

El Electrocardiograma Intracavitario

Su valor en el cateterismo cardíaco

I - Parte Experimental

Por los doctores

S. BLUM DE SCHWARCZ *, SAUL DRAJER, ENRIQUE LISAK e ISAAC BERCONSKY

INTRODUCCION

La electrocardiografía intracavitaria fue practicada por primera vez, en el perro en 1934 y en el hombre en 1945^{1, 2}.

Los catéteres que se usaban los primeros años, constaban de un electrodo que ocluía por completo su luz y, por lo tanto, solo servían para registrar el electrocardiograma endocavitario y nada más. Debido a esto, los trabajos que se publicaron sobre el tema estaban encaminados al estudio de la teoría electrocardiográfica fundamental y al de las arritmias^{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}.

No sorprende, entonces, que tanto Kossman en 1950¹¹, como Luisada en 1953¹², afirmasen que la electrocardiografía intracavitaria tenía un interés puramente académico y carecía de aplicación práctica alguna.

Cuando, años más tarde, se comenzaron a fabricar catéteres intracardíacos con el electrodo ubicado en la pared y con la luz permeable, es decir, catéteres que seguían manteniendo su función primaria de registrar presiones endocavitarias y permitir el retiro de muestras de sangre para oximetría y, como complementariamente diríamos, tenía un electrodo a solamente un milímetro de la punta del catéter, la mayoría de los investigadores había perdido interés en el tema. El resultado es, que es muy poco lo que se ha publicado sobre el provecho que puede sacarse de ese electrodo implantado tan cerca del extremo explorador del catéter.

El objeto de este trabajo es llamar la atención sobre las ventajas que se derivan del registro simultáneo del electrocardiograma intracavitario juntos con las curvas de presión y la oximetría, durante el cateterismo cardíaco diagnóstico.

Se tuvieron en cuenta una serie de hechos ya demostrados, que son:

La secuencia de la activación cardíaca en el hombre es semejante a la del perro, por lo tanto la morfología electrocardiográfica endocavitaria también lo es. Por ende, los resultados obtenidos en el perro son aplicables a los humanos².

La forma de los complejos electrocardiográficos intracavitarios no cambia ni en las cardiopatías congénitas ni en las hipertrofias vasculares¹³, alterándose solamente en los bloqueos de rama izquierda^{14, 15} o cuando falta por completo el tabique interventricular, como se ve en el ventrículo único¹⁶.

I: PARTE EXPERIMENTAL

MATERIAL Y METODO

Se efectuaron 14 cateterismos derechos en 8 perros y 6 cateterismos izquierdos en 4 perros.

Todos los perros eran machos híbridos. Se los anestesió con Nembutal o Pentotal. Se mantuvo la oxigenación por medio del respirador de Taka Oka. Se efectuó el electrocardiograma periférico con las seis derivaciones standard, como control, en todos los casos.

Se disecó la vena yugular y se introdujo un catéter intracardíaco N° 6 con electrodo intracavitario, por la misma. El catéter estaba conectado, por un lado

Trabajo efectuado en el Laboratorio Experimental Cardiovascular del Servicio de Cardiología del Hospital Israelita. Jefe: Dr. Isaac Berconsky.

* Carril 967, Capital.

con un transductor Statham y por el otro con el cable Recordial, ambos conectados a los dos canales de un aparato Twin Viso Sanborn.

Para estudiar las cavidades izquierdas, se efectuó una jareta en la orejuela izquierda, previa toracotomía, y por allí se introdujo el catéter, llegando al ventrículo izquierdo en todos los casos y a la aorta en dos de ellos.

En uno de los perros se disecó la arteria femoral, para introducir el catéter por allí y estudiar la morfología endocavitaria del electrocardiograma en los distintos segmentos de la aorta.

El objeto de esta parte del trabajo

era ver si, sin radioscopia, guiándose solamente por el electrocardiograma intracavitario era posible efectuar cateterismos derechos completos, además de verificar el aspecto de los complejos electrocardiográficos dentro de cada una de las cavidades y los grandes vasos.

Queremos destacar aquí, que en todos los casos se llegó sin dificultad a la arteria pulmonar y, en la mayoría de los perros, el catéter llegó a encajar en el capilar pulmonar.

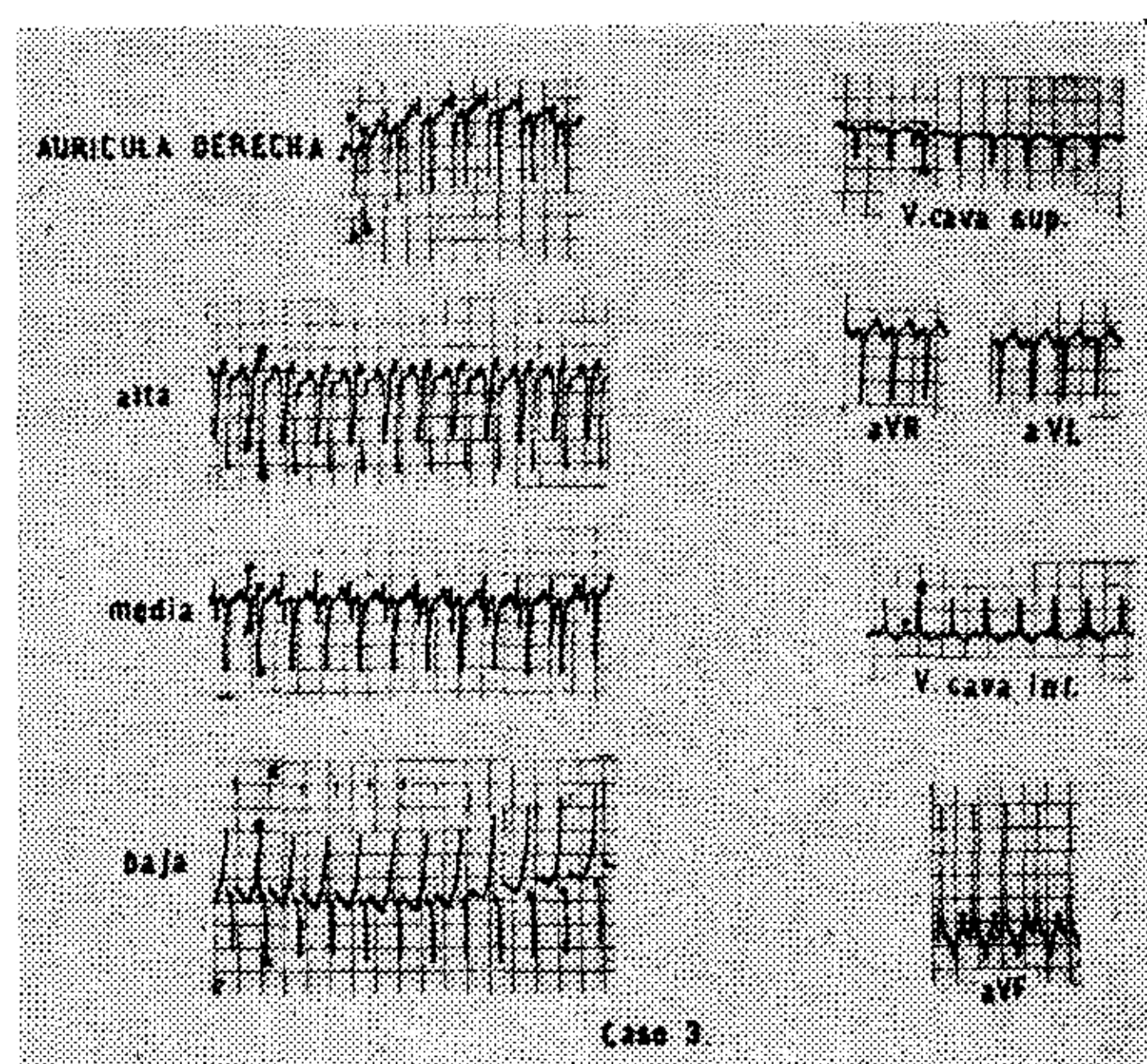
En la Tabla I se consignaron los detalles técnicos respecto a los perros estudiados:

TABLA I
Detalle de los perros estudiados

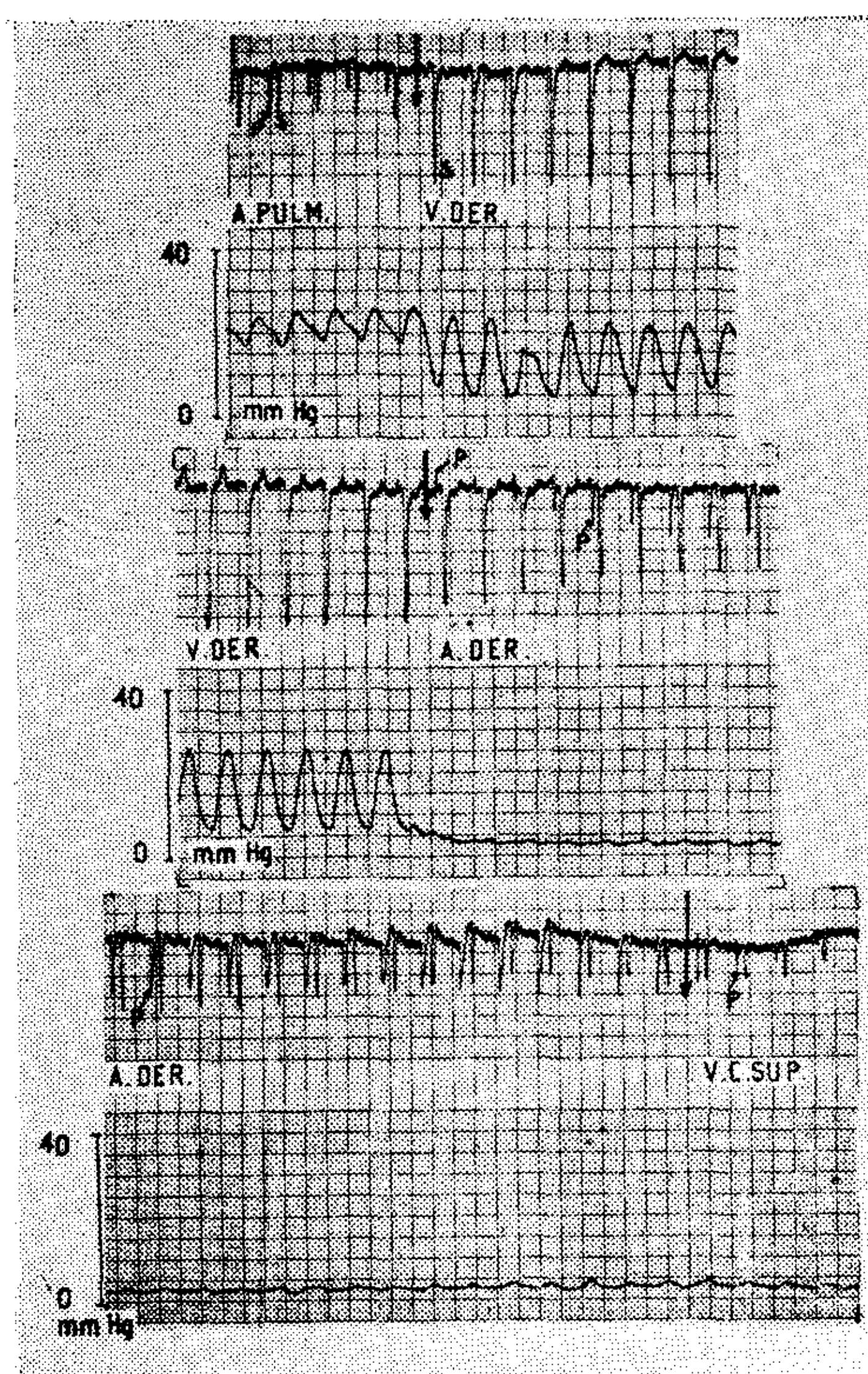
Perro Nº	Peso(Kg)	A n e s t e s i a	Núm. de Cat. Der.	Núm. de Cat. Izq.	Via del Cat. Izq.
1	10	Nembutal 400 mg	1	—	—
2	20	Nembutal 700 mg	2	1	Art. Femoral
3	17	Pentotal 500 mg y Novoc. 2 % endov.	3	—	—
4	27	Nembutal 1 g	2	2	Orejuela izq.
5	30	Nembutal 1 g	1	—	—
6	15	Nembutal 1 g	2	2	Orejuela izq.
7	13	Pentotal 500 mg	2	—	—
8	14	Pentotal 400 mg	1	1	Orejuela izq.
Total			14	6	

RESULTADOS:

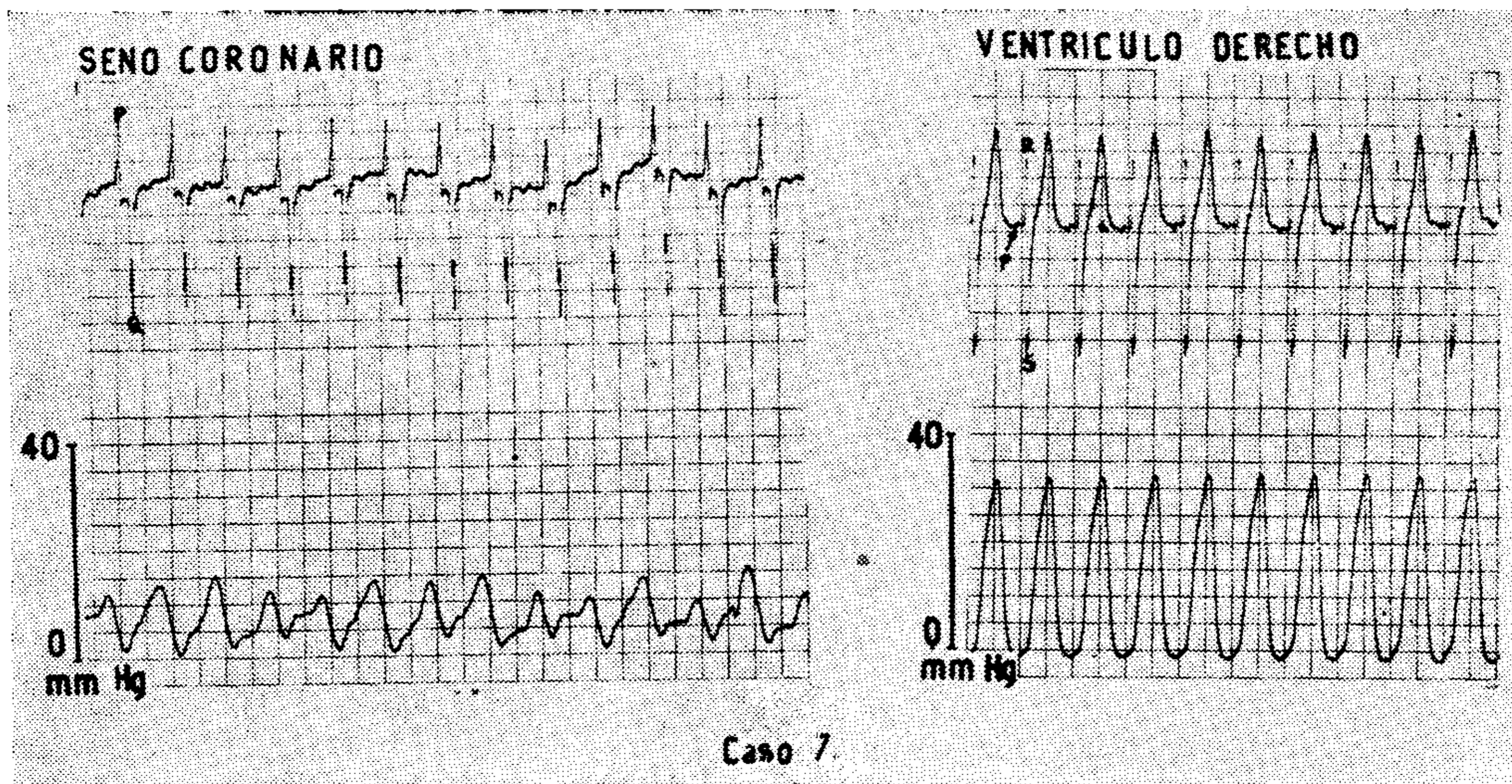
Los resultados pueden apreciarse en los siguientes cuadros:



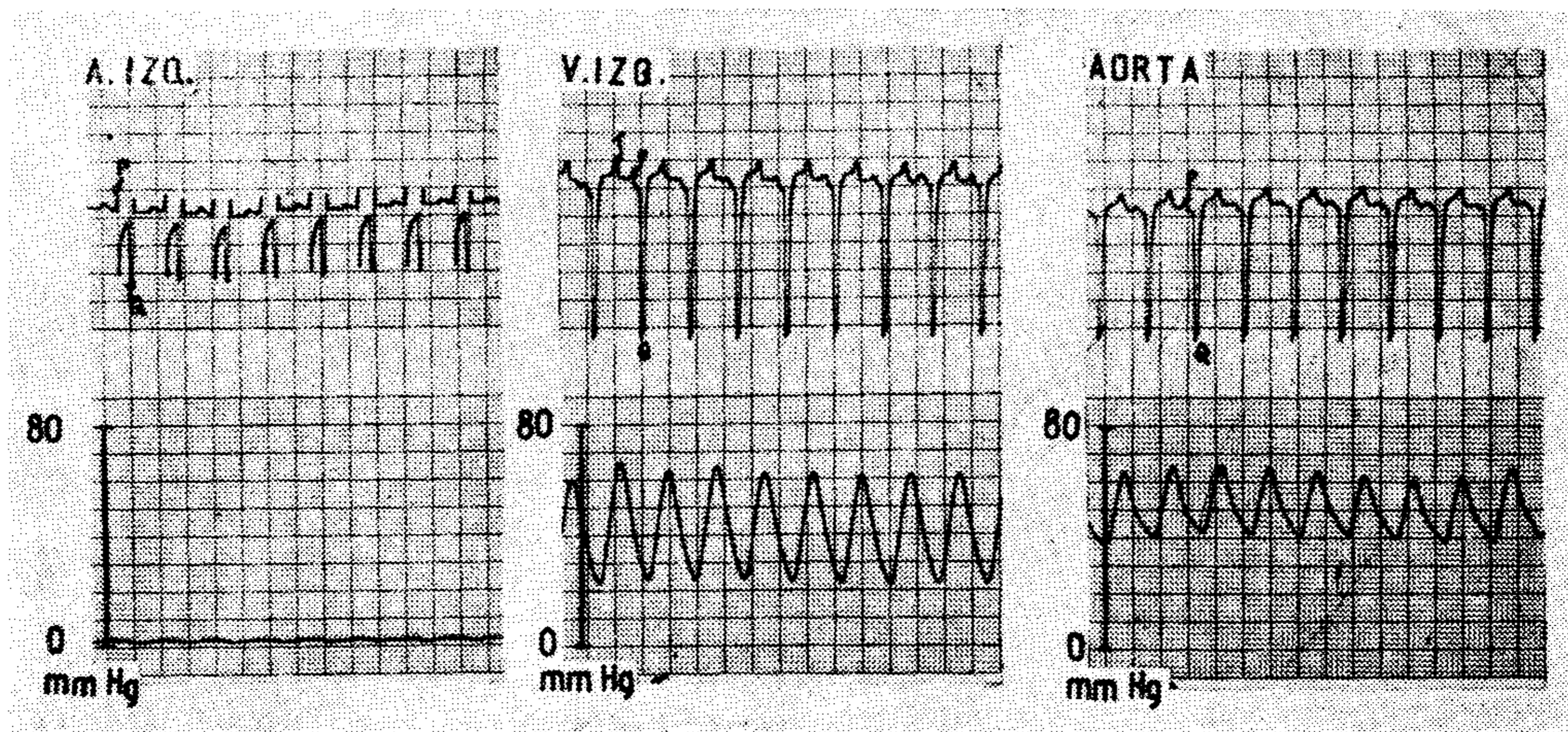
Cuadro 1. — MORFOLOGIA DE LA ONDA P EN DISTINTAS ZONAS DE LA AURICULA DERECHA Y EN LAS VENAS CAVAS, COMPARADO CON DERIVACIONES PERIFERICAS. *Izq.*: Se observa el voltaje muy alto de la onda P comparado con el QRS, la deflexión predominantemente negativa de P en las partes altas, difásica en la zona media y positiva en la parte baja de la AD. *Der.*: En vena cava superior, la onda P es semejante a aVR y a aVL y en la vena cava inferior, tiene igual morfología que aVF.



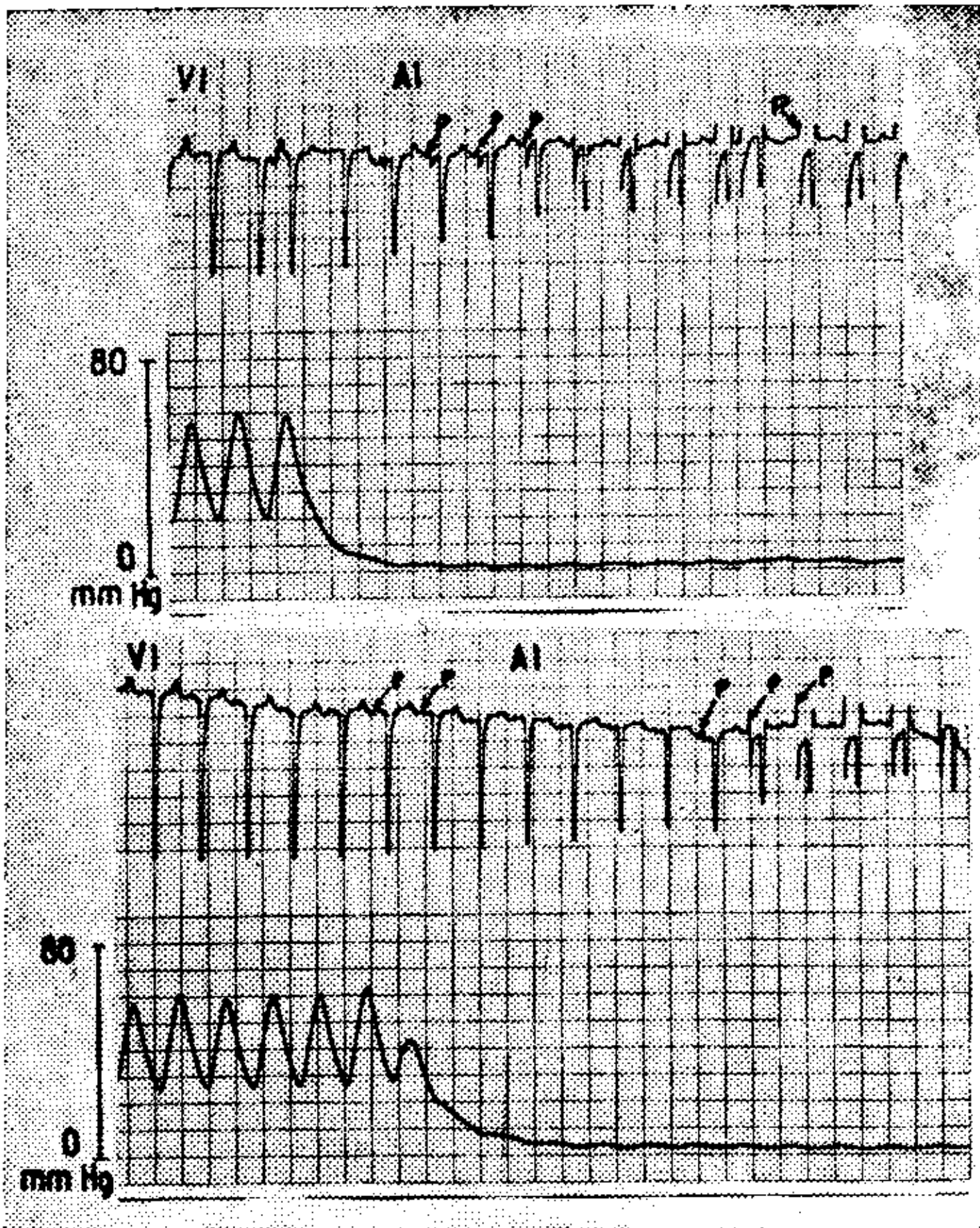
Cuadro 2. — TRAZADO CONTINUO DE ARTERIA PULMONAR A VENA CAVA SUPERIOR. Obsérvese el cambio de morfología y voltaje de la onda P y del complejo QRS coincidente con los gradientes de presión, indicando claramente el paso de una cavidad a otra.



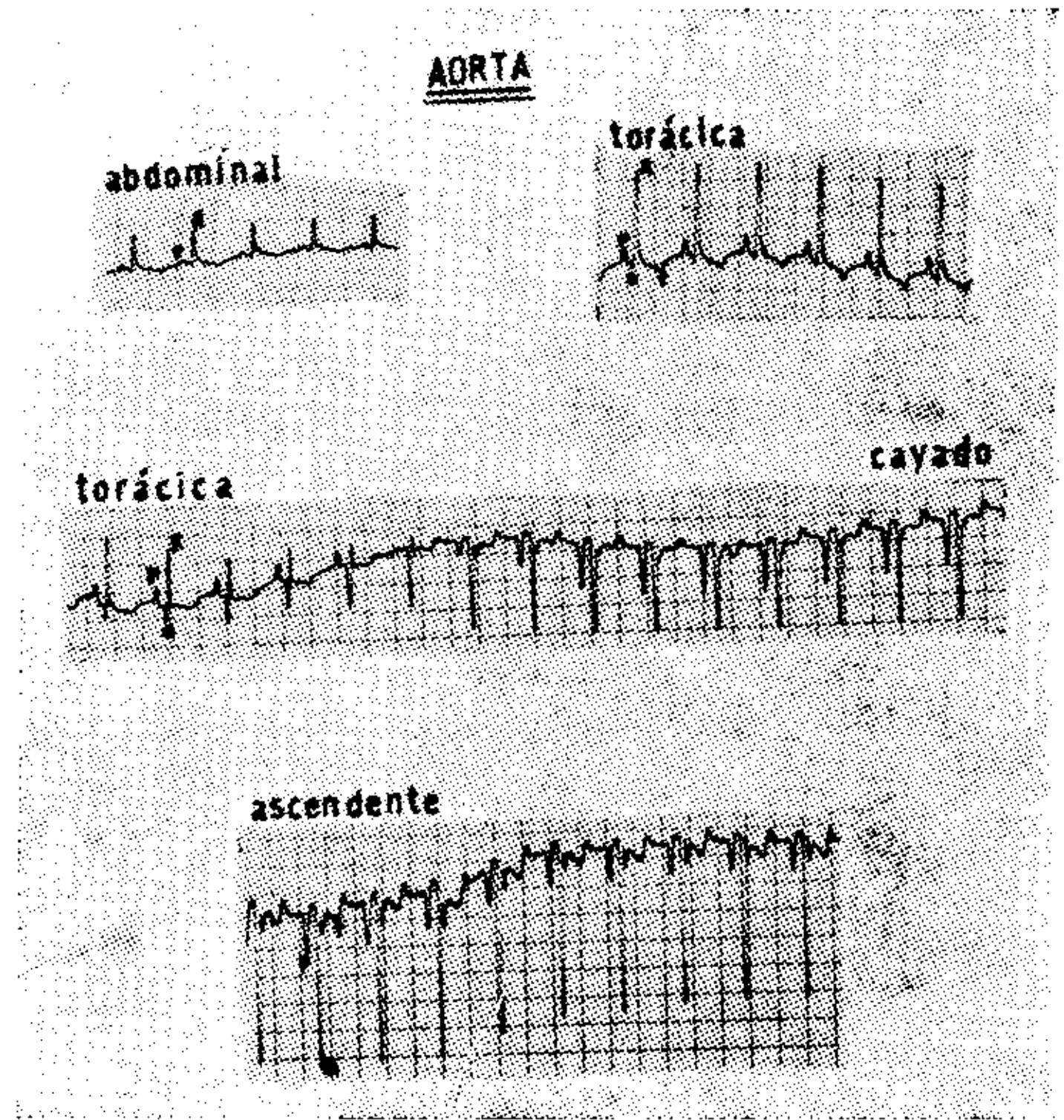
Cuadro 3. — ELECTROCARDIOGRAMA INTRACAVITARIO DEL SENO CORONARIO COMPARADO CON EL DEL VENTRICULO DERECHO. En el seno coronario se inscribe una P alta y positiva y hay onda Q inicial. En el ventrículo derecho, la P es pequeña y redondeada y hay r inicial.



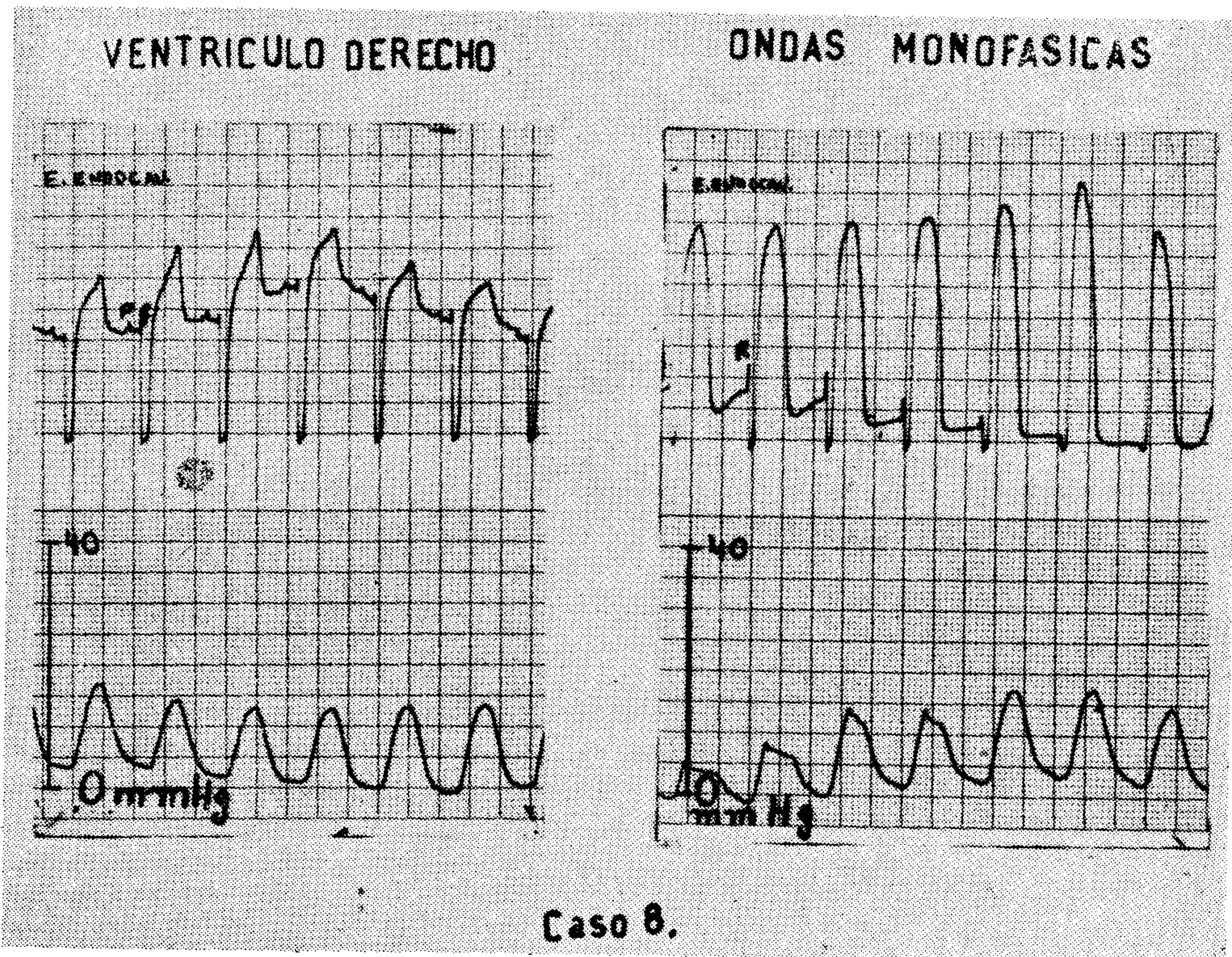
Cuadro 4. — PATENTES ELECTROCARDIOGRAFICAS EN CAVIDADES IZQUIERDAS Y EN AORTA. Izq.: En la aurícula izquierda, la onda P es semejante a la de la aurícula derecha, pero el intervalo PR es más corto. Centro y Der.: Al pasar de ventrículo izquierdo a aorta, el voltaje del QRS disminuye en un 30%.



Cuadro 5. — TRAZADOS CONTINUOS DE VENTRÍCULO IZQUIERDO A AURÍCULA IZQUIERDA. Justo por encima de la válvula mitral, se observan complejos electrocardiográficos típicos que permiten localizar con precisión al cáteter.



Cuadro 6. — ELECTROCARDIOGRAMA EN DISTINTOS SEGMENTOS DE LA AORTA. El voltaje va aumentando a medida que el electrodo se acerca al área cardíaca. Al pasar de la aorta ascendente al cayado cambia la orientación de los complejos electrocardiográficos.



Caso 8.

Cuadro 7. — ONDAS MONOFÁSICAS EN VENTRÍCULO DERECHO. Izq.: Complejos ventriculares normales. Der.: Ondas monofásicas por presión del catéter sobre el endocardio. En los dos primeros complejos, la presión está amortiguada, mientras que es normal en los siguientes.

DISCUSION DE RESULTADOS

La despolarización miocárdica comienza en la aurícula derecha, a nivel del nódulo sinusal.

Esta estructura está situada en el punto de unión de la vena cava superior con la aurícula derecha, mide aproximadamente 2 a 3 cm de largo por 1 a 2 cm de espesor y su forma es alargada y dirigida hacia abajo¹⁷.

Desde allí, el estímulo se propaga en forma radial, por la pared auricular, hacia la zona del nódulo aurículoventricular; éste está ubicado en la parte más baja del tabique interauricular, por detrás del tabique interventricular membranoso y por delante de la desembocadura del seno coronario^{17, 18, 19}.

Como la onda de excitación transita a lo largo de la pared auricular y no a través de la misma, cada zona de la aurícula presenta una patente electrocardiográfica distinta y característica. Por dicha patente puede localizarse el catéter en zonas determinadas de la aurícula derecha^{7, 20, 21}. (Figs. 1 y 2).

Así, en la parte más alta de la aurícula derecha se observa una onda P negativa y de gran voltaje (Cuadro 1); como el electrodo no está justo sobre la cabeza del nódulo sinusal, se inscribe una pequeña deflexión inicial positiva. En este último caso, o sea con el electrodo sobre el nódulo sinusal, la P es negativa exclusivamente y de gran voltaje, ya que todos los vectores se alejan de la zona.

En la zona media de la aurícula derecha, la onda de excitación se acerca primero al electrodo y luego se aleja, la onda P es de gran voltaje, difásica con la deflexión inicial positiva (Cuadros 1 y 2).

En la parte más baja de la aurícula derecha, en las vecindades de la desembocadura de la vena cava inferior, la P intraauricular es predominantemente positiva. (Cuadros 1 y 2)

Al pasar a cualquiera de las *venas cavas*, el trazado intracavitario se modifica ostensiblemente: el voltaje de la onda P disminuye y su relación con el voltaje del QRS se asemeja al de las derivaciones periféricas, siendo neta la predominancia del QRS.

La morfología del electrocardiograma dentro de las venas cavas depende de la posición relativa del electrodo respecto a la dirección de la excitación miocárdica; por lo tanto, todas las deflexiones son

negativas en la vena cava superior y positivas en la vena cava inferior (Cuadro 1, der.)

En el *ventrículo derecho* (Cuadros 2 y 3), el complejo auricular tiene forma parecida al periférico, es decir, se inscribe una P pequeña y redondeada. El QRS adquiere predominancia, siendo de gran voltaje y con su deflexión principal, negativa.

Una característica del electrocardiograma dentro del ventrículo derecho, es una *r inicial* que es constante y se debe a la activación del tabique interventricular^{3, 21, 22}.

El voltaje de esta r depende de la posición relativa del electrodo explorador respecto al tabique interventricular y a los vectores de activación de éste²³; es algo más alta en la zona cercana a la punta del ventrículo derecho y poco marcada (incluso puede estar ausente) en las partes altas, cerca de las válvulas semilunares pulmonares^{4, 71}.

La explicación de lo expuesto arriba, estriba en que el tabique interventricular es activado de izquierda a derecha, originándose el vector inicial en la parte más baja del tabique. Este vector inicial es el que es registrado, ya que los vectores de la parte alta, también dirigidos de izquierda a derecha, se producen simultáneamente con la activación de las paredes libres del VD y quedan ocultos^{17, 24}.

La activación de las paredes libres del ventrículo derecho, al igual que el izquierdo, se hace de adentro hacia afuera, es decir, del endocardio al epicardio, lo que explica el sentido negativo de la deflexión principal recogida dentro de la cavidad y el que no haya diferencias fundamentales entre un punto y otro.^{5, 6, 19, 23, 25}

En el ventrículo derecho sólo puede hacerse el diagnóstico de cavidad en sí y no es posible definir zonas electrocardiográficas dentro del mismo, ya que el vector del tabique no presenta diferencias lo suficientemente netas como para darles valor diagnóstico; y el vector principal no presenta diferencias de ninguna índole.

Al pasar a la *arteria pulmonar*, el cambio más importante que se observa, es la disminución brusca del voltaje del QRS, al mismo tiempo que la onda P se vuelve más alta y picuda^{8, 26} (Cuadro 2).

La disminución de voltaje del QRS

se debe a que el electrodo ya no está tan cerca de las gruesas paredes ventriculares y el aumento de tamaño de P es debido a la proximidad del tronco de la arteria pulmonar con la pared auricular.

A medida que el catéter se aleja del corazón, o sea que avanza hacia la periferia, los complejos se van haciendo más chicos y su morfología cambia de acuerdo a la posición relativa respecto al área cardíaca, igual que las derivaciones periféricas standard.

En un capilar pulmonar situado en un campo pulmonar inferior, las deflexiones del electrocardiograma intracavitario son positivas. Si el capilar pulmonar cateterizado, o una rama de la arteria pulmonar, estuvieran situados en el campo pulmonar superior, las reflexiones electrocardiográficas serían negativas. De esta manera, es posible localizar, en forma aproximada, el catéter dentro de los campos pulmonares.

En el *seno coronario*, el electrocardiograma endocavitario presenta una P positiva, alta y con deflexión intrínseca rápida, parecida a la P intraauricular. El complejo QRS comienza con una Q profunda, igual a lo que se observa en ventrículo izquierdo (Cuadros 3, 4, 5).

Después de esta Q inicial patognomónica, puede inscribirse una R tardía, debido a que el electrodo recoge los potenciales de activación de la zona subepicárdica del ventrículo izquierdo^{27, 9}. Si estos potenciales subepicárdicos no se registran, se obtienen complejos ventriculares en forma de QS (Cuadro 3).

En una zona limitada, dentro de la aurícula derecha y a nivel de la desembocadura del seno coronario, se inscribe un complejo intracavitario semejante al descrito, es decir, P intraauricular con QRS de tipo ventrículo izquierdo, con o sin R tardía.

Hemos encontrado este tipo de trazado al retirar el catéter desde vena cava inferior y, ocasionalmente, al retirarlo desde ventrículo derecho (Cuadro 1, izq. abajo). Se explica este hallazgo, admitiendo que el electrodo recoge los potenciales del ventrículo izquierdo a través de la luz del seno coronario, pero sin que el catéter penetre realmente en el mismo seno.

Cuando se observa esta patente electrocardiográfica al avanzar con el catéter, debe diferenciarse aurícula derecha de seno coronario por la curva de pre-

sión. Si se la observa al retirar el catéter, por razones obvias, sólo puede tratarse de aurícula derecha (Cuadro 1).

En la *aurícula izquierda* la onda P es semejante a la de la aurícula derecha, pero comienza 0.02 seg. más tarde. Además, en todas las zonas se inscribe una positividad inicial de P, que es menor en la zona alta y aumenta de voltaje (en relación a la deflexión negativa), a medida que el catéter baja dentro de la aurícula izquierda^{28, 29}.

Dentro de la aurícula izquierda, el complejo ventricular tiene forma de QS o de QR porque el electrodo recoge los potenciales que llegan del ventrículo izquierdo y, tardíamente, los potenciales del cono de la arteria pulmonar (Cuadro 4).

En el *ventrículo izquierdo* la onda P es pequeña y redondeada y el QRS presenta siempre una negatividad inicial; en esta cavidad, todos los vectores, tanto los que corresponden a la actividad del tabique como los de las paredes libres, se alejan de la cavidad^{3, 30, 31, 32}.

Los vectores que se registran dentro del VI son muy poderosos por la gran masa muscular que se despolariza y, por ello, el voltaje del QRS es muy alto, habiendo sido necesario reducir el Standard hasta 4/5 para poder inscribir los trazados (Cuadros 4 y 5).

Al retirar el catéter de ventrículo izquierdo a aurícula izquierda (Cuadro 5), se observan algunos complejos electrocardiográficos que llamamos "de transición" o ventriculizados, ya que, salvo la T aplanada, son iguales a los que se ven en el ventrículo. Por la curva de presión puede afirmarse, sin embargo, que el catéter ya atravesó la válvula mitral y está en aurícula.

El registro de complejo electrocardiográficos aparentemente intraventriculares junto con curva de presión intraauricular, permite así, localizar el catéter en una zona muy limitada de la aurícula izquierda, vecina a la válvula mitral.

El electrocardiograma endocavitario de la *aorta ascendente* es morfológicamente similar al del ventrículo izquierdo, pero su voltaje es 30 a 40 % menor que en este último^{3, 29, 33} (Cuadro 4).

A medida que el catéter se aleja del corazón, el voltaje sigue disminuyendo y el sentido de las deflexiones, de negativo se vuelve positivo cuando el catéter llega a la zona de la aorta que se pro-

yecta por debajo del área cardíaca (Cuadro 6).

Cuando se pasa de la *aorta torácica* a la *abdominal*, el sentido de las deflexiones sigue siendo positivo y la morfología no cambia, pero el voltaje de los distintos complejos disminuye progresivamente (Cuadro 6).

Las diferencias del trazado electrocardiográfico intraaórtico, entre un sector y otro de la aorta, son tan demostrativas que permiten seguir el curso del catéter *por sí solos*, sin ayuda de la radioscopia. Así, nos fue posible llegar a la aorta ascendente desde la arteria femoral, guiándonos solamente por el electrocardiograma intracavitario.

Si el catéter, en vez de entrar en la aorta ascendente, sigue hacia la *carótida*, el voltaje de los complejos electrocardiográficos disminuye progresivamente, ya que se va alejando del área cardíaca.

Las *ondas monofásicas* o *corriente de injuria* son producidas por el contacto, mejor dicho por la presión del catéter intracardiaco sobre la pared endocárdica.

Estas ondas monofásicas son expresión de injuria subendocárdica y no son registradas por el electrocardiograma periférico que se mantiene sin variaciones.

Son observadas frecuentemente en cualquiera de los ventrículos (Cuadro 7) y, muy raramente, en las aurículas²⁸ (nuestras observaciones).

Si el endocardio tapa la luz del catéter, se registra una curva de presión amortiguada junto con la corriente de injuria (Cuadro 7); si, por el contrario, la luz del catéter sólo parcialmente ocluida o no lo está, la presión será normal.

Desde el punto de vista técnico, el registrar ondas monofásicas significa no poder confiar en la curva de presión obtenida al mismo tiempo y, si esta última está amortiguada, interpretarla como artefacto²⁸.

Ya en el terreno del cateterismo cardíaco en el hombre, donde se trata de disminuir a un mínimo el riesgo que el procedimiento representa para el paciente, la presencia de ondas monofásicas indica que el catéter produce cierto grado de injuria subendocárdica^{26, 28, 29}.

Al respecto, conviene recordar los trabajos de Hellerstein y Katz³⁴ quienes, experimentalmente, mantuvieron la presión de un catéter sobre el endocardio durante períodos variables de tiempo.

Encontraron que, si la presión se mantenía durante 5 segundos, el latido siguiente era normal pero, si la presión se mantenía durante 4 minutos, recién se obtenían latidos normales después de transcurridos 20 minutos.

Estos trabajos indican que la injuria, si bien localizada, es real y debe ser evitada.

Hay dos maneras de explicar la *falta de repercusión periférica de las corrientes de injuria* descritas: la primera, es que el electrocardiograma periférico recoge solamente los potenciales del tercio externo de la pared ventricular, ya que la activación de las porciones subendocárdicas es simultánea y multidireccional. Por lo tanto, todo lo que sucede en las capas más profundas del miocardio, queda enmascarado para el registro periférico³⁵.

La segunda explicación es, que la lesión o injuria es tan localizada, que solo es recogida por el electrodo que la registra, al mismo tiempo de producirla²³.

Es interesante consignar que la corriente lesional y las extrasístoles se producen independientemente, habiendo sido postulado que la primera se debe a la presión continua del catéter sobre el endocardio y las segundas a presión discontinua, que actuaría como estímulo intermitente²³.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

—Se efectuaron 14 cateterismos derechos y 6 cateterismos izquierdos en ocho perros, registrándose simultáneamente la curva de presión y el electrocardiograma intracavitario.

—Se describen las patentes electrocardiográficas en cada una de las cavidades y en las venas cavas, arteria pulmonar y aorta en distintos puntos de su trayecto.

—Como el trazado electrocardiográfico intracavitario es típico para cada una de las cavidades y los grandes vasos, fue posible hacer cateterismos cardíacos derechos completos sin ayuda de radioscopia, guiando el catéter solamente por el electrocardiograma endocavitario.

—Se cateterizó el seno coronario en un perro.

—Se registraron corrientes de injuria, se discute su patogenia y se analiza su importancia en la interpretación de los registros tensionales y en la morbilidad del cateterismo cardíaco.

—Se considera que la utilidad práctica del electrocardiograma intracavitario estriba en:

1.—Posibilidad de efectuar cateterismos derechos completos sin ayuda de radioscopia.

2.—Verificar la posición del catéter en todo momento, incluso durante el retiro de muestras de sangre.

3.—Diagnosticar instantáneamente artefactos, tales como el cateterismo accidental del seno coronario y las corrientes de injuria endocárdica.