

Evaluación del error en el diagnóstico angiográfico de la enfermedad coronaria

Dres.: RICARDO PICHEL *, CARLOS E. GADDA THOMPSON *, HUGO LONDERO *, MARCELO RUDA VEGA *, LUIS M. DE LA FUENTE * y RENÉ G. FAVALORO *

RESUMEN

Sobre la base de dos modelos geométricos, uno correspondiente a un segmento circular y otro a una corona, se establecen las relaciones que vinculan los diámetros con las áreas, comprobándose que:

a) En el modelo del segmento circular el diagnóstico angiográfico tiene escaso error respecto de la relación de áreas.

b) En el modelo anular, que es el que responde a la mayoría de las lesiones obstructivas, el diagnóstico angiográfico tiene un error sistemático por subestimación respecto de las áreas.

INTRODUCCION

De acuerdo a los trabajos de Vlodaver y Edwards (a), las lesiones anatomopatológicas de las arterias coronarias comportan tres variedades principales de oclusión: A) Anular concéntrica, B) Anular excéntrica y C) en hendidura (slit like).

Salvo esta última, cuya modelización geométrica y evaluación angiográfica será motivo de un próximo trabajo, las dos primeras, junto con una variedad lesional ocasionada por la presencia aislada de una placa de ateroma, son el motivo de análisis del presente trabajo.

La verdadera apreciación de una estenosis está dada por el porcentaje del área de sección vascular comprometido por el proceso obstructivo. En otras palabras, y siguiendo el esquema indicado en la fig. N° 1, el área sombreada (correspondiente a la obstrucción), dividida por el área total de la sección vascular y multiplicado por cien, es el verdadero índice del compromiso estenótico.

La evaluación angiográfica, por su parte, se limita a establecer la relación entre el segmento correspondiente a la estrechez (fig. N° 2) y el diámetro del vaso. Así, por ejemplo, cuando se dice que una estenosis es del 60 %, se quiere significar que el segmento correspondiente a la estrechez, dividido por el diámetro vascular y multiplicado por cien es igual a 60.

El propósito de este trabajo es analizar el error que comporta el diagnóstico angiográfico habitual respecto del verdadero índice referido a las áreas. En otras palabras, nos proponemos medir la diferencia entre la relación de longitudes y la relación de áreas.

Para ello, hemos de considerar dos situaciones geométricas diferentes, cada una de las cuales corresponde a sendas lesiones obstructivas: a) la placa ateromatosa y B) el engrosamiento anular de la pared.

A) Placa ateromatosa

A esta variedad de lesión le corresponde el área de un segmento circular. La fig. N° 3 ilustra el modelo geométrico correspondiente a esta lesión y ella ha de servirnos para realizar el análisis que nos hemos propuesto.

Como es bien sabido, el área del segmento circular AMB es:

$$\text{Area seg AMB} = \frac{\eta r^2 \emptyset}{360} - \frac{r^2 \text{sen } \emptyset}{2} \quad (1)$$

A su vez, la longitud del segmento ON es:

$$\overline{ON} = r \cdot \cos \frac{\emptyset}{2} \quad (2)$$

Y la correspondiente al segmento MN es:

$$\overline{MN} = r - r \cos \frac{\emptyset}{2} = r \left(1 - \cos \frac{\emptyset}{2} \right) \quad (3)$$

* Fundación Favaloro.

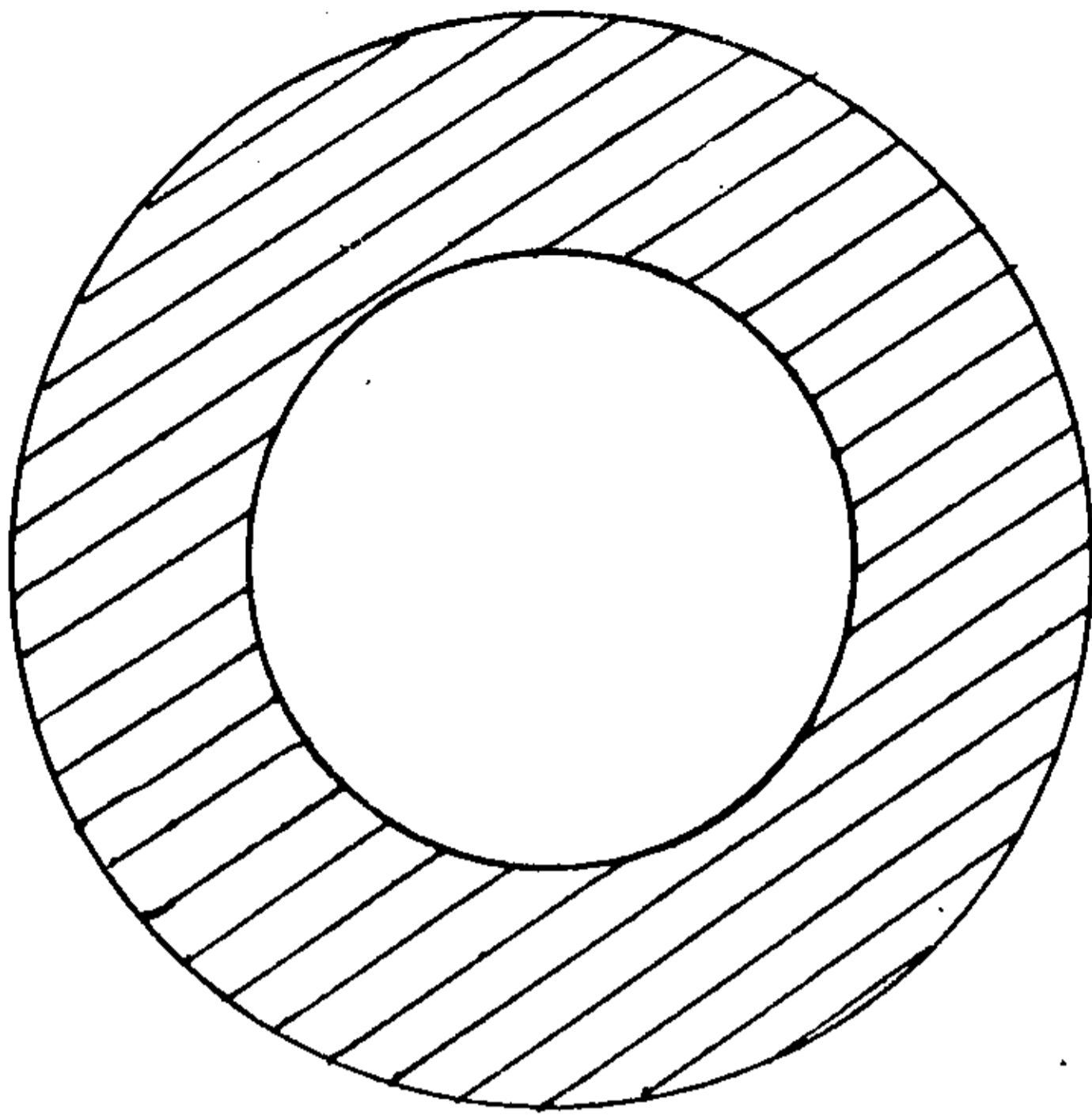


FIG N° 1

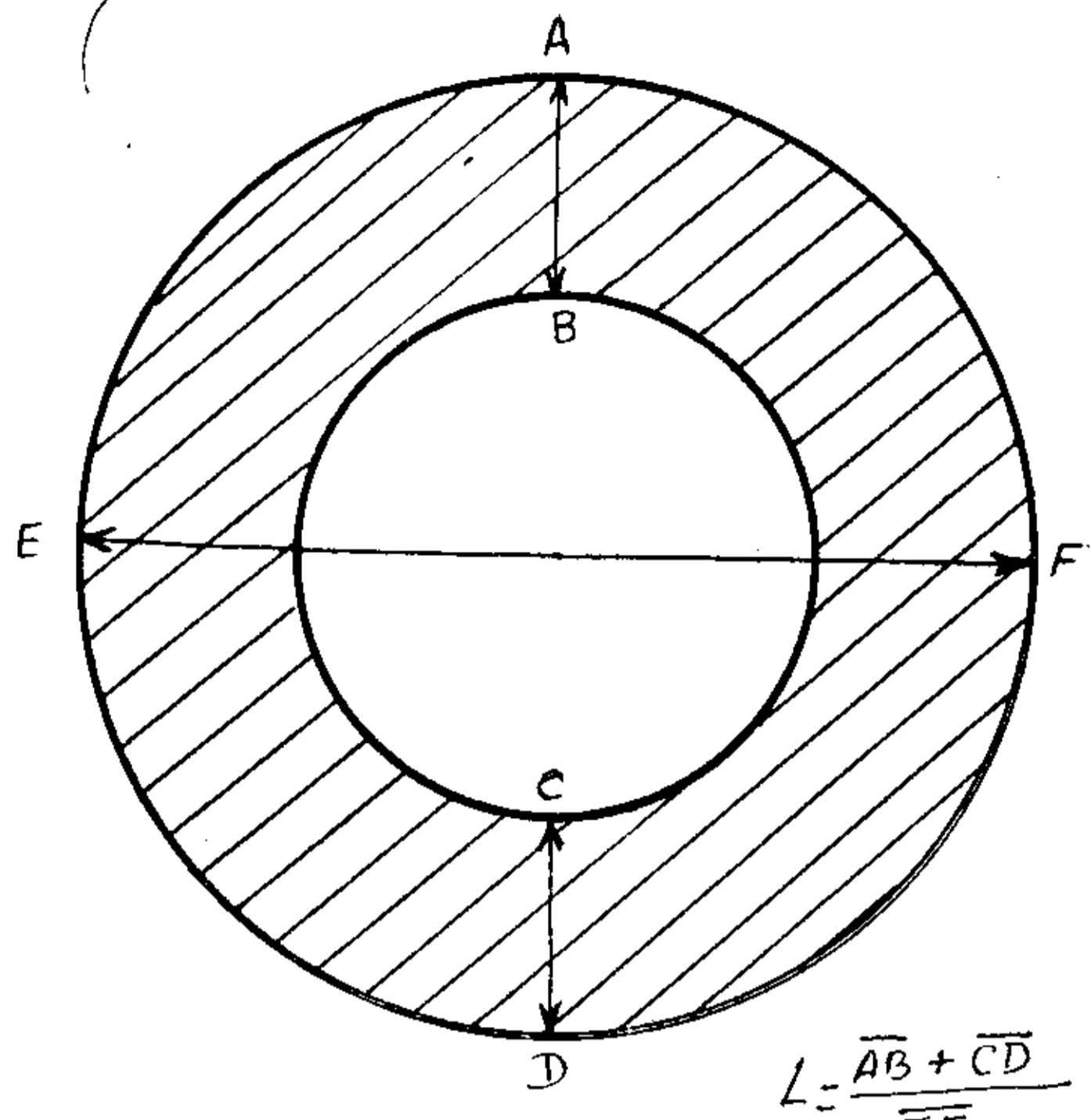


FIG. N° 2

Dividiendo (1) por el área total del vaso, obtenemos:

$$\frac{\text{Area seg. AMB}}{\text{Area total}} = \frac{\emptyset}{360} - \frac{\text{sen } \emptyset}{2 \eta} \quad (4)$$

Y, dividiendo (3) por la longitud del diámetro, tenemos:

$$\frac{\overline{MN}}{2r} = 1/2 \left(1 - \cos \frac{\emptyset}{2} \right) \quad (5)$$

Si multiplicamos (4) por 100, obtenemos el porcentaje de área obstruida, y si multiplicamos (5) por 100, obtenemos el porcentaje lineal de la obstrucción, que corresponde al que habitualmente se utiliza en el diagnóstico angiográfico. En otras palabras, y llamando A al porcentaje de áreas y L al porcentaje de longitudes, tenemos:

$$A = \left(\frac{\emptyset}{360} - \frac{\text{sen } \emptyset}{2} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

$$L = 1/2 \left(1 - \cos \frac{\emptyset}{2} \right) \cdot 100 \quad (7)$$

Antes de dar valores a (6) y (7), podemos adelantar algo respecto de dichas ecuaciones. En primer lugar y, tal como lo ilustra la fig. N° 4, cuando el ángulo central vale 180°, se ve que el valor de (6) será igual al valor de (7). En símbolos, cuando $\emptyset = 180^\circ$

$$A = L \quad (8)$$

Si bien no es fácil predecir qué sucede cuando $\emptyset \neq 180^\circ$, podemos afirmar que si la igualdad (8), no se mantiene, ella ha

de ser de diferente sentido según que dicho ángulo valga menos o más de que 180°. O sea que si para $\emptyset > 180^\circ$, será $L < A$ (o viceversa). Para demostrar esta afirmación basta ver la fig. N° 5, en la que el área de la superficie rayada puede ser calculada restándole a la superficie del círculo la correspondiente al segmento circular no rayado. O sea:

$$\text{Area seg AMB} = \eta r^2 - \frac{\eta r^2 \emptyset}{360} + \frac{r^2 \text{sen } \emptyset}{2} \quad (9)$$

Y la longitud del segmento \overline{MN} , puede obtenerse restando al diámetro la longitud del segmento \overline{NP} . O sea:

$$\overline{MN} = 2r - r + r \cos \frac{\emptyset}{2} \quad (10)$$

Dividiendo (9) por el área total del círculo queda:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Area seg AMB}}{\text{Area total}} &= 1 - \frac{\emptyset}{360} + \frac{\text{sen } \emptyset}{2 \eta} = \\ &= 1 - \left(\frac{\emptyset}{360} - \frac{\text{sen } \emptyset}{2 \eta} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

Y dividiendo (10) por el diámetro queda:

$$\begin{aligned} \frac{\overline{MN}}{2r} &= \frac{2r - r + r \cos \frac{\emptyset}{2}}{2r} = \\ &= 1 - \left[1/2 \left(1 - \cos \frac{\emptyset}{2} \right) \right] \end{aligned} \quad (12)$$

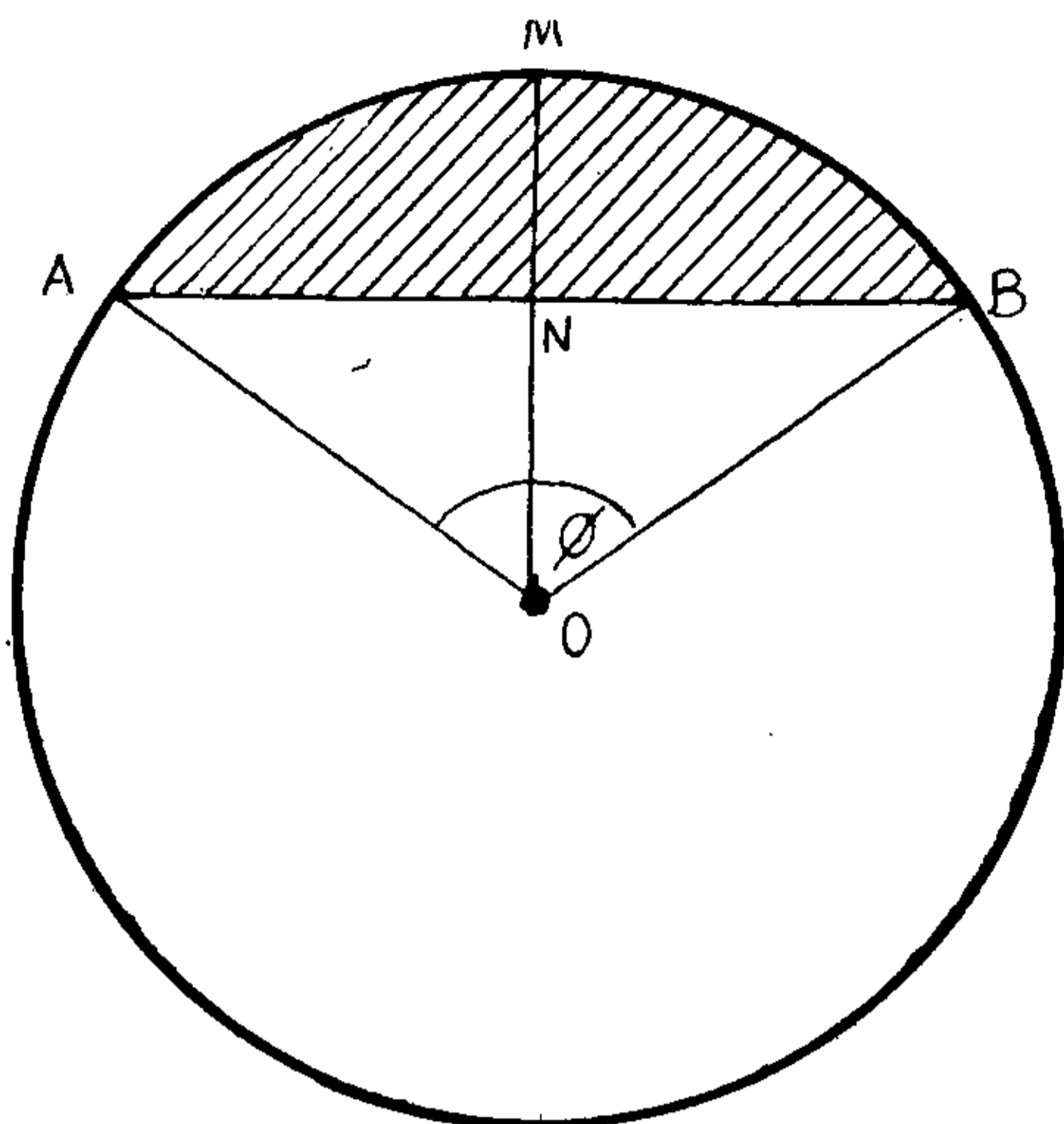


FIG. N° 3

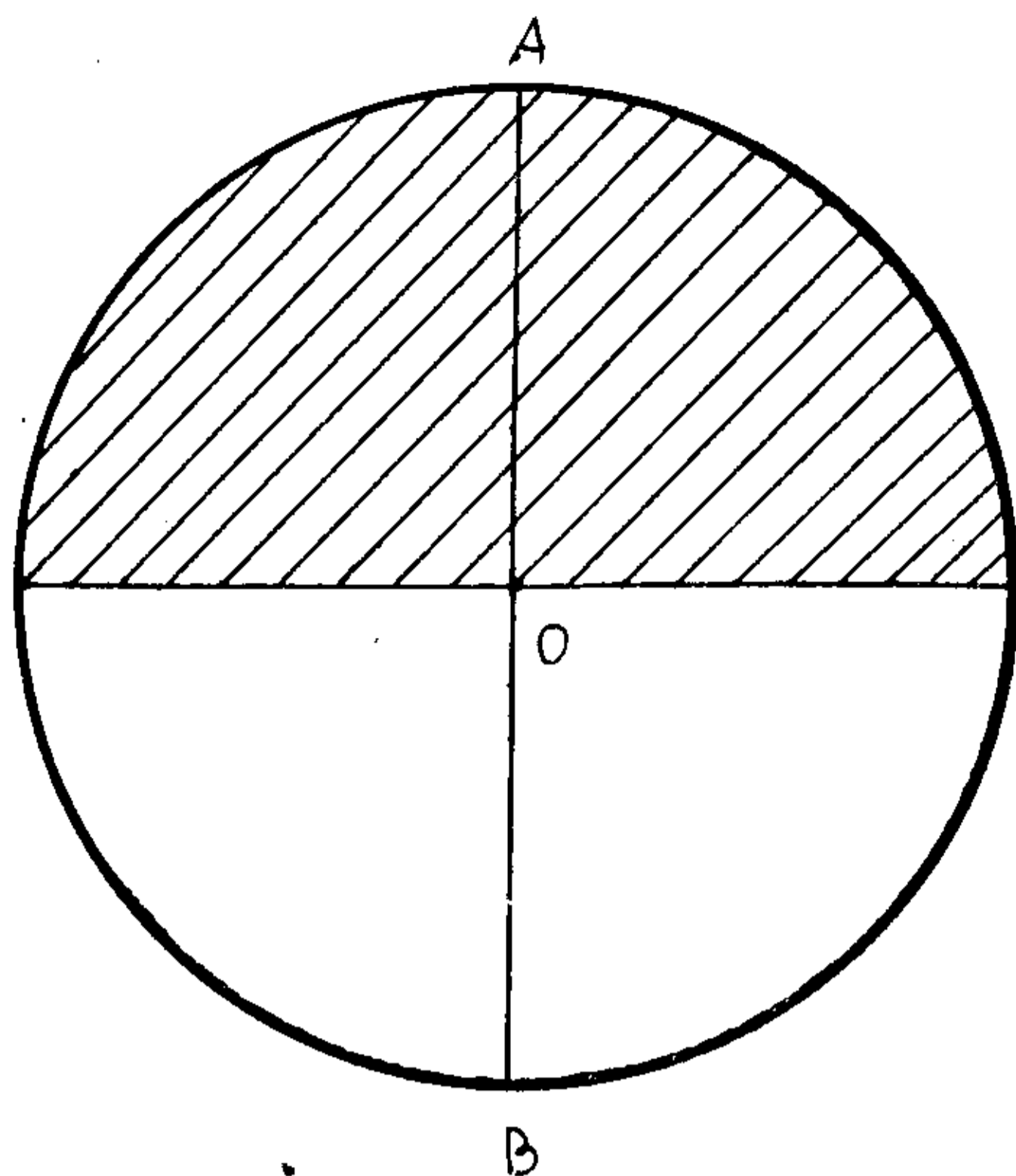


FIG. N° 4

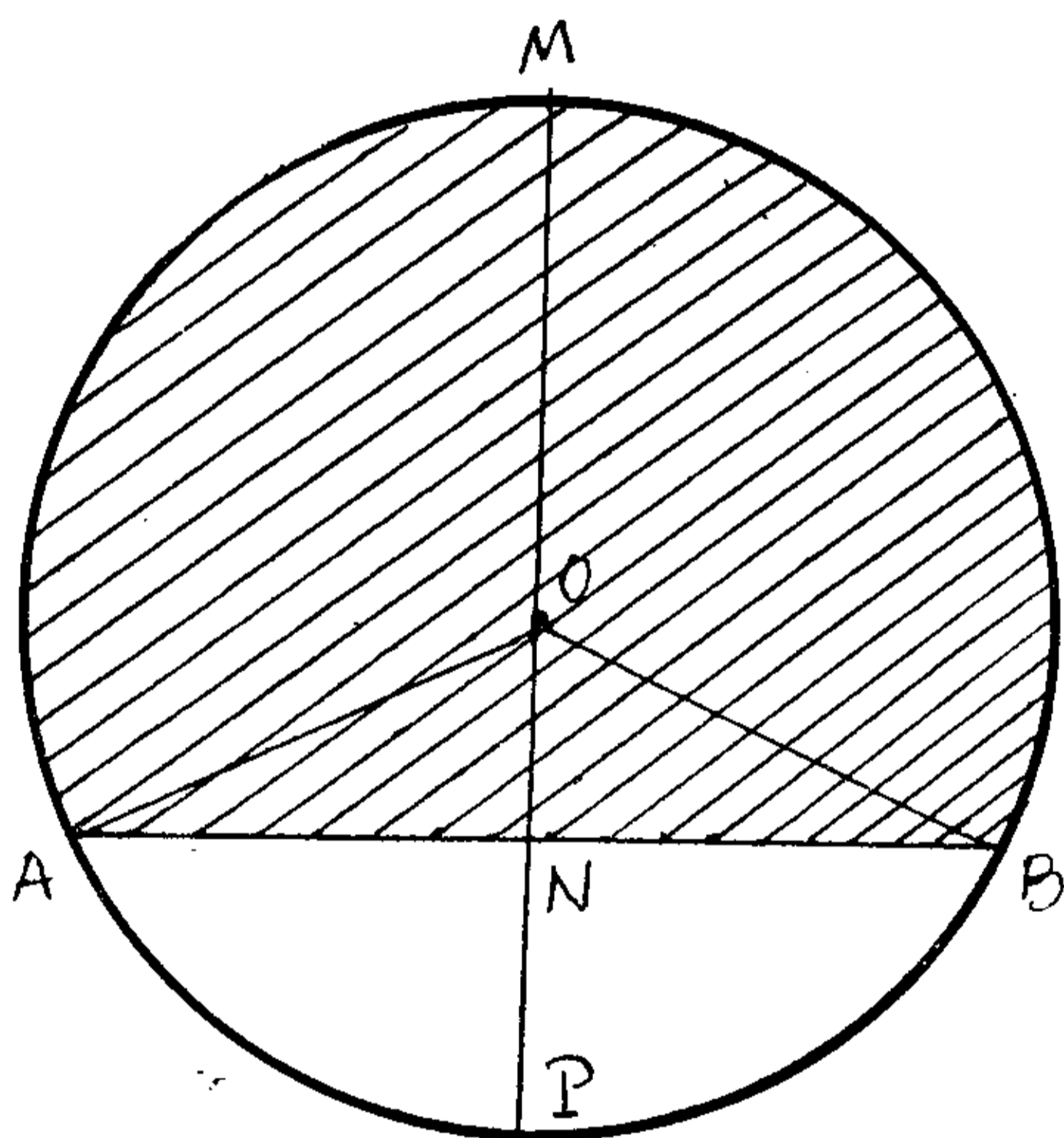


FIG. N° 5

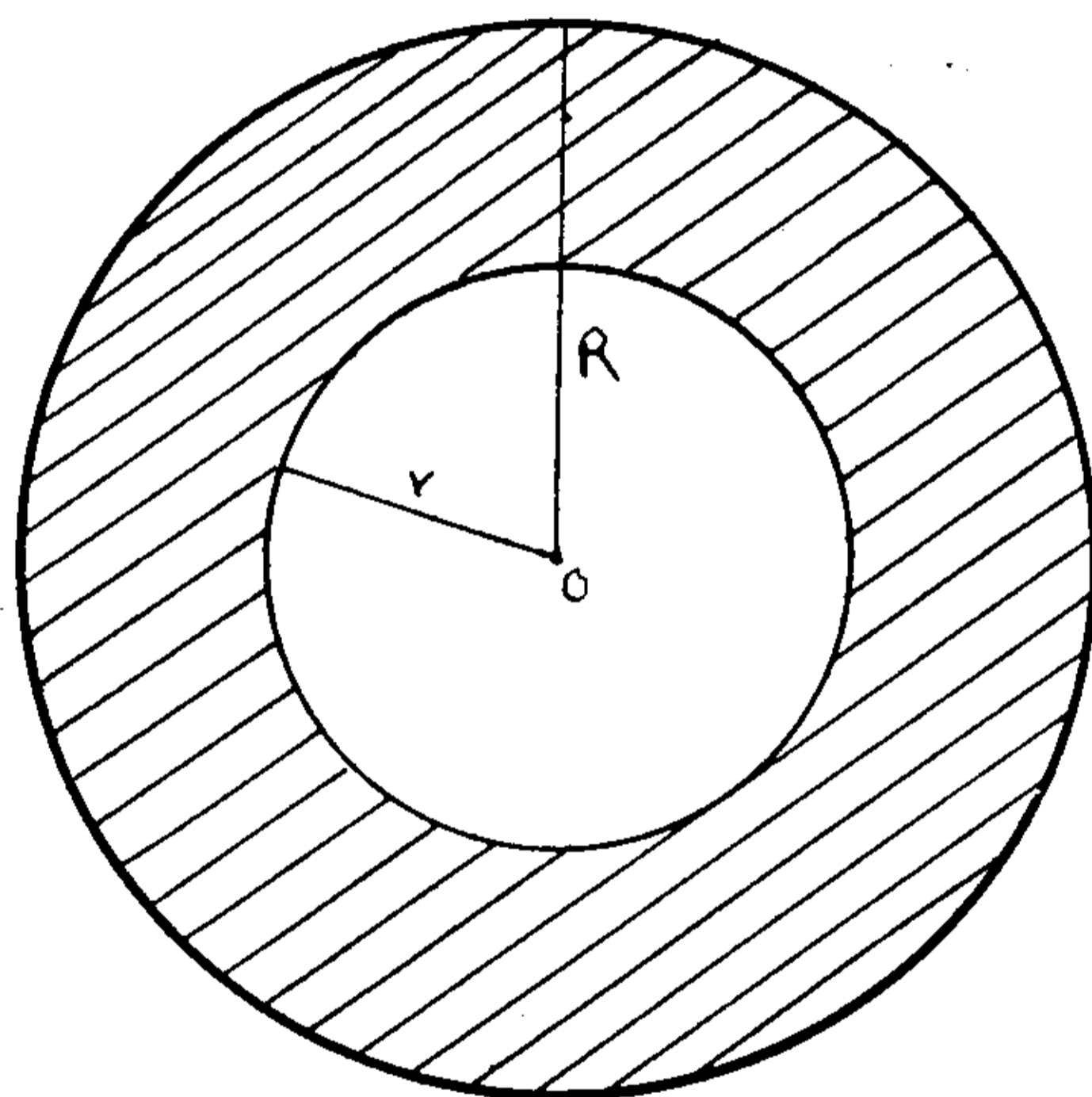


FIG. N° 6

Expresiones ambas, que resultan de restarle a 1 los valores expresados en (4) y (5) respectivamente. De donde se deduce que si cuando el ángulo central es distinto de 180° , (4) y (5) son diferentes, esa diferencia será de distinto sentido según que dicho ángulo sea menor o mayor que 180° respectivamente.

La Table N° 1 muestra los valores correspondientes a A y L para los diferentes ángulos centrales.

Si se trasladan los valores de la Tabla N° 1 a un sistema de coordenadas en el que

las abscisas representan A y las ordenadas L, se ve (Gráfico N° 1) que L sobreestima a la obstrucción cuando el ángulo central es inferior a 180° , mientras que la subestima cuando dicho ángulo es superior a esa cifra. Por otra parte, puede apreciarse que el error de dicha sobre y subestimación es despreciable, especialmente si se tiene en cuenta el error relativo que sólo es importante para grados mínimos de obstrucción. En efecto, como puede comprobarse, el error relativo para una obstrucción del 10% es de aproximadamente 50% de sobreestimación;

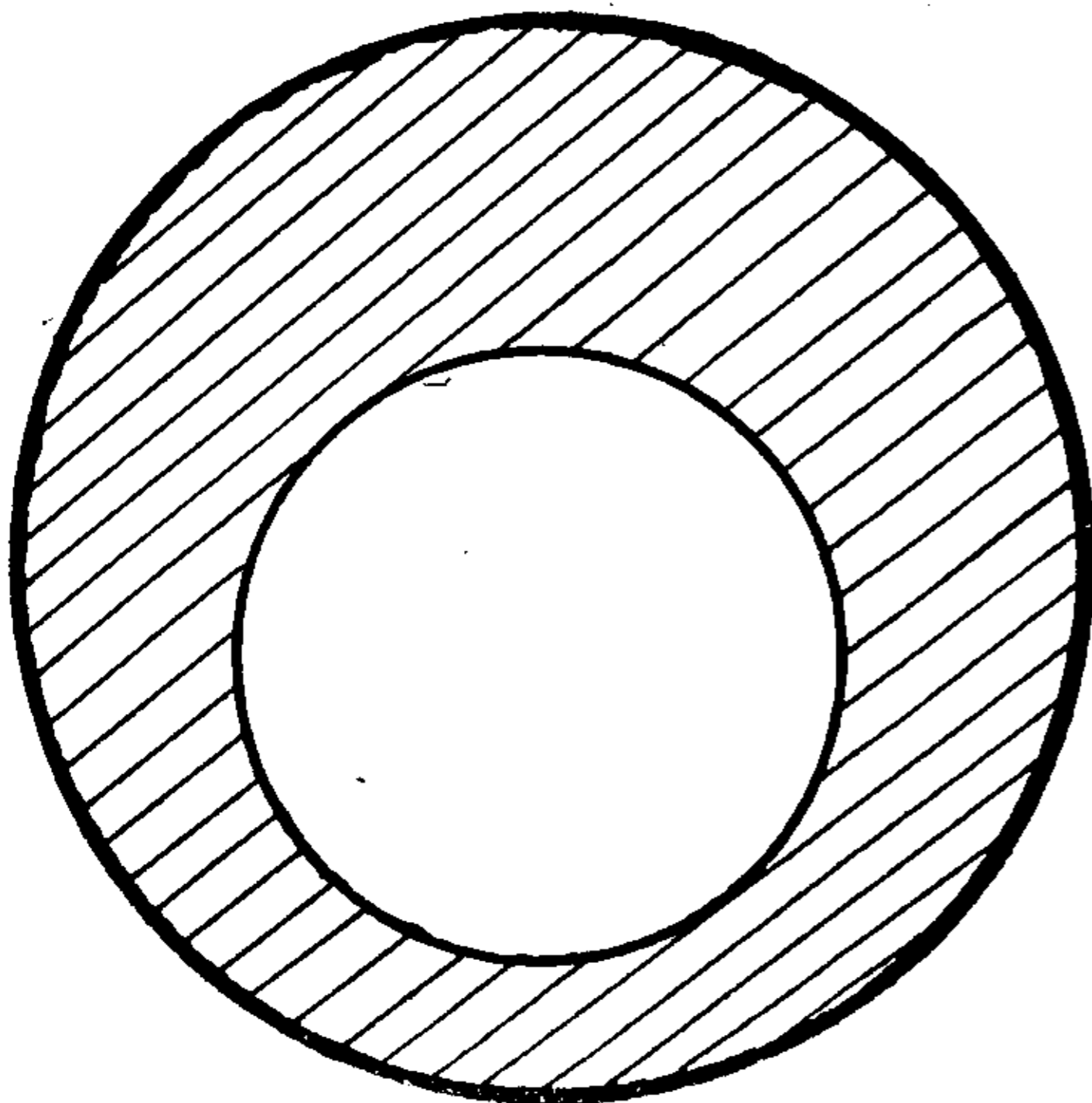


FIG N° 7

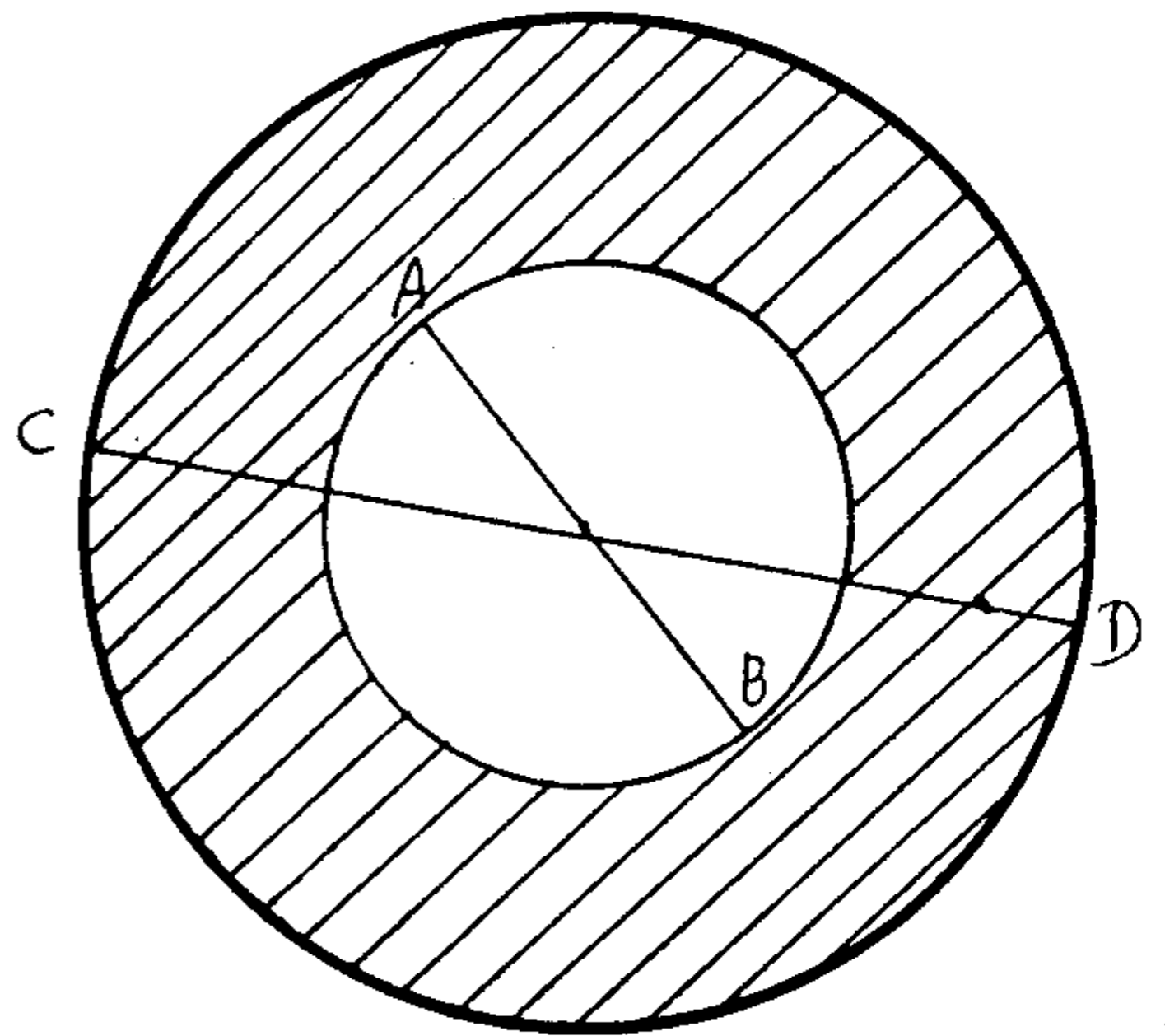


Fig N° 8 $L' = \frac{AB}{CD} \cdot 100$

pero para obstrucciones del orden del 80 % o más, dicho error (por subestimación) es de aproximadamente el 6 %. En resumen, el diagnóstico angiográfico para las obstrucciones ocasionadas por placas ateromatosas es de un error despreciable en el rango de obstrucciones con importancia pronóstica.

B) Engrosamiento anular de la pared

La fig. N° 6 ilustra el modelo geométrico correspondiente a esta lesión (b-c). Tal como se ve, la misma está representada por el área de la corona circular rayada. Se trata pues de establecer el cociente entre el área de la corona y el área total del círculo para hallar la relación matemática que mejor exprese el compromiso obstructivo. Habitualmente, el diagnóstico angiográfico se limita a establecer el cociente entre la diferencia de diámetros y el diámetro mayor, es decir, que sólo procede a establecer una relación de longitudes y no de áreas.

Como es bien sabido, el área de la corona circular es:

$$\text{Area corona} = \eta R^2 - \eta r^2 = \eta(R^2 - r^2) \quad (13)$$

Dividiendo (13) por área total, se obtiene:

$$\frac{\text{Area corona}}{\text{Area total}} = \frac{\eta(R^2 - r^2)}{\eta R^2} = \frac{R^2 - r^2}{R^2} \quad (14)$$

Dividiendo la diferencia de diámetros por el diámetro mayor, se tiene:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Diferencia diámetros}}{\text{Diámetro mayor}} &= \frac{2R - 2r}{2(R - r)} = \frac{2R - 2r}{2R} = \frac{R - r}{R} \quad (15) \end{aligned}$$

Llamando L a la relación (15) y A a la (14), de (15) se obtiene:

$$r = R - (R \cdot L) \quad (16)$$

Sustituyendo (16) en (14), y desarrollando el binomio se tiene:

$$\begin{aligned} A &= \frac{R^2 - [R - (R \cdot L)]^2}{R^2} = \frac{R^2 - (R^2 - 2R^2L + R^2L^2)}{R^2} = \\ &= \frac{R^2 - R^2 + 2R^2L - R^2L^2}{R^2} \\ &= \frac{R^2(2L - L^2)}{R^2} = 2L - L^2 \quad (17) \end{aligned}$$

De este modo, y a partir de L, podemos construir la Tabla N° 2.

Si se trasladan los valores de la Tabla N° 2 a un sistema de coordenadas en el que la abscisa representa A y la ordenada L (Gráfico N° 2), se ve que el error en el diagnóstico angiográfico de esta variedad obstructiva no es nada despreciable. Además se comprueba que dicho error es siempre por subestimación y que su valor en el rango de las obstrucciones con significación pronóstica oscila en el orden del 30 al 40 %. Una lesión que ocasiona una obstrucción real del 90 %, por ejemplo, es subestimada en un 20 % ya que se la reconoce como ocasionando una obstrucción del 70 %.

En resumen, las lesiones obstructivas debidas a engrosamientos de la endarteria son motivo de errores de apreciación angiográfica nada despreciables. En la práctica, es casi imposible hallar lesiones puramente ateromatosas o puramente endoarteriales, la

A	L	Ø
2.88	6.7	60
4.48	9.04	70
6.54	11.7	80
9.08	14.64	90
12.06	17.86	100
15.6	21.32	110
19.51	25.0	120
23.92	28.81	130
28.65	32.9	140
33.71	37.06	150
39	41.32	160
44.46	45.64	170
50	50	180
55.54	54.36	190
61	68.68	200
66.29	62.94	210
71.35	67.1	220
76.08	71.19	230
80.44	75	240
84.40	78.68	250
87.91	82.14	260
90.92	85.36	270
93.46	88.3	280
95.52	90.96	290
97.12	93.30	300

L.100	A.100
5	9.75
10	19.0
15	27.75
20	36.0
25	43.75
30	51
35	57.75
40	64.0
45	69.75
50	75.0
55	79.75
60	84
65	87.75
70	91
75	93.75
80	96
85	97.75
90	99
95	99.75

L'	A
10	99
20	96
30	91
40	84
50	75
60	64
70	51
80	36
90	19

mayoría de los procesos son una combinación de ambos tipos de lesiones. Esto induce a sospechar que el modelo sugerido para la placa ateromatosa es un tanto artificial, ya que es poco frecuente hallar una lesión que corresponda exactamente a un segmento circular, tal como el representado en la fig. N° 3. Mucho más lógico es admitir que la existencia de una placa se tra-

duce en una excentricidad semejante a la representada en la fig. N° 7. En ella, tal como se ve, coexisten ateroma y engrosamiento de la endarteria.

Si se piensa que el área de tal corona excéntrica es la diferencia entre el área del círculo mayor menos el área del círculo menor, se ve que el razonamiento aplicado

GRAFICO N° 1

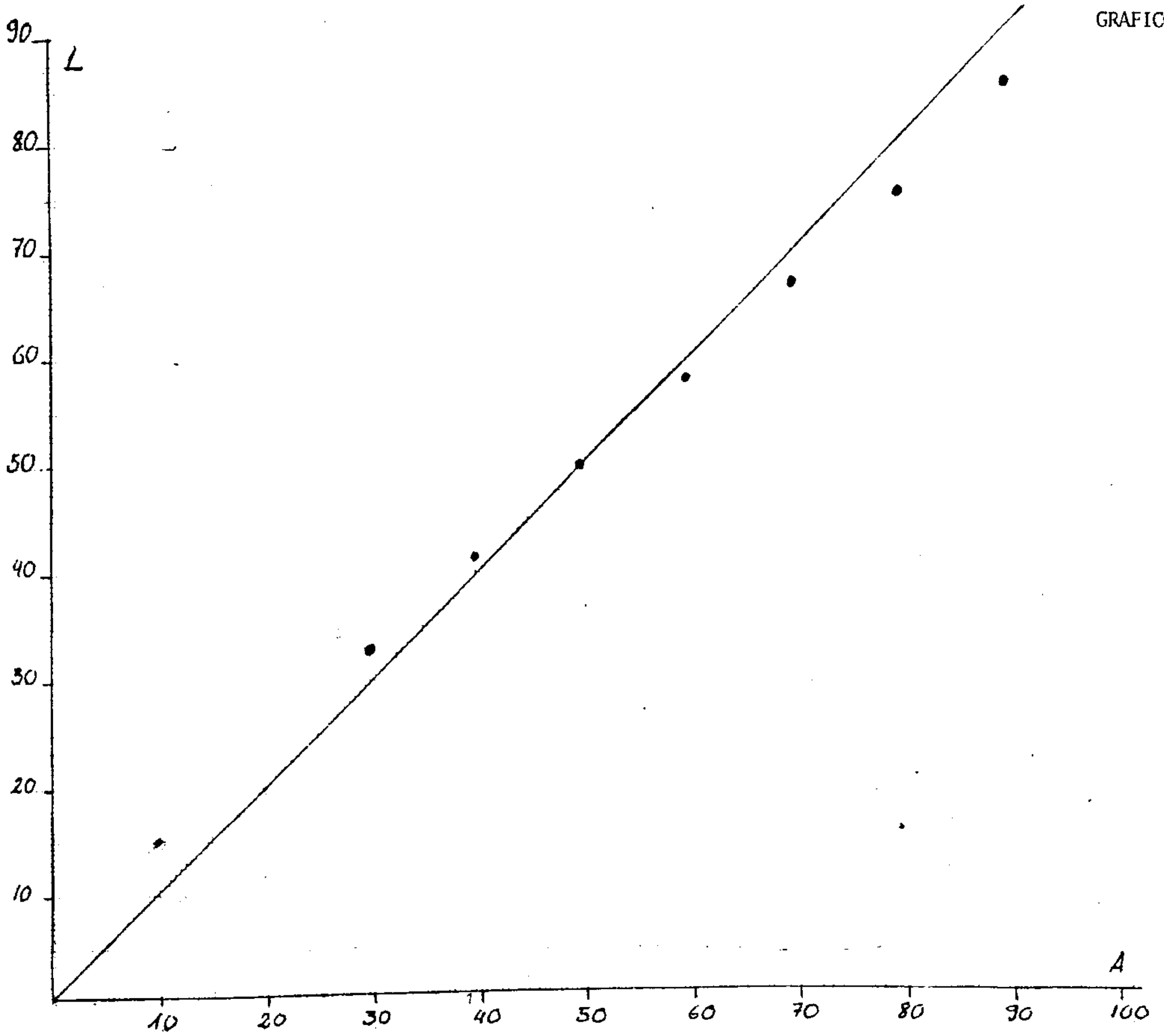
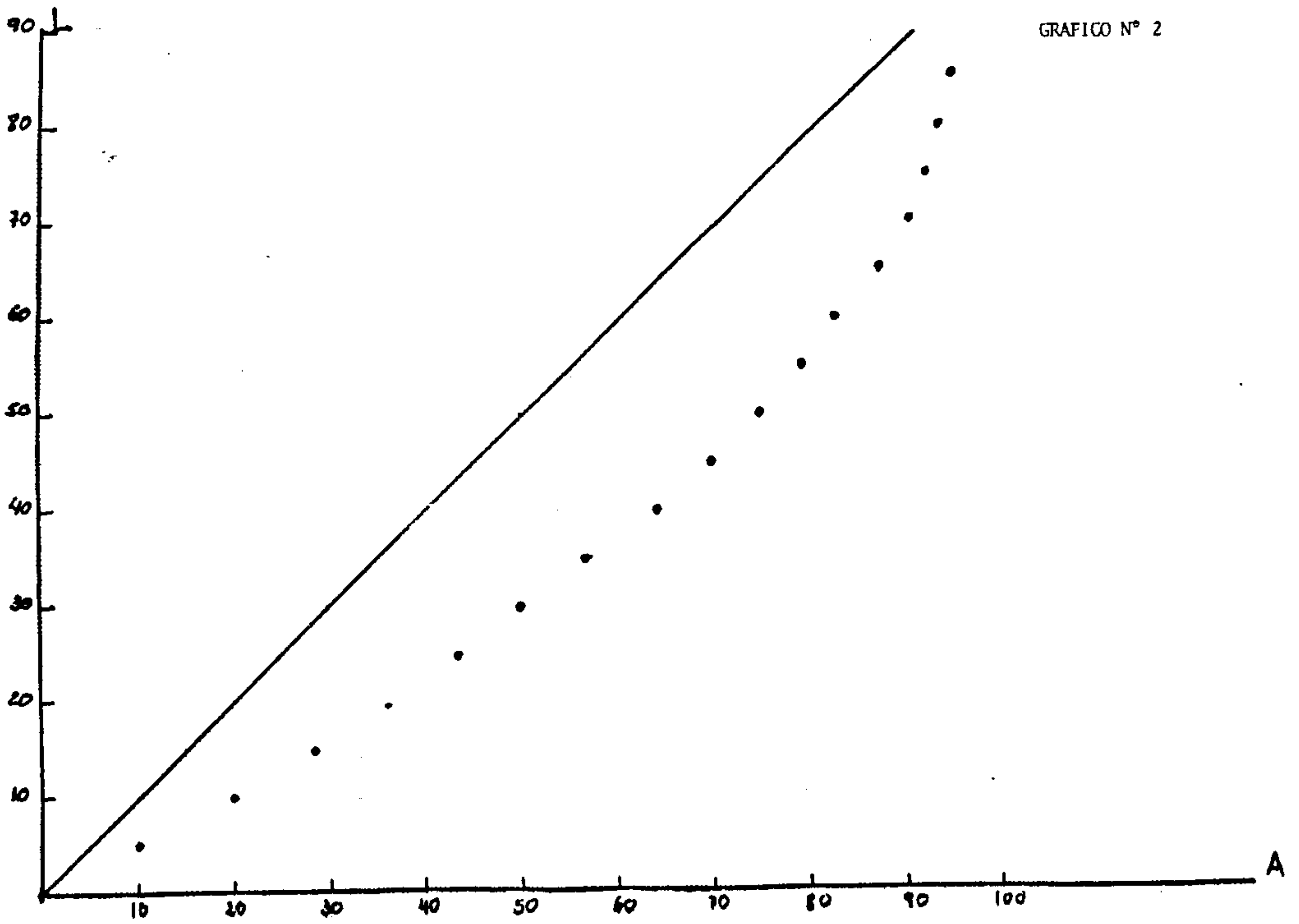


GRAFICO N° 2



alrededor de la fig. N° 6 es igualmente válido para la fig. N° 7 y por lo tanto los valores de la Tabla N° 2 son extensibles a casi todo tipo de lesión.

Si, para mayor simplicidad en la evaluación angiográfica de la obstrucción se prefiere usar la relación entre el diámetro de la luz con respecto al diámetro del vaso (en vez de hacerlo entre la diferencia de diámetros con respecto al diámetro mayor) (fig. N° 8), la Tabla N° 1 establece esas relaciones. En ella, los porcentajes que figuran bajo la columna L', son porcentajes de diámetro permeable respecto de diámetro total y, por lo tanto, las relaciones son inversas.

IMPLICANCIAS CLINICAS

Aceptado que el modelo del segmento circular no corresponde a las lesiones histopatológicas más frecuentes, debemos guiarnos por el otro modelo que corresponde a las lesiones obstructivas concéntricas o excéntricas.

Estos hallazgos son de importancia para el médico cuando interpreta una coronariografía y procura correlacionar los hallazgos angiográficos con la clínica; en las lesiones concéntricas o excéntricas la angiografía subestima la severidad de la lesión tal como se ve en el gráfico N° 2.

Tal como fue dicho en la introducción, el análisis de las lesiones en hendidura será motivo de un próximo trabajo.

APENDICE

Si se desea obtener A en función de L', éste es el camino:

$$L' = \frac{2r}{2R} \therefore r = L'R \quad (18)$$

$$A = \frac{\eta(R^2 - r^2)}{\eta R^2} = \frac{R^2 - r^2}{R^2} = \frac{R^2 - L'^2 R^2}{R^2} \quad (19)$$

$$A = \frac{R^2 (1 - L'^2)}{R^2} = 1 - L'^2 \quad (20)$$

SUMMARY

On the basis of two geometrical models, one of them a circular segment and the other a circular crown, the relationship between the diameter and the sectional areas was established.

a) In the first model, which represents an isolated atheromatous lesion, the angiographic diagnosis has a small error in respect to the cross sectional area.

b) In the second model, which represents the most common lesions (concentric and eccentric lesions), the angiographic diagnosis greatly subestimates the areas sectional area.

BIBLIOGRAFIA

- a) Vloder, Z. y Edwards, J.: Pathology of Coronary Atherosclerosis. Progress in Cardiovascular Diseases, vol. XIV, N° 3, p. 256, noviembre 1971. Ed. Edmund Sonnenblick.
- b) Gensini, G.: Coronary Arteriography, p. 270, 318. Futura Publishing Company Inc., 1975.
- c) Friesinger, C. C.; O'Neal, H. y Ross, R. C.: Prognostic Significance of Coronary Arteriography, in Kaltembach, M.; Lichten, P. y Friesinger, C. C.: Coronary Heart Disease. George Thieme, Stuttgart, 1973.