

DE ALGUNOS FENÓMENOS QUE SE EFECTUAN EN LA ECONOMÍA
DURANTE LA DIGESTION DE LOS ALIMENTOS.

Cesacion del apetito.—Así como el estómago en su vacuidad nos hace experimentar la sensacion del hambre que indica la necesidad, satisfecha esta por la ingestion de los alimentos, se suspende ó cesa el apetito y se sucede el sentimiento de *satisfaccion*, ó el de plenitud.

Como la naturaleza va á ocuparse de la elaboracion de los materiales que han de reponer las pérdidas sufridas en la economía, este trabajo llama las fuerzas de la vida y el influjo nervioso hácia la víscera donde se efectúa el trabajo. De esto resultan varios fenómenos, como son la propension al sueño ó á lo menos al descanso: en algunos sujetos es muy notable el enfriamiento de la piel, experimentando hasta ligeras horripilaciones ó escalofríos: el hombre se encuentra poco dispuesto para los trabajos mentales: el pulso se hace algo mas pequeño al principio de la quimificacion: cuando este trabajo se halla algo adelantado sobreviene un movimiento de expansion; el calor vuelve á la piel, la cual se cubre algunas veces de un ligero sudor; la respiracion se hace mas grande; cesa la pereza y soñolencia y el pulso se dilata: y por fin, volvemos á hallarnos en buena disposicion para los ejercicios mentales, cuando está adelantado el trabajo digestivo.

Modificaciones de la digestion por las edades.

Los niños digieren mas prontamente las sustancias alimenticias, pero no pueden actuar bien sino ciertos alimentos; porque si bien es activa su fuerza digestiva, es menos enérgica y resistente que en la juventud. El jóven digiere con mas fuerza que el niño: en la juventud se actúan los alimentos mas pesados. Los ancianos digieren con mas

lentitud y dificultad, en razon á la disminucion de la energia vital en esta edad, y que tambien faltan poco á poco los órganos masticatorios. Por esta causa, tanto á estos como á los niños de corta edad, les son mas convenientes los alimentos de poca consistencia. Además de las edades existen otras varias causas que pueden retardar ó favorecer el trabajo digestivo: tales son las susceptibilidades particulares de los individuos, el calor, el frio, las pasiones de ánimo etc.

De algunos movimientos antiperistálticos del estómago.

Eructo.—Es un movimiento por el que se espele una porcion de aire por la boca produciendo la mayor parte de veces un sonido particular al pasar el itmo gutural. El exófago ejecuta un movimiento de dilatacion en su parte inferior, en cuyo acto una porcion de los gases del estómago pasan á la cavidad de dicho conducto, el que se rehace sobre la coluna de gás, y por un movimiento antiperistáltico la empuja con fuerza hácia la boca, por donde es espelida. Al tiempo que este gas atraviesa las fauces hay una reaccion de parte de los músculos de la faringe, vibra el velo del paladar y se ocasiona el ruido propio del eructo ó *regüeldo*.

Rúmia.—Consiste en un movimiento por el que algunas porciones de los alimentos contenidos en el estómago suben hasta la boca. En algunos animales este fenómeno es enteramente fisiológico, pero en el hombre casi siempre arguye un trastorno en el estado de los órganos digestivos. Su mecanismo es el mismo que el del eructo, solo que no se verifica con ruido.

Cuando el ascenso de pequeñas porciones de alimentos se verifica acompañado de gases, ó digamos con eructo, suele llamarse *regurgitacion*.

Vómito.—Es la espulsion por la boca, de lo contenido en

el estómago. Aunque el vómito generalmente se considera como un fenómeno patológico, ha sido incluido su esplanacion entre las de los fisiológicos por Magendie y algunos otros.

La accion de vomitar, en los niños de pecho es un acto tan sencillo, que únicamente consiste en una contraccion del estómago para espeler el exceso de leche que el niño ha tomado. Es una medida de la naturaleza para prevenir otros desórdenes de la digestion, tan frecuentes en tal edad.

El vómito se verifica por las contracciones antiperistálticas del estómago, ayudadas de la de los músculos del abdómen y diafragma. Las observaciones de Bichat manifiestan que el estómago se llena de aire antes del vómito. Este aire parece favorecer la espulsion de los materiales. Algunas veces se arroja una gran coluna de aire por la boca y poco material.

Digestion de las bebidas.

Magendie estraña, que siendo así que todos los fisiólogos han dado tantas esplicaciones sobre la digestion de los alimentos, no hayan dedicado ningun trabajo especial á la de las bebidas; sin embargo, no es de estrañar este silencio, por cuanto todos comprendieron, que ambas especies de sustancias eran digeridas simultáneamente, así como suele de ordinario acompañar la ingestion de los líquidos á la de los sólidos.

Las bebidas no necesitan sufrir tantas preparaciones como los sólidos para su transformación; porque no hay necesidad de que sean trituradas ni insalivadas, y muchas de ellas tampoco experimentan el acto de quimificacion ni quilificacion, como es preciso para los alimentos.

Prension de las bebidas.

Todos los modos de beber pueden reducirse á dos segun Petit; ó se derraman los líquidos en la boca, ó bien

esta los absorbe ó chupa. El primero de los modos es el mas general en el hombre.

Deglucion de los líquidos.

Como no necesitan sufrir preparacion alguna en la boca las bebidas se detienen poco, y solo se hallan de paso en esta cavidad. Llegadas á las fauces son tragadas por el mismo mecanismo que los sólidos, con solo la diferencia, que como no pueden ser comprimidos y se escapan, han de verificarse movimientos de oclusion mas completos por parte del itmo gutural. El velo del paladar se aplica fuertemente contra las aberturas nasales para impedir su derrame por esta parte.

Acúmulo de líquidos en el estómago y su elaboracion.

Conforme van llegando las bebidas á la cavidad gástrica la dilatan mecánicamente así como lo verifican los sólidos, se mezclan con ellos si los hay; cesa ó se calma la sed, y al sentimiento de ansiedad y de mal estar que esta producía, se sigue otro diametralmente opuesto.

Si el líquido ingerido es agua, ú otro que no contenga principios sólidos en disolucion, se mezcla con el mucus gástrico, el cual no sufre alteracion alguna. Una porcion del líquido es absorbida directamente y llevada al torrente de los humores: otra pasa á los intestinos. Queda en el estómago una cantidad del mucus que segun Magendie se reduce á quimo.

Cuando las bebidas contienen principios quimificables, como son las bebidas *emulsivas*, los *caldos* etc., una porcion de su parte acuosa es absorbida, y otra pasa á los intestinos, quedando en el estómago otra unida á los materiales quimificables, que se convierte en quimo.

La porcion de líquidos que pasa á los intestinos es ab-

sorbida, ya simplemente, ya en forma de quilo cuando han sufrido la quimificacion y quilificacion.

Raras veces pasan las bebidas de los intestinos ténues, y solo durante la accion de algunos purgantes, ó en casos de enfermedad, ó despues de ingerir estraordinarias cantidades de bebida, llegan al colon y recto.

ESPLANACION DE ALGUNAS TEORÍAS POR LAS QUE SE HA ESPLICADO LA DIGESTION DE LOS ALIMENTOS.

Concoccion.—Una de las teorías mas antiguas es la que hacia consistir la digestion estomacal en la coccion de los alimentos. Tuvo tanto séquito esta opinion, que aun hoy dia se suele llamar coccion á la digestion en lenguaje comun; es no obstante de advertir, que esta palabra no se toma en su sentido material.

Creyeron los antiguos con Hipócrates, que los alimentos sufrían en el estómago una especie de cochura, aunque la consideraron de una naturaleza diferente de la que se verifica por la accion ordinaria del fuego. Apoyábase esta idea en el aumento de calor del estómago durante la quimificacion, y en que en el quimo se pueden reconocer algunos de los principios de los alimentos, reducidos á la papilla quimosa, al modo como pueden serlo muchas sustancias despues de lenta y continuada coccion.

Fermentacion.—Admitida esta idea en la época de Galeo, ha durado muchos años en las escuelas. Los alimentos, en virtud de un movimiento molecular intrinseco de sus principios, entraban en una descomposicion fermentativa al modo como se verifica en el mosto. Corroboraba esta opinion la descomposicion de los elementos de las sustancias ingeridas; por el calor aumentado y la espulsion de los gases por la boca, la acidez ó la alcalencia de los productos quimosos, la produccion de algunos principios

albuminosos y de los azucarados, al modo que se desarrollan en las fermentaciones del mosto, las del trigo y otros cereales.

Teoria del jugo gástrico.— Spallanzani hizo varios experimentos con los jugos del estómago, y dedujo que estos eran de una naturaleza particular, efecto (como se ha dicho mas arriba), de la secrecion peculiar del estómago: este jugo penetra los alimentos, los disuelve y transforma en quimo.

Esta opinion atacada por muchos fisiólogos que no consideran el jugo gástrico como un líquido especial, ha tomado nuevo imperio despues de los experimentos de Beaumont, de Schwan y otros citados por Muller. Segun estos se deduce que el jugo del estómago difiere de la saliva y del mucus propiamente tal: que tiene un ácido particular cuya fuerte accion disolvente ha puesto de manifiesto Schwan; y á este ácido se debe la transformacion de los alimentos en quimo.

Segun Muller el mucus gástrico contiene un principio particular llamado *pepsina*, que produce las metamórfosis de los principios de los alimentos en un material que se asemeja mucho á la albúmina. Por esto, en otra parte se ha dicho, ser algunos de opinion que toda sustancia que no contuviera albúmina, ó á lo menos los principios capaces de darla, no era apta para la nutricion.

Otras cuestiones se han producido acerca de la influencia de un ácido del estómago semejante al *chlor-hídrico*, en las transformaciones de los principios de los alimentos; pero tanto estas, como las demás opiniones sobre la digestion dejan la dificultad sin resolver, y son insuficientes para dar la razon intrínseca del fenómeno digestivo.

Broussais opina que es una operacion de la química viviente, lo cual tampoco da solucion satisfactoria. En estos últimos tiempos Mr. Boudault acaba de comprobar por

repetidos experimentos que la pepsina acidulada por el ácido láctico, es el agente especial de la digestión gástrica.

DEL QUILO DESPUES DE ABSORBIDO EN LOS INTESTINOS,
DE LOS CAMINOS QUE SIGUE, Y DE LAS MODIFICACIONES
QUE ESPERIMENTA HASTA INCORPORARSE CON LA SANGRE.

Hemos dicho que el quilo es absorbido en los intestinos, en cuya superficie interior y entre las vellosidades de su túnica felposa, tienen origen las pequeñas ramificaciones del aparato quilopoyético ó quilífero. Estas estremidades no empiezan por una simple abertura, sino que en su boquilla parece haber una especie de sustancia gelatiniforme y porosa. Esta se empapa de los materiales que luego entran en el pequeño capilar por el que empieza el ramito quilífero. Estos vasitos despues de salir del espesor de las membranas del intestino, caminan entre las dos hojas del mesentérico sin aumentar su calibre; se amastomosan entre sí; se acompañan de los vasos sanguíneos, que son menos numerosos que ellos; y desaguan en las glándulas ó ganglios mesentéricos.

El aparato de la circulación ó del curso del quilo se compone, de dichos vasos, de los *ganglios mesentéricos*, de los *vasos aferentes quilosos* y del *ducto torácico* que desagua en la *sub clávia izquierda*.

Los ganglios mesentéricos son cuerpos lenticulares desde el grandor de una lenteja hasta algunas líneas de diámetro. Se hallan entre las láminas del mesenterio; están envueltas por una membrana lustrosa. Su estructura íntima es desconocida.

Los vasos quilíferos entran en estas glándulas donde tambien penetran los linfáticos. Salen luego de estas primeras en menor número que entraron pero aumentados de calibre; recorren otro trayecto y entran de nuevo en

otras glándulas mayores, de donde salen otros quilíferos mas gruesos y en número tambien menor: salen de estas y entran en otras glándulas aun mayores de las cuales van al canal torácico.

Estos vasos se consideran formados de tres tunicas; la esterna es celular; la media, unos la creen fibrosa y otros elástica; y la interna es sumamente delgada, de naturaleza serosa; forma algunos repliegues ó arrugas transversales llamados válvulas, las que impiden el retroceso del quilo.

Curso del quilo.

El quilo absorbido en los intestinos es llevado á las glándulas mesentéricas mas pequeñas, donde se mezcla con la linfa que viene de los linfáticos abdominales. De estas glándulas pasa á las de segundo orden, y de estas á las de tercero, siendo cada vez mayores las glándulas que atraviesa, mezclándose con mayor cantidad de linfa, hasta que los numerosos vasos que salen de las últimas glándulas se reúnen en un punto cerca de la segunda vértebra de los lomos, en la llamada cisterna de Pecquet. Aquí empieza el ducto torácico que termina en la sub-clavia como se ha indicado.

La accion absorbente de los primeros vasos quilíferos en los intestinos, no parece diferenciarse de lo comun de las absorciones de los capilares, y el primer movimiento del quilo por los vasos, puede ser comparado al de ascenso de los líquidos por los capilares segun las leyes físicas.

Probablemente la túnica media de los capilares, goza tambien de un movimiento de contractilidad que obra sobre el líquido. En un experimento verificado para examinar el curso del quilo, vimos á ciertos quilíferos animados por intervalos, de un movimiento como de oscilacion. No nos atrevimos, á calificarlo de enteramente fisiológico.

Las anastómosis y las válvulas de los vasos favorecen el

curso y progresion del quilo, pareciendo que las compresiones mecánicas que los varios movimientos de las vísceras abdominales experimentan, ya por los de la respiracion, ya por los de todo el cuerpo, concurren á la marcha del quilo hasta su desagüe en el canal torácico. Pasando este inmediato á la arteria aorta, se ha considerado, que las contracciones de esta arteria por una parte y las propias de la túnica del canal por otra, junto con la *vis á tergo*, pueden hacer progresar el quilo por dicho canal.

Cambios que sufre el quilo en su trayecto.

El quilo ha de ser convertido en sangre, y esta deberá nutrir todos los órganos y partes de la economía animal. La entrada brusca de un líquido muy diferente de la sangre en el torrente de la circulacion, sería seguida de trastornos de entidad. Así pues, la naturaleza hace que el quilo vaya animalizándose por grados desde el punto de su absorcion hasta su incorporacion con la sangre.

Cuando quiere tomarse quilo en los intestinos, no se logra estraer del quimo otra cosa mas que un líquido turbio, en nada parecido al quilo de los vasos quilíferos.

Si se toma antes de atravesar los ganglios mesentéricos es un líquido blanco, cuyo coágulo se obtiene con dificultad, y si acaso llega á obtenerse, es sumamente tenue y poco consistente, sin que se observe en él la parte cremosa. Despues de atravesar dichas glándulas es mas coagulable, su coágulo mas firme y preséntase la parte cremosa en su superficie. El del canal torácico es el mas coagulable de todos, y aquel cuyo coágulo es mas consistente. El quilo del canal torácico toma fácilmente un color rosáceo por el contacto del aire, carácter que no tiene antes de atravesar las glándulas del mesenterio.

Muller manifiesta que el quilo es mas consistente á medida que avanza en su curso, y confirma las ideas de al-

gunos fisiólogos acerca de las elaboraciones que este líquido experimenta por su lenta marcha y la permanencia ó paso por las glándulas mesentéricas. Estas glándulas hacen sufrir al quilo una modificación, que le constituye ó vuelve mas apto para ser despues convertido en sangre.

No se conoce á punto fijo cuál sea esta elaboracion; mas como concurren los linfáticos á dichas glándulas, y el quilo es mas coagulable cuando sale, que antes de entrar en ellas, se ha creido fuese en gran parte el producir la mezcla del quilo con la linfa: Gmelin y Tiedeman opinan, que en los gánglios ó glándulas mesentéricas el quilo toma mas fibrina por su mezcla con la linfa. De esto proviene el mayor grado de consistencia de su coágulo despues de haber pasado por dichas glándulas. Esta opinion parece confirmarse porque el quilo del canal torácico, que es algo rojizo, da un coágulo mas considerable; y es bien sabido que el quilo del canal torácico ha recibido mucha linfa.

DE LA RESPIRACION.

Defínese la respiracion del modo siguiente: *la continua y alterna entrada y salida del aire de los pulmones para la conversion de la sangre venosa en arterial.*

Consideraremos en esta funcion: 1.º la necesidad de respirar, 2.º el aparato respiratorio, 3.º el cuerpo gaseoso que se introduce en dicho aparato, 4.º las potencias que obran para introducirle y espelerle, 5.º los cambios que se verifican tanto sobre los elementos del aire, como sobre los de la sangre en el acto de la sanguificacion, 6.º y último, la esplanacion teórico-filosófica de dichos cambios.

Necesidad de respirar.

Hase dicho que la sangre es el líquido de la economía, que presta á todas las partes los materiales necesarios tanto

á su mantenimiento como á las elaboraciones: que de esto nace el empobrecimiento de este líquido y la necesidad de reponerse la economía, regenerándose la sangre por medio del quilo. Este medio es el de aumentar la masa del líquido. Pero la sangre al tiempo mismo que proporciona los referidos materiales á las partes, se carga de moléculas desprendidas de las mismas; y de aquí nace la necesidad de las *depuraciones*, una de las cuales, y no de poca importancia, es la respiracion.

Es pues necesario respirar para que la sangre sufra una de las elaboraciones, por cuyo medio se desprenden de ella algunos principios inútiles y adquiere otros necesarios, en cuyo cambio consiste la *sanguificacion*.

Todas las necesidades las experimentamos por sensaciones *sui generis*, y lo mismo acontece con la de respirar. Magendie opina que esta sensacion se transmite al cerebro por el nervio vago.

Esta necesidad es escitada por la presencia de la sangre venosa en los pulmones, donde se experimenta la sensacion particular de opresion, cuando suspendemos por algun tiempo el respirar.

Esta funcion es en parte voluntaria, pues podemos modificar su ritmo, y aun suspender por cierto tiempo los movimientos respiratorios. Esto era necesario para los fenómenos espresivos por medio del lenguaje de fonacion.

Del aparato respiratorio.

Hay muchos animales que ofrecen tan solo unos simples tubos, que abriéndose por una parte en la piel y terminando por otra en los vasos, constituyen todo su aparato respiratorio. Algunos respiran por branquias, otros por agallas, el hombre, los mamíferos, todas las aves, y aun algunos insectos, por medio de pulmones.

Parece que la naturaleza se ha complacido en variar al

infinito el aparato respiratorio de los animales, pero esto mismo manifiesta al propio tiempo, la suma importancia de esta funcion. Todas estas variedades se presentan porque, aun cuando todos los animales respiran, son diferentes los medios en que lo han de verificar, puesto que, unos viven en el agua, otros en el aire, y tambien porque unos respiran aire, otros agua, otros el aire del agua etc. etc.

Del aparato respiratorio en el hombre.

El aparato respiratorio del hombre se compone de los pulmones y traquea especialmente, como órgano respiratorio esencial; pero las paredes torácicas y los conductos nasal y bucal contribuyen tambien á la funcion del modo que veremos mas adelante.

El pulmon es una especie de saco destinado á recibir el aire y ponerle en contacto con la sangre, para que esta sufra la modificacion necesaria. Si examinamos este saco, vemos que no presenta una sola cavidad como pudiera presumirse cuando le damos tal nombre de saco, sino que el conducto traqueal dividiéndose en los bronquios, y estos subdividiéndose hasta casi el infinito, representan las ramificaciones de un árbol, y cada una de las pequeñas estremidades bronquiales termina en una vesiculita aérea envuelta por el tejido celular, que al propio tiempo hace otro tanto con los vasos de toda especie que entran á formar parte del pulmon. El mecanismo de esta distribucion aumenta de un modo extraordinario la superficie interna de la víscera, distribuye el total de la cavidad en infinitas celdillas ó cavidades menores que solo tienen comunicacion con los bronquios, sin que ellas comuniquen entre sí; circunstancia necesaria para aumentar los puntos de contacto de la sangre con el gas respirable.

Los vasos sanguíneos penetran en el pulmon y se distribuyen por toda su sustancia; ó quizás esta no sea mas

que la reunion de los mismos vasos, de los linfáticos, aéreos y vesículas pulmonales, animado todo por los nervios, y unido por un tejido celular; revestida por fin esta víscera por la membrana pleura que á la vez la defiende y la mantiene en su situacion.

Dichos vasos arteriales y venosos forman una red admirable al rededor de las vesículas aéreas, sin que penetre ninguno de ellos en la cavidad de la vesícula. Segun Reussesen son tan apretadas estas ramificaciones, que el espacio que dejan entre sí es menor que el calibre de los capilares mismos.

Los bronquios y sus distribuciones son la parte mas esencial del pulmon; porque forman su cavidad real que es la que recibe el aire.

Del aire atmosférico como elemento de la respiracion.

El aire atmosférico es un compuesto de 21 partes de oxígeno y 79 de azoe, hallándose siempre en su composicion algunas milésimas de ácido carbónico que muchos la consideran no como parte integrante.

De estos dos elementos, solo el oxígeno es el respirable, es decir, el que vivifica la sangre, puesto que realmente respirable lo es todo el aire. No obstante el oxígeno por sí solo seria demasiado escitante, y por esto la naturaleza le ha incorporado el azoe, gas inocente en sí mismo aunque por sí solo tambien es inútil para la respiracion.

El aire atmosférico es el gas respirable por escelencia y el destinado á mantener los fenómenos de la respiracion con sus efectos consecutivos.

Hay algunos gases que conteniendo oxígeno pueden (si bien imperfectamente y por poco tiempo) mantener la respiracion. Estos son el protóxido de azoe y el oxígeno puro.

Gases inocentes que matan porque no mantienen la respiracion. Estos son el azoe y el hidrógeno puros.

Gases que ni pueden ser respirados en grande sin producir la asfixia y en pequeño sin tos y constriccion de la glotis. Estos son todos los gases ácidos menos el carbónico.

Algunos efectos de los gases respirados.

El aire atmosférico puro hemos dicho ser el gas respirable por excelencia. El gas azoe no presta materiales útiles á la sanguificacion, pero su incorporacion en la sangre no causa molestia alguna. El gas hidrógeno vuelve la sangre mas azulada y su mezcla en la sangre disminuye la escitacion del corazon; se resiente una especie de opresion en el pecho y la vista se turba.

El hidrógeno carbonado y todos los gases deletéreos envenenan la sangre y matan directamente.

Los gases ácidos asfixian porque cierran la glotis é impiden la respiracion; su efecto se ha comparado, en esta parte, á los de un líquido que intercepte la entrada del aire en los pulmones.

DE LOS FENÓMENOS DE LA RESPIRACION.

Potencias que obran para la entrada y salida del aire de los pulmones.

Para comprender con mas facilidad, y con el fin de explicar mas metódicamente los fenómenos de la respiracion, algunos fisiólogos han dividido estos fenómenos en dos secciones; la primera comprende la esplicacion del mecanismo de la entrada y salida del aire en los pulmones y se han llamado fenómenos *mecánico-vitales*, y la otra se ocupa de los cambios que la sangre y el aire experimen-

tau en los pulmones y se han llamado fenómenos *químico-vitales* de la respiracion.

De los fenómenos mecánicos de la respiracion.

La respiracion se compone de dos actos á saber; el de *inspiracion*, por el que el aire entra en los pulmones, y el de *expiracion*, acto por el cual es espelido.

Comienza la vida por una inspiracion y termina por una expiracion.

Mecanismo: verificase la entrada del aire en el pulmon por la accion de los músculos diafragma, los elevadores de las costillas, los serratos posteriores superiores y los escalenos. La cavidad del pecho se dilata y aumenta en todos sentidos, por la elevacion de las costillas y depresion del diafragma. Este músculo obrando segun su plano de fibras inferiores se abaja hácia el abdómen, y de este modo contribuye al aumento del diámetro vertical. El diámetro antero-posterior y los transversales, se ensanchan por la accion de los escalenos que levantan la primera costilla ayudados del subclavio, y en algunas ocasiones del esterno mastoideo: levantada la primer costilla siguen las demás este movimiento por la accion de los músculos intercostales, los que obran al modo que lo verifican los cordones que unen las piezas de una persiana: los músculos *serrato posterior superior* contribuye poderosamente al movimiento de elevacion. Los *sub-esternales* contribuyen segun Brachet á elevar el esternon.

Cuando la inspiracion es natural la accion de estos músculos es moderada; pero en las inspiraciones fuertes y profundas es no solo considerable, sino que concurren además el esterno-mastoideo, los pectorales, y segun Brachet, los serratos posteriores superiores y el latísimo de la espalda.

Dilatado el pecho, el aire penetra en los pulmones por su propio peso.

Algunos han creído que el pulmón verificaba un movimiento de aspiración para atraer el aire, pero parece que su dilatación ha sido comparada por otros á la de una vejiga, que colocada entre las tablas de un fuelle, se llena de aire cuando se separan sus ramas: sin embargo el haberse encontrado fibras contractiles en los bronquios indica á lo menos, que estos no son enteramente pasivos en los movimientos respiratorios, si bien se consideran mas á propósito las contracciones de dichas fibras para contribuir á la espiración.

Movimiento de espiración.

El movimiento de espiración constituye el segundo tiempo de la respiración.

Tan luego como ha terminado la inspiración se experimenta una sensación en sentido inverso de la experimentada para la inspiración. Esta nos advierte la necesidad de espirar. El aire es arrojado de los pulmones, y el pecho se deprime y se angosta.

En la respiración ordinaria hasta, algunas veces, la cesación de las potencias que obraron la inspiración para que el aire sea espelido. No obstante, se considera que hay una acción de parte de los músculos intercostales que obran aproximando las costillas una á otra. El diafragma se reduce á su posición natural y su acción se considera como meramente pasiva.

Los cartílagos de las costillas retorcidos un poco en la elevación de estos arcos huesosos, se reducen á su primer estado por su fuerza elástica, como lo ejecuta un muelle, y de este modo contribuyen á la depresión del pecho en la espiración ordinaria.

Cuando la espiracion es un poco fuerte, obran los músculos triangular del esternon y los serratos inferiores.

En las espiraciones forzadas coadyuvan tambien á la accion de los antedichos, los cuadrados de los lomos, los abdominales y los sacro-lumbares (*).

Ritmo respiratorio.

Empleamos aquí la palabra *ritmo* para expresar el modo y orden como se suceden los fenómenos de la respiracion. Este orden y sus circunstancias son las siguientes. En la inspiracion se llenan mas ó menos las cavidades aéreas, esto es los bronquios y vesículas, y cuando la inspiracion ha llegado á su *maximum* relativo, (debiendo entenderse por este maximum, no el mayor grado á que puede llegar la dilatacion del pecho, sino aquel en que se dilata el pulmon en una dada inspiracion), cesa la accion de las potencias inspiradoras y se sucede inmediatamente la espiracion. Algunas veces despues de haberse dilatado el pecho quanto ha de verificarlo en aquella inspiracion, cesa la accion dilatante de los músculos, pero se sostiene estático el pecho un momento, antes de relajarse las fuerzas y empezar la espiracion.

Despues de espelido el aire hay un momento de descanso antes de empezar la nueva inspiracion. La última parte

(*) Los experimentos verificados en Mr. Eugenio Alexandro Gronx me han confirmado en la idea de que los pulmones no son enteramente pasivos en la espiracion. Cuando este jóven, que padece una hendidura del esternon, hace ciertos esfuerzos para aumentar el espacio comprendido por dicha hendidura, si verifica una profunda inspiracion, se ven los pulmones llenos de aire formar una elevacion considerable entre los bordes de la hendidura: cuando suspendida un momento la respiracion se arroja el aire de pronto por los esfuerzos de una tos voluntaria, se ve que los pulmones reaccionan sobre la masa de aire que contienen espeliéndole y quedando apártados los bordes de la hendidura.

ó tiempo de la espiracion tambien es un poco mas lento que su principio.

Todos estos fenómenos debemos entender que se suceden así en las respiraciones ordinarias; porque en las forzadas y en las necesarias para el habla, canto, soplo etc. varían al infinito.

Generalmente hablando, las respiraciones no se corresponden enteramente ni en la cantidad que se dilata el pecho, ni en el tiempo que se emplea en cada respiracion, ni en el descanso que media hasta verificarse la nueva inspiracion. De ordinario se ejecutan unas cuantas inspiraciones, llamémoslas pequeñas, y luego sucede otra mas grande y completa.

Número. El número de respiraciones aunque varia segun la edad, el sexo, el estado de vigilia ó de sueño y aun de otras circunstancias, suele sin embargo ser: en los niños de 25 á 30: en los adultos de 18 á 21 por minuto.

El frio, el calor, la altura sobre el nivel del mar, la humedad y sequedad de la atmósfera, los ejercicios y las pasiones de ánimo hacen variar el número y el ritmo de las respiraciones.

La respiracion por su frecuencia sigue algunas relaciones con la de la circulacion de la sangre.

Cantidad de aire que penetra en los pulmones.

Segun Thomson entran en cada respiracion 655 centímetros cúbicos de aire ó 13, 100 centímetros cada minuto que forman el peso de 24 kilogramos de aire ó sea en volúmen 18, 864 decímetros cúbicos, contando 20 inspiraciones por minuto.

Davi halló que en 19 respiraciones entraban en el pulmon 161 pulgadas cúbicas de aire. Otros esperimentadores han obtenido resultados muy diferentes.

No es estraño que cada experimentador haya hecho un cálculo diferente, porque no todos han empleado los mismos medios, ni han practicado los experimentos bajo iguales condiciones.

Todo el aire que entra en el pulmon al tiempo de inspirar, no sale en la inmediata espiracion: quedan en las cavidades respiratorias algunos centímetros cúbicos de aire que se mezclan luego con el que entra en la nueva inspiracion. De esto resulta, que la espiracion mas completa dejando siempre una cantidad de aire en los pulmones, la que penetra en cada inspiracion no marca la capacidad pulmonal. Así es tambien, que aun cuando algunos han pretendido calcular cuánto era la medida de aire remanente en el pulmon, tampoco han podido lograr su deseo.

CAMBIOS QUE ESPERIMENTAN EL AIRE Y LA SANGRE EN LOS PULMONES, Ó SEAN FENÓMENOS QUÍMICO-VITALES DE LA RESPIRACION.

La continua entrada y salida del aire en los pulmones tiene por objeto la conversion de la sangre venosa en arterial. Ya se ha dicho que la sangre sufre cambios al atravesar ó pasar por la trama de los tejidos; que se desprende de muchas moléculas, y adquiere otras procedentes de los órganos. En este tránsito adquiere las cualidades que conoceremos con el nombre de *venosas*. La sangre pues, cuando pasa por los pulmones, pierde sus cualidades venosas y adquiere las arteriales, y á este cambio se llama *sanguificacion*.

Algunos definen la sanguificacion *la conversion del quilo linfa y sangre venosa en arterial*. Begin propone que se llama *sanguificacion* á la conversion del quilo y linfa en sangre, y *arterializacion* á la conversion de la sangre venosa en arterial; pero como las dos operaciones se verifi-

Manuel Tenorio y Martí,
Enero 4 1869.

can simultáneamente en el pulmon, suelen ambas ser designadas bajo el solo nombre de *sanguificación*.

Para comprender mas fácilmente estos cambios haremos algunas, aunque breves, consideraciones sobre la sangre en general, y sobre los principales caracteres distintivos de las sangres *venosa* y *arterial*.

Es la sangre aquel líquido rojo, algo consistente, que se obtiene siempre que se rompe ó divide algun vaso. Está contenida en las arterias, venas y en los intersticios de los mismos órganos. Dice Gregory, no podemos practicar la mas pequeña punzada sin que salte una gotita de sangre; prueba inequívoca de penetrar este líquido toda la economía.

Se distingue, ó divide la sangre por sus cualidades, en *venosa* y *arterial*.

Sangre arterial es la que se encuentra en las arterias y cavidades izquierdas del corazon. Esta es de un rojo rutilante, vivo, espumosa, plástica y muy fácilmente se coagula; su coágulo nada en poco suero y es esponjoso.

La sangre venosa es la contenida en las venas, su color es rojo obscuro, que algunas veces tira á azulado y hace que los vasos donde se contiene presenten este color, especialmente los subcutáneos. Coagula con mas dificultad, y su coágulo es mas pesado que el de la arterial, al paso que es menos tenaz.

La sangre arterial es un poco mas caliente que la venosa.

Gases contenidos en las dos sangres.

Segun las observaciones de Magnus la sangre contiene mucha cantidad de gases que deja desprender despues de estraída de los vasos. El volúmen total de estos gases es el décimo ó el octavo del de la sangre.

Estos gases son el oxígeno, azoe y el ácido carbónico: están en estado de libertad no de combinacion en la sangre,

segun opina Magnus. El ácido carbónico es el gas que predomina en ambas sangres: no obstante la sangre arterial contiene mas oxígeno y ácido carbónico que la venosa.

Liebig opina que la mayor parte del ácido carbónico que contiene la sangre no está libre, sino formando un *bi-carbonato sódico*, que se encuentra en el suero, y segun sus esperimentos, el suero en cada 1,000 volúmenes contiene 609 de ácido carbónico al estado de bi-carbonato. El ácido carbónico de este bi-carbonato se desprende con facilidad siempre que disminuye la presion: por lo cual opina, que aun cuando el simple reposo de la sangre sea bastante para que se obtenga el ácido carbónico, esto no prueba su estado de libertad.

Veamos ahora qué es lo que pasa en el estado de la sangre, y qué acontece al aire que penetra en los pulmones.

El aire que entra en los pulmones se compone de 21 partes de oxígeno y 79 de azoe. Cuando sale se forma de 18 á 19 partes de oxígeno y de dos ó tres de ácido carbónico, mucho vapor de agua con una sustancia animal, ambas en cantidad variable.

Resulta pues, que el aire en el pulmon pierde de 2 á 3 partes de su oxígeno, y se carga de ácido carbónico, de vapor acuoso y de un principio animal.

La sangre de negra que era se vuelve roja, espumosa, mas plástica y aumenta su temperatura, de uno y medio á dos grados del termómetro de Réaumur.

Acontecen estos cambios del aire y de la sangre, segun parece, del modo siguiente: llega el aire á las terminaciones bronquiales ó vesículas aéreas del pulmon, donde los capilares de las arterias pulmonales forman unas ramificaciones admirables anastomosándose de un modo particular: estas ramificaciones solo están separadas del aire por una membrana tenuísima de tejido celular: el aire es absorbido al través de los poros y penetra hasta la san-

gre, que á su contacto absorbe oxígeno, poniéndose rutilante, y se desprende de ácido carbónico.

No se descompone todo el aire que entró en el pulmon, sino una parte de él: la nueva inspiracion introduce aire *puro*, este se mezcla con el que quedó en el pulmon, y así, aun cuando la cantidad de aire espirado sea igual al de la inspiracion, no es el mismo de la última inspiracion el que se espira, sino parte de esta y parte del que quedó de la anterior. Así quedando siempre una cantidad de aire en el pulmon, la sanguificacion es un acto continuo aunque la respiracion lo sea intermitente.

Opiniones y teorías sobre la sanguificacion.

Acabamos de ver las mudanzas que la sangre y el aire sufren en los pulmones; vamos ahora á ocuparnos brevemente del modo como se han explicado estos cambios.

La opinion que ha prevalecido entre muchos fisiólogos es que el oxígeno del aire se fija sobre el carbono de que está cargada la sangre, y así se forma el ácido carbónico quedando la sangre mas roja por esta oxidacion. El agua se desprende de la misma serosidad de la sangre.

Algunos, segun se ve en Dumas, opinaban que el vapor de agua era dependiente de que una parte de oxígeno se unia al hidrógeno de la sangre y formaba agua. La sangre no contiene hidrógeno en forma de gas; era pues precisa la descomposicion de uno de los principios de la sangre que diese el hidrógeno.

Lagrange y Hassenfrantz dicen, que el oxígeno se mezcla con la sangre, se combina con el carbono durante la circulación, y así se forma el ácido carbónico.

Liebig cree que la sangre contiene ácido carbónico en estado de bi-carbonato de sosa, y que bajo una corriente de aire y la disminucion de la presion, deja escapar una parte de dicho ácido.

Opinan algunos, segun dice Muller, que se forma el ácido carbónico durante el círculo de la sangre y se exhala por la respiracion.

Lavoisier, Laplace y Prout dicen, que la sangre exhala continuamente en las células bronquiales un flúido que contiene carbono é hidrógeno; el ácido carbónico resulta de la union del oxígeno del aire con el carbono de la sangre, y el agua, de la union del oxígeno restante con el hidrógeno de la misma.

Esta teoría da la razon de formarse menor cantidad de ácido que el correspondiente al oxígeno perdido. Pero Magendie ha demostrado, que la cantidad de vapor de agua es mayor si se inyecta agua tibia en las venas. De esto deduce, que el referido vapor es exhalado por la sangre, y no formado por una combinacion del oxígeno del aire con el hidrógeno de la sangre. Además los esperimentos de Magnus demuestran que la sangre no contiene gas hidrógeno.

Davi dice que disuelto el aire en la sangre de los capilares de las células bronquiales, su oxígeno ejerce una accion descomponente sobre los glóbulos de la sangre, y en su consecuencia se halla libre el carbono y el azoe.

Algunos fisiólogos, partiendo del hecho que en la respiracion desaparece mas oxígeno del necesario para la formacion del ácido carbónico exhalado, creen que una porcion de dicho gas se combina con el carbono de la sangre, y produce el ácido carbónico en el momento mismo de la respiracion, y la otra porcion de oxígeno escedente se combina con la sangre poniéndola roja; y que los glóbulos unidos al oxígeno así combinado, son el escitante vital de los tejidos vivientes. Dichos fisiólogos no admiten la formacion del agua como la admiten Lavoisier y Laplace, siendo de parecer, que el vapor de agua de la respiracion procede del suero de la sangre.

Como las sales neutras ponen rutilante la sangre, Stevens opina, que los glóbulos de la sangre naturalmente oscuros, se ponen colorados porque el suero contiene sales neutras que aclaran su color. El color encarnado es pues el propio de los glóbulos rodeados de suero. El ácido carbónico se forma en las ramificaciones capilares de los órganos, y por esto la sangre venosa es mas negra. Si esto fuese así la sangre venosa contendria mas ácido carbónico que la arterial, y además, se pondria encarnada en la máquina neumática por la pérdida de dicho ácido, lo cual no se halla acorde con la observacion.

Teoría de Muller fundada en los experimentos de Magnus.—La sangre contiene oxígeno, azoe y ácido carbónico: la sangre arterial tiene mas oxígeno, y la sangre venosa mas ácido carbónico. Por la respiracion, el oxígeno del aire se fija sobre la sangre y sigue el camino de la circulacion; el ácido carbónico de la sangre venosa queda libre y es exhalado; el ácido carbónico se forma durante el trayecto circulatorio, pero mas especialmente en el sistema capilar, por la colision de las moléculas de la sangre con los tejidos. No todo el oxígeno de la sangre desaparece ó se consume por esta formacion de ácido carbónico, y por esto la sangre venosa contiene aun oxígeno, si bien en cantidad menor al de la sangre arterial.

Hemos de notar que el fondo de esta teoría se halla en contradiccion con las observaciones del mismo Magnus, quien encontró mas ácido carbónico en la sangre arterial que en la venosa.

Cuanto acaba de manifestarse indica, que aun queda ignorado el mecanismo intrínseco de los productos de la respiracion, y que lo único que sabemos de fijo es que la sangre contiene gases: que el aire atmosférico contiene oxígeno y azoe: que durante la respiracion se exhala ácido carbónico procedente de la sangre, y que esta se ampara

de una cantidad de oxígeno y que tambien se desprende de vapor de agua. Lo cual nos dice que la sangre tiene necesidad de descarbonizarse, y que por la respiracion, no solo se pierde ácido carbónico ó *carbano*, sino agua, lo cual depura la sangre, pero la disminuye; siendo un camino de eliminacion de muchas moléculas escedentes en ella. Es probable que el ácido carbónico no se forma en el acto de la respiracion, porque los animales obligados á vivir debajo del azoe ó del hidrógeno han continuado dando ácido carbónico por la respiracion. El vapor del agua procede igualmente de la parte ténue de la sangre, puesto que se produce aun cuando no se respire oxígeno y que, como se ha dicho, los esperimentos de Magendie prueban ser su cantidad en proporcion á el agua que inyectó en las venas.

El fin pues de la respiracion, repetimos, es evidentemente la sustraccion del ácido carbónico y la oxigenacion de la sangre.

Cantidad de aire que consume la respiracion.

Hemos visto que segun los cálculos de Thomson entran en el pulmon en 24 horas 18864 decímetros cúbicos de aire cuyo peso es de 24 kilogramos, cada respiracion consume 3 por ciento del volúmen de aire, cuyo tres por ciento son de oxígeno; de lo que se deduce, consumirse por la respiracion 565,920 centímetros cúbicos de oxígeno en las 24 horas.

El aire atmosférico que se ha desposeido del $\frac{3}{100}$ de su volúmen en oxígeno, esto es de $\frac{3}{11}$, y que aun contiene $\frac{18}{100}$ de oxígeno es todavía útil para la respiracion; pero cuando no contiene mas que de $\frac{10}{100}$ á $\frac{15}{100}$ de dicho gas se ha hecho inepto para la respiracion, pues que igualmente se ha cargado de casi igual cantidad de ácido carbónico. De esto resulta, que el hombre necesita poco

mas ó menos 18 metros cúbicos de aire en las 24 horas, para respirar libremente.

Algunas relaciones de la respiracion con la alimentacion.

Dice Muller: el hombre exhala tanto carbono en forma de ácido carbónico, que bastarian cinco horas para consumirse todo el de las materias carbonosas de la sangre, si no fuesen remplazadas por la alimentacion. El carbono perdido es proporcional al oxígeno consumido por la respiracion. Dos animales que consumen cantidades diferentes de oxígeno, pierden cantidades de carbono tambien distintas. De aquí resulta, que los que gastan mas oxígeno mueren antes por la abstinencia. La abstinencia hace que pasen á la sangre las sustancias ó principios del organismo que contienen carbono, para suplir su falta y para el consumo de la respiracion. De ahí es, que la grasa sea absorbida en la abstinencia. Pero no es solo la grasa lo que desaparece y se absorbe, sino que disminuye el volumen de todos los órganos y tejidos en el enflaquecimiento.

Parece un poco exagerado el cálculo de Muller con referencia al tiempo necesario para que desaparezca todo el carbono de la sangre; porque seguramente que la abstinencia absoluta mataria entonces en menos tiempo del que lo hace.

El carbono perdido por la respiracion debe ser reemplazado segun dicho autor por la alimentacion. Los frutos y muchos vegetales no le contienen mas que en $\frac{12}{100}$, y las grasas y aceite en $\frac{80}{100}$; el aire caliente contiene menos oxígeno que el frio: en los tiempos y climas frios se respira mas oxígeno, por consiguiente se forma mas ácido carbónico. Esto unido á los datos de la pérdida de carbono, y á las cantidades que de carbono contienen los alimentos, da la razon porque los alimentos vegetales convienen en los países y tiempos calurosos, y los animales

en los frios, en los cuales la alimentacion suele igualmente componerse de sustancias mas crasas.

Hemos de considerar, que aun cuando existen las expresadas relaciones entre la respiracion y la alimentacion, las pérdidas esperimentadas por dicha via no son las únicas causas que obligan á usar diferentes alimentos en los climas y estaciones frias que en los calientes. Las necesidades de la calorificacion, y la actividad de las funciones, diferente segun varias circunstancias, tienen una importancia no menos que la de la respiracion en la produccion de dicho fenómeno como veremos al tratar de la nutricion.

DE LA CIRCULACION DE LA SANGRE.

Circulacion; es un movimiento de progresion de la sangre, por el cual partiendo este liquido de las cavidades izquierdas del corazon, marcha por las arterias á distribuirse por toda la economía y vuelve al corazon por las venas.

Escolásticamente considerada la circulacion se ha dividido; en circulacion *general* y *particular*, segun unos; en círculo *general* y *pulmonar*, segun otros, y en circulacion *grande* y *pequeña* por otros. Estas divisiones están fundadas, en que la sangre que sale del corazon por las arterias, cuando ha vuelto al corazon por las venas, no ha completado aun, por decirlo así, su viage, sino que sale nuevamente del corazon, esto es de la parte derecha del corazon y pasa á los pulmones donde se distribuye nuevamente, y de ellos vuelve á las cavidades izquierdas del corazon; entonces completa el círculo.

Es pues la circulacion general ó llámese círculo grande de la sangre, el movimiento por el que este liquido desde el corazon izquierdo se distribuye por las arterias á todas partes de la economía y vuelve al corazon por las venas.

El círculo *pequeño*, ó circulacion pulmonar es el curso de

la sangre desde las cavidades derechas del corazon á los pulmones, y su vuelta á las cavidades izquierdas.

Descubrimiento de este curso de la sangre.

Parece que el movimiento circulatorio de la sangre debiera haber sido conocido desde muy antiguo; porque para nuestros tiempos es tan evidente que la sangre no puede estar en quietud, si atendemos á las necesidades del organismo, que sin este movimiento fuera imposible comprender, cómo todas las partes reciben los materiales necesarios para su nutricion y secreciones, y cómo se desprenden de sus superfluidades. Pero lo cierto es, que este círculo aunque sospechado, ó entrevisto por algunos, y acaso observado por otros, no fué dado á conocer de un modo científico, ó si se quiere fisiológicamente, hasta que Harveo lo patentizó. Aun entonces fué contradicha la opinion de Harveo, é impugnada por muchos sabios de su tiempo, á la par que descreida por gran parte de los médicos. Al tiempo solo correspondia aclarar la verdad.

Pruebas de la circulacion.

Aunque en nuestros tiempos es una funcion admitida sin controversia, y pudiéramos dispensarnos de probar el movimiento circulatorio, no obstante no creo sea inoportuno el manifestar alguna de las razones en que se apoya la opinion del célebre Harveo.

La fábrica del corazon, la disposicion de sus cavidades y la colocacion de sus válvulas, indican que está formado para recibir y transmitir un líquido. Por poco que se reflexione sobre la colocacion y uso de las válvulas, se echa de ver que son medios hidráulicos, y que están destinados á impedir el retroceso de un líquido; y por lo tanto, que este marcha en el sentido hácia donde se abren dichas válvulas. Haciendo pues aplicacion de estos principios á la

estructura del corazon debemos concluir, que está destinado al movimiento de la sangre.

Si se liga una arteria, la sangre se acumula entre la ligadura y el corazon; lo que prueba que viene en esta direccion: tan pronto como se afloja la ligadura se llena la parte inferior de la arteria que antes habia quedado vacía. Lo contrario acontece en la ligadura de una vena: esta se hincha en la parte comprendida entre la ligadura y el miembro, y se deprime la porcion de vaso entre dicha ligadura y el corazon.

Los materiales inyectados en las venas pueden ser reconocidos despues en la sangre del corazon. Los de las arterias se hallan antes en las venas que en el corazon ó en el principio de las mismas arterias. Cuanto acaba de decirse manifiesta que la sangre se mueve, y que este movimiento debe verificarse pasando de las venas al corazon, y de este por las arterias á todas las partes de la economía.

El exámen atento de la estructura del corazon da una idea de dicho movimiento circulatorio. Compuesto el corazon del hombre y el de muchos animales, de cuatro cavidades dispuestas de tal modo que, la aurícula y el ventrículo del mismo lado comunican entre sí por el orificio llamado aurículo-ventricular, y no existiendo comunicacion alguna de las cavidades derechas con las izquierdas, dispuestas las válvulas de los orificios aurículo-ventriculares de manera que se abran hácia la cavidad del ventrículo, y se hayan necesariamente de cerrar en sentido opuesto; vista la disposicion de las válvulas colocadas á la salida de los ventrículos y entrada de las arterias tanto pulmonales como de la aorta, no puede menos de verse en tal conjunto de condiciones, las propias de un aparato hidráulico, en el cual los líquidos hayan de seguir su movimiento de la aurícula al ventrículo, y de este á las arterias; al paso que dicho líquido ha de venir á las aurículas por los vasos

venosos que á ellos desembocan. Si el corazon habia de contener la sangre simplemente sin darla impulsión alguna, inútiles fueran las válvulas para impedir el retroceso de un líquido destinado á estar quieto. Tampoco era necesario que el corazon fuese muscular, y sus fibras carnosas tan robustas ningun objeto cumplirían. Pero esta fuerza y robustez le fueron dadas para la contracción, en cuyo caso obrando sobre la masa de líquido contenido en las cavidades, este debe escapar por donde halla franco paso, esto es hácia las arterias en los ventrículos, y hácia estos, la sangre de las aurículas.

Aparato circulatorio.

El conjunto de partes que tienen por objeto verificar el movimiento de circulación de la sangre, se llama *aparato circulatorio*.

Compónese en el hombre este aparato, del corazon, de todas las arterias del cuerpo ó digamos *sistema arterial*, de los vasos llamados *capilares*, y de las venas ó sea *sistema venoso*.

El corazon se llama *centro* de la circulación porque recibe la sangre y la remite á toda la economía: además se considera tal, porque en dicho órgano recibe la sangre la primer impulsión para su curso.

Las arterias son los vasos de conducción de la sangre á todas las partes del organismo. Toman origen de un solo tronco que es la arteria aorta, la cual por sus infinitas ramificaciones hace la distribución del líquido á todos los tejidos del cuerpo. Llega á tal punto la división y subdivisión de los vasos arteriales, que últimamente se hacen de tenuidad capilar, formando entonces tal enrejado los unos con los otros, que estas circunstancias le han hecho dar el nombre de *sistema capilar*, dividido en *arterial* y *venoso*. El primero se forma por las últimas ramificaciones ar-

teriales, y el segundo da origen á las primeras venosas.

No es posible seguir los vasos capilares en su distribucion por los órganos y tejidos; pues forman una red tan apretada en algunos puntos, que no se percibe ya mas que una masa capilar. Tampoco es posible señalar en donde un vaso capilar deja de ser arterial y comienza á ser venoso.

Las venas son los canales de retorno de la sangre al corazon. Empezando por los capilares de los tejidos van reuniéndose hasta terminar, por las dos *cavas* superior é inferior, en la aurícula derecha del corazon.

No incluimos en las anteriores divisiones las arterias y venas pulmonales, por comprenderlas en la llamada circulacion menor ó pulmonal, pero de hecho pertenecen tales vasos al aparato circulatorio.

DE LA CIRCULACION DE LA SANGRE EN GENERAL.

Para hacer mas fácil la esplanacion del círculo de la sangre seguiré su division en circulacion *pequeña* y *grande*, luego consideraremos el modo particular de circular este liquido en algunos órganos, y últimamente nos ocuparemos de examinar el modo como cada una de las partes del aparato concurre al movimiento general de la sangre.

Circulacion pequeña ó pulmonar.

Toda la sangre que viene por las venas *cavas* superior é inferior aboca en la aurícula derecha del corazon la que se dilata para recibirla: al momento que la oleada de sangre ha llenado la cavidad auricular, sus paredes se rehacen por un movimiento de contraccion y comprimen la sangre en todos sentidos; pero no puede refluir á las *cavas*, porque la continua venida de la sangre y la gran válvula de Eustaquio lo impiden (aunque se ve cierto reflujo que produce lo que conoceremos mas adelante con el nombre de *pulso venoso*), la sangre marcha hácia el ventrículo del

mismo lado, el cual se dilata al tiempo que la aurícula se contrae. Lleno el ventrículo, se rehace y empuja la sangre que no pudiendo pasar á la aurícula, porque el mismo choque de la sangre contra las válvulas tricúspides colocadas en el orificio aurículo-ventricular cierra este paso, se dirige por las arterias pulmonares al pulmon. Las válvulas semilunares que hay en la entrada de dichas arterias impiden el retroceso de la sangre; ésta se distribuye por todas las ramificaciones de las arterias pulmonares á toda la sustancia del pulmon, y se pone en contacto con el aire atmosférico, por cuyo medio y la accion propia del pulmon, queda vivificada. Convertida ya la sangre de venosa en arterial, entra en los capilares venosos del pulmon, pasa de estos á los ramos de las venas, á las venas pulmonares y desagua en la aurícula izquierda del corazon.

Circulacion mayor ó curso general de la sangre.

Recibida la sangre en la aurícula izquierda, se dilata esta en proporcion á la cantidad de líquido transmitido por las venas pulmonares; contráese la aurícula y la sangre pasa al ventrículo dilatado; este se contrae, y como la sangre no puede refluir á la aurícula por impedírselo las válvulas mitrales que se cierran al impulso de la sangre comprimida, marcha el líquido hácia la arteria aorta; esta se dilata al recibir la sangre, y cuando el ventrículo lo efectua para recibir una nueva oleada de dicho líquido, la arteria se contrae y la hace marchar por su canal hácia todas sus divisiones y subdivisiones, siendo llevada así á todas partes de la economía. La sangre no puede refluir de la arteria al ventrículo, porque la columna de líquido cierra las válvulas semilunares del orificio ventrículo-aórtico.

Llegada la sangre á las estremidades capilares, se reparte por todos los tejidos, y al átravesar las infinitas anastómosis del sistema capilar y la trama de los órganos, pierde

el color rojo subido, y adquiere el tinte oscuro llamado *negro*, propio de la sangre venosa. La sangre que las arterias distribuyen á todos los órganos y tejidos es recibida por los capilares de las venas, los que reuniéndose de ramos menores en otros de mayor calibre llevan la sangre al corazon, en cuyo órgano hemos visto terminar el sistema venoso por los dos troncos llamados venas cavas superior é inferior.

Cuanto acaba de decirse en los párrafos anteriores pertenece al círculo general ó digamos al curso de la sangre, considerado de un modo general: ahora nos vamos á ocupar de los pormenores de la circulacion.

ACCION ESPECIAL DE CADA UNA DE LAS DIFERENTES PARTES DEL APARATO CIRCULATORIO.

Accion particular del corazon.

El corazon se dilata para recibir la sangre en sus cavidades y se contrae para espelerla. Se da el nombre de *diástole* al movimiento de dilatacion, y el de *sístole* al de contraccion. Los movimientos de sístole y diástole se verifican simultáneamente en ambas aurículas, y cuando estas se contraen se dilatan los ventrículos, también ambos á la vez. Se ha observado en las vivisecciones, que las aurículas ejecutan muchas veces dos ó mas movimientos de sístole y de diástole mientras los ventrículos no ejecutan mas que uno. Muller considera este fenómeno como accidental. Me ha parecido observar que las aurículas algunas veces no se llenan de sangre en un solo movimiento de dilatacion, sino que ejecutan dos ó tres despues de los cuales se contraen de una vez para espeler la sangre. Cuando se contraen los ventrículos se dilatan simultánea-

mente; y al mismo tiempo que las aurículas reciben la sangre de las venas, las arterias la reciben de los ventrículos. Por esto se dice, que los movimientos de sístole y diástole de las aurículas son *isócronos* entre sí y con los de las arterias: que son *ácronos* con los de los ventrículos, los cuales ejecutan sus movimientos con isocronismo entre sí.

Se ha supuesto que el corazón es pasivo en el diástole, y que basta la simple suspensión de su acción para que sus paredes relajadas permitan la entrada á la sangre. Esta opinión profesada por Muller y otros, parece no estar enteramente de acuerdo con el fenómeno observado en las vivisecciones. Cuando se arranca el corazón á un animal vivo, el corazón ejecuta movimientos de sístole y diástole aun algunos minutos despues de separado del pecho. Muller no cree que hay actividad mas que en la contracción aun en este caso, y que la dilatación es un efecto del retorno de las fibras á su estado primitivo: mas otros consideran que en este retorno hay una parte de acción directa.

En cuanto al movimiento de contracción, todos los fisiólogos están acordes en mirarle como el verdaderamente activo y como á causa de la propulsión de la sangre.

Además de estos dos movimientos ejecuta el corazón otros que son; al tiempo de dilatarse y contraerse sus cavidades sufre un movimiento como de oscilación de derecha á izquierda: además, en el diástole de los ventrículos, el derecho hiere las paredes torácicas avanzando hácia ellas y apartándose luego.

Las paredes de las cavidades del corazón, segun Brachet, se ponen mas delgadas durante el diástole, y aumentan de grosor en el sístole.

Las observaciones que he tenido ocasion de verificar en Mr. Eugenio Alejandro Groux que tiene una hendidura esternal que permite ver el corazón al través de los tegu-

mentos del pecho, me ha patentizado, que la aurícula derecha no se llena de sangre de un solo golpe, sino por una especie de undulacion de abajo hácia arriba y que se descarga de la sangre por otro movimiento undulatorio en órden inverso. La aurícula emplea un tiempo algo mayor para efectuar su dilatacion completa que para la espulsion de la sangre: ó lo que es lo mismo, el diástole de la aurícula es algo mas lento que su sistole.

Ruidos del corazon.

Cuando se aplica el oido sobre las paredes del pecho se oyen unos sonidos que corresponden á los latidos del corazon. Estos ruidos son acompasados y su ritmo es el siguiente: óyese un sonido claro al que se sigue otro sonido mas hueco y de menor claridad, queda un pequeño espacio de silencio, y vuelve á sentirse nuevamente el mismo. Estos sonidos ó ruidos han sido comparados al *tic tac* de un reloj. Segun Laennec el ruido claro corresponde al sistole ó contraccion de los ventrículos y el obscuro al de las aurículas. Cuando el corazon no choca contra las paredes del pecho, falta el ruido claro segun las observaciones de Muller, por lo que es de opinion que este depende de dicho choque.

Segun Magendie el ruido claro depende del diástole del ventrículo derecho y su aplicacion contra el esternon.

Bouillaud opina que depende del choque de las válvulas situadas en los orificios aurículo-ventriculares.

Fuerza de impulsion del corazon.

Se ha dicho que la sangre es impelida desde el corazon por la aorta á toda la economía; los fisiólogos han querido, no solo estudiar los movimientos del corazon, sino que han procurado averiguar el esfuerzo que cada una de las cavidades emplea para hacer progresar la sangre en su cir-

culo. Veamos lo que se opina con relacion á dicha fuerza.

Las paredes de las aurículas obran por su fuerza de contraccion sobre la masa de líquido que llena mas ó menos su cavidad; pero como la distancia á que han de hacer marchar la sangre es corta, puesto que es el ventrículo su término, por esto las fibras musculares de las aurículas son poco pronunciadas. En los ventrículos no solo son mas manifiestas dichas fibras, sino mas robustas y las paredes de los ventrículos mas gruesas. Ademas se observan reforzadas por los pilares carnosos, los que son tambien mas fuertes en el ventrículo izquierdo que en el derecho. Estas circunstancias dan á conocer, que la fuerza de los ventrículos es mayor que la de las aurículas; porque han de impeler la sangre á mayor distancia; y como el ventrículo derecho no ha de hacer llegar la sangre mas que hasta los pulmones, no tiene la robustez, ni, por consiguiente, la fuerza que se desprende debe tener el izquierdo que ha de hacer marchar el líquido á toda la economía. Es pues evidente, que la fuerza con que el corazon obra sobre la sangre, sea diferente en cada una de sus cuatro cavidades segun las diferentes distancias á que cada una de ellas la ha de remitir; mas lo que no podrá comproarse de un modo satisfactorio es, el cuanto de la impulsión, por mas que para ello se bayan hecho numerosos cálculos experimentales. Borelli gradúa la fuerza total del corazon en 18,000 libras, y Keil solo en 3 onzas; Turine, Morgagni y Sauvages ni la consideran tan grande como Borelli, ni tan pequeña como Keil.

La fuerza impulsiva del corazon aunque enérgica, no es suficiente para hacer marchar la sangre á grandes distancias por las arterias; así, aunque se le considere como *primer impelente*, su fuerza ha de ser ayudada de la de las arterias, como veremos mas adelante.

Causas del movimiento rítmico del corazón.

Algunos fisiólogos, y entre ellos Goodwin han opinado que la presencia de la sangre arterial era el escitante propio de los movimientos rítmicos del corazón, y que si cesaban estos por la suspensión de la respiración, era porque faltaba la sangre roja. Bichat opina, que no hay diferencia alguna entre la escitabilidad de las cavidades derechas é izquierdas del corazón, porque en el feto ambos lados del corazón contienen una misma sangre, y no por esto dejan de verificarse los movimientos de sístole y diástole. Se ha observado, ya por la eterización, en las aplicaciones de cloro-formo, y también en el cólera asiático, que el corazón izquierdo puede recibir y contener sangre venosa sin cesar sus movimientos; cierto es que se debilitan, pero cesarían si la susodicha sangre arterial fuese la causa escitante. El corazón, no solo vacío de sangre, sino arrancado del pecho de un animal vivo, continúa moviéndose rítmicamente, lo que no puede explicarse por la acción de la sangre roja. No hemos por esto de negar la influencia de la sangre en los movimientos del corazón: hablamos solo de la causa del movimiento rítmico. Esta debe ser la influencia nerviosa.

El corazón se halla bajo cierta dependencia de la respiración; así es que cuando se alteran los fenómenos químicos de esta función se alteran igualmente los de la circulación; y aunque no sucede inmediatamente la muerte á la presencia de la sangre venosa en el corazón izquierdo y en las arterias, se debilita no obstante mucho la función circulatoria y cesa por fin. La sangre sea arterial sea venosa excita las contracciones del corazón, aunque no por esto se ha de admitir que la causa inmediata de dichas contracciones sea la sangre arterial.

De la influencia nerviosa en los movimientos del corazon.

No hay órgano que mas facilmente se resienta de las escitaciones nerviosas que el corazon. Toda impresion fuerte, las pasiones de animo, los dolores etc. ocasionan alteraciones en los movimientos rítmicos del corazon. Sin embargo de estos cambios, Muller ha negado que los movimientos del corazon dependan de esta influencia; porque el corazon continúa contrayéndose aun despues de separado del cuerpo, en cuyo caso de modo alguno puede recibir el influjo de los nervios. Soemmering y Behrens, segun Muller, han procurado demostrar que el corazon no recibe nervios, y que los que van á parar al corazon estan destinados únicamente á sus vasos: pero Scarpa ha demostrado que los nervios cardíacos se distribuyen en gran número en la parte carnosa del corazon. Segun los esperimentos de Burdach, los latidos del corazon de un conejo recién muerto se aceleran tocando el gran simpático con potasa ó amoniaco. Á un hombre á quien solian faltar algunos latidos del corazon, se le halló un nudo de la magnitud de una avellana en el trayecto del nervio cardíaco.

La procedencia de los nervios del corazon, de los gangliónicos y las uniones anastómicas de estos con los raquídeos, demuestran por qué los movimientos del corazon no dependen de la voluntad, y por qué reciben la influencia del cerebro y de la médula. Véanse sobre este punto los esperimentos de Legalois y de Wilson Philips citados por Muller en su tratado de fisiologia, tomo 1.º pag. 221 y 22.

Pericardio.

El pericardio es puramente pasivo en la circulacion: sus usos se limitan á contener el corazon de modo que sus

movimientos le sean fáciles, esté fijo en su situacion sin necesidad de ataduras.

Accion particular de las arterias en la circulacion de la sangre.

Cada una de las contracciones del ventrículo izquierdo del corazon envia una oleada de sangre á la arteria aorta, la que se dilata al tiempo de recibirla; pero la fuerza con que obra el ventrículo sobre la sangre, no es continua sino intermitente: de esto necesariamente debiera seguirse que el curso de la sangre por las arterias se verificaria á oleadas y no de un modo continuo si otra potencia no existiera para el progreso de la sangre por el árbol arterial; pero la túnica media de las arterias es elástica, cuya elasticidad hace que despues de distendido el vaso por la entrada de una cantidad de sangre, se contraiga, y reha-ciéndose de este modo sobre dicho líquido, le imprime una impulsión que le obliga á continuar su marcha. De modo pues, que cuando la fuerza impulsiva del corazon deja de obrar sobre la oleada de sangre introducida en la arteria, continúa obrando la reaccion arterial, con cuyas fuerzas combinadas, la sangre se distribuye por todas las ramificaciones y subdivisiones de la arteria aorta hasta llegar á los ramos capilares.

La oleada de sangre que del ventrículo izquierdo del corazon pasó á la arteria aorta, no puede refluir hácia el primero cuando la arteria se contrae, porque las válvulas semilunares colocadas á la entrada de la aorta, lo impiden.

Aunque la sangre corre por las arterias de un modo continuo, su movimiento es como undulatorio en virtud de la alterna dilatacion y contraccion de las arterias.

La velocidad de la sangre, segun Brachet y otros fisiólogos, disminuye en proporcion á su distancia del centro circulatorio; siendo la causa de esta disminucion, por una parte, el que la suma de los calibres de las distribuciones

arteriales es mayor que el de la aorta; y por otra, porque el roce de las moléculas de la sangre aumenta en las paredes de los vasos en proporcion al de la superficie de los mismos, la cual es tambien mucho mas considerable que la de la antedicha arteria. Pero segun los experimentos de Poisseule, la velocidad de la sangre es la misma en cualquier punto del árbol arterial. La fuerza con que la arteria impele á la sangre, segun el referido autor, es siempre proporcional al calibre del vaso, y por lo tanto idéntica en todas las arterias de un mismo animal. El término medio de esta fuerza es el equivalente al de una columna de mercurio de 8 pulgadas, ó á una de agua de 6 piés de elevacion en el caballo.

La sangre marcha con mayor velocidad en el centro de la coluna del líquido que discurre por un vaso, que junto á sus paredes. Esta es una ley general de hidráulica observada en todos los líquidos que marchan por conductos ó canales.

Pulso arterial.

El pulso arterial consiste en el rechoque ó presion de la sangre contra las paredes elásticas de las artérias, cuyo choque ó presion puede experimentarse con el tacto.

Como la sangre no puede circular con la misma velocidad por el sistema capilar que por las arterias; ó bien como su desagüe es continuo y el envio del corazon es á oleadas, en cada una de las contracciones del corazon la sangre, regurgitando en las arterias, ejerce una presion sobre sus paredes elásticas; y como todo líquido comprimido tienda á escaparse en todas direcciones, efectúa la dilatacion de la arteria. Es pues el pulso arterial producido por la contraccion de los ventriculos del corazon y en su consecuencia es tambien generalmente isócrono con ellos. Las paredes elásticas de las arterias deben disten-

derse á cada contraccion de los ventrículos y volver luego por su elasticidad á su estado ordinario. Esta distension se verifica á lo ancho y á lo largo de la arteria, de lo que resulta que las arterias undulan un poco sobre su direccion.

Generalmente se cree que el pulso es isócrono en todas las arterias sea cualquiera la distancia del corazon; pero si bien se observa, aunque el movimiento es pronto, como la fuerza viene del corazon, el movimiento corre del centro á la circunferencia; esto es del corazon á lo largo de las arterias, que siendo elásticas cedén al impulso, y el choque no puede comunicarse instantáneamente como en los tubos no elásticos: así se observa pues, que la pulsacion tarda un breve espacio en las arterias lejanas del corazon.

Segun Weber el tiempo de retardo puede valuarse en un septimo ó sexto de segundo.

Tonicidad de las arterias.

Dice Muller, las arterias, y en general todos los vasos sanguíneos, poseen, además de la elasticidad una fuerza contractil viva. Esta fuerza se diferencia de la elasticidad, en que la elasticidad reduce prontamente la fibra á su estado anterior á la distension; la elasticidad permanece despues de la muerte como una propiedad que es del tejido: la contractilidad vital de la arteria obra lentamente y no subsiste despues de la muerte: se aumenta por la accion de ciertos agentes y sufre varias alternativas durante la vida.

Esta contractilidad es la causa de que los vasos se encojan en los espasmos, y de que disminuyan su calibre por la impresion del frio. Á ella se debe la suspension de las hemorragias. A esta fuerza de contractilidad orgánica vital de las arterias se le ha dado el nombre de *tonicidad*.