

Es sabido que las diferentes especies de colesterinas obedecen á la ley general de ser todas ellas productos de eliminación, siendo aún poco conocido el papel que desempeñan en el organismo. Hay, sin embargo, un hecho que merece notarse; cuando los fenómenos de oxidación se hacen más lentos en el organismo, aumenta la colesterina, como se observa en los viejos y en los que llevan una vida sedentaria. De igual manera se ha de tener en cuenta, según ha demostrado Flint, que las proporciones en que se encuentra en la sangre esta substancia varían según el vaso del cual se obtenga ésta. Este hecho hace presumir que la colesterina desempeña diferentes acciones orgánicas según las regiones por las cuales pasa.

Análogas á la colesterina son la *excretina* y la *estereorina*, que se encuentran en las deyecciones humanas.

Consecuencias. — En el cuadro general que hemos trazado sumariamente, hemos procurado clasificar y describir los albuminoides y sus derivados que entran en la constitución de los organismos vivientes. Réstanos ahora añadir algo sobre la manera de obrar y de contribuir al conjunto orgánico, de los diferentes factores minerales que entran en su composición.

Ya hemos visto que cuando toda la materia orgánica queda reducida á cenizas, resulta un residuo puramente mineral, sobre el cual se dirige siempre la operación analítica.

Las cenizas obtenidas de las substancias orgánicas contienen generalmente cloruros, sulfatos, fosfatos, carbonatos, sales de potasio, de sodio, de calcio, de magnesio y de hierro.

Los cloruros alcalinos y alcalino-terrosos son sales solubles en el agua y precipitan de sus disoluciones aciduladas con el ácido nítrico, por el nitrato de plata.

El procedimiento que se sigue para dosificar los cloruros, consiste en hacer hervir en agua las cenizas, quedando en el líquido la totalidad de los cloruros. Se añade ácido nítrico y una disolución de nitrato de plata hasta que se forme un precipitado. Cuando ya no se enturbia el líquido, y en el fondo de la capacidad se forma un precipitado, se está seguro de que los cloruros han precipitado.

Entonces se pone este precipitado sobre un filtro y se lava con agua caliente hasta que no quede exceso de nitrato de plata, lo cual se conoce cuando se ve que estas aguas no dan precipitado añadiendo cloruro de sodio. El filtro y el precipitado se secan á la estufa y se calcinan al rojo, en cuya operación puede ser descompuesta una parte del cloruro de plata, por lo cual conviene, al terminar la calcinación, y cuando el crisol está frío, añadir una gota de ácido nítrico y otra de ácido clorhídrico, calcinando nuevamente.

Entonces sólo queda cloruro de plata que se pesa, y de este peso se deduce el correspondiente al cloro, que es el contenido en las cenizas que se analizan.

Los fosfatos que entran en la composición de cenizas de origen orgánico son fosfatos neutros, los ortofosfatos conocidos en quí-

mica. Cuando proceden de álcalis trimetálicos, se llaman fosfatos básicos; cuando los álcalis son dimetálicos se llaman neutros, y cuando proceden de álcalis monometálicos se denominan ácidos.

Conviene recordar estas denominaciones porque según sea ácida, alcalina ó neutra la reacción de las cenizas, se podrá deducir la condición del fosfato del cual proceden.

Los fosfatos alcalinos son solubles en el agua é insolubles en el alcohol. Alguna vez las cenizas de los tejidos contienen el fosfato de hierro, cuya sal es insoluble en el agua y en el ácido acético. Los fosfatos solubles precipitan de sus soluciones por una disolución de molibdato de amoníaco ó por una disolución amoniacal de sales de magnesia. Los fosfatos son las únicas sales contenidas en las cenizas de origen animal que dan un precipitado blanco cristalino de fosfato amoníaco-magnésico insoluble en el amoníaco y soluble en los ácidos, cuando á la disolución de un fosfato soluble se añade un líquido que contenga clorhidrato de amoníaco, amoníaco y sulfato de magnesia.

Utilizando estas propiedades, el procedimiento que se sigue para dosificar los fosfatos consiste en disolver las cenizas en agua acidulada por el ácido clorhídrico, precipitando en frío por adición de un líquido que contenga clorhidrato de amoníaco, amoníaco en exceso y sulfato de magnesia. El precipitado se coloca sobre un filtro, se lava con agua amoniacal, se calcina y se pesa. El fosfato amoníaco-magnésico ha sido descompuesto en agua, amoníaco y pirofosfato de magnesia. Un gramo de pirofosfato de magnesia corresponde á 0.864 gramos de ácido fosfórico, de donde puede deducirse el peso de este ácido contenido en las cenizas.

Los sulfatos contenidos en las cenizas animales son generalmente de potasa, de sosa, de cal y de magnesia.

Todos los sulfatos contenidos en estas cenizas son solubles en el agua é insolubles en el alcohol; no son volátiles, pero á la temperatura del rojo son reducidos por el carbón al estado de sulfuros.

Tratados por el cloruro de bario dan un precipitado de sulfato de bario insoluble en el agua, cuyo precipitado se obtiene mejor operando en caliente.

El procedimiento para la dosificación consiste, una vez disueltos los sulfatos en agua, en acidular el líquido por el ácido acético ó por el clorhídrico, añadiendo un exceso de una disolución de cloruro de bario. El líquido en el cual queda en suspensión el sulfato de barita, se deja algunas horas al baño de maría, hasta que el precipitado se reúne en el fondo del vaso, constituyendo una masa que se puede separar por filtración. Este precipitado se pone sobre un filtro, se lava con agua acidulada por el ácido acético y después con agua destilada hirviendo, y se calcina el precipitado y el filtro. Entonces se pesa el sulfato de bario calcinado y se calcula el peso correspondiente de ácido sulfúrico sabiendo que un gramo de sulfato de bario corresponde á 0.420 gramos de ácido sulfúrico.

Los carbonatos que se encuentran en las cenizas son los carbonatos alcalinos y alcalino-terrosos. Se sabe que los bicarbonatos y carbonatos de álcalis son solubles en el agua é insolubles en el alcohol, los carbonatos alcalino-terrosos insolubles en el agua y en el alcohol y los bicarbonatos alcalino-terrosos poco solubles en el agua é insolubles en el alcohol.

La dosificación de los carbonatos procedentes de estas cenizas consiste en poner en libertad el ácido carbónico de estos carbonatos, por un ácido, y determinar la cantidad de este gas desprendido.

Las sales de calcio precipitan en sus disoluciones por un exceso de oxalato de amoníaco. Este precipitado es insoluble en el agua acidulada por el ácido acético, y soluble en el agua acidulada por el ácido clorhídrico.

Las sales de magnesia precipitan añadiendo á sus disoluciones clorhidrato de amoníaco, amoníaco y fosfato de sosa. Calcinando el de oxalato cálcico y el fosfato amoníaco-magnésico que se obtiene en el precipitado, se puede conocer la cantidad de calcio y de magnesio contenidas en las cenizas.

El hierro en estado de óxido férrico ó de fosfato de hierro, que es como se encuentra en las cenizas, se determina teniendo presente que estas dos substancias son insolubles en el agua pura y solubles en el agua acidulada por el ácido clorhídrico. Los reactivos que se emplean para conocer si en un líquido existe una sal de hierro son los siguientes:

- 1.º La potasa ó el amoníaco que determinan la formación de un precipitado en copos, rojo obscuro, de hidrato de hierro;
- 2.º El ferrocianuro de potasio que da un precipitado azul;
- 3.º El sulfocianuro de potasio que da una coloración rojo-purpura;
- 4.º El tanino que da la coloración negra.

La dosificación del hierro se verifica por los procedimientos conocidos en química.

Todos los líquidos orgánicos contienen gases disueltos, que son el ácido carbónico, el oxígeno y el nitrógeno. Estos gases disueltos en los líquidos se obtienen y aíslan por medio de la bomba de mercurio que describiremos al tratar de los gases de la sangre.

Aparato para separar los principios orgánicos naturales. — Conviene en muchos casos separar los componentes de una substancia orgánica, y realizarlo de manera que no haya pérdidas, que producirían errores en el análisis cuantitativo.

Para conseguirlo acaba de inventar C. Chabrié un ingenioso aparato, cuya figura intercalamos (Fig. 38), y que sirve para separar fácilmente los diversos grupos de productos orgánicos naturales según sus propiedades fundadas en su estado físico entre los límites de temperatura comprendido entre -20° y $+100^{\circ}$.

Las principales ventajas de este aparato consisten:

- 1.º En facilitar la decantación de diversas capas líquidas super-

puestas, por medio de un tubo *T* movable en el tapón *B*, el cual se puede hacer llegar por su extremidad superior y sucesivamente á cada una de las capas superpuestas, cuyo líquido caerá por la parte inferior quitando el pequeño tapón *b*.

La decantación de cada una de estas capas no podría hacerse por medio del embudo ordinario de decantación, en el caso en que la presencia del depósito de un cuerpo sólido viniese á obstruir la llave de salida. Por esto conviene sustituir la decantación por la parte superior á la que habitualmente se practica por la parte inferior para separar los líquidos.

Igualmente y por medio de este aparato se pueden separar cuantitativamente los ácidos grasos insolubles en el agua, ó glicéridos líquidos á la temperatura de la experimentación y más ligeros que el agua, cuando se trata de una solución acuosa de elementos solubles en el agua y de compuestos sólidos insolubles más densos que el agua.

2.º La fácil separación de la mayor parte del líquido que está por cima del precipitado de los compuestos sólidos insolubles en el agua en la cual se forman, los cuales se reúnen en la parte inferior del aparato.

3.º La facilidad que se tiene para recoger el mismo precipitado y el líquido que le rodea. Porque es muy fácil lavar el vaso *V* que cuando está separado de la cubierta *C*, á la cual está reunido por un anillo *N* de corcho ó de cauchuc, queda ampliamente abierta por la parte superior y permite al operador buscar directamente las partes del precipitado adheridas al vaso, lo cual no es fácil cuando se opera en un globo ó en una retorta. Se ve además que este precipitado no está en contacto con los aceites que más ligeros que el agua han quedado separados de la solución acuosa que moja el precipitado. Esto es muy conveniente para obtener los compuestos insolubles en un estado físico que permite lavarlos.

4.º La ventaja de operar en el vacío cerrado, lo cual permite recoger los gases que se desprenden por el tubo *T'* antes de destapar el tubo *T* para separar los líquidos entre sí y los líquidos de los sólidos.

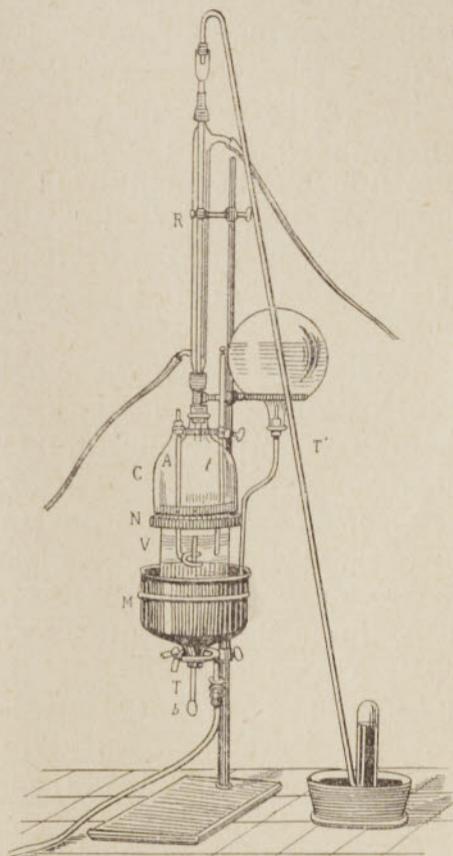


FIG. 38

Aparato de CHABRIÉ, para la separación de los principios orgánicos.

5.º La seguridad que se tiene de condensar los vapores de los líquidos que los emiten á la temperatura de la experimentación, lo cual se consigue por medio del tubo refrigerante *R*. Igualmente se conoce la temperatura del líquido por medio del termómetro *t*. También es fácil agitar las diversas partes de una mezcla por medio del agitador *A*, y operar entre amplios límites de temperatura, merced al vaso *M* de cobre niquelado que puede servir de baño de aceite, de baño maría, de nivel constante, ó de vaso para mezcla refrigerante según los casos.

Es inútil añadir que este aparato en manos de un hábil operador puede aplicarse no solamente á los usos que dejamos indicados, sino que puede facilitar la marcha de la experimentación, con ahorro de tiempo y facilidades de mucha importancia.

Es conveniente determinar la significación precisa de algunas palabras de uso muy frecuente y que hemos de emplear en lo sucesivo.

Emulsión. — Cuando se agita fuertemente una grasa neutra natural y líquida, un aceite, una grasa fundida, con el agua, la materia grasa se divide en infinidad de pequeños glóbulos que se encuentran extendidos en todo el líquido al cual dan un aspecto lechoso. En este caso se dice que la materia grasa se ha *emulsionado* en el agua. Pero esta emulsión no es permanente, toda vez que pronto los glóbulos grasos se reúnen, forman agrupaciones y constituyen una capa blanquecina sobre la superficie del líquido.

Pero si en lugar del agua se emplea una disolución alcohólica, en tal caso se forma una emulsión estable.

Saponificación. — Cuando obra sobre las grasas neutras, y á la temperatura de ebullición, una lejía de sosa cáustica, dichas grasas neutras se descomponen en glicerina y ácidos grasos, combinándose estos últimos con la sosa para dar sales sódicas. Las sales minerales de los ácidos oleico, palmítico y esteárico se llaman *jabones*. La saponificación, pues, consiste en la descomposición de los grasas neutras, por los álcalis cáusticos, en glicerina y jabones de álcalis.

En la saponificación de materias grasas hemos dicho que se verifica la regeneración de la glicerina y la formación de jabones. La glicerina puede ser considerada como un alcohol triatómico y se presenta como una substancia sumamente viscosa, soluble en el agua y en el alcohol y ligeramente soluble en el éter. En algunas ocasiones ocurre que nos encontramos con un conjunto de materias grasas neutras, de ácidos grasos libres, jabones de álcalis y de jabones alcalino-terrosos. Para separar, aislar y dosificar estas substancias puede adoptarse el siguiente procedimiento:

Sécense primeramente á 110º las substancias que se trata de analizar, y lavadas con éter, se disuelven las grasas neutras, los ácidos grasos libres y los jabones alcalinos, quedando como residuo los jabones alcalino-terrosos. Se agita la disolución etérea con

el agua destilada, la cual disolverá los jabones alcalinos, reteniendo el éter las grasas neutras y los ácidos grasos libres insolubles en el agua. La disolución acuosa de jabones alcalinos será precipitada por el cloruro de bario, y los jabones baríticos insolubles, separados por el filtro, serán lavados con agua, secos y pesados.

La disolución etérea desprovista de jabones alcalinos es agitada con una solución acuosa de carbonato de sosa, pasando los ácidos grasos libres al estado de jabones sódicos y disolviéndose en el agua. Las grasas neutras quedarán en la disolución etérea.

Se precipita por el cloruro de bario la solución acuosa de jabones sódicos, y los jabones baríticos insolubles son separados por el filtro, lavados, secos y pesados.

La solución etérea que sólo contiene las grasas neutras, será saponificada por la sosa cáustica. Los jabones sódicos disueltos en el agua y precipitados por el cloruro de bario y los jabones baríticos separados por el filtro, según se ha dicho, serán lavados, secos y pesados.

El residuo contiene aún los jabones alcalino-terrosos. Tratando este residuo por un líquido ácido se descompondrán los jabones alcalino-terrosos, quedando en libertad los ácidos, que se podrán extraer por el éter, agitar la disolución etérea con otra de carbonato de sosa y obtener jabones de álcalis en disolución en el líquido carbonatado. Después se neutraliza este líquido, se precipitan los jabones de álcalis por el cloruro de bario, se separan por filtración los jabones baríticos, se lavan con agua, se les seca y se les pesa.

De esta manera quedan aislados y dosificados los cuatro grupos de sustancias grasas.

Observaciones sobre los hidratos de carbono. — En el lugar correspondiente hemos estudiado estas sustancias que, según hemos visto, son compuestos de carbono, de hidrógeno y de oxígeno, en los cuales la relación entre las cantidades de hidrógeno y de oxígeno es la misma que la relación de estos dos cuerpos en el agua. Entre estos compuestos son los más interesantes las *glucosas* que, según hemos visto, pueden dividirse en *glucosa*, *levulosa* y *galactosa*. (Figura 39.)

La glucosa tiene tres propiedades:

- 1.^a Hace girar á la derecha el plano de polarización de la luz;
- 2.^a En presencia de los álcalis cáusticos reduce ciertas sales metálicas;
- 3.^a Fermenta bajo la influencia de la levadura de cerveza.

Prescindiendo del poder rotatorio, fácil de comprobar, diremos con respecto á sus propiedades reductoras, que precipitan los metales cuando aquellas sustancias, las glucosas, son hervidas en disolución en presencia de álcalis cáusticos con sales de bismuto, de mercurio ó de plata.

La glucosa hemos dicho que fermenta bajo la influencia de la levadura de cerveza, dando alcohol etílico y ácido carbónico.

La *levulosa* es también soluble en el agua é insoluble en el éter. Reduce el reactivo de Fehling; pero este poder reductor es menor que el de la *glucosa*. También, como ésta, fermenta por la levadura de la cerveza, dando alcohol y ácido carbónico.

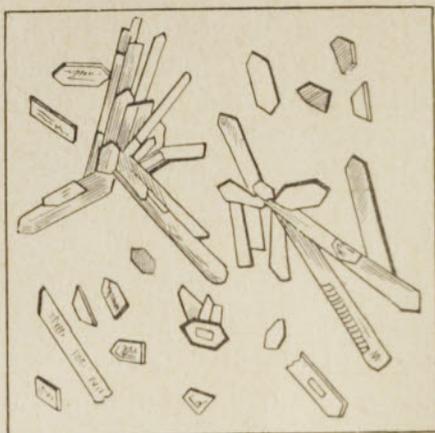


FIG. 39
Cristales de glucosa.

La *galactosa* igualmente posee las propiedades de la glucosa, siendo su poder reductor igual á 93 suponiendo 100 el de la glucosa.

Sacarosas. — Al hablar de estos cuerpos hemos dicho ya que son solubles en el agua é insolubles en el alcohol. Constituyen verdaderos azúcares que se desdoblán en *glucosa* y *levulosa*. Sus soluciones acuosas pueden ser hervidas con el reactivo de Fehling sin reducirlo, deduciéndose de aquí que no poseen poder reductor. Tampoco son directamente fermentescibles.

La *lactosa* es soluble en el agua é insoluble en el alcohol absoluto. Es un azúcar dextrogiro, pero no fermentescible.

La *maltosa* es igualmente un azúcar soluble en el agua y en el alcohol absoluto.

Las *amilosas* son hidratos de carbono que bajo la influencia de los ácidos minerales dilatados y á la temperatura de ebullición fijan el agua y se transforman en azúcares del grupo de las glucosas. Pueden ser disueltas por el agua y no dialisan, cuya propiedad las separa de los azúcares.

El *almidón* se encuentra en los vegetales bajo la forma de granos ovoides formados de capas concéntricas. Por ebullición se transforma en engrudo de almidón, un poco soluble en el agua. Estas disoluciones son viscosas y atraviesan difícilmente los filtros de papel; son precipitadas por el alcohol, en el cual es insoluble el almidón.

Si á una disolución de engrudo de almidón se añade una disolución acuosa de yodo, se obtiene una coloración intensa de azul. Hirviendo este líquido á 70° desaparece la coloración, la cual aparece de nuevo por enfriamiento.

Glucógeno. — Llámanse también *almidón animal*, y es una substancia soluble en el agua é insoluble en el alcohol y en el éter. No es reductor ni fermenta.

Por ebullición con los ácidos minerales dilatados experimenta las mismas transformaciones que el almidón, produciéndose *dextrina*, *maltosa* y después *glucosa*.

Las dextrinas son solubles en el agua é insolubles en el alcohol; poseen el poder reductor y no fermentan por la levadura de cerveza.

Ampliaciones sobre los hidratos de carbono. — Estos compuestos proceden, por una parte, de la alimentación, y por otra de desasimilación de los albuminoides. Como veremos más adelante, en el hígado se producen, entre otras substancias de desdoblamiento, el *glucógeno* que puede convertirse en glucosas. No es sólo en este órgano donde se forman el glucógeno y la glucosa por desdoblamiento de los albuminoides. En todas las células del organismo puede realizarse igual fenómeno, como veremos al tratar de los músculos, del bazo y de los riñones.

La formación de los hidratos de carbono por desintegración de los albuminoides es un hecho fuera de toda duda.

Pero la mayor parte de estos hidratos producidos por la alimentación, ó formados en las células, experimenta durante el reposo una fermentación que los cambia en grasas.

Estos cuerpos grasos así formados se depositan en parte en las células del tejido adiposo, y el agua y el ácido carbónico se eliminan por los riñones y el pulmón.

Como acabamos de ver, una gran parte de cuerpos grasos se derivan indirectamente de los albuminoides y directamente de los azúcares. Estas grasas se consumen rápidamente, ó por el ejercicio, ó por la enfermedad.

Actualmente no se conocen aún de una manera completa los productos intermediarios de oxidación entre las grasas de una parte y de otra del ácido carbónico y del agua que se derivan por oxidación.

Transformación de los compuestos orgánicos en los fenómenos de nutrición.—Aun cuando más adelante hemos de tratar con la debida extensión de todo lo que se relaciona detallada y particularmente con la asimilación y desasimilación, hemos de apuntar aquí algunas ideas generales que servirán como indicadoras para comprender la serie de transformaciones que experimentan las substancias ingeridas en el organismo para concurrir al sostenimiento de la vida.

La provisión de materias orgánicas se acumula en los individuos pertenecientes al reino vegetal hasta que por la muerte vuelven á la atmósfera; pero en el animal todo se transforma á cada instante; las materias orgánicas son consumidas y es necesaria su reparación, consistiendo la salud y el estado fisiológico normal, en el equilibrio que resulta de que las materias eliminadas se compensen por las ingeridas. El principal laboratorio donde se operan las primeras

y más importantes transformaciones, es el tubo digestivo, desde donde son arrastradas por la sangre y asimiladas en los tejidos para ser después recogidas y modificadas por los procesos respiratorios.

La desasimilación comprende el conjunto de metamorfosis que experimentan las materias orgánicas que han de eliminarse y que consisten en desdoblamientos, oxidaciones y combinaciones moleculares que sufren estas materias antes de ser arrojadas del organismo.

Si comparamos las sustancias que componen el quilo y la sangre, con las que prepara el aparato digestivo, se observa que existen notables diferencias entre unas y otras. Es cierto que el quilo y la sangre, como veremos más adelante, contienen sustancias albuminoides, hidratos de carbonato, materias grasas y minerales, pero no bajo la forma en que allí han sido preparadas por el tubo digestivo. El quilo, la sangre y la linfa, contienen materias albuminoides pero diferentes de las peptonas. En lugar de éstas hallamos en el quilo la *serina* y la *fibrina* en condiciones de ser asimiladas.

Estas consideraciones pueden aplicarse también á la sangre misma, puesto que gran número de materias orgánicas que se encuentran en ella han sufrido una transformación.

Ignórase el modo como ésta se realiza, y al entrar en el terreno de las hipótesis, podríamos decir que al parecer las peptonas han experimentado una deshidratación.

Las materias grasas depositadas entre las láminas del tejido conjuntivo no son idénticas á las que contiene el quilo; el glucógeno que se deposita en ciertos tejidos no existe en la sangre, sino que se elabora en el organismo.

Dedúcese que no podemos determinar ni interpretar científicamente estas reacciones porque ignoramos la constitución íntima de las materias complejas que las experimentan y la de los productos que resultan; pero no es probable que tales transformaciones sean muy profundas, toda vez que estas materias y sus productos conservan afinidades y analogías.

Ya hemos visto también que las materias grasas y algunos hidratos de carbono pueden formarse en el organismo por transformaciones de sustancias más complejas. Pero es difícil trazar un límite entre los productos de asimilación y los de desasimilación. Pongamos un ejemplo, la colessterina. Puede ser de asimilación, puesto que está contenida en algunos alimentos, y puede ser de desasimilación, puesto que se forma en el hígado y en otros órganos, como veremos más adelante.

No sólo las materias orgánicas desempeñan papel importante en la asimilación; también las materias minerales contribuyen á ella, como sucede con el cloruro sódico, los carbonatos y fosfatos, los silicatos, el óxido férrico, etc.

En cuanto al cloruro de sodio, es sabido que disuelve ciertas materias albuminoides como la miosina. Los fenómenos de dialisis

de ciertos principios importantes, como la glucosa y la urea, demuestran que la presencia de esta sal en la sangre, puede ejercer cierta influencia en dichos fenómenos. Según Liebig, el cloruro de sodio descompone el fosfato sódico y el fosfato potásico que los alimentos llevan á la sangre.

Para la nutrición de los órganos, las reacciones de composición y descomposición se verifican probablemente en los mismos órganos; las sustancias que entran en la nutrición de los tejidos, pasan primero por la sangre y los líquidos que bañan todas las células, para quedar elaborados y fijos. Las reacciones de cada orden de fenómenos se realizan en cada tejido, en cada especie de célula y en cada órgano correspondiente. De aquí es que cada órgano tiene su química especial, como ha dicho Wurtz.

La desasimilación consiste en un trabajo de simplificación, por el cual las moléculas complejas que habían sido asimiladas, se transforman en otras cada vez más simples. Los medios por los cuales se verifican estas transformaciones, son generalmente el desdoblamiento y la oxidación, como se observa en la combustión respiratoria. Estas oxidaciones de las sustancias albuminoides, producen los ácidos grasos volátiles, el ácido benzoico, el succínico, que también pueden resultar de la oxidación de las materias grasas.

Schützenberger ha demostrado que las materias albuminoides, al desdoblarse por la acción de la barita y del agua á temperatura elevada, producen cuerpos que abundan mucho en la economía, como la leucina; estos fenómenos de hidratación pueden realizarse también en presencia de ciertos fermentos figurados ó no.

Según Wöhler, el ácido benzoico ingerido en el organismo se encuentra después en la orina en forma de ácido hipúrico; por consiguiente, los elementos de la glucocola han sido tomados, acaso, en el hígado ó en la sangre.

Al parecer, existe una especie de productos elaborados en la misma economía animal, como los que se forman por la desasimilación de materias nitrogenadas, y que aceptan formas intermedias antes de llegar á las definitivas. Más adelante insistiremos sobre estos hechos al ocuparnos de las funciones del hígado.

La urea es entre los productos nitrogenados procedentes de la desasimilación de los albuminoides, el más interesante, puesto que en esta forma es eliminado el nitrógeno contenido en los primeros.

No está resuelta aún la cuestión de si una parte del nitrógeno de las materias nitrogenadas se eliminará por la piel y los pulmones en forma de gas; pero es indudable que las hipótesis que en este sentido han tomado carta de naturaleza, hacen esperar una pronta y definitiva resolución.

Vamos á terminar estas investigaciones de carácter general en cuanto se relaciona con las transformaciones de los albuminoides y sus derivados, apuntando algunos datos sobre la formación de la

grasa en el organismo animal. Está fuera de toda duda que los alimentos en su mayor parte contienen materias grasas; pero falta saber si el organismo puede por sí mismo elaborar las grasas, tomándolas de otros de sus elementos, como de los albuminoides, hidratos de carbono, etc.

Con respecto á los albuminoides, ya hemos dicho lo que en aquel lugar creímos conveniente. Añadiremos ahora que, según las investigaciones de Subottin, resulta que la proporción de grasas formadas, aumenta con las materias albuminoides de la alimentación. Este hecho tiene explicación, admitiendo con Henneberg, el desdoblamiento de los albuminoides en ciertas condiciones en grasa y urea. Según el citado autor, cien partes de albúmina pueden producir 51'39 de grasa, 33'45 de urea y 27'4 de ácido carbónico.

Igualmente nos hemos ocupado ya de los hidratos de carbono como factores en la elaboración de la grasa. Repetidos hechos comprobados por experimentadores ilustres, no dejan lugar á la duda. No sucede lo mismo, por desgracia, en cuanto al modo ó proceso químico de esta transformación; para explicarla hay que contentarse aún con hipótesis.

Es indudable que en el organismo se realizan fenómenos de deshidratación; pero hasta hoy no se ha conseguido obtener una materia grasa de los hidratos de carbono por este género de reacciones.

Cuando nos ocupemos de las funciones del hígado y de los productos que en él se elaboran, tendremos ocasión de volver nuevamente sobre este importante asunto, por ser uno de los más relacionados con los estudios que hoy se realizan en el terreno de la Química biológica, y que, por tanto, merece atención especial en un libro de carácter práctico como el nuestro.

Materias oxidantes que pueden encontrarse en los seres vivientes. — Observaciones comunicadas recientemente por Bourquelot á la *Sociedad de Biología*, contienen importantes datos sobre los fermentos oxidantes. Estas materias en solución acuosa determinan en presencia del aire la oxidación de un gran número de compuestos, cuya oxidación se manifiesta generalmente por coloraciones características. Con la tintura de guayaco dan una coloración azul; con el parafenileno-diamina añadido de α -naftol y de carbonato de sosa una coloración violeta; con el guayacol una coloración rojo granada, etc.

Estas diferentes reacciones se han utilizado para encontrar tales materias; pero acaso se ha olvidado alguna vez que tales reacciones pueden producirse también con sustancias oxidantes que no pueden ser clasificadas entre los verdaderos fermentos oxidantes. De aquí nace cierta confusión que el autor se propone disipar con las siguientes reflexiones.

Las sustancias oxidantes que pueden dar las reacciones mencionadas son muy numerosas. Las que suelen encontrarse en los

seres vivientes pueden clasificarse actualmente en los cuatro grupos siguientes:

I. **Ozono.** — El ozono es el tipo de estas sustancias oxidantes y se sabe hace tiempo que si se sumerge una tira de papel impregnado de tintura de resina de guayaco en el aire de un frasco en cuyo fondo se ha puesto un poco de agua y trozos de fósforo, este papel no tarda en colorarse de azul á consecuencia de la oxidación del ácido guayacónico de la resina por el ozono que se forma en estas condiciones.

Schömbein ha demostrado que diversos jugos vegetales están dotados de la propiedad de retener el ozono durante cierto tiempo. Si, por ejemplo, se agita una maceración acuosa de cebada germinada con el aire ozonizado, esta maceración adquiere la propiedad de teñir de azul la tintura de resina de guayaco, y conserva dicha propiedad durante algunas horas. Pero si se eleva la temperatura hasta la ebullición, el líquido pierde inmediatamente toda su actividad oxidante. Por consiguiente no basta comprobar que un líquido orgánico tiñe de azul la tintura de guayaco y pierde esta propiedad por la ebullición, para afirmar que dicho líquido contiene un fermento oxidante.

Por otra parte, existen cuerpos definidos cuyas soluciones acuosas con respecto á los reactivos producen los mismos fenómenos que las reacciones ozonizadas.

Schömbein ha dado á estos cuerpos el nombre de *ozónidos* porque, según él, una parte del oxígeno de estos cuerpos se encuentra en el estado de ozono dispuesto á pasar sobre otros cuerpos, bien para producir nuevos ozónidos más estables, ó bien para oxidarlos profundamente. Por consiguiente, estos ozónidos constituyen un segundo grupo de sustancias oxidantes.

II. Entre los ozónidos tomaremos como ejemplo la *quinona* porque es un cuerpo compuesto cristalizado, [y porque el estudio de sus propiedades permite darse cuenta del papel importante que pueden desempeñar en la naturaleza los cuerpos análogos.

Una solución acuosa de quinona da con la tintura de resina de guayaco una coloración azul; con el reactivo de Röhmman y Spitzer una coloración violeta; con el parafenileno-diamina, coloración gris negruzca; con el α -naftol una coloración azul violácea; con el guayacol una coloración rojo granada, etc. Por consiguiente, con estos reactivos aparece como una solución de goma arábiga ó como una solución acuosa [de mirra; en una palabra, como una solución de fermento oxidante.

Por más que las soluciones de quinona en el agua pura se alteren á la larga, sobre todo bajo la acción de la luz, sin embargo, conservan durante cierto tiempo sus propiedades oxidantes y sólo las pierden á la temperatura de ebullición. Pero si á estas soluciones se añaden ciertos líquidos orgánicos, sobre todo líquidos que contengan materias albuminoides, las propiedades oxidantes, que

pueden siempre comprobarse en el momento de la mezcla, desaparecen rápidamente en frío é instantáneamente por la ebullición. Al mismo tiempo los líquidos se enturbian y toman coloraciones que en general tienden al rojo ú oscuro.

La leche, el suero de la sangre, la orina, las soluciones de albúmina de huevo, las maceraciones acuosas de granos destruyen así las propiedades oxidantes de las soluciones de quinona.

He aquí el resultado de las experiencias de Bourquelot sobre la leche y la albúmina:

<i>Leche:</i>	1.º	Leche fresca	5 cc.
		Solución de quinona á 0'20 por 100.	5 cc.

Se mezcla y se añade de 5 á 10 gotas de tintura de resina de guayaco al 1 p. 100. Casi instantáneamente se presenta la coloración azul.

	2.º	Leche fresca	5 cc.
		Solución de quinona	10 cc.

Se eleva la temperatura hasta la ebullición; el color de la mezcla es rosa claro. Se deja enfriar y se añade la tintura de guayaco; no resulta coloración.

Albúmina: La solución de albúmina empleada se ha obtenido batiendo una clara de huevo en 350 cc. de agua y filtrando. Esta solución no colora la tintura de guayaco.

	1.º	Solución de albúmina	5 cc.
		— de quinona	5 cc.

Esta mezcla colora instantáneamente en azul la tintura de guayaco.

	2.º	Solución de albúmina	5 cc.
		— de quinona	5 cc.

Se hace hervir; el líquido toma la coloración rojo obscura. Se deja enfriar y se añade la tintura de guayaco; el líquido va adquiriendo la coloración azul, pero muy lentamente.

	3.º	Solución de albúmina	10 cc.
		— de quinona	5 cc.

Se opera como anteriormente y se observa que después del enfriamiento el líquido no reacciona sobre la tintura de guayaco.

Realmente estas soluciones de quinona, adicionadas de líquidos orgánicos, se comportan en apariencia como las maceraciones frescas de un gran número de plantas que dan la coloración azul con el guayaco en el momento de su preparación y pierden esta propiedad al cabo de algunas horas en frío, é inmediatamente cuando se eleva la temperatura hasta 100º.

Es lícito pensar, por consiguiente, que en ciertos casos y cuando se trata de hechos análogos á los reseñados, en cuanto á las reacciones colorantes, determinadas por líquidos orgánicos y de la desaparición de estas reacciones bajo la influencia del calor, se ha podido tomar por fermentos oxidantes á los cuerpos análogos á la quinona, esto es, á los ozonidos.

III. Estos ozónidos sólo son oxidantes por una parte del oxígeno que contienen, esto es, el que, según la hipótesis de Schömbain, se encuentra en estado de ozono. Una vez empleado este oxígeno, termina el fenómeno.

Por el contrario, las materias contenidas en este tercer grupo son oxidantes con la ayuda del oxígeno del aire, al cual comunican cierta actividad química, siendo este oxígeno el que llega á oxidar tal ó cual compuesto, añadido á la solución de estas materias. Si nosotros no sabemos cuál es el grado de este poder excitante del oxígeno, por lo menos podemos afirmar que es considerable, siendo dadas la cantidad de oxígeno que así puede ser tomada del aire, y la pequeña proporción de materias, que es suficiente para darle la actividad necesaria. He aquí por qué pueden clasificarse estas materias con los fermentos.

Con razón se ha comparado la acción de estos fermentos á la del carmín de índigo que se emplea alguna vez para encontrar la glucosa. Si á una disolución de índigo, adicionada de un poco de carbonato de sosa, se añade un líquido que contenga glucosa, y se eleva la temperatura, se ve que la solución se decolora, cediendo el índigo á la glucosa que se oxida, una parte de su oxígeno para cambiarse en índigo blanco. Si se deja enfriar, la solución de índigo absorbe el oxígeno del aire y recobra su color azul. Si se calienta de nuevo, se oxida también una nueva cantidad de glucosa, y el índigo pierde todavía su color, pudiéndose continuar de esta manera hasta que la totalidad de la glucosa quede completamente oxidada. Síguese de aquí, que una misma cantidad de índigo, relativamente débil, es suficiente para oxidar una gran proporción de glucosa con la ayuda del oxígeno del aire.

Se comprende, pues, que la presencia de fermentos oxidantes en un líquido está solamente caracterizada por una absorción de oxígeno cuando se añade al líquido que los contiene los compuestos oxidables bajo su influencia, y por esta razón se distinguen estas substancias de todas aquellas de las cuales hemos hablado en el párrafo anterior.

Hemos de añadir que esta absorción de oxígeno puede ser revelada por el hecho que, verificándose la oxidación siempre á expensas del oxígeno del aire, las reacciones colorantes, cuando deben producirse, empiezan siempre por la superficie de los líquidos, á partir del momento en que el oxígeno en disolución en estos líquidos está consumido.

IV. Por último, existen substancias cuya acción oxidante sólo

ha sido observada hasta ahora en presencia del agua oxigenada. Tales sustancias poseen la propiedad de descomponer este último cuerpo, de manera que una parte del oxígeno que se desprende es susceptible de fijarse sobre ciertas materias oxidables. Schömbein ha demostrado que estas materias se encuentran frecuentemente, sobre todo en los granos.

Tomemos por ejemplo una maceración de granos de maíz, la cual no colora la tintura de guayaco. Añadámosle dos gotas de agua oxigenada; inmediatamente el líquido toma un fuerte color azul. El grano de maíz contiene, por tanto, una sustancia que descompone el agua oxigenada y da á una parte del oxígeno que se desprende una actividad tal, que oxida inmediatamente la resina de guayaco.

Se obtienen resultados análogos con las maceraciones de granos de calabaza y algunos otros, como también con el suero de la sangre, la leche, etc., mientras que la orina y la clara de huevo están desprovistas de actividad.

Con el suero de la sangre de buey, separado por el reposo, se observa el hecho curioso de que cuando, después de haberla mezclado con algunas gotas de agua oxigenada, se añade la tintura de guayaco, no se produce desde luego la coloración ni aun cuando las burbujas gaseosas que se desprenden indiquen que el agua oxigenada ha sido descompuesta. Si en seguida se añade nueva agua oxigenada, aparece la coloración azul, la cual desaparece todavía si se agita el líquido. Sólo cuando se añade una cantidad de agua oxigenada suficiente es cuando la coloración azul llega á ser permanente. Parece pues que este suero contiene un compuesto más ávido de oxígeno que el ácido guayacónico y que éste no se oxida sino cuando el compuesto en cuestión está saturado de oxígeno.

¿Existen relaciones entre estas sustancias y las precedentes? Es esta una cuestión que ya preocupó á Schömbein, pero que no la resolvió. En todo caso el ilustre químico suizo sólo ha establecido que todos los líquidos orgánicos que descomponen así el agua oxigenada pierden esta propiedad por la ebullición.

Recientemente M. Dupouy ha propuesto un procedimiento que permite distinguir la leche cocida de la cruda. La leche cruda adicionada de agua oxigenada da la coloración azul á la tintura de resina de guayaco, mientras que la leche cocida no posee esta propiedad. Como se ve, este procedimiento es la aplicación de una teoría general á un caso particular. Podríase aplicar también, por ejemplo, para distinguir las maceraciones de ciertos productos vegetales de las infusiones ó cocimientos de los mismos.

No ha de olvidarse que si muchas oxidaciones dependen de las materias oxidantes de que hemos hablado, existe sin embargo un gran número de compuestos que se oxidan espontáneamente bajo la influencia combinada del aire, del agua y de la luz. Pero Schömbein, y después de él M. Traube, han demostrado que durante la oxidación de estos cuerpos, que el último de los químicos citados

designa con el nombre de cuerpos *autooxidables*, se forma agua oxigenada. Se ve, pues, desde luego que si estas autooxidaciones se realizan en presencia de alguna de las sustancias clasificadas en el cuarto grupo, debe haber descomposición del agua oxigenada que se forma, y posibilidad de oxidación de aquellos cuerpos que no se oxidan en contacto del oxígeno pasivo del aire.

La prueba de que se forma agua oxigenada en las autooxidaciones lentas se ha hecho suficientemente, y no hemos de insistir sobre este punto. Sólo conviene llamar la atención sobre las consecuencias de este hecho:

1.º Desde el punto de vista de la investigación de las sustancias oxidantes en los tejidos;

2.º Desde el punto de vista de la alteración de las disoluciones medicamentosas.

1.º Cuando se añade á una maceración acuosa reciente de granos de calabaza, por ejemplo, ó, más sencillamente, á una disolución de diastasa, la tintura de resina de guayaco recientemente preparada, no se produce una coloración azul. Pero si la tintura de resina de guayaco está preparada algún tiempo antes y si ésta ha estado expuesta á la luz durante algunos días, se obtiene una coloración azul. La explicación es muy sencilla: la resina de guayaco contiene cuerpos que se oxidan lentamente bajo la influencia del aire y de la luz. Esta oxidación lenta trae la formación de agua oxigenada, de manera que en una tintura un poco añeja hay á la vez que ácido guayacónico no alterado, productos de oxidación y agua oxigenada. Añadiendo la maceración de la cual hemos hablado, se descompone el agua oxigenada, y el oxígeno activo que se desprende se fija sobre el ácido guayacónico que queda, el cual se colorea en azul.

Como además sucede lo mismo con la mayor parte de los reactivos empleados para la investigación de los fermentos oxidantes, cuyos reactivos todos ellos se oxidan lentamente en presencia del aire, puede verse de cuántas precauciones es necesario valerse en este género de investigaciones.

2.º Hace mucho tiempo que se sabe que gran número de sustancias medicamentosas se oxidan lentamente en contacto con el aire. Debe suponerse, pues, que al mismo tiempo se forma agua oxigenada. Así sucede en efecto. Si, por ejemplo, se añade á la tintura añeja de cólchico, y sucesivamente, tintura reciente de resina de guayaco, y después una solución de diastasa, se ve que inmediatamente se produce una coloración azul.

El mismo resultado se obtiene con la tintura de alelí, con el bálsamo de Fioravanti expuesto á la luz, etc. Se comprende, según esto, que la oxidación de tales líquidos pueda ser acelerada cuando estando abiertos los recipientes, penetran en ellos los gérmenes contenidos en el aire, cuya mayor parte posee la propiedad de descomponer el agua oxigenada.

Resumen.—Dejamos apuntado en estas nociones generales, aunque de manera abreviada y sin detalles, lo más importante que interesa conocer, como vestibulo del edificio químico-biológico. Pudiera decirse que hemos visto á la ligera las piedras angulares que han de constituir las líneas más importantes de toda la construcción. Tenemos el conjunto de materiales que servirán para desarrollar todo el plan; sólo nos falta conocer su distribución y armonía para que resulte el edificio.

Como se ha podido observar, las materias no pueden ser más elementales y sencillas. El *carbono*, el gran agente de todo organismo, acompañado del *hidrógeno*, del *nitrógeno* y del *oxígeno*, añadiendo un pequeño número de algunos otros cuerpos, he aquí los elementos que van á constituir la trama orgánica de los tejidos, las grandes masas de materia organizada, que en incesante movimiento han de producir los fenómenos de la vida. Si la ciencia moderna admite como afirmación exacta que «la química orgánica no es más que la química de las combinaciones del *carbono*», hay que admirar la sublime sencillez de los procesos naturales, que dan lugar á los sorprendentes fenómenos de la vida, partiendo de hechos tan elementales, que serían inverosímiles si no estuvieran garantizados por la experimentación y el análisis, que los comprueban y ratifican.

SECCIÓN SEGUNDA

TEJIDOS ORGÁNICOS

CAPÍTULO PRIMERO

Tejidos en general. — Tejido muscular. — Definición y división. — Fibras estriadas. — Fibras lisas. — Elementos histológicos de este tejido. — Plasma muscular. — Rigidez cadavérica. — Composición química de los músculos. — Ácido sarcoláctico. — Sarcosina. — Creatina. — Creatinina. — Hidratos de carbono en los músculos. — Formas generales de los tejidos contráctiles. — Músculos estriados. — Músculos lisos. — Contracción muscular. — Influencia de la sangre en la composición de los músculos. — Trabajo muscular. — Músculo cardíaco. — Higiene general de los músculos. — Gimnasia. — Masaje. — Patología de los músculos. — Tétanos.

BIBLIOGRAFÍA. — Wurtz: *Chim. biol.* — A. Gautier: *Chim. biol.* — Chauveau: *Le travail musculaire.* — Hoppe-Seyler: *Physiol. Chem.* — Hofmeister: *Maly's Fahres b.* Tomo XII. — Frick y Danilewsky: *Arch. für path. anat.* Tomo XXI. — G. Voit: *Unters. über den Einfl.* — Brücke: *Wiener Acad. Sitz.* Tomo LXIV. — Arthus: *Ch. Physiol.* — Sánchez-Toledo et Veillon: *Arch. de Med. expérimentale.*

Tejidos en general. — Los tejidos son compuestos de trama orgánica que sirven de instrumentos inmediatos á las energías del organismo. En la gamma ascendente de la vida constituyen la armonía de los primeros elementos orgánicos y son el factor inmediato en la arquitectura de los órganos.

Los tejidos no están formados por una materia homogénea; lo están por células especiales ó *plastidas*, constituidas por una envoltura, un núcleo y un protoplasma, del cual se originan, y en el que reaccionan y se transforman los *principios definidos* que ya conocemos.

Los tejidos más importantes en el reino animal son: *muscular, óseo, conjuntivo, elástico, adiposo, cartilaginoso, nervioso, la piel y sus apéndices y tejidos adenoides.*

Tejido muscular. — Este tejido puede ser químicamente considerado bajo cuatro aspectos diferentes: 1.º Tejido compuesto de fibras estriadas. 2.º Compuesto de fibras no estriadas. 3.º Tejido muscular cardíaco, y 4.º Plasma dotado de contractilidad.

Fibras estriadas. — Acabamos de indicar que el tejido muscular se halla compuesto de fibras y que éstas pueden ser estriadas ó lisas. Las primeras son filamentos prolongados, provistos de una cubierta, llamada *sarcolema*, cuyas fibras reunidas en agrupaciones constituyen el fascículo primitivo.

El sarcolema es insoluble en el agua y al parecer es una substancia análoga á la *queratina* ó *elastina*.

El contenido del sarcolema está dividido por discos iguales en altura y diámetro, separados entre sí por medio de membranas transversales llamadas *membranas fundamentales*. Entre estos discos se supone la existencia de un líquido llamado *plasma muscular*. El sarcolema de los músculos estriados puede ser considerado químicamente como análogo al tejido conjuntivo.

Fibras lisas. — Están constituidas por células fusiformes, alargadas y sin sarcolema y adheridas á las paredes contráctiles de las vísceras y de los músculos de la vida orgánica.

Las fibras musculares no son solamente los elementos constitutivos del músculo; entre ellas se encuentra también el tejido conectivo que á la extremidad del músculo se reúne en tendones y en su superficie y en su masa en haces aponeuróticos. Existen además en el músculo vasos, nervios y depósitos de materias grasas entre las láminas del tejido conjuntivo.

Elementos histológicos de este tejido. — A la simple vista se observa que los músculos sometidos á la voluntad están constituidos por multitud de haces de fibras yuxtapuestas, los cuales están cubiertos por una membrana transparente, elástica y no contráctil, llamada *sarcolema*, según hemos dicho.

La fibra muscular sometida á la acción del ácido clorhídrico ó del alcohol se subdivide en fibras más delgadas, formadas por una serie de segmentos claros y oscuros alternativamente. Los espacios comprendidos entre dos segmentos oscuros están llenos de un plasma espeso, en el cual está sumergido un prisma obscuro, birrefringente, llamado *sarcoprisma*. Como se ve, la substancia contráctil y fundamental del músculo se compone de sarcoprismas oscuros y de un plasma dispuesto en discos oscuros que envuelven á dichos sarcoprismas.

Se sabe respecto de éstos que el ácido clorhídrico y la potasa muy dilatados los hinchán, disolviéndolos con mucha dificultad. Químicamente están constituidos por la *miostroína*, que al parecer es una nucleína especial.

Plasma muscular. — Llámase también *mioplasma* y en él, después de extraído del músculo, se observa una parte semisólida llamada *coágulo* y otra líquida, el suero muscular ó *miosuero*. El coá-

gulo está constituido por una substancia albuminoide llamada *miosina*. Por analogía con lo que sucede en la sangre, se admite en el mioplasma la existencia de una substancia productora de la miosina ó *miosinógena*, equivalente á la substancia fibrinógena de la sangre. Pero este coágulo no está formado solamente por la miosina, pues contiene otra substancia albuminoide llamada *musculina*.

El suero contiene en disolución una *mioglobulina* y una *mioalbúmina*.

Se conserva sin alteración á la temperatura de 0° y elevando la temperatura á 45° conserva por algún tiempo su reacción neutra ó ligeramente alcalina; pero pronto se enturbia dando lugar á la separación de un coágulo que, según Kuhne, está constituido por la miosina.

El mioplasma, pues, contiene cuatro substancias albuminoides: el *miosinógeno*, la *musculina*, la *mioglobulina* y la *mioalbúmina*. Pero si se le deja algún tiempo á la temperatura ordinaria, el mioplasma se coagula espontáneamente como resultado de la transformación del miosinógeno en miosina, la cual, al precipitarse, arrastraría la musculina para constituir el coágulo, en cuyo caso sólo quedan para el miosuero la mioglobulina y la mioalbúmina.

No está aún demostrado si la transformación del miosinógeno en miosina es un fenómeno de fermentación diastásica ó si se produce por la acción de un fermento soluble, el *miosinofermento*.

El plasma muscular es muy alterable y constituye un líquido siruposo, ligeramente amarillento, de reacción ligeramente alcalina. Abandonado á sí mismo, se coagula, descomponiéndose en una parte sólida y otra líquida, llamada *suero muscular*, según lo dicho.

Rigidez cadavérica. — Es sabido que después de la muerte las masas musculares se vuelven rígidas, y sometidas á la presión producen un líquido que no se coagula espontáneamente como el mioplasma.

Este líquido contiene una mioglobulina y una mioalbúmina, pero no la miosina ni la musculina. Pero si se deja macerar un músculo rígido en una solución de cloruro de sodio, se obtiene un líquido que contiene la miosina y la musculina. Por consiguiente, en el músculo rígido se encuentran las mismas substancias que en el plasma coagulado.

Brucke ha sido el primero que ha explicado la rigidez cadavérica como fenómeno debido á la coagulación, y Kühne ha demostrado que la rigidez es debida á la coagulación espontánea de la miosina y también á la acción del ácido láctico formado después de esta coagulación. El músculo separado del organismo, ó después de la muerte, pierde primeramente su irritabilidad, se vuelve rígido, da reacción ácida, y es opaco. El frío retarda la coagulación, y por el contrario, se desarrolla rápidamente cuando se eleva la temperatura. También aceleran la coagulación algunos agentes qui-

micos como el amoníaco, los ácidos muy diluidos, las sales potásicas, etc.

El músculo vivo y en reposo da una reacción neutra; vivo y fatigado da una reacción ácida, siendo también ácida la del músculo rígido. El plasma preparado en frío se coagula sin llegar á ser ácido, y sólo adquiere esta reacción después de formado el coágulo.

La rigidez producida en el músculo por la acción de los ácidos varía después de cierto tiempo. Este hecho se explica admitiendo que bajo la influencia del ácido láctico que se acumula en el músculo las sustancias proteicas depositadas pueden disolverse de nuevo, produciendo así cierta elasticidad al conjunto muscular.

Brown Sequard opina que el fenómeno de la rigidez es la manifestación de un resto de vida en el músculo, debido á una excitación después de la muerte, cuya excitación desaparece cuando empieza la putrefacción.

Composición química de los músculos. — Los músculos examinados durante la rigidez cadavérica, contienen del 20 al 28 por 100 de agua. El músculo contiene, además, sustancias minerales como los cloruros y fosfatos, sales de potasio, de sodio, de calcio y de magnesio; pero el fósforo y la potasa son los cuerpos que, entre los minerales, más abundan. En 1,000 partes de músculo se encuentran:

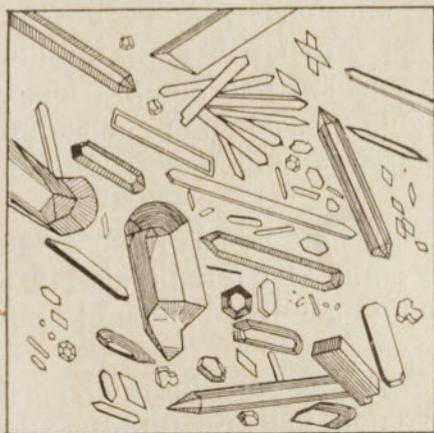


FIG. 40
Cristales de taurina.

Potasa.	4'65
Sosa	0'77
Cal y magnesia.	0'50
Ácido fosfórico.	4'64
Cloro	0'67

También contiene sustancias ternarias como el glucógeno que se encuentra en proporción variable de 1 á 10 por 1,000, y la inosita de 0'1 á 0'3 por 1,000.

La reacción ácida del músculo rígido se explica por la presencia de un ácido láctico que cuando se

encuentra en el músculo se llama *sarcroláctico*.

Entre las sustancias extractivas nitrogenadas del músculo se encuentra la *creatina* y otras de la serie úrica ó xántica.

Weidel ha encontrado en el músculo una base cristalizabile á la que dió el nombre de *carnina*; de igual manera se ha encontrado la *taurina*. (Fig. 40.) Liebig ha descubierto en la carne un ácido que llamó *inósico*.

Ácido sarcroláctico. — Este ácido es un líquido siruposo, cuyas propiedades son casi las mismas que las del ácido láctico de fermentación. Cuando se eleva la temperatura pierde el agua, convirtién-

dose en *láctica*, cuyo producto disuelto en el agua hirviendo da el ácido láctico de fermentación.

El ácido sarcoláctico se obtiene desmenuzando el músculo y tratándolo por el agua fría; coagúlase el líquido al baño de maría y se añade agua con un exceso de barita. Haciendo pasar una corriente de ácido carbónico queda el líquido privado de barita, se filtra y evapora hasta llegar á la consistencia siruposa, añadiendo después un exceso de ácido sulfúrico y agitando con el éter, que disuelve el ácido láctico, el cual, después de evaporación, queda en forma de líquido siruposo.

Sarcosina. — Es un derivado de la creatina que se encuentra también en el músculo. Para prepararla se hace disolver la creatina en agua hirviendo, á la cual se añaden 10 partes de hidrato bórico cristalizado, añadiendo agua y sosteniendo la ebullición hasta que no se desprenda amoníaco. El precipitado que se forma es de carbonato bórico, y por medio de la filtración desaparece el exceso de barita, haciendo pasar una corriente de ácido carbónico, calentando el líquido hasta la consistencia siruposa. Este líquido, dejado en reposo, cristaliza en laminillas incoloras, que se purifican disolviéndolas en un exceso de ácido sulfúrico diluido, evaporando la disolución, precipitando después por el alcohol hasta obtener un polvo de sulfato de sarcosina. Se agota el polvo por el alcohol frío, se disuelve nuevamente en agua y se añade el carbonato de barita. Entonces se filtra y evapora, quedando la sarcosina cristalizada.

Los cristales que resultan son incoloros y transparentes en la forma de prismas ortorrómbicos.

La sarcosina es soluble en el agua, poco soluble en el alcohol é insoluble en el éter; su solución acuosa es de reacción neutra; su sabor es ligeramente dulce, acre y metálico.

Creatina. — A lo que sabemos sobre esta *guanidina* hemos de añadir que se encuentra en los músculos y que se prepara obteniendo una tintura alcohólica de carne, desmenuzada y triturada. Se destila el alcohol, se precipita el residuo por el acetato de plomo, se filtra, se separa el exceso de plomo por el hidrógeno sulfurado, se evapora hasta la consistencia siruposa y queda la creatina cristalizada. (Fig. 41.)

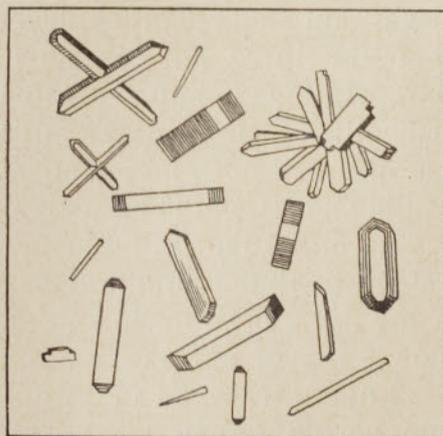


FIG. 41
Cristales de creatina

La *creatina* se presenta bajo la forma de un cuerpo blanco, inodoro, de sabor amargo, que cristaliza en prismas romboidales, que da reacción neutra y es muy soluble en el agua hirviendo y poco

soluble en el alcohol. Este cuerpo puede ser considerado como un amido-ácido, que da combinaciones salinas con los ácidos y con los óxidos metálicos.

Sometido á la ebullición con el agua de barita, se fija el agua por ésta y la creatina se desdobra en *urea* y sarcosina como hemos visto. Los ácidos concentrados le hacen perder una molécula de agua transformándole en *creatinina*.

Creatinina. — Como acabamos de ver, es un producto de transformación de la creatina. Cristaliza en prismas clinorrombos brillantes é incoloros; su sabor es alcalino; es poco soluble en el alcohol. Posee los caracteres de una base y su reacción es francamente alcalina; desaloja el amoniaco de sus sales y forma con los ácidos sales definidas. Estas sales precipitan las de nitrato de plata; con el cloruro de zinc y el cadmio forma combinaciones cristalizables.

Hidratos de carbono en los músculos. — Hoppe-Seyler ha encontrado en los músculos el glucógeno, que, según dicho autor, desaparece antes de que empiece la putrefacción cadavérica. También se sabe que la glucosa que se encuentra en los músculos de todos los animales no es producida por el glucógeno ni se forma por influencia de un fermento diastásico.

Por último, se encuentra en los músculos la *maltoza*, la *dextrina* y la *inosita*, de cuyos compuestos nos hemos ocupado ya en las nociones generales.

Formas generales de los tejidos contráctiles. — Hemos visto en la morfología de los músculos, que están compuestos por fibras estriadas, y que constituyen el instrumento orgánico de la voluntad. Pero hemos dicho que existen otros músculos compuestos de fibras lisas. Son éstos los que sirven á la vida animal, y están constituidas sus fibras por células nucleolares, que se encuentran como comprimidas las unas junto á las otras, sin tocarse, y dispuestas en haces mediante una substancia albuminosa que las rodea. En las fibras lisas se ha encontrado la creatina, la sarcina, la taurina, el glucógeno, ácidos grasos volátiles y lactatos.

En cuanto al protoplasma contráctil se observa que una temperatura mediana aumenta su contractilidad, que llega al máximo á los 20° y cesa de los 45° á los 48°. Es destruida la contractilidad por la mayor parte de los reactivos.

Encuétrase en el protoplasma contráctil: albúmina coagulable, serina, substancias proteicas insolubles, lecitina, colessterina, glucógeno y algunas otras substancias.

Músculos estriados. — *Datos obtenidos por medio de la observación microscópica.* Sometidas las fibras estriadas á una fuerte ampliación microscópica, se observa que los prismas oscuros y los espacios claros se corresponden en el haz formado por la yuxtaposición de fibras contiguas, apareciendo entonces la fibra muscular como estriada transversalmente. Se observan también las mem-

branas sarcolemáticas é intersticiales que envuelven ó separan las fibras unas de otras, y el tejido adiposo que llena los vacios interfibrilares. Se observan además los tendones, los vasos, la sangre, los nervios, etc., que forman parte del músculo, aunque no su materia fundamental, que, como hemos visto, está constituida por los sarcoprismas y por el plasma monorrefringente de los discos que envuelve á los sarcoprismas.

Músculos lisos. — Los datos suministrados por la observación facilitan una noción bastante clara sobre la constitución del músculo; pero no está igualmente averiguado cuanto se refiere al mecanismo de la contracción muscular. Se sabe que el hecho se realiza bajo la influencia de una corriente nerviosa centrifuga, acompañada de una variación eléctrica, y transmitida hasta la extremidad de los nervios motores. Moritz Schiff ha demostrado que todo órgano en actividad aumenta en temperatura, y el nervio recorrido por el influjo nervioso, es al mismo tiempo conductor de una corriente eléctrica.

Es probable que esta variación eléctrica del nervio se traduzca por una variación paralela que se transmite al elemento contráctil del músculo. Al mismo tiempo que se produce el cambio en la tensión capilar entre las superficies del plasma muscular y de los sarcoprismas, apareciendo, como consecuencia, la contracción del músculo y su tensión eléctrica, este fenómeno, transmitiéndose á través de la masa fibrilar, desarrolla en la misma, y en la sangre que lo atraviesa, nuevos estados químicos, descomposiciones y oxidaciones, que dan lugar al trabajo producido por el órgano contráctil, del cual no es el influjo nervioso más que la causa ocasional y el excitante.

Contracción muscular. — Recordemos que el músculo es un instrumento de trabajo y en tal concepto, además de examinar su composición químico-orgánica, hemos de decir algo sobre los cambios que estos órganos experimentan durante la contracción. La fibra muscular, al contraerse, varía de forma, acortándose y aumentando de diámetro. En tales condiciones el músculo obra como una potencia mecánica sobre los huesos que le sirven de palancas y á los cuales pone en movimiento, todo lo cual se verifica mediante reacciones químicas que se realizan en la materia componente del músculo. Entre los excitantes químicos de la actividad muscular, ocupan el primer lugar todos los que alteran la composición de los músculos, especialmente la del plasma muscular.

Está demostrado por la observación, que todas las substancias que precipitan la miosina producen contracciones musculares, como los ácidos débiles, los álcalis y gran número de sales. Cuando se pone la miosina en contacto con el músculo, aquélla precipita, las partes tocadas se hacen transparentes y el precipitado es de sintonina.

Al parecer la contracción es provocada por las reacciones químicas

micas que sobrevienen en el plasma muscular. Pero se admita ó no esta hipótesis, está demostrado que los músculos sometidos á la acción de una corriente eléctrica hasta provocar contracciones enérgicas, contienen menos materias solubles en el agua é insolubles en el alcohol y más materias solubles en el alcohol, que los músculos que permanecen en reposo. (Helmholtz.)

Según observaciones de Boys-Reymond, los músculos en reposo presentan una diferencia de composición química con respecto á los que se hallan en estado de contracción.

También se ha demostrado que la reacción ácida del músculo aumenta con el trabajo mecánico. Para demostrarlo se introduce un músculo de rana en una disolución de sal marina teñida de azul con tintura de tornasol. En tal estado la reacción es neutra; pero si se excita el músculo, produciendo contracciones, empieza á manifestarse la reacción ácida que va aumentando á manera que aumenta el trabajo muscular. (Heidenhain.)

La contracción favorece igualmente la producción del ácido sarcoláctico, como se observa en los músculos tetanizados, y en general siempre que verifican un trabajo violento. Es un hecho de observación constante que los músculos agotados por un trabajo excesivo no pueden levantar los mismos pesos bajo la influencia de iguales excitantes, disminuyendo la corriente muscular; pero si se inyecta en el músculo una disolución de cloruro sódico al 12 por 100 añadiendo un poco de ácido láctico, se obtiene artificialmente el mismo resultado, fatigando el músculo é imposibilitándolo para el trabajo. El músculo recobra su contractilidad y energía desalojando de él la disolución láctica por medio de inyecciones de sangre alcalina. (Ranke.)

Ignórase cuáles son los factores que contribuyen á la formación del ácido láctico durante el trabajo muscular. Como hipótesis probable puede admitirse que procede del desdoblamiento de un hidrato de carbono, ora sea éste el glucógeno, la glucosa ó la inosita.

A continuación consignamos los cambios de composición que experimentan los músculos por la contracción, según las observaciones de Ranke:

1.º Los músculos tetanizados se hidratan más que los músculos en reposo;

2.º Los músculos tetanizados contienen menos materias extractivas solubles en agua y más materias extractivas solubles en alcohol;

3.º Los músculos en tales condiciones contienen más azúcar que en estado de reposo;

4.º En tales condiciones disuelven en el agua menor cantidad de albúmina.

Al parecer la relación entre las materias albuminoides y las nitrogenadas procedentes de la desasimilación, está relacionada con

el estado de reposo ó contracción de los músculos. Las investigaciones científicas verificadas hasta hoy confirman el hecho de que en los músculos, después de un trabajo prolongado, abundan las materias nitrogenadas procedentes de desasimilación, como la *creatina*.

Igualmente se ha encontrado (Gscheidlen), que el trabajo muscular produce, al parecer, una substancia reductora. El extracto alcohólico de músculos tetanizados da una solución acuosa que transforma rápidamente los nitratos en nitritos.

Esta propiedad reductora no la poseen los músculos en estado de reposo.

Los músculos en movimiento contienen también más ácido carbónico.

Influencia de la sangre en la composición de los músculos. — Los músculos deben su coloración á la hemoglobina de la sangre que llena los numerosos vasos que circulan entre las fibras; pero esta coloración procede también en parte de la *hemoglobina de su propio tejido*. Los vasos capilares que siguen una dirección paralela á las fibras musculares contribuyen á la irritabilidad muscular, aun después de la muerte. La sangre arterial de los animales les proporciona el oxígeno que necesitan, y la venosa se carga con el ácido carbónico que elaboran, variando estas funciones según el estado de reposo ó trabajo de los músculos. Estudiando la diferencia entre el oxígeno absorbido y el ácido carbónico exhalado de los músculos, según su estado de reposo ó contracción, se encuentran los siguientes datos:

	Oxígeno	Ácido carbónico total	Diferencias para el oxígeno	Diferencias para el ácido carbónico
Sangre arterial.	45'23	26'71	—	—
Sangre venosa de los músculos en reposo	6'70	33'20	8'53	6'49
Sangre venosa de los músculos contraídos	2'97	36'38	12'26	10'27

(Sezelkow.)

Estos datos según los cuales se demuestra que el ácido carbónico de la sangre venosa procedente de los músculos contraídos contiene menos oxígeno y más ácido carbónico que la procedente de los músculos en reposo, indican que durante el trabajo muscular se excitan la combustión respiratoria y la desasimilación.

De numerosas observaciones parece resultar, que los músculos durante su contracción se apropian una parte del agua de la sangre, la cual queda más rica en materias sólidas después del trabajo muscular. Los siguientes datos sirven para fijar estas ideas:

	Sangre en músculos contraídos	Sangre en músculos en reposo
Agua	87'0 por 100	88'3 por 100
Materias sólidas	13'0 —	11'7 —

Trabajo muscular. — La contracción de un músculo produce elevación de temperatura en su masa. Esta elevación de temperatura es permanente mientras el músculo está contraído, pero no siempre que un músculo realiza un *esfuerzo* se puede decir que *trabaja*.

Recordemos que se llama trabajo mecánico al «producto de la fuerza por el camino recorrido según la dirección de dicha fuerza»; así es que un músculo que sostiene un peso, realiza un esfuerzo, produce fuerza; pero si el peso no cambia de lugar, si no hay movimiento, el músculo no trabaja.

Veamos ahora las leyes de la tensión muscular, estudiadas por Chauveau.

1.^a En todo músculo distendido y que mantiene en equilibrio un peso, sin elevarlo, á igualdad de contracción muscular, la temperatura aumenta proporcionalmente á la carga; á igualdad de carga la temperatura crece como la contracción muscular.

2.^a El aumento de temperatura da la medida de la energía productora de la elasticidad, y como esta última, es función de la carga, multiplicada por la contracción.

3.^a La elasticidad creada por la contracción estática para sostener el peso, contiene toda la energía que esta contracción pone en juego. Esta, absorbida á la vez para crear la elasticidad, es restituida íntegramente bajo forma de calor sensible, cuando el músculo se distiende.

En resumen, puede decirse que bajo la acción del influjo nervioso, el músculo entra en tensión, produciendo desde luego la fuerza, la tensión elástica, pero no el *trabajo*; se calienta con toda la cantidad de energía química, que de potencial se hace sensible, bajo la influencia de las combustiones internas. De aquí la sensación de pérdida ó de fatiga del músculo que realiza un esfuerzo.

Siguiendo los razonamientos de Chauveau, añadiremos que cuando la tensión creada resulta superior al peso que se ha de elevar, la masa á la cual se aplica el esfuerzo muscular se eleva y cambia de posición, en cuyo caso se realiza el trabajo mecánico. Entonces una parte, la tercera, de la energía potencial de los materiales químicos, se transforma en trabajo, y las otras dos terceras partes se presentan bajo la forma del calor que calienta el músculo, la sangre y todo el organismo, perdiéndose después hacia el exterior.

La tercera parte de la energía virtual, transformada en trabajo, proviene de los desdoblamientos y oxidaciones que se realizan en el músculo en actividad, presentándose al principio bajo la forma de calor, para cambiarse después en trabajo según la ley mecánica de la equivalencia, ó bien pasa directamente al estado de trabajo exterior, de una manera análoga á lo que sucede en la pila eléctrica.

El músculo según va trabajando se satura de productos excrementicios, principalmente de ácido láctico, de fosfato ácido de pota-

sa, de ácido carbónico y de sustancias extractivas alcalinas. Estos cuerpos inyectados artificialmente en el músculo, producen la fatiga. Su influencia entorpece las acciones químicas y se agota la excitación nerviosa. Cuando la sangre arrastra estos productos ó si, según hemos dicho, se les separa mediante la inyección de una débil disolución de bicarbonato de sosa, ó de sal marina, se ve reaparecer la aptitud para la contracción.

Ya hemos visto como el trabajo muscular produce elevación de la temperatura del músculo y que este aumento representa exactamente un equivalente mecánico que puede medirse y determinarse matemáticamente. Pero esta serie de fenómenos no se realiza sin la destrucción de determinadas sustancias, sin las reacciones de la combustión, que hemos dicho aumenta con la contracción muscular. Falta averiguar si la sustancia consumida, *quemada*, es la propia sustancia muscular.

Las investigaciones sobre la asimilación y desasimilación han demostrado que el trabajo muscular no procede de que la sustancia nitrogenada del músculo sea la que proporcione los elementos de combustión, sino que el músculo transforma la fuerza, pero no la crea, por combustión de su propia sustancia.

Para determinar la manera de desasimilación de las materias nitrogenadas, ha seguido Voit el siguiente procedimiento.

Un perro fué alimentado con sustancias nitrogenadas de una manera conveniente, para establecer el equilibrio entre el nitrógeno ingerido y el eliminado por orinas y excrementos. Después de algunos días se sometió este perro á un trabajo diario que se evaluó en kilográmetros, y se apreció la cantidad de orinas excretadas cada día de trabajo, con una alimentación de 1,500 gramos de carne. La media de urea excretada estaba representada por 116 gramos próximamente.

Durante los días en que el perro, con la misma alimentación, no trabajó, estuvo representada la media ureica en 109'5 gramos. De estos hechos se deduce claramente que el trabajo muscular ha dado un aumento en la producción de la urea. Sin embargo, siendo poco considerable este exceso, el experimentador privó de alimentos al perro, le tuvo en reposo durante tres días, otros tres le hizo trabajar y le volvió al reposo durante otros tres días. En los días de trabajo segregó de 12'31 á 16'6 gramos de urea y en los de reposo 10'88, 11'9 y 14'3 solamente.

Como se ve, las diferencias en la urea producida no son bastantes para explicar la producción de energía suficiente á la realización del trabajo muscular.

Los experimentos que en sí mismos practicaron [Fick y Wislicens son curiosos y merecen ser conocidos. Durante algunos días sólo se alimentaron con bizcochos tostados y té azucarado, después de lo cual emprendieron la ascensión del Faulhorn desde el nivel del lago de Brienz. El segundo de los ascensionistas pesaba 76 kilogra-

mos, y la altura que subió era de 1956 metros, lo que da 148,656 kilográmetros.

El trabajo realizado por ambos ascensionistas se ha evaluado de la manera siguiente:

Para Wislicenns	184,287
Para Fick	159,637

Después se recogió la orina excretada durante la ascensión y 5 horas 40 minutos después, resultando para el

1.º	5'55 gr.	} de urea á la cual corresponden para el
2.º	5'74 gr.	
1.º	37'00 gr.	} de materias albuminoides.
2.º	38'23 gr.	

Apreciando ahora en calorías estas cifras, se obtienen los siguientes resultados:

	<u>1.º - Kilográmetros</u>	<u>2.º - Kilográmetros</u>
Máximum de energía desenvuelta para la oxidación de substancias nitrogenadas	68'37	68'69

Es evidente que la energía desarrollada por la combustión de los albuminoides debe ser bastante para desarrollar el trabajo proporcionado. Sin embargo, también es evidente que el organismo animal sólo puede convertir en movimiento una parte de la energía potencial almacenada en los combustibles. Según Helmholtz, sólo un quinto del calor desarrollado por la combustión respiratoria puede transformarse en trabajo mecánico en la máquina animal, de donde se deduce que para medir la fuerza ó energía en el caso presente, habría que tomar $\frac{1}{5}$ del número de kilográmetros correspondientes á la oxidación de albuminoides durante la ascensión.

De todos estos hechos se deduce que, si bien el trabajo muscular consume cierta cantidad de albuminoides, no es bastante para el gasto total de energía. Dedúcese igualmente que la potencia muscular se origina sólo en una pequeña parte, en la oxidación y combustión de los albuminoides; la parte más importante de esta energía se origina en la combustión de las materias grasas y de los hidratos de carbono.

Músculo cardíaco. — Está constituido por fibras estriadas cortas, divididas y anastomosadas entre sí y sin sarcolema.

Esta disposición especial le da mayor flexibilidad y resistencia, poniéndolo en condiciones de verificar sin fatiga su trabajo prolongado y sin descanso.

Higiene general de los músculos. — El estado de salud de los músculos consiste en el equilibrio y correlación de las substancias ingeridas que contribuyen á su constitución, y las eliminadas por inútiles ó perjudiciales para su vida. Ya hemos visto de qué manera

contribuyen á la constitución muscular los estados de reposo ó de trabajo; de donde se deduce que la regulación entre estos dos estados constituye la regla para la conservación de la vida muscular.

El músculo eleva su temperatura cuando entra en contracción, lo cual sólo se verifica por la oxidación de los numerosos principios que lo componen y que se transforman en el momento de la contracción.

Está demostrado que el glucógeno del músculo disminuye por la contracción, y como que la cantidad de sangre que atraviesa el músculo durante ese estado es próximamente tres veces mayor que la que lo atraviesa en estado de reposo, es evidente que durante el trabajo el músculo pierde oxígeno y se carga de ácido carbónico.

También está comprobado que durante el trabajo sufre la combustión parte de la glucosa del músculo, observándose igualmente que durante el trabajo muscular desaparece parte de su albúmina soluble en el agua. Igual observación se ha hecho con respecto á las grasas.

Estos hechos indudablemente comprobados y otros muchos que pudieran citarse, dicen claramente que el trabajo muscular destruye las sustancias químicas que contribuyen á la producción de sus energías.

Ahora bien, si el trabajo muscular es moderado y se realiza en debida proporción con el régimen alimenticio y con las influencias atmosféricas favorables á la salud en general, es evidente que un trabajo muscular realizado en tales condiciones ha de contribuir á la salud y robustez de los órganos. ¿Por qué? Porque mediante este trabajo se verifica una *renovación* de los tejidos; los elementos orgánicos contenidos en el plasma muscular se transforman y eliminan lenta y sucesivamente, siendo reemplazados por elementos nuevos, saturados de vida y de energías que comunican al conjunto muscular. Por el contrario, el estado de reposo prolongado produce el *estancamiento* de materias que pierden sus energías por el espasmo de la inacción. El ácido sarcoláctico no se descompone ni es eliminado, siguiéndose de aquí el estado de cansancio inmotivado que experimentan las personas que llevan una vida sedentaria.

Por otra parte, el estado de inercia á que están sometidos en tal caso los hidratos de carbono determina un aumento en la producción de las grasas, que á la vez contribuyen al desarrollo de una obesidad tan molesta como contraria á la salud.

Siguese de aquí que la higiene del tejido muscular consiste en alternar prudente y metódicamente el *trabajo* y el *reposo*, proporcionando el gasto de energías musculares con el consumo de elementos reparadores, de manera que á mayor trabajo muscular corresponda una alimentación más sólida, y sea también proporcional á ésta el ejercicio al cual sometamos nuestros músculos.

En estos principios se funda la recomendación de la *gimnasia* como uno de los medios para la conservación de la vida muscular;

pero téngase en cuenta que según lo que anteriormente hemos expuesto, la gimnasia es perjudicial y contraproducente cuando produce con exceso la fatiga, porque entonces conduce al agotamiento de energías musculares en lugar de robustecer los órganos activos del movimiento.

El masaje, empleado muchas veces como medio terapéutico, es eficaz también para excitar los músculos y despertar las energías dormidas de este tejido. Pero en este sentido se han de tener presentes las condiciones que dejamos indicadas; haya medida en todo; excítense las energías musculares, provóquense las contracciones de un moderado trabajo muscular, pero no se llegue nunca al cansancio y al agotamiento, que disminuyendo las energías musculares, imposibilita para la reacción que ha de producir las nuevamente.

Patología de los músculos. — Al tratar anteriormente de las *toxinas* hemos apuntado algo de lo que interesa á la patología muscular; pero aquí tiene lugar más apropiado y conveniente la reseña algo más detallada de una enfermedad cuyas manifestaciones afectan directa y particularmente al tejido muscular. Nos referimos al *tétanos*.

Ya hemos visto que esta enfermedad, cuyos caracteres nosológicos, marcha y desarrollo son bien conocidos, es producida por un microbio que se encuentra entre la basura, la tierra, el polvo, en la superficie de los vegetales, en las heridas de los tetánicos y en los excrementos de los herbívoros. Es verdaderamente anaerobio y sólo se desarrolla en medios privados de oxígeno. Sus esporos son muy resistentes á los agentes físicos y químicos y segrega una toxina sumamente enérgica, la *tetanina*, la *tetanotoxina* y la *espasmotoxina*. Su acción es compleja, siendo una verdadera toxalbumina, una substancia diastásica.

Actualmente y gracias á los trabajos de Behring y Kitasato, se puede conseguir la inmunidad contra la toxina tetánica y contra el *tétanos*. El procedimiento de inmunización consiste en habituar á los animales, poco á poco, á la toxina específica mezclada previamente con el tricloruro de yodo. Roux emplea con el mismo objeto las disoluciones de yodo. La inmunización se consigue rápidamente y sin peligro de ninguna especie. Los animales inmunizados producen un suero que mezclado con los cultivos tetánicos más tóxicos los hacen inofensivos. Un centímetro cúbico de este suero puede inmunizar mil kilogramos del organismo animal.

La patología del tejido muscular reclama en general una terapéutica basada en la química, toda vez que, como hemos visto, la salud y robustez de los músculos están basadas en el sostenimiento del equilibrio fisiológico entre sus elementos, sin el cual no sólo sobrevienen alteraciones funcionales, sino también modificaciones orgánicas que inutilizan ó por lo menos debilitan los órganos activos de la motilidad.