'uded temporarily by external compression.

Occlusion produced bradycardia ($p < 0,001$) decreased systolic pressure ($p < 0,001$) and increased the dyastolic pressure ($p < 0,005$). Left ventricular dyastolic diameter ($p < 0,01$) and dyastolic volume ($p < 0,01$) were reduced, but left ventricular systolic diameter

($p > 0,10$) and systolic volume ($p > 0,10$) did not show significant changes. Ejection fraction was unaltered ($p > 0,20$). Stroke volume and cardiac output decreased ($p < 0,05$ and $p < 0,001$ respectively). These changes were seen during the first ten beats after occlusion and returned to previous levels during the first ten beats after release.

Left ventricular volume, stroke volume and cardiac output change as soon as heart rate does on compression or decompression of the fistula.

BIBLIOGRAFIA

1. Fowler, N. O.: High cardiac output states (Hyperkinetic or Hyperdynamic States). En: Hurst JW (Ed): The Heart. Mc Graw Book Co. New York, 1978, 4^o Ed. pag. 1710-1721.
2. Glaviano, V. V.: Changes in cardiac output during the transition from closed to open A-V fistula in the unanesthized dog. Amer. J. Physiol. 179: 268, 1954.
3. Nickerson, J. L.; Elkin, D. C.; Warren, J. W.: The effect of temporary occlusion of arteriovenous fistulas on heart rate, stroke volume and cardiac output. J. Clin. Invest. 30: 215, 1951.
4. Muenster, J. J.; Graettinger, J. S. y Campbell, J. A.: Correlation of clinical and hemodynamic findings in patients with systemic arteriovenous fistulas. Circulation 20: 1079, 1959.
5. Warren, J. V.; Nickerson, J. L. y Elkin, D. C.: The cardiac output in patients with arteriovenous fistula. J. Clin. Invest. 30: 210, 1951.
6. Ellis, L. B. y Weiss, S.: The local and systemic effects of arteriovenous fistula on the circulation of man. Amer. Heart J. 5: 635, 1929.
7. Esper, R. J.: Evaluación ecocardiográfica de la contractilidad miocárdica en sujetos sanos y bajo efectos de un B bloqueante. Medicina (Buenos Aires) 37: 243, 1977.
8. Esper, R. J.: Introducción a la ecocardiografía. Stilcograf, Buenos Aires, 1977.
9. Feigenbaum, H.: Echocardiography, Lea y Febiger, Philadelphia, 1976, 2^a Ed.
10. Popp, R. L.; Filly, K., Brown, O. R. y Harrison, D. C.: Effect of transducer placement on echocardiographic measurement of left ventricular dimension. Amer. J. Cardiol. 35: 537, 1975.
11. Henry, W. L.; Clark, C. E. y Epstein, S. E.: Assymmetric septal hypertrophy (ASH). Echocardiographic identificación of the pathognomonic anatomic abnormality of IHSS. Circulation 47: 225, 1973.
12. Teichholz, L. E.; Kreulen, T.; Terman, M. V. y col.: Problems in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. Amer. J. Cardiol. 37: 7, 1976.
13. Moreyra, E. y Alday, L. E.: Aorta y válvula aórtica. La aurícula izquierda. En: Esper RJ (Ed): Introducción a la Ecocardiografía. Stilcograf, Buenos Aires, 1977, pag. 57-67.
14. Alday, L. E. y Moreyra, E.: Ventrículo izquierdo. Tabique interventricular. Ventrículo derecha. En: Esper RJ (Ed): Introducción a la Ecocardiografía. Stilcograf, Buenos Aires, 1977, pag. 69-86.
15. Snedecor, G. W. y Cochran, W. G.: Statistical methods. The Iowa State University Press, Iowa, 1968.
16. Linhart, J. W.; Mintz, G. S.; Segal, B. L.; Kawai, N. y Kottler, M. N.: Left ventricular volume measurement by echocardiography: Fact or fiction. Amer. J. Cardiol. 36: 114, 1975.
17. Nicolaidoni, C.: Phlebarteriectasie der rechten oberen extremitat. Arch f kklin Chir 18: 252, 1875.
18. Branham, H. H.: Aneurismal varix of the femoral artery and vein following a gunshot wound. Internat J. Surg. 3: 250, 1890.