

Física Médica

LECTADA POR EL CATEDRÁTICO DEL CURSO, DOCTOR
JUAN VOTO BERNALES

(Continuación)

Condiciones de equilibrio de los diversos segmentos del cuerpo; los unos sobre los otros.—Antes de estudiar las condiciones de equilibrio del cuerpo entero examinaremos, sucesivamente, la estación de la cabeza sobre la columna vertebral, del tronco sobre los muslos, de las piernas sobre los pies. He aquí, según los estudios de RICHARD, como se explica el equilibrio de los diversos segmentos.

a) *Condiciones de equilibrio de la cabeza sobre la columna vertebral.*—La línea de gravedad de la cabeza pasa un poco hacia adelante de la articulación occipito-atloidea; por consiguiente, la cabeza se inclinaría hacia adelante sino fuese retenida por los músculos de la nuca, que están así en ligera contracción estática. En este sistema de equilibrio se ve que el punto de apoyo está entre la potencia, representada por la contracción de los músculos de la nuca, y la resistencia, representada por el peso de la cabeza; el sistema representa una palanca de primer género.

b) *Equilibrio del tronco sobre los muslos.*—La línea de gravedad del tronco pasa hacia atrás del eje transversal que une las articulaciones coxo-femorales; el contrapeso se hallará realizado por el ligamento de BERTÍN, el músculo psoas ilíaco y el tensor de la fascia-lata, que tomando un punto de apoyo sobre los muslos tira la pelvis hacia adelante. El sistema forma todavía una palanca de primer género.

c) *Equilibrio de los muslos sobre las piernas.*—Al nivel de las rodillas es, hacia adelante del eje transversal articular, que pasa la línea de gravedad. Pero, aquí, ninguna acción

muscular entra en juego; las rodillas son mantenidas en extensión por la acción de la pesadez; esta extensión es limitada por la distancia de los ligamentos articulares.

d) *Equilibrio de las piernas sobre los pies.*—La línea de gravedad del cuerpo entero pasa hacia adelante de la articulación tibio tarsiana. El contrapeso, que es necesario buscar hacia atrás, es desarrollado por el tríceps-sural que se encuentra, así, en estado de contracción permanente en la estación de pie.

Equilibrio del cuerpo entero.—Estudiando el equilibrio de los diversos segmentos, nosotros hemos constatado que son los músculos de la nuca y de las pantorrillas los que intervienen de una manera activa y necesaria para mantener el equilibrio de la estación de pie. Busquemos la posición del centro de gravedad del cuerpo entero y la situación de la línea de gravedad. El centro de gravedad se encuentra en el plano medio antero-posterior, que es un plano de simetría; pero, queda por encontrar, para que la determinación sea completa, a qué altura y en qué plano frontal se encuentra el punto de aplicación de la pesadez. *Altura del centro de gravedad.*—BORELLI había determinado, en el siglo XVII, la altura del centro de gravedad, extendiendo un hombre sobre un plano horizontal. Colocaba, transversalmente, bajo la plancha una varilla triangular de arista superior y buscaba qué posición era necesaria darle a la varilla para obtener el equilibrio sobre la arista.

En el momento del equilibrio, el plano vertical que pasaba por la arista contenía el centro de gravedad. BORELLI constató, entonces, que el punto de gravedad se encuentra a una distancia de la planta de los pies igual a 586 milésimos de la talla, es decir, a cerca de un centímetro por encima del promontorio. El centro de gravedad del cuerpo se encuentra, pues, en el plano medio antero-posterior y sobre una línea horizontal, que pasa a un centímetro por encima del promontorio.

Posición de la línea de gravedad.—Queda por determinar la línea de gravedad o más simplemente el plano frontal que contiene el centro de gravedad.

RICHEL hace, para esto, colocar un hombre provisto de plantillas de madera sobre una plancha vertical de pequeño espesor. La plancha está dispuesta transversalmente en relación al sujeto. En estas condiciones el hombre está obligado, para mantenerse en equilibrio, a conservar su centro de gra-

vedad sobre la vertical que pasa por la plancha. Un hilo de plomo es instalado a permanencia al costado del sujeto y determina el plano vertical que contiene la plancha, es decir, el plano frontal conteniendo el centro de gravedad. Se ordena al sujeto el tomar contacto con la plancha, sucesivamente, a diversas distancias del talón. En cada posición se le fotografía.

Comparando las fotografías, entre sí, se constata que, cuando el sujeto reposa sobre el medio de la plantilla, la actitud es idéntica a la de la estación de pie ordinaria. El plano que contiene el centro de gravedad pasa por el tragus, hacia atrás de la articulación coxo-femoral, hacia adelante de la rodilla y de la articulación tibio-tarsiana. La línea de gravedad está en la intersección del plano frontal, que acabamos de definir, con el plano medio antero posterior.

Oscilaciones del cuerpo en la estación de pie.—El cuerpo no está en una inmovilidad completa durante la estación de pie.

BERGONIÉ ha demostrado, en efecto, que si se cubre la cabeza de un sujeto con un casquete de plomo sobre el cual se fija la extremidad de una varilla móvil, al rededor de un eje vertical, se constata que la extremidad libre de la palanca inscribe, sobre un cilindro registrador, oscilaciones muy apreciables. Cuando la palanca está en el plano medio antero-posterior del sujeto, y éste está de cara al cilindro, se inscriben las oscilaciones laterales; y si gira 90° se inscriben las oscilaciones antero-posteriores.

Se constata que las oscilaciones antero-posteriores son más extendidas que las laterales. Estas oscilaciones son debidas a las contracciones de los músculos que intervienen en el equilibrio de la estación de pie.

Las oscilaciones antero-posteriores deben ser, en gran parte, la traducción del estado de los músculos en la pantorrilla.

Estación de pie normal.—En todas las estaciones anormales la condición necesaria de equilibrio es, como en todas las actitudes normales, que la línea de gravedad encuentre al suelo en el interior del polígono de sustentación. Si se produce, pues, por cualquier causa, un desplazamiento de la línea de gravedad la actitud cambia hasta que, por consecuencia de las modificaciones compensatrices, la base de la línea de gravedad sea llevada en el polígono de apoyo. Se pueden distinguir las actitudes violentas debidas al llevar un fardo y las actitudes patológicas.

Actitudes violentas debidas al conducir un fardo.—Un sujeto que lleva un cubo de agua en una mano se inclina lateralmente y aleja su brazo del lado opuesto, de manera que lleva, por compensación, su centro de gravedad en el plano medio y restablece así la estabilidad. Del mismo modo, el conducir un fardo sobre el dorso exige, en la estación de pie, una inclinación compensatriz de la cabeza y del tronco hacia adelante. Es de notar que estas actitudes anormales se acompañan de fatiga a consecuencia de las contracciones musculares estáticas que producen la compensación.

Actitudes patológicas.—Se puede desde el principio constatar actitudes patológicas debidas, solamente, a tensiones o flexiones anormales de los diversos segmentos, cuyas condiciones de equilibrio hemos definido ya durante la estación de pie normal. Pero se puede, también, constatar actitudes viciosas que resultan de modificaciones del esqueleto. Los huesos, en efecto, que resisten admirablemente a los esfuerzos de corta duración son, al contrario, de una plasticidad extrema para los esfuerzos continuos y se deforman bajo la influencia de contracciones musculares anormales.

Estaciones en flexión y en extensión.—La actitud en flexión de la parálisis agitante, principalmente, es debida al estado de rigidez y de semi contractura en el cual se encuentran todos los músculos. Se observa en este caso una contracción permanente compensatriz de los glúteos y los cuádriceps femorales que son inactivos en la estación normal. En razón de la contracción estática de estos músculos, la actitud en flexión no puede ser conservada sin fatiga. La actitud flexionada no puede existir, al contrario, cuando la fuerza muscular está disminuïda, puesto que la intervención de esta fuerza es necesaria. Así, en las amiotrofías se observa el tipo de extensión.

Extensiones patológicas debidas a deformaciones óseas.—Consideremos, por ejemplo, un sujeto en el que una pierna es más corta que la otra; el mantenimiento del equilibrio exige que, por compensación, el sujeto incline lateralmente el tronco hacia la pierna más larga. Resulta, de aquí, una *escoliosis* cuya convexidad está dirigida del lado de la pierna más corta. En el adolescente existe, algunas veces, un abovedamiento exagerado de la región dorsal o una *cifosis*. Para compensar esta desviación, puede producirse una *lordosis*, es decir, una curvatura de convexidad anterior de la región cervical que tiene, como consecuencia, rechazar la cabeza hacia atrás.

y puede producir una *lordosis* de la región lumbar llevando hacia atrás las partes superiores.

Definición de las desviaciones de la columna vertebral.—Se llama cifosis una desviación de la columna vertebral, de concavidad anterior. Se llama lordosis una desviación de la columna vertebral en que la convexidad está hacia adelante. En fin, se llama escoliosis a todas las desviaciones laterales del raquis. Nosotros vamos a estudiar los diferentes casos en que estas desviaciones se producen para compensar un peso anormal; se llaman entonces cifosis, lordosis o escoliosis de compensación.

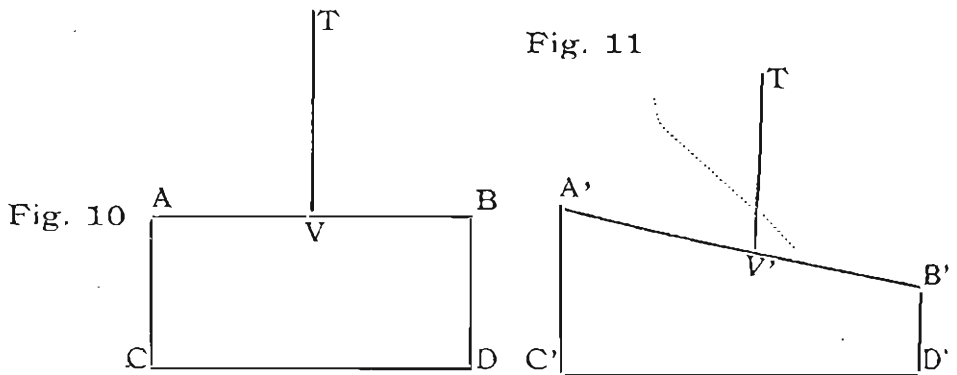
Lordosis de compensación.—Mujer en cinta.—Una de las actitudes anormales es la lordosis de la mujer en cinta. En ésta, el peso está situado hacia adelante de la columna vertebral; ella echa hacia atrás la parte alta de su cuerpo para recobrar su equilibrio y para esto, ella hunde la región lumbar; hay, pues, una lordosis. Esta deformación se presenta, también, en los casos de tumores en el abdomen.

Cifosis de la adolescencia.—En la cifosis de la adolescencia existe una desviación dorsal. Para compensar estas dos desviaciones, son posibles, una lordosis de la región cervical, que lleva la cabeza hacia atrás, o bien una lordosis lumbar que lleva hacia atrás toda la masa superior. Muy a menudo se hacen las dos compensaciones; hay entonces cifosis doblemente compensada. Ciertos medios racionales permiten evitar la producción de la causa primera de las desviaciones de la columna vertebral. Con mucha frecuencia la cifosis inicial se produce por una mesa de una altura defectuosa, un mal método de escribir o la lectura de caracteres muy pequeños que exigen un gran acercamiento al libro; ella es, pues, causada, principalmente, por una actitud viciosa habitual. Es del resorte del médico estudiar todos estos detalles y de prescribir el empleo de mesas, de sillas y de libros convenientes para los niños predispuestos a la cifosis; esta precaución impedirá al mismo tiempo la miopía progresiva. Cuando esto no es suficiente es necesario emplear otros procedimientos mecánicos más enérgicos, cuyo estudio no nos corresponde hacer.

Escoliosis de compensación en el caso de desigualdad de los miembros inferiores.—En este caso, el sujeto compensa la diferencia de longitud de sus dos miembros inferiores por una inclinación conveniente de la pelvis. (Las dos figuras esquemáticas demuestran el hecho).

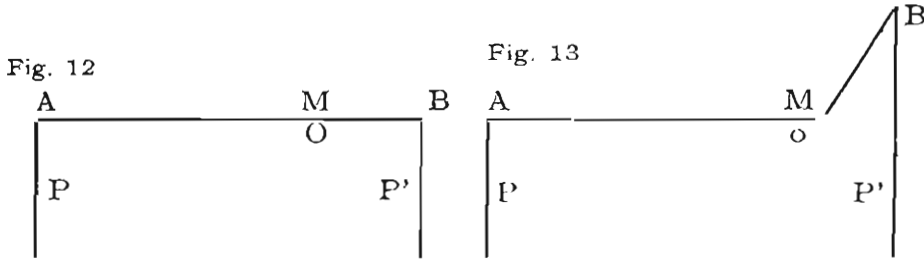
En la fig. 10 AB, representa la línea de las articulaciones coxo-femorales, que es horizontal cuando las piernas AC y BD son iguales. En este caso, la columna vertebral, para satisfacer lo mejor posible a la condición de equilibrio, deberá proyectarse verticalmente según una recta TV. En el caso de diferencia de longitud débil, la desviación en A'B' de la línea coxo-femoral, exigirá una escoliosis de compensación, como en la fig. 11 de convexidad dirigida del lado de la pierna más corta.

Cuando la diferencia de longitud de las piernas es muy marcada para que, apesar de estas compensaciones, la marcha no sea regular y que el centro de gravedad baje, notablemente, en el momento en que la pierna más corta se pone en contacto con el suelo, los fenómenos de deformación se acentúan, todavía más, a causa de los choques constantes y violentos que acompañan la claudicación. La deformación puede, entonces, ser muy grande, llegando a dificultar en su funcionamiento los órganos torácicos o abdominales. Es necesario corregir esto por medio de una suela suficientemente espesa.



Cambios de actitudes.—Nosotros hemos estudiado en la lección precedente las diversas actitudes del hombre: la estación de pie, el decúbito etc; vamos ahora a ocuparnos de las condiciones mecánicas necesarias para pasar de una actitud a otra. Bien a menudo el pasaje directo de una a otra es imposible; es necesario para realizarlo recurrir a movimientos preparatorios, muchas veces extremadamente diferentes de los que son necesarios para el simple pasaje del cuerpo de la forma que tiene en una actitud a aquella que tendrá en la segunda. Veamos cómo se realiza. El principio que vamos a expo-

ner, y que rige al respecto, es el siguiente: Fig. 12 y 13. Sea O una articulación (fig. 12) alrededor de la cual pueden girar



dos articulaciones O A y O B. Supongamos un músculo representado, esquemáticamente, en M cuya contracción va a provocar el movimiento relativo de O A y O B suponiendo estos, colocados primitivamente, en prolongación el uno del otro. Cuando este músculo ejerce su acción sobre el punto O, el primero de los pesos P y P' que es levantado será, indudablemente, el que tenga el mas pequeño momento en relación al punto O, porque cuando el momento de fuerza sea suficiente para levantar el peso P' el será, todavía, insuficiente para levantar el otro.

Cambio de actitudes.—Paso del decúbito a la posición sentada.—Si se quiere, estando acostado sobre el dorso, ponerse en la posición sentada es necesario llevar el tronco en flexión sobre los muslos; el tronco y la cabeza permanecen rectos. Ensayemos hacer este movimiento: el momento del peso de los muslos y de las piernas, con relación al eje de las coxo-femorales, es notablemente inferior al del peso del tronco y de la cabeza con relación al mismo eje. De aquí que, en virtud de este principio, las piernas se levantan del suelo, pero el tronco permanecerá allí y no se puede, por este procedimiento, ponerse en la posición sentada.

Pero, si antes de hacer esta contracción comenzamos por hacer actuar los flexores de la cabeza sobre el tronco, levantaraemos la cabeza. Del mismo modo, podemos flexionar ligeramente la columna vertebral hacia adelante y extender, horizontalmente, los brazos hacia adelante. En estas condiciones habremos llevado, hacia adelante, el centro de gravedad del tronco y de la cabeza; así se consigue que esta aproximación, entre el centro de gravedad del tronco y el eje de las coxo-femorales, sea suficiente para que en las contracciones de los flexores el tronco se desplace y que la pierna permanezca en su lugar. La columna vertebral y la cabeza se enderezarán en seguida.

Es suficiente, por otra parte, para volver el movimiento directamente posible, fijar los pies.

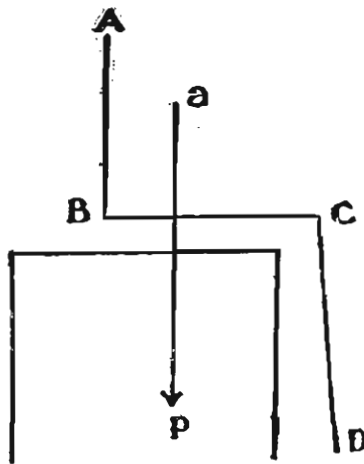
Volvamos al decúbito-dorsal. Veremos que no se podrá levantarse sin la ayuda de los brazos que, gracias a movimientos preparatorios, muy alejados del movimiento final que lleva el cuerpo a la segunda actitud, es decir, a la flexión del tronco sobre las piernas. No sorprenderá, pues, si un simple torticolis impide a un sujeto pasar de la posición de decúbito-dorsal a la posición sentada.

Se puede uno dar cuenta de la exactitud de esta teoría haciendo la experiencia con las rodillas ligeramente dobladas.

En estas condiciones el movimiento de las piernas será, siempre, muy débil y no se podrá levantar sin la ayuda de los brazos, a pesar de todos los esfuerzos de flexión de la cabeza y del tronco.

Paso de la posición sentada a la posición de pie.—Es necesario realizar, finalmente, los dos movimientos siguientes: extensión de la pierna sobre el muslo y extensión del muslo sobre el tronco. Representemos, esquemáticamente, el sujeto por las líneas BA, BC y CD articuladas en sus puntos de intersección.

Fig. 14



Si se ensaya, contraer, al principio, los extensores de la pierna, es la pierna la que se moverá a causa del aumento considerable del peso del cuerpo. Si se ensaya extender el muslo sobre el tronco, es el tronco que caerá hacia atrás. Pero, nosotros llegamos al resultado de dos maneras diferentes por medio de movimientos preparatorios. Supongamos que, desde el principio, nosotros inclinamos el cuerpo hacia adelante,

por flexión del tronco sobre los muslos, esto será posible a causa del movimiento muy grande de los miembros inferiores con relación al coxo-femoral.

En estas condiciones podemos llevar la vertical del centro de gravedad del tronco a la vecindad de la rodilla; entonces, un esfuerzo de extensión de la pierna sobre el muslo levantará la parte superior del cuerpo; la pierna toma por el pie un punto de apoyo sobre el suelo. (Fig. 15)

Fig. 15

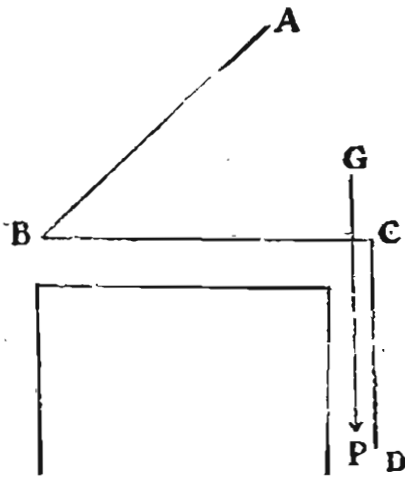
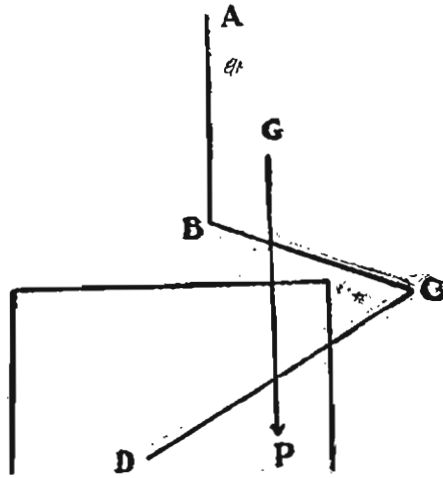


Fig. 16



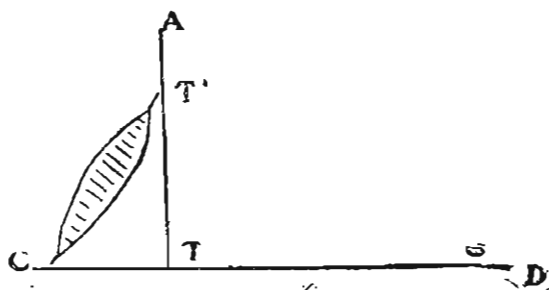
Comenzando el movimiento, los extensores del tronco sobre el muslo podrán obrar sinérgicamente, de manera que la vertical del centro de gravedad del tronco y de los muslos reunidos; para siempre, en la base de sustentación presentada por los pies.

Se puede igualmente levantar llevando desde el principio los pies hacia atrás, de manera que la vertical de gravedad caiga en la base de sustentación que ellos forman (fig. 16). En estas condiciones, la contracción de los extensores de la pierna sobre el muslo levantará al cuerpo; los otros músculos entran en juego, como precedentemente, para mantener el centro de gravedad en posición de equilibrio estable.

Elevación del cuerpo sobre la punta de los pies.—Vamos a ver que, en este cambio de actitud, como en los precedentes, es indispensable un movimiento preparatorio. El músculo que nos permite esta elevación es el sóleo representado por 'CT' en la Fig. 17. Es el que hará girar nuestra articulación

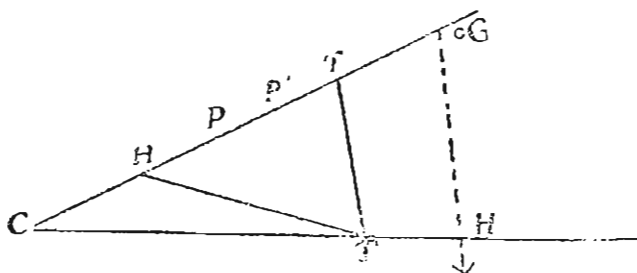
tibio tarsiana, de manera de llevar el eje de la tibia TT' a hacer hacia atrás un ángulo agudo con la planta del pie CD , en lugar del ángulo recto que el forma en la extensión del pie. Tomemos nuestro sujeto en la estación de pie, suponiendo el centro de gravedad G en la prolongación de TT' . Si, en estas condiciones, nosotros contraemos el sóleo, el puede, solamente, hacer caer el cuerpo hacia atrás, por rotación, al rededor de la tibio tarsiana, y ningún movimiento se produce al rede-

Fig. 17



dor de la metatarso-falangiana D , donde está el movimiento final que levanta al cuerpo. La primera condición que hay que llenar es, pues, que alguna cosa venga a oponerse a la inversión hacia atrás, es decir, que existe una fuerza dotada de un movimiento con relación a la articulación T para oponerse a la rotación hacia atrás, al rededor de esta, bajo la acción del sóleo. Esta fuerza es el peso del cuerpo que es suficiente inclinar, ligeramente, hacia adelante como en la fig. 18. El

Fig. 18



peso del cuerpo toma, entonces, un brazo de palanca suficiente, con relación a la tibia tarsiana, para permitir al sóleo contraerse sin invertir el cuerpo hacia atrás.

Conclusión.—De todo esto, resulta que, la mayor parte del tiempo, no se puede pasar de una actitud a otra dando,

inmediatamente, al cuerpo la forma misma que deberá tener en la segunda actitud; es necesario, por el contrario, a menudo, comenzar por dar al cuerpo una deformación inversa a aquella que deberá experimentar finalmente. En un cambio de actitud es, pues, difícil, *a priori*, el saber exactamente qué músculos entran en juego; los principios indicados permitirán al médico comprender, siempre, la molestia causada por una parálisis dada en los movimientos que parecerían a primera vista deber ser enteramente independientes.

LOCOMOCION DEL HOMBRE

Se puede considerar, durante la marcha, muchos órdenes de fenómenos: Los movimientos de las diversas partes del cuerpo, la presión de los pies sobre el suelo y los caracteres del paso.

1.º—*Movimientos de las diversas partes del cuerpo.*—*Método Cronofotográfico.* MAREY ha estudiado, por medio de la cronofotografía, los movimientos del tronco y de la cabeza. Veamos en que consisten los métodos empleados por este autor.

Cronofotografía sobre placas o películas móviles.—Un sujeto desnudo se desplaza delante de un aparato fotográfico que permite obtener, instantáneamente y en muchos períodos de desplazamiento, toda una serie de imágenes sobre posiciones diferentes de una placa, o mejor de una película fotográfica. Con este motivo el aparato produce un desplazamiento brusco de la película, mientras que un obturador mecánico, colocado delante del objetivo, intercepta la luz; en el momento en que el obturador permite, de nuevo, la entrada de la luz, la película está inmóvil en el plano focal del objetivo y la fotografía se hace en buenas condiciones. En general, el pasaje de la luz dura $1/500$ de segundo y la oclusión un décimoavo de segundo. Si se considera, en seguida, las fotografías instantáneas, así obtenidas, se puede estudiar las actitudes y los movimientos de los músculos en los diversos tiempos de la locomoción, de la marcha por ejemplo.

Perfeccionando el método imaginado por MAREY, los hermanos LUMIERE han podido realizar la cinematografía. Las imágenes obtenidas sobre la película son aclaradas por atrás y se desplazan en el plano focal del objetivo; se obtiene sobre la pantalla de proyección una serie de imágenes que dan, a la

vista, la ilusión del movimiento mismo de los objetos fotografiados.

Cronofotografía sobre placa fija.—El sujeto está vestido de negro y lleva galones fijos sobre el costado de los miembros; además, se coloca botones blancos a la altura de ciertas articulaciones de los miembros y sobre el costado de la cabeza. Así dispuesto el sujeto, se desplaza delante de un aparato fotográfico cuyo obturador funciona a intervalos iguales y cortos. Se obtiene, así, sobre la misma placa sensible, una serie de imágenes de los galones y de los botones blancos que son suficientes para el estudio de los movimientos de los miembros y de la cabeza.

2.º—*Movimientos de los miembros inferiores.*—Para indicar algunos de los resultados suministrados por los métodos cronofotográficos consideraremos los movimientos de los miembros inferiores durante la marcha y la carrera.

a) *Durante la marcha.*—Se observa un período de doble apoyo en el instante en que las dos piernas están separadas; los dos pies reposan, a la vez, sobre el suelo, el uno por el talón y el otro por la punta.

A este primer período sucede el período de *apoyo unilateral* que es mucho más largo que el presente, y durante el cual una pierna sirve de apoyo, (pierna fija) mientras que la otra ejecuta un movimiento pendular, (pierna oscilante) Durante el período de apoyo unilateral, hay un instante en que las dos piernas se cruzan y en que la pierna fija pasa por la vertical; la pierna fija se vuelve posterior en este instante, de anterior que era, mientras que la pierna oscilante se vuelve anterior de posterior que era. Todo el período de apoyo unilateral constituye el paso; la primera mitad de este período, antes del cruzamiento de las piernas, constituye el medio paso posterior; la segunda mitad, después del cruzamiento de las piernas, constituye el medio paso anterior.

Las otras partes del cuerpo participan, también, del movimiento; el tronco se inclina hacia adelante, al principio del paso anterior, para romper el equilibrio. Los brazos toman posición opuesta a las del miembro inferior del mismo lado; se colocan, en extensión, en su posición posterior; en flexión en su posición anterior.

b) *Durante la carrera.*—Las fotografías demuestran, claramente, en este caso, que existe un período de apoyo unilateral y un período de suspensión.

El período de apoyo disminuye y el período de suspensión

aumenta con la rapidez de la carrera. Se constata que los dos miembros inferiores están siempre en flexión, pero en diferentes grados.

3.º—*Acciones musculares durante la marcha.*—He aquí algunos de los resultados obtenidos durante el medio paso posterior y durante el medio paso anterior, por medio de las cronofotografías sobre diferentes placas. Expondremos, siguiendo el orden cronológico, las acciones musculares en el miembro de apoyo y en el miembro oscilante.

a) *Miembro de apoyo.*—Dos grupos de músculos están, sobre todo, en juego: el cuádriceps femoral y los músculos de la pantorrilla.

Acción del cuádriceps y de los glúteos.—El cuádriceps se contrae, durante el medio paso posterior, para mantener el miembro rígido e impedir que flexione bajo el peso del cuerpo; pero, inmediatamente, después de su pasaje a la vertical, este músculo se relaja y el ligamento cruzado mantiene sólo la extensión de la pierna. El glúteo mayor se contrae durante toda la duración del paso posterior e impide, así, al cuerpo el bascular hacia adelante. El glúteo medio y el menor, por su contracción enérgica, que mantiene todo el tiempo el apoyo unilateral, durante el medio paso posterior y durante el medio paso anterior, impide a la pelvis bascular lateralmente y de ser llevado por el peso de la pierna oscilante.

b) *Acción de los músculos de la pantorrilla y de los peroneos.*—El tríceps sural se contrae cuando el cuádriceps se relaja, es decir, inmediatamente después del pasaje a la vertical y al comienzo del medio paso anterior. En este momento, en efecto, el cuerpo tiende a bajar, pero la contracción enérgica del sóleo y de los gemelos levanta el talón que deja el suelo, lleva al mismo tiempo el cuerpo hacia arriba y adelante. La bóveda del pie que tendría, entonces, tendencias a aplanarse es mantenida por la acción de los músculos peroneos laterales. El tríceps sural es, pues, el verdadero agente de propulsión.

B.—*Miembro oscilante.*—Consideremos al miembro oscilante, al principio del paso posterior; en este momento, este miembro termina su punto de apoyo y sus músculos acaban de verificar las acciones enumeradas ya.

a) *Acción de los flexores de la pierna y del muslo.*—Los gemelos y los peroneos se relajan, entonces, mientras que los flexores de la pierna y los flexores del muslo, sobre la pelvis, se contraen; los primeros, para acortar el miembro por la fle-

xión de la pierna y los segundos, para llevar el miembro hacia adelante.

Contracciones del cuádriceps.—Cuando el miembro oscilante ha cruzado el miembro de apoyo, el cuádriceps da una contracción rápida y violenta, la contracción balística de RICHTER, para extender bruscamente la pierna sobre el muslo.

4.º—*Movimiento del tronco durante la marcha.*—Las imágenes cronofotográficas muestran que, durante la marcha el tronco verifica no solamente el miembro de traslación, que es el objeto de la marcha, sino, todavía, muchos otros movimientos entre los que los principales son: oscilaciones verticales, oscilaciones horizontales y movimientos de inclinación.

a) *Oscilaciones verticales.*—Sobre las cronofotografías de un sujeto en marcha se ve que el tronco experimenta, alternativamente, una elevación y un descenso a cada doble paso, de tal manera que, durante la marcha, todo punto del tronco o de la cabeza describe en el espacio una línea ondulada.

Las elevaciones corresponden al momento de la vertical y los descensos al período del doble apoyo. El pubis, principalmente, describe una curva ondulatoria que tiene altura máxima, al medio del período de apoyo unilateral (momento del pasaje de la pierna de apoyo a la vertical) y su altura mínima, en el momento del doble apoyo. La amplitud de estas oscilaciones verticales es de 3 a 4 centímetros.

b) *Oscilaciones transversales u horizontales.*—Además de las oscilaciones verticales, el tronco experimenta un movimiento lateral de vaivén. Fotografiando al hombre, por encima, MAREY ha obtenido una proyección horizontal que da la curva de las oscilaciones laterales, descritas por diversos puntos del tronco y por el vértice de la cabeza. Se constata que el desplazamiento máximo coincide con el momento del pasaje á la vertical de manera que el pubis, por ejemplo, tiene su máximo de separación a la izquierda, cuando la pierna izquierda pasa a la vertical (o se encuentra al medio de un período de apoyo unilateral) y el pubis tiene su máximo de separación a la derecha cuando la pierna derecha pasa a la vertical. Las oscilaciones obtenidas, como se acaba de decir, en el plano vertical y en el plano horizontal, constituyen, en suma, las proyecciones de la curva descrita en el espacio por el pubis. Se ve que esta trayectoria es una curva izquierda que se puede imaginar trazada sobre una ranura semicilín-

drica de concavidad superior. Las separaciones mínimas de la trayectoria se encuentran en el fondo del cilindro, mientras que las separaciones máximas aparecen sobre los bordes.

c)—*Movimientos de inclinación.*—El tronco es dirigido hacia atrás durante el paso posterior y, al contrario, adelante, durante el paso anterior. En el momento de la vertical y en el del doble apoyo el tronco es vertical.

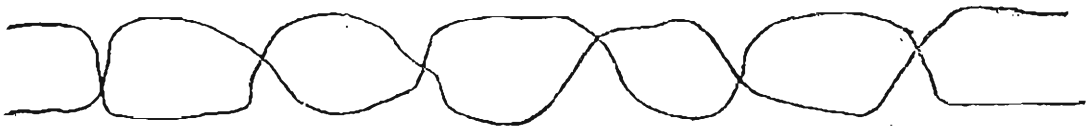
Presión de los pies sobre el suelo.—La presión de los pies sobre el suelo es uno de los movimientos más importantes de la locomoción. Se concibe, en efecto, que la fuerza motriz de la marcha, por ej. encuentra su expresión en la presión de los pies o en la fuerza de reacción del suelo.

a)—*Método del calzado exploratriz.*—MAREY colocaba en un sujeto calzados especiales, llamados exploratrices, cuya suela de caucho contenía una cámara de aire; esta comunicaba por un tubo de caucho, con un tambor inscriptor, que el sujeto llevaba en la mano. Cuando el pie ejercía su presión, sobre el suelo, el aire era comprimido en la cámara y la palanca inscribía, sobre el cilindro giratorio, las fases de la presión.

Resultados.—He aquí un trazado obtenido por MAREY en las condiciones que acabamos de describir: cada pie suministra una curva que se eleva durante el apoyo; baja durante la elevación; y permanece horizontal durante el período de oscilación del miembro inferior correspondiente.

Se encuentran sobre este trazado los períodos de apoyo unilateral, alternativamente, a la derecha y la izquierda, fig. 19, corresponden a las partes ascendentes de las curvas. Se

Fig. 19



ve, también, que el descenso de una curva y el ascenso de la otra se producen simultáneamente; esto significa que, en el momento que el pie izquierdo, por ejemplo, comienza a levantarse el pie derecho está ya en el suelo. Hay, pues, un período durante el cual el cuerpo reposa sobre los dos pies a la vez; es el período del doble apoyo. MAREY ha podido evaluar, según los trazados, la presión ejercida por el pie sobre el suelo.

Caracteres del paso.—Esta presión es no solamente igual al peso del cuerpo que el pie debe sostener; ella comprende,

además, un cierto esfuerzo destinado a impulsar el cuerpo hacia adelante. Se ve, en efecto, que sobre el trazado la ascensión de la curva es más marcada al fin de cada período de apoyo; de lo que resulta que, antes de dejar el suelo para dirigirse hacia adelante, cada pie ejerce una presión más enérgica que en el simple apoyo.

ARQUITECTURA Y ADAPTACION DE LOS MUSCULOS

Los músculos son los órganos activos del movimiento. La forma de los músculos es muy variada y, bajo este punto de vista, se pueden distinguir los músculos en largos, anchos cortos, orbiculares, esfinterianos y huecos.

Los músculos largos.—Se encuentran, en general, en los miembros y están constituidos por un cuerpo carnoso o vientre, ordinariamente fusiforme, continuando en sus dos extremidades por un tendón cilíndrico o aplanado.

El vientre del músculo puede estar dividido por uno o muchos tendones intermediarios (músculos digástricos o poligástricos); puede estar formado por la reunión de dos o muchos vientres que tienen cada uno su tendón de origen (músculos bíceps, tríceps y cuadriceps.)

Los músculos anchos.—Son delgados o espesos, según los casos. Algunos son alargados y encintados, aproximándose, así, a los músculos largos (sartorio, recto interno etc.); otros son muchos más extendidos y afectan la forma triangular (abductor del muslo) o de un losange, (romboideo) o de un paralelogramo, (externo, cleido, mastoideo), o de un abanico, (trapecio y temporal). El diafragma se clasifica entre los músculos anchos.

Los músculos cortos.—Son, en general, muy espesos con relación a su longitud; ellos ocupan la extremidad de los miembros (deltoides, glúteos y las gotieras vertebrales).

Los músculos orbiculares y esfinterianos.—Están formados de manojos curvilíneos y rodean los orificios a la manera de anillos o, más exactamente, de medios anillos que se combinan, dos a dos, para formar un círculo completo.

Los músculos huecos.—Tales como el corazón y los músculos intestinales, presentan una estructura y un funcionamiento particular que estudiaremos después. Vamos a descri-

bir, sumariamente, el modo de acción de los músculos; después algunos de sus caracteres arquitecturales para mostrar cómo se hace la adaptación de los músculos a su función.

1°.—*Modo de acción de los músculos.*—Las fibras musculares, en el estado de contracción, actúan como hilos elásticos, de caucho por ejemplo, que se extienden y que tienden a acortarse.

Ahora bien, como lo muestra la disociación de un músculo cualquiera, la fibra está rodeada de una membrana pelúcida llamada mango pelúcido que se adhiere, por superficies discontinuas, a las superficies del elemento muscular. Muy rara vez las fibras tienen una inserción tendinosa verdadera; casi siempre, ellas terminan por una punta afilada. Pero, aún, en este último caso hay continuidad entre la fibra y el tendón por el intermedio del mango pelúcido; así, desde que se produce la contracción, el acortamiento de todas las fibras se hace sentir por una atracción sobre los tendones. El esfuerzo total, así realizado por el músculo, se produce en general por un desplazamiento, más o menos grande, de una de sus extremidades estando fija la otra. Se ha estudiado el esfuerzo y el desplazamiento que deben producir los diversos músculos. Consideremos, por ejemplo, el biceps braquial durante la elevación de un peso, por flexión del antebrazo. Cuando las fibras musculares se contraen, ellas desarrollan un esfuerzo total que puede ser representado por una fuerza que tiende a aproximar la extremidad móvil a las extremidades fijas superiores. Es de notar que esta fuerza puede descomponerse, según la regla del paralelogramo, en dos componentes: la primera, perpendicular al eje del brazo, no tiene ninguna acción útil y, la segunda, es la que levanta el antebrazo. El esfuerzo muscular trae en suma, como resultado, desarrollar una potencia sobre el radio; esta forma, pues, una palanca del tercer género cuyo punto de apoyo está en el codo y cuya resistencia, debida al peso del cuerpo, está colocada en la mano. La amplitud del desplazamiento, en la extremidad anterior del músculo, depende de la posición del punto de inserción de este con relación a la articulación. En el anterior ejemplo, la tuberosidad del radio está muy aproximada al codo para que el desplazamiento de la extremidad móvil del músculo no sea exagerada, durante los movimientos del antebrazo, pero se comprende que la amplitud de los desplazamientos y, por consiguiente, las variaciones de longitud de las fibras musculares deberán ser muy extensas, si la extremidad móvil del

músculo se encuentra, como en ciertos casos, muy lejos de la articulación.

Adaptación de los músculos a la magnitud de los desplazamientos que ellos deben producir.—De una manera general, la fibra muscular se acorta en un tercio de su longitud durante la contracción. Si el desplazamiento que debe producir un músculo es grande las fibras musculares deberán ser largas, a fin de poder soportar grandes variaciones de longitud; al contrario, si el músculo no debe producir sino un débil desplazamiento, las fibras deben ser cortas. Se constata, en efecto, que los músculos como el sartorio, que tienen grandes desplazamientos que efectuar, están compuestos de fibras muy largas. Los músculos que tienen una excursión más débil, como los flexores de los dedos, el tibial anterior &c, tienen sus fibras mucho más cortas; pero como estos músculos están alojados lejos de las partes óseas, que ellos deben movilizar, sus tendones son muy largos. Se observa estas dos clases de disposiciones considerando los músculos biceps, recto interno y semi tendinoso, en el hombre y ciertos mamíferos.

En el hombre estos músculos se insertan muy cerca de la articulación de la rodilla y experimentan, por consiguiente, débiles variaciones de longitud durante los movimientos de las piernas; así, las fibras musculares son cortas pero prolongadas por largos tendones.

3º Adaptación de los músculos al esfuerzo que deben producir.—Estando constituidos los músculos por fibras que, en el estado de contracción, representan cada uno una fuerza, el esfuerzo realizado por un músculo es el resultado de la fuerza desarrollada por todas las fibras. Por consiguiente, se puede prever que, de una manera general, a medida que el esfuerzo que se exige a un músculo sea mayor deberá contener mayor número de fibras y ser, por lo tanto, más espeso; esto siempre es así.

Si el biceps braquial y los glúteos, por ejemplo, que desarrollan esfuerzos considerables, tienen una gran extensión, al contrario, los músculos de la cara, que tienen solamente muy pequeños esfuerzos que efectuar, tienen dimensiones muy reducidas y no comprenden sino un pequeño número de fibras. Ciertos detalles arquitecturales importantes aparecen, además, si se estudian, separadamente, los músculos de fibras paralelas que se implantan perpendicularmente sobre la superficie de fijación y los que se implantan, oblicuamente,

sobre la superficie de inserción. Estos últimos comprende los músculos semi-peniformes y los peniformes.

a) *Músculos de fibras paralelas, entre sí, y perpendiculares a la superficie de inserción.*—En este caso, la fuerza del músculo es evidentemente igual a la suma de las fuerzas desarrolladas por cada uno de los manojos componentes; y el movimiento impreso a la inserción móvil se hace en la dirección de estos manojos. Algunos de estos músculos, que tienen que desarrollar grandes esfuerzos presentan, además, una disposición particular, destinada a aumentar, tanto como sea posible, el número de fibras musculares.

Consideremos, por ejemplo, el masetero. Este músculo tiene necesidad de una gran potencia, pero experimenta débiles alargamientos porque comunica a la superficie de inserción del maxilar inferior movimientos de débil amplitud. Importa, pues, que las fibras de este músculo sean, a la vez, muy numerosas y muy cortas. Para este objeto el músculo está constituido por una serie de pequeños dientes, imbricados los unos a los otros, que ocupan cerca del tercio de la longitud que separa las dos líneas de inserción; los tendones terminales ocupan, así, los dos tercios de la longitud total del músculo.

Resulta de esto que, las fibras musculares del masetero tienen una sección total relativamente considerable y una longitud tres veces menor que su longitud aparente.

b) *Músculos de fibras paralelas entre sí, pero oblicuos con relación a las líneas de inserción.*—En los casos más frecuentes, los músculos están formados de fibras paralelas entre sí, pero ellos se implantan oblicuamente sobre la superficie de inserción (*músculos peniformes y semi peniformes, por ejemplo*), el movimiento impreso a la inserción móvil no se hace siguiendo la dirección de las fibras. Una parte de las fibras se pierde entonces. Así, consideremos el caso del tibial anterior (Fig. 20). Las fibras musculares se insertan superiormente sobre una cierta longitud AB de la tibia CF, inferiormente, sobre una lámina aponeurótica y un tendón CD. El tendón termina en su parte inferior sobre los huesos del pie. La fuerza total desarrollada por las fibras es dirigida siguiendo su misma dirección e igual p. e. a F. Esta puede descomponerse, paralelográmicamente, en dos fuerzas: F dirigida normalmente a la aponeurosis y que no tiene, por lo tanto, ninguna acción sobre la elevación del pie, y F' dirigida según el tendón y a la cual se reduce toda la acción eficaz del músculo.

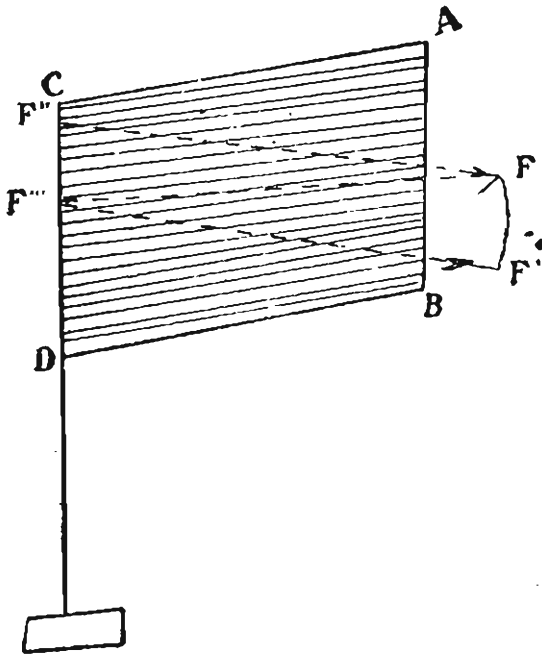
lo. Una parte de la fuerza desarrollada por el tibial anterior es, pues, inutilizada en el movimiento de la elevación del pie. Pero, esta disposición del músculo permite alojar un gran número de fibras y de desarrollar, por lo tanto, a pesar de la pérdida debida a la oblicuidad de las inserciones, un esfuerzo considerable. Para este músculo y los músculos análogos, el tendón es muy largo porque las fibras musculares están alojadas lejos del hueso que ellas deben movilizar.

Disposición particular de los músculos orbiculares, esfinterianos y huecos.—Los músculos orbiculares se encuentran en los labios y en los párpados; los esfinterianos están constituidos por dos clases de fibras: las unas circulares que por su contracción disminuye la luz del orificio o la obturan completamente; las otras son radiadas y mantienen las fibras circulares.

Ciertos órganos, como el corazón, la vejiga, el útero, el estómago, el intestino, &c, contienen músculos huecos formados de dos sistemas de fibras sensiblemente rectangulares. Cada sistema de fibras desempeña el papel de sostén con relación al otro y esto impide, al contenido, hacer hernia al exterior.

Estos músculos se dejan distender hasta un cierto grado, por su contenido; cuando el límite es alcanzado, se contraen para evacuar. En el caso del intestino las condiciones son particulares, puesto que la simple contracción de las fibras comprime el bolo alimenticio o fecal sin hacerlo progresar suficientemente. Pero el intestino tiene fibras de contracción lenta; por consiguiente, unas son circulares y las otras longitudinales. Ahora bien, las fibras circulares son constantemente el asiento de contracción que se transmiten, muy próximamente, a la manera de una honda de la parte superior a la parte inferior; si se sumerge un intestino en agua caliente se constata la formación de un extrangulamiento que se propaga del píloro al ano. En el vivo, cuando un extrangulamiento encuentra un obstáculo formado por materias alimenticias o fecales, las fibras circulares y longitudinales, que se encuentran hacia adelante de los extrangulamientos y en la vecindad del obstáculo, se contraen y producen un impulso sobre la materia. Este impulso no se ejerce así, sino de un costado y el bolo alimenticio o fecal progresa hacia el ano.

Fig. 20



Trabajo de los músculos.—El músculo transforma la energía química, resultado de las combustiones de las cuales es el asiento, en trabajo fisiológico.

El trabajo fisiológico o muscular, así producido, puede presentarse bajo dos formas: o bien el músculo realiza un trabajo dinámico, tal como la elevación de un peso; o bien el músculo realiza un esfuerzo estático al mantener, por ejemplo, un peso a una cierta altura.

El trabajo dinámico realizado al levantar un peso se mide multiplicando el peso levantado por la altura del desplazamiento. Si el peso se expresa en kilogramos y la altura en metros, el producto obtenido expresa el trabajo en kilográmetros.

El trabajo estático de un músculo que mantiene un peso, a una cierta altura, no puede ser evaluado de la misma manera, porque siendo nulo el desplazamiento, el producto del peso por el desplazamiento sería nulo, también. Ahora bien, el trabajo muscular no es ciertamente nulo, puesto que una cierta cantidad de energía química es gastada por el músculo para vencer la pesadez que actúa sobre el peso.

Nosotros vamos a estudiar, separadamente, el trabajo muscular *estático* y el trabajo muscular *dinámico*; compa-

raremos, en seguida, bajo ciertos puntos de vista, estas dos formas del trabajo fisiológico.

Trabajo estático.—Veamos en qué condiciones se efectúa esta forma del trabajo muscular y a qué resultados principales ha conducido el estudio experimental del esfuerzo estático.

1.º—*Condiciones en las cuales se efectúa el trabajo estático.*—En todas las actitudes del hombre y de los animales, como en el mantenimiento de una carga a una altura constante, ciertos músculos consumen una cierta cantidad de energía química mayor que en el estado de reposo, sin producir, sin embargo, ningún desplazamiento ni, por consiguiente, ningún trabajo mecánico exterior.

Consideremos, por ejemplo, la estación de pie en el hombre. La contracción estática de ciertos músculos es necesaria para el equilibrio del sistema articulado que constituye el cuerpo. Si, en efecto, los miembros superiores, abandonados, asimismo, llegan espontáneamente a su posición de equilibrio, porque ellos están suspendidos por su parte superior; no sucede lo mismo con todas las partes del cuerpo. El peso de la cabeza tiende, principalmente, a hacerlo hacia adelante, porque la vertical que pasa por su centro de gravedad pasa hacia adelante del polígono de sustentación, formado por la articulación occípito-atloidea.

El equilibrio de la cabeza no puede, pues, subsistir sino cuando la fuerza de la pesadez es contrabalanceada por el esfuerzo estático de los músculos de la nuca. Esto es así para un gran número de regiones y el equilibrio es mantenido, durante la estación de pie, en las regiones de la columna vertebral, de la cadera, de la rodilla, del cuello, del pie, etc., sino gracias al trabajo estático de ciertos músculos. Además, ciertos músculos producen una fuerza estática, no simplemente en la estación de pie sino, también, durante la marcha, la carrera, el salto, el sostener el peso de un fardo, etc. Es evidente que, durante la marcha, ciertos músculos mantienen el equilibrio por una contracción estática; los otros músculos producen el movimiento por su trabajo dinámico.

Es de notar que el trabajo estático de los músculos produce rápidamente la fatiga. Así, no se puede mantener el antebrazo horizontal más de 7 minutos, sin ningún peso en la mano; más de medio minuto con un peso de 8 kilogramos. Se procurará evitar, tanto como sea posible, toda contrac-

ción estática, toda rapidez si se quiere alejar la fatiga durante los ejercicios físicos.

2º—*Estudio del trabajo estático.*—Un cierto número de fisiólogos, principalmente HEINDENHAIN, HAUGHTON y CHAVEAU han estudiado esta forma del trabajo muscular.

Para HEINDENHAIN el trabajo estático es proporcional a la magnitud del peso sostenido y a la duración del sostén; el trabajo depende, además, del grado de contracción del músculo,

CHAVEAU, que ha podido realizar las experiencias más precisas y las más completas al respecto, ha operado sobre el hombre; éste autor ha evaluado las combustiones producidas, durante el trabajo estático, por medio del análisis de los gases respiratorios. Durante la experiencia el sujeto está sentado; el brazo se mantiene vertical, mientras que el antebrazo flexionado, bajo un cierto ángulo, sostiene un peso conocido durante un tiempo determinado (2 minutos). Dos casos pueden ser considerados: o bien los flexores del antebrazo sostienen cargas variables con un grado de contracción o un acortamiento constante; o bien los flexores sostienen una carga constante con acortamiento variable.

a) *Acortamientos constantes con cargas variables.*—En este caso, el antebrazo está completamente flexionado en ángulo recto y sostiene las cargas de 1,666 gramos, 3,333 gramos, 5,000 gramos que son, entre sí, como los números 1, 2, 3.

SOBREACTIVIDAD DE LOS CAMBIOS RESPIRATORIOS DURANTE EL SOSTENIMIENTO DE CARGAS VARIABLES POR EL ANTEBRAZO:

CARGA	Sobreactividad de los cambios referidos a la unidad.	
	CO. ₂	O
1.666	1.0	1.0
3.333	1.8	1.7
5.000	2.7	2.7

Los números contenidos en este cuadro muestran que, durante el trabajo estático efectuado con un acortamiento constante, el aumento de oxígeno consumido y del anhídrido car-

bónico exhalado, es decir, la energía gastada en el músculo, es sensiblemente proporcional a los pesos sostenidos.

b) *Acortamientos variables con cargas constantes.*—En este caso, el antebrazo sostiene un peso de 5 kilogramos en tres posiciones diferentes: 1°—el antebrazo flexionado de 20° por debajo de la horizontal; 2°—flexionado un ángulo recto u horizontal. Se puede admitir que las variaciones del ángulo sea proporcional a las variaciones de longitud del miembro. He aquí, algunos de los números obtenidos en este caso.

SOBREACTIVIDAD DE LOS CAMBIOS RESPIRATORIOS DURANTE EL SOSTENIMIENTO DE UNA MISMA CARGA, CON INCLINACIONES DIFERENTES DEL ANTEBRAZO.

Se ve que la energía gastada crece en el acortamiento muscular cuando la carga permanece constante. Además, para el ángulo 0°, el gasto iguala la media de los correspondientes a -20° y a + 20°.

Se puede, pues, concluir, de las investigaciones de CHAVEAU, que durante el trabajo estático, la energía gastada es proporcional al peso sostenido y al grado de acortamiento del músculo.

Ángulo del antebrazo con la horizontal.	Sobreactividad de los cambios referidos a la unidad.	
	CO ₂	O
- 20°	1.0	1.0
0°	1.30	1.39
+ 20°	1.60	1.58

TRABAJO DINAMICO

El músculo puede realizar dos clases de trabajo dinámico: el trabajo positivo correspondiente, por ejemplo, a la elevación; y el trabajo dinámico *negativo* o trabajo *frenador*, verificado por un músculo que sostiene un peso durante el descenso.

El trabajo negativo ocasiona un gasto de energía química importante; el descenso de una montaña, por ejemplo, es menos fatigoso que el ascenso; sin embargo, ocasiona una fatiga muy apreciable de los músculos frenadores.

La elevación de un peso es el ejemplo mas simple del trabajo dinámico. Pero, este trabajo puede afectar un gran número de formas. El es producido por los músculos motores durante la marcha, por el miocardio durante la sístole, por los músculos intestinales durante la digestión, etc. En estos casos, la acción de los músculos produce un trabajo resultante del desplazamiento de un cuerpo, apesar de la acción de las fuerzas antagónicas.

CHAVEAU ha estudiado el calentamiento y el gasto de los músculos, sea bajo el trabajo positivo, sea bajo el trabajo negativo.

1º—*Calentamiento de los músculos.*—El resultado de las medidas del calentamiento es el siguiente: el músculo que sostiene un peso se calienta menos durante el descenso (trabajo negativo) que durante el ascenso (trabajo positivo).

He aquí, algunos números obtenidos por CHAVEAU; calentamiento del bíceps durante el trabajo (diario) dinámico, positivo y negativo.

Naturaleza del trabajo dinámico	Calentamientos obtenidos con:	
	Peso de 4 kilos	Peso de 5 kilos
Durante la elevación (trabajo +).	0º 108	0º 121
Durante el descenso (trabajo -).	0º 095	0º 093

2º—*Gasto de los músculos.*—CHAVEAU ha medido, también, los cambios gaseosos respiratorios durante el trabajo dinámico positivo o negativo. Este, antes quedaba sobre los extensores y los flexores de los brazos; el determinaba el gasto ocasionado por la elevación de pesos diferentes (trabajos positivos) con velocidades variables.

Los números obtenidos muestran que, en los dos casos, el gasto crece proporcionalmente al peso sostenido y crece con las velocidades del ascenso o del descenso.

3º—*Comparación de los calentamientos y de los gastos que ocasionan las diversas formas del trabajo muscular.*—Es interesante comparar los números obtenidos por CHAVEAU relativos al gasto durante el trabajo estático, el positivo y el negativo.

He aquí el cuadro que representa el gasto obtenido en estas tres clases de trabajo muscular, cuando la velocidad es la misma para el trabajo positivo y el negativo.

PESOS	Exceso de oxígeno absorbido sobre el estado de reposo.		
	Trabajo estático c.-c.	Trabajo positivo	Trabajo negativo
Kgr.			
1.5	4.0	99	66
3.0	7.9	158	131
4.5	1.33	241	206
6.0	1.97	324	277

Se ve que el gasto es más débil durante el trabajo estático y más fuerte durante el trabajo positivo; el gasto durante el trabajo negativo tiene un valor intermedio.

ESTUDIO GRAFICO DE LA CONTRACCION MUSCULAR

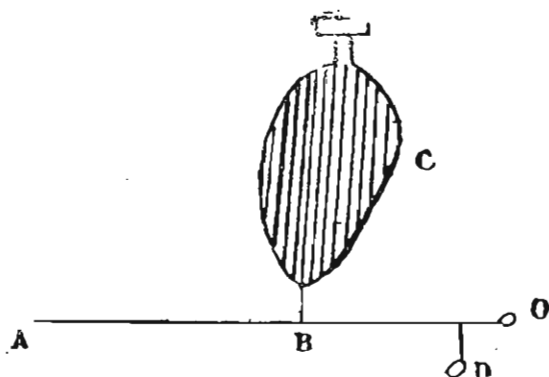
El método gráfico permite estudiar, en detalle, la contracción muscular; poner en evidencia y medir ciertas cantidades cuya consideración es muy importante, tales como el período latente del músculo, la velocidad del influjo nervioso, la frecuencia de las excitaciones necesarias para producir la tetanización.

HELMOLTZ imagina el primer dispositivo que permite estudiar gráficamente la contracción muscular: una extremidad del músculo considerado está fija, sólidamente, mientras que la otra, después de la sección del tendón, está unida a un aparato llamado *miógrafo*, que registra las variaciones de longitud del músculo inscribiendo sus desplazamientos sobre un cilindro giratorio. Pero, este aparato era demasiado pesado y su inercia deformaba la curva de contracción. Los *miógrafos* más empleados, hoy, son: el *miógrafo simple de MAREY* y el *miógrafo de transmisión*.

Miógrafo simple de Marey.—Una palanca muy ligera OA (Fig: 21) está fija por una de sus extremidades a un pequeño anillo O; éste es móvil, sin frote apreciable, alrededor de su eje. La extremidad A inscribe sus movimientos sobre un cilindro giratorio.

Un hilo suspendido en la palanca en el punto E, cerca del

Fig. 21



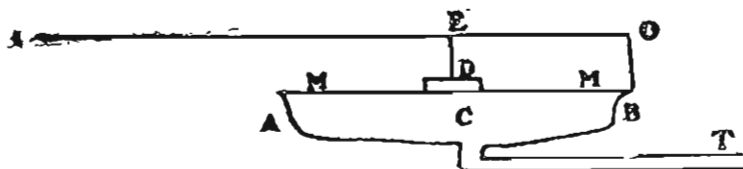
eje, soporta un pequeño platillo D sobre el cual se puede colocar pesos.

Se une la extremidad libre del músculo a una corredera B, que puede ser desplazada a voluntad sobre la palanca.

El peso colocado sobre el platillo D sirve para ejercer sobre el músculo una torsión conveniente y llevar, siempre, la palanca a una misma posición, cuando el músculo se relaje.

Tambor de Marey, miógrafos de trasmisión.—Es preferible, algunas veces, en lugar de inscribir directamente los movimientos de la palanca del miógrafo, emplear un sistema de tambores de MAREY que transmiten a distancia los movimientos del músculo. Un tambor de MAREY se compone de una pequeña cubeta metálica poco profunda A B (Fig. 22) cuyo fondo

Fig. 22



está perforado de una abertura C, en comunicación con un tubo metálico T. La parte superior de la cubeta está recubierta de una membrana de caucho M. M., sobre el medio de la cual se encuentra un pequeño disco metálico D. Este disco lleva una pequeña varilla, articulada en E con una palanca móvil alrededor del punto fijo O. Cuando se comprime el aire, por el tubo T C, la membrana de caucho se levantará y la palanca O E experimentará un impulso de abajo arriba; su extremidad I inscribirá sobre el cilindro registrador todas las modifica-

ciones de presión impresas al aire contenido en el tambor. Tal es el tambor receptor de MAREY, cuya extremidad libre se une a la extremidad libre del músculo.

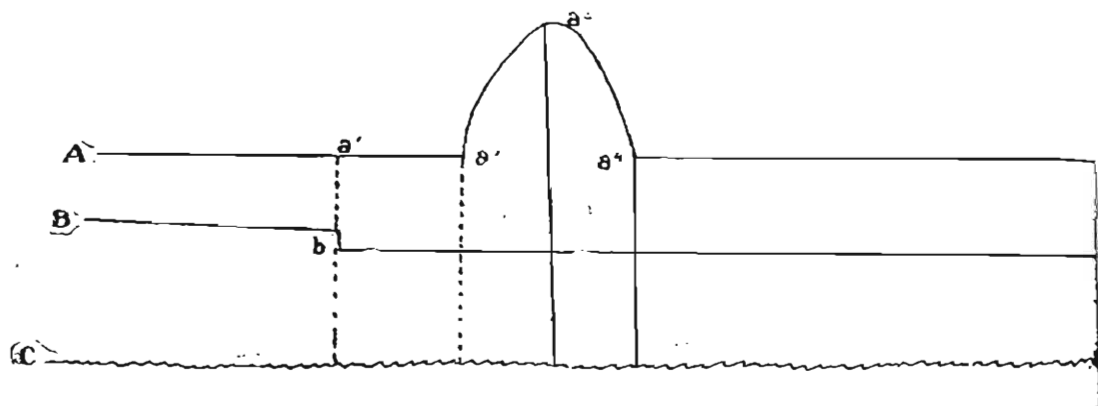
Es indispensable, además, en el estudio gráfico de la contracción muscular, conocer en que momento, preciso, comienza la excitación eléctrica que provoca este fenómeno. Este es el papel que desempeñan las señales eléctricas de Marcel DESPREZ. Esta señal se compone de un electro-imán que puede atraer una pequeña lámina de fierro dulce, móvil alrededor de un eje, que lleva un estilete inscriptor; las oscilaciones de este estilete se inscriben sobre un cilindro giratorio; un pequeño resorte aleja la lámina de fierro dulce cuando la corriente cesa de pasar.

Es necesario, en fin, inscribir el tiempo sobre el cilindro registrador con el objeto de que se pueda conocer a qué duración corresponde una longitud determinada de un trazado. Se hace uso, para esto, de un diapasón cuyo período de oscilación es conocido y cuyas vibraciones son mantenidas, eléctricamente, por un pequeño electro-imán colocado entre las dos ramas vibrantes. Un estilete puede inscribir las oscilaciones sobre un cilindro registrador.

Estudio de los trazados miográficos.—Curva de una contracción muscular.—Nosotros acabamos de describir los aparatos que sirven para recoger la curva de una contracción muscular sobre una hoja de papel mediante un cilindro registrador. Supongamos que la curva miográfica se ha obtenido sobre un cilindro que gira con gran velocidad.

Al mismo tiempo, supongamos que se haya registrado, por medio de la señal de MARCEL DESPREZ, el momento preciso en que una excitación eléctrica, una onda inducida, por

Fig. 23



ejemplo, ha sido llevada sobre el músculo. Además, se ha utilizado un diapasón para inscribir sobre el papel negro, durante la estación del cilindro, una línea sinuosa cuyas ondulaciones representan fracciones de segundo. Nosotros tendremos, entonces, sobre la hoja de papel, tres trazados superpuestos (Fig. 23): 1.º—la curva A correspondiente a la contracción muscular; la línea B trazada por la señal de DESPREZ, que demuestra en qué momento b. se produce la excitación eléctrica; en fin, 3.º la línea sinuosa C, trazada por el diapasón y que indica los tiempos en fracciones conocidas de segundos (en 1|50 o en 1|100 de segundo en general). He aquí cuáles son las indicaciones que se puede sacar de estos trabajos.

a) *Período latente del músculo.*—Consideremos un músculo curarizado, a fin de suprimir la influencia nerviosa, y apliquemos los electrodos excitatrices sobre el músculo mismo. Realizamos, así, la excitación directa del tejido muscular y constatamos, sobre el trazado obtenido, que el origen a² del ascenso de la curva y el principio de la excitación b. no se encuentran sobre la misma ordenada. Esto significa que la sacudida del músculo no comienza inmediatamente que la excitación eléctrica ha sido llevada sobre el músculo. El intervalo que existe, entre el momento de la excitación y el comienzo de la contracción, se llama el período de excitación del músculo o tiempo perdido de HELMHOLTZ.

Es fácil medir el período latente. Es suficiente para esto prolongar las ordenadas que pasan por b y a² y contar, en seguida, cuántas vibraciones del diapasón o de sinuosidades de la curva C, se encuentran entre estas dos verticales. El músculo liso tiene un período latente mas largo que el estriado.

b) *Duración de la sacudida.*—La porción ascendente a² a³ de la curva correspondiente al período de contracción, desde el principio hasta el máximo de acortamiento del músculo; la duración de este período, que es fácil medir, por medio de las sinuosidades de la línea C, es de cerca de 0'03 a 0'04 de segundo. El período de relajación del músculo, que corresponde a la porción descendente a³ a⁴ de la curva, tiene una duración un poco más corta que la precedente. Se ve, pues, que la duración total de la sacudida muscular es de cerca de 8 centésimos de segundo.

c) *Variaciones de forma de la curva miográfica.*—Para un mismo músculo se constata que, después de un cierto número de contracciones, la altura de la curva disminuye mien-

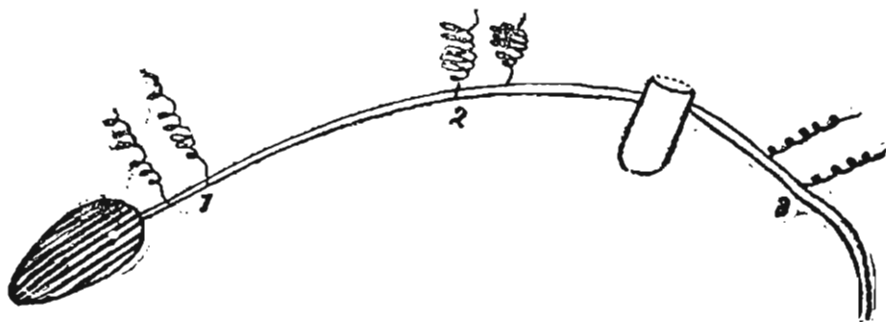
tras que la duración aumenta; estas son las manifestaciones de la fatiga muscular. La carga que el músculo debe levantar al contraerse hace, también, variar la forma de la sacudida. En general, la altura de la curva disminuye cuando el peso que debe levantar aumenta.

La curva miográfica presenta, además, modificaciones importantes bajo la influencia de las variaciones de temperatura.

d) *Velocidad del influjo nervioso.*—Nosotros hemos supuesto, en la experiencia precedente, que la excitación eléctrica y, por consiguiente, que los electrodos estuviesen aplicados sobre el mismo músculo previamente curarizado. La distancia a' a 2, mediría perfectamente, entonces, el tiempo trascurrido entre el momento en que la excitación ha llegado sobre el músculo y el principio de la contracción.

Empleemos, ahora, un músculo no curarizado y apliquemos los electrodos excitatrices, no sobre el músculo mismo sino sobre el nervio correspondiente, en 1, por ejemplo (Fig. 24). El tiempo obtenido en esta condición será más largo que en la

Fig. 24



excitación directa. Esta vez, en efecto, la excitación llevada en 1 ha debido ser transmitida desde 1 hasta el músculo, a través de los tubos nerviosos y las placas terminales; el período latente del músculo se ha alargado. Nosotros encontramos, pues, sobre el trazado, entre los puntos b y a 2, el período latente del músculo, aumentado de la duración necesaria a la trasmisión del influjo nervioso desde 1 hasta el músculo.

Procedamos a una nueva experiencia llevando la excitación sobre una región 2. del nervio más alejado del músculo que la región 1; nosotros obtendremos sobre el trazado un tiempo perdido, todavía, más largo que el precedente.

La diferencia entre los períodos latentes correspondientes a las regiones 1 y 2 representa, evidentemente, el tiempo necesario al influjo nervioso para ir de 2 a 1; midiendo la distancia que separa las dos regiones se podría deducir la velocidad del influjo nervioso.

3.º *Período latente de la médula.*—Se puede, todavía, aplicar electrodos excitatrices en 3 sobre el nervio simétrico, con relación a la médula, de aquel que nosotros hemos considerado en la experiencia precedente.

A cada excitación se produce una sacudida refleja. El trazado obtenido en estas condiciones da un período latente mucho más largo que el obtenido en 2; la diferencia mide el período latente de la médula. Este período es considerable; el valor obtenido en 3 es, en efecto, cerca del doble del que se encuentra en 2.

MOVIMIENTOS

El movimiento es indispensable al desarrollo y al funcionamiento normal de los órganos motores; ejerce una acción muy importante sobre toda la función del organismo y, además, es necesario para la mejoría de diversos estados patológicos. Señalaremos los principales métodos terapéuticos basados sobre el empleo del movimiento, después de haber enumerado los efectos más notables producidos por estos agentes físicos.

Acción del movimiento sobre el organismo.—1º *Acción sobre los músculos.*—Durante la inmovilización la fibra muscular se atrofia y tiende a retraerse; al contrario, por el movimiento la potencia del músculo aumenta considerablemente. Los movimientos repetidos extienden y ablandan las fibras, activan la circulación, excitan la inervación y la nutrición del músculo. Así, como hemos dicho anteriormente, la longitud y el volumen de los músculos están siempre en relación directa con la extensión y la fuerza de los movimientos. Además, el ejercicio lucha contra la atonía de los músculos atrofiados y contra la contractura de los músculos retraídos.

2º *Acción sobre el sistema nervioso.*—Los filetes nerviosos, que atraviesan el músculo, son excitados por los movimientos musculares y estas excitaciones producen una acción estimulante sobre los centros correspondientes: Además, las acciones mecánicas sobre los nervios son muy importantes. Un golpe seco sobre un nervio motor determina una contrac-

ción muscular; una presión fuerte y prolongada disminuye la excitabilidad y puede aun suprimirla. (parálisis por compresión)

Nosotros conocemos los efectos anestésicos de la fricción sobre los fenómenos dolorosos.

3.º *Acción sobre las articulaciones.*—La inmovilización completa de una articulación conduce a la anquilosis, mientras que el movimiento asegura el libre juego de las superficies articulares, el estado liso de los cartílagos, la secreción regular de la sinovia, la flexibilidad de los ligamentos, la movilidad de los tendones.

4.º *Acción sobre la circulación.*—La sangre afluye en gran cantidad en un músculo que se contrae; (cinco veces más que en el estado de reposo) del hecho sólo de la contracción muscular resulta una aceleración de la circulación. Pero, además, la flexión pasiva de una articulación exprime la sangre (la sangre de las venas) mientras que la extensión aumenta la cantidad de sangre venosa volviendo las venas más anchas, más permeables. Los grandes movimientos de circunducción tienen efectos particularmente intensos; así como las venas, los capilares y las arterias experimentan, durante los movimientos, alternativas de presión y de depresión que modifican el curso de la sangre y la aceleran.

5.º *Acción sobre los órganos internos.*—El músculo que se contrae opera, al engrosarse y endurecerse, un verdadero masaje sobre los órganos vecinos. Las contracciones de los músculos de la pared abdominal pueden actuar así sobre el estómago y el intestino.

Además, los movimientos activos de un segmento de miembro, que atraen una gran cantidad de sangre en ese segmento, descongestionan las otras partes del cuerpo. Así, Mosso ha observado que en las palomas, después de un vuelo de larga duración, el cerebro está exangüe y los músculos pectorales están llenos de sangre.

Los movimientos activos pueden, pues, ser utilizados en el tratamiento de las enfermedades congestivas; por ej., la circunducción de un miembro inferior produce no solamente la depleción vascular del miembro sino, gradualmente, la de los órganos abdominales, útero, tubo digestivo, hígado y aún el alivio funcional del corazón.

6.º *Acción sobre la nutrición.*—Todos los efectos que acabamos de enumerar repercuten sobre la nutrición general. Así, el ejercicio produce un aumento del número y la ampli-

tud de los movimientos respiratorios, una sobreactividad de las oxidaciones orgánicas y una eliminación más importante de los residuos.

Pero, si los movimientos son practicados con violencia el pulmón se sofoca, la circulación se acelera considerablemente, la piel es el asiento de una sudación intensa, el sistema nervioso está sobreexcitado: estos son los primeros síntomas de la fatiga del organismo.

ESTUDIO FÍSICO DE LA CIRCULACION

El aparato circulatorio se compone, esencialmente, de un órgano motor, el corazón, y de vasos en los cuales circula la sangre arrojada por el corazón. Dividiremos este capítulo en dos partes, relativas a la revolución cardíaca y a la circulación en los vasos.

REVOLUCION CARDIACA

Los movimientos verificados por el miocardio, durante una revolución cardíaca completa, se suceden de la manera siguiente: al principio existe un período de reposo completo, (diástole) cuya duración es de 0"5, durante el cual las aurículas se llenan de sangre llevada por las venas. Después, las aurículas arrojan una parte de su contenido en los ventrículos, a través de los orificios aurículo-ventriculares; este período de contracción o de sístole auricular tiene una duración de 0"1. Después de un corto reposo, de 0"1, se produce la sístole ventricular, cuya duración es de 0"3, que arroja la sangre en la aorta y la arteria pulmonar,

Las válvulas colocadas en los orificios aurículo-ventriculares, válvulas mitral a la izquierda y tricúspide a la derecha, impiden a la sangre refluir en las aurículas durante la sístole ventricular. Del mismo modo, la disposición de las válvulas sigmoideas impide a la sangre de las arterias refluir en los ventrículos durante la diástole.

El corazón funciona, pues, como una bomba provista de válvulas y animada de movimientos muy rápidos que toman la sangre en las venas para rechazarla en las arterias.

La duración que hemos indicado para los diversos períodos de la revolución cardíaca son duraciones medias que corresponden a una revolución por segundo, o 60 pulsaciones por minuto. Pero, se observan variaciones considerables, sobre todo, en el período de gran reposo.

El número de las revoluciones cardíacas puede descender, así, hasta 30 por minuto, en ciertos casos, y pasar de 150 por minuto en otros.

Las diversas facetas de la revolución cardíaca se traducen, exteriormente, por los ruidos del corazón, el choque del corazón y las corrientes propias del corazón.

RUIDOS DEL CORAZON

1° *Ruidos normales.*—Cuando se aplica el oído sobre la región del corazón se sienten dos ruidos: el primer ruido, sordo, prolongado, corresponde al principio de la sístole ventricular; el segundo, claro y breve, corresponde al fin de esta sístole.

El primer ruido es debido a tres causas: a la cerradura de las válvulas aurículo-ventriculares, al ruido muscular producido por la contracción del miocardio y al ruido del líquido debido a los movimientos de la sangre.

El segundo ruido es debido al chasquido que producen las válvulas aórticas y pulmonares al cerrarse.

2° *Modificaciones de los ruidos del corazón.*—Las modificaciones pueden producirse sea sobre el número, sea sobre la naturaleza de los ruidos del corazón.

A. *Modificaciones del número de los ruidos del corazón.*—Estas modificaciones son de dos clases.

a) *Ruido de galope.*—Un ruido sobreagregado puede preceder al primer ruido; se produce en el momento en que la sangre penetra de la aurícula en el ventrículo y cuando la pared ventricular, habiendo perdido su flexibilidad habitual, entra en tensión bruscamente. Se tiene, entonces, una sucesión de tres ruidos que tienen una duración igual y recuerdan el ruido del galope.

b) *Desdoblamiento del segundo ruido.*—Ciertos sujetos pueden presentar un desdoblamiento claro del segundo ruido, debido a que la válvula pulmonar se cierra más pronto que la válvula aórtica, o que se produce a la inversa. En los sujetos normales, este desdoblamiento, aunque imposible de percibir en general, existe en realidad. La presión sanguínea, en efecto, es menor en la arteria pulmonar que en la aorta y, por consiguiente, la válvula sigmoidea derecha se cierra más lentamente que la válvula sigmoidea izquierda.

Pero, en las fuertes inspiraciones la presión en la arteria

pulmonar puede disminuir, suficientemente, para volver este desdoblamiento claro, a causa de la llegada de sangre producida por los pulmones.

En ciertos casos patológicos la presión puede, al contrario, volverse mayor en la arteria pulmonar que en la aorta, como sucede en el estrechamiento mitral, a consecuencia de la dificultad que experimenta la sangre para franquear el orificio aurículo ventricular izquierdo que está estrechado. La presión está considerablemente aumentada en las venas y la arteria pulmonar.

3º *Modificaciones de la naturaleza de los ruidos.*—Los ruidos normales del corazón pueden ser reemplazados por *soplos*, cuya intensidad y timbre son muy variables y que son caracterizados por las expresiones de *escofina*, de *chorro*, de *vapor*. La producción de los soplos cardíacos pueden ser debidos a dos causas: al pasaje de la sangre sobre las rugosidades valvulares y a la atracción de la columna líquida, al pasar de un orificio estrecho a un lugar dilatado.

La auscultación del corazón hace algunas veces escuchar, además, soplos extra-cardíacos que son de origen pulmonar.

Estetoscopios.—Estos aparatos están destinados a localizar la auscultación mejor de lo que puede hacerlo el oído aplicado directamente sobre la piel.—(Descripción de los principales.)

CHOQUE DEL CORAZON

Si se observa o si se palpa, ligeramente, la pared torácica, en la región de la punta del corazón, se percibe, en cada sístole ventricular, una ligera elevación que constituye el choque del corazón.

Explicación del fenómeno.—El ventrículo se endurece y se redondea durante la sístole ventricular; este cambio de forma produce una presión mayor sobre la pared torácica y da, así, lo que se llama el choque del corazón. Pero, este fenómeno no es debido a la percusión de la punta, porque esta no cambia de lugar. El choque se produce, en general, en el 5º espacio intercostal; rara vez en el cuarto.

Cardiógrafo y tambor receptor de Marey.—Se puede registrar y estudiar el choque del corazón, en el hombre, por medio del Cardiógrafo de MAREY.—(Descripción del aparato.)

PRESION DE LA SANGRE EN EL CORAZON

Durante las diversas fases de la revolución cardíaca se producen variaciones de la presión de la sangre, que regulan la circulación en los vasos y que es, por lo tanto, indispensable conocer. Es posible medir, directamente, en los animales la presión de la sangre en las aurículas y en los ventrículos; los valores obtenidos nos permitirán evaluar el trabajo mecánico suministrado por el corazón.

Presión en el corazón.—Muchos métodos han sido imaginados; nosotros describiremos solamente el método de las sondas cardíacas, debido a CHAUVEAU y MAREY.

Una sonda metálica se compone de un tubo metálico, el que lleva en una extremidad una ampolla de caucho, mientras que la otra extremidad está unida a un tambor receptor de MAREY. El estilógrafo del tambor puede trazar sobre un cilindro, ahumado y animado de un movimiento de rotación conveniente, la curva correspondiente a las variaciones de la presión.

La ampolla de caucho es introducida en la arteria carótida de un animal hasta el ventrículo izquierdo. El aire que lleva la ampolla y el tambor están enteramente sometidos a todas las variaciones de presión que experimenta la sangre contenida en el ventrículo; estas variaciones de presión son registradas por una curva que se podrá graduar y sobre la cual se pueden efectuar medidas precisas.

Para graduar la curva dada por la sonda cardíaca, se ejerce, después, con una pera de caucho una presión determinada y se mide por medio de un manómetro.

Se obtendrá, así, en centímetros de mercurio, la presión correspondiente a una elevación de un centímetro de la curva trazada por la sonda.

Trabajo del corazón.—Resulta de las investigaciones practicadas que el trabajo verificado por el corazón, durante una revolución cardíaca, es de cerca de 0,45 kilográmetros. Para 70 pulsaciones al minuto, el trabajo efectuado sería de 1850 kilográmetros a la hora y 45 mil kilográmetros por día.

ELECTROCARDIOGRAFIA

El electrocardiograma o trazado de las variaciones eléctricas que se producen en el interior del corazón no ha hecho

su aparición, en Medicina, sino desde hace pocos años; y ya los servicios que presta en Patología cardíaca son de tal importancia que la mayor parte de los especialistas están, hoy día, de acuerdo para afirmar que una instalación de electrocardiografía es necesaria en todo servicio de Hospital para el examen y tratamiento de los enfermos del corazón.

La electrocardiografía aparece, pues, desde ahora, como un método de exploración muy importante y que debe ser estudiado detalladamente.

PRINCIPIO DEL METODO

Todo órgano de un ser vivo desprende energía eléctrica, cuando está en estado de trabajo, (corriente de acción) y la cantidad de corriente eléctrica que produce, en la unidad de tiempo, es tanto mayor a medida que el trabajo ejecutado es más intenso durante el mismo lapso de tiempo.

En el hombre el gran producto de energía eléctrica es el sistema muscular. Así, cuando nuestros músculos voluntarios se encuentran en reposo completo y cuando, al mismo tiempo, la suspensión de nuestra respiración paraliza la actividad de nuestros músculos respiratorios los cambios eléctricos, que se manifiestan en nuestro cuerpo, pueden ser prácticamente considerados como resultante del funcionamiento del corazón.

TECNICA

El sujeto que se va a examinar debe ser colocado en una actitud que lo ponga en un estado de resolución muscular tan completo como sea posible. (Decúbito, sobre un lecho, o en posición sentado sobre un sillón confortable, según los casos.) Para recojer sobre él las corrientes de acción del corazón se emplea dos electrodos especiales. Estos no tienen necesidad de estar en contacto con el corazón, ni aún de estar colocados sobre la región precordial. Los tejidos del cuerpo son tan buenos conductores de la electricidad que las corrientes de acción del corazón se manifiestan y pueden ser recojidas en los puntos mas diversos de la superficie de la piel. En efecto, las curvas electrocardiográficas, las más significativas, son obtenidas cuando se tiene el cuidado de colocar uno de los dos electrodos sobre un punto de los tegumentos, mas cerca de la base que de la púnta del corazu, y el otro sobre un te-

ritorio cutáneo mas vecino de la punta que de la base del corazón.

En la práctica se está de acuerdo, salvo casos excepcionales, para no utilizar sino las tres situaciones siguientes de los electrodos, que se llaman derivaciones I. II. III.: a,) el enfermo está acostado; cada una de sus dos manos se sumergen en un vaso lleno de agua salada donde se encuentra uno de los dos electrodos receptorices; (derivación I.) b.) el enfermo está sentado, todo está dispuesto del mismo modo, pero la mano izquierda es remplazada por el pie izquierdo; (derivación II.) c.) la misma actitud, pero la mano derecha es remplazada en el agua salada por el pie derecho (derivación III.)

Para simplificar la técnica ciertos autores han propuesto utilizar, exclusivamente, para los casos corrientes, la derivación II.

Es esencial que todo trazado electrocardiográfico sea copiado con la indicación de la derivación de que se ha hecho uso. Se verá, en efecto, que, cada una de las derivaciones da lugar a ciertas modificaciones particulares del aspecto de los trazados del corazón que les son normales y que pudieran ser considerados como una significación patológica, si fuesen comparados con curvas recojidas de otra derivación.

Las variaciones eléctricas recojidas en la superficie del cuerpo humano por los dos electrodos, dispuestos de la manera que acabamos de exponer, deben, para que podamos apreciarlos bien, ser traducidos en un trazado. Para esto, es necesario recojerlos por medio de un aparato muy sensible que sea capaz de expresarlos con toda exactitud. Las corrientes de acción del corazón, siendo las más intensas de todas las que se producen en la máquina humana, no son, sin embargo, muy considerables. Ellas son muy débiles y es esta debilidad la que ha sido un obstáculo, hasta la época contemporánea, para su estudio en clínica.

El aparato que nos sirve para este estudio es el *galvanómetro de cuerda de EINTHOVEN*.

Este precioso instrumento se compone, esencialmente, de un poderoso magneto, entre los dos polos del cual está extendido un hilo conductor. Su sensibilidad es a tal extremo que el hilo que contiene entra en vibración desde que se produce la mas débil variación del estado eléctrico, en el campo en que está colocado. Esta exquisita sensibilidad, de la que resulta la posibilidad de registrar las corrientes de acción del corazón, proviene de dos causas: gran potencia del magneto

colocado en el aparato, que produce un campo magnético muy fuerte, y ligereza extrema del hilo. Este es de platino, de plata, o de cuarzo, según los modelos; no tiene sino un espesor de 0'002 a 0'003 milímetros.

Las vibraciones del hilo del galvanómetro de EINTHOVEN son fotografiadas sobre una película envuelta sobre una rueda animada de un movimiento uniforme, gracias a una fuente luminosa que proyecta sobre esta película la sombra del hilo. En fin, los movimientos de este son amplificados por la interposición, entre el y la película fotográfica, de un microscopio que es iluminado por los rayos emanados de la fuente luminosa.

Un dispositivo especial permite medir simétricamente la unidad de tiempo.

Es igualmente posible proyectar sobre la misma película fotográfica, donde se inscribe el electrodiagrama, la sombra de una varilla fina y móvil unida a un esfímógrafo, un cardiógrafo, o un flebógrafo en pleno funcionamiento. Se obtienen, así, electrocardiogramas asociados sea a un esfimograma, sea a un cardiograma o sea a un flebograma, lo que permite comparaciones muy instructivas.

Una vez recojido el electrocardiograma, es suficiente desarrollar la película fotográfica para poseer un documento inalterable para su estudio.

ELECTROCARDIOGRAMA NORMAL

Este presenta una composición fija. Esto no quiere decir que sea perfectamente idéntica en todos los sujetos sanos. Por el contrario, no se encuentran dos individuos en los cuales el sea exactamente semejante en su morfología.

Pero la naturaleza, el orden, la duración, el espaciamiento de los elementos esenciales de la curva electro-cardiográfica son fijos; de manera que se puede dar del electro-cardiograma normal un esquema que puede aplicarse a todos los sujetos cuyo corazón esté sano.

Si para apreciar bien la situación, en la revolución cardíaca, de los accidentes constitutivos del electro-cardiograma, se recoje este, al mismo tiempo que el choque de la punta, se constata que cada período del corazón está compuesto de la manera siguiente.

La actividad eléctrica del corazón comienza a manifestarse a la presístole por una elevación redondeada P. (Fig. 25) que

principia y acaba un poco antes de la sístole auricular, dura el mismo tiempo que esta y constituye, incontestablemente, el equivalente eléctrico. En seguida se pronuncia su ligero descenso (inconstante) de importancia secundaria. Después, inmediatamente, una elevación alta en flecha, de vértice agudo R. que empieza ligeramente antes del principio de la sístole ventricular; ella es debido a las fuertes modificaciones eléctricas que se originan por la iniciación de este importante acto. Entre el principio de P. y el de R. transcurre un lapso de tiempo que, en el estado normal, es siempre comprendido entre 0'12 y 0'17 de segundo.

Fig. 25



Algunas veces, pero no siempre, R, se termina por un pequeño descenso de interés secundario.

En fin, se manifiesta una gruesa elevación T, poco elevada (en general) pero prolongada, que ocupa la mayor parte de la sístole ventricular y que se termina un poco antes que ella. No se constata, en seguida, ningún accidente sobre el electro-cardiograma hasta la revolución cardíaca siguiente.

Así, el electro-cardiograma normal se compone de tres accidentes esenciales constantes, las elevaciones P. R. T. El primero es debido a la sístole auricular: se le llama onda auricular. Los otros dos resultan de la sístole ventricular y forman entre ellos el complejo ventricular.

El punto importante y cierto es que, sobre la curva electro-cardiográfica existen accidentes fijos, siempre apreciables, P. y R. que indican el momento en que principia el proceso activo correspondiente, de una parte a la sístole auricular y de otra a la sístole ventricular.

El electro-cardiograma constituye, pues, un excelente medio de analizar la revolución cardíaca, reconocer si sus dos actos esenciales (sístole auricular y sístole ventricular) se han presentado en el tiempo normal.

(Continuará.)