

## Francisco Torrent-Guasp. Mi pequeño homenaje.

### ¿Quién fue Francisco Torrent Guasp?

Para aquellos lectores que no conocen a este genio de la investigación, brevemente, indicar que Torrent Guasp fue un cardiólogo interesado en la anatomía y función del corazón desde muy joven, cuando estudiaba tercero de medicina en la universidad de Salamanca. Quien desee más información relativa, a mi modesto entender, de este “muy brillante cardiólogo” puede ver el programa que hicieron sobre su vida y labor científica en la TVE 2 (1).

Sus métodos de disección provocaron que muchos “ortodoxos de la anatomía” criticaran sus resultados, de manera que estos fueron ignorados durante más de dos décadas, hasta por sus propios colegas de la especialidad, como muchas veces sucede. Pero, igualmente también, hubo un cardiólogo de USA, de “mente abierta”, que al conocer, de casualidad, sus investigaciones le ofreció una beca siendo estudiante para que expusiera y diera a conocer sus novedosos estudios. Tan incomprendido fue que, como dato curioso no publicó en “revistas impactantes”. Como se muestra en la figura el número de artículos publicados es muy bajo (¡sólo 25 artículos tras 38 años de trabajo contabilizados en pubmed!) para el nivel de las investigaciones de Torrent Guasp. Sin embargo, su actividad investigadora quedó plasmada en libros y artículos (2-14).

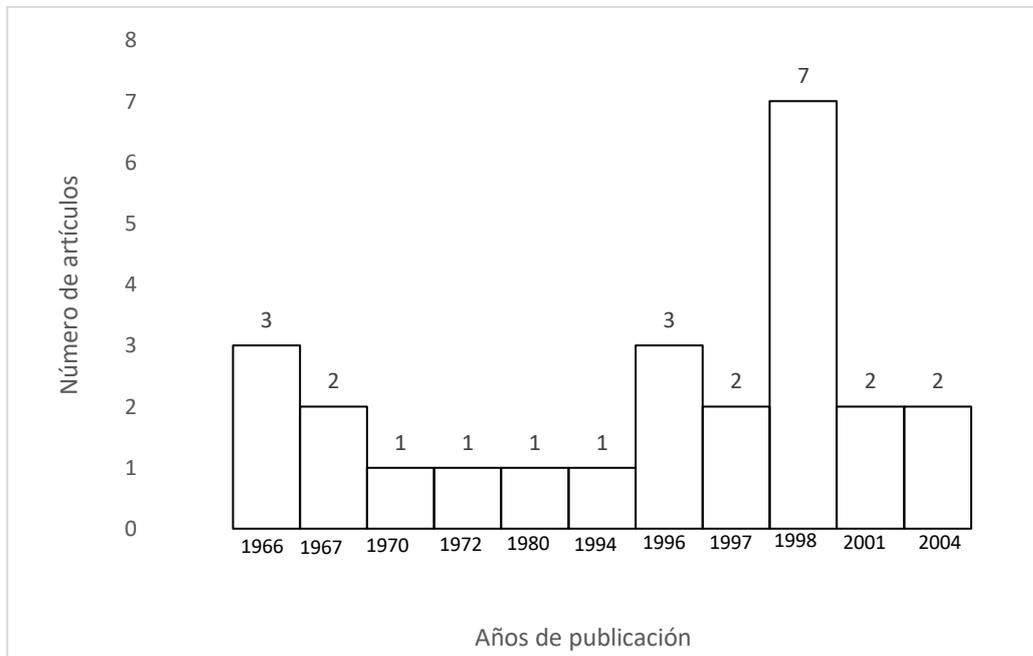


Figura 1. Número de publicaciones desde 1966 hasta 2004

Pero lo que llama la atención es el **indudable respeto científico** que dispensaron en USA por las investigaciones de este brillante investigador. En una ocasión, leyendo el handbook de fisiología cardiaca publicado en 1966, encontré, para mi sorpresa, que en las referencias bibliográficas donde se citaba a Torrent Guasp, figuraba “¡los cuadernos!” **dónde este investigador apuntaba sus hallazgos y que firmaba con el nombre de Paco.**

### ¿Cuál fue la contribución de Torrent Guasp a la ciencia?

Si tuviera que resumir sus investigaciones, en primer lugar, no está a mi alcance una absoluta comprensión y en segundo lugar, analizando de forma concienzuda sus investigaciones tendría una extensión exagerada para el objeto de esta entrada: dar un homenaje a este extraordinario cardiólogo. Por tanto, de forma sencilla, voy a intentar explicar la idea de este investigador

Existe unanimidad en el siguiente hecho: los diferentes fascículos de fibras musculares del corazón constituyen una “hilera o banda única” (figura 2, izquierda) que a lo largo de desarrollo embrionario (figura 3) se va “enrollando o plegando” sobre sí misma, dando como resultado la forma del corazón (figura 2, derecha). Naturalmente, Torrent Guasp procedió al revés, es decir, a partir del corazón completo (figura 2 derecha), fue diseccionado con las manos (de forma no ortodoxa, según los anatómicos puristas) hasta llegar a la banda única (figura 2, izquierda). Labor no sencilla ni de llevar a cabo ni de explicar. Como consecuencia, Torrent Guasp que además de un brillante investigador, tenía una alta capacidad para la enseñanza, se le ocurrió acudir a una analogía: “modelo de cuerda” (figura 4) que se puede “enrollar” y “simular” la forma en la que la banda única forma el corazón completo.

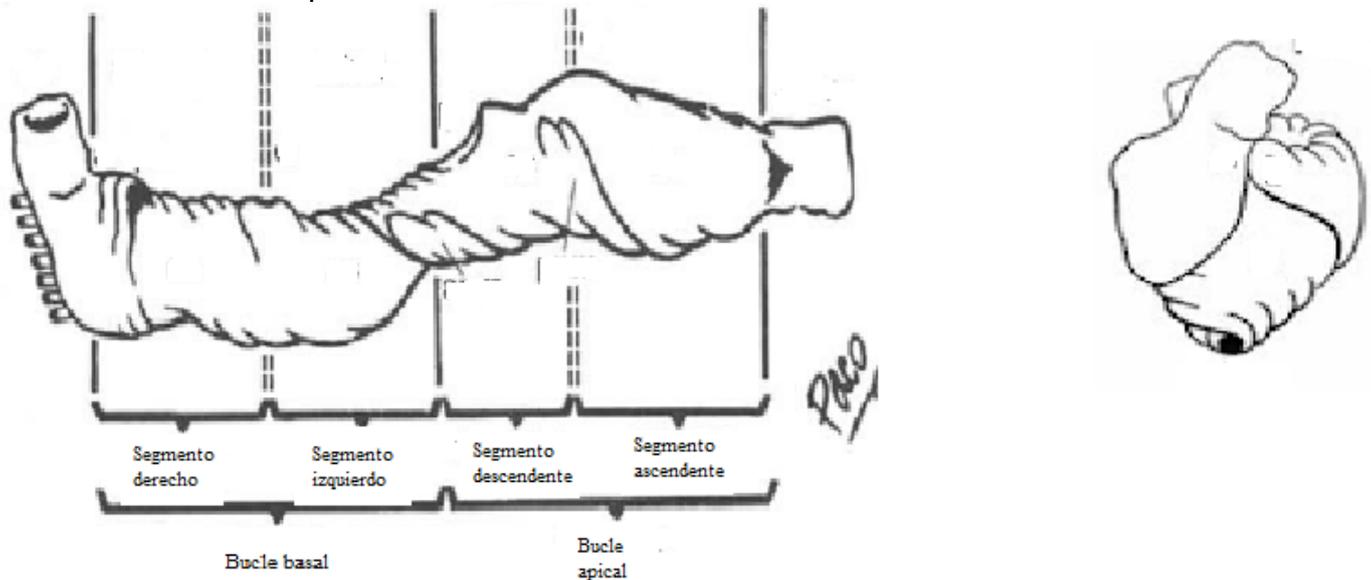


Figura 2. La banda miocárdica (a la izquierda), con las dos asas o bucles y los segmentos que las constituyen. A la derecha un esquema muy simple de la reconstrucción del corazón a partir del plegamiento o enrollamiento de la banda única. Figura modificada de una de las originales del autor y que por respecto a él se ha mantenido su firma (imagen de la izquierda)

### Esquema del desarrollo del corazón a lo largo del periodo embrionario

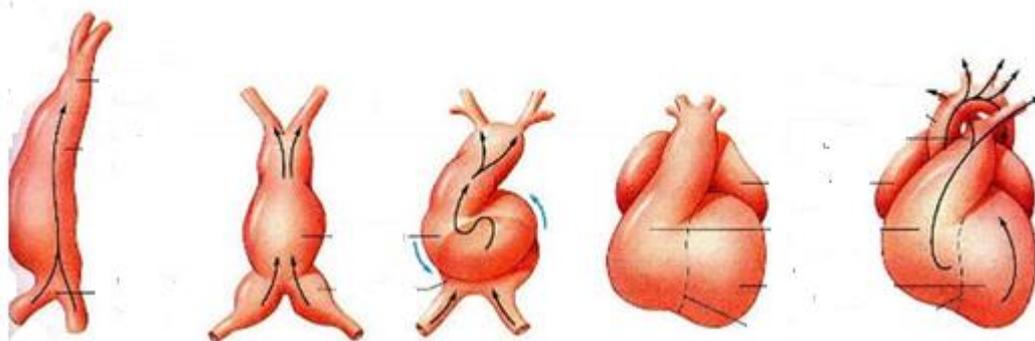


Figura 3. Secuencia de imágenes del desarrollo del corazón durante la embriogénesis. Es probable que Torrent Guasp con gran sentido común pudiera inspirarse en la evolución del corazón para proponer “la banda única miocárdica”

## Modelo de cuerda para explicar el enrollamiento de la banda miocárdica

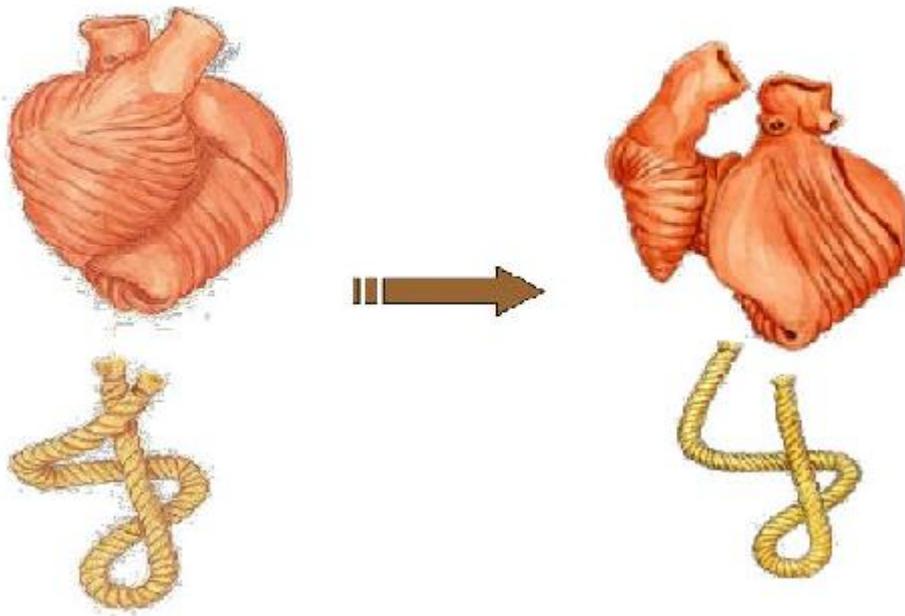


Figura 4. Analogía del “modelo de cuerda” que ideó Torrent Guasp para que se comprendiera el mecanismo de plegamiento. Imágenes del modelo de cuerda son numerosas y se encuentran en muchos trabajos.

La banda muscular única se extiende desde el origen de la arteria pulmonar hasta la raíz de la aorta y define dos vueltas helicoidales que delimitan dos cavidades, los ventrículos derecho e izquierdo. Así, tanto en la banda única como en su plegamiento se distinguen dos regiones, basal y apical, porque en la base de los ventrículos las fibras discurren de forma helicoidal desde el epicardio hasta el endocardio, mientras que el ápex lo hacen en dirección opuesta.

### Según el concepto de banda única de Torrent Guasp, ¿cómo se explica la contracción del ventrículo izquierdo?

Para hacer los cálculos correspondientes, durante muchos años los investigadores estuvieron analizando la forma del ventrículo izquierdo y se llegó al acuerdo unánime que su forma geométrica más parecida era la de una elipse. Aquí, al objeto de hacer más compresible los movimientos del ventrículo izquierdo durante un latido, se asemeja a un “cono truncado” (figura 5).

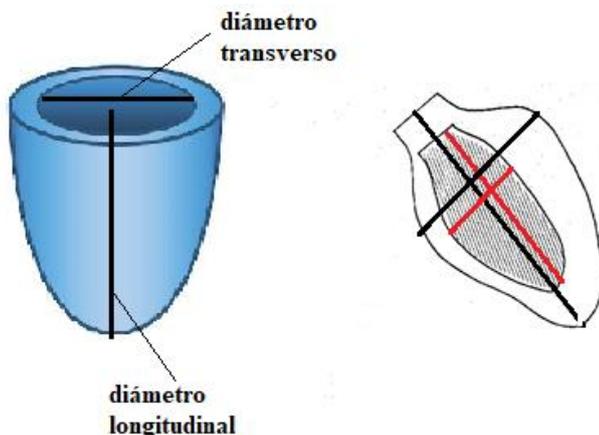


Figura 5. A la izquierda, esquema del ventrículo izquierdo como un cono truncado, mostrando los dos ejes que experimentan variaciones durante la sístole y diástole. A la derecha, representación de una ventriculografía, en blanco durante la diástole y rayada durante la sístole, mostrando las variaciones que experimentan los dos ejes

Se ha demostrado que, mediante técnicas de imagen (ventriculografía, ecocardiografía y resonancia magnética), durante un latido cardíaco, el ápex permanece inmóvil, o sin ningún movimiento relevante, mientras que la base ventricular realiza movimientos descendentes y ascendentes. Este fenómeno parece paradójico porque la movilidad corresponde a la base, que está permanentemente fijada a la arteria pulmonar, la aorta y las aurículas, mientras que el ápex, que es bastante libre y no está fijo, permanece inmóvil, apoyado en la pared torácica.

Así, cuando se observa un latido cardíaco, se distinguen 4 movimientos, 2 sobre el eje longitudinal y otros dos sobre el eje transversal longitudinal. Estos cuatro movimientos, se producen de forma coordinada, durante el ciclo cardíaco, en la siguiente sucesión:

- (1) Disminución del diámetro transversal de la base causado por la contracción de los dos segmentos del asa basal.
- (2) Disminución del eje longitudinal causado por la contracción del segmento descendente.
- (3) Aumento del eje longitudinal causado por la contracción del segmento ascendente.
- (4) Aumento del diámetro transversal de la base está condicionado por la relajación de las paredes ventriculares y, probablemente, promovido por la contracción de unas determinadas fibras musculares mas la fuerza centrífuga realizada por la des-torsión de la masa ventricular producida por la contracción del segmento ascendente.

A la actividad secuencial de los cuatros movimientos señalados, se añade un fenómeno de rotación o torsión del asa o bucle basal respecto al bucle apical cuando el segmento descendente se contrae. Pero, inmediatamente después la actividad del segmento ascendente produce la rotación opuesta entre las asas basal y apical. Es decir, se produce una torsión en sentido opuesto a la anterior con el ascenso del asa basal, elongación y descenso de la presión de la sangre en el ventrículo, con un efecto de “succión” sobre la sangre contenida en la aurícula izquierda. Los dos fenómenos de torsión se muestran de forma esquemática en la figura 6 y son fundamentales, pues se considera que, además de ser importantes para la eyección de la sangre durante la sístole, también son fundamentales durante la primera parte de la diástole, fenómeno activo y no pasivo como se pensaba.

**Sístole (en sentido contrario a las agujas del reloj)**



**Diástole (en el sentido de las agujas del reloj)**

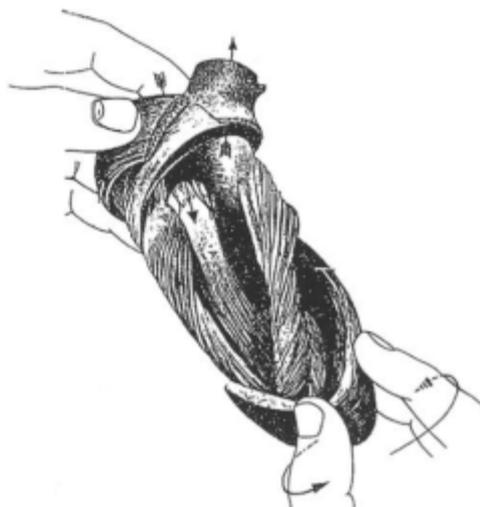


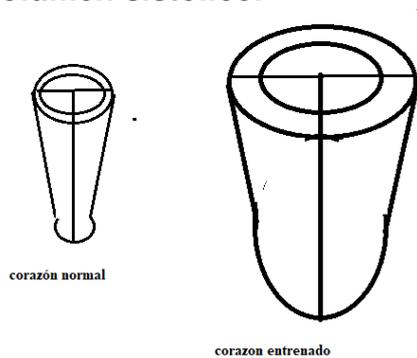
Figura 6. Fenómenos de torsión en los dos sentidos de las agujas del reloj

## Según el modelo de Torrent Guasp, ¿cómo se explica la función ventricular en corazones sanos o enfermos?

El modelo y secuencia de activación de las diferentes partes de la banda miocárdica determina la expulsión y parte del llenado ventricular. Las personas que siempre nos ha interesado conocer la adaptación del corazón al entrenamiento, aparte de conocer los efectos “finales” del entrenamiento sobre el corazón, nos ha intrigado el mecanismo por el cual bombea más sangre en un latido. Por otra parte, los cardiólogos han estudiado desde hace tiempo las variaciones que se producen en la forma y función en determinadas patologías cardiacas.

En el caso del corazón sano y entrenado no ha sido posible, por razones obvias, estudiar la función ventricular. Ha sido con la aparición y desarrollo de la ecocardiografía, resonancia magnética y otras técnicas de imagen, cuando se ha estudiado el corazón de atleta. Por el contrario, en las diferentes patologías cardiacas siempre ha estado más que justificado conocer el grado de alteración del corazón, de manera que son muy numerosos estudios los publicados. A continuación, se expone cómo el modelo de banda única helicoidal de Torrent Guasp ha contribuido a explicar la función ventricular en corazones sanos y enfermos

### El modelo de Torrent Guasp explica como el corazón entrenado expulsa un mayor volumen sistólico.



La figura 7 muestra una “exageración” del fenómeno de adaptación al entrenamiento con alto componente dinámico y moderado estático. Son los atletas de resistencia (ciclistas, remeros, fondistas) los que experimenta el mayor grado de adaptación, no sólo de los ventrículos, sino también de las aurículas. De forma simplificada, el corazón se dilata fisiológicamente al tiempo que experimenta un mayor grado de hipertrofia del miocardio

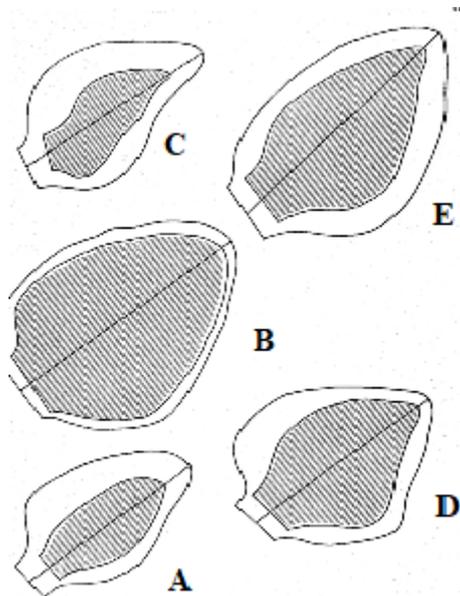
Figura 7. Representación esquemática de la modificación en tamaño y desarrollo del miocardio a consecuencia del entrenamiento en atletas con alto componente dinámico y moderado estático. Se han “exagerado” tanto el tamaño del ventrículo como el grosor, al objeto de hacerlo más evidente, aunque, lógicamente no es de la magnitud representada

Como consecuencia de lo anteriormente descrito, es posible que el corazón de atleta experimente una serie de modificaciones que, pienso, han sido demostradas, pero que una lógica serían las siguientes:

- (1) una mayor disminución del diámetro transversal de la base causado, probablemente por la hipertrofia de los dos segmentos del asa basal.
- (2) un descenso más acentuado del eje longitudinal causado por la hipertrofia del segmento descendente.
- (3) Un mayor incremento del eje longitudinal causado por elongación e hipertrofia del segmento ascendente.
- (4) Un mayor diámetro transversal de la base, probablemente por una mejor capacidad de relajación ventricular
- (5) Una mayor capacidad de torsión y des-torsión. La mejor torsión contribuiría a la mejor capacidad para eyectar la sangre en cada latido y la mejora de la capacidad para “rotar” en el sentido de las agujas del reloj contribuiría a un mejor llenado inicial del ventrículo al “succionar” la sangre de la aurícula izquierda. Además, al aumentar tanto la capacidad como el grado de hipertrofia de la aurícula izquierda el resultado sería un llenado más completo

## El modelo de Torrent Guasp explica como el corazón enfermo modifica su forma y función

Se conoce desde hace tiempo como diferentes patologías cursan con modificaciones de la forma del ventrículo izquierdo (de elipse a esférica)



Nótese (ver figura 8) como no en todas las patologías se produce una pérdida de la forma, de elipse a esférica, Dónde es más evidente la forma esférica es cuando el ventrículo se debilita de forma considerable (B en la figura 8), mientras que, por ejemplo en las alteraciones de la válvula aórtica (C y E en la figura 8) se mantiene la forma elipsoide del ventrículo izquierdo. La tendencia a la esfericidad se manifiesta en la insuficiencia mitral. Pues bien, en base al modelo de banda única helicoidal de Torrent Guasp, se puede explicar, no ya el cambio de forma, sino lo que es más importante el cambio de función. Brevemente, a continuación se exponen los cambios experimentados en la insuficiencia cardíaca, la isquemia del miocardio y las valvulopatías

Figura 8. Formas del ventrículo izquierdo en sístole (rayado) y diástole (en blanco) en; A (corazón sano), B (insuficiencia cardíaca congestiva), C (estenosis aórtica), D (insuficiencia mitral) y E (insuficiencia aórtica)

Insuficiencia cardíaca. La dilatación del ápex provoca una alteración de la relación normal base/ápex, de manera que la capacidad de torsión de las fibras más profundas en hélice disminuye notablemente, aunque permanece la capacidad de “compresión” de la base. El resultado es una baja capacidad de eyección de la sangre (descenso de la fracción de eyección). Además, las modificaciones del miocardio afectan la función de des-torsión, limitando la capacidad de succión.

Isquemia del miocardio. La afectación más frecuente de la arteria descendente anterior produce afectación del ápex y del septo anterior, convirtiéndose estas regiones no contráctiles en el elemento central de la alteración geométrica (de elipse a esférica). El músculo no afectado por la isquemia (zonas media y basal) conserva las propiedades contráctiles, pero la dilatación ocasionada provoca una orientación anormal de las fibras, viéndose afectadas la capacidad para generar tensión. Además, se produce una reducción de la capacidad de rotación para la eyección y succión.

Insuficiencias valvulares. La ausencia de una zona isquémica es la única diferencia entre el ventrículo izquierdo esférico causado por una afección de dilatación y el que se produce por una valvulopatía (aórtica o mitral) con sobrecarga de volumen.

**En resumen, este escrito representa un pequeño homenaje de una persona que no le conoció, pero admira como este brillante cardiólogo investigador luchó por demostrar sus hallazgos a pesar de la “incomprensión” durante décadas y la “compresión”, por unos pocos en sus inicios investigadores, y prácticamente unánime casi al final de su carrera. Ciertamente, no tengo el criterio suficiente para saber si merecía o no el premio Nobel de**

**medicina, pero he leído que se intentó proponerlo. Por otra parte, me llama la curiosidad como los especialistas que más han considerado en los últimos años su concepto de banda única helicoidal, han sido los cirujanos cardiacos. Quizás, sea debido a que tienen el “corazón en sus manos” y por tanto, ven de cerca cómo se contrae y relaja.**

## **Referencias bibliográficas**

- (1) “El hombre que desplegó mil corazones”, emitido en un documental en la TVE 2, 28 de noviembre del 2010.
- (2) Torrent, Guasp. (1980). La estructuración macroscópica del miocardio ventricular.
- (3) Torrent-Guasp, F. (1982). Comentarios sobre la forma y la función del corazón. *Clin Cardiovasc*, 1, 85-8.
- (4) Torrent Guasp, F., Zarco, P., Lunkenheimer, P. P., Aragoncillo, P., Fariña, J., Streeter, D. D., & Ramón, C. (1987). Estructura y mecánica del corazón. *Barcelona: Grass Ed.*
- (5) Torrent-Guasp, F., Whimster, W. F., & Redmann, K. (1997). A silicone rubber mould of the heart. *Technology and Health Care*, 5(1-2), 13-20.
- (6) Torrent-Guasp, F. (1972). La estructura de la pared ventricular izquierda. *Rev Esp Cardiol*, 25(0).
- (7) Torrent-Guasp, F. (1972). La estructura de la pared ventricular y su proyección quirúrgica. *Cir Cardiovasc*, 1, 93-108.
- (8) Torrent-Guasp F: The Cardiac Muscle. Madrid, Fundacion]uan March, 1972
- (9) Torrent-Guasp F: El ciclo cardiaco. Madrid, Spain, Espasa-Calpe, 1954
- (10) Torrent-Guasp F: Anatomia Funcional del Corazon. Madrid, Spain, Paz-Montalvo, 1957
- (11) Torrent-Guasp F: An Experimental Approach on Heart Dynamics. Madrid, Spain, Aguirre-Torre, 1959
- (12) Torrent-Guasp F: Sobre morfología y funcionalismo cardiacos. *Rev Esp Cardiol* 19:48-72, 1966
- (13) . Torrent-Guasp F: Sobre morfología y funcionalismo cardiacos. *Rev Esp Cardiol* 20:14, 1967
- (14) Torrent-Guasp F: Sobre morfología y funcionalismo cardiacos. *Rev Esp Cardiol* 20:1, 1967

## **Otras referencias dónde se contempla la idea de Torrent Guasp y su aplicación a la cardiología**

Torrent-Guasp, F., Buckberg, G. D., Clemente, C., Cox, J. L., Coghlan, H. C., & Gharib, M. (2001, October). The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. **I.** The normal macroscopic structure of the heart. In *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery* (Vol. 13, No. 4, pp. 301-319). WB Saunders.

Buckberg, G. D. (2001, October). The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. **II.** Interface between unfolded myocardial band and evolution of primitive heart. In *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery* (Vol. 13, No. 4, pp. 320-332). WB Saunders.

Coghlan, H. C., Coghlan, A. R., Buckberg, G. D., Gharib, M., & Cox, J. L. (2001, October). The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. **III.** The electric spiral of the heart: The hypothesis of the anisotropic conducting matrix. In *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery* (Vol. 13, No. 4, pp. 333-341). WB Saunders.

Buckberg, G. D., Clemente, C., Cox, J. L., Coghlan, H. C., Castella, M., Torrent-Guasp, F., & Gharib, M. (2001, October). The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. **IV.** Concepts of dynamic function from the normal macroscopic helical structure. In *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery* (Vol. 13, No. 4, pp. 342-357). WB Saunders.

Buckberg, G. D., Coghlan, H. C., & Torrent-Guasp, F. (2001, October). The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. **V.** Anatomic and physiologic considerations in the healthy and failing heart. In *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery* (Vol. 13, No. 4, pp. 358-385). WB Saunders.

Buckberg, G. D., Coghlan, H. C., & Torrent-Guasp, F. (2001, October). The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. **VI.** Geometric concepts of heart failure and use for structural correction. In *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery* (Vol. 13, No. 4, pp. 386-401). WB Saunders.

Buckberg, G. D., Coghlan, H. C., Hoffman, J. I., & Torrent-Guasp, F. (2001, October). The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. **VII**. Critical importance of septum for right ventricular function. In *Seminars in Thoracic and Cardiovascular surgery* (Vol. 13, No. 4, pp. 402-416). WB Saunders.