

NOTAS ADICIONALES

FÓSFORO. — En la práctica se presentan casos en los cuales los individuos que han tomado fósforo pueden parecer sanos y desempeñar sus quehaceres. Un signo que nunca falta es el *dolor al hígado*, algunas veces agudísimo y contra el cual nada pueden las sanguijuelas. Otro signo constante es la sensación dolorosa en los músculos de relación, sintiéndolos contusos como si fuesen de *madera* (esta es la frase característica).

Si el perito tiene que hacer la autopsia de un individuo envenenado por el fósforo, lo primero que le llamará la atención es el *color icterico* de la piel y de la conjuntiva ocular. Puede ser producido por un obstáculo que la membrana mucosa del duodeno y aun la que reviste interiormente la porción intestinal del conducto colédoco (por hallarse inflamadas) pueden poner al libre derrame de la bilis; la retención de ésta produce una ictericia mecánica de forma *hepatógena* (Virchow, Munk, Leyden). Esta explicación es admisible y anatómicamente demostrable, sobre todo en los casos en que la muerte sobrevino casi en seguida de consumado el envenenamiento, aun cuando la glándula hepática no hubiera sido alterada profunda y extensamente por la degeneración grasienta. Pero este mismo hecho de la ictericia en el cadáver puede haberse producido por la alteración de la crisis sanguínea que suele determinar la acción del fósforo en nuestro organismo; esta segunda ictericia se llama *hematógena*. Es evidente que para aceptar uno u otro motivo de la ictericia habremos de atenernos a la investigación anatómica, viendo las condiciones de la mucosa duodenal, si ésta se halla más o menos inflamada y si hay bilis detenida en la vesícula o en los conductos biliares, así como si se encuentran en la orina ácidos biliares; ó, por el contrario, si no habiendo ninguno de estos síntomas de retención, la bilis colorea las materias intestinales, y, por tanto, nos vemos obligados á pensar que está alterada la crisis sanguínea.

En el tejido subcutáneo pueden existir equimosis ó sufusiones sanguíneas dependientes de la profunda modificación de la sangre. También se ven estos equimosis en la conjuntiva ocular, siendo frecuentes en las serosas en general y hasta en el epéndimo de los ventrículos cerebrales.

En las meninges pueden observarse hemorragias difusas, especial-

mente si la forma del envenenamiento tuvo tendencia hemorrágica. Por lo general, en el cerebro no se encuentran lesiones graves, ó características por lo menos. En el estómago es variabilísimo lo que se nota, dependiendo esto de las numerosas circunstancias químicas ó mecánicas en que pueden hallarse el fósforo ó alguno de sus preparados al ingerirse. En casos de envenenamiento agudo puede encontrarse macroscópicamente sana la mucosa del estómago; pero en general existen enrojecimientos flogósicos bastante intensos en la zona pilórica, con manchas ó puntos negruzcos, con destrucción de la mucosa y á veces de la capa muscular, y hemorragia.

El Dr. Filippi publicó en 1868 un caso en que la mucosa correspondiente á la curvadura mayor del estómago estaba salpicada de pequeñas escaras redondas, hundidas, del tamaño y figura de una cabeza de cerilla. Esto parece un signo bastante bueno para determinar con la mayor precisión la forma del preparado fosfórico que se empleó. Pero, sin embargo, las repetidas experiencias hechas por dicho profesor italiano en animales inferiores, administrándoles sencillamente aceite fosforado, le hicieron ver en la mucosa idéntico aspecto que si les hubiera hecho tomar cabezas de cerillas: deben tenerse en cuenta ambos hechos, para no dejarse extraviar por meras apariencias.

Á veces faltan las hemorragias submucosas en el estómago y también las escaras. De todas maneras, es un deber estricto examinar con una lente de aumento si hay residuos de pasta fosfórica ó sulfurosa, especialmente entre los repliegues de la mucosa. Tales residuos deben recogerse en seguida y guardarlos en un frasco limpio de cristal, sellándolo para que se entregue al perito químico.

La mucosa del duodeno participa fácilmente de la inflamación y puede presentarla en alto grado, hasta formarse escaras. En el resto del tubo intestinal pueden comprobarse los signos de la difusión de una flogosis más ó menos pronunciada, con enterorragia.

Si la muerte ha sido rápida puede hallarse el hígado hiperemiado, aumentado de volumen y consistencia, y de un color rojo oscuro. En la superficie del corte puede presentar también un color de nuez moscada, por la reunión del estado hiperémico y de la incipiente degeneración grasienta. Si el envenenamiento no fué tan rápido, sino subagudo ó lento, entonces se ve el hígado *graso*, de color de *ocre*, puriforme, pero con su volumen normal (algunas veces aumentado hasta pesar 1.900 gramos) y de una consistencia pastosa. Si el examen microscópico (que siempre debe practicar el perito) se verifica en el primer período de la forma hiperémica, manifiesta plenitud de los vasos sanguíneos, aumento de volumen de las células hepáticas, con enturbiamiento del protoplasma por la producción de gránulos albuminoideos, y, finalmente, en un período más avanzado fórmanse gotas de grasa que

van multiplicándose hasta llenar por completo las mismas células. El profesor Filomusi Guelfi (*Sull' avvelenamento da fosforo*, 1883) ha visto que después de la degeneración grasienta del hígado en los intoxicados por el fósforo se inicia un proceso inflamatorio intersticial. Esto sirve para hallar la diferencia entre el hígado presa de una hepatitis común intersticial por paludismo ó alcoholismo (en cuyos casos la inflamación intersticial es primitiva) y el hígado alterado por el fósforo.

Los riñones siguen en sus modificaciones morbosas las mismas fases que la glándula hepática, hasta presentar la degeneración adiposa de las células epiteliales de los tubos uriníferos.

La vejiga puede presentar enrojecimientos hiperémicos en la mucosa que reviste su fondo bajo; con frecuencia está vacía, pero si contiene orina, ésta suele ser turbia y á veces rojiza. El examen microscópico puede manifestar en ella la presencia de cristales de fosfato doble de amoníaco y de magnesio, elementos epiteliales propios del riñón, células epiteliales de la vejiga, gotitas de grasa y algunos glóbulos sanguíneos.

Los pulmones pueden presentar en la zona subpleurítica pequeñas efusiones sanguíneas y algunas veces infartos hemorrágicos.

El corazón puede hallarse lleno de sangre y especialmente parado en diástole; sus paredes se encuentran bastante resistentes, á menos de un estado morbozo anterior; pero examinadas con el microscopio las fibras musculares, se ven casi siempre atacadas de degeneración grasienta. Los músculos estriados se presentan de volumen normal y con una degeneración tan extensa, que podemos decir en absoluto que en ninguna otra enfermedad se verifica un hecho semejante con tanta rapidez y difusión. Su color es amarillo canario, no el color pálido y deslabazado de otras enfermedades graves; con el microscopio se ve que ha desaparecido su estriamiento normal, y en su interior se descubren gránulos pequeños y gotitas de grasa, que desaparecen del interior de las fibras con el ácido acético; y en el sarcolema que queda aparecen núcleos grandes y finamente punteados. La alteración de los músculos voluntarios surge con rapidez, y el Dr. Filippi la ha comprobado sólo en muchos animales envenenados por él, sino en el hombre muerto con prontitud por envenenamiento agudo con el fósforo.

La sangre está por lo general oscura, pero algunas veces su color es rojo ladrillo y recuerda el que se obtiene en los animales muertos por la acción de los álcalis. También, por lo común, existe cierta tardanza en coagularse la fibrina. Con el examen microscópico la única cosa que se advierte como más constante es la presencia de pequeñísimas gotitas relucientes de grasa. Algunas veces ha comprobado el Dr. Filippi que los glóbulos rojos están arrugados y presentan una forma estrellada; pero tal hecho no es peculiar á este género de envenenamiento, y

además es preciso tener en cuenta que puede tener influencia sobre él la putrefacción, por lo cual este signo carece de un valor absoluto.

Conviene tener presente el caso de que habiendo presentado un individuo, durante una enfermedad grave y rápida terminada por la muerte, síntomas sospechosos acerca de la índole especial de la causa de la muerte, ésta pueda creerse producida por un envenenamiento por el fósforo. Entonces, si el cadáver se *exhuma*, puede presentarse una cuestión seria, y es la de si el individuo murió por una atrofia amarilla aguda del hígado. Clínicamente hablando, la fenomenología de la ictericia amarilla aguda puede presentar á primera vista alguna semejanza con el envenenamiento agudo por el fósforo; porque el color icterico, las sufusiones sanguíneas, los vómitos biliosos, el dolor epigástrico y hepático, la diarrea, la descomposición de las facciones y el gravísimo decaimiento de las fuerzas neuro-vasculares, pueden ocurrir también en esta enfermedad. Pero la diferenciación clínica indica que la ictericia maligna, con atrofia amarilla aguda del hígado, se advierte en individuos que presentaron un estado prodrómico, y que habían tenido delirio furioso, convulsiones, pulso raro, rápida disminución progresiva del hígado, con aumento del volumen del bazo.

Respecto á la diferenciación anatómica, en la atrofia amarilla aguda disminuyen todos los diámetros del hígado, especialmente el vertical; presenta manchas, su cápsula está arrugada y su peso disminuido hasta 950 á 970 gramos. El color del hígado, tanto en la superficie como en el interior, no tiene el aspecto uniforme y amarillo ocráceo, sino el del ruibarbo ó el azafrán, y no es uniforme. Por el examen microscópico se ve que las células están completamente deshechas, que hay detritus moleculares mezclados con gránulos de pigmento sanguíneo, cristales de hematina, y que algunos puntos del parénquima están de un color icterico é infiltrados de granulaciones y gotitas de grasa.

Este diagnóstico diferencial tiene mucha importancia en Medicina forense, precisamente en el caso de que un individuo haya presentado en vida el síndrome de la ictericia y después de haber fallecido ocurran sospechas de envenenamiento por el fósforo y se pida la exhumación para aclarar el caso. Además, con el criterio químico-legal solo puede no ser fácil disipar las dudas, pues ya sabemos que en materia de envenenamiento por el fósforo ó sus preparados, la prueba irrecusable sería la restauración ó el encuentro del fósforo en estado elemental; pero éste no es el caso más fácil y frecuente, porque el fósforo se oxida muy pronto y se combina con otras sustancias, hasta el punto de producir algunas combinaciones que son normales en el organismo. Otra cosa sería si no hubiere sobrevenido la total oxidación y absorción del fósforo durante la vida, porque extinguida ésta ya no puede oxigenarse el fósforo, y entonces el hallazgo de él sería un fuerte indi-

cio de probabilidad de que el fósforo se había ingerido ó administrado criminalmente al individuo durante la vida.

De aquí se deduce la siguiente advertencia práctica: que como el fósforo puede permanecer inmutable en el organismo durante tres ó cuatro meses, pudiera surgir la cuestión de si se debe aconsejar ó no una exhumación en tales circunstancias. Si se presentan vísceras que puedan haber experimentado el influjo del metaloide, pero antes de que se hubiese oxigenado toda la cantidad del veneno quede fósforo libre como prueba legal, entonces el perito dará mucho valor á esta última tesis, antes que aceptar la primera.

Pero, según hemos dicho, existen casos en que este criterio químico-legal puede fallar en el cadáver, principalmente por la facilidad de tales combinaciones fosfíticas y fosfáticas, que reproduciendo las que son normales en el organismo, no darían pruebas legales á la acusación. Por eso, cuando se pregunte al práctico acerca de la utilidad de una exhumación judicial en el caso de sospechas de envenenamiento por el fósforo después de haber transcurrido dos ó tres meses, debe ser muy reservado para decidirse por la afirmativa; porque, salvo en especiales circunstancias en que por haber quedado envuelto el fósforo en materias grasas ó coloides, ó por no haberse combinado del todo durante la vida con el oxígeno, pueda haber quedado fósforo en estado de elemento, es muy difícil hallarlo en sustancia. El estado de putrefacción de los tejidos no contraría tanto esta esperanza, pues el análisis químico no ha demostrado la opinión de los que creen que durante la putrefacción avanzada de las materias proteicas se desarrolla hidrógeno fosforado; exceptuase el cerebro, en cuya putrefacción parece que pueden obtenerse algunas huellas de fósforo.

Otro punto difícil de resolver es el del síndrome de la enfermedad que condujo á la muerte á la persona, porque es grande la variedad é insidiosidad de los fenómenos morbosos producidos por el fósforo. No trazaremos el diagnóstico diferencial entre el envenenamiento por el fósforo y la ictericia amarilla grave, porque basta para ponerlo en claro la anatomía patológica; además, en las formas lentas nerviosas es fácil que no se adviertan los fenómenos característicos del envenenamiento.

Investigación toxicológica del fósforo. — Puede hacerse de tres maneras: 1.^a, procurando aislar el veneno en estado elemental, ó por lo menos que se vea su fosforescencia; 2.^a, buscando sus productos de oxidación, distintos del ácido fosfórico; 3.^a, por el examen espectroscópico.

El procedimiento de Mitscherlich se funda en la producción de resplandores fosforescentes, aisladamente del metaloide, destilando la sustancia lo más dividida posible, y después de añadir algunas gotas de ácido sulfúrico. Como del líquido calentado se volatiliza el fósforo con

los vapores acuosos, y como los que se desprenden en estas condiciones son muy claramente fosforescentes, la destilación debe hacerse en un aparato que permita la observación exacta de estos vapores y colocados en un local á cubierto de toda luz extraña.

Consta de un matraz de bastante capacidad, en el cual se calienta la materia sospechosa por medio de una lámpara, ó mejor, con el vapor de agua, á fin de evitar el desbordamiento de la masa. La condensación se verifica en un refrigerante de cristal parecido al de Liebig; el matraz comunica con este refrigerante por un tubo encorvado dos veces. El desprendimiento de los vapores fosforescentes en el matraz comienza cuando el líquido se aproxima al punto de ebullición del agua; estos resplandores ascienden poco á poco por el tubo y se fijan de un modo casi permanente en el sitio donde se condensan las primeras gotitas de vapor de agua. Fresenius y Neubauer han visto persistir estos vapores fosforescentes durante media hora con una solución en que había 1 miligramo de fósforo diluido al 1/200000. Husemann y Marmé introdujeron 1 centímetro cúbico de aceite fosforado en el estómago de un conejo, y obtuvieron resplandores manifiestos con el contenido del estómago del animal, muerto cinco horas después. El líquido destilado podrá encerrar partículas de fósforo cuando las materias sometidas á la destilación lo contengan, por poco que sea. Este procedimiento tan delicado presenta, no obstante, imperfecciones en ciertos casos. Lipowitz ha probado que ciertos productos de putrefacción de las materias animales impedían la aparición de los resplandores; Scheerer ha visto que la creosota y el hidrógeno sulfurado obraban lo mismo. Mitscherlich había observado ya el mismo hecho respecto del alcohol, el éter y la esencia de trementina. Si el fósforo estuviera en cantidad bastante notable, reuniríanse partículas de este cuerpo en el líquido destilado, y el olor de este último haría imposible cualquier error; pero, no obstante, pudieran sustraerse á la observación pequeñísimas cantidades de fósforo.

Scheerer ha hecho al procedimiento de Mitscherlich otra objeción que parece bastante fundada: teme que pequeñas cantidades de fósforo no se oxiden por completo á expensas del aire contenido en el matraz; los resplandores no aparecerán sino débilmente, podrán no ser notados, y del producto de oxidación no pasará sino pequeña parte ó nada á lo destilado. Entonces es imposible dosificar el fósforo. Por consiguiente, recomienda se efectúe la destilación en una corriente de ácido carbónico, y producir en seguida la fosforescencia con el líquido destilado, agitando este último con aire atmosférico. Para esto se introducen en el matraz con la sustancia acidulada por el ácido sulfúrico algunos fragmentos de mármol, y no se empieza á calentar sino cuando se desprende el ácido carbónico y expulsa todo el aire

contenido en el aparato. Este procedimiento parece muy racional, pero se priva uno del carácter tan precioso de la fosforescencia en el tubo estrecho del refrigerante. Por lo demás, Fresenius ha demostrado que un líquido que encerraba 1 miligramo diluido al 1/200000 emitía resplandores más abundantes cuando se destilaba por el procedimiento de Mitscherlich, que cuando se agitaba en contacto del aire el líquido destilado.

Dragendorff aconseja reservar la modificación de Scheerer para los casos en que se tema no hallar sino pequeñas cantidades de fósforo, ó bien para aquellos en que se quiera dosificar este metaloide. Hasta ahora no nos hemos ocupado sino de los casos en los cuales no se puede obtener más que su primer producto de oxidación, el ácido fosforoso; faltanos decir cómo debe procederse cuando después de observada la fosforescencia se quiere confirmar el resultado de las observaciones determinando el ácido fosfórico que se ha formado.

Los vapores de fósforo no oxidado y el ácido fosfórico, aun cuando de ellos no existan más que vestigios, reducen las sales argénticas, y por consiguiente, ennegrecen un trozo de papel de filtro impregnado con una solución de nitrato ó sulfato de plata. Esta reacción es tan sensible, que cuando falta podemos estar seguros de la ausencia del fósforo, lo cual es precisamente lo que da valor á este método de Scheerer. Por desgracia, la inversa no es cierta, pues hay multitud de cuerpos que producen idénticas reacciones (ácido fórmico, hidrógeno sulfurado); por este último motivo recomienda Scheerer el empleo simultáneo de un papel empapado en el acetato de plomo, que se ennegrece por el ácido sulfúrico y no por el fósforo y el ácido fosforoso. Fresenius y Neubauer han demostrado, sin embargo, que el ozono que se forma en presencia del fósforo ennegrecía el papel plúmbico, si bien al cabo de bastante tiempo. Para evitar toda confusión pudiera reemplazarse el papel plúmbico por otros papeles reactivos empapados en el nitroprusiato de sodio, ó en el ácido arsenioso, ó en el tartrato de antimonio y de potasio. La coloración simultánea de estos papeles indicará que hay hidrógeno sulfurado, pero no nos ilustrará acerca de la presencia ó no al mismo tiempo del ácido fosforoso ó del fósforo. Para resolver la cuestión ha propuesto Scheerer aprovechar la propiedad que poseen estos dos últimos cuerpos de formar ácido fosfórico cuando obran sobre las sales de plata, y ha indicado varios métodos para apreciar sobre el papel la presencia del ácido fosfórico. Se lava el papel con agua hirviendo, se separa la plata por el ácido clorhídrico, y se busca en el líquido filtrado el ácido fosfórico por medio del molibdato de amonio. Según otro método, se oxida por el agua regia y se busca el ácido fosfórico en el líquido filtrado, evaporado al baño-maría, etc. Fresenius advierte con razón que de esta manera podemos estar segu-

ros de encontrar igualmente el fósforo que hubiera podido precipitarse en el estado de fosfuro de plata. La única dificultad de este procedimiento será quizá la de proporcionarse papel de filtro enteramente exento de ácido fosfórico.

En 1881, Hager modificó el método de Scheerer del modo siguiente: primero se mezcla la sustancia que se ha de ensayar con el subacetato de plomo, eliminando así el hidrógeno sulfurado; después, una vez agitada fuertemente con el éter, sin calentar, volatiliza el fósforo con los vapores etéreos, dirigiendo éstos á un papel argéntico (papel pergamino humedecido con una solución de nitrato de plata). Dussard y Blondlot han ideado un método mucho más exacto para descubrir el fósforo y el ácido fosforoso.

Si se hace obrar sobre zinc químicamente puro un líquido mezclado con ácido sulfúrico, como hemos dicho anteriormente, despréndese una mezcla gaseosa que arde con llama verde. Antes de inflamar el gas se purifica de todo vestigio de hidrógeno sulfurado, pasándolo á través de tubos llenos de fragmentos de piedra pómez impregnados de potasa ó de emético; no debe arder sino en el orificio de un tubo de platino (pico del soplete), porque la coloración amarilla debida al sodio del cristal disfrazaría la reacción. Si se quiere hacer visible hasta la huellas de fósforo, se cubre la llama con un tubo más ancho, como en el experimento de la armónica química. Puede usarse el aparato de Marsh ó un aparato especial, por ejemplo el de Fresenius y Neubauer. Este aparato puede construirse y manejarse con mucha facilidad. No se abren las pinzas de presión hasta que el líquido que llenaba primitivamente el frasco inferior se encuentre en el depósito superior. Pueden servir todos los aparatos que permiten se acumule y queme á la vez gran cantidad de gas; el desprendimiento debe efectuarse muy lentamente (á fin de evitar se produzca hidrógeno sulfurado) para tener seguridad de que ninguna parte del gas queda sin quemarse. Para que esta reacción dé resultado, es preciso que con el hidrógeno no se mezcle hidrógeno arsenical ni antimonial; también dificulta la reacción la presencia de alcohol, éter y otras materias orgánicas. Blondlot ha observado que el hidrógeno fosforado que se desprende precipita una solución neutra de nitrato de plata y da origen á un precipitado negro de un fosfuro argéntico; introducido este último en un aparato con zinc y un ácido, da un gas que arde con llama verde. Este sabio ha utilizado dicha reacción para separar las materias extrañas que dificultan el procedimiento de Dussard. He aquí cómo opera: se transforman en una papilla las materias sospechosas (vómitos, alimentos, etc.) y se introducen en un espacioso aparato de hidrógeno con zinc y ácido sulfúrico; el gas atraviesa una solución neutra de nitrato de plata. Se filtra el precipitado argéntico cuando ya