

**HISTORIA DE LA FISILOGIA DEL DIAFRAGMA.
LA AVENTURA DE GALENO**

Dr. Eduardo L. De Vito
Instituto de Investigaciones Médicas “Dr. A. Lanari”
Universidad de Buenos Aires

(Rev Arg Med Respir 2001; 1:57-63)

Los pulmones no se mueven por sí solos; siguen el movimiento del tórax y del diafragma. Los pulmones no son expandidos porque son llenados de aire, sino que son llenados de aire porque son expandidos.

Franciscus Sylvius de la Boe
Ópera médica - 1681.

La medicina como la conocemos hoy comenzó con el médico griego Galeno (129 – 200 d. C.), el fundador de la fisiología experimental. Usaba vivisecciones y disecciones de manera similar a como los egipcios lo habían hecho centurias antes. Pero él logró un fino conocimiento de la anatomía y de la fisiología. Galeno fue un riguroso científico y debió acuñar nuevas palabras médicas para sus descripciones, además fue muy cuidadoso en definir las estructuras. Un ejemplo de esto lo constituye su definición de tórax: La cavidad limitada por las costillas a ambos lados, extendiéndose al esternón y diafragma por delante y curvándose hacia atrás con la espina. Las obras de Galeno dominaron la medicina hasta el Renacimiento.

¿Qué conocimiento se tenía sobre el tórax, los músculos respiratorios y el diafragma antes de Galeno?

La historia de la fisiología del diafragma antes de Galeno

El diafragma fue reconocido como una estructura anatómica definida desde el tiempo de los antiguos griegos. Sin embargo, considerando las descripciones precisas de Homero de las heridas que sufrían los guerreros durante la guerra de Troya, esta estructura no fue ligada a ninguna función particular. Las primeras descripciones fisiológicas de la respiración se pueden atribuir a Empédocles (495 - 435 a. C.) y a los conceptos introducidos por Platón (428 – 399 a. C.) e Hipócrates (460 – 356 a. C.). Ninguno adjudicaba participación de relevancia al diafragma. Aristóteles (384 – 322 a. C.) fue el primero en asociar la respiración a un órgano particular y al movimiento del tórax. Sin embargo, consideraba que el corazón causaba la expansión de los pulmones por un mecanismo de calentamiento y que los pulmones forzaban al tórax a dilatarse; concepto que se impuso hasta el siglo XVII. Esta visión cardiocéntrica relegaba al diafragma a una estructura que sólo separaba al tórax del abdomen.

El cambio más significativo de este pensamiento ocurrió en Alejandría, entre los siglos III y IV a. C.: Herophilus (340 a. C.), el fundador de la anatomía sistematizada; además de atribuirse las primeras disecciones humanas, fue el primero en reconocer que los músculos eran los responsables del movimiento. Erasistratus (304 a. C.) realizó experimentos en

animales demostrando que los músculos respiratorios eran las estructuras que generaban el movimiento respiratorio. Esto abrió el camino a los descubrimientos posteriores de Galeno.

Galeno, entre suposiciones y certezas

Galeno es recordado por su descripción de sistemas de elementos y humores que preceden a la bioquímica, pero también por su incapacidad para percibir la circulación de la sangre. Esto hizo imposible todo adelanto en la doctrina de la circulación de la sangre, no por sus nociones erróneas acerca de ésta, sino porque todo lo escrito por él fue considerado durante siglos como un dogma (casi a la altura de los escritos de Aristóteles). Galeno suponía que la pulsación era la expresión de una fuerza comunicada por el corazón y no la manifestación de la presión de la sangre. El movimiento de la sangre era —según él— un flujo y reflujo, una marea. Suponía que el aire inspirado o “pneuma” permanecía en la pared de las venas pulmonares y de ahí pasaba al ventrículo izquierdo, hígado y “septum” interventricular. Del ventrículo izquierdo algo de sangre cargada con el espíritu vital pasaba al cerebro, responsable de las funciones sensoriales y motoras pero la mayoría era distribuida al resto del cuerpo, a través de las arterias llenas de sangre neumatizada. Galeno introdujo — tímidamente— que las arterias contenían sangre más que aire.

Es curiosa la paradoja de haber logrado un detallado análisis del funcionamiento de los músculos respiratorios y por otro lado, no haber podido detectar la circulación de la sangre. A menudo el brillo intelectual no está exento del error total. Pero el problema no está sólo en quien genera el error sino también en quienes lo aceptan como dogma. Es posible que juegue algún papel el principio de autoridad, un curioso fenómeno del pensamiento humano según el cual la persistencia de ciertas ideas que, aunque reñidas con el peso de una evidencia creciente en contra de ellas, se mantienen como dogma sólo porque son sustentadas por hombres famosos.

Es cierto sin embargo, que no siempre es sencillo diferenciar a quienes afirman sobre las bases de su imaginación o suposición de los que construyen conceptos basados en la experiencia y en una actitud crítica. Habría de esperar al siglo XVII para que un inglés de apellido Harvey (1578-1658) revolucionara la fisiología con su descripción de la circulación de la sangre; una obra de calidad genial si se la compara con los conocimientos de la época. Los razonamientos lógicos de Harvey no tienen parangón: “si la arteria venosa está destinada a llevar aire, quisiera saber por qué su constitución es la de una vena... el trayecto requerido por la Naturaleza debería ser más bien anillado como los bronquios para que siempre se mantuviese abierto, sin plegarse y sobre todo vacío de sangre para evitar que ésta impida el tránsito del aire”.

En el caso de los músculos respiratorios, sin embargo, las disecciones de Galeno tanto en animales experimentales como en estudios clínicos, pueden ser consideradas equivalentes a las efectuadas en los tiempos modernos; fueron llevadas a cabo muy sistemáticamente y condujeron a conclusiones consideradas hoy como esencialmente correctas.

En las 19.000 páginas de manuscritos disponibles, Galeno trata cientos de temas, teorías, prácticas, anécdotas y comentarios y también habla de su propia persona. Amaba contar historias de sus triunfos sin escatimar comentarios sobre su inteligencia (no enteramente infundada), su intensa labor y capacidad de análisis. También describe a sus oponentes duramente —aún con insultos— y reconoce a algunos de sus predecesores algo menos del honor que se merecían. Como se ve, muchos de los aspectos mencionados tienen plena vigencia en la actualidad.

En este sentido, Galeno también tenía la innata virtud de exaltar su imagen. Era un gran

propagandista al que le sobraban méritos, tal como lo confirmaría luego la historia. Como resultado de su histrionismo, su clientela aumentaba en forma incesante. Pero en nuestros días, esa “virtud” parece haber alcanzado un desarrollo desproporcionado en relación con los méritos para merecerla y más aún para tolerarla.

Los archivos de Galeno revelan un pensamiento original y brillante, una gran capacidad intelectual, ambición, energía inagotable y extraordinaria capacidad para escribir; todo esto acompañado de un impecable razonamiento lógico.

Para bien de la ciencia médica, el destino le tenía reservado una condición social estable y un ambiente político con permanente reconocimiento de sus gobernantes, un equivalente de lo que serían hoy los subsidios para investigación y la estabilidad laboral.

El concepto de Galeno de la respiración fue una modificación de los conceptos de Erasistratus. Galeno rechazó algunas ideas metafísicas de la respiración, comunes en esos tiempos; pero aceptó la fuerza dominante de un “calor innato” y la existencia del “pneuma” (aire en griego). Estos conceptos eran abstractos y complejos y significaban diferentes cosas según las escuelas filosóficas. El concepto de “calor” se asociaba a la vida misma y el de “pneuma” al de un principio vital que formaba parte de las criaturas vivas y que en ocasiones estaba conectado con el aire. Leonardo (1452 – 1519) fue de los primeros en comparar la nutrición animal con el arder de una bujía, aunque la verdadera historia de la bioquímica no se inició hasta el final del siglo XVIII.

Galeno se refiere al paralelismo entre el calor innato y la flama. Tal comparación podría indicar que Galeno anticipó el moderno conocimiento de la respiración y combustión como proceso bioquímico. Esta similitud se encuentra confinada a las palabras e imágenes y no a las ideas sustentadas por la observación. De hecho, para Galeno el aire no era realmente el fluido extra para la flama. El aire sólo proveía un mecanismo para regular la combustión de los sustratos para orientar la flama en más o menos y ajustar el calor, lo cual permitía que la flama se mantuviera. El aire inspirado no era el material para el calor innato cuyo sustrato es la sangre. El aire producía un movimiento y se enfriaba según la necesidad para mantener el calor innato en forma adecuada. Esta acción era solo dinámica y cualitativa. La espiración por otro lado, expelía los residuos de la combustión lo cual permitía a la flama o calor innato autorrenovarse. Galeno confesó sin embargo que no entendía por qué la flama o las cosas vivas morían rápidamente cuando se las privaba de aire.

Hubo que esperar hasta avanzado el siglo XVIII para que un parisino de veintinueve años llamado Lavoisier (1743 – 1794), que moriría guillotinado a los cincuenta y un años de edad bajo la consigna “la revolución no necesita de sabios”, comenzara a ordenar el caos.

Se debe a Erasistratus la descripción de que la caja torácica mueve pasivamente a los pulmones. Pero es Galeno quien describe en Sobre las causas de la respiración y sobre el movimiento del tórax y del abdomen, los planos de músculos intercostales y enumera los músculos respiratorios y su inervación.

En su libro Procedimientos anatómicos describe cómo realizar las disecciones y experimentos en forma detallada. Acá es posible percibir el placer que experimenta el hombre con la investigación científica. Galeno hace referencia frecuente a la literatura, dando crédito a las observaciones previas o bien difiriendo con las opiniones de otros; insta a sus estudiantes a trabajar duro; alerta sobre las maniobras dificultosas; ofrece algo de su filosofía personal; demuestra su amor a los temas que aborda e insiste en la importancia de sus descubrimientos. Galeno tenía todos los atributos de un maestro y es el representante de un grupo de notables que varios siglos después llegarían al borde de la extinción.

El “Material y Método” de Galeno

Para exponer el diafragma, Galeno claramente refiere que es necesario realizar dos disecciones: una sobre el tórax y otra sobre el abdomen y en él, retirar las vísceras. Describe con detalle la pleura y la membrana peritoneal a ambos lados del diafragma, los orígenes de las costillas, la columna, el ligamento arcuato, la región crural del diafragma, el tendón central, las aperturas para la aorta, esófago y vena cava (ya descritas por Hipócrates (460 – 357 a. C.)).

El tomo VIII de Procedimientos Anatómicos(3) detalla minuciosamente cómo realizar una serie de experimentos para demostrar la anatomía y función de los músculos respiratorios. Describe cómo cortar los músculos intercostales, por planos, comenzando con los animales muertos hasta adquirir una técnica que permita hacerlo en animales vivos. Explica perfectamente cómo cortar los intercostales externos dejando intactos los nervios, arterias, intercostales internos y pleura. Sin embargo, no describe los resultados de tal procedimiento (movimiento paradójico del tórax); sólo remite a los lectores a otro libro, lamentablemente perdido.

Si bien investigó con cabras y monos, en la mayoría de sus experimentos escogió a grandes cerdos y usó el volumen de sus gritos para monitorear la actividad de los órganos que generaban la voz y la respiración. Galeno dijo que fue el primero en usar este modelo lo que le permitía a una gran audiencia seguir sus demostraciones. Claramente, estas vivisecciones hubieran inquietado a los adherentes de la Convención de Helsinki.

Antes del uso de agentes anestésicos, el avance de los conocimientos biológicos podía estar en conflicto con el tipo de animal usado, tal como lo es hoy (aún con el advenimiento de las drogas anestésicas). Vesalius (1514 – 1564) el genial anatomista del siglo XVI realizó experimentos similares a los de Galeno, seguro de la creencia de que las especies sencillas no sienten de la misma manera que los humanos.

Usando cerdos vivos, Galeno describe que una incisión amplia en un espacio intercostal que comprometa la pleura, produce un descenso a la mitad de la potencia del grito y de la respiración: “si se efectúa una incisión similar en el otro hemotórax, el animal cesa de respirar o gritar. Pero cuando el tórax es comprimido y el aire que entró se evacua e inmediatamente se bloquea la incisión (es fácil bloquear los labios de la incisión con las manos), el animal puede volver a respirar y a gritar”.

Estamos en presencia de una brillante descripción de lo que ocurre con un neumotórax uni o bilateral y de cómo tratarlo. ¿Habría sido aplicado este conocimiento en la práctica clínica de esos tiempos?

Para demostrar la acción del diafragma, Galeno realizó una serie de experimentos consistentes en secciones de la médula espinal y denervación de músculos abordando la médula en animales grandes y pequeños: “Cuando se realiza una sección espinal entre la 7ma y 8va vértebra cervical, los músculos intercostales y los abdominales se paralizan. Además se paralizan la vejiga, el pene y los miembros inferiores. Sin embargo, el diafragma que se halla por debajo de los intercostales no se paraliza debido a que sus nervios se originan por arriba del tórax. Tampoco se paralizan los músculos del cuello”.

Se trata de una brillante observación que permite suponer los orígenes de los distintos nervios y está libre de prejuicios debido a que el diafragma, si bien se encuentra en una situación anatómica intermedia respecto de los otros músculos paralizados, no se compromete, claramente porque el origen del nervio frénico es cervical, por arriba de donde se efectuaba la sección.

“Cuando se corta el origen de los nervios que llegan al diafragma, inmediatamente los movimientos del tórax cesan y los músculos del cuello son forzados en su acción y la región superior del tórax claramente ahora se dilata y no así la inferior. Tomando un segundo

animal y cortando los nervios cervicales que van al diafragma, inmovilizando el tórax inferior, los intercostales se mantienen activos. Cuando la médula es cortada al comienzo de la parte dorsal se puede observar que el animal yace de lado moviendo ambas partes del tórax, la alta y la baja pero no la media; debido a la necesidad de inhalar más profundo, el diafragma solo no es suficiente. Cuando el animal inhala con la ayuda de los músculos superiores, el movimiento es más visible en los hombros, pero cuando inhala con el diafragma solo, el abdomen se hincha y contrae en cada exhalación y las partes altas permanecen sin movimiento”.(3)

Esta descripción esencialmente precisa, hace alusión a la conocida respiración rápida y superficial de la debilidad muscular y del reclutamiento de otros grupos musculares cuando estos son requeridos. No satisfecho con la observación anatómica de superficie, Galeno utiliza la visualización directa del músculo mediante la remoción de la piel. Estamos en presencia de una iluminada descripción de la acción del diafragma y de los intercostales y abdominales que coinciden con estudios hechos en humanos cuadripléjicos con las técnicas modernas.

Los modelos experimentales crónicos

Galeno también describe la evolución de lo que hoy llamaríamos “preparaciones crónicas”, estudiando al animal días después del procedimiento quirúrgico: “Cuando la médula espinal es seccionada a la entrada del tórax, entre la 7ma y 8va vértebra, el animal cae y queda inmóvil. La parte inferior del tórax se mueve sólo por acción del diafragma, el cual adopta un patrón rápido. Si por alguna razón el animal necesita respiraciones más hondas, sea por causa de agotamiento, fiebre, calor, o por algún dolor corporal, debe invocar a los intercostales que ayudan al diafragma y, si es requerido, se pueden invocar músculos accesorios del cuello también. Esto puede observarse mejor cuando se retira la piel: todos los intercostales se vuelven inmóviles y las partes inferiores del tórax se dilatan”.

Entre la fisiología y la teología

Galeno fue claro y preciso en cuanto a la función muscular en sí: Los músculos son la principal fuente de movimiento, ellos generan fuerza en la dirección de sus fibras por contracción; no se pueden elongar por sí mismos y dejan de funcionar cuando se corta su nervio o sus inserciones.

Pero en su obra Sobre la utilidad de las partes Galeno hace un resumen de la anatomía y de la fisiología cuyo objeto es mostrar cómo la naturaleza ha construido maravillosamente cada parte del cuerpo para cumplir con una función. En realidad esto constituye pura teología Aristotélica.

El siguiente ejemplo puede ayudar a mostrar las posibilidades pero también las limitaciones de este enfoque: “Gran parte del diafragma se halla dentro de la caja torácica; esto permite a las costillas proteger tanto al hígado y al diafragma de injurias.” También menciona en detalle que “los nervios que inervan al diafragma emergen de C3 a C6. En todo músculo, el nervio se inserta en sus orígenes o al menos en alguna parte cercana a la cabeza y ciertamente no más allá de la parte media. Los nervios que, como los del diafragma, son insertados en el medio del músculo y distribuidos desde ese punto a todas partes, así definen la cabeza del músculo. Como el propósito del diafragma es mover la caja torácica, la inserción es sobre las costillas y la cabeza (u origen) debe estar en su centro. Es esencial para el nervio que corra por el centro más que por la periferia del diafragma. Esto explica porqué

la Naturaleza utiliza la curiosa estructura de los nervios frénicos descendiendo a lo largo del tórax. Finalmente, la emergencia de los nervios en las raíces cervicales es ideal debido a que en primer lugar diversas raíces en diversos espacios son menos vulnerables a la injuria. En segundo lugar si bien podrían salir en partes más altas del encéfalo, es mejor que lo hagan en la médula, la cual es una sustancia más adecuada para controlar acciones vigorosas. Si salieran más abajo que C6, deberían curvarse para sortear las estructuras del mediastino y dirigiese hacia abajo”.(3)

Como se puede apreciar esta línea de pensamiento intentaba explicar algunos hallazgos anatómicos apoyada en ciertos preconceptos. Es esa época se estaba muy lejos aún del conocimiento de la embriología y también del concepto Darwiniano de evolución. De igual manera que en la actualidad, el vacío del conocimiento se llena con creencias o con intrincadas teorías de dudosas bases científicas.

Galeno, ¿era un fisiólogo?

Los escritos de Galeno revelan una notable capacidad de observación y, aunque sus investigaciones pueden parecerse a los modernos trabajos en grado notable, él no fue de hecho un moderno fisiólogo. No tenía los conceptos que la física ofrecería siglos después para entender los fenómenos de la mecánica respiratoria tales como presión, volumen, flujo, tensión y fuerza, que son fundamentales para el análisis de la mecánica muscular y del sistema torácico pulmonar. Demostró claramente lo que el diafragma hacía pero no cómo lo hacía. Una deficiencia que fue reprochada unos 1200 años después por Vesalius, quien vivió en la era de la ingeniería.

Galeno vivió en una época en la que faltaba una adecuada nomenclatura técnica, lo que limitaba las descripciones anatómicas. Además, las dificultades para la realización de autopsias entorpecían los estudios clínico-patológicos. Sus experimentos fueron realizados en especies no muy emparentadas con la humana, aunque este hecho tiene plena vigencia en la experimentación básica y aplicada actual. De hecho, durante el siglo XX la expectativa de vida se duplicó, casi enteramente debido a los avances en la medicina derivados de la experimentación en animales.

La cuantificación de los hallazgos biológicos era muy rudimentaria en la antigüedad. Galeno usó algún razonamiento cuantitativo y era hábil en matemáticas, pero su énfasis fue puesto en las proporciones más que en los valores absolutos. No hay en sus escritos una descripción de una medida tan simple como la frecuencia respiratoria. No hay ningún indicio de manipuleo estadístico.

El conocimiento cualitativo es impreciso. Generaciones posteriores intentarán conocer más profundamente los hechos mediante la cuantificación, es decir, intentarán encontrar alguna medida numérica que lo distinga de un número infinito de posibilidades. Esto será un avance enorme en el conocimiento detallado de los fenómenos. De hecho, la introducción de los dispositivos de medición es considerado el hecho más importante de la revolución del pensamiento biológico y ocurrió recién en el Renacimiento. La importancia de la precisión en las medidas fue impulsada por un selecto grupo de iluminados (por su brillo intelectual) que revolucionaron el pensamiento científico: Galileo (1564 – 1642), Newton (1642 – 1727) y Lavoisier (1743 – 1794).

En el siglo II d. C. no había revistas científicas pero tampoco había árbitros o editores para interferir en las publicaciones. Para mantener su reputación, Galeno se veía obligado a realizar sus demostraciones públicas repetidamente y a defender sus teorías de las críticas de sus oponentes.

De cualquier manera, las contribuciones a la fisiología de la bomba muscular respiratoria no dejan lugar a dudas de que Galeno estaba muy por encima de sus contemporáneos. Aplicó

sus conocimientos de vivisecciones y disecciones al análisis de sujetos normales y con enfermedades respiratorias. Integró todas estas observaciones y ofreció una visión muy completa de la acción del diafragma, muy similar a la actual.

Galeno es un ejemplo de maestro que enfatiza que los conceptos biológicos requieren ser verificados por la observación, que pueden ser puestos a prueba y pueden ser modificados. Desde la muerte de Galeno, esta tradición fue olvidada y sus trabajos sobre el diafragma y su línea de pensamiento no se repitieron hasta recién el siglo XVIII. En la edad media, por ahora la etapa de mayor oscurantismo de la humanidad, hubo una gradual degradación y desaparición de estos conocimientos, y se debió esperar a que fueran redescubiertos en el Renacimiento. En el siglo XVII los fisiólogos de Oxford, Highmore y Boyle indujeron un neumotórax para demostrar que los pulmones eran estructuras pasivas.

Galeno exhortó a sus estudiantes a realizar disecciones por ellos mismos, en animales vivos con el objeto de ver los hechos por sí mismos, y no conformarse únicamente con la lectura e interpretación ofrecida por otros. Esta práctica parece haber sido abandonada en nuestras escuelas de fisiología en las que muchos maestros y alumnos leen a quienes hacen los experimentos, sin ser capaces de generar conocimientos propios. Las funciones de las Universidades de antaño —docencia, investigación y extensión— parecen ser objetivos cada vez más lejanos; la educación y la salud suscitan la codicia de las empresas privadas; la lógica del lucro se despliega con particular agresividad en las Universidades y bajo la envoltura de “mercado de ideas” se favorece el desarrollo de disciplinas que atraen dinero. Afortunadamente Galeno vivió más de veinte siglos antes de estos tiempos modernos en que el sentido común de un imaginario social parece replantearse mediante la construcción de un consenso legitimador para una determinada forma de hegemonía, de dominación, de funcionamiento del Poder. Es posible que Galeno no hubiera hecho lo que hizo bajo un contexto político – ideológico sellado por el triunfo del economicismo.

Agradecimientos: *El autor agradece la atenta lectura y los comentarios de la Dra V. A. Tripodoro y del Dr. G. B. Semeniuk.*

Referencias

1. Derenne J. P.; Debru, A.; Grassino, A.; Whitelaw, W. A. The earliest history of the diaphragm physiology. *Eur Respir J* 7: 2234- 2240, 1994.
2. Debru, A. La pensée physiologique. Doctrines et langages de la respiration chez Galien dans le monde greco-romain. Paris, These, 1990.
3. Derenne, j.; Debru, A.; Grassino, A. E.; Whitelaw, W. A. History of diaphragm physiology : the achievements of Galen. *Eur Respir J* 8:154-160, 1995.
4. Frank, R. G. Jr, Harvey and the Oxford Physiologist. Berkeley, University of California Press, 1956.
5. Roussos, Ch. The Thorax. Lung Biology in Health and Disease, Volume 85, Part A. Editorial Marcel & Dekker, 1995.
6. Pergola, F.; Okner, O. H. Historia de la Medicina. Ed. Edimed, Ediciones Médicas, 1986. Buenos Aires, Argentina.
7. Sagan, C. El mundo y sus demonios. Editorial Planeta, 1995. Buenos Aires, Argentina.
8. García, A. L. El investigador del fuego. Antoine Lavoisier. Editorial Pangea, 1991. México.