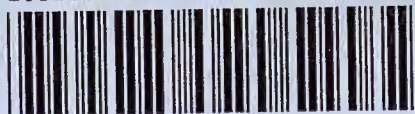


El presente trabajo evidencia una estructuración del músculo cardíaco hasta ahora insospechada. Tal organización miocárdica sienta unas nuevas bases para la mecánica y fisiología cardíaca, pilares sobre los que descansa el gran edificio de la cardiología.



Francisco Torrent Guasp (Gandía, 1931) estudió Medicina en Madrid y Salamanca. En 1956 trabajó en el Departamento de Anatomía de la Universidad de Saint Andrews (Escocia). En 1959, becado por la American Heart Association y el Public Health Service de Estados Unidos, realizó un curso de Fisiología experimental en el Eugene Talmadge Hospital, de Augusta (Georgia). Médico internista en Denia (Alicante) a partir de 1962. Entre sus obras más recientes cabe destacar: *Architecture fonctionnelle myocardique du ventricule gauche* (1968). *Análisis de la organización estructural del miocardio ventricular izquierdo* (1970).

1032505



Biblioteca FJM

Francisco Torrent Guasp

EL MUSCULO CARDIACO

Francisco Torrent Guasp

# EL MUSCULO CARDIACO



FJM

Mon-5

Tor

PUBLICACIONES DE LA  
FUNDACION JUAN MARCH  
colección de monografías

GUADARRAMA







# EL MUSCULO CARDIACO

COLECCION DE MONOGRAFIAS

SECCION 5.—BIOLOGIA, MEDICINA, FARMACIA, VETERINARIA  
Y CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY  
130 St. George Street, 4th Floor  
Toronto, Ontario M5S 1A5  
Canada

FJM- Mon 5-Tor

FRANCISCO TORRENT GUASP

Profesor Asociado del Departamento de Fisiología  
Universidad Autónoma de Barcelona

# EL MUSCULO CARDIACO



PUBLICACIONES DE LA  
FUNDACION JUAN MARCH  
GUADARRAMA

*Trabajo patrocinado por la  
Fundación Juan March.  
Informó para su aprobación  
el Secretario del Departamento de  
Medicina, Farmacia y Veterinaria:  
José Laporte Salas*

\* \* \*

*Trescientos ejemplares de esta obra han sido donados por la Fundación  
Juan March a centros culturales y docentes.*

© Copyright by

FUNDACION JUAN MARCH

Depósito legal: M. 32.080 - 1972

*Printed in Spain by*

TORDESILLAS, ORGANIZACIÓN GRÁFICA - Sierra de Monchique, 25 - MADRID



**A DONALD ROSS**

1972

El autor de este trabajo ha sido objeto de una Ayuda Especial de la Fundación Juan March durante el año 1972.

El presente trabajo ha sido realizado con la ayuda de la Fundación Juan March. Una ayuda material y moral. La primera me ha permitido llevar a cabo esos hechos rutinarios, desgraciadamente ineludibles, que siempre suelen estar presentes en toda actividad humana. La segunda, más trascendente, ha infundido en mí el vigor y la agresividad que el abordaje de cualquier problema requiere. He podido salvar así el peor obstáculo que, a lo largo de muchos años de trabajo, siempre se ha interpuesto entre mí y mis objetivos. La soledad.

Quiero, pues, manifestar gratitud a la Fundación Juan March y a todos aquellos que me han permitido su compañía.

EL AUTOR

Denia, abril 1972



## PROLOGO

Conocí al doctor Francisco Torrent Guasp en el Instituto de Cardiología de Londres en 1970, donde Donald Ross le había invitado a dar una conferencia.

«¿Conoces al doctor Guasp?», me preguntó Donald Ross. «Es un médico español, de Denia. Ha hecho unos trabajos sobre la anatomía del corazón, que yo no entiendo, pero parecen muy interesantes, y le he traído al Instituto para que le oigan los patólogos.» Me quedé lleno de curiosidad con un grupo de españoles, porque, precisamente, yo veraneaba en Denia desde hacía cinco años y no había conocido al doctor Torrent Guasp.

Y Torrent Guasp subió al estrado con una naturalidad y gracejo típicamente latinos, nos tomó en sus manos desde el primer instante con su teoría de los músculos papilares y ya no nos dejó durante una larga hora. Fue una conferencia magistral, llena de teorías y de hechos y de sugerencias; memorable, dirían los ingleses. Y salimos todos con esa emoción indefinible de los instantes supremos. Por primera vez entendíamos la anatomía del corazón, que una y otra vez había escapado a nuestra comprensión. Jane Somerville me contaba poco después, llena de entusiasmo, que Torrent decía unas cosas tan originales y dibujaba tan magistralmente, que parecía Leonardo Da Vinci.

Naturalmente, desde entonces soy muy amigo de Francisco Torrent, pero reconozco que en nuestra amistad no tengo ningún mérito. Como diría Laín, «mis amigos son los mejores porque los mejores son mis amigos». Y Torrent era un compatriota adornado de todos los carismas: procedente de un pueblecito de la costa mediterránea, trabajando en un laboratorio de un Instituto no inaugurado de Enseñanza Media, con el utillaje simple de unas pinzas de disección, corazones de animales adquiridos en los mataderos de la localidad y muchas ideas, y escuchado con asombro en el Instituto de Cardiología de Londres. Naturalmente, yo no podía permanecer indiferente a esta situación.

Y desde entonces mi Departamento se honra periódicamente

con las visitas del doctor Torrent, que nos muestra las primicias de sus preparaciones bellísimas y nos cuenta los hallazgos nuevos que hace cada día. Este es el motivo que le ha impulsado —creo yo— a pedirme una introducción a su monografía *El músculo cardíaco*, cuya publicación patrocina la Fundación Juan March. Y esta presentación al público de lengua castellana la hago con inmensa satisfacción, no exenta de orgullo.

En las ciencias biológicas hay teorías y hechos. *El músculo cardíaco* es una exposición de *hechos*, los hechos más importantes encontrados por Torrent en casi veinte años de investigación. Hay, naturalmente, una teoría que hilvana los hechos como las cuentas de un collar, pero lo primordial son los hechos. Como dice Warwick, profesor de Anatomía del Guy's Hospital, en una carta al propio Torrent, sus trabajos «son la única investigación extensa que sobre la musculatura cardíaca se ha hecho durante el siglo xx». Y creo que todos estaremos de acuerdo con Warwick. Basta ojear este trabajo para ver cómo se desvelan los misterios incomprensibles de los haces bulboespirales superficiales y profundos, las fibras constrictorias medias, etc., y emerge una imagen tridimensional de un músculo único orientado y trenzado espacialmente. Los médicos estamos en deuda con Torrent por habernos hecho asequible la anatomía aparentemente ininteligible de este trozo de músculo del tamaño de un puño, con un peso inferior a 300 gramos, que es el corazón. Su ingeniosa teoría del 8 y de la cuerda trenzada, da cuenta satisfactoriamente de los hallazgos anatómicos de sus preparaciones hechas con un esmero y finura admirables.

En la historia de la ciencia ocurren coincidencias aparentemente casuales, pero que, sin duda, obedecen a raíces más profundas que el azar. Cuando se alcanza un cierto nivel cultural, de lugares remotos surgen concepciones científicas —o artísticas— paralelas, tendentes a un objetivo común. No debe ser casual que la aportación de Torrent sobre la anatomía de la musculatura cardíaca coincida en el tiempo con el nuevo enfoque de la Fisiología cardíaca, considerando el corazón como músculo en lugar de como bomba. El colosal trabajo de Braunwald y Sonneblick y su escuela en la década pasada para trasladar los conceptos hemodinámicos clásicos en términos simples de fisiología muscular, coincide con los no menos importantes de Torrent clarificándonos la estructura macroscópica del miocardio. La tecnología fisiológica más desarrollada del mundo al lado de unas simples pinzas de disección, pero ambas con un objetivo común: el

músculo cardíaco. Paralelamente, y con perfecta independencia, se está desarrollando prodigiosamente en el campo clínico un capítulo casi desconocido en las décadas previas, las miocardiopatías. De modo que hay un amplio frente de avance con un objetivo común: la anatomía, la fisiología y la patología del músculo cardíaco, considerado como tal músculo. Y las piezas van encajando, completando un complicado rompecabezas.

En este punto me gustaría llamar la atención a los médicos, y sobre todo a los fisiólogos, sobre un aspecto concreto de la fisiología que la anatomía de Torrent puede iluminar en un futuro próximo. Me refiero a la geometría de la contracción cardíaca. Empezamos a visualizar que la contracción cardíaca tiene un elemento de rotación —o expresión— cuya base anatómica está sentada en esta publicación. Es muy plausible que los conceptos anatómicos vertidos aquí tengan una traducción fisiológica en los mecanismos de expresión sistólica y succión diastólica.

Estoy seguro que los futuros lectores de esta monografía van a estar entusiasmados de esta versión de la anatomía cardíaca, llena de respuestas a muchos problemas y de sugerencias para otros muchos.

PEDRO ZARCO

Denia, Día del Trabajo, 1 de mayo de 1972

[Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page]



## LA HIPOTESIS DE PARTIDA

En el año 1953, siendo estudiante de Medicina en la Universidad de Salamanca, tuve ocasión de observar la cavidad ventricular izquierda de un corazón humano. La apreciación del conjunto anatómico constituido por la pared ventricular, músculos papilares y estructuras valvulares, fue motivo de una serie de reflexiones sobre la función de aquellas morfologías en vida. Comencé con ello una investigación que todavía no he terminado, ni espero terminar.

Gracias al temerario estado de ánimo que confiere la siempre peligrosa combinación del entusiasmo y la inexperiencia, tuve el atrevimiento de hacer públicas en una pequeña monografía (22) mis dudas y, lo que es peor, mis conclusiones. Algunas de ellas todavía permanecen en pie hoy en día. Otras, faltas de base, hace tiempo fueron descartadas.

Fundamentalmente, en mis razonamientos partía de las siguientes bases:

1) La masa muscular que suponen los músculos papilares, viene a representar de un 5 a un 10 por 100 de la totalidad del miocardio ventricular.

2) Los músculos papilares están unidos a las valvas de la válvula mitral, mediante las cuerdas tendinosas.

3) Al principio de la sístole, la presión intraventricular es mínima.

4) Al principio de la sístole, el diámetro del orificio aurículo-ventricular es máximo.

5) Al principio de la sístole, tiene lugar la contracción de los músculos papilares.

6) Al principio de la sístole, tiene lugar el cierre de la válvula mitral.

En principio, resultaba ya desconcertante pensar que, siendo la pared ventricular y los músculos papilares estructuras antagónicas —aquella, mediante el aumento de presión intraventricular, tiende a elevar las valvas de la mitral hacia la cavidad auricular;

éstos, mediante su acortamiento y subsiguiente tracción, a descentrarlas—, desarrollaran su actividad simultáneamente durante la sístole. Pero si a ello es añadido la gran desproporción existente entre el potencial mecánico de la pared ventricular y músculos papilares, puede fácilmente ser colegido que la acción de éstos será siempre ampliamente superada por la presión intraventricular, en cualquier momento del paroxismo sistólico.

No terminaron aquí mis dudas. Al hilvanar las otras cinco premisas referidas, resultaba la siguiente secuencia funcional: al principio de la sístole, siendo mínima la presión intraventricular y presentando el orificio aurículo-ventricular su máximo diámetro, tiene lugar la contracción de los músculos papilares. En otras palabras: antes de que las valvas hayan sido elevadas a la posición de cierre por el aumento de presión intraventricular y hallándose todavía distanciadas una de otra por encontrarse dilatado el ventrículo, sobreviene su brusco descenso y separación por la puesta en tensión de las cuerdas tendinosas. En consecuencia, tiene lugar el cierre de la válvula mitral.

Es evidente que tal concatenación de hechos es completamente inadmisibles. Dado que no existe duda alguna respecto al cierre de la válvula mitral al principio de la sístole, los músculos papilares necesariamente deben estar relajados en tales momentos de la revolución cardíaca. El afirmar lo contrario suponía —y sigue suponiendo— una incorrecta forma de razonar.

Verosímilmente, podíase entonces aventurar la suposición de que la actividad contráctil de los músculos papilares tendría más bien lugar al final de la sístole, originando el descenso de las valvas y consiguiente apertura de la válvula mitral. Era, a fin de cuentas, lo que pensaría un profano que por primera vez contemplara una cavidad ventricular abierta.

Recientemente Armour y Randall (1), en un trabajo experimental sobre la actividad eléctrica y mecánica de los músculos papilares, afirman que «... debemos aceptar la evidencia de que, aunque los músculos papilares son excitados antes que las superficies epicárdicas, la contracción mecánica tiene primero lugar en el epicardio». Expresan, además: «... la secuencia de la contracción mecánica, expuesta en esta comunicación, era completamente inesperada.»

Mucho antes, Smith, Essex y Baldes (19) expresaban también su asombro en los siguientes términos: «Durante años, ha sido creído que el aumento de presión en las aurículas es un importante factor, si no la única causa, de la apertura de las válvulas

aurículo-ventriculares. Nos ha interesado y sorprendido observar que la apertura de las válvulas aurículo-ventriculares tiene lugar vigorosamente en corazones perfundidos, siendo la presión de las aurículas igual a la atmosférica y no superior a la de los ventrículos.»

En 1959, durante mi estancia en el Departamento de Fisiología y Farmacología del Eugene Talmadge Hospital de Augusta, Georgia, determiné experimentalmente que la contracción de los músculos papilares era la causa del instantáneo descenso de presión en la aorta, habitualmente conocido con el nombre de incisura aórtica (24).

Con los razonamientos referidos al principio, llegué a la convicción de que la significación funcional de los músculos papilares era diastólica —apertura de las válvulas aurículo-ventriculares— y no sistólica, como todavía viénesse afirmando en la actualidad. Con ello, empezaron los problemas. El antagonismo y la independencia funcional existente entre la pared ventricular y músculos papilares exigían una expresión morfológica.

El estudio anatómico mediante disección de los músculos papilares (23) demostraba que sus fibras constitutivas no eran más que una prolongación de algunos de los haces que discurrían por la mitad interna de la pared ventricular. No era posible, al menos anatómicamente, precisar estructura alguna que independizara a aquélla de éstos. Formulé entonces la aventurada hipótesis de que la mitad subendocárdica de la pared ventricular, de la cual formaban parte integrante los músculos papilares, poseyera también una significación funcional diastólica. Su misión bien podría ser la de dilatar los ventrículos activamente para, creando una presión negativa, succionar la sangre de las aurículas.

Repasé entonces en los textos de Fisiología los factores determinantes del retorno venoso. Pronto llegué a la convicción de que, aun actuando todos ellos al unísono, no podían justificar el decreciente gradiente tensional que, desde la periferia al corazón, presenta el árbol venoso.

Era, pues, probable que la actividad contráctil de la mitad interna de la pared ventricular fuera la responsable de aquel gradiente.

Brecher (2), a pesar de que, tal como me manifestaba en sus cartas, creía improbable la hipótesis, ante mi reiterada insistencia, realizó un trabajo de experimentación al que dio el

título de *Evidencia experimental de la succión ventricular diastólica*.

El establecimiento experimental del hecho supuso el planteamiento de un nuevo problema: precisar alguna estructura, hecho o circunstancia morfológica que permitiera individualizar anatómicamente ambos estratos de la pared ventricular, el externo o subepicárdico y el interno o subendocárdico.

Y ello es el motivo del presente trabajo.

## MATERIAL Y METODO

Han sido utilizados en la realización del presente trabajo corazones humanos, de bóvidos, oveja, perro, cerdo, gato y gallina.

Principalmente, se ha recurrido a utilizar el material que menos dificultades ofrece para su obtención, como es el corazón de vaca, cerdo y carnero. En el humano, perro y gato ha sido comprobado lo precisado en el estudio de aquéllos. Pero el hecho no supone unilateralidad alguna porque como, un tanto reticentemente —explicable dada la ideología de su época—, afirma Pettigrew (15), al hablar de la estructura miocárdica, «es la misma en todos los mamíferos, *hombre* incluido».

La preparación representada en el grabado inferior de la figura 1 corresponde a un corazón humano; las de las figuras 28, 53, 63 —grabado de la izquierda— y 64, a corazón de cerdo; las de las figuras 7 —grabado de la derecha—, 18, 29 —grabado inferior—, 43, 55 —las dos preparaciones inferiores— y 85, a corazón de oveja; el resto, a corazón de vaca.

Algunos de los corazones utilizados eran embrionarios. No pudo ser precisado con exactitud el estadio embriológico a que pertenecían. Puede ser afirmado que oscilaba entre los tres y seis meses de gestación.

Desconozco la cantidad de corazones estudiados, pero teniendo en cuenta el ritmo de trabajo llevado a cabo a lo largo de diecinueve años de labor, su número posiblemente sea cercano a mil.

Para su estudio, los corazones han sido siempre preparados con el mismo método: ebullición en agua, a la que previamente se le ha añadido ácido acético glacial en la cantidad aproximada de 10 c. c. por litro. El tiempo de ebullición depende de las dimensiones de la pieza. Oscila entre dos horas —corazón de buey adulto— y cinco minutos o menos —corazones embrionarios muy iniciales.

Tras la ebullición, son resecaos los restos de ambas aurícu-

las, aorta y arteria pulmonar. Se procede entonces a separar la grasa del surco aurículo-ventricular y a eliminar todos los vasos coronarios superficiales. Los ventrículos quedan entonces listos para su estudio.

Es recomendable utilizar corazones de animales jóvenes.

El instrumental requerido se reduce a pinzas —sin dientes—, bisturí y tijeras. Se recomienda, sin embargo, recurrir en lo posible a la disección manual, roma.

## EL MIOCARDIO

En el transcurso de los cuatro últimos siglos, diversos autores han demostrado su empeño en aclarar la compleja estructuración de la musculatura cardíaca, aportando, con la sucesiva aparición de sus trabajos, diversas y dispares concepciones sobre la ordenación macroscópica del miocardio. Al repasar tales trabajos, llama la atención observar que, en efecto, si bien algunas de aquellas concepciones coinciden sobre unos determinados hechos, las tesis sustentadas difieren substancialmente.

Con un exigente criterio de selección y siguiendo un orden cronológico, destaca, en primer lugar, la aportación de Lower (10), quien en 1669 precisó el hecho de que, en el ventrículo izquierdo, las fibras más superficiales, subepicárdicas, sufriendo en el ápex una torsión característica, pasan a ser subendocárdicas.

En 1749, Senac (18) afirma que las fibras de las superficies externa e interna de la pared ventricular adoptan una disposición cercana a la vertical, en contrapartida a la que presentan las fibras más centrales, con tendencia a la horizontal.

En 1863, Pettigrew (15) describe la opuesta disposición en el espacio de las fibras miocárdicas constitutivas de la mitad externa e interna de la pared ventricular.

Mall (11), en 1911, distingue tres tipos de fibras en forma de V, cuyo ángulo varía progresivamente desde las más superficiales a las más profundas.

Las conclusiones alcanzadas por estos cuatro autores, aunque no son más que diferentes y parciales interpretaciones de un mismo hecho morfológico, suponen un indudable avance en el estudio de la estructuración miocárdica.

Llegamos, de tal forma, a la actualidad, en que puede resultar sorprendente que un problema anatómico de orden macroscópico permanezca todavía sin una solución satisfactoria. Tal como afirma Tandler (21), «al estudiar la historia de los trabajos hechos por los anatómicos con objeto de ordenar la

complicada textura de la musculatura del corazón, se comprueba, además de la realidad de aquellos esfuerzos, las repetidas veces en que los productos resultantes de una preparación artificial han sido tomados por formaciones naturales, describiéndose como elementos morfológicos lo que en realidad no eran más que productos artificiosos».

¿A qué causa deben ser atribuidos tan desalentadores resultados? Indudablemente, el carácter negativo de los mismos está demostrando, no sin cierta ironía, que la solución del problema es completamente ajena a los avances tecnológicos del instrumental de investigación. El estudio macroscópico del miocardio, cuanto más, tan sólo sigue requiriendo unas simples pinzas de disección. Hay, por tanto, que tratar de solventar la situación en un enfrentamiento directo con el músculo órgano central del aparato circulatorio.

La dificultad fundamental que reiteradamente se ha interpuesto a los anatomistas en el estudio de la musculatura cardíaca estriba, exclusivamente, en el hecho de que, al menos a nivel macroscópico, el concepto de fibra muscular no puede ser aplicado al miocardio. La supuesta fibra miocárdica es un producto artificial que puede adoptar infinitas formas y dimensiones, de acuerdo con la intención del que lleva a cabo la disección. Morfológica y macroscópicamente, en un concepto genérico, no puede, por tanto, ser definida la fibra miocárdica. El tejido conectivo que tabica el músculo cardíaco no llega a individualizar entidades musculares independientes en su totalidad de las estructuras homólogas vecinas. Fácil sería seguir una fibra que en toda su longitud se hallara embutida en una recia vaina conjuntiva. En tal caso, hace tiempo que el problema de la ordenación del miocardio hubiera sido solventado.

Pero aunque el tejido muscular y conjuntivo del miocardio no se halla organizado de acuerdo con el referido concepto de fibra, tiene, sin embargo, una característica cuyo estudio sistemático permite precisar el plan general de organización de la musculatura cardíaca.

Los tejidos conjuntivo y muscular del miocardio se hallan dispuestos, respectivamente, en forma de tubos y cuerpos, de sección transversa más o menos poligonal o cilíndrica, que por todos lados y constantemente ceden y reciben ramas laterales que, incidiendo oblicuamente, los unifican. La existencia de tales ramas, sin embargo, no es obstáculo para que se halle siempre claramente definido un eje central de dirección, que predomina



sobre los demás. Al efectuar un pinzamiento y tracción sobre una determinada masa muscular, su desprendimiento y separación del resto del miocardio constantemente se efectúa en una dirección preestablecida, que no depende del sentido dado a la tracción. Cualquier intento de soslayar aquella dirección origina la ruptura del tracto muscular individualizado.

Los referidos ejes de dirección predominante sí son independientes de la intención del que lleva a cabo la disección. El intentar soslayarlos conduce, indefectiblemente, al artificio.

Según el pinzamiento y subsiguiente tracción, sean efectuados aisladamente sobre un punto o simultáneamente sobre varios de ellos situados en una misma línea, es obtenido un resultado diferente. En el primer caso, es evidenciado un trayecto lineal; en el segundo, un plano de *cleavage*, una superficie de deslizamiento. Tales conceptos, trayecto y superficie de deslizamiento, son usualmente confundidos con los de fibra y banda muscular —o capa—, respectivamente.

Es infinito el número de haces y bandas musculares que puede ser descrito en el miocardio ventricular, las características de cada uno de ellos dependiendo siempre de las dimensiones de la masa muscular aprehendida en el pinzamiento. Sin embargo, por el contrario, la trayectoria y dirección acorde con las cuales los tejidos muscular y conjuntivo están longitudinalmente dispuestos son invariables y constantes a cualquier nivel de un área determinada de la pared ventricular. En tal hecho debe ser basado el estudio de la estructuración muscular del corazón. En el miocardio existen ejes predominantes de dirección a los que la «fibra» miocárdica debe su personalidad, una personalidad funcional, no morfológica, que depende exclusivamente de la disposición en el espacio adoptada por aquellos ejes.

Concluyendo, en el miocardio ventricular no puede hablarse con propiedad de fibras y capas musculares. Más bien deberíamos referirnos a trayectos y planos de deslizamiento, respectivamente. No obstante, el uso ha consagrado los vocablos de fibra y banda muscular. Seguirán siendo utilizados en esta descripción, en aras de un mejor entendimiento, por ser más aprehensible la realidad conceptual de fibra que la virtualidad conceptual de trayecto.

## LA ORDENACION DE LA MUSCULATURA CARDIACA

En primer lugar, serán descritos por separado una serie de hechos anatómicos, nueve en total, cuyas respectivas características, de fácil objetivación mediante disección, definiendo sendas circunstancias morfológicas de un todo al que pertenecen como partes integrantes, ofrecen un complejo e inconexo mosaico al modo de un rompecabezas de, aparentemente, difícil y complicada solución. Posteriormente, será descrita la secuencia morfológica que, dentro de un plan armónico y unitario, enlaza sucesiva y ordenadamente aquel abigarrado conjunto de hechos anatómicos.

### PRIMER HECHO ANATOMICO

Cuando en la superficie epicárdica de la mitad apexiana de la pared ventricular es efectuada una tracción sobre un determinado grupo de fibras, es puesto en evidencia un plano de *cleavage* que, profundizando progresivamente en el espesor de la pared ventricular (23), describe una trayectoria helicoidal de epicardio a endocardio (fig. 1). Dependiendo de la habilidad del que lleva a cabo la disección, pueden ser evidenciados simultáneamente (fig. 2) diversos planos como el referido.

La mitad apexiana del ventrículo izquierdo puede, por tanto, ser considerada (fig. 3) como constituida por una serie de capas miocárdicas circularmente imbricadas, que, siguiendo una trayectoria helicoidal, discurren de epicardio a endocardio (23).

Extendida en un plano, la capa muscular adopta la forma de una semiluna (fig. 4 a). Arrollando sucesivamente sus dos extremos (fig. 4 b y c), es reproducida la disposición en el espacio con que la encontramos en la pared ventricular.

El esquema de la figura 4 c explica la típica torsión que, tal como es conocido de antiguo, sufren en el ápex las fibras más superficiales epicárdico-endocárdicas.

Cuando las referidas fibras efectúan su reflexión para pasar de la superficie externa a la interna de la pared ventricular, queda definido en el centro del vórtex apexiano un orificio virtual (fig. 5), que constituye el único punto de la masa ventricular, donde epicardio y endocardio contactan directamente.

Mediante la sucesiva eliminación de fibras, el orificio apexiano, además de transformarse de virtual en real (fig. 6), va aumentando progresivamente su diámetro (fig. 7), lo que implica una correspondiente disminución del tamaño de las capas musculares. En la figura 8, la capa muscular señalada con *a* corresponde a un corazón intacto; la *b*, a la preparación de la figura 6; la *c*, a las preparaciones de la figura 7.

El esquema superior de la figura 9 reproduce un ápex con seis capas musculares, representadas en blanco y negro, alternativamente. En el esquema inferior de la misma figura han sido eliminadas las capas en blanco; constituye la expresión esquemática de la preparación anatómica reproducida en la figura 10.

La disección llevada a cabo en las preparaciones anatómicas representadas en las figuras 6, 7 y 10 puede, naturalmente, ser realizada a la inversa. Si, en vez de eliminar sucesivamente las fibras superficiales son ordenadamente eliminadas las profundas (fig. 11), no se obtendrá una capa muscular, sino un canal circular (23), en pleno espesor de la pared ventricular. Surge así el concepto de doble cono (6, 7 y 8), que puede también servir para conceptuar la pared ventricular (fig. 12).

Pero tanto la capa muscular como el doble cono, como entidades anatómicas, carecen, sin embargo, de realidad, ya que sólo aparecen definidas cuando, mediante un corte transversal, son divididos los ventrículos. No obstante, tales conceptos son útiles con fines didácticos o de exposición, al menos hasta que es conocido el plan general de organización del miocardio ventricular. La irrealidad conceptual de capa muscular y doble cono es entonces patente.

La configuración circular de la pared ventricular define dos superficies concéntricas, la epicárdica y la endocárdica. Tal hecho, unido a sus características estructurales —expresadas por la ordenación en capas musculares de las fibras miocárdicas, que, arrolladas en espiral (fig. 3), discurren de epicardio a endocardio—, origina la aparición de una entidad anatómica que ha sido denominada, un tanto arbitrariamente, músculo papilar (23). En efecto, la convergencia de todas las capas musculares en la superficie endocárdica (fig. 13 a) crea un problema de espacio

resuelto mediante la separación de algunas fibras —en su trayecto paraendocárdico— del resto de la capa. Tales fibras aparecen después en plena cavidad ventricular, constituyendo la agrupación ordenada de algunas de ellas los músculos papilares (fig. 13 b, c y d). Otras, que no aciertan en su conjunción, caen anárquicamente al interior de la cavidad ventricular, confirmando a la superficie endocárdica su irregular aspecto.

#### SEGUNDO HECHO ANATOMICO

Al iniciar el estudio anatómico de la mitad basal del ventrículo izquierdo, resultó un hecho sorprendente comprobar que, a excepción de un pequeño contingente de fibras, las más superficiales, el resto de los haces miocárdicos pasan de la superficie externa a la interna de la pared ventricular (32 y 33), sin efectuar inserción alguna en el anillo fibroso mitral (fig. 14).

Tal como ocurría en la mitad apexiana (fig. 2), en la mitad basal del ventrículo izquierdo es evidenciable también la existencia de unos planos de *cleavage* (fig. 15) que, iniciados en el epicardio, siguiendo una trayectoria helicoidal (fig. 16, preparación superior), alcanzan el endocardio (32 y 33).

Realizando una disección como la practicada en la figura 6, son igualmente puestas en evidencia una serie de capas musculares como las individualizadas en las figuras 17 y 18. Extendidas en un plano, tales capas adoptan, tal como ocurría en la mitad apexiana, una forma de semiluna (fig. 19). Arrollando sucesivamente sus dos extremos, es reproducida su disposición en la pared ventricular.

La mitad basal del ventrículo izquierdo (32 y 33) puede también ser considerada, a la luz de aquellos hechos, como constituida por una serie de capas circularmente imbricadas (fig. 20), que siguiendo una trayectoria helicoidal discurren de epicardio a endocardio.

Tal como ha sido referido al estudiar la mitad apexiana (figuras 11 y 12), en la mitad basal es posible realizar, del mismo modo, una disección a la inversa, eliminando las fibras profundas en vez de las superficiales. Surge igualmente un canal (fig. 21) en pleno espesor de la pared ventricular (32 y 33). Por similares razones a las alegadas en la mitad apexiana, la mitad basal puede

ser considerada como constituida por una serie de dobles conos (fig. 22) de dimensiones progresivamente variables, ordenadamente encajados.

Una fundamental característica, sin embargo, diferencia netamente la estructuración de la mitad basal y apexiana: la opuesta disposición en el espacio de las capas miocárdicas que las constituyen.

La figura 23 reproduce una base —preparación superior— y un ápex —preparación inferior— en posición anatómica, vistos lateralmente por el borde izquierdo. En la base, las capas musculares pasan de ser subepicárdicas a subendocárdicas, en el sentido derecha-izquierda. Por el contrario en el ápex, en el sentido izquierda-derecha (32 y 33).

La opuesta disposición en el espacio de las capas miocárdicas basales y apexianas exige, para su armónica conjunción en la pared ventricular, que ambas formen sendas partes integrantes de una entidad anatómica con una configuración geométrica semejante a un 8 (fig. 24; compárese con la fig. 23).

La figura 25 explica esquemáticamente el «montaje» de un 8 y el motivo por el cual, mediante un corte transversal del mismo, las dos capas resultantes adoptan una forma de semiluna y una disposición opuesta en el espacio.

En la figura 26 aparecen representadas diversas reproducciones en cartulina del referido 8. En la figura 27, una preparación anatómica con el mismo significado. En ella puede apreciarse, plenamente precisada, la lazada apexiana del 8, pero no la basal, que aparece mal definida a partir del momento en que alcanza el ventrículo derecho. Tal como puede ser observado en las figuras 2 —preparación superior—, 7 y 15, en el área correspondiente al tabique interventricular parece interrumpirse la regularidad de la estructuración miocárdica. Tras el estudio del ventrículo derecho, esta circunstancia quedará aclarada.

Tal como puede ser apreciado en las preparaciones de las figuras 17 y 18, el contorno de la pared libre del ventrículo izquierdo y el tabique interventricular definen un único y gran orificio basal, donde van a ubicarse las estructuras valvulares mitral y aórtica. Debido a tal hecho morfológico, la dinámica de ambas válvulas va a estar fundamentalmente caracterizada por una insoslayable interdependencia funcional entre las mismas. El aumento del diámetro del orificio mitral en diástole implica una correspondiente disminución del diámetro del orificio aórtico, y viceversa, durante la sístole (24, 30, 32 y 33). Tales hechos han

supuesto una orientación sustancialmente distinta a la actual, en el diseño y empleo quirúrgico de prótesis valvulares (14 y 17). Me referiré a todo ello más adelante, en las páginas finales.

#### TERCER HECHO ANATOMICO

La disección del borde superior de la pared libre del ventrículo derecho evidencia que la mayor parte de las fibras miocárdicas (fig. 28), de subepicárdicas pasan a ser subendocárdicas, sin efectuar inserción alguna en el anillo fibroso tricúspide, tal como ocurre en el ventrículo izquierdo con el anillo mitral (fig. 17). Además, tales fibras, igualmente agrupadas en capas (fig. 29), aparecen también imbricadas, a excepción de la zona correspondiente al tabique interventricular. Existe, a todos estos respectos, un indudable paralelismo entre ambos ventrículos. En efecto, al igual que en el izquierdo, mitad basal (fig. 14), las capas pasan de ser subepicárdicas a subendocárdicas, en el sentido derecha-izquierda.

La circunstancia de que —a excepción de un pequeño contingente de fibras, las más superficiales— los haces miocárdicos pasen de ser paraepicárdicos a paraendocárdicos, sin efectuar inserción alguna en los anillos fibrosos, pone en evidencia lo equívoco del clásico concepto mecánico según el cual el esqueleto fibroso del corazón constituye el punto de apoyo de las fibras miocárdicas durante el desarrollo de su actividad. La substancial morfología circular —expresada por las dos lazadas del 8— de la disposición adoptada por las fibras sugiere —al igual que ocurre con cualquier fibra esfinteriana o las circulares del tubo digestivo o vasos sanguíneos— que el punto de apoyo de los haces miocárdicos se halla constituido por el contenido —en este caso sangre— de la cavidad que definen. Hay que hablar por tanto en términos de un hemoesqueleto del corazón y no de esqueleto fibroso.

#### CUARTO HECHO ANATOMICO

El límite inferior de la cavidad del ventrículo derecho viene definido por la unión de la pared libre al tabique interventricular.

Mediante disección son evidenciables las características estructurales que tipifican el borde inferior de la referida pared (figs. 30 y 31).

Las fibras miocárdicas, igualmente agrupadas en capas imbricadas, de subepicárdicas, pasan a ser subendocárdicas, al igual que ocurría en el borde superior.

Existe, sin embargo, una diferencia fundamental entre ambos bordes, basal y apexiano, de la pared libre del ventrículo derecho: en aquél, las capas miocárdicas profundizan en el sentido derecha-izquierda (figs. 28, 29 y 32 —preparación superior—); en ésta, en el sentido izquierda-derecha (figs. 30, 31 y 32 —preparación inferior—). Al establecer una comparación entre las preparaciones de la figura 32 y las de la figura 23, resalta nuevamente el estrecho paralelismo estructural entre ambos ventrículos.

La pared libre del ventrículo derecho se halla constituida, al igual que la del izquierdo, por una serie de capas imbricadas. Puede ser apreciado en la preparación anatómica de la figura 33. Desde la más superficial a la más profunda, las fibras constitutivas de las sucesivas capas van cambiando paulatinamente de dirección, dando lugar a que las más extremas, las subepicárdicas y las subendocárdicas, aparezcan cruzadas en X (fig. 34). Nuevamente se insinúa la imagen del 8. En la figura 35 puede igualmente ser apreciado el cruzamiento de las fibras superficiales y profundas.

#### QUINTO HECHO ANATOMICO

Dos grandes contingentes de fibras caben ser individualizados en las estructuras miocárdicas que limitan por delante la cavidad del ventrículo derecho.

El primero de ellos está compuesto por una serie de fibras subepicárdicas, que desde la pared libre del referido ventrículo pasan a la cara anterior del izquierdo, adaptándose a la depresión que define al surco interventricular anterior (fig. 36).

El segundo contingente de fibras viene representado por una serie de haces musculares subendocárdicos, que desde la pared libre, tras reflejarse, pasan al tabique interventricular (figs. 36 —preparación de la derecha—, 37 y 38).

En la figura 39 han sido evidenciados conjuntamente ambos grupos de fibras.

#### SEXTO HECHO ANATOMICO

Dos grandes contingentes de fibras pueden igualmente ser individualizados en las estructuras miocárdicas que limitan por detrás la cavidad del ventrículo derecho.

El primero de ellos está compuesto por una serie de fibras subepicárdicas que, desde la pared libre del referido ventrículo, pasan a la cara posterior del izquierdo, adaptándose a la depresión que define al surco interventricular posterior (figs. 40, 41 y 42).

El segundo contingente de fibras (véanse también las figs. 40, 42 y 43) viene representado por una serie de haces que desde la pared libre, tras reflejarse, pasan al tabique interventricular.

En la figura 44 —así como en la 40 y en la 42— han sido evidenciados conjuntamente ambos grupos de fibras.

#### SEPTIMO HECHO ANATOMICO

Del contorno basal de la pared libre del ventrículo derecho surge una serie de fibras subendocárdicas, algunas de las cuales, describiendo un arco a modo de puente —cresta supraventricular—, alcanzan el tabique; otras, siguiendo un curso ascendente —cono—, finalizan en el anillo de la pulmonar, donde se interrumpen e insertan (fig. 45).

En las figuras 46, 47 y 48 puede ser observada la cresta supraventricular, con el paso de sus fibras constitutivas desde la pared libre del ventrículo derecho al tabique interventricular.

#### OCTAVO HECHO ANATOMICO

Tras su reflexión, las fibras que constituyen el contorno anterior —cresta supraventricular— y posterior del orificio tricúspide pasan a tapizar el área del ventrículo izquierdo correspondiente al tabique, descendiendo perpendicularmente hacia el ápex (fig. 49). Es éste el único lugar de la masa miocárdica ventricular



donde, sin transición alguna, dos grupos de fibras contiguos adoptan una disposición opuesta en el espacio, cruzándose en ángulo recto (fig. 50).

En las figuras 51 y 52 pueden observarse diversas preparaciones en las que han sido evidenciadas ya, en su situación septal, los haces miocárdicos procedentes de la cresta supraventricular y del contorno posterior del orificio tricúspide, cayendo verticalmente hacia el ápex a la forma de una cascada.

#### NOVENO HECHO ANATOMICO

Los ocho hechos anatómicos, anteriormente referidos como circunstancias morfológicas aisladas, fueron precisados sin orden alguno, una y otra vez, a lo largo del desarrollo de estos estudios anatómicos sobre la textura miocárdica ventricular. Durante muchos años, sin embargo, poco o nada significaron para mí la mayor parte de ellos. No me era posible encontrar plan general alguno que los enlazara coherentemente.

Tras diversos intentos, todos ellos infructuosos, encaminados a revelar cuál era aquel plan general de organización en el que tales hechos anatómicos se hallaban encajados, decidí investigar el problema en corazones embrionarios, con la intención y esperanza de que en las fases más tempranas del desarrollo cardíaco fuera más factible precisar algún dato o pista que permitiera solventar el problema.

En un corazón embrionario, incidiendo a lo largo del surco interventricular anterior, lo que supone la rotura o corte de aquel contingente de fibras (fig. 36, a) que de la pared libre del ventrículo derecho pasa a la cara anterior del izquierdo, es puesto de manifiesto un plano de *cleavage* que, discurriendo primero a lo largo y ancho del tabique interventricular (fig. 53, 1), es evidenciable después en pleno espesor de la pared ventricular izquierda (fig. 53, 2).

Desenvolviendo la preparación en cuestión (fig. 53, 3), merced al camino señalado por aquel plano de *cleavage*, son independizados ambos ventrículos. Puede entonces ser apreciado que el izquierdo se halla constituido por una banda muscular (fig. 53, 4 y 5) que, en condiciones normales, describe una espiral. Las sucesivas fases han sido esquemáticamente reproducidas (fig. 54). La figura 55 presenta cuatro preparaciones en sucesivas etapas de

disección. De arriba a abajo, en la primera de ellas es evidenciado el plano del *cleavage* del tabique interventricular; en la segunda son separados ambos ventrículos; en la tercera puede apreciarse todavía la espiral que define al ventrículo izquierdo; en la cuarta, la banda muscular extendida.

Analizando la banda muscular puesta en evidencia de la forma referida, destaca un hecho en su estructuración: las fibras miocárdicas que la constituyen adoptan oblicuamente una disposición opuesta en el espacio, según discurran por la concavidad o la convexidad de la banda. Tal estructuración podría ser comparada a una cinta retorcida o a la forma de una cuerda (fig. 56). Una cuerda lateralmente aplastada.

Conjuntando por separado las dos preparaciones de la figura 23 y las de la 32, ambas señalan su organización «en cuerda».

En las figuras 57, 58 y 59 puede ser observada la banda miocárdica con la opuesta disposición en el espacio de las fibras paraepicárdicas y paraendocárdicas. Ambos tipos de fibras se hallan cruzados en el espacio en forma de X.

Hay que destacar la circunstancia de que las fibras no finalizan o comienzan en el borde superior o inferior de la banda. Sin interrupción alguna, pasan sucesivamente de una a otra cara de la misma en su oblicuo discurrir. Con ello queda aclarado el porqué de cuatro particularidades anatómicas. En el ápex, como es conocido de antiguo (10): el paso directo de las fibras superficiales al interior de la cavidad ventricular, tras su torsión característica. En la base del ventrículo izquierdo (32 y 33), como ha sido referido en páginas anteriores (figs. 14, 17 y 18): el paso directo de las fibras subepicárdicas al interior de la cavidad ventricular, sin efectuar inserción alguna en los anillos fibrosos aurículo-ventriculares, al igual que lo hacen las apexianas. Las otras dos particularidades han sido también referidas en páginas anteriores (figuras 28, 29 y 30, 31). Tal como ocurría en el ventrículo izquierdo, en los contornos basal y apexiano de la pared libre del ventrículo derecho las fibras de subepicárdicas pasan directamente a ser subendocárdicas. La organización «en cuerda» señala que la estructuración del miocardio ventricular define unas cavidades tubulares, no ventriculares, saculares.

El concepto de cuerda sugerido por la banda muscular retorcida y lateralmente aplastada permite, tal como va a ser visto a continuación, precisar un plan estructural en el que tienen justa cabida y coherente enlace todos y cada uno de los hechos anatómicos descritos.

## LA SECUENCIA MORFOLOGICA DE LOS HECHOS ANATOMICOS

En la figura 60 ha sido reproducido un fragmento de cuerda, Tras disponerla en forma de bucle (fig. 61), han sido unidos sus dos extremos (fig. 62). Este esquema, que de tal forma dispuesta ofrece la cuerda, constituye la más clara y a la vez más simple reproducción del plan general de organización del miocardio ventricular. En todo caso, puede ser afirmado al menos que es la única organización cuyas características en cuanto a forma permiten explicar, simultáneamente, las particularidades morfológicas de la estructuración miocárdica ventricular en sus múltiples y variados aspectos.

En la figura 63 pueden compararse las preparaciones de las figuras 17 y 28 con el esquema de la figura 62. El estrecho paralelismo entre la disposición de las fibras miocárdicas en el borde superior de las paredes libres de ambos ventrículos y la que adoptan los tractos que componen la cuerda puede también ser apreciado en la figura 64.

Invirtiendo la cuerda (fig. 65), y comparándola nuevamente con la disposición de las fibras miocárdicas en el ápex y borde inferior de la pared libre del ventrículo derecho, puede también ser observada la similar disposición de sus respectivos componentes.

Continuando la comparación, la figura 66 explica el hecho por el cual en el ventrículo izquierdo, en la mitad basal y apexiana, las capas miocárdicas discurren en sentido opuesto —derecha-izquierda o izquierda-derecha, respectivamente.

El hecho, similar al anterior, según el cual las fibras constitutivas de la mitad basal y de la apexiana de la pared libre del ventrículo derecho pasan de la superficie externa a la interna en sentido opuesto, adquiere también explicación (fig. 67).

Si en vez de oponer los extremos de la cuerda, tal como aparecen en la figura 62, los situamos en la forma que explica la figura 68 y después tal como puede observarse en la figura 69,

obtendremos una más acabada representación esquemática del plan general de organización del miocardio ventricular. Es comparada con una preparación anatómica en las figuras 70, 71, 72, 73, 74 y 75. En las figuras 76 y 77, con diferentes preparaciones anatómicas que han sido ya estudiadas en páginas anteriores.

En el aspecto longitudinal, por su cara anterior, puede apreciarse en la figura 78 una preparación anatómica de ambos ventrículos en la que la gran banda miocárdica aparece extendida de arriba a abajo, en la forma de un muelle. En la figura 79, la misma preparación comparada con la cuerda. Uniendo idealmente sus dos extremos y situando ambas vueltas en un mismo plano, es obtenida la misma imagen de la figura 62.

El quinto hecho anatómico (figs. 37 y 38) no es explicado por el esquema de la figura 69. Si partiendo de la disposición que adopta la cuerda en la figura 68, es sucesivamente dispuesta como aparece representada en la figura 80, todos los hechos anatómicos enumerados, sin excepción, son objetivizados (fig. 81). Lo mismo ocurre con la estructuración que reproduce la figura 82. Véase también la figura 83.

Sea como fuere, algo es común a todas las posibilidades: el plan de ordenación que reproduce la figura 62. Si las circunstancias lo permiten, espero poder llegar a precisar con exactitud cuál de aquellas posibilidades es la correcta.

Un simple corte transversal de ambos ventrículos (fig. 84) insinúa ya el plan general de ordenación del miocardio ventricular, pero con tan sólo unos minutos de disección (fig. 85) puede ser claramente evidenciado.

Resumiendo, el miocardio ventricular se presenta al desarrollarlo, bajo la forma de una única y gran banda muscular que, merced a su especial disposición, define, en el corazón intacto, dos cavidades. No es, por tanto, apropiado hablar de ventrículo derecho e izquierdo, sino de cavidades ventriculares derecha e izquierda. Un solo músculo y dos cavidades. Una sola morfología y dos funciones.

#### EL MANTO VENTRICULAR

La descripción del miocardio ventricular expuesta en las páginas que anteceden quedaría incompleta si no fuera hecha men-

ción de una capa muscular (23) que, desde la cresta supraventricular, se extiende hacia el ápex y cara anterior y posterior del ventrículo izquierdo. Su espesor es máximo a nivel de la cresta supraventricular, disminuyendo progresivamente según va extendiéndose hacia el ápex y ambos lados.

Aún macroscópicamente, sus fibras parecen distintas a las del resto de la masa ventricular. Más endeables y finas, semejan hilos. Tales características y su situación permiten una fácil individualización.

Su significación funcional no creo sea de carácter mecánico. Posiblemente esté relacionada con el sistema de conducción de los impulsos (23).

## LA DINAMICA VALVULAR

Aunque en anteriores publicaciones (24, 30 y 14) ha sido desarrollado más extensamente este tema, voy a exponer a continuación un breve resumen de lo hasta ahora realizado, precisando lo referido en la página 27.

Al efectuar un corte transversal por la base de las aurículas y grandes vasos, a escasa distancia de los anillos fibrosos, son puestos en evidencia cuatro orificios (fig. 86, preparación superior izquierda): mitral, aórtico, pulmonar y tricúspide. Si descendiendo, es efectuado después otro corte transversal en la base de los ventrículos, también a escasa distancia de los anillos fibrosos, serán evidenciados tres orificios: pulmonar, tricúspide y el que podríamos denominar mitroaórtico (fig. 86, preparación superior derecha). Otro corte más inferior, por el tercio medio de ambos ventrículos, pone de manifiesto dos orificios: el de la cavidad derecha y el de la izquierda (fig. 86, preparación inferior izquierda). Por último, otro corte más inferior, ya en el ápex, mostrará tan sólo un orificio: el de la cavidad izquierda (fig. 86, preparación inferior derecha). En la base de los ventrículos existen únicamente, por tanto, tres orificios y no cuatro.

Lo referido muestra dos hechos: que el ápex corresponde exclusivamente al ventrículo izquierdo; que los orificios aórtico y mitral no son más que meras subdivisiones de un orificio común, el mitroaórtico. En efecto, entre los anillos aórtico y mitral no existe tejido miocárdico ventricular alguno que los separe. Tal particularidad morfológica imprime unas especiales características de insoslayable interdependencia a la dinámica valvular mitral y aórtica. En las figuras 17 y 18 puede ser apreciado el gran orificio mitroaórtico.

Todo el volumen de sangre almacenado por el ventrículo durante la diástole, a excepción del volumen residual, pasa durante la sístole a la aorta. Tal circunstancia implica simultáneamente una disminución del diámetro del orificio mitroaórtico a la par que un aumento del diámetro del orificio aórtico, es decir, una

constricción del ventrículo y una dilatación de la aorta (figs. 87 y 88). El cierre del orificio mitral implica la apertura del aórtico y viceversa (fig. 90, *b, c, d* y *f, g, h*, respectivamente).

En el cierre y apertura valvular debe, por tanto, ser tenido en cuenta no sólo el ascenso y descenso de las valvas —componente axial—, sino también su aproximación y separación —componente transversal (fig. 89).

En la dinámica de las válvulas aurículo-ventriculares predomina el componente transversal; no así en las sigmoideas, en las que el componente axial ocupa un primer plano en la consecución del cierre y apertura.

De lo anterior puede ser fácilmente inferido que la colocación de prótesis valvulares montadas sobre un anillo rígido supondrá la anulación inmediata del componente transversal que, tal como ha sido referido, es de primordial importancia en la dinámica valvular aurículo-ventricular. La mecánica ventricular será también profundamente afectada al impedir la rigidez del anillo la constricción y la dilatación ventricular.

Dado que en la dinámica valvular aórtica el componente transversal es de secundaria importancia, la colocación de prótesis valvulares con anillo rígido en la aorta no irá seguida de tan desfavorables resultados como los obtenidos en los reemplazamientos mitrales.

En el mecanismo de cierre y apertura del orificio tricúspide es todavía más trascendente el componente transversal que en el orificio mitral.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Armour, J. A.; Randall, W. C., *Electrical and Mechanical Activity of Papillary Muscle*, «Amer. Jour. of Physiology», 218 (6), 1710-1717, 1970.
- (2) Brecher, G. A., *Experimental Evidence of Ventricular Diastolic Suction*, «Circulation Research», 4, 513, 1956.
- (3) Carleton, R. A.; Clark, J. G., *Measurement of Left Diameter in the Dog by Cardiac Catheterization*, «Circulation Research», 22, 545, 1968.
- (4) Feneis, H., *Das Gefüge des Herzmuskels bei Systole und Diastole*, «Gegenbaurs Morph. Jb.», 89, 371, 1944.
- (5) Galo Ramírez, *Contribución experimental al estudio de la dualidad estructural y funcional de la pared miocárdica del ventrículo izquierdo del corazón humano*, «Arch. Fac. Med.», Madrid, 1970.
- (6) Gómez Oliveros, L.; Torrent Guasp, F.; Galo Ramírez, *Architecture fonctionnelle myocardique du ventricule gauche*, «Bulletin de l'Association des Anatomistes», 53 Congrès (Tours, 7-11 abril 1968), 142, 948-960.
- (7) Gómez Oliveros, L.; Torrent Guasp, F.; Galo Ramírez, *Functional Analysis on the Muscular Structure of the Left Ventricle*, Vth European Congress of Cardiology, Atenas, 8-14 septiembre 1968, «Proceedings», VI, 291.
- (8) Gómez Oliveros, L.; Torrent Guasp, F.; Galo Ramírez, *Análisis de la organización estructural del miocardio ventricular izquierdo*. «Arch. Fac. Med.», Madrid, 1970.
- (9) Grant, R. P., *Notes on the Muscular Architecture of the Left Ventricle*, «Circulation», V, XXXII, 1965.
- (10) Lower, R., *Tractatus de corde* (Londres, MDCLXIX), en R. T. Gunther, *Early Science in Oxford*, vol. IX, Dawsons of Pall Mall, Londres.
- (11) Mall, E. P., *On the Muscular Architecture of the Ventricles of the Human Heart*, «Amer. Jour. Anat.», 11, 211-266, 1911.
- (12) Martínez, A., *Estructura muscular de los ventrículos del corazón humano. Disposición de las fibras miocárdicas*, «An. Fac. Med.», Lima, 46, 514, 1963.



- (13) McCallum, J. B., *On the Muscular Architecture and Growth of the Ventricles of the Heart*, «Johns Hopkins Hospital Reports», vol. 9, 1900.
- (14) Muñoz Cardona, P., *New Concepts on Mitral Prosthesis*, «Journal of Cardiovascular Surgery», en prensa.
- (15) Pettigrew, J. B., *On the Arrangement of the Muscular Fibres in the Ventricles of the Vertebrate Heart, with Physiological Remarks*, 1863, From Guy's Hospital Library; *On the Arrangement of the Muscular Fibres of the Ventricular Portio of the Heart of the Mammal*, «Proceedings of the Royal Society», 19 abril 1860.
- (16) Robb, J. S.; Robb, R. G., *The Normal Heart*, «Amer. Heart J.», 23, 455, 1942.
- (17) Ross, D., *El uso de la fascia lata*, I Congreso Nacional de Cirugía Cardiovascular, Madrid, noviembre 1970.
- (18) Senac, *Traité de la structure du coeur, de son action, &c*, París, 1749. Véase Pettigrew (15).
- (19) Smith, H. L.; Essex, H. E.; Baldes, E. J., *A Study of the Movements of Heart Valves and of Heart Sounds*, «Ann. Intern. Medicine», 33, 1357, 1950.
- (20) Streeter, D. D.; Basset, D. L., *An Engineering Analysis of Myocardial Fiber Orientation in Pig's Left Ventricle in Systole*, «Anat. Rec.», 155, 503-512.
- (21) Tandler, J., *Tratado de anatomía sistemática, Angiología*, tomo III, Salvat, Barcelona, 1929.
- (22) Torrent Guasp, F., *El ciclo cardíaco. Consideraciones críticas sobre la interpretación clásica y nuevas ideas sobre el mismo*, Dist. Espasa-Calpe, Madrid, 1954.
- (23) Torrent Guasp, F., *Anatomía funcional del corazón. La actividad ventricular diastólica y sistólica*, Editorial Paz Montalvo, Madrid, 1957.
- (24) Torrent Guasp, F., *An Experimental Approach on Heart Dynamics*, Eugene Taldmadge Hospital, Dep. Physiology and Pharmacology, Augusta, Georgia, Imp. S. Aguirre Torre, Madrid, 1959.
- (25) Torrent Guasp, F., *Sobre morfología y funcionalismo cardíacos*, I Comunicación, «Rev. Esp. Cardiol.», 19, 48, 1966.
- (26) Torrent Guasp, F., *Sobre morfología y funcionalismo cardíacos*, II Comunicación, «Rev. Esp. Cardiol.», 19, 56, 1966.
- (27) Torrent Guasp, F., *Sobre morfología y funcionalismo cardíacos*, III Comunicación, «Rev. Esp. Cardiol.», 19, 72, 1966.
- (28) Torrent Guasp, F., *Sobre morfología y funcionalismo cardíacos*, IV Comunicación, «Rev. Esp. Cardiol.», 20, 1, 1967.
- (29) Torrent Guasp, F., *Sobre morfología y funcionalismo cardíacos*, V Comunicación, «Rev. Esp. Cardiol.», 20, 14, 1967.

- (30) Torrent Guasp, F.; Puff, A., *La dinámica valvular*, «Rev. Esp. Cardiol.», vol. XXIII, núm. 2 (1970), 191.
- (31) Torrent Guasp, F., *The Electrical Circulation*, Imp. Fermar, Valencia, Denia, 1970.
- (32) Torrent Guasp, F., *The Ventricular Wall Structure of the Left Ventricle*, I y II, «British Journal of Anatomy», en prensa.
- (33) Torrent Guasp, F., *La estructura de la pared ventricular izquierda*. Comunicaciones I y II, «Rev. Esp. Cardiol.», vol. XXV, enero-febrero 1972, núm. 1.

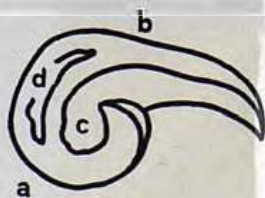
## **ILUSTRACIONES**

Fundación Juan March (Madrid)



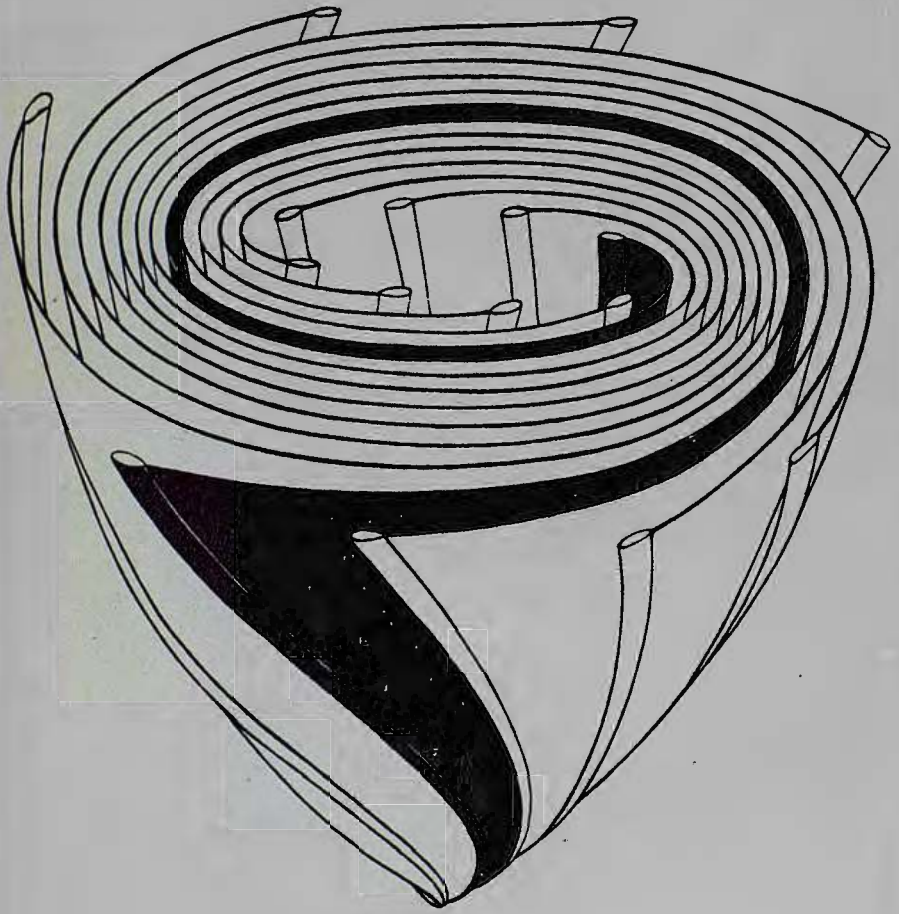
1. Corte transversal de ambos ventrículos. Mitad apexiana, vista por la superficie de corte.

Con *a* ha sido señalado el surco interventricular anterior; *b*, surco interventricular posterior; *c*, ventrículo izquierdo; *d*, ventrículo derecho.

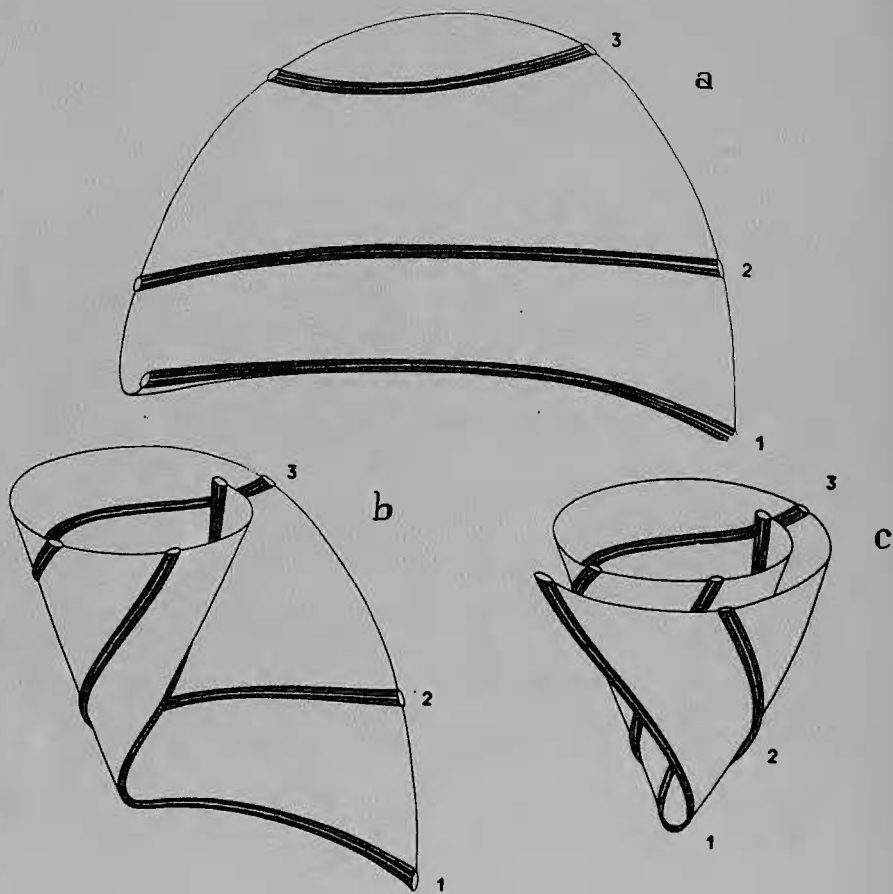




2. Arriba, dos preparaciones anatómicas representando un ápex visto por la superficie epicárdica —izquierda— y por la de corte —derecha—. En ambas, han sido evidenciados cuatro planos de *cleavage*. Abajo, corte transversal de ambos ventrículos. Mitad apexiana vista por la superficie de corte. Han sido evidenciados cinco planos de *cleavage*, en su iniciación. Con *a* es señalado el ventrículo izquierdo; *b*, ventrículo derecho; *c*, surco interventricular posterior; *d*, surco interventricular anterior.



3. La constitución en capas  
de la mitad apexiana  
del ventrículo izquierdo.  
Explicación en el texto.

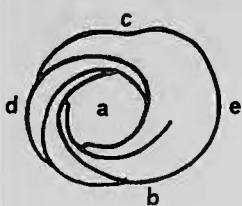


4. Una capa miocárdica de la mitad apexiana del ventrículo izquierdo. Explicación en el texto.



5. En el ápex, las fibras más superficiales, subepicárdicas, pasan a ser subendocárdicas alrededor de un punto en el cual queda definido un orificio virtual que comunica la cavidad ventricular con el exterior. En el corazón intacto, tal orificio se halla cerrado por el endocardio y epicardio, en su extremo interno y externo, respectivamente.

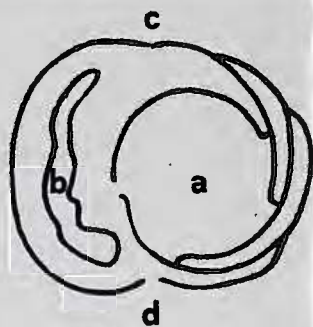


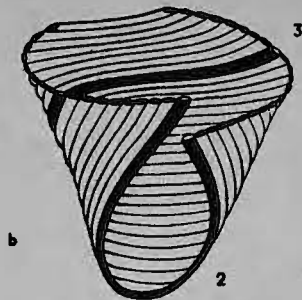
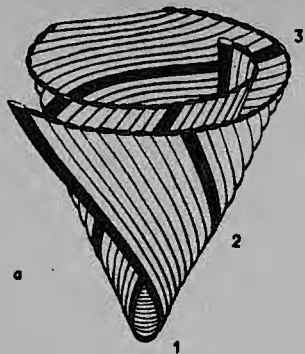


6. La estructuración en capas de la pared ventricular en su mitad apexiana. Compárese esta preparación con el esquema de la figura 3. Con *a*, ha sido señalada la cavidad ventricular izquierda; *b*, surco interventricular anterior; *c*, surco interventricular posterior; *d*, borde izquierdo del corazón; *e*, borde derecho.



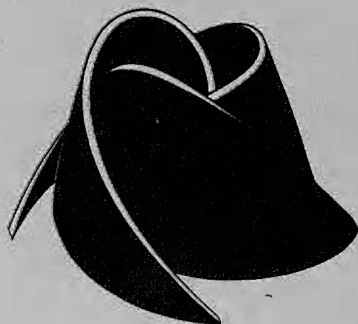
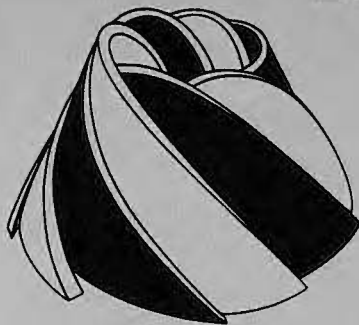
7. Corte transversal de ambos ventrículos, vistos por el lado apexiano. Con *a* ha sido señalado el ventrículo izquierdo; *b*, el ventrículo derecho; *c*, surco interventricular anterior; *d*, surco interventricular posterior.





8. Una capa miocárdica aislada. Con los números 1, 2 y 3 han sido señaladas las fibras representadas en los esquemas de la figura 4. Explicación en el texto.

9. Representación  
esquemática  
de la mitad apexiana  
del ventrículo izquierdo.  
Explicación en el texto.

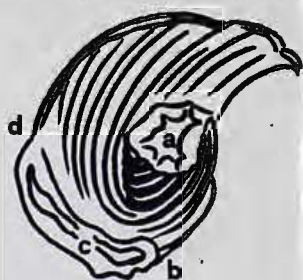


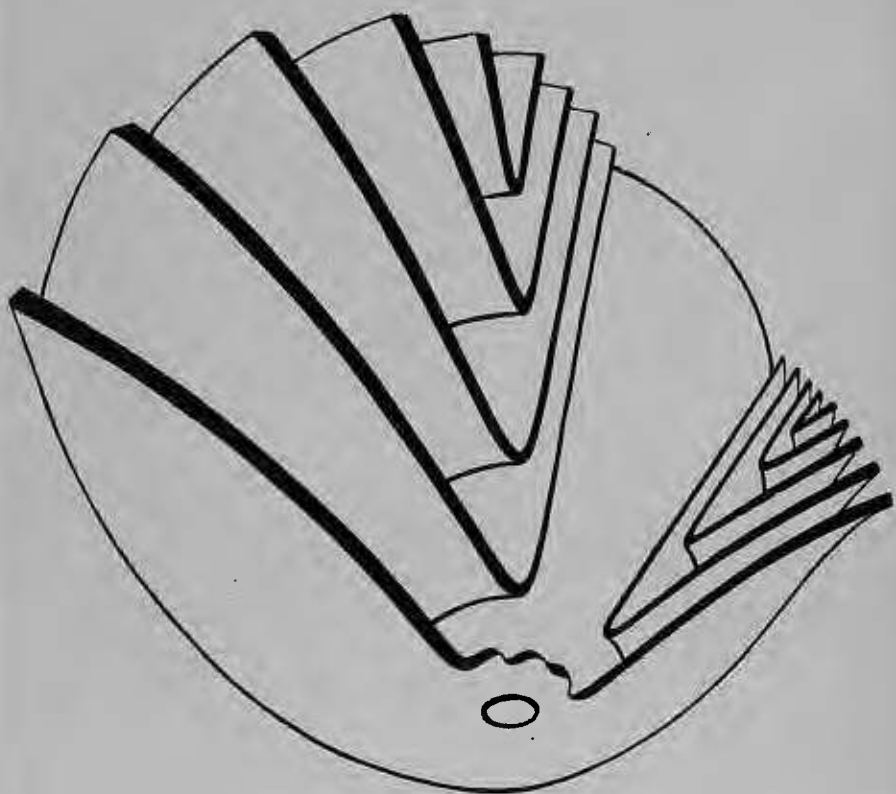


10. Mitad apexiana del ventrículo izquierdo, en la que han sido aisladas tres capas musculares. Señalado con *a*, surco interventricular anterior; *b*, borde derecho del corazón.

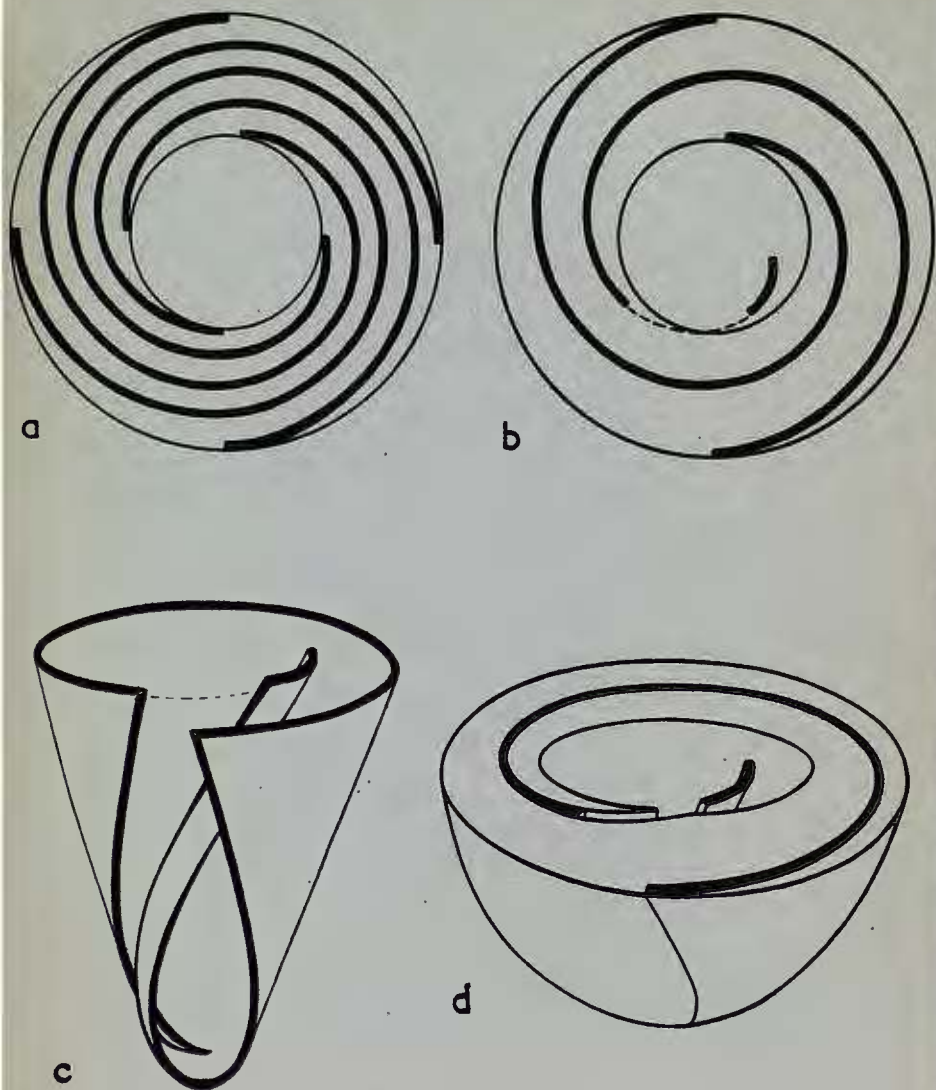


11. En esta preparación han sido eliminadas las fibras más centrales de la pared ventricular izquierda y tabique. Puede ser observado cómo las fibras, tras reflejarse, pasan de ser subendocárdicas a subepicárdicas. Merced a la referida reflexión, queda definido un canal. Con *a* ha sido marcada la cavidad ventricular izquierda; *b*, surco interventricular anterior; *c*, ventrículo derecho; *d*, surco interventricular anterior.



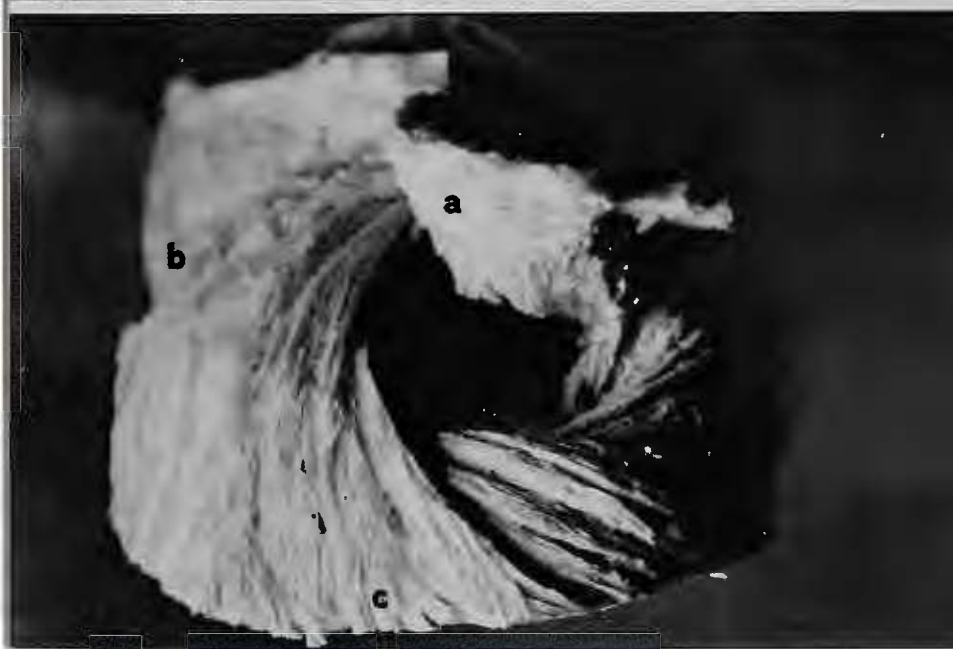
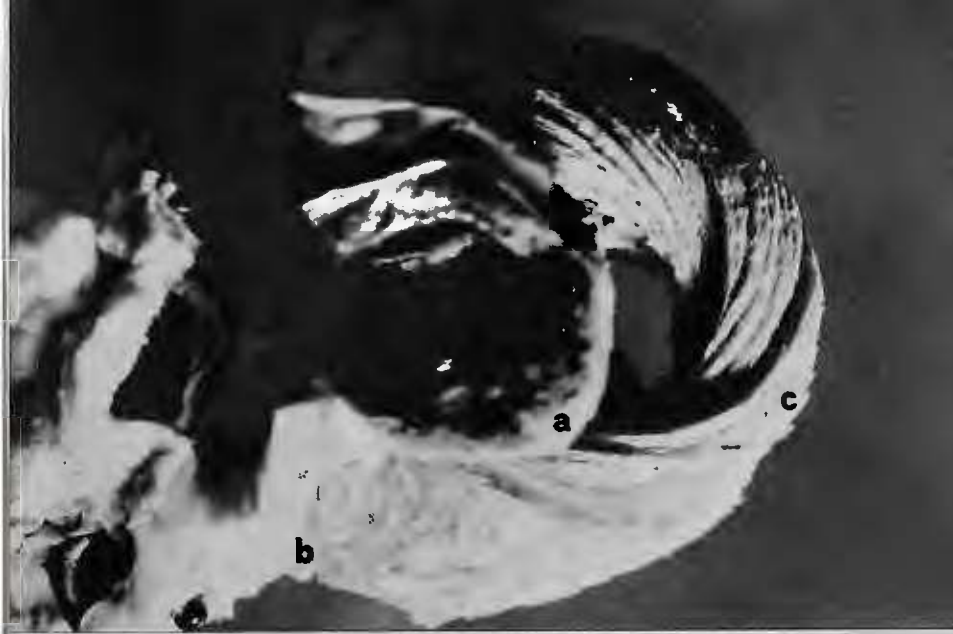


12. La pared ventricular de la mitad apical del ventrículo izquierdo, puede considerarse constituida por una serie de elementos de configuración cónica doble, de dimensiones progresivamente variables.



13. La génesis y significación morfológica de los músculos papilares. En a, ventrículo cortado transversalmente con algunas capas musculares representadas en trazo grueso. En b, dos capas musculares, una de las cuales, antes de alcanzar la circunferencia endocárdica, aparece interrumpida —y continuada por la línea de puntos— para surgir después en la cavidad ventricular. Tal capa ha sido reproducida en c, vista lateralmente, y en d, junto con el resto de la pared ventricular.

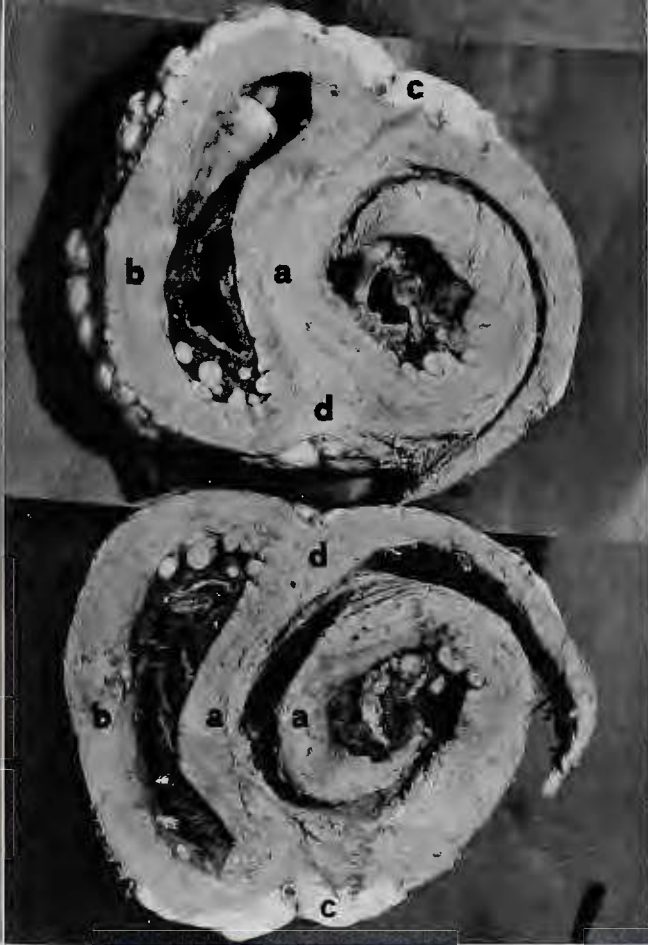




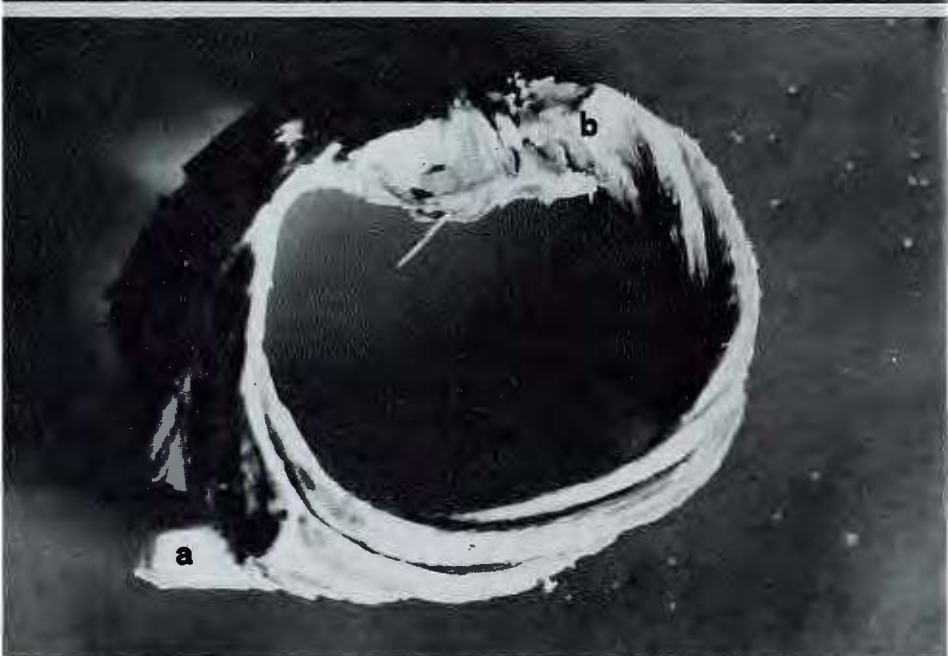
14. La base del ventrículo izquierdo, vista por arriba —grabado superior— y lateralmente —grabado inferior—. Con *a* ha sido señalada la pared de la aurícula izquierda, cortada transversalmente; *a* escasos milímetros del anillo fibroso mitral; *b*, surco interventricular anterior; *c*, borde izquierdo del corazón.



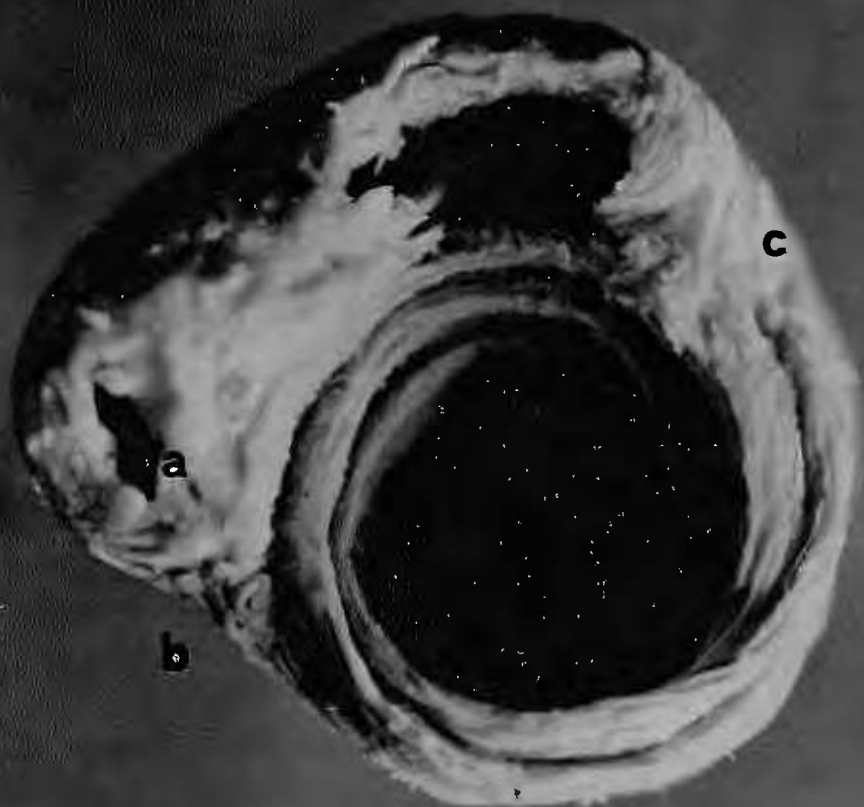
15. Corte transversal de la pared ventricular izquierda y tabique. Mitad basal vista por la superficie de corte. Con *a* ha sido señalado el surco interventricular anterior; *b*, surco interventricular posterior; *c*, tabique interventricular. Ha sido individualizada la iniciación de cuatro planos de *cleavage*. A nivel de *c*, en pleno tabique, fue intentado evidenciar un plano de *cleavage* como los referidos. El resultado fue la desordenada rotura de fibras. La explicación del hecho será expuesta más adelante, con el estudio del ventrículo derecho.



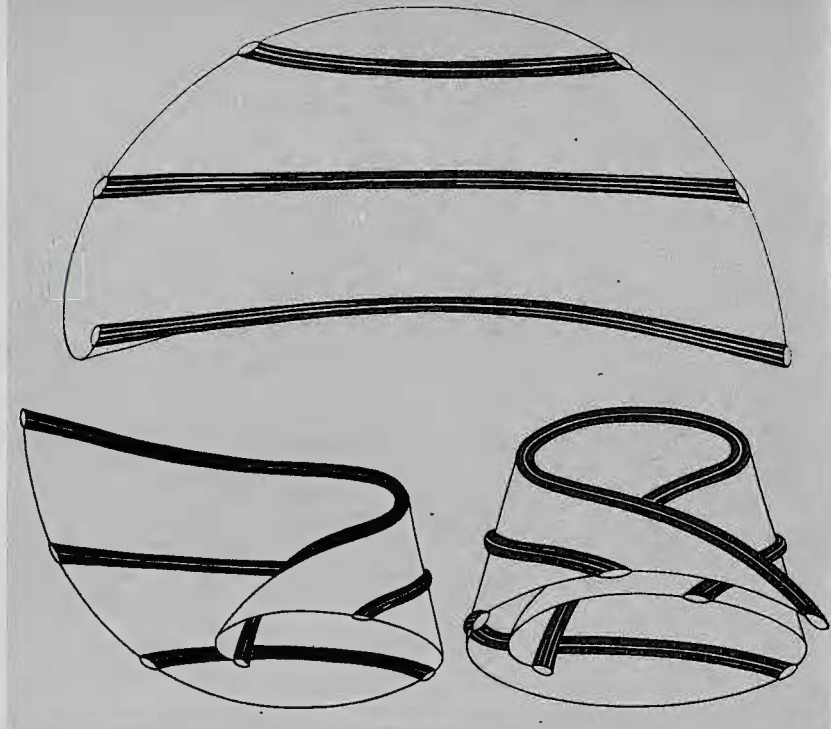
16. Corte transversal de ambos ventrículos, vistos por la superficie de corte. Arriba, mitad basal; abajo, mitad apexiana. Con *a* ha sido señalado el tabique interventricular; *b*, pared ventricular derecha; *c*, surco interventricular anterior; *d*, surco interventricular posterior. En ambas preparaciones es puesto en evidencia un plano de *cleavage*.



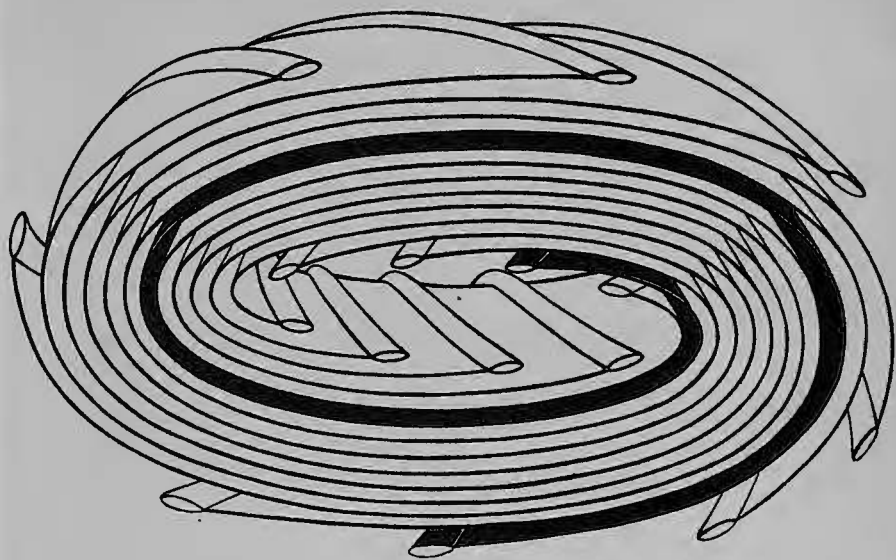
17. Base del ventrículo izquierdo. Han sido evidenciadas diversas capas miocárdicas, que aparecen con su típica imbricación circular. Con *a* ha sido señalado el surco interventricular anterior; *b*, surco interventricular posterior.



18. El gran orificio mitrosórtico con la disposición circular imbricada de las capas musculares constitutivas de la base ventricular izquierda. Con *a* ha sido señalada la arteria pulmonar; *b*, surco interventricular anterior; *c*, surco interventricular posterior.



19. Reproducción esquemática de una capa basal del ventrículo izquierdo. Explicación en el texto. Compárese con la figura 4.

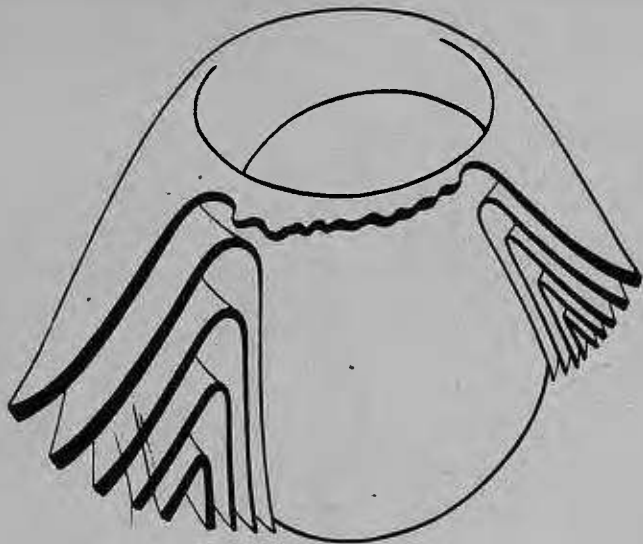


20. Reproducción esquemática  
de la mitad basal  
del ventrículo izquierdo.  
Compárese con la figura 3.



21. En la mitad basal, tal como ocurría en la apexiana (fig. 11), al eliminar las fibras centrales de la pared ventricular, surge un canal de similares características y significación. Con *a* ha sido señalado el contorno epicárdico; *b*, contorno endocárdico; *c*, borde izquierdo del corazón.

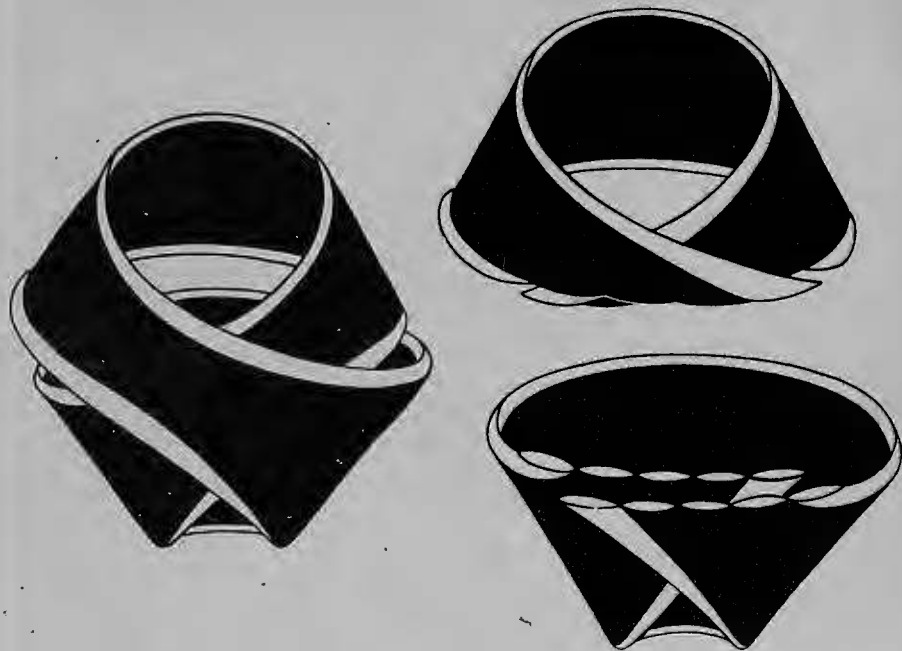




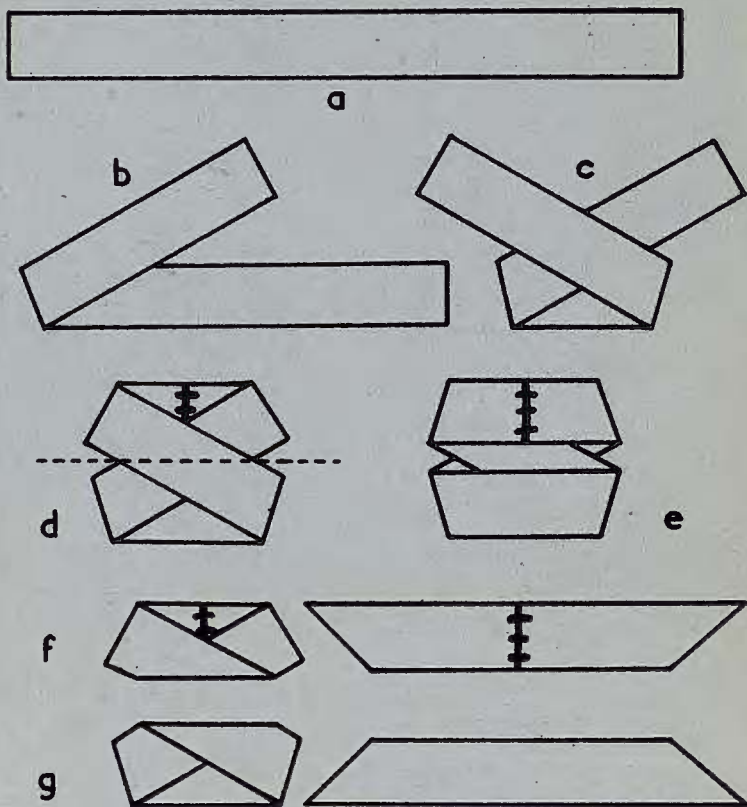
**22.** La constitución  
en dobles conos  
de la mitad basal  
del ventrículo  
izquierdo.  
Compárese  
con la figura 12.

23. Mitad basal  
—arriba— y apexiana  
—abajo— vistas  
lateralmente por el borde  
izquierdo del corazón.  
Obsérvese la opuesta  
disposición en el espacio  
de sus capas  
constitutivas.

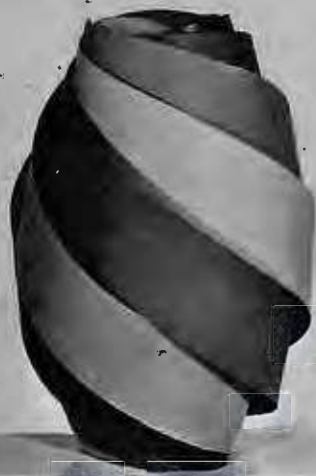




24. Un 8 miocárdico intacto  
 —izquierda— y cortado  
 transversalmente —derecha—,  
 para individualizar la capa miocárdica  
 basal —arriba— y apexiana —abajo—.  
 La capa miocárdica queda  
 plenamente definida sólo cuando  
 son transversalmente seccionados  
 los ventrículos. No puede, por tanto,  
 ser considerada como una entidad  
 anatómica, al igual que ocurre  
 con el doble cono.

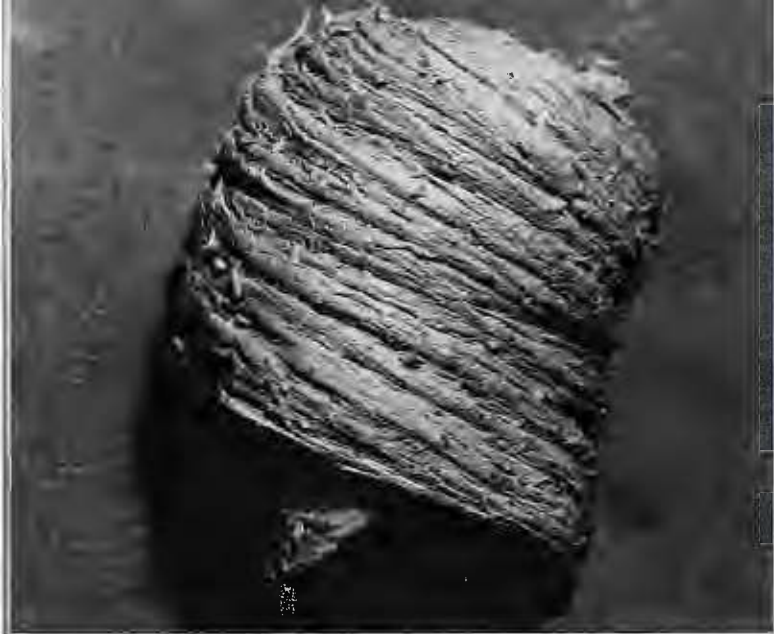


25. Si a una cinta —a— le son doblados sus dos extremos —b y c— y posteriormente unidos —d y e, vista anterior y posterior, respectivamente—, al efectuar una sección transversal —d, línea de puntos— son individualizadas dos piezas —f y g— que al extenderlas adoptan una forma trapezoidal, remedo de la semiluna característica de las capas miocárdicas. Al igual que éstas, los trapecios adoptan una disposición opuesta en el espacio.

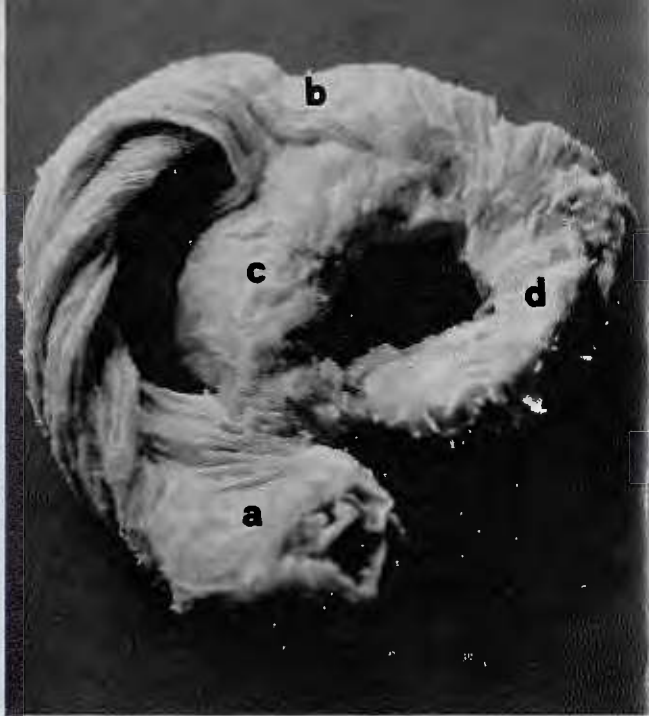


26. Reproducción en cartulina del 8 miocárdico, Arriba, un 8 aislado a la izquierda; dos 8 a la derecha, opuestos. Abajo, un «ventrículo» completo a la derecha; a la izquierda, entreabriendo los 8 para mostrar la opuesta disposición en el espacio de los trayectos «subendocárdicos» y «subepicárdicos».





27. Una preparación anatómica, evidenciando un 8. Arriba y a la izquierda, cara anterior; a la derecha, borde izquierdo. Abajo y a la izquierda, cara posterior; a la derecha, borde derecho.



28. Borde superior de la pared libre del ventrículo derecho, mostrando el paso de las fibras de la superficie externa a la interna de la pared ventricular, sin efectuar inserción alguna en el llamado anillo fibroso tricúspide. Con *a* ha sido señalado el cono de la pulmonar; *b*, surco interventricular posterior; *c*, tabique interventricular; *d*, pared ventricular izquierda.



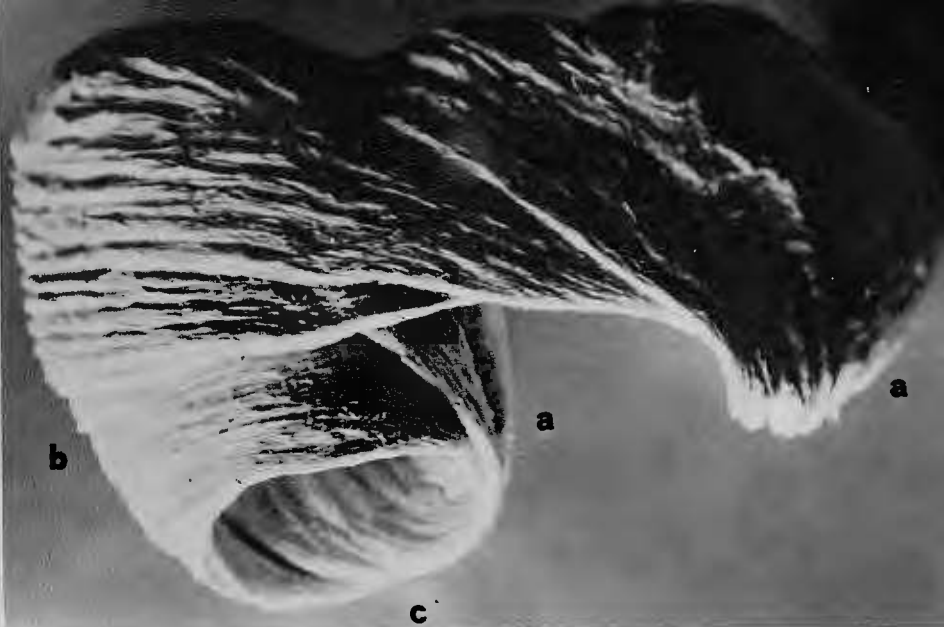


29. La constitución en capas imbricadas, de la mitad basal de la pared libre del ventrículo derecho. Con *a* ha sido señalado el surco interventricular anterior; *b*, surco interventricular posterior.





30. La constitución en capas imbricadas, de la mitad apexiana de la pared libre del ventrículo derecho. Con *a* ha sido señalado el surco interventricular posterior; *b*, pared libre del ventrículo derecho. Mitad apexiana de ambos ventrículos vistos por el ápex.



31. Ventrículos vistos dorsalmente. Ha sido seccionada la pared libre del ventrículo derecho a lo largo del surco interventricular anterior. Señalado con *a*, surco interventricular anterior; *b*, borde izquierdo del corazón; *c*, ápex. Obsérvese la disposición imbricada de las capas constitutivas de la pared libre del ventrículo derecho.

32. La opuesta trayectoria seguida por las capas musculares, en su paso de epicardio a endocardio, en la mitad basal —preparación superior— y apexiana —preparación inferior— de la pared libre del ventrículo derecho.

Ventrículos vistos lateralmente por el borde derecho del corazón.

Señalado con *a*, seno de la pulmonar; *b*, ápex.





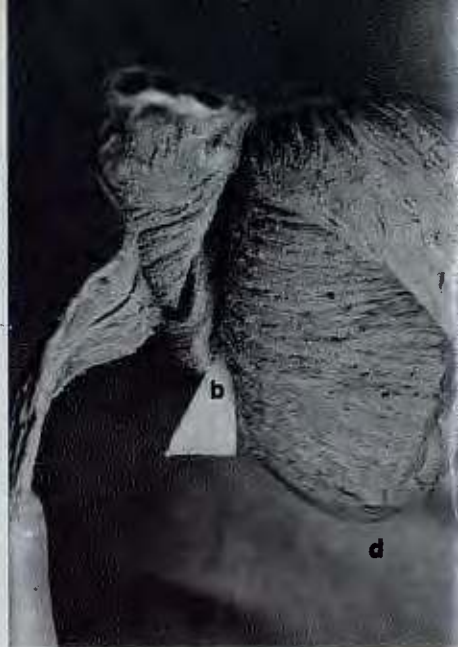
33. La constitución en capas imbricadas de la pared libre del ventrículo derecho. La referida pared aparece seccionada a lo largo del surco interventricular anterior —señalado con *a*— y desdoblada en varias capas. Borde izquierdo del corazón, *b*. Ventriculos vistos por el ápex.



34. Ventriculos vistos lateralmente por el borde derecho del corazón. Arriba y a la derecha, cono de la pulmonar; abajo, ápex. Las fibras superficiales, subepicárdicas, y las profundas, subendocárdicas, aparecen cruzadas en X.



35. Ventriculos vistos por la cara anterior. Señalado con *a*, ápex; *b*, borde izquierdo del corazón. Obsérvese en el ventrículo derecho el cruce de las fibras subepicárdicas y subendocárdicas.



36. Vista ventrolateral izquierda de ambos ventrículos.

A la izquierda, la banda muscular señalada con *a* aparece manualmente separada en el grabado de la derecha.

Con ello es puesto en evidencia otro contingente de fibras, que de la pared libre del ventrículo derecho, tras reflejarse, pasan a tapizar el tabique interventricular —*b*—. Señalado con *c*, cono de la pulmonar; *d*, ápex.

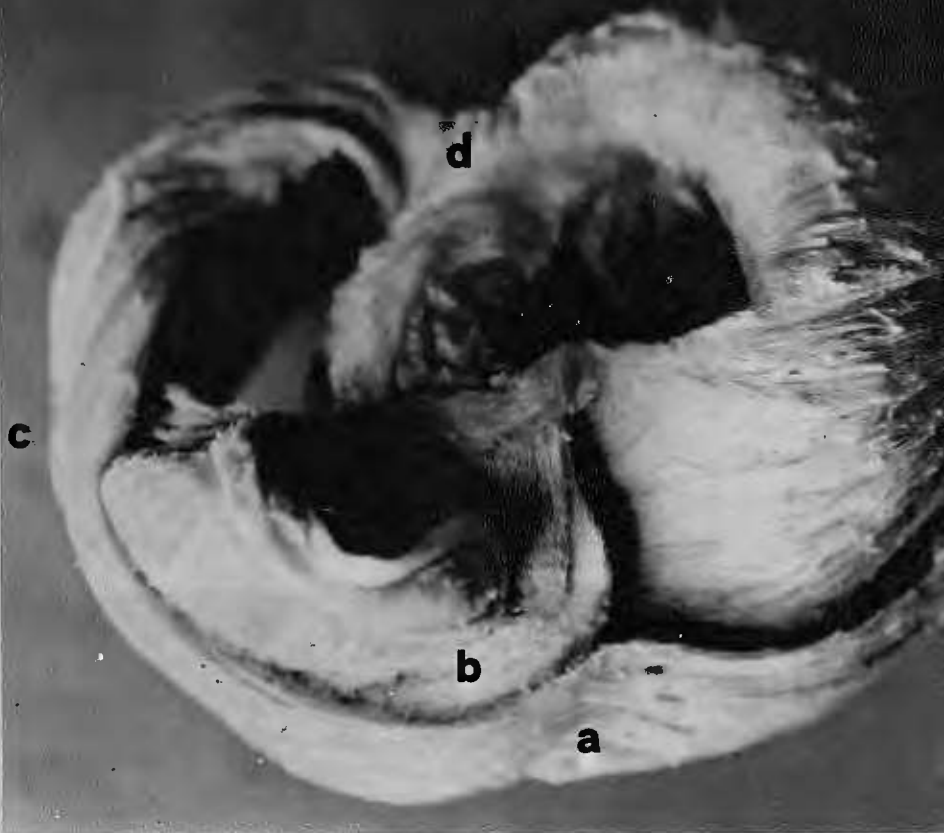




37. Ventriculos vistos por su cara anterior. Obsérvese como fibras procedentes de la pared libre del ventrículo derecho —a—, tras reflejarse a nivel del surco interventricular anterior, siguiendo un curso ascendente, pasan a tapizar el tabique interventricular —b.



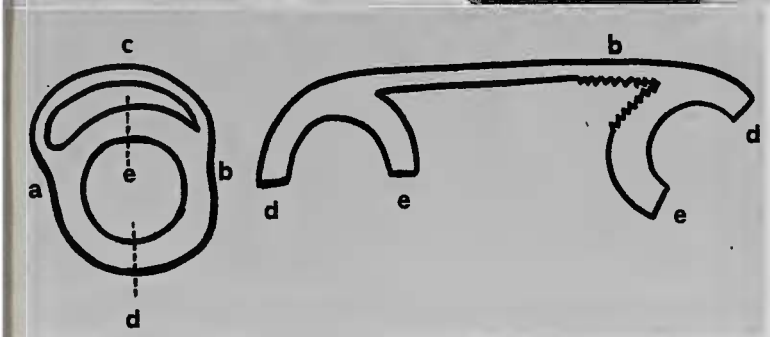
38. Aspecto lateral derecho de los ventrículos. Tras efectuar un corte longitudinal de la pared libre del ventrículo derecho, que finaliza junto al surco interventricular anterior —a—, la mitad anterior de aquella pared es reversada para mostrar el paso de sus fibras subendocárdicas al tabique interventricular —b.



39. Ventriculos vistos por la base. Dos contingentes de fibras pasan de la pared libre del ventrículo derecho a la cara anterior del izquierdo y al tabique interventricular. Han sido señalados con *a* y *b*, respectivamente. Borde derecho del corazón, *c*; surco interventricular posterior, *d*.



40. Vista dorsolateral de ambos ventrículos. Cono de la pulmonar, *a*; ápex, *b*. La banda muscular señalada con *c* se divide en dos contingentes de fibras. Uno de ellos pasa al ventrículo izquierdo, cara posterior; otro, reflejándose, al tabique interventricular.



41. Preparación anatómica para mostrar el paso de las fibras desde la pared libre del ventrículo derecho—c, esquema de la izquierda a la cara posterior del ventrículo izquierdo —b del mismo esquema—.

Señalado con *a*, surco interventricular anterior; *b*, posterior. Efectuando sendos cortes longitudinales en el borde izquierdo del corazón —*d*— y en el tabique interventricular —*e*—, queda al descubierto la superficie endocárdica de la pared libre del ventrículo derecho.

En la preparación ha sido respetada una pequeña área recubierta por endocardio, para señalar el límite posterior de la cavidad ventricular derecha.

Obsérvese el paso de las fibras de uno a otro ventrículo.



42. Límite posterior de la cavidad ventricular derecha. Señalado con *a*, tabique interventricular; *b*, pared libre del ventrículo derecho. Obsérvese la división de la referida pared en dos contingentes de fibras. Uno de ellos pasa a la cara posterior del ventrículo izquierdo; el otro, tras reflejarse, al tabique interventricular.



43. Tras seccionar la pared libre del ventrículo derecho a lo largo del surco interventricular anterior —a—, ha sido reversada la referida pared para mostrar el paso de las fibras del tabique interventricular. Señalado con b, el surco interventricular posterior.

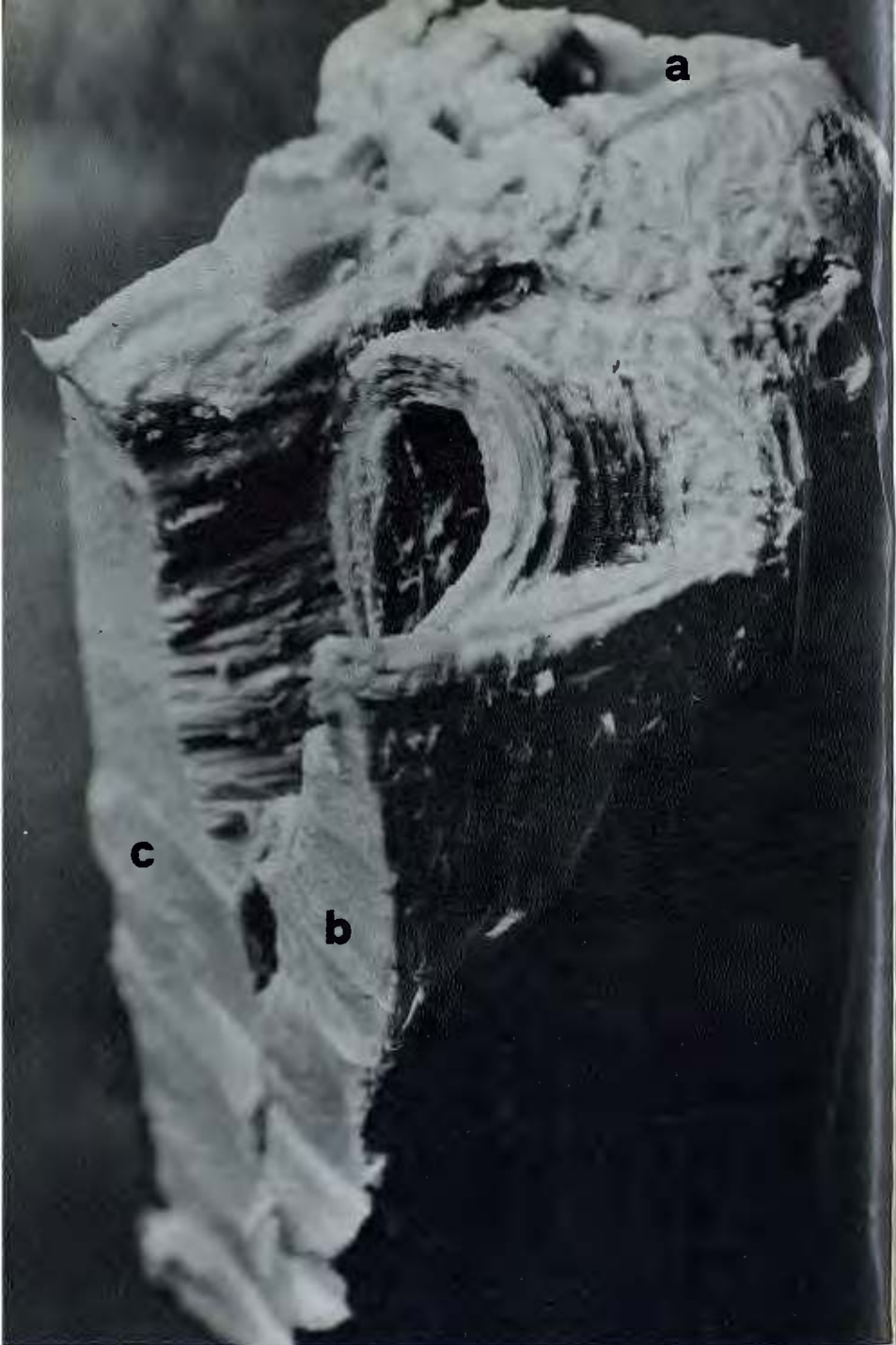


44. Preparación anatómica para mostrar conjuntamente los dos contingentes de fibras que limitan por detrás la cavidad ventricular derecha. Izquierda, orificio mitroaórtico derecha, tricúspide arriba, pulmonar

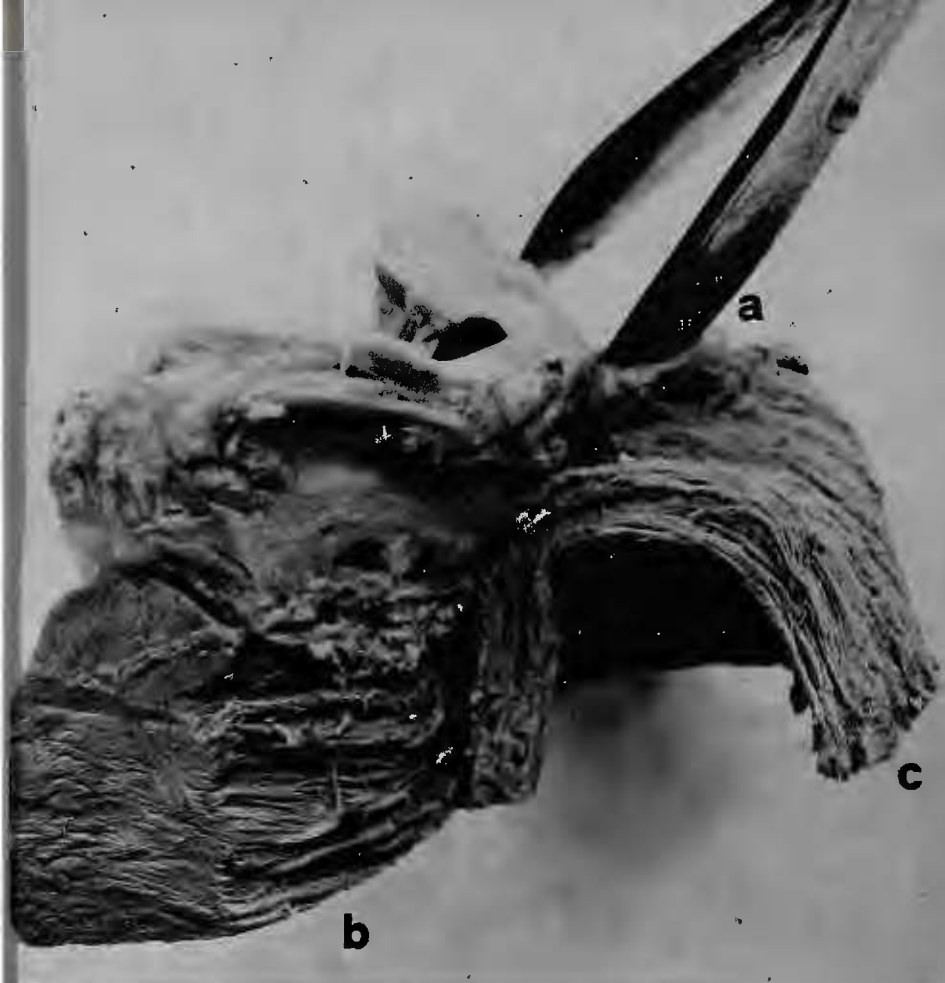




45. El ventrículo derecho visto lateralmente por el borde derecho del corazón y desde arriba por la base, en los grabados superior e inferior, respectivamente. A la izquierda, orificio tricúspide; a la derecha, pulmonar.

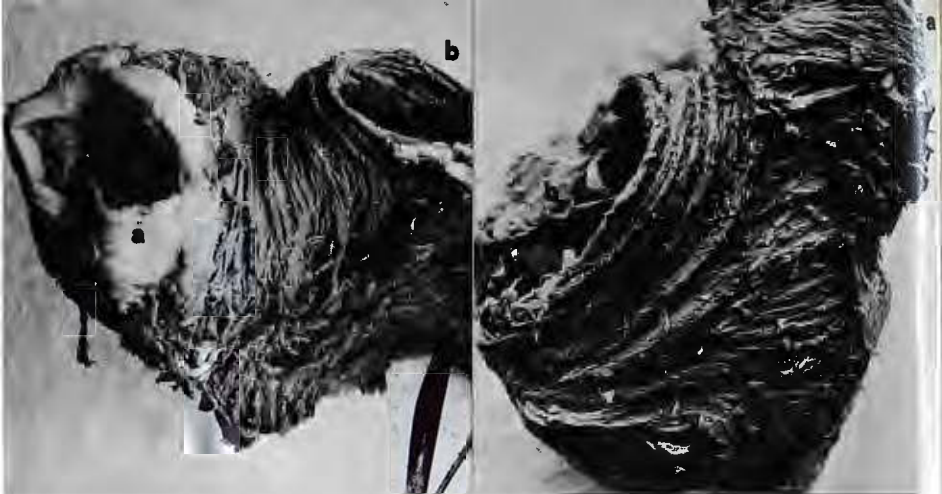


46. Preparación anatómica para mostrar la constitución de la cresta supraventricular. Señalada con *a*, arteria pulmonar; *b*, pared libre del ventrículo derecho; *c*, tabique interventricular. Fundación Juan March (Madrid)



47. La cresta supra-ventricular.  
Señalado con *a*, arteria  
pulmonar; *b*, tabique  
interventricular; *c*, pared libre  
del ventrículo derecho.





48. La cresta supraventricular.  
Señalado con *a*, arteria  
pulmonar; *b*, orificio tricúspide.  
La preparación está presentada  
a la izquierda, por la pared septal;  
a la derecha, por la pared libre.



49. Ventrículo derecho visto por la base y lateralmente.  
Señalado con *a*, surco interventricular anterior;  
*b*, surco interventricular posterior. El contingente de fibras,  
que reflejándose limitaban por detrás la cavidad ventricular  
derecha y las fibras constitutivas de la cresta  
supraventricular, coinciden en el tabique interventricular  
por el que descienden.



50. Los ventrículos vistos dorsalmente. Ha sido resecada la mitad posterior del ventrículo derecho. A la izquierda, ventrículo izquierdo con sus fibras dispuestas transversalmente; a la derecha, mitad anterior del ventrículo derecho con sus fibras septales discurriendo verticalmente.



51. El ventrículo derecho visto por su cara septal —arriba— y por detrás. En el grabado superior puede ser apreciado el descenso vertical de las fibras que limitan por delante —cresta supraventricular— y detrás el orificio tricúspide. Señalado con *a*, surco interventricular anterior; *b*, surco interventricular posterior; *c*, arteria pulmonar.

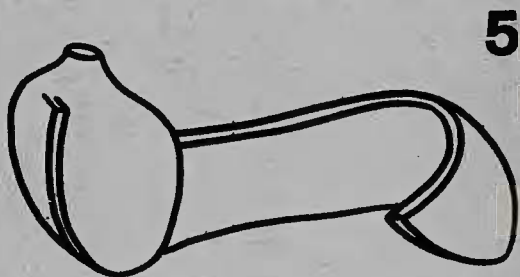
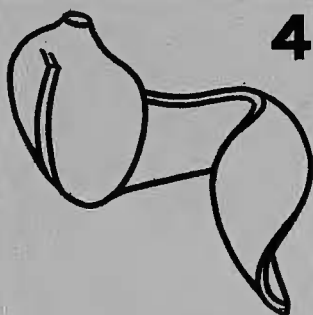
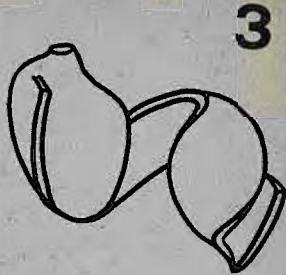
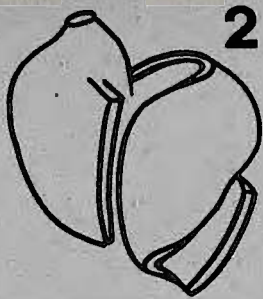
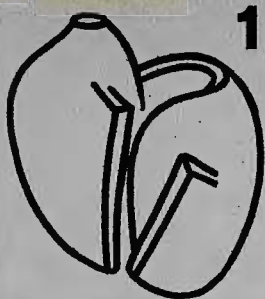
52. Dos preparaciones  
anatómicas similares  
a la de la figura anterior  
en las que aparece aislado  
el ventrículo derecho.







53. Corazón embrionario —cerdo— en sucesivas etapas de disección. En la primera de ellas, 1, es evidenciado el plano de *cleavage*, que iniciado en el surco interventricular anterior, discurre a lo largo y ancho del tabique interventricular, para aparecer después en pleno espesor de la pared ventricular —2 y 3—. En los cinco grabados, la pieza anatómica adopta la misma posición: ambos ventrículos son vistos por su cara anterior.



54. Las sucesivas fases de la disección de la banda muscular durante su trayecto en el ventrículo izquierdo.



55. Corazones embrionarios  
—vaca, las dos preparaciones  
superiores  
y oveja, las dos inferiores—  
en sucesivas  
etapas de disección.



56. La banda muscular extendida de un corazón adulto joven. Arriba, vista lateralmente por la concavidad; abajo, vista por su borde inferior, apexiano.



57. Corte longitudinal por el borde izquierdo del corazón. Puede ser observada la banda muscular por su concavidad —arriba— y por su convexidad —abajo—. Nótese la opuesta disposición en el espacio de las fibras subendocárdicas y subepicárdicas.



58. Una preparación similar a la anterior, mostrando la banda muscular por su concavidad y convexidad

- grabado superior—
- grabado inferior—.

Señalado con *a*, surco interventricular anterior; con *b*, surco interventricular posterior.



59. Un fragmento de pared  
ventricular

—borde izquierdo del corazón—  
en el que es evidenciada  
la opuesta disposición  
en el espacio de las fibras  
subendocárdicas  
—grabado de la izquierda  
y subepicárdicas  
—derecha.





60. Un fragmento de cuerda, arbitrariamente dispuesto.



61. El fragmento de cuerda referido en la figura anterior, dispuesto en forma de bucle.



62. Disposición del fragmento de cuerda imitando la que adopta la banda muscular en el corazón intacto.

63. El modelo de cuerda de la figura 60, expuesto conjuntamente con la base del ventrículo derecho e izquierdo —preparación de la izquierda y derecha respectivamente—, guardando sus correspondientes situaciones relativas.



La preparación anatómica de la figura 70  
vista por el ápex, conjuntamente representada  
con el modelo de la figura 82.  
■ Compárese con la figura 83.



64. Una preparación similar  
a la anterior,  
vista igualmente por la base.



65. El modelo de cuerda, expuesto conjuntamente con una preparación anatómica de ambos ventrículos. Ambos, modelo y preparación, vistos por el ápex.



66. De arriba a abajo:  
base ventricular izquierda, modelo  
de cuerda y ápex.  
Todos ellos guardando su correspondiente  
situación relativa.  
vistos por el borde izquierdo  
del corazón.



67. De arriba a abajo, base ventricular derecha,  
modelo de cuerda  
y contorno inferior de la pared libre  
del ventrículo derecho.

Todos ellos guardando su correspondiente  
situación relativa,

vistos por el borde derecho del corazón.

Fundación Juan March (Madrid)



68. Explicación en el texto.





69. Explicación en el texto.



Aspecto dorsal  
de la preparación anatómica  
de la figura 70.



Aspecto ventrolateral izquierdo  
de la preparación anatómica  
de la figura 70.



70. Preparación anatómica de ambos ventrículos, vista por la cara anterior, expuesta conjuntamente con el modelo de cuerda de la figura 67, guardando su correspondiente situación relativa.



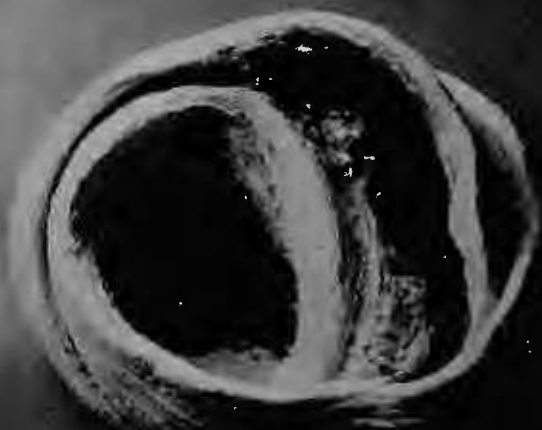
71. La misma preparación  
de la figura 70 y el modelo de cuerda  
de la figura 69,  
ambos guardando su correspondiente  
situación relativa,  
vistos por el borde izquierdo  
del corazón.



72. La misma preparación de la figura 70 y el modelo de cuerda de la figura 69, ambos guardando su correspondiente situación relativa, vistos por la cara posterior del corazón.



73. La misma preparación de la figura 70 y el modelo de cuerda de la figura 69, ambos guardando su correspondiente situación relativa, vistos por el borde derecho del corazón.



74. La misma preparación de la figura 70 y el modelo de cuerda de la figura 69, ambos guardando su correspondiente situación relativa, vistos por el ápex.





75. La misma preparación  
de la figura 70 y el modelo de cuerda  
de la figura 69,  
ambos guardando su correspondiente  
situación relativa,  
vistos por la base.



La preparación anatómica  
de la figura 85, aumentada.



76. El modelo de la figura 69 y la preparación anatómica de la figura 49, ambos guardando su correspondiente situación relativa, para mostrar la coincidencia en el tabique interventricular de los contingentes de fibras que limitan por delante y detrás el orificio tricúspide.

Fundación Juan March (Madrid)



77. El modelo de la figura 69 y la preparación anatómica de la figura 51, ambos guardando su correspondiente situación relativa, para mostrar la coincidencia en el tabique interventricular de los contingentes de fibras que limitan por delante y detrás el orificio tricúspide.



78. Preparación anatómica  
de ambos ventrículos, vistos por su cara anterior.  
Ha sido individualizada  
la banda muscular cuyos extremos aparecen  
cortados a nivel del surco interventricular anterior.  
Borde derecho del corazón, a; borde izquierdo, b.  
Compárese con la figura 54. Fundación Juan March (Madrid)



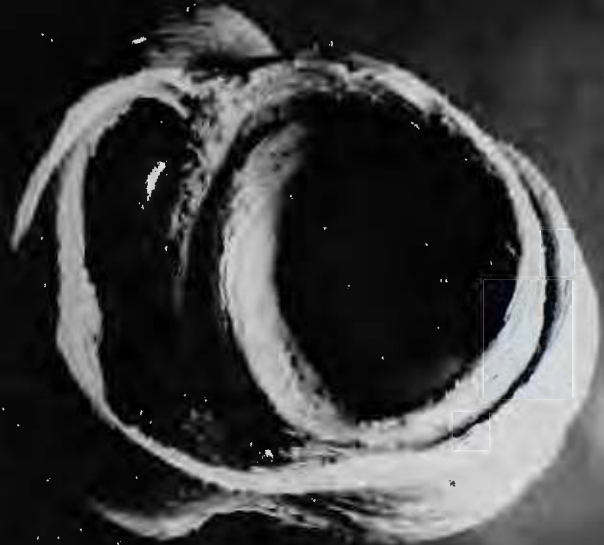
79. La misma preparación de la figura anterior, comparada con el modelo de cuerda, también extendido. Obsérvese la situación de los extremos cortados de la banda muscular y la cuerda.



80. Explicación en el texto.







81. Explicación en el texto.

Compárense con las figuras 74 y 75

—la preparación anatómica

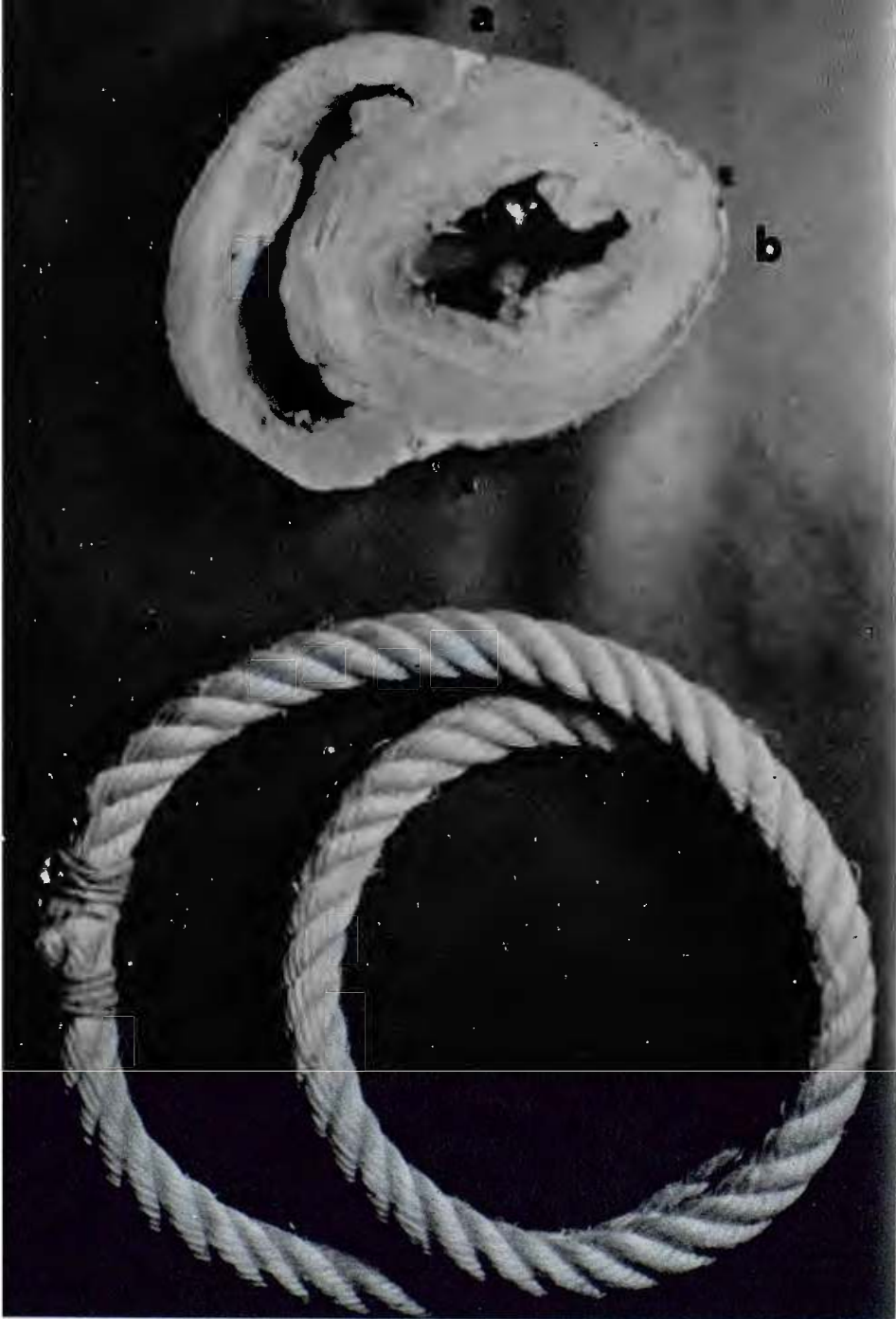
es la misma en todas ellas. Fundación Juan March (Madrid)

83. Explicación en el texto.  
Compárense con las figuras 74 y 75  
—la preparación  
anatómica  
es la misma en todas ellas.

82. Explicación  
en el texto.







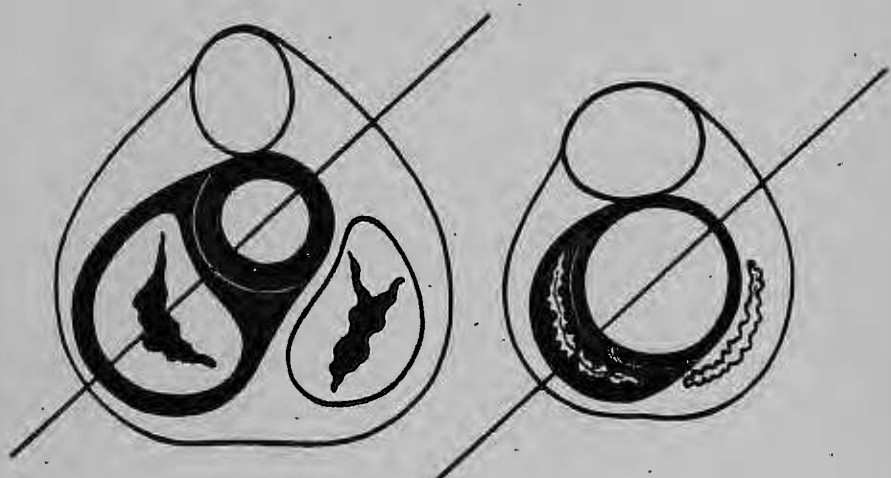
84. Corte transversal de ambos ventrículos, expuestos conjuntamente con el modelo de cuerda. Ambos guardando su correspondiente situación relativa. Con *a* ha sido señalado el surco interventricular posterior y con *b*, el borde izquierdo del corazón.



85. El modelo de cuerda  
y una preparación anatómica de la base  
ventricular, ambos guardando su  
correspondiente situación relativa.  
Con *a* ha sido señalado el surco interventricular  
posterior; con *b*, el borde izquierdo del corazón. March (Madrid)



86. Sucesivos y paralelos cortes transversales del corazón. Explicación en el texto.



87. Los orificios aórtico y mitral —representados en trazo grueso— en la diástole —grabado de la izquierda— y sístole —grabado de la derecha—. La constricción ventricular y la dilatación aórtica durante la sístole, reducen el orificio mitral a una sinuosa línea. Todo lo contrario ocurre durante la diástole.

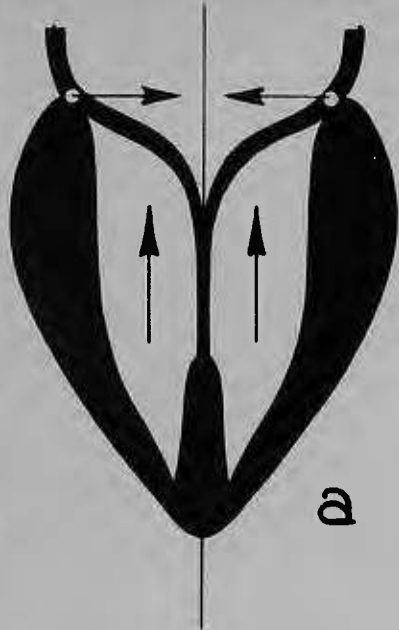


88. Un mismo ventrículo en diástole —grabado de la izquierda— y sístole —grabado de la derecha—.

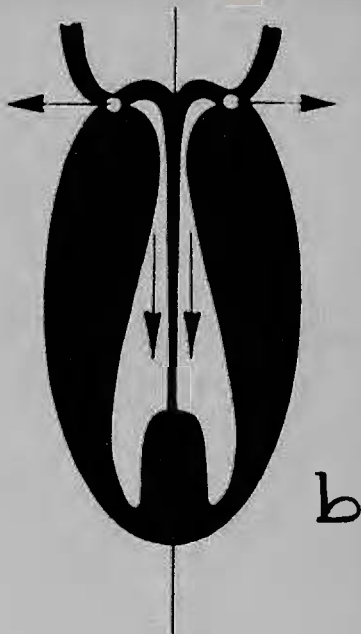
Durante la diástole, las valvas de la mitral se hallan alejadas la una de la otra; el diámetro auriculoventricular es máximo; toda la cavidad ventricular dirigida hacia la aurícula, dispuesta para la recepción de sangre; es en estos momentos un corazón de signo femenino.

Durante la sístole, las valvas de la mitral se hallan adosadas la una a la otra; el diámetro auriculoventricular es mínimo; toda la cavidad ventricular dirigida hacia la aorta, dispuesta para la eyección de sangre; es en estos momentos un corazón de signo masculino.



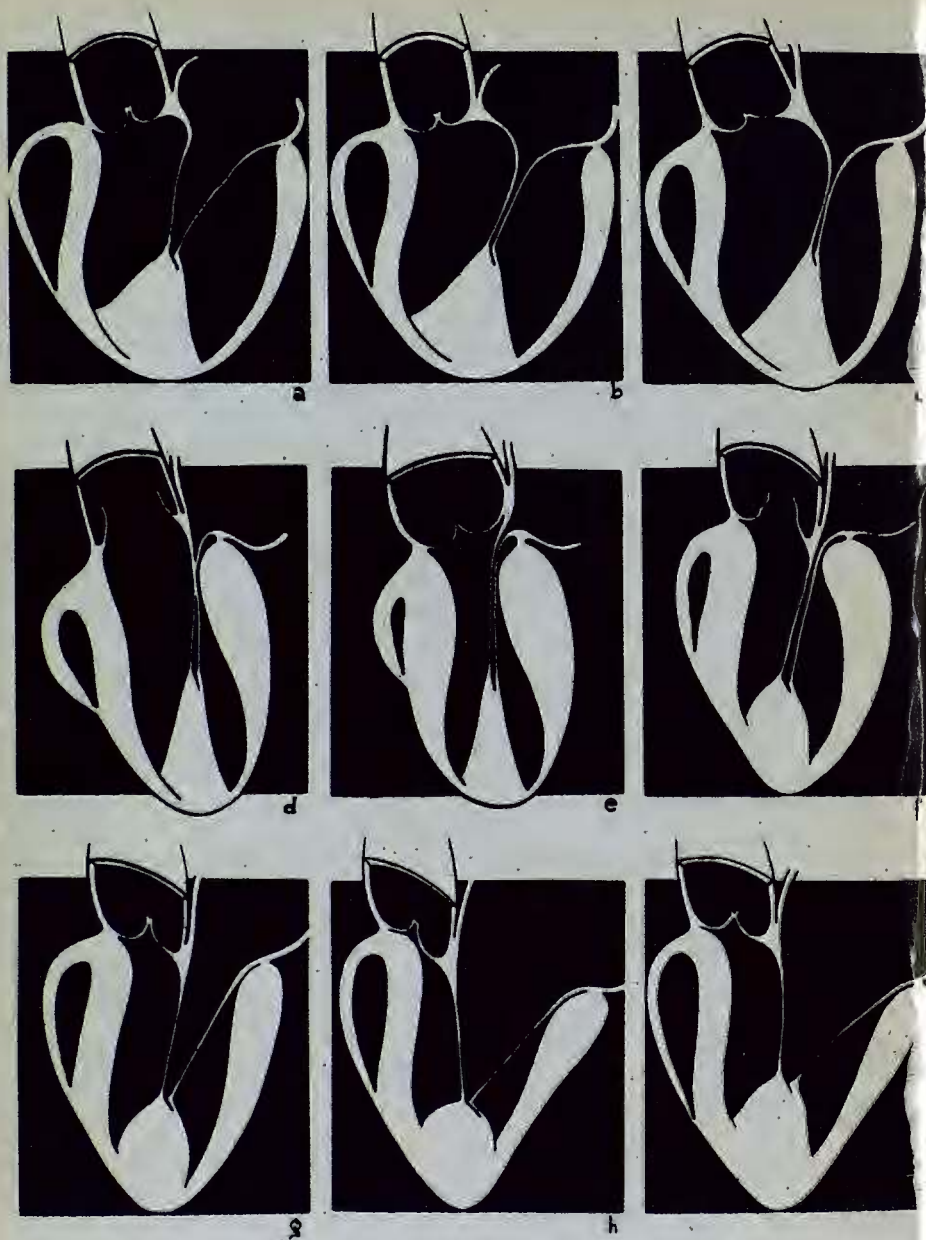


a



b

89. Los componentes transversal y axial —vectores horizontales— y axial —vectores verticales— del mecanismo de cierre —a— y apertura —b—, de los orificios auriculoventriculares.



90. Sucesivas fases de la revolución cardíaca para mostrar la íntima relación entre la dinámica valvular mitral y aórtica









