

La fase de llenado rápido ventricular: ¿un proceso de relajación o de contracción muscular?

Pedro Zarco

Catedrático de Cardiología. Profesor emérito de Medicina de la Real Academia Nacional de Medicina.

Comienza Andrea Vesalio en el capítulo 11 del libro sexto *De Humani Corporis Fabrica* (1542) con las siguientes sabias palabras: «tengo serias dudas sobre la función del corazón». Y poco antes en el capítulo 10 había escrito: «la localización y la sucesión de las compactísimas fibras del corazón, más que conocerlas por la disección, *las imaginamos* (la cursiva es nuestra). Sea cual sea, la manera en que realices la disección de la carne del corazón, tanto si está cruda como cocida, ...a duras penas puedes arrancar una porción de un solo tipo de fibra, porque tienen direcciones múltiples y distintas, sobre todo transversales». Y, un poco después, en el capítulo 15: «cuando el ventrículo izquierdo vuelve a dilatarse el aliento y la sangre son atraídos nuevamente hacia el ventrículo»¹.

Pues bien, con una gran tenacidad y un trabajo prolongadísimo, el más extenso en el siglo XX de la anatomía cardíaca, el Dr. Torrent Guasp imaginó primero y conoció después el intrincado ovillo que forma el corazón cuyo desmadejamiento ha descubierto una banda muscular que de la arteria pulmonar se dirige a la aorta formando ambos ventrículos, el derecho muy simplemente y el izquierdo dando un giro forzado y un doblez que le proporciona su extraordinaria potencia muscular y que ha expuesto en numerosos trabajos^{2,3}. Pero en el trabajo que aparece en este número⁴ presenta una hipótesis muy convincente de cómo el ventrículo izquierdo se dilata para atraer la sangre que decía Vesalio y que da lugar al llenado ventricular activo, es decir, a la fase de llenado rápido ventricular o succión del período diastólico.

Torrent Guasp, ya cuando era estudiante de medicina, se había imaginado que el llenado ventricular era activo, lo que le permitió ir a trabajar con Hamilton y Brecher. Brecher, que demostró la succión ventricular en un trabajo publicado en *Circulation Research*⁵ decía en otro trabajo: «Han pasado 2.300 años desde que Erasistrato hasta Torrent Guasp han postulado el llenado activo del corazón...»⁶.

En efecto, como entre anatomía y función existe un estrecho paralelismo, el profundo conocimiento de la anatomía cardíaca le ha permitido a Torrent Guasp hacer muchas deducciones fisiológicas de la función ventricular absolutamente correctas. Una de ellas es la succión ventricular o diástole activa que, demostrada por Brecher, reconoce su inspiración en Torrent Guasp. Pero hay muchas más afirmaciones de Torrent Guasp que todos aceptamos en el momento actual. Por ejemplo, su idea de que el anillo mitral se contrae en sístole⁷, que llevó a Donald Ross a utilizar válvulas con anillo flexible y desde el eco bidimensional en el plano horizontal, todos sabemos que, en efecto, el anillo mitral se contrae en sístole, pero el primero que lo dijo fue Torrent. El Dr. Torrent es un investigador heterodoxo que muchas veces expone ideas que van a contracorriente del paradigma dominante. Torrent Guasp siempre postuló que el anillo basal se contrae antes que el ápex, lo cual tiene sentido hemodinámico porque serviría para traslocar el bolo de llenado hacia la punta para preparar la eyección. Esto está en bastante contradicción con lo que se sabe de la actividad eléctrica del corazón, pero estudios con isótopos y ecocardiograma con caracterización tisular parece que están de acuerdo con Torrent Guasp y que la base empieza a contraerse antes que el ápex siguiendo la banda muscular, como cree Torrent.

La anatomía de Torrent, primero de la cuerda y luego de la banda, explica satisfactoriamente los tres movimientos de la mecánica cardíaca de acortamiento longitudinal, estrechamiento circunferencial y torsión espiral, como «la torsión de una toalla» que decía Richard Lower, contemporáneo de Harvey⁸. Pero al ver la resonancia magnética, que hemos visto todos los cardiólogos del mundo, sólo a Torrent se le ha ocurrido una idea verdaderamente genial, que es la siguiente: el corazón se comporta como un pistón, cuyo descenso de la base hacia la punta que queda fija, da lugar a la eyección y al retorno venoso sistólico, y cuyo ascenso da lugar a la succión y el llenado diastólico. Pero el corazón, en lugar de ser un pistón deslizante sobre unas paredes fijas como cualquier cilindro, se retuerce el émbolo descendente y las paredes hacen un giro espiral, con lo cual la eficacia mecánica es máxi-

Correspondencia: Dr. P. Zarco.
Gurtubay, 4. 28001 Madrid.

(*Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 1031-1032)

ma, como ya demostraron experimentalmente Sallin en 1968⁹ e Ingels et al en 1989¹⁰. Es quizás este pistón que se retuerce el que proporciona la tremenda fuerza del corazón, cuya eficacia mecánica es del 50% (relación entre trabajo y flujo de energía) cuando los cilindros de los mejores motores de explosión de gasolina lo son sólo del 30%.

En este artículo, el Dr. Torrent expone su idea de por qué mecanismo el septo se endereza, se eleva el plano mitral y se origina la fase de relajación isovolumétrica y del llenado rápido ventricular (succión). Nos parece que su modelo de cilindro con contracción horaria descendente en sístole y su enderezamiento diastólico es perfectamente coherente con todo lo que sabemos de la mecánica cardíaca.

Pero hay un punto en el que no podemos estar de acuerdo: que el enderezamiento del segmento ascendente, que ocurre al final de la sístole y en la diástole precoz, se deba a una contracción activa del músculo cardíaco en plena diástole. No es creíble que coincidiendo con la onda T del ECG se contraiga el septo. Ya hemos dicho que el Dr. Torrent Guasp es un pensador heterodoxo y que muchas veces está teniendo razón. Pero si realmente la elongación del septo que expone Torrent en el artículo que comentamos fuera una contracción activa, es decir sistólica, tendríamos que admitir que la mayoría de nuestros conceptos de la electrocardiografía y de la relación despolarización-contracción-relajación son erróneos. Y nosotros, como un modesto cardiólogo del comienzo del siglo XXI, no podemos aceptarlo.

De todas formas, el hecho de si el «envaramiento» del septo es por contracción o por relajación en la diástole precoz nos parece relativamente irrelevante, porque lo importante es que este enderezamiento, activo o pasivo, del pistón de lugar al llenado rápido ventricular. De todas formas, este hecho se puede comprobar muy fácilmente colocando un electrodo en el septo y un cristal piezoeléctrico que registre la tensión simultáneamente o un marcador radiopaco miniaturizado para ver el movimiento, como hicieron Ingels et al. Lo importante de Torrent Guasp es que su modelo explica satisfactoriamente la anatomía –hasta ahora totalmente incomprensible– y la mecánica del corazón de expresión sistólica y elongación y succión diastólica.

Además, si el septo se endereza en la relajación, que es lo que nosotros creemos, está totalmente de acuerdo con los nuevos conceptos de que la relajación es activa y consume la totalidad del ATP, siendo la contracción puramente pasiva (*rigor mortis*¹¹⁻¹⁸).

BIBLIOGRAFÍA

1. Vesalii A. *De Humani Corporis Fabrica. Libri septem*. Barcelona: Ebrisa, 1997.
2. Torrent Guasp F. Estructura y mecánica del corazón. Barcelona: Grass, 1987.
3. Torrent Guasp F. Una prótesis contentiva para el tratamiento de la miocardiopatía dilatada. *Rev Esp Cardiol* 1998; 51: 521-528.
4. Torrent Guasp F. Mecánica de los segmentos descendente y ascendente de la banda miocárdica ventricular. La relación entre la musculatura agonista y antagonista del corazón. *Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 1091-1102.
5. Brecher GA. Experimental evidence of ventricular diastolic suction. *Circulation Res* 1956; 4: 513-518.
6. Brecher GA. *Venous Return*. Nueva York: Grune Straton, 1956.
7. Torrent Guasp F. La dinámica valvular. *Rev Esp Cardiol* 1970; 23: 191-208.
8. Lower R. *Tractatus de Corde*. Amsterdam: Elsevirius, 1669.
9. Sallin EA. Fiber orientation and ejection fraction in the human left ventricle. *Biophys* 1969; 9: 954-964.
10. Ingels NB Jr, Hansen DE, Daughters GT 2nd, Stinson EB, Alderman EL, Miller DC. Relation between longitudinal, circumferential and oblique shortening and torsional deformation in the left ventricle of the transplanted human heart. *Circulation Res* 1989; 64: 915-927.
11. Rayment I, Rypniewski WR, Schmidt-Base K, Smith R, Tomchick DR, Benning MM et al. Three-dimensional structure of myosin subfragment-1: a molecular motor. *Science* 1993; 261: 50-58.
12. Rayment I, Holden HM, Whittaker M, Yohn CB, Lorenz M, Holmes KC et al. Structure of the actin-myosin complex and its implications for muscle contraction. *Science* 1993; 261: 58-65.
13. Holmes KC. Muscle contraction. En: *The Limits of Reductionism in Biology*. Novartis Foundation, 1998.
14. Goldman YE. Wag the tail: structural dynamics of actomyosin. *Cell* 1998; 93: 1-4.
15. Vale RD. Getting a grip on myosin. *Cell* 1994; 78: 733-737.
16. Vale RD, Goldstein SB. One motor, many tails: an expanding repertoire of force-generating enzymes. *Cell* 1990; 60: 883-885.
17. Ishijima A, Kojima H, Funatsu T, Tokunaga M, Higuchi H, Tanaka H et al. Simultaneous observation of individual ATPase and mechanical events by a single molecule during interaction with actin. *Cell* 1998; 92: 161-171.
18. Zarco P. *Bases Moleculares de la Cardiología Clínica*. Madrid: Panamericana, 1996.