

Estudio, por medio de radiocardiografía, de algunas alteraciones en la dinámica del círculo menor en enfermos afectados de hipertensión pulmonar primaria

Doctor J. Honorato

Nos ha parecido interesante traer ante ustedes los resultados que hemos obtenido en una pequeña experiencia utilizando la radiocardiografía como método de exploración, que puede aportar datos interesantes en el estudio de enfermos pulmonares, por cuanto nos da a conocer una serie de parámetros de utilidad indudable a la hora de valorar de una forma lo más exacta posible el estado de la dinámica del círculo menor.

Hemos prestado una atención especial a la radiocardiografía, ya que se trata de una técnica que reúne en sí una serie de notables ventajas, aunque, por el momento, e

inexplicablemente, no ha gozado de gran predicamento por parte de los cardiólogos clínicos.

Para nosotros estas ventajas se concretan en los siguientes puntos:

1. Es una técnica completamente inocua para el enfermo.
2. Es absolutamente fisiológica, quiere decirse que los parámetros que obtenemos son conseguidos sin producir ninguna alteración en la dinámica natural del círculo menor.
3. Es sencilla de realizar.
4. Los resultados pueden obtenerse con gran rapidez.
5. Los datos que suministra son de una

(1) Este trabajo ha sido realizado en el Servicio de Radioisótopos de la Clínica Médica del profesor Vanotti en la Universidad de Lausanne, bajo la dirección del doctor Delaloye.

cantidad y cualidad difíciles de igualar por cualquier otra prueba.

6. Está aún en continua evolución de perfeccionamiento, por lo que es posible que en un futuro próximo pueda sustituir a técnicas muy en uso actualmente, pero que son difíciles, complicadas y hasta peligrosas de realizar en determinados enfermos.

Como muy bien saben ustedes, desde que Prinzmetal, en 1948, tuvo la feliz idea de sustituir el complicado método de las tomas de muestra de sangre para construir una curva de dilución, por la obtención de la misma curva de dilución, gracias a un emisor gamma y a un detector colocado en el área precordial, dando así lugar al nacimiento de la radiocardiografía, la constante evolución de la técnica nos ha permitido ir perfeccionando día a día nuestros métodos.

A medida que han ido transcurriendo los años hemos podido ir disminuyendo la dosis de radiación absorbida por el enfermo, al mismo tiempo que vamos empleando dosis cada vez más altas de radiactividad, que aumentan la eficacia de nuestras medidas. En este sentido ha sido fundamental el empleo, cada vez más extendido, de elementos de corto período.

Por otro lado, el análisis matemático de la curva del radiocardiograma, abordado por Monasterio y Donato, y más tarde perfeccionado por Kellershon y Vernejoul, haciendo un análisis del radiocardiograma basado sobre el principio de dilución de un indicador en un sistema periódico, ha permitido ir afinando cada vez más en los parámetros obtenidos, aumentando su fidelidad y exactitud.

También la incorporación de la sonda aórtica ha supuesto un notable avance. Y, por último, nos parece sumamente interesante el intento realizado por la escuela de Praga, al realizar, por regresión multidimensional, un profundo estudio comparativo entre los valores obtenidos por cateterismo cardiaco y los parámetros radiocardiográficos, que han permitido obtener las primeras correlaciones matemáticas que nos hace posible abordar el estudio de las presiones en el círculo menor a través de los datos suministrados por el radiocardiograma.

Toda esta evolución nos hace pensar que, si bien aún estamos lejos de expresar todo el jugo —permítaseme la expresión—, que se puede extraer de esta prueba, no es menos cierto que ya en la actualidad, con sus imperfecciones y todo, resulta un método suficientemente interesante y valorable. Aún más, de cara al futuro somos francamente optimistas, y creemos que se puede llegar todavía muy lejos con tal de no abandonar la continua labor de perfeccionamiento.

TECNICA

La sistemática de exploración que hemos utilizado en nuestros enfermos puede resumirse en tres tiempos:

- 1.º Determinación del volumen sanguíneo.
- 2.º Medida del débito cardiaco.
- 3.º Radiocardiograma.

No creo que sea necesario profundizar en muchos detalles. En líneas generales, hacemos lo siguiente:

Primeramente hacemos una toma de sangre para conocer el ruido de fondo del volumen de dilución. Después inyectamos cinco microcurios de seroalbúmina marcada con I131 y, una vez transcurrido el tiempo de dilución, cateterizamos la vena subclavia y hacemos la toma de muestra para calcular el volumen sanguíneo, que nos va a permitir más tarde tipificar el débito cardiaco.

A continuación inyectamos 30 microcurios de I131 y, valiéndonos de un colimador —según Weall, de 40 milímetros de diámetro por 100 milímetros de longitud—, recogemos la curva de dilución del indicador en las cavidades cardiacas. Utilizando el principio de Stewart-Hamilton, calculamos el débito cardiaco.

La información tomada por el detector es recogida por un espectómetro de un canal y registrada sobre banda magnética. Una vez terminado el examen puede ser pasada

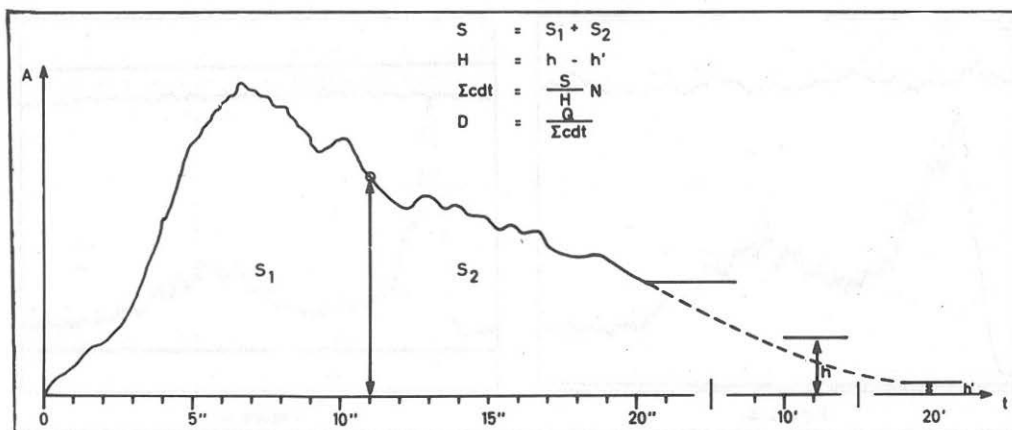


Figura 1.

a papel la constante de integraciones de un segundo. La sensibilidad es de 300 pulsaciones por segundo para toda la escala, con una precisión estadística del 2,5 por 100.

A continuación esperamos quince minutos para obtener el "plateau" final de dilución del indicador, con una constante de tiempo alta de diecinueve segundos, y pasamos a la tercera parte. (La figura 1 representa esquemáticamente la curva de dilución que obtenemos y a partir de la cual calculamos el débito cardiaco.)

En este tercer acto, o radiocardiograma propiamente dicho, vamos a obtener en definitiva otra curva de dilución. Sin embargo, lo que pretendemos es alcanzar datos distintos a los logrados en la curva anterior.

Ahora, lo que nos interesa es conocer con la mayor precisión estadística y temporal posible la dinámica del émbolo radiactivo a su primer paso por las cavidades cardiacas y pulmón.

Tres son los puntos fundamentales que es preciso destacar. Lo primero que necesitamos es disminuir todo lo que podamos

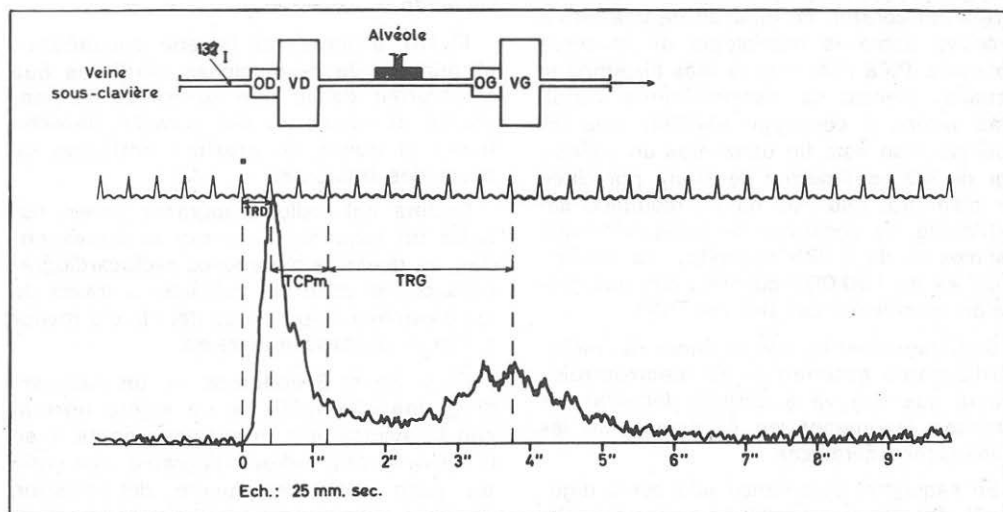


Figura 2.

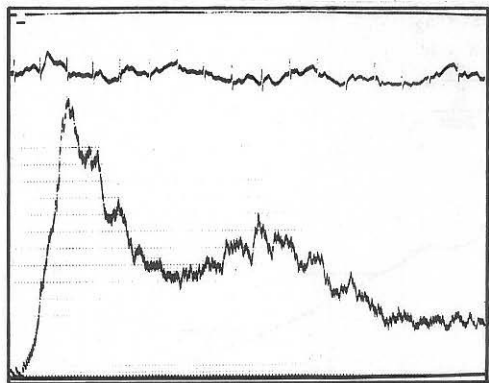


Figura 3.

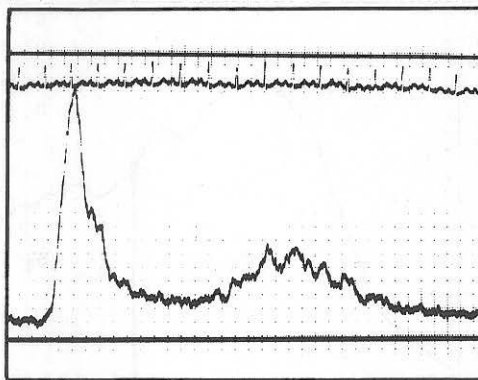


Figura 4.

las fluctuaciones estadísticas, por lo que necesitamos aumentar considerablemente el número de cuentas y, con ello, aumentar la radiactividad inyectada. Es aquí donde nos va a resultar particularmente útil poder disponer de elementos de corto período, que nos van a permitir aumentar la actividad inyectada, sin que ello resulte, en modo absoluto, perjudicial para el enfermo.

En segundo lugar nos es preciso utilizar una constante de tiempo muy pequeña, ya que está claro que vamos a necesitar estudiar las variaciones que se produzcan en un tiempo francamente corto.

En tercer lugar nos es indispensable que las variaciones constantes de volumen y forma del corazón no influyan de una forma excesiva sobre la morfología de la curva obtenida. Para ello, cuanto más alejemos el detector (dentro de ciertos límites, claro), más vamos a conseguir eliminar esta influencia. Con este fin utilizamos un colimador de 40 centímetros de altura por cinco de diámetro, que nos da un resultado satisfactorio. La constante de integración que usamos es de 0,025 segundos. La sensibilidad es de 100.000 cuentas, con una precisión estadística del 0,8 por 100.

Simultáneamente, con la curva del radiocardiograma obtenemos un electrocardiograma que nos va a permitir localizar los distintos fenómenos en el tiempo de las revoluciones cardiacas.

En esquema, obtenemos una curva (figura 2). En ella se pueden apreciar los distintos parámetros que valoramos.

El TRD, o tiempo de llenado derecho. El TCP, o tiempo de circulación pulmonar mínimo. Como puede apreciarse en la curva, la forma de medirlo consiste en contar el número de revoluciones cardiacas que se suceden desde el pico derecho hasta el lugar donde se rompe la exponencial descendente derecha, cosa que sucede debido a que el indicador ha llegado a corazón izquierdo y comenzamos a registrar la curva de su actividad en las cavidades derechas.

El tiempo de pico a pico, o TPP que corresponde al número de revoluciones cardiacas que transcurren desde el momento de su máxima actividad en corazón derecho hasta el de máxima actividad en corazón izquierdo.

El TRI, o tiempo de llenado izquierdo, es el número de revoluciones cardiacas que transcurren desde que se rompe la pendiente descendente del corazón derecho hasta el punto de máxima actividad en cavidades izquierdas.

Encima del radiocardiograma tienen ustedes un esquema de cómo se corresponden los distintos fenómenos radiocardiográficos con el paso del indicador a través de los diversos componentes del círculo menor y con el electrocardiograma.

En la figura 3 podemos ver un radiocardiograma efectuado en un sujeto normal con la técnica que he señalado antes. Y en la figura 4, otro radiocardiograma, que varía un poco morfológicamente del anterior, pero que es completamente normal también. En ambos puede apreciarse como es

francamente interesante el que la embolada con que inyectamos el isótopo sea enérgica, de forma que consigamos que toda la radiactividad vaya, por así decir, lo más unida posible hasta corazón derecho. Como muy bien se puede apreciar en ambas figuras, la pendiente de llenado de corazón derecho no muestra ninguna muesca, lo que quiere decir que todo el émbolo ha transcurrido desde el punto de inyección en la subclavia hasta el corazón derecho sin disgregarse lo más mínimo. Diversos autores creen que lo ideal sería poder inyectar el isótopo en la misma aurícula derecha por medio de un catéter, pero estas dos figuras vienen a demostrar que la inyección en la subclavia, si se hace con eficacia, es suficiente y puede ahorrar todo el engorro de un cateterismo derecho con sólo la simple cateterización de esta vena, lo que es técnicamente muy simple.

Las pendientes de descenso del radiocardiograma no son completamente uniformes, ya que, en cada sístole, una cantidad de isótopo abandona el ventrículo correspondiente, produciendo una caída brusca de la actividad a nivel de esa cavidad, pero, claro está, no todo el isótopo ha sido expulsado del ventrículo, sino que una parte de él queda en la cavidad, produciéndose, en el caso del corazón derecho, una estabilización de la actividad hasta la próxima sístole, en que nuevamente otra cantidad de isótopo abandona el ventrículo.

Esta estabilización de la actividad durante la diástole puede producirse a nivel de corazón derecho, pero no ocurrirá a nivel de corazón izquierdo, donde, durante la diástole, está llegando indicador procedente de las cavidades derechas y pulmón. Es por eso por lo que a este nivel la diástole se traduce por una pendiente de ascenso. Este régimen dinámico es lo que da al radiocardiograma su peculiar aspecto de dientes de sierra, en lugar de ofrecer una línea continua.

Según ven ustedes en la figura 5, en realidad se podrían trazar dos pendientes descendientes de corazón derecho y otras dos de corazón izquierdo, correspondiendo cada una de ellas a las fases sistólicas y diastólicas de los ventrículos y que son análogas a la curva que resultaría en el caso de que el sistema, en lugar de mo-

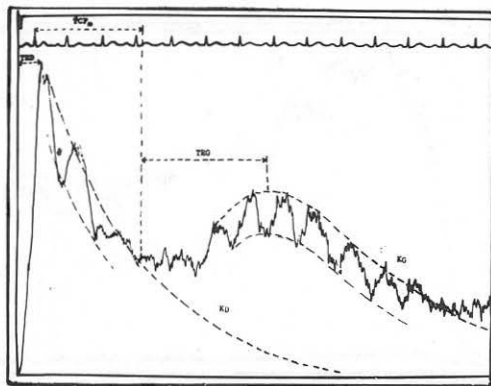


Figura 5.

verse en un régimen periódico, lo hiciera en un régimen continuo. Es fácil comprender como el coeficiente K, que tipificaría la pendiente de estas curvas, depende fundamentalmente de tres parámetros:

- a) El volumen máximo de la cavidad.
- b) El volumen sistólico.
- c) Las revoluciones cardiacas. Es a partir de estos parámetros de donde nosotros podemos calcular el volumen ventricular.

Otro parametro que nos resulta interesante calcular es el llamado volumen sanguíneo circulante central, que corresponde, en cierta forma, al volumen de sangre contenido entre la pulmonar y la aurícula izquierda. Si conocemos el volumen sistólico y sabemos el tiempo que una partícula tarda en atravesar el círculo menor, es evidente que, multiplicando estos dos parámetros, obtendremos el citado volumen.

PACIENTES

El estudio que hemos realizado comprende 37 enfermos diagnosticados de hipertensión pulmonar primaria.

La gran mayoría se encuentran en edades comprendidas entre los treinta y los cincuenta y ocho años.

En ninguno de ellos ha sido posible demostrar la presencia de cualquier otro tipo de enfermedad cardiaca o pulmonar que justificara su hipertensión pulmonar.

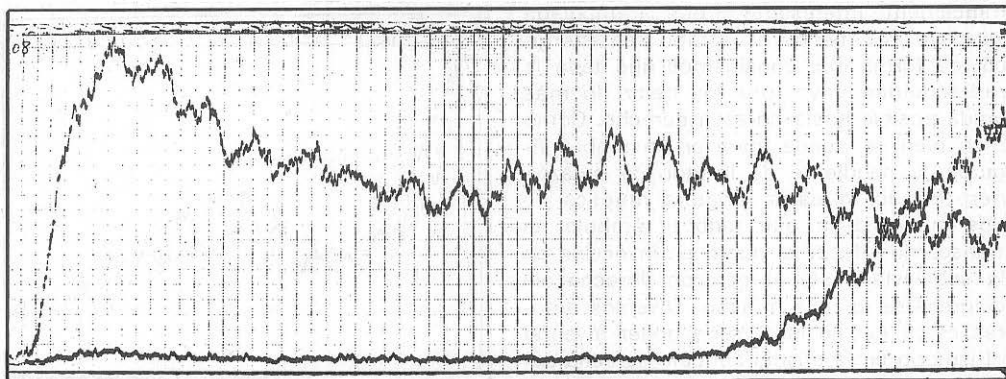


Figura 6.

De los 37, hay tres varones y 34 hembras.

En todos ellos ha sido efectuado un cateterismo cardiaco derecho, que ha permitido no sólo llegar al diagnóstico, sino tener un conocimiento adecuado de la dinámica del círculo menor. Como parámetro comparativo para obtener las cifras normales del método se han efectuado 44 radiocardiogramas en personas normales, libres de toda sospecha de padecer cualquier tipo de enfermedad cardiorrespiratoria o que pudiera alterar la normal dinámica del círculo menor.

Los valores normales obtenidos coinciden plenamente con los encontrados en la literatura.

En cualquier caso, no ha mediado más de una semana entre la realización del cateterismo y la prueba radiocardiográfica.

CLASIFICACION

Con los resultados obtenidos hemos hecho cuatro grupos:

1. Resultados en los sujetos normales.

2. Enfermos en los que la resistencia arteriolar pulmonar calculada a partir de los datos suministrados por el cateterismo era inferior a $500 \text{ din.seg.cm}^{-5}$. No existían signos claros de insuficiencia derecha, y en ninguno de ellos la presión telediastólica en ventrículo derecho fue superior a 8 mmHg.

A este grupo pertenece el radiocardiograma de la figura 6, en el que, si bien aparentemente su morfología no está alterada, el estudio de los tiempos muestra ya un ligero alargamiento.

Pertencen a este grupo nueve de los enfermos estudiados.

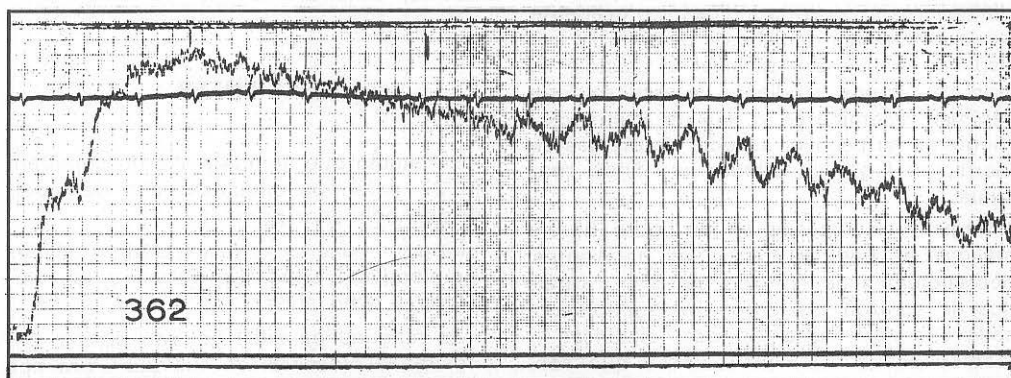


Figura 7.

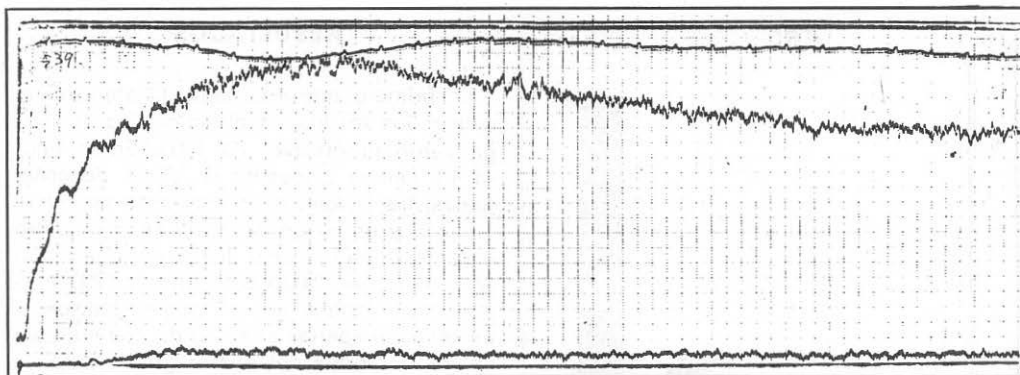


Figura 8.

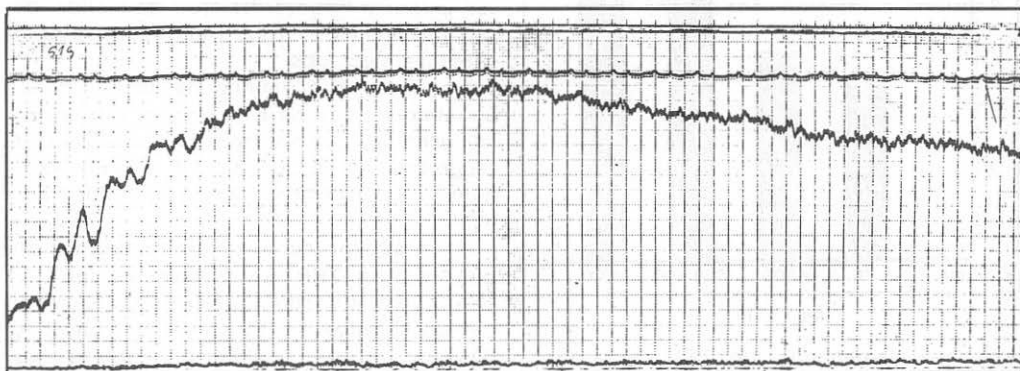


Figura 9.

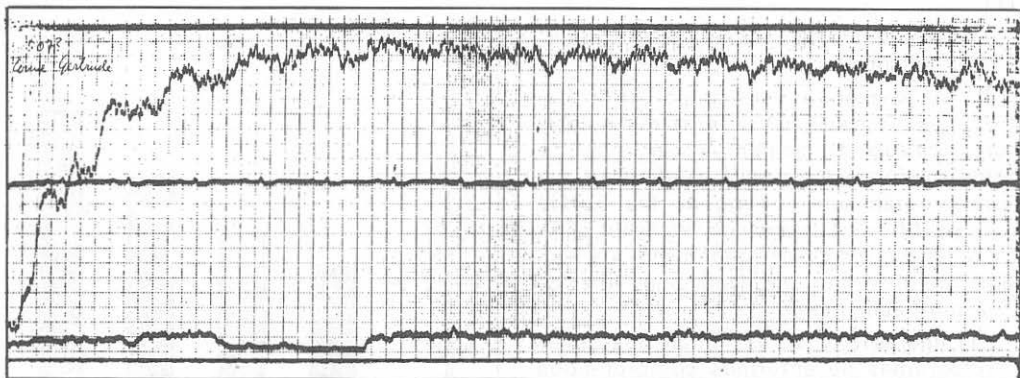


Figura 10.

3. Enfermos en los que la resistencia arteriolar pulmonar, calculada a partir de los datos suministrados por el cateterismo, está comprendida entre 500 y 1.000 din. seg. cm^{-5} .

Existen ya signos clínicos de insuficiencia ventricular derecha, y la presión telediastó-

lica en ventrículo derecho es superior a 8 mmHg.

Como se puede ver en la figura 7, existe ya un notable alargamiento del TCPm y del TPP, y comienza a estar afectado el TRD, mientras que en la figura 8, perteneciente a uno de los enfermos más graves de este

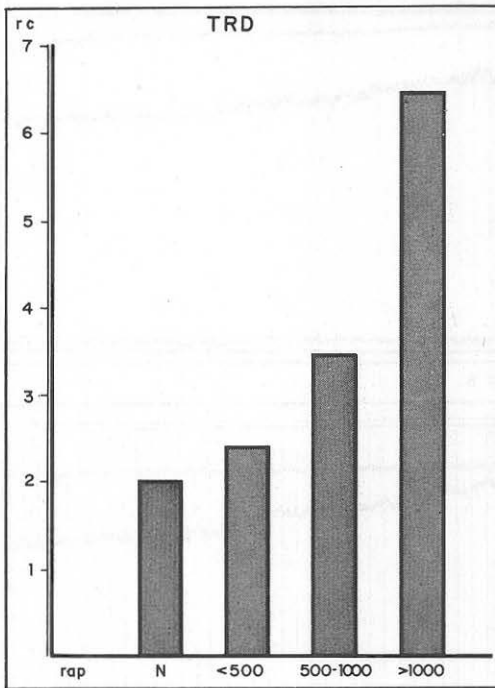


Figura 11.

grupo, el alargamiento del TRD es ya muy notable, así como también los del TCPm y TPP.

Pertencen a este grupo 14 de los enfermos estudiados.

4. Pertencen a este grupo los enfermos cuyas resistencias arteriolares pulmonares, calculadas siempre a partir de los datos suministrados por el cateterismo derecho, están por encima de las 1.000 din.sg.cm^{-5} y muestran una situación clínica de grave insuficiencia derecha. La presión telediastólica en ventrículo derecho está muy aumentada.

Las figuras 9 y 10 muestran dos radiocardiogramas de enfermos comprendidos en este grupo, en los que fácilmente se ve el alargamiento de todos los tiempos. El pico izquierdo, por razones de espacio, no hemos podido colocarlo dentro de la figura, porque, como comprenderán, tanto el TPP como el TCPm estaban notablemente alargados. El TRD también está muy por encima de los límites normales.

Pertencen a este grupo 14 de los enfermos estudiados.

RESULTADOS

Lo primero que nos llama la atención al cotejar los resultados obtenidos es el alargamiento progresivo del TRD. En la figura 11 hemos colocado, en el eje de ordenadas, las revoluciones cardiacas que dura el TRD, y en el eje de abscisas, los cuatro grupos en que hemos distribuido los resultados. Vemos claramente que el TRD normal, que viene a ser de dos revoluciones, pasamos al apenas alterado de dos y medio en los enfermos del primer grupo, para ya ser sensiblemente mayor en los del segundo grupo, y alcanzar valores muy altos, de 6,6 revoluciones en los enfermos más fuertemente afectados.

Se ve como el tiempo de llenado derecho traduce, en cierta forma, la insuficiencia derecha, que va creando una dificultad progresiva en la llegada del torrente sanguíneo, y su penetración en cavidades derechas.

Algo similar sucede con el tiempo de pico a pico, TPP. Si observamos la figura 12, vemos como progresivamente el tiempo de pico a pico va siendo mayor, y pasa de ser siete en los normales a diez en los enfermos graves. Sin embargo, hay

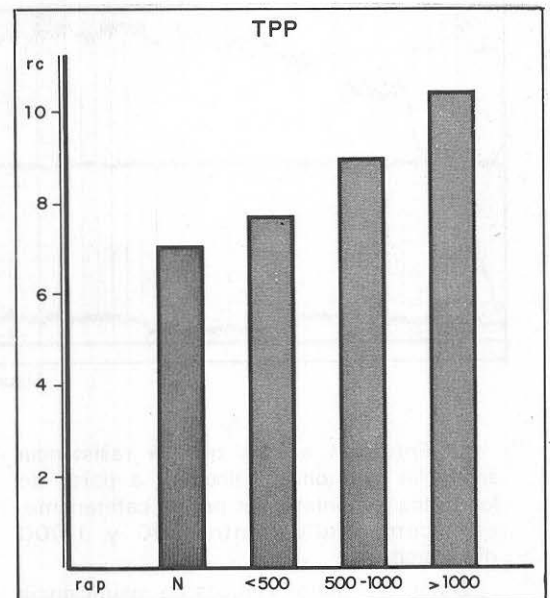


Figura 12.

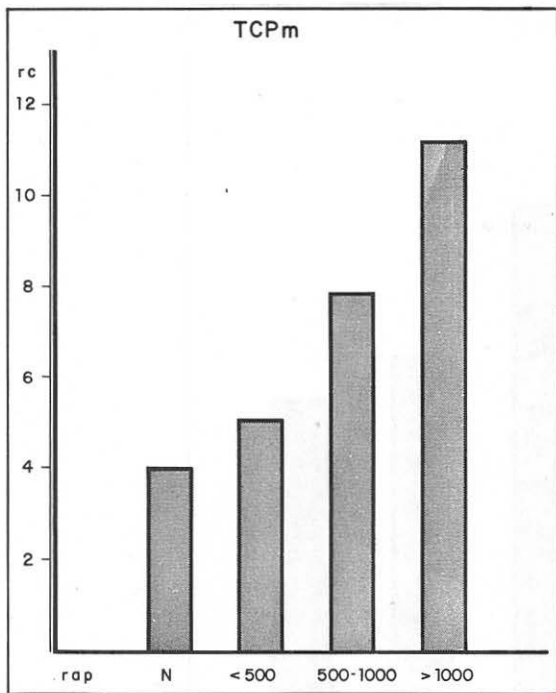


Figura 13.

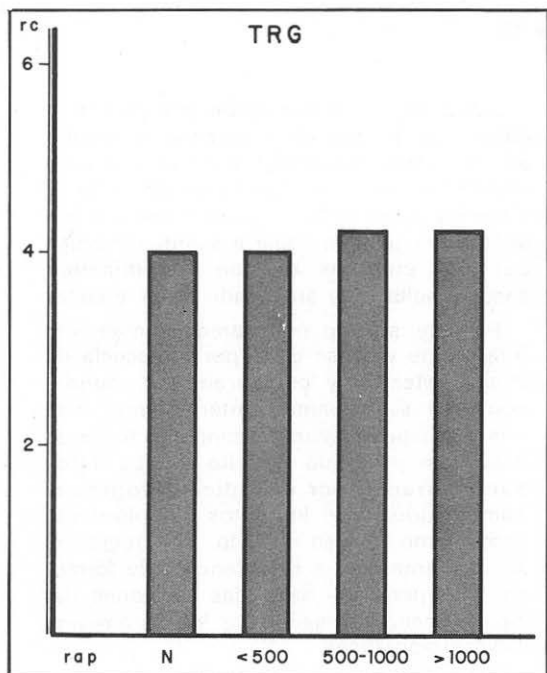


Figura 14.

que tener en cuenta que en el tiempo de pico a pico se engloban dos acontecimientos del émbolo radiactivo que conviene distinguir: uno, el paso desde cavidades derechas hasta capilares pulmonares, y otro, el paso desde capilares pulmonares hasta cavidades izquierdas. Si nosotros nos limitamos a considerar el tiempo de pico a pico sin distinguir estos dos pasos, podemos pensar que son ambos tiempos los que están aumentados. Conviene por tanto diferenciar por separado qué es lo que ocurre en éstos dos pasos y a expensas de cuál está más aumentado este TPP.

Si nos fijamos en la figura 13 observaremos que el tiempo de circulación pulmonar, o sea, el tiempo que el émbolo tarda en pasar desde el momento de la inyección hasta la primera noticia que tenemos de él en corazón izquierdo, es cada vez mayor a medida que las resistencias capilares van aumentando, lo cual, por otra parte, es muy lógico.

Sin embargo, el tiempo de llenado izquierdo (figura 14) no se afecta lo más mínimo, y sus variaciones entre los cuatro grupos son francamente despreciables, oscilando siempre alrededor de cuatro revoluciones cardiacas y traduciendo así el hecho de que no existe ningún obstáculo entre pulmón y corazón izquierdo, sino que la barrera que impide el tránsito normal y produce el consiguiente aumento de las presiones está situada a nivel pulmonar.

Otro dato que nos ha parecido interesante es ver cómo el índice cardiaco, expresado en litros por minuto y metro cuadrado de superficie corporal, se mantiene dentro de límites normales mientras el corazón derecho no muestra signos de insuficiencia, pero, sin embargo, en cuanto la presión telediastólica en ventrículo derecho crece por encima de lo normal, el índice cardiaco desciende de una forma notable, pasando de los 3,8 que encontramos como cifra normal a los 2,3 en el caso de los enfermos con resistencia arteriolar superior a las 1.000 dinas (figura 15).

También vemos en la figura 16, en la que en el eje de ordenadas se expresa el volumen sanguíneo circulante central en milímetros, como este volumen permanece prácticamente igual en los sujetos normales que en aquellos enfermos en los que aún

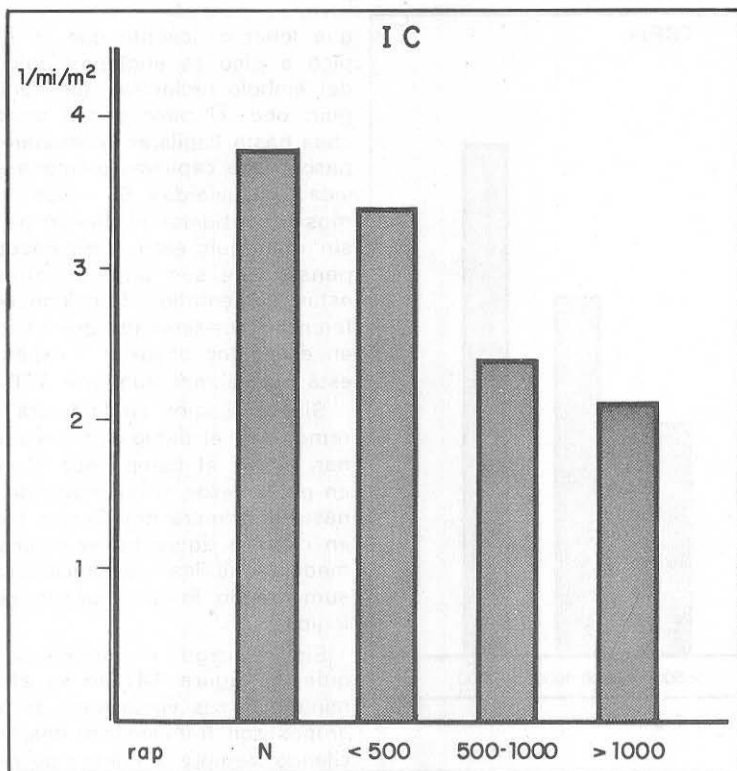


Figura 15.

no se ha producido una insuficiencia cardíaca derecha y, sin embargo, como este volumen desciende notablemente a medida que las resistencias van aumentando y la insuficiencia derecha se va instalando. Pasa de ser de 600 mililitros en los normales a 350 en los casos más patológicos.

Algo similar es lo que le sucede al volumen sanguíneo circulante central expresado en porcentaje con respecto al volumen sanguíneo total. En la figura 17 vemos este porcentaje situado en el eje de las ordenadas y comprobamos como desciende de un 12 por 100 en los normales y un 11,2 por 100 en los relativamente poco afectados a un 7,6 por 100 en los casos más graves.

Nos parece bien claro que estos dos últimos parámetros hablan a favor de la existencia de una notable disminución del lecho vascular a nivel pulmonar, disminución que se va acentuando a medida que pasamos de los casos más leves a los más afectados.

Como se ve, todos estos parámetros y datos que hemos ido valorando permiten, en un caso determinado, hacerse una idea bastante clara de cuál es la situación de la dinámica en el círculo menor y cómo, bien analizados, pueden llegar a sustituir a pruebas más cruentas, que en determinados casos resulta muy arriesgado llevar a cabo.

En este sentido nos parece sumamente interesante el paso dado por la escuela de Praga (Meztan y colaboradores), donde, como ya señalábamos anteriormente, con una casuística bastante abundante han realizado un profundo estudio de los datos suministrados por el radiocardiograma, comparándolo con los datos obtenidos por cateterismo, y han llegado, por regresión multiparamétrica, a la obtención de fórmulas que permitan hallar las presiones del círculo menor partiendo de los parámetros radiocardiográficos.

Personalmente, aplicando estas fórmulas, hemos obtenido resultados dispares, por lo

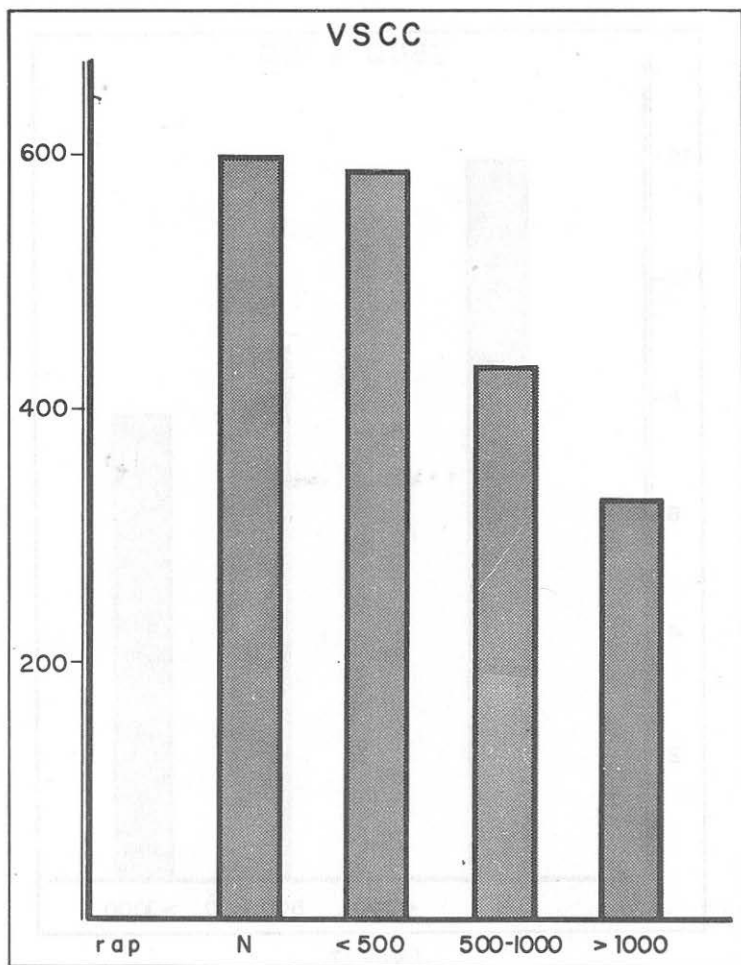


Figura 16.

que no podemos afirmar, de una manera categórica, su utilidad. Sin embargo, nos parece un logro lo suficientemente importante como para perseverar en ese camino y tratar de ir acercándose cada día más a fórmulas más exactas.

CONCLUSIONES

La técnica radiocardiográfica suministra datos de indudable interés a la hora de valorar la situación de la dinámica del círculo menor en enfermos con hipertensión pulmonar primaria.

La hemodinámica del círculo menor en enfermos con hipertensión pulmonar prima-

ria se caracteriza por un alargamiento de todos los tiempos que valoran el paso del indicador desde el momento de la inyección hasta la barrera capilar pulmonar.

Este alargamiento de los tiempos de circulación se halla en estrecha relación con el aumento de las presiones. A mayor alargamiento corresponde, indefectiblemente, mayor aumento de las presiones y resistencias.

Los tiempos que traducen el paso del indicador desde la barrera pulmonar hasta el corazón izquierdo permanecen invariables sea cual fuere el aumento de las presiones, lo que hace pensar en la nula participación del corazón izquierdo en este proceso.

Tanto el volumen sanguíneo pulmonar

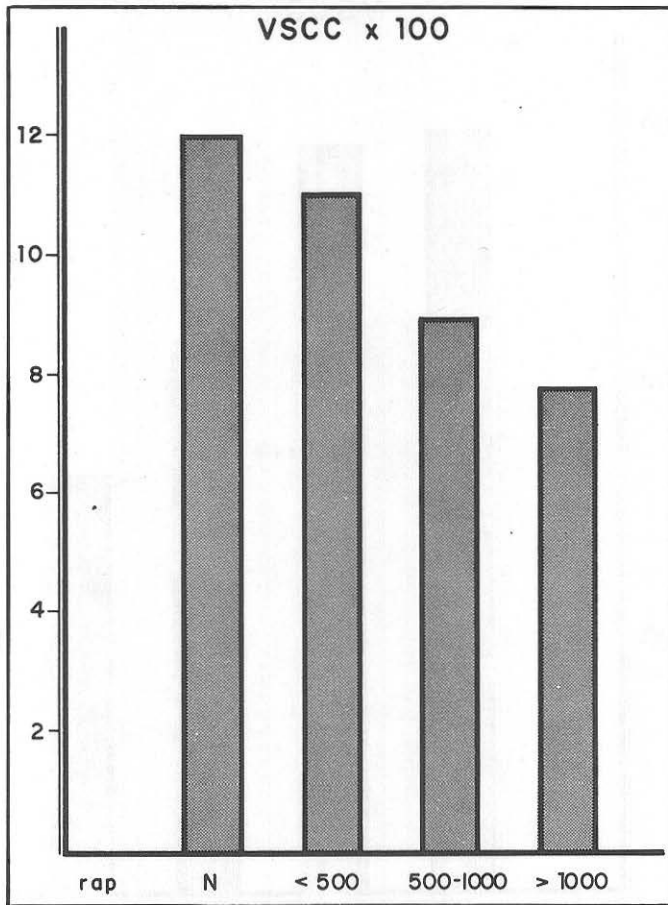


Figura 17.

como el volumen sanguíneo total disminuyen a medida que aumenta la resistencia arteriolar, lo que hace sospechar en una posible disminución del lecho vascular pulmonar.

El radiocardiograma suministra datos que se pueden relacionar de forma muy estrecha con los obtenidos por cateterismo. Es evidente que el radiocardiograma nos suministra datos que definen los flujos y volú-

menes, y el cateterismo puede proporcionarnos datos referentes a las presiones y resistencias. Sin embargo, el maridaje que existe entre unos parámetros y otros nos hace pensar en la posibilidad de obtener, en un futuro quizá próximo, fórmulas que permitan hallar las presiones a través de los datos radiocardiográficos y que sean más perfectas que las actualmente existentes.