

exteriores la mas grande sensibilidad (1).
 Si queremos estimar ahora la fuerza absoluta del corazon, y someter sus elementos á una valuacion matemática, hallaremos al primer paso mil obstáculos que nos detengan, por los vicios y el conflicto de muchos cálculos opuestos así en sus principios como en sus resultados, con los que se ha intentado vanamente la solucion de este indeterminable problema: las variaciones inconstantes de esta fuerza entre el *maximum* y el *minimum* de su intensidad, la naturaleza desconocida de los agentes que la causan, los resortes invisibles á que obedecen los movimientos del corazon, las resistencias incalculables que estos movimientos tienen que vencer, la diferencia de velocidad impresa á la sangre que circula en diversos tiempos, la accion misina de los vasos que aumenta la que el fluido recibe del corazon, finalmente el número y complicacion de los efectos que este órgano produce quando obra; todo esto multiplica los datos, complica los elementos del cálculo, y lo sobrecarga de insuperables dificultades. De aquí es que las tentativas de los geometras y de los fisicos para valuar la fuerza absoluta del corazon, no se semejan en otra cosa que en los errores groseros ya de anatomía, ya de cálculo que han acreditado. Unas veces, atribuyendo el curso progresivo de la sangre á la impulsión del corazon solamente, han exagerado mucho sus fuerzas, á fin de concebir cómo podian extenderse á las últimas ramificaciones de los vasos capilares, y hasta el tejido interior de las partes que la sangre riega. Otras, admitiendo que la impulsión del corazon era auxiliada y sostenida por el movimiento propio de las arterias, por la oscilación de los vasos menores, por la accion expansiva del ayre, por la vitalidad activa de la sangre misma, han reducido casi á cero las fuerzas reales del primer órgano, á fin de explicar mejor cómo

(1) Galeno, *de Filosof. plac. et Hipocr.* Pechlin, *de Corde*. Fontana, *Rricerch. filos. id. opusc. fis. et. quim.* (2)

no puede moverse la sangre en los animales que no tienen corazon, y en otros que han sido privados de él.

Borelli supuso que las fuerzas absolutas de los músculos eran en razon directa de sus pesos. Habiendo conocido primero las fuerzas del músculo deltoides, comparó su peso con el del corazon, y según la proporcion de los pesos á las fuerzas halló, que la fuerza real de este órgano era igual á 180,000 libras; lo que es sin duda una cantidad excesiva (1). Pero el cálculo de Borelli peca en su principio fundamental; porque es falso que las fuerzas de los músculos sean entre sí como sus pesos. No todas las fibras que constituyen la masa de un músculo concurren á su accion; y entre el número de partes que esta masa comprehende hay muchas que por su naturaleza son incapaces de poder ser consideradas como elementos de las fuerzas musculares: los vasos arteriales y venosos, los nervios, el tejido celular, la gordura, que aumentan su peso, no sirven sino indirectamente á las fuerzas de estos cuerpos carnosos, esto es, en tanto que encierran ciertas condiciones de sus movimientos.

Valuando la fuerza del corazon por diversos métodos, llegó Keill á otros resultados muy distintos, y la reduxo á mucho ménos de lo que Borelli habia supuesto. Su primer cálculo fundado en la velocidad de la sangre, daba como determinada una cosa desconocida, y que aun siéndolo, apenas serviria para resolver el problema de que se trata. Porque admitiendo con Keill que la sangre corre en cada minuto el espacio de 156 pies, y de 65 en un segundo, con todo no se podria fixar la fuerza del corazon, pues siempre quedarían por determinar la cantidad y el volumen de la sangre introducida en la aorta por el ventrículo izquierdo en cada contracción.

Para estimar la fuerza del corazon por la velocidad presumida de la sangre, usaba Keill de un teorema tomado de los principios matematicos de Newton. La

(1) Borelli, *de Mot. anim. prop.* 71, 72, 73. (2)

fuerza que pone en movimiento un fluido qualquiera en un vaso, es igual al peso de una columna del mismo fluido que tuviera por base el orificio del vaso, y por altura dos veces la altura de que debe caer el fluido para adquirir su velocidad. Después mide el orificio de la aorta, y contando con las resistencias determina la velocidad de la sangre. Conocida una vez esta, se sabe de qué altura debe caer el fluido para adquirirla; y doblando dicha altura, se tiene otro dato que introducido en el cálculo con el del orificio arterial, expresa la fuerza absoluta del corazón. Hecho el cálculo halla, que siendo la velocidad de la sangre en la aorta como 65 en un segundo, la altura de donde este fluido debería caer es como 74. Esta altura puede también ser representada por el cuadrado de la velocidad de la sangre en movimiento, pues que los espacios corridos son entre sí como el cuadrado de las velocidades. La velocidad de la sangre en un segundo es como 65; luego la altura indicada se podrá expresar igualmente, ó por 74, ó por el cuadrado de 65 que es 4225. El primer número doblado hace 148, el segundo, 1776. Tomando pues este número por el duplo de la altura que se busca, expresará la altura de una columna de sangre que corre con una velocidad de 65 por segundo, y que tiene por base el orificio de la aorta. Pero este orificio es igual, según Keill, á 04, 187; suma, que junta con la de 1776 que expresa la altura de la columna, forman una cantidad de 7, 436, 112 para su peso, el qual ofrece la expresion de la fuerza absoluta del corazón. Reduciendo esta cantidad á onzas, se hallará que la fuerza del corazón equivale á un peso de cinco onzas (1).

Keill propone otro método de calcular mas fácil, el qual está apoyado en la curva que describe la sangre al salir de los vasos en que el corazón la ha impelido. Esta curva es una parábola que en su movimiento de proyec-

(1) *De vi cord. sanguin. per corp. pellent.* (1)

cion se aparta de la perpendicular hasta tres pies. Trátese ahora de saber solo cuál es la fuerza impresa por el corazón á la sangre para hacerla describir esta parábola. La quarta parte del *parametro* de esta curva determina la altura de donde el fluido debería caer para moverse así. Suponiéndola pues de 11 pulgadas, su duplo serian 22; lo que, según el teorema de Newton, forma la altura de la columna de sangre, cuya base sería, por exemplo, la abertura de la arteria iliaca. Conocidas estas cantidades, el autor valúa por su operacion sobre el movimiento parabólico en 8 onzas la fuerza del corazón, reducida á 5 solamente en el primer cálculo (1).

Los dos métodos de Keill han sido impugnados vivamente. Michelot, Jurin, Martine, Chesselden y Sauvages los han rebatido con argumentos tomados de la geometría, de la estática y de la anatomía (2). Unos desecharon el teorema de Newton; otros reconviniéron á Keill de haberlo entendido mal; muchos le objetaron el no haber contado con las resistencias, y haber querido aplicar á la sangre en la aorta á la salida del corazón, la misma velocidad que este fluido presentaba en la arteria iliaca.

Jurin no fué mas feliz que los anteriores en las tentativas que hizo para estimar la fuerza real del corazón. Tomó por principio su teoría sobre el movimiento de las aguas, en la qual supone que el movimiento del agua por diversos tubos es igual en cada uno á la seccion del tubo multiplicada por la velocidad del agua que sale de él, y por la longitud del mismo tubo. Pero fuera de que esta teoría no ha obtenido el voto de todos los géometras, falta mucho para que pueda aplicarse oportunamente á los movimientos de la sangre y á la accion del corazón. Después de una infinidad de suposiciones, de fór-

(1) *Op. cit.*

(2) Michelot, *de Separ. fluid.* Jurin, *Dissert. fisic. mathem.* Martine, *de Anim. similib.* Sauvages, *Introduc. á la estatic. de los anim. de Hales.*

mulas algebraicas, de equaciones y de cálculos, concluyó Jurin que la fuerza del ventrículo izquierdo es igual al movimiento de un peso de 9 libras y 1 onza, la del ventrículo derecho al de uno de 6 libras y 3 onzas, y que por consiguiente la fuerza absoluta y real del corazón equivale al movimiento de un peso de 15 libras y 4 onzas. Esta fuerza sería capaz de hacer correr á la sangre el espacio de una pulgada en cada segundo (1).

Este geómetra cometió el error ya refutado en nuestro juicio sobre el trabajo de Borelli, de hacer entrar el peso de la masa total del corazón en el cálculo estimativo de sus fuerzas, y confundir el resorte activo, la fuerza viva de un órgano animado, con la impulsión física, con el choque material de un cuerpo sólido que comunicase á la sangre su impulsión. Cometió además, contra las principales reglas del cálculo integral y diferencial, otras faltas graves, cuyo examen pediría una digresion puramente matemática que nos apartaría de nuestro objeto (2).

La vía experimental que siguió el célebre Hales, tuvo al ménos la ventaja de no engañarle, si no pudo conducirle ciertamente á la verdad. La altura á que subía la sangre por un tubo elevado perpendicularmente, servía de medida á este físico para juzgar cuál debía ser la fuerza real del corazón y de la sangre; pero no pudiendo executarse estos experimentos sino con animales, los resultados que Hales obtuvo variaron segun la especie del animal que intentó someter á ellos. Así, en el tubo adaptado á la arteria crural ascendió la sangre hasta la altura de 9 pies y 6 pulgadas en el caballo, á la de 6 pies y 6 pulgadas en el carnero, de 4 pies y 2 pulgadas en el gano, de 6 pies y 8 pulgadas, de 5 y 8, de 4 y 8, de 3 y 1, &c. en diversas especies de perros. Hecho esto, nuestro físico determina la fuerza del corazón por la altura conocida á que llega la sangre en el tubo, multi-

(1) Jurin, Sobr. el movimiento de las aguas. *Transact. filos. dissert. fis. math.*

(2) Senac, trat. del Coraz. t. I.

plicada por la extension de la superficie del ventrículo de donde es expelida. Resulta del cómputo dado por su método, que la fuerza del corazón debe ser igual á la presión de 15 libras en el hombre, de 113 en el caballo, de 35 en el carnero, &c. (1).

Este método peca en que el movimiento de la sangre que salta de la arteria crural ó de la carótida, á las cuales ciñó Hales sus tentativas, no es absolutamente comparable al de este fluido quando sale del corazón y es recibido en la aorta. Aquí y lo mas cerca del corazón que fuese posible, sería pues donde convendría aplicar el tubo y medir el ímpetu de la sangre. Pero una prueba semejante no hubiera tenido otra consecuencia, como se echa de ver desde luego, que excitar en el orden de los movimientos del corazón y de la circulacion una turbacion, una inquietud, á que no resistiría el animal mas vigoroso. Por otra parte no hay ninguna proporcion entre la superficie de los ventrículos y la fuerza que da la impulsión á la sangre, pues que esta fuerza no se muda con el volúmen y las dimensiones del corazón. Paso en silencio las observaciones juiciosas del profesor para siempre célebre que traxo la obra de Hales, y cuyos doctos escritos honran tanto á nuestra escuela (2).

El método de Hales fué adoptado por Morgand, y ofreció con corta diferencia los mismos resultados (3). Abrazado de nuevo por Robinson, fué combinado con el método geométrico de Keill (4); modificado despues por Sauvages, que tomó la fuerza de proyeccion de la sangre por uno de los elementos de su calculo, manifestó en el corazón una fuerza real de 71 onzas para elevar la san-

(1) Hales, *Hemastatik*: ó Estat. de los anim. trad. por Sauvages *Exper.* 5 y 8.

(2) Sauvages, *Introduc. ad Hemast. Hales.*

(3) Morgand, *filosofic. princip. of medic.*

(4) Robinson, *Of food and discharges.*

gre á la altura de un pie por segundo (1); perfeccionado en fin por Daniel Bernouilli, dexó vislumbrar la posibilidad de deducir con la ayuda de un método muy simple las fuerzas absolutas del corazon, y la valuacion de este último hubiera sin duda merecido el asenso general, si, á exemplo de sus predecesores, no hubiera despreciado demasiado el efecto prodigioso de las resistencias (2).

Todos estos modos de supurar las fuerzas de un mismo órgano, que se diferencian tanto por sus resultados como por sus principios, tienen á lo ménos la utilidad de demostrar, que pudiendo alterar y modificar estas fuerzas á cada instante una infinidad de causas inapreciables, no podrán sujetarse nunca á las leyes fixas y rigorosas del cálculo. Para reducir á términos ciertos la potencia absoluta del corazon, sería preciso tener muchos datos indispensables que nos faltan. Por exemplo, sería necesario conocer exáctamente; 1.º, la cantidad de sangre que el corazon arroja á cada pulsacion en las arterias, y se sabe que esta nos es desconocida; 2.º, la velocidad con que la sangre sale del corazon, es decir, el poco tiempo que este órgano emplea en contraerse; 3.º, todas las especies de resistencias que debe superar la accion del corazon aplicada á mover la sangre. Estas resistencias son debidas á la masa incalculable é indefinida de los líquidos contenidos en las arterias y en las venas, á la figura cónica de los vasos, á sus flexiones, á sus ángulos, á su fuerza elástica, á su contractilidad, á las partes que los rodean ó los envuelven, como el tejido celular, la gordura, los huesos, á la presion considerable del ayre exterior, en fin á los caracteres mismos de los fluidos vivientes que luchan contra la accion de los vasos por su coherencia natural y su propia actividad.

(2) Sauvages, lib. cit. *idem*, sobr. la circulacion.

(1) Daniel Bernouilli, *Dissertat. de vi cordis*. Basiliae, 1748. Podiéramos añadir aquí los trabajos de Morland, de Tabor, de Lametrie, de Senac, de Haller, los quales han consignado, aumentado y rectificado ciertos datos que sería útil hacer entrar en el cálculo.

De todos estos hechos se puede concluir legítimamente con Haller, que la fuerza del corazon es inmensa, pero que nunca podrá ser estimada con una precision rigorosamente matemática. Y si adoptásemos las preocupaciones verdaderamente extrañas de los fisiólogos mecánicos; si supusiésemos con ellos que la vida mantenida por medios mecánicos no tiene otros principios, otro móvil que la circulacion; ¿qué inmensidad de fuerzas no habríamos de conceder al corazon, y cómo era posible que acertásemos siquiera á formar de ellas una idea? ¿Qué cantidad de movimiento no debería animar al fluido vital para atravesar vasos tan prodigiosamente multiplicados, que se cortan en ángulos tan diferentes, y que se terminan en extremidades de un diámetro tan pequeño? Penetrado Ruisquiu de estas dificultades, despues de haber probado por sus felices inyecciones la gran multiplicidad de los vasos y su admirable pequeñez, no alcanzaba cómo el hombre podía vivir sano ni un instante. Pero la admiracion de Ruisquiu hubiera cesado, si conociendo mejor las facultades y leyes primordiales de la naturaleza viviente, hubiese sabido, que el corazon, centro y móvil del movimiento progresivo de la sangre, no puede ser por esto mismo el móvil y el centro único de la vitalidad.

CAPITULO IV.

Estructura propia de las arterias y de las venas; fuerza, propiedades, fenómenos, movimientos de estos dos órdenes de vasos; doctrina del pulso.

El corazon no es un órgano solitario, cuyas funciones hayan sido circunscriptas y su fuerza limitada por la naturaleza; al contrario, ejerce un imperio tan dilatado en la máquina animal, que no tiene otro término que las últimas extremidades de ella; obra en todas las partes, comunica indirectamente con todas, vierte y distribuye generalmente por ellas el fluido saludable, con