

Física Médica

DICTADA POR EL CATEDRÁTICO DEL CURSO, DOCTOR

JUAN VOTO BERNALES

Las ciencias físicas cada día alcanzan mayor influencia en los estudios e investigaciones médicas.

Su importancia queda perfectamente evidenciada enunciando el objeto que se persigue con el estudio de esta interesante disciplina científica.

La Física Médica tiene por objeto estudiar los fenómenos físicos que se realizan en el organismo y la acción que sobre el ejercen los agentes. Se ocupa, además, de enseñar la manera cómo pueden utilizarse los agentes naturales en el estudio y exploración del cuerpo humano y en el modo cómo pueden emplearse esos mismos agentes en el tratamiento de las enfermedades.

Señalando así el objeto del curso, bien se comprende cómo alestular cada uno de los distintos agentes sea menester hacerlo ajustándose a esta definición, para alcanzar el fin propuesto. Por lo tanto, cada agente será estudiado: I—Teniendo en cuenta cuál es la acción que ejerce sobre el organismo. II—Cuáles son los fenómenos de su dependencia que en el organismo se presentan. III—Qué servicios y aplicaciones pueden prestar en el exámen del mismo; y IV—Finalmente, cuáles son las aplicaciones terapéuticas que de él pueden hacerse.

Los estudios preparatorios, hechos ya, hacen inútil tratar de las cuestiones referentes a la parte de la Física General, y el haber adquirido esta enseñanza es el motivo por el cual solo se recordará lo que haya de indispensable en las teorías físicas fundamentales para comprender las aplicaciones médicas. En el estudio de las funciones sólo se tratará de la parte estrictamente física, sin tocar terreno extraño, prepa-

raudo, así, la mente del alumno para comprender y adquirir los respectivos conocimientos fisiológicos más tarde. Muy particular consagración se prestará a la parte que se refiere a la aplicación y uso de los agentes físicos en la exploración clínica.

Se estudiará el fundamento de los aparatos tan variados y necesarios que la física suministra al clínico y que tan variioso concurso le prestan.

Fenómenos físicos.—Todo hecho que se produce sobre la materia, sin alteración de la composición, es un fenómeno físico. Un cuerpo que cae, un sonido que se origina, el agua que se hiela son fenómenos físicos.

Fenómenos químicos.—Son los que se realizan cuando el cuerpo actúa de molécula a molécula.

Fenómenos fisiológicos.—Son todos los fenómenos que se realizan en los seres vivos.

Observación.—Es la atención que se presta a la realización de un fenómeno para estudiar sus leyes.

Leyes y teorías físicas.—Se llama ley física a la expresión de una relación constante y numérica que existe entre un fenómeno y su causa. Por ejemplo, se demuestra que una masa dada de gas, a una misma temperatura, ocupa un volumen 2, 3 veces menor, cuando soporta una presión 2, 3 veces mayor. La expresión de esta relación numérica entre los volúmenes y las presiones de una masa de gas, es la *ley de Mariotte*. Una teoría física es el conjunto de las leyes que se refieren a una misma clase de fenómenos. Por eso, se dice: la teoría de la luz, la teoría de la electricidad. Sin embargo, esta denominación se aplica, también, en un sentido más limitado, a la explicación de ciertos fenómenos particulares. Por ejemplo, se dice: la teoría del rocío, la teoría del espejismo.

Diversos estados físicos de la materia.—La materia se manifiesta a nuestros sentidos bajo cinco distintas formas que se denominan estados físicos de los cuerpos: 1.º *Estado sólido*, que se observa, a la temperatura ordinaria en las maderas, las piedras o los metales, y que está caracterizado por una cohesión tal, entre las moléculas, que solo se puede separarlas por medio de un esfuerzo mas o menos considerable. Es en virtud de esta cohesión por lo que los cuerpos sólidos poseen una dureza mas o menos considerable y conservan por sí mismos las formas que el arte o la naturaleza le ha dado.

2.º—*El estado líquido*. Que presentan el agua, el alcohol y los aceites. El carácter distintivo de los líquidos es una co-

hesión tan débil entre sus moléculas, que la movilidad que poseen unas respecto de las otras es extremada; de donde resulta que estos cuerpos no tienen dureza ninguna, ni afectan ninguna forma particular, sino que toman siempre la de los vasos que los contienen.

3°—*El estado gaseoso.* Que se observa en el aire y en un gran número de otros cuerpos llamados gases. En los gases la movilidad de las moléculas es todavía mayor que en los líquidos; también esos cuerpos toman la forma de los recipientes; pero su carácter distintivo es una tendencia a adquirir, constantemente, un volumen mayor, de manera que ocupan indefinidamente todo el espacio que se les presenta. Esta propiedad recibe el nombre de *expansibilidad*.

A los líquidos y a los gases se les ha dado el nombre de *fluidos*.

La mayor parte de los cuerpos simples y muchos de los compuestos pueden presentarse, sucesivamente, en cada uno de los tres estados de los cuerpos según las variaciones de temperatura. El agua nos ofrece un ejemplo, que todo el mundo conoce de dicha verdad.

4°—*El estado radioactivo.* Es la propiedad que poseen algunos cuerpos de emitir espontáneamente una irradiación especial de origen atómico, dotado de propiedades particulares que le permiten ejercer acciones químicas o físicas capaces de volver los gases conductores de electricidad, de impresionar las placas fotográficas, excitar la fluorescencia. &c.

Este nuevo descubrimiento que ha tenido una gran influencia sobre el estudio de las ciencias, en general, es debido a un sabio francés, BECQUEREL.

5°—*El estado coloidal.* La ciencia coloidal es el niño de nuestro siglo, y ya ella ha revolucionado nuestros métodos de pensar y de trabajar. Ninguna rama de la ciencia humana puede pasarla actualmente sin el conocimiento de los coloides.

Esta palabra se encuentra en cada página de las publicaciones consagradas a la ciencia o a la industria; ella se pronuncia a cada instante por los médicos, los bacteriólogos, biólogos, químicos y físicos.

Nos ha parecido, pues, indispensable el iniciar nuestros estudios haciendo una ligera exposición de lo que se sabe al respecto de este tópico de trascendental importancia en la solución de los problemas biológicos y médicos.

Descubiertos en 1862, por GRAHAM, existe aún alrededor

de esta cuestión bastante obscuridad, y la abundancia de literatura de que es objeto, la materia coloidal, prueba que existe una diversidad de opiniones respecto a este asunto. Muchos detalles quedan en las tinieblas o bien son contradictorios. Sería necesario un enorme libro para irlos analizando, uno por uno; más, sin embargo, ¿los puntos principales no están adquiridos?, ¿las principales líneas no están trazadas? Esto es bastante para sentar una teoría consistente e instituir una técnica fiel. Lo que es esencial e indispensable saber es, que las soluciones coloidales se caracterizan por el estado de extrema división de la materia en suspensión, cuyas partículas (micelas) en número infinito están presas de una agitación incoherente, viva, y continua; son tan infinitamente pequeñas (algunas millonésimas de milímetros de diámetro) que únicamente son perceptibles al ultra microscopio, gracias a la iluminación lateral. Puede uno darse cuenta del tamaño de estas partículas pensando que una solución coloidal de oro, a 5 centigramos de metal por litro, representa varios millones de gránulos por m. m. c., y podría cubrir una superficie de 600 metros cuadrados.

El estado coloidal resulta, pues, de la presencia, en el seno de un líquido, de partículas ultramicroscópicas de un cuerpo que no se disuelve, pero que experimenta una disociación tal, que al volverse imponderable, por así decirlo, cesa de obedecer a las leyes de gravedad. Sin embargo, llega siempre un momento en que, sea por la acción del tiempo, sea por la de los factores mecánicos, químicos o físicos, las partículas tienden a aglomerarse en grumos, a manera de burbujas de gas en la superficie de un líquido. Si se trata de coloides llamados "estables" o "hidrófilos" (la gelatina o la albúmina en el agua, el caucho en el sulfuro de carbono, la nitroglicerina en una mezcla de alcohol y éter, &c) la masa toma el estado de "gel" (la gelatina es el prototipo de esta substancia); de ahí el nombre de "gel". Si se trata de coloides "inestables" los coloides metálicos, por ejemplo, los grumos se separan del "baño" y precipitan; es lo que se llama la "floculación". La estabilidad crece en razón directa de la tenuidad de las micelas, cualesquiera que sea su número por unidad de volumen, pero en razón diversa del grado de concentración de la solución.

A su estado de división infinita es a lo que las substancias coloidales deben sus notables propiedades, tan diferentes de las propiedades de las mismas substancias bajo otras for-

mas. Se diría que los cuerpos coloidales, refractarios a las leyes ordinarias de la mecánica química, poseen reacciones y afinidades particulares, algunas veces de prodigiosa intensidad. Siendo proporcional la actividad química de un cuerpo a las superficies de contacto, es inútil decir que el estado coloidal debe ofrecer un campo ilimitado a las fuerzas moleculares, electro-capilares, &c., y provocar fenómenos que con el mismo cuerpo, en estado macizo, no tendrían efecto. Así se explican los múltiples y curiosos poderes de los coloides, poder de absorción, poder disolvente, poder oxidante y reductor y, ante todo, poder catalítico, que les permite cebar y sostener, con su sola presencia, reacciones enérgicas, en las cuales no toman directamente ninguna parte. Igualmente, se relatan su extraordinaria aptitud para la difusión y su poder de penetración, que amplifican aún los movimientos "browmianos", engendrados por los choques recíprocos de sus partículas, de las cuales son el lugar permanente. Cada una de estas partículas o micelas lleva su carga eléctrica, unas veces electro-positiva y otras veces electro-negativa. También. J. DOUCLAX ha podido definir justamente el estado coloidal: "simbiosis de iones y materia inerte". Sin embargo, no tienen nada de sustancia inerte, al contrario son extremadamente movibles, animados e hiperactivos. Se parecen más bien a las diastasas. Los metales, por lo general, toman el estado coloidal, a pesar de que por su estructura, regularmente cristalina, se creyó debía excluirse toda idea de coloidalidad; los metales, bajo esta forma paradógica, se conducen como verdaderos fermentos; de los "fermentos metálicos", con todas las características de los catalizadores.

En estas condiciones, era natural que se pensara en aplicar a la terapéutica las sorprendentes propiedades de las sustancias coloidales, mucho más racional y lógico todavía, puesto que los humores de los tejidos del organismo están en estado coloidal, como si este estado fuera efectivamente la forma esencial y normal de la materia viviente. Algunos autores, cuya opinión es en alto grado considerada, han hecho la siguiente conclusión: la vida..... es un estado coloidal. Las enfermedades y hasta la vejez, con sus achaques y miserias, son función de las inestabilidades de los coloides, y su conjunto constituye el ser viviente. De ahí proviene el proclamar la posibilidad de poner a raya, no sólo los trastornos patológicos, autointoxicaciones, diátesis, infeccio-

nes microbianas, & sino también la senectud, inhibiendo la "floculación" espontánea o accidental del plasma.

Los coloides y principalmente los coloides metálicos, desprovistos de toda toxicidad, obran en el organismo como verdaderos fermentos, de los cuales presentan todos los caracteres comunes: estimulación intensiva de los cambios nutritivos, reacciones defensivas y del proceso eliminatorio de los productos residuales, regularización de la presión sanguínea, poder bactericida de los más preventivos y de los más ciertos y segura destrucción de las toxinas, gracias al aumento de la fagocitosis. Los coloides deben esta actividad polivalente a su inmensa superficie de contacto y a la increíble difusibilidad que les permite transportar, rápidamente, sus elementos activos, como los gases, hasta el fondo de las células vivientes y a las últimas intimidades de los tejidos.

Desprovistos de toda nocividad y de toda tendencia a la acumulación, no presenta ninguna contraindicación el empleo repetido y prolongado de estos preciosos agentes, lo que es una ventaja inapreciable para el tratamiento de las afecciones crónicas y los trastornos diatésicos de la nutrición.

En resumen, queda probado que las sustancias medicamentosas tienen, en el estado coloidal, virtudes terapéuticas tan superiores, que sería inútil exigir iguales resultados a las mismas sustancias, bajo otras formas.

Agentes físicos, éter, teorías.—Para explicar los fenómenos que presentan los cuerpos se ha empezado por admitir la existencia de agentes físicos o de fuerzas naturales que rigen la materia.

Estos agentes son la atracción, bajo sus diversas formas, el calor, la luz, el magnetismo y la electricidad.

Los agentes físicos sólo se manifiestan al hombre por sus efectos; en cuanto a su naturaleza la desconocemos completamente. ¿Serán acaso propiedades inherentes a la materia, o serán a su vez materias sutiles, impalpables difundidas por todo el universo y cuyos movimientos, de diversa naturaleza, producen diversos fenómenos que impresionan nuestros sentidos? Esta última hipótesis ha reinado primeramente en la ciencia con poder absoluto y, bajo el nombre de fluidos imponderables han sido admitidos, durante mucho tiempo, varios fluidos especiales: uno para el calor, otro para la luz; dos para el magnetismo y dos para la electricidad.

Esta teoría de los fluidos imponderables desaparece de día en día. Tiéndese hoy a sustituirla por una hipótesis do-

ble: 1º la de un fluido único, el éter, eminentemente elástico, difundido por el mundo y que penetra la masa de los cuerpos; 2º la hipótesis del movimiento propio de las moléculas de la materia, muy variable en su naturaleza y en su velocidad, y que se propaga por el intermedio del éter; uno de esos movimientos, de una naturaleza dada, constituye el calor; otro, más rápido, la luz; otro diferente de forma o de carácter, el magnetismo o la electricidad.

En esta teoría que se denomina teoría dinámica, no sólo los átomos de los cuerpos transmiten movimiento a los átomos del éter, sino que éstos pueden comunicarlo a los primeros, de tal modo que los átomos de los cuerpos y los del éter, son sucesivamente orígenes y recipientes de movimiento. Todo los fenómenos físicos, referidos así a una causa mecánica única, no son más que transformaciones de movimiento.

De esta manera de comprender los fenómenos ha surgido una hipótesis grandiosa, la de la correlación y de la unidad de las fuerzas físicas. En efecto, a medida que se adelanta en el estudio de los fenómenos físicos se ve, no sólo que el movimiento se transforma en calor y el calor en movimiento, sino que el calor engendra la luz y la electricidad, y que esta última fuerza produce el calor, el magnetismo y el movimiento.

Bases fisiológicas de la mecánica.—Los principios fundamentales de la mecánica nos son dados por los sentidos y, por esto mismo, no son susceptibles de ninguna definición científica. El mundo exterior no nos es conocido sino por los sentidos, y todas las bases de conocimiento que nosotros tenemos son puramente fisiológicas. Los fenómenos que se clasifican comunmente bajo el nombre de fenómenos mecánicos, tienen por base tres nociones irreductibles: las de espacio, de fuerza y de tiempo.

Espacio.—La noción del espacio nos es dada fundamentalmente por el sentido de las actitudes. Estas son nociones primordiales, no susceptibles de definición, y que nos llevan a la concepción del espacio. La longitud de nuestros brazos o la de nuestro pie han dado las primeras unidades de longitud.

Fuerza.—Nosotros tenemos, lo mismo por nuestros músculos, la noción de resistencia, la noción de fuerza que ejercemos sobre un fardo para ponerlo en movimiento; nosotros llamamos sentido muscular el sentido que nos da esta noción, que llamamos la noción de fuerza.

Tiempo.—Cuando se produce un desplazamiento de uno

de esos cuerpos que la resistencia nos ha enseñado a conocer, nosotros tenemos una noción indefinible que nos indica que alguna cosa sucede entre su pasaje en un punto y su pasaje en otro punto. Nosotros damos el nombre de tiempo a esta noción.

Velocidad.—Cuando nosotros vemos diversos móviles recorrer el mismo camino, nos apercibimos que ellos no emplean el mismo tiempo en recorrerlo. Nosotros decimos que ellos tienen diferentes velocidades; la velocidad es tanto mayor a medida que el tiempo empleado en recorrer un camino es más corto y se define: el cociente del espacio por el tiempo empleado en recorrerlo.

Aceleración.—Nosotros sabemos que, cuando un cuerpo cae su velocidad es también mayor a medida que se realiza la caída de mayor altura. La variación que experimenta la velocidad, al cabo de la unidad de tiempo, es lo que se llama la aceleración del movimiento.

Movimiento.—Se denomina movimiento el estado de un cuerpo que cambia de lugar; reposo, a su permanencia en un mismo sitio. El reposo y el movimiento son absolutos o relativos.

Inercia.—Un cuerpo no puede cambiar nada, por sí mismo, a su estado de reposo ni a su estado de movimiento.

Si los cuerpos caen cuando se les abandona así mismos, es porque una fuerza los atrae hacia el centro de la tierra, y no porque ellos espontáneamente sigan dicha dirección; si la velocidad de una bola sobre una mesa de billar disminuye, gradualmente, esto resulta de la resistencia del aire que la bola desaloja y del rozamiento contra el paño. Siempre que no se presente una fuerza exterior o una resistencia pasiva, el movimiento se continúa sin alteración, principio del cual nos presentan un ejemplo los astros en su revolución al rededor del sol.

Fuerza centrífuga-Centrífugas.—Cuando se hace girar, rápidamente, un cuerpo atado a uno de los extremos de una cuerda, cuya otra extremidad está fija, la cuerda se tiende y acabaría por romperse, si el movimiento de rotación fuese bastante rápido. El cuerpo, girando así, obra, pues, sobre la cuerda como si estuviese sometido a la acción de una fuerza que tendiese a alejarlo del centro de su movimiento; esta fuerza ha recibido el nombre de fuerza centrífuga.

Se ha hecho un gran número de aplicaciones de la fuerza centrífuga. Es suficiente hacer girar un vaso contien-

do un líquido con partículas sólidas, un poco más pesadas en suspensión para que esas partículas sólidas se depositen, por fuerza centrífuga, sobre la pared más alejada del eje de rotación.

PALANCAS DEL ORGANISMO HUMANO

El organismo humano, sabemos, se compone de materias de diversa consistencia; bajo este punto de vista, se puede decir que está compuesto de materias líquidas y sólidas, observándose, siempre, que de estas últimas, de las sólidas, tenemos que distinguir dos variedades: las materias sólidas blandas y las materias sólidas duras y tenaces. Esta última materia, de consistencia dura y tenaz, forma unos órganos que se encuentran alojados en medio del organismo y que sirve, puede decirse, de eje a sus diferentes segmentos: son los huesos. El conjunto de estos órganos forman el esqueleto.

Estos órganos duros, desempeñan en el organismo una función muy importante, son órganos encargados de una función esencial en la vida de relación, como es el movimiento; pero únicamente como órganos pasivos, pues son unos órganos blandos, los músculos, los que implantándose en sitios especiales de aquellos, les comunican por una propiedad singular que poseen, la contractilidad, un desplazamiento. Vemos, pues, que son los huesos y los músculos los que dan al cuerpo humano la facultad de trasladarse por entero o trasladar sus segmentos doblándose unos sobre otros. Los primeros desempeñan un papel pasivo en este movimiento y los segundos son los que desempeñan un papel activo, por la contractilidad que naturalmente poseen.

Los huesos no vienen a ser, por lo tanto, sino palancas distribuidas en el organismo y que, por la acción de los músculos, hacen mover sus diversos segmentos, originando, como consecuencia lógica, en ciertas condiciones, el desplazamiento de su totalidad.

Veamos que es una palanca. Se conoce con el nombre de palanca la máquina simple formada por una barra rígida y móvil alrededor de un punto fijo situado en un lugar de ella. Así, la barra que muestra la figura 1, la llamaremos palanca:

(Fig. 1) A ————— C ————— B

cuando hagamos que un punto tal como C. sea fijo y alrededor del cual pudiera girar la barra. Para que esta barra gi-

re será necesario que ejerzamos un esfuerzo cualquiera sobre uno de sus extremos, tal como B., lo que nos indicará que, antes del movimiento, estuvo solicitada por un esfuerzo antagónico aplicado en su punto opuesto A. Al esfuerzo que ejercemos en B. le llamamos potencia y al que se ejercía sobre A., le llamamos resistencia; como llamamos a estos puntos: punto de aplicación de la resistencia al punto A., y de la potencia al punto B. Definiremos pues: Potencia, al esfuerzo que se opone a la realización del fenómeno que sin ella tendría lugar. Resistencia, al esfuerzo que solicita naturalmente la palanca.

Como bien se comprende, por la definición que se ha dado de la palanca, en que no se ha fijado la situación del punto de apoyo, que es el punto fijo, este puede encontrarse en diferente situación con respecto de los puntos de aplicación de la potencia y de la resistencia. De aquí, nacen tres clases de palancas, según la situación en que se encuentre uno de sus puntos con relación a los otros. Para fijar las ideas conven-gamos en llamar al punto de apoyo A.; al punto de aplicación de la potencia P.; y al punto de aplicación de la resistencia R.

Con tres cosas no se pueden hacer sino tres cambios. En efecto, los únicos posibles son los siguientes: PAR, ARP y A PR. Hagamos las figuras representativas de estos cambios, conforme a la nomenclatura que hemos adoptado.

A la palanca de la clase que muestra la figura 2, se le llama palanca de primer género. Fijándonos en ella, podremos definir: la palanca cuyo punto de apoyo se encuentra entre los puntos de aplicación de la potencia y de la resistencia.

(Fig. 2)
$$P \text{-----} \overset{A.}{\text{-----}} \text{-----} R$$

A la palanca de la clase que muestra la figura 3, llamá-mosle palanca de segundo género; y la definiremos así: aquella palanca en que el punto de aplicación de la resistencia se encuentra entre el punto de apoyo y el de aplicación de la potencia.

(Fig. 3)
$$A \text{-----} \text{-----} \underset{R.}{\text{-----}} \text{-----} P$$

A la palanca que muestra la figura 4, se le llama de tercer género, y se la puede definir: aquella palanca en que el punto de aplicación de la potencia se encuentre entre el punto de aplicación de la resistencia y el punto de apoyo.

(Fig. 4)
$$A \text{-----} \text{-----} \text{-----} \underset{P.}{\text{-----}} \text{-----} R$$

Ya hemos visto que hay tres clases de palancas: de primer, segundo y tercer género. Veamos, ahora, los efectos de estas mismas. Con la palanca de primer género se puede producir efecto de velocidad y efecto de fuerza, según que el brazo de palanca de la potencia sea menor o mayor que el de la resistencia respectivamente.

Con la palanca del segundo género sólo se produce efectos de fuerza; y con la de tercer género sólo podemos obtener efectos de velocidad.

Estudiadas las palancas, pasemos al estudio del organismo humano, considerándolo como un conjunto de palancas, que van a dar por resultado el movimiento, ya sea de todo el, un desplazamiento, ya un movimiento de segmentos sobre segmentos.

Hemos dicho ya, que las palancas en el organismo se encuentran representadas por los órganos duros resistentes, que la anatomía conoce con el nombre de huesos. Lo primero que llama la atención al estudiar las palancas en el organismo es que casi, en el, no se emplean las palancas de primer y segundo género estando, en cambio, las de tercer género en una gran proporción. Son éstas, principalmente, las que el organismo humano utiliza.

En el organismo tenemos palancas de los tres géneros, del primero, en la articulación de la cabeza sobre la columna vertebral; del segundo, en la articulación del pie con la pierna; y del tercero se encuentra una profusión; como ejemplo tomaremos la articulación del antebrazo con el brazo.

Ya sabemos que las palancas del primer género producen efecto de fuerza, si el punto de apoyo está más cerca del punto de aplicación de la resistencia que de la potencia; y efecto de velocidad si sucede lo contrario, es decir, si el brazo de palanca de la potencia es menor que el de la resistencia. Que la palanca de segundo género sólo produce efectos de fuerza, porque en ella siempre el brazo de palanca de la resistencia es menor que el de la potencia; y que la palanca de tercer género sólo produce efectos de velocidad, porque el punto de aplicación de la potencia se encuentra colocado en ella entre los puntos de aplicación de la resistencia y de apoyo. Pues, bien, la distribución de las palancas en el organismo revela una previsión y una sabiduría extrema de la naturaleza. Así, cuando es menester un esfuerzo continuado, sostenido, emplea la palanca de primer género por su efecto de fuerza. De esto tenemos un ejemplo palpable en la articulación de la ca-

beza sobre el tronco. Observando, atentamente, vemos que allí se tiene una palanca de primer género, pues el punto de apoyo es la articulación occípito atloidea, la potencia está representada por los músculos de la nuca, que toman inserción, por arriba, en las rugosidades sub-occipitales, entre las líneas curvas del occipital y, por abajo, en las vértebras cervicales, la resistencia es el peso de la cara y de parte anterior del cráneo.

Las palancas del segundo y tercer género, las ha utilizado la naturaleza para producir grandes esfuerzos momentáneos.

Veamos, primero, la de segundo género. Al elevar el cuerpo sobre la punta del pie, vemos que se utiliza una palanca de esta clase. En efecto, la resistencia está representada por el peso total del cuerpo, cuyo centro de gravedad cae por delante de la articulación tibio-tarsiana.

El punto de apoyo es la articulación metatarso-falángica y la potencia los músculos que nos permiten la elevación a que nos referimos y que son los gemelos y el sóleo. Muy poco tiempo podemos permanecer en esta posición sobre la punta del pie; al cabo de pocos minutos sentiremos una enorme fatiga, porque los músculos de la pantorrilla desarrollarán un gran esfuerzo, pues tienen que luchar con el peso de todo el cuerpo.

Como hemos dicho anteriormente, la palanca de tercer género, es la que se encuentra en gran abundancia en el organismo humano. Un ejemplo de estas palancas tenemos en la articulación del codo. La potencia está representada por el músculo biceps. La resistencia está representada por el peso del antebrazo y de lo que se puede mantener en la mano; y el punto de apoyo está en la articulación del codo.

ELASTICIDAD

La elasticidad es una propiedad general de los cuerpos existentes en la naturaleza; desde luego, en unos es más preponderante que en otros. En los metales, por ejemplo, parece que no existiera, pero en verdad la elasticidad no es ajena a estos cuerpos; en otros, por ejemplo el caucho, es bastante manifiesta; y en los gases ya pasa los límites legales, motivo por el cual la elasticidad de los gases se llaman expansibilidad.

Así como todos los cuerpos de la naturaleza gozan de esta propiedad así, también, los diferentes tejidos que entran en la constitución de nuestro admirable organismo participan de ella.

Deformaciones elásticas y Deformaciones permanentes.— Cuando un esfuerzo actúa sobre un cuerpo fijado sólidamente este experimenta una deformación, cualquiera que sea la manera como la fuerza actúa. Cuando el esfuerzo cesa de producirse dos casos pueden presentarse: 1º El cuerpo vuelve a su forma y sus dimensiones primitivas; 2º El cuerpo permanece más o menos deformado.

En el primer caso se dice que el cuerpo ha experimentado una deformación elástica; en el segundo que ha experimentado una deformación permanente.

Un ejemplo del primer caso se encuentra en el caucho extendido por un peso muy débil; un ejemplo del segundo, en el plomo aplastado por un golpe de martillo.

La propiedad característica de la deformación elástica es que la magnitud de la deformación, cualquiera que sea su naturaleza, es proporcional al esfuerzo que obra para producir la deformación.

Tomemos, por ejemplo, un tubo de caucho fig. 5. Sea OA, (Fig. 5)

0		0	su longitud normal, bajo la acción de un peso P. Pongámosle una sobrecarga
A		A	A
	A'		A ²

P', el se alarga en la cantidad A'. Pongámosle una sobrecarga P², el se alarga en la cantidad A². La experiencia prueba que: $P^1 | P^2 = AA' | AA^2$. Al contrario, cuando la deformación permanente comienza a producirse, no hay proporcionalidad del esfuerzo a la deformación.

En fin, cuando el esfuerzo sobrepasa un cierto valor hay una ruptura.

Elasticidad de tracción.—La elasticidad de tracción es aquella de la que acabamos de hablar; el alargamiento es proporcional al peso tensor y a la longitud inicial; el es inversamente proporcional a la reacción.

En el caso de los metales, este es despreciable; no sucede lo mismo en el caso del caucho y de los tejidos llamados elásticos en general. Esto interesa al médico, porque un apósito compresivo se relaja siempre al cabo de cierto tiempo.

En el organismo hay un tejido llamado tejido elástico, especializado para ejercer esta función de grande deforma-

ción con vuelta exacta al equilibrio. El se encuentra principalmente en las arterias, donde desempeña un papel fisiológico preponderante. Su alargamiento es, suponiendo las cosas iguales, 17 veces mayor que el de las venas o de los músculos, y 300 veces mayor que el de los tendones.

Ruptura.—Cuando la carga aumenta suficientemente se ve producirse un estrangulamiento, en un punto, y sobreviene la ruptura.

Compresión.—Cuando en un lugar de la tracción, sobre una varilla sólida, se comprime un cuerpo ABCD, fig. 6, p. ej. de pequeña altura, con relación a su ancho, bajo la acción de una masa M, la dimensión vertical del cuerpo disminuye, el

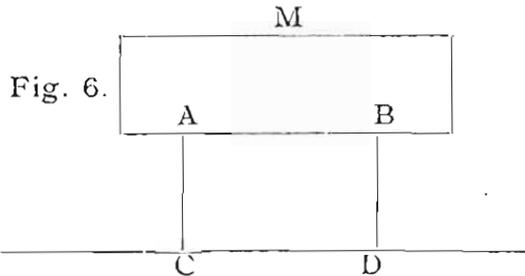


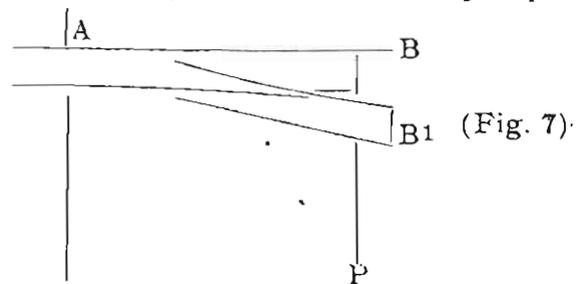
Fig. 6.

se comprime. Si la compresión es débil la deformación es elástica, y el cuerpo vuelve a su estado primitivo, inmediatamente que cesa la com-

presión. Si esta es más fuerte, la deformación se vuelve permanente. En fin, si la compresión es mucho mayor aún, hay aplastamiento de materia con formación de grietas en un metal; y en el caso de tratarse de otros cuerpos, una verdadera pulverización de la materia. Es necesario, para esto, de grandes esfuerzos.

Flexión.—Constitución tubular de los huesos.—Cuando un cuerpo es encajado en una de sus extremidades como la varilla A. B., fig. 7, el se flexiona, tomando la forma y la posición A. B¹;

cuando se coloca en su extremidad un peso P. Se distingue en la flexión como en la tracción, deformaciones elásticas y permanentes. Se ve inmediatamente que la superficie inferior de la varilla, después de la flexión, tiene una longitud menor que en el reposo y la superficie superior una longitud mayor. Las partes inferiores trabajan, pues, a la flexión y las superiores a la tracción. Son las partes que forman la convexidad de la curva más interesante, pues que son ellas en



(Fig. 7)

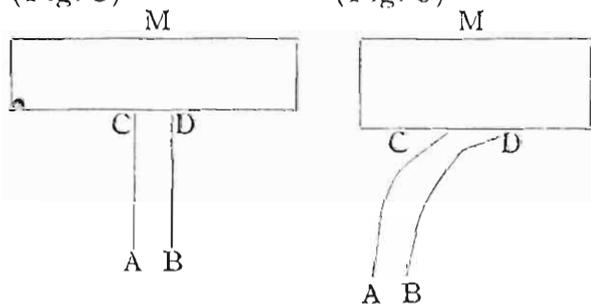
flexión, pues que son ellas en la convexidad de la curva más interesante, pues que son ellas en

donde se produce la ruptura primera. Se comprende que, en la flexión, la materia trabaja de una manera irregular; las capas trabajan tanto menos a medida que están más lejos de la superficie. Si se quiere, pues, utilizar, lo mejor posible, un peso dado de materia para resistir a la flexión, se comprende que es mejor repartirla según un tubo que según una varilla llena.

Es esto, precisamente, lo que tiene lugar en la constitución del esqueleto; los huesos de todos los animales y las plumas de los pájaros están constituidos según estos principios.

Aplastamiento de una varilla larga.—En este caso, si el esfuerzo actúa (Fig. 8)

(Fig. 9)
exactamente en la dirección del eje de la pieza A. B. C. D., fig. 8, ésta se comportaría como la pieza de pequeña altura de la figura 9. Pero



esto no sucede nunca en la práctica; tan pronto como el esfuerzo se vuelve un poco oblicuo, la pieza comienza a flexionarse, el modo de elasticidad puesto en juego cambia completamente y la ruptura se produce fatalmente.

Es, en general, de esta manera que se produce la ruptura de las piezas cuya longitud sobrepasa cinco veces el diámetro.

Fracturas por aplastamiento.—La mayor parte del tiempo, las fracturas por aplastamiento se producen por el mecanismo que acabamos de describir. Cuando, por contracciones musculares apropiadas, se mantienen los huesos bien exactamente normales a los esfuerzos, ellos pueden soportar los enormes pesos sin romperse; ejemplo, los atletas que llegan a soportar, sin peligro, pesos considerables, los cuales, aplicados oblicuamente, producirían la fractura de sus huesos por el mecanismo de la flexión por aplastamiento.

Torsión.—Cuando se tuerce una varilla, la deformación sigue las mismas leyes que en los casos precedentes, faz elástica, deformación permanente, ruptura. Así se producen frecuentemente las rupturas del maléolo externo.

Aplicaciones de la elasticidad.—Se comprende, por lo que precede, que la deformación de un resorte puede servir para medir el esfuerzo que produce esa deformación. Existe un apa-

rato basado en este mecanismo que se conoce con el nombre de dinamómetro médico, por medio del cual se mide la fuerza de los flexores de la mano. La banda de resorte elíptica resiste a la compresión y el esfuerzo producido, al cerrarlo, entre la palma de la mano y los dedos, es proporcional al aplastamiento de los dedos.

Para poder leer fácilmente, la aguja inferior impulsada directamente hace avanzar delante de ella una segunda aguja libre sobre el mismo eje, que permanece en la posición extrema cuando el esfuerzo cesa y que la aguja que la impulsa vuelve al cero. Para hacer una medida es necesario llevar las dos agujas al cero, antes de empezar. Este aparato permite seguir la marcha de la potencia de los músculos de la mano en el curso de una enfermedad, y también de obtener un dato numérico sobre la fatiga experimentada sobre un sujeto después de un ejercicio dado.

ANTROPOMETRIA MEDICA

ESTUDIO FÍSICO DEL CUERPO HUMANO

En muchas ocasiones, los datos antropométricos son necesarios de conocer para distinguir y clasificar, científicamente, los tipos humanos; para apreciar la aptitud de los conscriptos al servicio militar; para identificar a los criminales (sistema BERTILLÓN). Pero lo que interesa, sobre todo al médico, es el poder definir, por simples medidas, los caracteres que distinguen el estado normal y el estado patológico. Con este objeto se necesita evaluar la talla, el peso del cuerpo, el perímetro, el volumen, la superficie, la densidad media y el segmento antropométrico de BOUCHARD.

1º *Talla*.—Se mide la talla de un individuo averiguando la distancia comprendida entre los dos planos horizontales que contienen el uno, la planta de los pies y, el otro, el punto más elevado del cuerpo, estando colocado el individuo lo más recto que le sea posible y mirando delante el horizonte. El instrumento empleado, la toesa, se compone de una varilla vertical graduada, a lo largo de la cual se puede hacer ascender o descender un brazo que le es perpendicular.

El sujeto es colocado de pie, los talones contra la varilla vertical; después se lleva el brazo horizontal de la toesa en contacto con el vértice del cráneo; la altura de este brazo, in

dicada por la graduación de la varilla vertical, da la talla que se busca.

Pero este aparato no es indispensable en la práctica. Es suficiente hacer colocar al sujeto de pie contra un muro y establecer el contacto del vértice del cráneo con un lado de una escuadra, cuyo otro lado es mantenido en contacto con el muro (un libro puede reemplazar la escuadra). Es de notar que no se puede obtener la talla con una gran precisión; el espesor del cabello, las curvaturas de la columna vertebral, la posición de la cabeza son otros tantos factores que pueden modificar la talla en algunos milímetros.

En los sujetos normales la talla crece, en general, hasta los 25 años; ella permanece estacionaria hasta los 45 años, después disminuye. La disminución es de cerca de 10 centímetros para el hombre a los 80 años. En la mujer, la disminución de la talla, comienza hacia los 35 y está casi terminada a los 55 años.

En los niños es bueno medir la talla muy a menudo: todos los meses durante el primer año, después cada dos o tres meses durante los dos años siguientes.

Peso del cuerpo.—No hay elemento más importante que medir que el peso del hombre; el nos permite, en efecto, evaluar las diferencias de nutrición que experimenta el organismo. Los niños son pesados por medio de una balanza ordinaria, y los adultos por medio de una báscula cuya sensibilidad es de cerca de 20 gramos por 100 kilogramos.

Causas de error en las pesadas médicas.—En primer lugar, se debe tener en cuenta el peso de los vestidos, si no es posible pesar al enfermo desnudo; se determinará el peso de estos antes o después de pesado el enfermo. Pero esto no es siempre posible y se deberá contentar uno, algunas veces, con una evaluación aproximada del peso de los vestidos (3 kilos en término medio para los vestidos de un adulto); si se trata de comparar pesadas sucesivas, efectuadas en el mismo individuo, se tendrá cuidado de que éste lleve siempre los mismos vestidos para cada pesada. Otra causa de error importante viene del estado de repleción de los órganos digestivos o de la vejiga. Inmediatamente después de las principales comidas, p. e., los alimentos contenidos en el estómago del adulto tienen un peso que varía de 500 a 1,000 gramos, las evacuaciones alvinas, las micciones pueden producir disminución de peso que llegan hasta 100 gramos.

En fin, habrá necesidad, en ciertos casos, de pensar en la

evaporación del sudor, que puede provocar una pérdida de peso de 500 a 600 gramos en algunas horas. Se ve pues que, en razón de estas causas de error, es imposible de contar con las pesadas para poner en evidencia modificaciones del estado general que se traduzcan en el adulto por diferencia de peso inferior a algunos centenares de gramos, pero se puede tener en cuenta las diferencias superiores a 300 y 400 gramos, cuando las pesadas han sido efectuadas, siempre en las mejores condiciones, en la mañana en ayunas, después de la defecación y la micción.

Variaciones del peso del cuerpo con la edad.—QUETELOT ha estudiado la variación del peso con la edad en los sujetos normales. El peso de los hombres aumenta hasta los 35 años en término medio, después disminuye hasta los 80 años; en la mujer el máximo es alcanzado hacia los 48 o 50 años.

En los recién nacidos las pesadas cotidianas demuestran al principio una disminución del peso a consecuencia de la eliminación del meconium y de la insuficiencia de la alimentación; a partir del cuarto día, el peso aumenta regularmente en 30 gramos diarios.

La Perimetría.—O sea la mensuración del perímetro torácico es otro de los datos antropométricos que es necesario conocer, pues por medio de ella podemos determinar el grado de robustez individual, determinado por la apreciación de la capacidad respiratoria. Esto se obtiene por medio de la cinta métrica colocándola a la altura de la base del apéndice xifoides y por el margen inferior del pectoral mayor. La cifra media general de este perímetro es de 0'870 milímetros. Estas cifras varían durante la inspiración y la expiración.

Volumen del cuerpo.—El solo procedimiento suficientemente exacto consiste en sumergir el cuerpo y medir el volumen de agua desplazado. Se emplea una tina llena de agua y provista de algún desagüe que rebose y que permite recoger el agua arrojada por la inmersión del sujeto; el volumen del agua así recogida hace conocer el volumen del cuerpo.

Para poder hacer sumergir la cabeza del sujeto debajo del agua se le debe adaptar un aparato respiratorio conveniente.

Se constata, en un mismo sujeto, variaciones de volumen muy notables durante los movimientos respiratorios y según el estado de repleción del tubo digestivo.

Superficie del cuerpo.—Como sabemos, la superficie del

cuerpo es sensiblemente proporcional a la cantidad de calor perdido por irradiación y, por consiguiente, la energía calorífica producida por el organismo. Es, pues, muy útil el determinar este elemento antropométrico; pero los procedimientos que han sido imaginados no pueden, todavía, permitir corrientemente esta determinación.

BOUCHARD traza sobre la piel una serie de líneas que limitan superficies planas rectangulares o triangulares, después calcula el área de cada una de estas figuras geométricas; BERGONIÉ y SIGALAS cubren al sujeto con bandas adhesivas cuya superficie miden en seguida. Resultan de las investigaciones de BOUCHARD que la superficie media del cuerpo es de cerca de 192 decímetros cuadrados; esta superficie puede alcanzar 225 decímetros cuadrados en un hombre obeso y disminuir hasta 120 decímetros cuadrados en el hombre delgado.

Densidad media.—Dividiendo el peso del cuerpo por su volumen se obtiene la densidad media.

Segmento antropométrico de Bouchard.—El segmento antropométrico de BOUCHARD es fácil de obtener: es el cociente $P|T$ del peso P expresado en kilogramos, por la talla en decímetros. Este cociente representa, pues, el peso medio del sujeto por decímetros de altura.

En los sujetos medianos, normales, el segmento antropométrico tiene un valor de 4200 gramos para el hombre y de 3900 para la mujer.

Los 4200 gramos que representa el peso medio del decímetro de altura en el hombre se reparten así: 636 gramos de albúmina fija organizada en los músculos, tejido nervioso, etc.; 36 gramos de albúmina circulante de la sangre; 516 gramos de grasa; 2772 gramos de agua y 240 gramos de cenizas.

La talla, la contextura, la musculatura hacen variar el valor del segmento medio y BOUCHARD ha establecido la corrección que es necesario hacer en cada experimento al cociente $P|T$.

ESQUELETO

Los huesos sirven, frecuentemente, de palancas para transmitir la fuerza desarrollada por los músculos. Así, el radio funciona como una palanca cuyo punto de apoyo estaría en el codo, cuando este hueso transmite el esfuerzo desarrollado

por el biceps, en la flexión del antebrazo. El húmero sirve de palanca cuando el músculo deltoides se contrae para elevar el miembro superior lateralmente; el punto de apoyo de la palanca está entonces sobre la articulación escapulo-humeral.

Pero el esqueleto desempeña, también, un papel de sostén y un papel protector. En efecto, ciertos huesos, los de los miembros, por ejemplo, forman soportes rígidos y sirven de sostén a los órganos; otros, como los huesos del cráneo y de la pelvis, protegen ciertas partes del cuerpo, constituyendo para estas una cubierta resistente.

Nosotros veremos en qué condiciones se realiza este doble papel del esqueleto, considerando sucesivamente la arquitectura y la resistencia de los huesos.

ARQUITECTURA DE LOS HUESOS

Se distinguen los huesos largos, los huesos planos y los huesos cortos e irregulares.

1º *Huesos largos*.—Los huesos largos se encuentran en los miembros y se componen de una parte media alargada, la diáfisis, terminada en sus extremidades por las epífisis. La diáfisis es un tubo espeso de tejido compacto, presenta un espacio central que está ocupado por la médula del hueso. El calibre relativamente reducido de la diáfisis permite a la masa muscular el alojarse allí; el tubo óseo tiene, además, una resistencia más que suficiente para resistir a los esfuerzos de los músculos.

Las epífisis ofrecen un volumen relativamente considerable. A este nivel los músculos, que son reemplazados por tendones, no pueden oponerse al desarrollo del hueso. Por otra parte, las epífisis forman las superficies por las cuales los huesos se articulan entre sí, es necesario, por lo tanto, que estas partes óseas sean extensas. La solidez de las articulaciones, la resistencia a los choques y a la presión, en ciertos movimientos son así favorecidos.

Las epífisis están formadas de una delgada capa de tejido compacto rodeada de tejido esponjoso; este contiene a su vez travéculas óseas que limitan lagunas más o menos importantes.

Arquitectura de la diáfisis.—Sobre un corte transversal se ve que la substancia fundamental, u oseína, está dispuesta en laminillas concéntricas formando un gran número de capas circulares: 1º alrededor del canal medular; 2º alrede-

dor de cada canal vascular o de Havers; 3° alrededor de las capas precedentes formando así la capa periférica del hueso.

Examinados al microscopio polarizante cada sistema de laminillas concéntricas aparece como formado de capas alternativamente claras y oscuras (mono y birefringentes). Este aspecto resulta de que las laminillas están constituidas, alternativamente, por fibras circulares y por fibras longitudinales.

La disposición en laminillas, que pone perfectamente en evidencia el examen al microscopio polarizante, es eminentemente propia para aumentar la solidez del hueso y para darle la resistencia máxima con el más débil peso.

Arquitectura de la epífisis.—HERMANN VON MEYER ha mostrado que las travéculas de la substancia esponjosa afectan siempre la misma forma en un hueso determinado. Tomemos como ejemplo la cabeza del fémur.

Se observan dos clases de travéculas que presentan direcciones perpendiculares: unas, travéculas de tracción, se oponen normalmente al peso del cuerpo; las otras, llamadas travéculas de presión, soportan este peso tangencialmente. Todas estas travéculas se pierden inferiormente en la capa compacta de la diáfisis.

El estudio matemático demuestra que las travéculas así dispuestas resisten lo mejor posible a los esfuerzos que tienen que soportar.

2° *Huesos planos y huesos cortos.*—Los huesos planos son en general convexos de un lado y cóncavos del otro, sea que ellos sirvan de paredes a ciertas cavidades, como los huesos del cráneo y los huesos de la pelvis, sea que ellos se apliquen sobre superficies curvas como el omóplato.

Estos huesos están formados de dos láminas de tejidos compactos, más o menos espesas, dejando entre ellas un espacio ocupado por tejido esponjoso.

Los huesos cortos.—Tienen las formas mas diversas y están formados, en general, de una delgada capa de tejido compacto encerrando una masa esponjosa. En estos casos las travéculas óseas de tejido esponjoso son claramente definidas y responden a la función del hueso considerado.

Tomemos como ejemplo el calcáneo; se encuentra en la parte inferior dos sistemas de travéculas de dirección perpendiculares y con una disposición tal que la resistencia de este hueso es grande.

Elasticidad de los huesos y resistencia a la ruptura.—

El hueso es elástico, es decir que, bajo la influencia de fuerzas exteriores, el hueso puede deformarse y readquirir enseguida su forma primitiva. Pero las deformaciones son muy débiles, y se llega rápidamente al límite de la elasticidad, a la ruptura.

Las principales deformaciones que pueden producirse son: las deformaciones por tracción, por compresión, por flexión y por torsión.

1° *Elasticidad por tracción y carga de ruptura.*—Los efectos de tracción de los huesos se manifiestan rara vez; se les puede observar, sin embargo p. e., en los casos de un hombre suspendido por las manos y de un hombre que trata de levantar una carga. En estos casos, el alargamiento de los huesos debe ser exclusivamente pequeño y en virtud de su elasticidad, el hueso deberá volver a su longitud primitiva desde que cesa la tracción.

Los alargamientos del hueso por tracción serían casi el doble de los de la madera de arbusto situada en la dirección de sus fibras.

Las cargas que determinan la ruptura de los huesos por tracción han sido determinadas por muchos autores; RAUBER ha obtenido los números siguientes, sobre fragmentos de huesos:

Huesos de adulto 9 kilogramos 25 a 12 kilogramos 41 por m. m. cuadrado.

Huesos de viejo 6 kilogramos 37 a 7 kilogramos 75 m. m. cuadrado.

La influencia de la edad sobre la resistencia a la ruptura es, pues, manifiesta.

2° *Elasticidad de compresión y carga de aplastamiento.*—La compresión de los huesos se manifiesta, constantemente, en el hombre de pie; ella es al *máximum* sobre el calcáneo que transmite al suelo la acción del peso del cuerpo entero. En el caso de llevar un fardo, la fuerza de compresión está aumentada por el peso de este. Si se producen disminuciones de longitud de los huesos, bajo la influencia de la carga, estos acortamientos son muy insignificantes y, por otra parte, desaparecen cuando las fuerzas cesan de actuar.

3° *Elasticidad y resistencia a la flexión, carga de fractura.*—Las costillas son muy flexibles; pero se debe considerar la flexibilidad de las costillas como excepcional, con relación a la de los otros huesos.

Los huesos largos se encuentran, algunas veces, en condi-

ciones en que la flexión podría producirse, como, por ejemplo, cuando se soporta un peso con el brazo extendido. Ahora bien, la deformación es siempre inapreciable y esto como consecuencia de la disposición de la diáfisis, que estando constituida por una capa anular de tejido compacto, presenta a la flexión una resistencia considerable con relación al peso del hueso. Se sabe, en efecto, que, de una manera general, un tubo hueco se flexiona mejor que una varilla llena y del mismo peso.

La resistencia a la flexión ha sido determinada por MESSERER. Sosteniendo los huesos, por medio de puntos de sostén, colocados a una distancia igual a los $\frac{2}{3}$ de la longitud del hueso y cargado este al medio, la ruptura se produce:

con el húmero, por 174 a 276 kilogramos.

con el fémur, por 263 a 400 kilogramos.

Un mismo hueso, por otra parte, resiste diferentemente, según su orientación, sobre sus puntos de apoyo. Así, una tibia, colocada de manera de tener su cresta hacia arriba, resiste a 326 kilogramos; una tibia idéntica, orientada de manera de tener su cresta lateralmente se rompe ya a 226 kilogramos.

4º *Resistencia a la torsión, torsión de ruptura.*—Mantengamos un hueso a cierto nivel, por medio de un tornillo, p. ej. y fijemos sólidamente un brazo de palanca a una de las extremidades del hueso. Aplicando fuerzas de torsión crecientes a la extremidad de la palanca, nosotros podremos determinar la resistencia a la torsión. MESSERER ha obtenido los números siguientes, empleando un brazo de palanca de 16 centímetros.

	Torsión de ruptura
Fémur	89 kilogramos
Tibia.....	48 ,,
Húmero.....	40 ,,
Radio.....	12 ,,
Cúbito.....	8 ,,
Peroné.....	6 ,,

La fractura se produce en forma de espiral y en el sentido de la torsión; así, si se actúa, de izquierda a derecha, sobre el brazo de palanca, como si se quisiese introducir un tornillo de arriba abajo, la fractura toma la dirección de un paso de tornillo.

Protección de los centros nerviosos contra los choques.—Son nuestros centros nerviosos, superiores, los órganos más

delicados y que, por consiguiente, deben estar lo mejor protegidos contra los choques. Durante todos nuestros movimientos: marcha, carrera, salto, pasaje de una posición a la otra, nosotros experimentamos constantemente cambios bruscos en la velocidad de nuestra cabeza, sobre todo en el sentido vertical y, por consiguiente, nuestro cerebro está constantemente sometido a reacciones, análogas a aquellas que experimenta el martillo cuando se le coloca el mango. Así, el esqueleto está organizado de manera de amortiguar por elasticidad los choques en esta dirección. Para esto, la columna vertebral, en lugar de ser recta, presenta las dos curvaturas bien conocidas; ella tiene la forma de un verdadero resorte preparado para trabajar en el sentido de los choques verticales.

Fracturas en las caídas.—Se comprende la dificultad que hay para saber dónde y cómo se hace una fractura en una caída. Todo esto depende del estado de la elasticidad del esqueleto, haciendo entrar en la rúbrica elasticidad todas las modificaciones que pueden realizarse en la longitud del choque por los movimientos articulares. Es así, como se puede ver, en caída sobre los talones, verdaderos aplastamientos del astrágalo o fracturas de la base del cráneo.

Los desórdenes pueden producirse a gran distancia del punto atacado directamente.

Fractura del raquis.—Tomemos un ejemplo, bien conocido de lo que precede, el de las fracturas del raquis. Ellas se producen según MALGAIGNE, casi siempre, por causa indirecta, es decir, que aquellas que son debidas a reacciones de choques ejercidas a distancias son más frecuentes que aquellas que provienen de un traumatismo directo. Vamos a dar la razón de este hecho.

Supongamos un individuo que experimenta una caída sobre los talones o sobre el coxis; todo su cuerpo tiene una velocidad considerable en el momento del choque y las partes inferiores son detenidas bruscamente; la cabeza y el tronco no se detienen sino cuando el trabajo de las fuerzas elásticas, debidas a la columna vertebral, es puesta en juego por la flexión de esta, y el lugar peligroso, bajo el punto de vista de la ruptura, será aquel en el que la flexión cese de producirse; este es el punto en que la curvatura cambia, o la convexidad dorsal deja su lugar a la concavidad lumbar.

Las fracturas se producirán, pues, esencialmente sobre la

dúodécima dorsal o la primera lumbar; los cuerpos de las vértebras lumbares son, en efecto, mucho más fuertes; se les puede considerar, bajo el punto de vista que nos ocupa, a la columna vertebral casi como una viga encajada en este punto, y la fractura se producirá allí como la ruptura de esta se produce en su encajamiento.

Compresión de los órganos por cambio de velocidad. Sin llegar hasta esos casos extremos, en que la resistencia del esqueleto cede, se puede observar a menudo efecto de compresión de los órganos debidos a su inercia. Es así, que sobre un columpio, o en el mar, no se puede evitar cierto malestar que cesa tan pronto como el movimiento deja de presentar variaciones de velocidad o de dirección.

Del mismo modo, cuando se asciende o se desciende en un ascensor se experimenta un sentimiento desagradable en el momento en que el aparato se pone en marcha. Sucede lo mismo en un ferrocarril que se detiene o que pasa a gran velocidad sobre una curva un poco pronunciada.

Es de pensar que todos estos fenómenos son debidos esencialmente a las compresiones del cerebro contra la caja craneana.

Un hecho que viene en apoyo de esta manera de ver, es que el movimiento de ascenso es mucho menos penoso que el de descenso, lo que puede explicarse porque las reacciones así producidas son de la misma naturaleza que aquellas a las cuales nuestros centros nerviosos están sometidos en el acto habitual de la marcha y para la cual están, por consiguiente, adaptados mejor.

Todas las causas de trepidaciones continuas son, además, igualmente causas de agotamiento nervioso. Las personas nerviosas deberán abstenerse de largas carreras en automóvil, etc. El hecho es bien conocido, el es atribuible a las reacciones de inercia de la bóveda craneana contra los centros nerviosos.

Bajo este punto de vista es bueno, igualmente, prescribir, sobre todo a las personas nerviosas, el empleo de calzado con suelas, o por lo menos con taco de caucho, que evitan los pequeños choques repetidos a los cuales está sometido el organismo durante la marcha.

Esta cuestión ha adquirido una importancia nueva desde la aviación. En las acrobacias de combate, a las cuales se han visto obligados a practicar, durante la última guerra los aviadores militares, se ha observado a menudo, por fuer-

za centrífuga, acciones iguales a cuatro y cinco veces de la pesadez.

Muchos sujetos no pueden resistir impunemente a una acción tan violenta. Es por esto que los médicos encargados del exámen de los pilotos hacen frecuentemente uso de una silla giratoria alrededor de un eje vertical. Se ha visto así presentar a los aspirantes malestar y ligeros síncope durante esta prueba.

Flexibilidad en los ejercicios físicos.—En muchos ejercicios físicos, el hombre recibe choques y debe arreglarse para no ser incomodado. Según lo que precede es inútil pensar en resistir a un choque por una resistencia absoluta. Los esfuerzos máximos desarrollados en este caso pueden sobre pasar todo límite. No se puede resistir a un choque sino siguiendo los efectos de este por una contracción muscular apropiada, destinada a alargar el contacto entre el cuerpo y el agente del choque, sino siguiendo los efectos de este por una contracción muscular apropiada destinada a alargar el contacto entre el cuerpo y el agente del choque.

En los diferentes ejercicios, tanto a pie como a caballo, se deberá poner en práctica las diversas maniobras conducentes a atenuar los choques.

El conocimiento de estos hechos es muy importante para el médico porque, en gran número de casos, los ejercicios practicados sin soltura son nocivos a causa de las conmociones que se producen en los centros nerviosos. Un médico consultado sobre la oportunidad de tal o cual ejercicio para un niño delicado, p. ej. debe, ante todo, verlo practicar y darse cuenta de la manera como lo ejecuta. Si no hay agilidad, puede haber contra indicación en este ejercicio. Si al contrario, el sujeto tiene flexibilidad, no se trata ya sino de regular la dosis de ejercicio que deberá ejecutar para no dar lugar a la fatiga muscular exagerada.

Efectos explosivos de los proyectiles.—Los cirujanos dan este nombre a las desorganizaciones de los tejidos a gran distancia del punto herido por un proyectil. Estos efectos parecen deber ser referidos al hecho siguiente: cuando se dispara una bala en una caja llena de agua, la caja estalla; hay una comprensión violenta del líquido en el punto atacado. De allí parte una onda de vibraciones extremadamente violentas que, en el caso de la caja llena de agua, rompe las paredes y, en el caso de los tejidos, los desorganiza.

La violencia de esos efectos depende de la mayor o me-

nor elasticidad de las paredes y de las dimensiones y de la velocidad del proyectil. Con los pequeños proyectiles de gran velocidad estos efectos son menos graves que con los antiguos de grueso calibre.

Resistencia de las partes blandas del cuerpo.—Formación de escaras.—En la estación de pie, nuestra bóveda plantar reposa sobre una pequeña capa de grasa que, repartiendo uniformemente las presiones, les impide por consiguiente de producir en ningún punto nada peligroso. Es suficiente el haber disecado una planta del pie para recordar siempre la textura particular de esta capa grasosa.

En la estación sentada, el peso del cuerpo se transmite a las partes más nobles, a los músculos que están organizados para una función más elevada. Así, debemos pues, para evitar las compresiones locales dolorosas, hacer llevar el peso del cuerpo sobre una superficie tan grande como sea posible. La naturaleza del soporte sobre el cual reposa el cuerpo tiene por lo tanto una gran importancia.

Si es duro, la presión se repartirá desigualmente y será mayor en la vecindad de las cabezas óseas salientes; si al contrario, es blando, la presión será casi uniforme y no será en ninguna parte exagerada. Lo que acabamos de decir para la estación sentada es todavía cierto para el decúbito. No se puede permanecer demasiado tiempo acostado sobre una superficie dura y se está por el contrario bien en un lecho blando. Sin embargo, en las enfermedades de larga duración se ve, a menudo, formarse escaras en los puntos más salientes: en el sacro, en los talones. Se remedia esto por el empleo de los colchones de caucho llenos de aire o de agua, que se amoldan exactamente bajo el peso del cuerpo.

ARTICULACIONES

Género de los movimientos posibles.—Nosotros tenemos por costumbre en nuestras máquinas emplear generalmente, bajo el punto de vista de la economía de la potencia, el movimiento de rotación continuo; este movimiento no se encuentra en ningún organismo. Esto es debido esencialmente a que la continuidad de un movimiento de rotación no es compati-

blé con ningún sistema de comunicación continua entre las partes móviles y las partes fijas.

Una articulación dotada de movimiento de rotación continua no podría, por consiguiente, recibir vasos ni nervios; este movimiento no sería, pues, compatible con la vida. Así, todos los movimientos articulares son análogos a aquellos que se obtendrían por medio de juntas esféricas o cilíndricas de movimientos limitados.

Rotación y circunducción.—Para impedir los movimientos de rotación exagerados, las articulaciones son sostenidas por músculos y ligamentos. A primera vista, parece, sin embargo, que en el movimiento de molinete del brazo, este miembro ejecútase un movimiento de rotación alrededor de un eje perpendicular a la circunferencia descrita por la mano. No hay nada de esto; el movimiento así producido, no es un movimiento de rotación, es un movimiento de circunducción.

Sinovia.—Las articulaciones están lubricadas por un líquido llamado sinovia que reduce, *al mínimum*, los frotamientos experimentados por los cartílagos de incrustamiento durante los movimientos de los huesos articulados. Este líquido está constituido por agua, albúmina, musina y grasas; el desempeña, en el caso de las articulaciones, el mismo papel que el aceite en las máquinas.

Extensión de las superficies en contacto, rotación y deslizamiento.—Las articulaciones deben, según sus usos, satisfacer, más o menos, a dos condiciones contradictorias. Las superficies articulares deben, en efecto, tener una superficie bastante grande para que la presión no alcance un valor muy elevado. Por otro lado, es necesario que los frotamientos en los movimientos sean los más débiles posibles. Vamos a tomar, como tipo, las dos articulaciones homólogas: la de la cadera y la del hombro. En el caso de la cadera, el peso que soporta es considerable; es el peso del cuerpo que es sostenido por las cabezas femorales. La cabeza del fémur se encaja completamente en la cavidad cotiloidea, las superficies cartilaginosas, en contacto, tienen exactamente el mismo radio de curvatura, si bien que la cabeza del fémur, una vez encajada en la cavidad cotiloidea no hay más aire interpuesto entre la superficie, y la presión atmosférica es suficiente para mantener las superficies articulares en contacto, cuando el fémur está cargado de un peso superior al de los músculos de la pierna.

Esta gran extensión de las superficies en contacto no es compatible con movimientos extendidos de circunducción, el

el cuello del fémur viene a encontrar muy pronto la geja cotiloidea. Además, bajo el punto de vista del rendimiento mecánico, el movimiento es siempre acompañado de un frote de dos superficies en contacto, que apesar de la sinovia, absorbe siempre una cantidad notable de energía. En el caso de la articulación escápulo humeral, el problema es otro. La presión que tienen que soportar en el estado normal las superficies articulares, es nula cuando se levanta un fardo; este, en realidad, es soportado por los músculos y ligamentos; los músculos, al contraerse, apoyan solamente las superficies articulares, la una contra la otra, para dar un punto de apoyo a la palanca braquial; pero al lado de esto, el brazo tiene necesidad de realizar movimientos rápidos y tiene que desarrollar a menudo un trabajo exterior considerable. El estudio de las superficies articulares frescas, todavía incrustadas de cartilago, demuestra que el contacto está lejos de ser tan perfecto como en el caso de la articulación coxo-femoral. El radio de curvatura de la cabeza humeral es notablemente más pequeño que el de la cavidad glenoidea cuya superficie no presenta por otra parte sino una débil fracción de esfera. En estas condiciones no hay un deslizamiento puro de las superficies, la una sobre la otra, sino una rotación verdadera, y se sabe que los movimientos de rotación son aquellos que se producen con la más grande economía.

El mantenimiento de las superficies en contacto, en una articulación de esta naturaleza, no puede hacerse sino gracias a la intervención de los músculos que desempeñan, entonces, el papel de ligamentos activos. Los ligamentos pasivos no sirven sino para la limitación de los movimientos.

ACTITUDES

Estación del hombre.—Durante la estación de pie, el hombre está en equilibrio estable, es decir, que la vertical que pasa por el centro de gravedad del cuerpo (línea de gravedad) caen en el interior del polígono de apoyo o de sustentación. Se sabe que la estabilidad del equilibrio es siempre tanto mayor cuando más extenso sea el polígono de apoyo o de sustentación y que el centro de gravedad esté más bajo. Bajo este punto de vista la estación acostada sería la más estable; ven-

dría, en seguida, la estación sentada, de rodillas, de pie corriente, de pie sobre las puntas, &c. Pero el decúbito no es una estación comparable a las otras, puesto que, en este caso, solamente el cuerpo está completamente abandonado a la acción de la pesadez y todos los músculos de la vida de relación están relajados.

Nosotros consideramos, solamente, la estación de pie anormal y la de pie normal.

Estación de pie.—El peso del cuerpo en esta estación se lleva igualmente sobre los dos pies, que se tocan por el talón y se separan hacia adelante, las piernas están en extensión, el tronco está recto, los brazos caen naturalmente, la cara vertical y los ojos dirigidos hacia el horizonte.

(Continuará.)