

# REVISTA DE LA FACULTAD DE MEDICINA

Vol XVIII

Bogotá, Julio de 1949

Número 1º

Director, Prof.

ARTURO APARICIO JARAMILLO, Decano de la Facultad

Secretario de la Dirección, Doctor Rafael Carrizosa Argaez

*Comité de Redacción:*

Prof. Alfonso Esguerra Gómez. Prof. Manuel José Luque.

Prof. Agr. Gustavo Guerrero I.

Secretario de la Redacción, Luis Enrique Castro

Administrador, Alvaro Roza Sanmiguel

Dirección: Calle 10 N° 13-99 — Bogotá — Apartado Nacional N° 400

Prensas de la Universidad Nacional

## ESTUDIOS SOBRE CIRCULACION RENAL

### 1.—ESTUDIO ESTADISTICO DE LA POBLACION GLOMERULAR (1) (2)

(Comunicación preliminar)

POR LUIS M. BORRERO H., GONZALO MONTES D.,  
LEONOR MARTINEZ C.

En el campo de las ideas clásicas sobre circulación renal, se admiten implícita o explícitamente dos principios:

a) La función de todos los corpúsculos renales es esencialmente la misma.

b) La hemodinámica glomerular, y por ende la función del corpúsculo de Malpighi, está dominada por el juego de constricción y relajación de sus arteriolas aferente y eferente, éste actúa únicamente por la correspondiente variación de la presión intraglomerular. Así, sólo las arteriolas presentarían variaciones funcionales en el glomérulo.

En estudio reciente, Trueta y col. (1) dividen los glomérulos del riñón normal en dos grupos diferentes; Heggie (2), independiente-

---

(1) Trabajo verificado en el Laboratorio de Investigaciones Médicas de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional.

(2) Presentado a la Sociedad en la sesión del 3 de diciembre de 1948.

mente de los autores anteriores, cree necesario una división análoga. En consecuencia, se plantea la existencia de

a) *Glomérulos corticales* (periféricos), situados en las porciones más superficiales del cortex renal, provistos de un vaso eferente más delgado que el aferente y bastante corto, puesto que se resuelve en capilares de la red cortical.

b) *Glomérulos yuxtamedulares* (los de la zona más profunda de la corteza) cuyas aferente y eferente tienen diámetros similares siendo notorios el calibre y longitud de la segunda, que termina por resolverse en un haz de vasos rectos arteriales.

Trueta et al. consideran esta división de la mayor importancia en cuanto hace a la distribución intrarrenal de la sangre, y añaden una afirmación, que apoyan con microfotografías de especímenes inyectados con colorantes y de moldes plásticos de glomérulos: en el conejo, los glomérulos corticales son notoriamente menores que los yuxtamedulares. Heggie, trabajando también en el conejo (3, 4), afirma que aun cuando los glomérulos yuxtamedulares sólo forman un 15 por ciento de la población glomerular del cortex, sus dimensiones son tales que pueden acomodar la totalidad de la sangre que llena los capilares glomerulares del resto de la corteza renal; tal dato se apoya en las medidas de volumen capilar de los glomérulos adelantada por el autor.

Por lo demás, esta anotación de la diferencia de tamaño entre los corpúsculos renales superficiales y profundos no es cosa nueva, aun para el riñón humano. En su edición de 1923, Poirier y Charpy (5) anotan, como observación ya vieja, que "los glomérulos mayores son los más profundos y algunos de los colocados a nivel más bajo pueden adquirir excepcionalmente un diámetro doble o triple del normal", aun cuando también en esa zona pueden encontrarse escasos glomérulos muy pequeños, que atribuyen a posible atrofia o aplasia; todavía más: Bowman ya había señalado lo mismo en 1842.

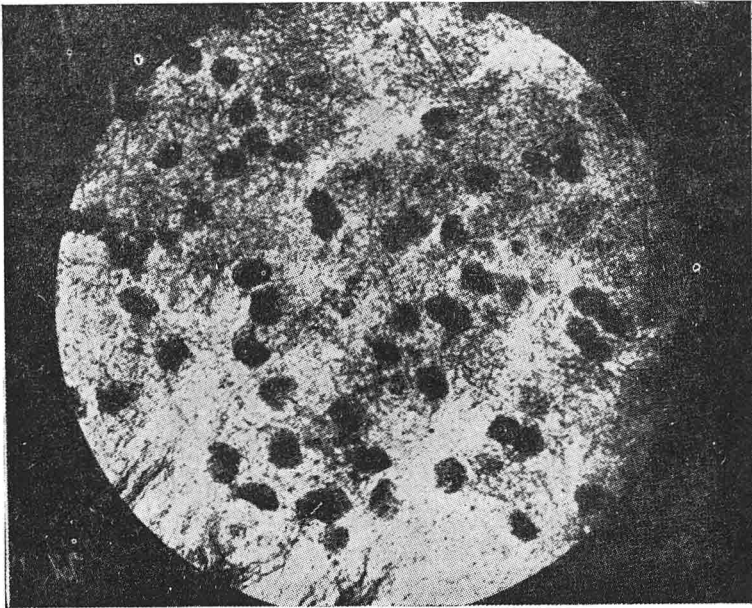
El punto nos pareció especialmente interesante por las razones siguientes:

a) No hay acuerdo absoluto en cuanto a la afirmación en referencia, por lo menos en el hombre, porque al lado de testimonios como los citados, se encuentran otros (1), fruto de estudios dirigidos especialmente sobre el asunto, y de acuerdo con los cuales no existiría tal diferencia en el riñón humano.

b) Trueta y col. afirman que en el perro, gato, conejo, curí y rata,

existen entre los dos tipos de glomérulos, diferencias semejantes a las halladas en el conejo. Nosotros pudimos convencernos de esto en riñones de perro perfundidos con soluciones salinas cargadas de tinta china (Fig 1.), pero ocasionalmente encontramos aspectos inversos: glomérulos superficiales mayores que los profundos; en otras ocasiones no hubo diferencia apreciable.

c) Discutiendo el punto de las relaciones entre los diámetros de las arteriolas aferentes y eferentes, Bensley (6) sugiere que acaso la elasticidad de estos vasos pueda dar cuenta de los resultados casi opuestos, hallados por métodos diferentes. Esta idea, sumada a las observaciones citadas en el punto anterior, nos hicieron pensar si no será posible que las diferencias observadas correspondan más a variaciones



de distensión de los corpúsculos renales, que a diferencias reales, estáticas, de los diversos corpúsculos considerados en estado de inactividad funcional.

d) Si se tratara de dar cabida a la sangre que llena la corteza, el mayor volumen de un determinado grupo de glomérulos bastaría para ello, pero cuando el problema consiste, no sólo en la provisión de una capacidad suficiente, sino a la vez en la disposición de una vía de fácil

tránsito, cabe preguntarse si un glomérulo mayor es obstáculo menos considerable que uno pequeño: indudablemente lo sería en el caso de que sus capilares fueran más numerosos o tuvieran mayor diámetro; pero si su número fuera el mismo y poseyeran luz idéntica a la observable en glomérulos menores, el tamaño crecido del glomérulo yuxtamedular significaría alargamiento del trayecto capilar y, por lo mismo, aumento de resistencia vascular; en tal caso, la vía fácil sería justamente la del glomérulo pequeño; que sepamos, nadie ha tocado el punto, ni menos lo ha resuelto.

e) Era interesante saber si, en caso de que las citadas diferencias existieran sobre un riñón no funcionante ni inyectado, había transición brusca al pasar de la zona de glomérulos grandes a la de los restantes o sí, por el contrario, existía gradación; en el primer caso, se reforzaría la sugestión relativa a la existencia de glomérulos adaptados para dos tipos diversos de función y cabría esperar que la prevalencia funcional de unos u otros se tradujera por variaciones —bruscas también— de la función renal; en el segundo caso, sería menos evidente ese tipo de especialización y no habrían de esperarse cambios tan súbitos de la función.

f) Por último, era interesante establecer el posible papel de la distensión, por estudio de riñones en que el árbol vascular hubiera sido inyectado a presión.

*Método.*—Para tal tipo de observación sólo cabía emplear un método estadístico, con el fin de reconocer, cuando menos, alguna tendencia de variación en el diámetro de los corpúsculos renales, al variar la profundidad cortical donde se ubiquen.

No hemos hallado deferencia directa ni indirecta respecto a estudios de esta clase, con excepción del de Saphir (7), sobre “el estado del glomérulo en la hipertrofia experimental del riñón, en el conejo”. Este autor trabajaba con riñones incluidos en parafina y realizaba medidas de glomérulos en placas tomadas de la superficie y de la profundidad del cortex, eligiendo para ello únicamente los corpúsculos renales cuyo pedículo vascular fuera visible; por este camino halló franco predominio del tamaño de los glomérulos profundos en el riñón de conejo, y tanto en el riñón normal como en el hipertrofiado por exéresis previa del opuesto. El dato es acorde con los ya citados y aun cuando resulta de mayor valor si se le aplica para observaciones sobre gran número de corpúsculos renales, tiene en su contra la posibilidad de que se incluyan algunos que presenten el hilio y sin embargo no

hayan sido cortados ecuatorialmente (Fig. 2); bastaría que los glomérulos profundos tuvieran una aferente transversal y los superficiales la poseyeran oblicua para que, siendo todos de igual tamaño apareciera mayores los primeros al estudiarlos sobre cortes y con la condición citada; en consecuencia, prescindimos del procedimiento.

Buscando un método que permitiera la medicación del glomérulo no seccionado, hallamos el de Raytand (8). Se basa el procedimiento en que la cápsula de Bowman es resistente al traumatismo, de manera que bajo el influjo de una acción mecánica moderada, es posible disgregar el elemento tubular del cortex, liberando los corpúsculos renales sin romperlos; en concreto, basta colocar en un mortero 1-3 c. c. de suero, mejor del mismo animal, y triturar con él fragmentos de corteza renal; una gota grande de la suspensión preparada en esta forma, colocada sobre un porta-objetos, muestra corpúsculos renales aislados, relativamente fáciles de medir por medio de un micrómetro.

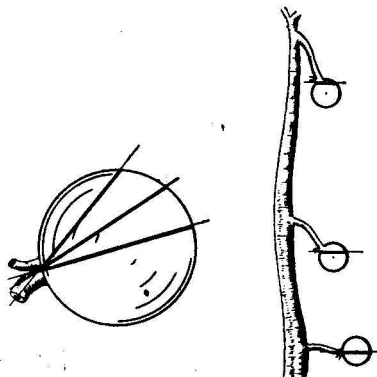


Fig. 2.—A la izquierda: Tanto secciones ecuatoriales del glomérulo como otras que no lo son, pueden presentar el hilio. A la derecha: Efecto de la orientación del diámetro de la sección glomerular que lo contiene.

Algunos ensayos infructuosos pusieron en claro la importancia de un detalle que Raytand no destaca: para que la suspensión de corpúsculos renales contenga en abundancia, es necesario reducir a fragmentos diminutos la corteza renal estudiada, antes de triturarla. Procedimos, pues, en la siguiente forma:

Riñones normales de perro eran colocados en la nevera, a temperaturas del orden de  $-20^{\circ}$  C.; cuando la consistencia del órgano era

suficiente, se hacían en él secciones radiales (Fig. 3.), para obtener fragmento ovalar, de caras planas y paralelas. Luégo, procurando seguir la dirección de los componentes medulares (visible por la fina estriación de esta zona), se cortaban fragmentos en forma de sectores de círculo centrados sobre la papila renal; unos 415 sectores eran introducidos nuevamente en la heladera para endurecerlos y, conseguido ésto, se tomaban de ellos segmentos de corteza, orientados tangencialmente con relación al órgano y procurando obtener tres porciones de espesor igual: externa, media e interna; la última llegaba hasta la zona de las arcadas vasculares. Las porciones correspondientes obtenidas de cada uno de los sectores se colocaban en tubos rotulados, previa adición de una pequeña cantidad de suero de perro que, debido a dificultades de trabajo, nunca fue el animal de que procedía el riñón estudiado. La medición comenbaza inmediatamente y solía prolongarse por dos o tres días durante los cuales los tubos en que se habían colocado los fragmentos de riñón eran mantenidos en la nevera a 0-4 C°.

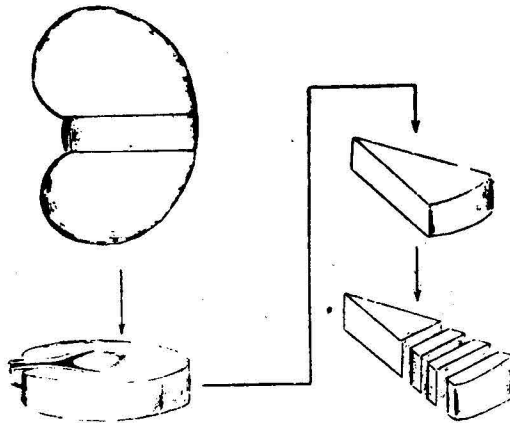


Fig. 3.—Fases sucesivas en la preparación de los segmentos de corteza renal.

Para iniciar una medida, los fragmentos de riñón de uno de los tres grupos (externo, medio o interno) eran reducidos a fragmentos muy pequeños, por medio de unas tijeras y se añadía 1 cc. de suero de perro; la trituración se verificaba en un mortero cuya mano pesa 45 gr. y era manejada procurando no hacer presión sobre ella, sino moverla lateralmente durante plazo fijo; cinco minutos en los dos primeros recuentos, dos en el último; todo ésto, con la intención de estandarizar un poco el traumatismo. De la suspensión obtenida se colocaba una gota grande sobre un portaobjetos, no se empleaba laminilla para no deformar los corpúsculos renales, dadas sus dimensiones; las exten-

siones fueron hechas como en hematología pero procurando frotis gruesos; la lámina se recorría cuidadosa y ordenadamente, aceptando para la medida cuantos glomérulos poseyeran límites nítidos y no estuvieran rotos; la búsqueda se verificaba con aumento de 50 diámetros y la medida con 200 aumentos, empleando micrómetro ocular: los corpúsculos renales aparecen transparentes y con un borde muy refringente, frecuentemente doble, que los asemeja a quistes de parásitos; no se emplearon fijación ni coloración. Para evitar nuevos factores de error, se rechazaron las porciones de las placas en que se observaba desecación, porque ésta puede modificar el diámetro de los corpúsculos.

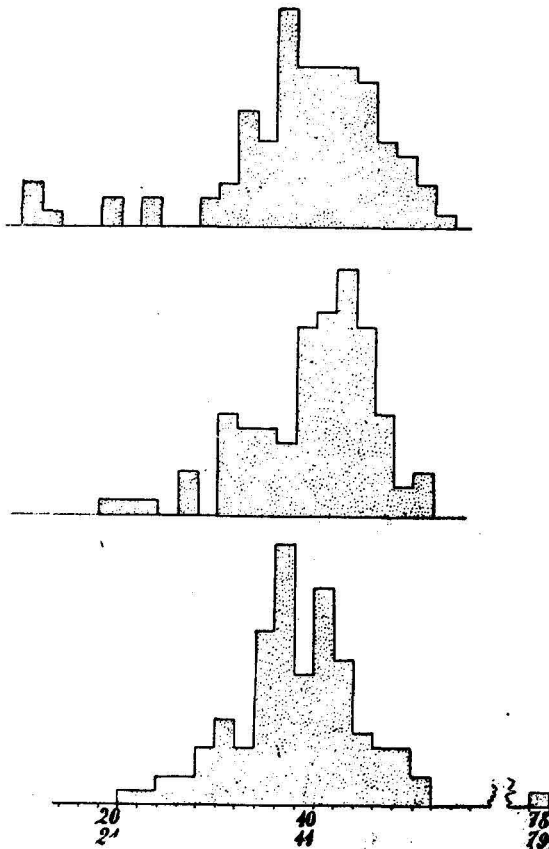


Fig. 4.—Curvas de frecuencias en el primer riñón. En abscisas, divisiones del micrómetro. De arriba hacia abajo: Tercio externo, tercio medio y tercio interno.

Cada corpúsculo de Malpighi era objeto de dos medidas, sobre diámetros perpendiculares; en los cuadros que presentamos solamente se incluye el promedio de las dos dimensiones, aproximando al número entero inmediatamente superior, toda vez que los resultados de cada medida se expresaban en números enteros, por considerar que el método no permitía ir más adelante. En total se verificaron 2.300 medidas, sobre 1.200 glomérulos, repartidos así:

300 sobre un primer riñón, normal y no inyectado, midiendo 100 corpúsculos de cada uno de los tercios externo, medio e interno.

300 sobre un riñón normal, inyectado con gelatina cargada de minio, introducida por la arteria, en caliente y a presión.

600 sobre otro riñón normal, no inyectado (200 glomérulos de cada tercio).

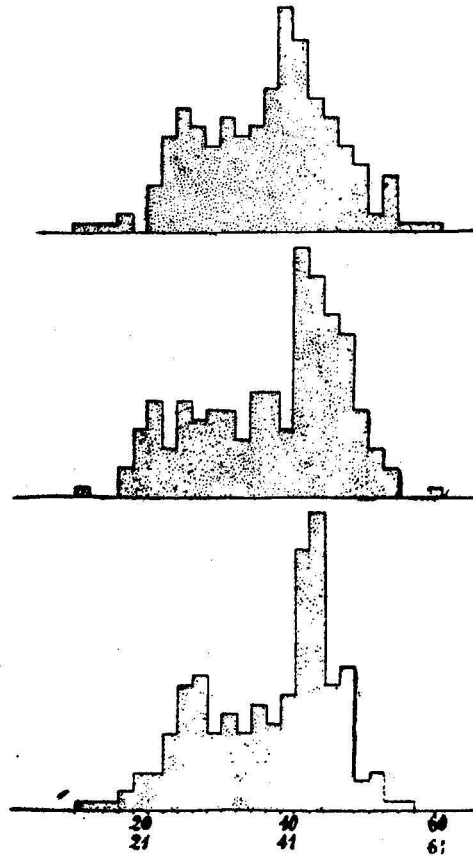


Fig. 5.—Curvas de frecuencias en el segundo riñón. En abscisas, divisiones del micrómetro. De arriba hacia abajo: tercios externo, medio e interno.



Los histogramas 4, 5 y 6 y los cálculos estadísticos realizados, muestran que, salvo el caso del último riñón citado, las agrupaciones por frecuencias fueron notoriamente regulares.

Con el fin de obtener algún indicio referente al traumatismo, se determinó la proporción de corpúsculos renales en que los dos diámetros guardaban una relación numérica inferior a 0.65 (el cociente  $2/3$  vale 0.666...); se trata de un valor arbitrario, que indudablemente ha de indicar deformación grande de los corpúsculos medidos y parece aceptable para fines de comparación: en el caso del riñón inyectado con gelatina-minio, se halló por tal camino un "Índice de traumatismo" de 5 por ciento en el tercio externo, 5 por ciento en el

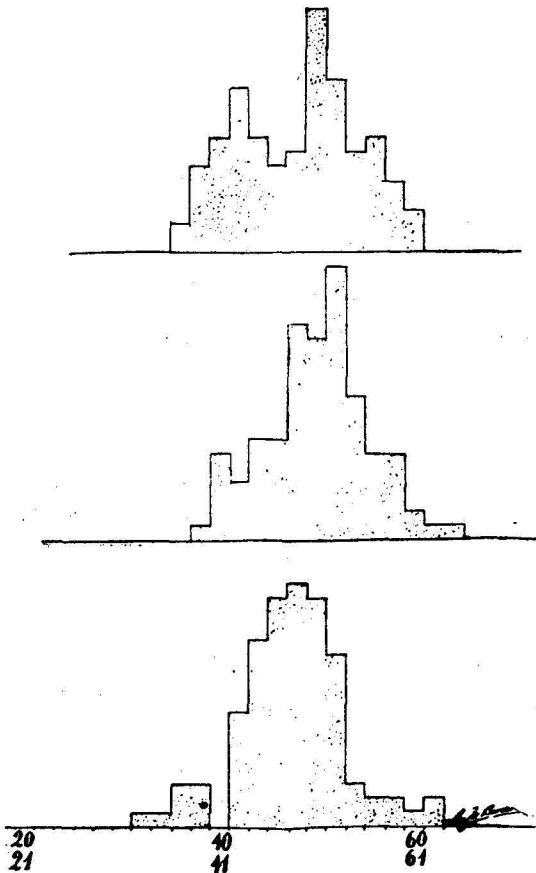


Fig. 6.—Curvas de frecuencias en el riñón inyectado con gelatina-minio. En abscisas: visiones del micrómetro. De arriba hacia abajo: tercios externo, medio e interno.

medio y 6 por ciento en el tercio interno, de manera que la selección de corpúsculos renales para su medida, era correcta y el error muy semejante en los tres tercios; en los dos riñones restantes no se verificó tal determinación y parece innecesario hacerla, toda vez que los resultados de los tres grupos de medidas son concordantes.

En cuanto al cálculo de las constantes centrales de las agrupaciones realizadas, se verificó por el método para observaciones agrupadas (9); parece natural determinar la significación estadística de las diferencias halladas, y al efecto existen fórmulas como la presentada por Burn (10); sin embargo, dado que se agrupan series de valores numéricos bastante apreciables y que la tendencia general de los resultados es la misma en los tres riñones estudiados, el punto parece de importancia secundaria. Todos los cálculos se adelantaron sobre los datos directos de las medidas micrométricas y sólo los valores característicos de las agrupaciones hechas, fueron traducidos a micras, sobre la base de que con los 200 diámetros empleados para la medida, una división del micrómetro correspondía a 1/240 mm. (medida mediante la cámara de recuentos de Neubauer).

### RESULTADOS:

A continuación se presentan los principales datos numéricos hallados:

1er. Riñón:	Tercio ext.	Tercio med.	Tercio int.
Mediana . . . . .	168.08	173.82	168.83
Desviación Standard . . . . .	35.18	26.54	29.41
Error Standard . . . . .	3.52	2.66	2.94
2º Riñón:			
Mediana . . . . .	159.71	166.38	157.67
Desviación Standard . . . . .	37.92	39.80	37.88
Error Standard . . . . .	2.68	2.81	2.68
3er. Riñón:			
Mediana . . . . .	204.83	211.50	201.92
Desviación Standard . . . . .	26.03	24.90	22.60
Error Standard . . . . .	2.60	2.49	2.26

Los datos del cuadro anterior están expresados, como se dijo ya, en micras; los riñones primero y segundo son riñones normales, no inyectados, y el tercero es un riñón inyectado con gelatina-minio.

*Discusión y Conclusiones*

Como conclusión de lo hallado puede decirse:

a) Que a juzgar por la magnitud del error standard de las series de medidas presentadas, el método se muestra aceptable para los varios riñones y para los diversos segmentos estudiados en cada uno de ellos.

b) Que entre los corpúsculos renales de una zona dada del riñón, existen diferencias de tamaño bien apreciables, de manera que no puede considerarse cuantitativamente idéntica su función, cuando menos a juzgar por este dato de estructura, puesto de relieve por la magnitud de la desviación standard de los datos encontrados por nosotros.

c) Que en los tres riñones estudiados los glomérulos del tercio medio son los mayores y los de los tercios interno y externo resultan sensiblemente iguales entre ellos. Adjuntamos una gráfica que evidencia el hecho.

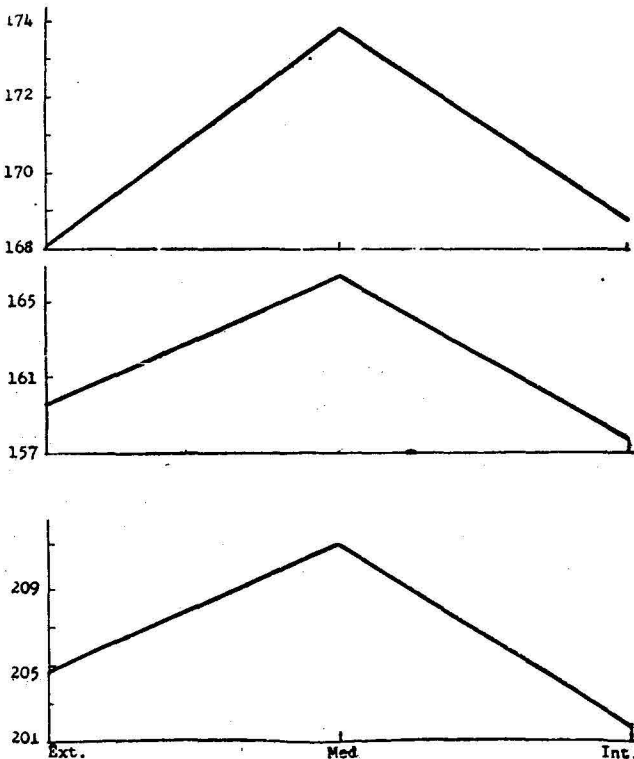


Fig. 7.—Dimensiones de los corpúsculos renales según su situación en el cártex: En ordenadas, diámetros en micras. En abcisas se han señalado los tercios externo (E), medio (M) e interno (I). De arriba hacia abajo: primer riñón normal, segundo riñón normal y riñón inyectado con gelatina-minio.

d) La observación realizada mediante distensión, no modificó las relaciones cualitativas apuntadas; sería deseable hacer observaciones sobre riñones inyectados con productos viscosos, porque la gelatina fundida tiene fluidez muy notoria (al 6 por ciento como la empleamos nosotros); el hecho de que las relaciones cualitativas de las dimensiones glomerulares no se modificaran apreciablemente, pese a la repleción por minio, sugiere que todas las vías aferentes estaban permeables durante la inyección, pero como ésta era forzada y el riñón había sido lavado previamente con solución de citrato sódico y colocado en la nevera durante tiempo largo y a temperatura del orden de 20° C, no ha de pensarse que persistieran en él los fenómenos de tono vascular normal y el órgano sólo podía funcionar como estructura pasivamente distensible. Por otra parte, al paso que las dimensiones medias del corpúsculo renal fueron del orden de 160 y 170 micras en los dos riñones no inyectados, alcanzaron 200 micras en el que recibió gelatina-minio. Esta diferencia del orden del 20 por ciento parece enteramente atribuible a la repleción. Es cierto que ignoramos el detalle de las condiciones del perro de que procedía este riñón, pero en todo caso no había sido nefrectomizado previamente; por otra parte, se sabe que bajo la influencia de dietas ricas en próticos, se hipertrofia el riñón y aumenta el tamaño de los glomérulos (11), pero no hay razón mayor para pensar que éste u otros factores se hallaran en juego, porque las condiciones generales de los tres animales estudiados eran análogas. El punto requiere más estudio.

e) El diámetro medio del glomérulo humano estimado a base de cortes de riñones incluidos en parafina es de 200 micras según vimtrup, y de 237 según Fahr; Russell, en cambio, lo aprecia en 118 micras, fundado en observaciones sobre cortes por congelación. La diferencia de los dos tipos de datos es verdaderamente llamativa y hace pensar si el proceso histológico no modifica las condiciones del glomérulo; no conocemos datos obtenidos por el método de Raytand a este respecto. Nos parece del mayor interés determinarlos, hacer un estudio estadístico similar al que exponemos y estudiar el efecto de la distensión.

Es difícil deducir sin otros datos la significación fisiológica de las observaciones anteriores y llama la atención la discrepancia existente entre dos grupos de observaciones:

En cortes de especímenes inyectados, aparacen de mayor diámetro los corpúsculos renales más profundos; en cambio las modificaciones realizadas sobre corpúsculos renales aislados arrojan valores

más altos para el diámetro de los glomérulos del tercio medio que para los restantes.

Cabe pensar si todo no es debido a mayor distensión de los glomérulos profundos, en virtud de la cual su diámetro aumenta hasta superar el observado en los del tercio medio; las pocas observaciones de distribución inversa (mayor diámetro de los glomérulos superficiales) sugieren una posibilidad análoga para estos últimos. Por lo demás, el mecanismo de distensión parece sencillo; bastaría que se abriese un poco más la arteriola aferente para que aumentara la presión intraglomerular y por esta causa se acentuara la distensión del corpúsculo. Si tal fenómeno ocurre en realidad, sería necesario introducir un nuevo factor en la consideración de la hemodinámica del glomérulo, porque al aumentar la presión intraglomerular, aumentaría también la superficie filtrante del corpúsculo.

En fin, queda por establecer otro hecho: se ha afirmado que los corpúsculos renales de mayores dimensiones poseen las asas de Henle más largas y ocupan las zonas profundas del cortex: estos datos se han obtenido sobre el hombre y no sabemos si sean aplicables al riñón del perro, cuya distribución es diversa, de acuerdo con lo expuesto.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.—Trueta J., A. E. Barclay, P. M. Daniel, K. J. Franklin and M. M.L. Pritchard.—Studies of the renal Circulation. Blackwell, Oxford. 1947.
- 2.—Trueta J. A. and A. E. Barclay.—Renal circulation. *Lancet* 1947, i: 772.
- 3.—Heggie J. F. Vesser circulatives of the kidney. *lancet* 1947, i: 385
- 4.—Heggie J. F.—Circulation of the Kidney. *Lancet* 1946, ii: 436.
- 5.—Poirier E. et A. Charuy.—Traité D'Anatomie Humaine (Ed. de A. Nicolas). Masson, París, 1923, Tomo 5.
- 5.—Bensley R. D.—The afferent vessels of the glomeruli of mammas as a mechanism for the control of glomerular activity and pressure. *Am. J. Anat.* 42: 141-169; 1929.
- 7.—Saphir O.—The state of the glomeruli in experimental hipertrophy of the kidney of Rabbits. *Am. J. Path.* 3: 329-353. 1927.
- 8.—Raytand D. A.—The number and size of mammalian glomeruli, as related kidney and body weights, with methods for their enumeration and measurement. *A. J. Anat.* 62: 5071519; 1938.
- 9.—Shelly Hernández R. de.—La estadística aplicada a las Ciencias Biológicas. Caracas, 1941.
- 10.—Burn J. H.—Biological Standarization Oxford Univ. Press. 1937.
- 11.—Moise Th. S. and A. S. Smith.— The effect of high protein diet on the kidneys. *Arch. Path* 4: 5301542; 1927.