

muscular, como tantos otros fenómenos de la economía viviente, es inaccesible á nuestras explicaciones y que solo puede considerarse como uno de los atributos de la *fuera vital*, cuya naturaleza íntima se nos oculta.

La contraccion muscular, poniendo en juego las palancas óseas, particularmente las de los miembros, permite al hombre y á los animales ejecutar movimientos de conjunto ó de partes, movimientos que varían segun que se refieren á la locomocion ó no.

Los diferentes movimientos que ejecutamos parados se verifican por la cooperacion de potencias musculares apropiadas. No podemos entrar en la análisis detallada de los diferentes movimientos que ejecutamos quedando parados. Dirigiremos nuestra atencion solamente sobre los movimientos de conjunto que requiere la *locomocion*, es decir, el traslado de nuestro cuerpo.

La locomocion en el suelo se verifica por la *marcha*, por la *carrera* ó por el *salto*.

Para comprender el mecanismo de la *marcha* debemos empezar por hacernos bien cargo de la *estacion vertical* del hombre, ya que ésta es el punto de partida de aquélla.

La estacion vertical es propia de la especie humana. *Dios dió al hombre un rostro elevado*, ha dicho Ovidio. Los ligamentos articulares bastan para mantener á nuestro cuerpo en la posición vertical. Gracias á las disposiciones armónicas que existen entre las superficies articulares, el peso de las diferentes partes del cuerpo carga sobre los huesos del esqueleto y el equilibrio es perfecto durante la estacion vertical. La cabeza se mantiene en equilibrio sobre la columna vertebral; el tronco es sostenido todo por las articulaciones de los muslos con el bacinete (articulacion *coxo-femoral*) y las articulaciones de las rodillas junto con la ancha base de los piés, sostienen el peso de todo el cuerpo.

Las potencias musculares añaden su accion á la de gravedad para mantener el cuerpo en la postura vertical. Los músculos del tronco y de los muslos tiran hacia atras la columna vertebral y el tronco, cuando tienden á caer adelante. Los músculos del muslo y de la pierna extienden la rodilla hacia atras, oponiéndose á su flexion miéntras el equilibrio general del cuerpo es mantenido por otros músculos de la pierna. Finalmente, los piés, apartados uno del otro, ensanchan convenientemente la base de sustentacion, haciendo este espacio igual al que separa las dos articulaciones coxo-femorales.

Combínanse, pues, la gravedad, el modo de articulacion y las potencias antagonistas de los músculos para mantener al cuerpo en equilibrio en la estacion vertical, que es la más natural para el hombre. Gracias á un conjunto de esfuerzos musculares nos tenemos derechos é inmóviles.

Por lo demas se nota bien que la estacion recta exige un gran dispendio de fuerza por el cansancio que llegamos á sentir en los músculos del tronco, del muslo y de la pantorrilla cuando hemos estado de pié demasiado tiempo. La estacion vertical, en completa inmovilidad, no puede soportarse por mucho tiempo, sobre todo cuando al peso del cuerpo se añade el de una carga. Cuando estamos obligados á quedar mucho tiempo de pié, tomamos instintivamente la posición llamada de *cadera*, en otros términos, cargamos el peso del cuerpo sobre un solo miembro, doblando ligeramente el cuerpo del lado de aquel miembro y cambiamos de postura de rato á rato. De este modo, descansando alternativamente cada pierna, suspendiendo durante algun tiempo la contraccion de los músculos, les permitimos recobrar su contractilidad para que despues de este intervalo de reposo puedan ejecutar un nuevo esfuerzo. Por tal suspension intermitente del esfuerzo muscular se puede prolongar mucho más tiempo la estacion vertical ó bípida.

La estacion sobre un solo pié que empleamos raras veces y en condiciones especiales, es al contrario la postura impuesta al bailarín, obligado á cargar constantemente el peso entero del cuerpo sobre un solo miembro y aún durante un tiempo considerable, por manera que el ejercicio del baile exige un gasto enorme de fuerza muscular.

La actitud *arrodillada* ó *sentada* sin ningun apoyo del cuerpo se hace por el mismo mecanismo que la estacion vertical, con respecto á la cabeza y al tronco. En los dos casos, el bacinete ó las rodillas sostienen el peso del cuerpo miéntras que la contraccion de los músculos del cuello y de los del tronco aseguran el equilibrio vertical.

Si en la actitud sentada nos hallamos apoyados en un respaldo, la fatiga solo alcanza el bacinete que soporta el peso del tronco y de la cabeza.

El mecanismo fisiológico de la estacion vertical del cuerpo humano nos explica la *marcha*. En la marcha el miembro inferior se dirige hacia delante y el peso del tronco es sostenido por la articulacion coxo-femoral, es decir, por la cabeza de hueso del muslo ó sea el *fémur*. Este peso se trasmite al suelo por el hueso principal de la pierna, la tibia, y por los huesos de los piés. Luégo el miembro inferior opuesto avanza á su vez sosteniendo solo el peso del cuerpo, miéntras que el miembro que ha quedado atras descansa. Hay un momento en esta sucesion de pasos en que el cuerpo se apoya sobre ambas piernas á la vez, pero este momento es muy corto.

Por esto precisamente se diferencia la *marcha* de la *carrera*, pues en ésta el pié que ha quedado atras se levanta del suelo ántes que el otro llegue al mismo, de modo que en ningun instante el cuerpo carga sobre los piés á la vez.

La inclinacion del cuerpo hacia adelante favorece la marcha disminuyendo la resistencia del aire. El balanceo de los brazos es igualmente útil para mantener el equilibrio del cuerpo, equilibrio que es naturalmente inestable durante el continuo cambio del centro de gravedad que resulta de que el peso del cuerpo pasa continuamente á cargar, ora á la derecha, ora á la izquierda. Los brazos balanceándose, es decir, tomando posiciones diferentes, cambian instintivamente el centro de gravedad del cuerpo segun las necesidades, como el balancin de los volatines asegura su estabilidad en la maroma, desviando, para mantener el equilibrio, el centro de gravedad del cuerpo.

La velocidad habitual de la marcha humana es de 6 kilómetros por hora. Pero por la práctica se llega pronto á aumentar esta velocidad notablemente. Los andarines de profesion hacen fácilmente 8 kilómetros por hora y marchan de cinco á seis horas á esta velocidad.

Durante la célebre ascension en la que llegó primero al Monte Blanco, en el año de 1786, el guía Jaime Balmat, marchó cuatro días y cuatro noches sin descansar un momento. Uno de sus hijos, Eduardo Balmat, partiendo de Paris para incorporarse á su regimiento, llegó al valle de Chamuni al quinto día, habiendo recorrido 546 kilómetros, es decir, 108 kilómetros por día.

El mismo Eduardo Balmat, varios años despues, partiendo de los baños de Loeche á las dos de la madrugada, llegó á Chamuni á las nueve de la noche, habiendo caminado 120 kilómetros en diez y nueve horas.

La *carrera*, hemos dicho, difiere de la marcha por el hecho de no apoyarse nunca los dos piés al mismo tiempo en el suelo. Hemos de añadir á este carácter que en la carrera, en ciertos momentos, los dos piés se hallan enteramente separados del suelo, lo que no sucede nunca en la marcha, y que la rapidez de la progresion es muy considerable.

En la carrera el cuerpo se inclina mucho más hacia adelante que en la marcha, lo que hace las caídas más fáciles y al propio tiempo más graves por razon de la rapidez. Por una serie de saltos verificase la carrera, haciéndose los saltos alternativamente con uno y otro pié.

La mayor velocidad de la carrera es de 27 kilómetros por hora, segun Wéber, mas semejante velocidad no podría sostenerse durante una hora entera. La velocidad normal de la carrera no es más que de 14 kilómetros por hora, pudiendo correr bastante tiempo con esta velocidad.

El *salto* no es más que uno de los pasos de la carrera ejecutado solo. Va precedido de unos cuantos pasos de carrera rápidos y apretados, destinados á dar el empuje. La velocidad adquirida en estos primeros pasos se agrega á la

que el saltador imprime á su cuerpo por el último impulso. Por el salto puede salvarse un espacio de 4 á 6 metros en sentido horizontal.

El salto á pié juntillas es el resultado de otro mecanismo. Empiézase por doblar los dos miembros inferiores; luégo por una contraccion subitánea de estos miembros y una impulsión del cuerpo, éste es lanzado con gran fuerza hacia adelante. La extension rápida de los músculos de la pierna y del pié es la que determina sobre todo el salto cuya longitud depende de la velocidad que se ha comunicado al cuerpo en el instante de separarle del suelo. La proyeccion violenta de los brazos hacia adelante aumenta grandemente la fuerza de impulsión.

Para *trepár*, es preciso poner en movimiento simultáneo los brazos y las piernas. Mientras las manos se agarran á las asperezas de un muro ó las ramas de un árbol, los miembros inferiores sostienen el cuerpo y lo empujan hacia arriba. Los músculos del brazo y del hombro son los más interesados en este ejercicio.

En la *natacion* todos nuestros músculos entran en juego. Estando el cuerpo echado horizontalmente sobre el vientre ó boca abajo, en las cápas superiores del agua, lo primero que el nadador hace es poner los miembros en flexion, juntando los talones y aproximándolos á las nalgas: luégo junta las palmas de las manos por delante del pecho. Entónces por un movimiento rápido extiende sus miembros en línea recta golpeando el agua con sus plantas para propulsar al cuerpo. Al movimiento de extension sucede el de flexion. Los muslos y piés vuelven á su anterior situacion: pero asi como su extension había sido brusca, su flexion se hace con alguna lentitud para no hendir el agua en direccion contraria. Los brazos se separan uno de otro á este tiempo, pónense las manos de plano y vienen á unirse bajo el pecho por un movimiento circular. Durante este segundo tiempo de la natacion los miembros anteriores no son inútiles; comprimiendo el agua de arriba abajo y dirigiéndose al mismo tiempo hacia atras en sentido algo oblicuo, hacen el oficio de verdaderos remos. De este modo el cuerpo se encuentra flotando en la superficie del agua y continúa la impulsión comunicada al tronco por los miembros inferiores.

El movimiento de progresion en la natacion sobre el dorso se hace á expensas de la extension rápida de los miembros inferiores que chocan con el agua por la planta del pié, por la cara posterior del muslo y la anterior de la pierna. Durante la natacion, las manos, colocadas de plano á los lados del cuerpo, hacen movimientos ligeros para sostener el tronco en la superficie del agua. Comunmente los brazos, extendidos de antemano en ángulo recto, son aproximados con celeridad á los lados del cuerpo al mismo tiempo que los posteriores

se extienden para verificar la progresion. La natacion sobre el dorso es más bien una actitud de reposo, y en punto á rapidez no puede compararse con la sobre el vientre.

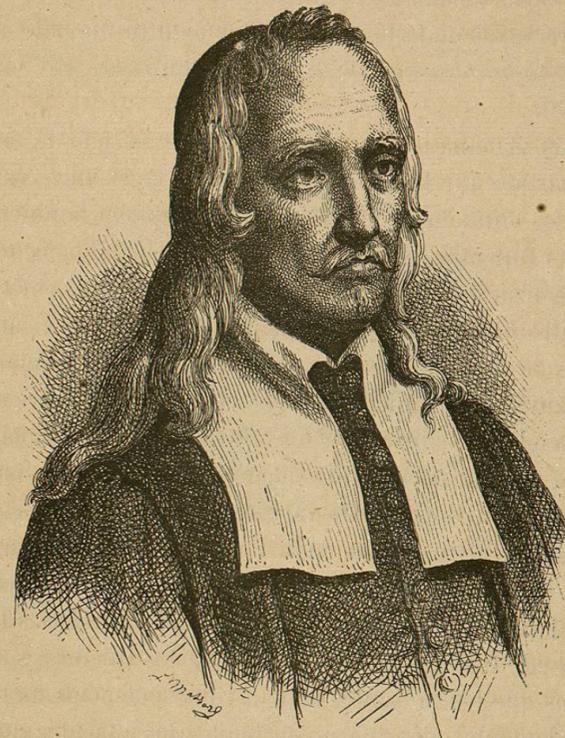
Como el peso específico del hombre es algo mayor que el del agua, su cuerpo no puede sostenerse en la superficie si no se agita el líquido. Cuando el hombre no se mueve se va á fondo, como sucede con los cadáveres. La diferencia entre el peso del cuerpo y el del volúmen de agua desalojada es muy pequeña, y si se hacen grandes inspiraciones, el aire contenido en el pecho disminuye mucho el peso específico del cuerpo, tanto que éste se hace más ligero que el agua. Por esto, para mantenerse en la superficie del agua, el hombre no necesita hacer más que pequeños movimientos y aún éstos no son absolutamente necesarios sino en el momento de la espiracion. Esto se ve demostrado cuando el hombre se vuelve de espaldas, inclina la cabeza atras y eleva el pecho hacia el nivel del agua. En esta posicion puede permanecer inmóvil, mientras no haga espiraciones profundas. Las personas gordas se mantienen más fácilmente sobre el agua que las flacas, y en el mar se nada más fácil y ligeramente que en el agua dulce, todo por la misma razon de diferencia en el peso específico del hombre y del líquido.

La explicacion de los movimientos de la máquina animal por las leyes de la física, especialmente las de las palancas y sus puntos de aplicacion, no es de fecha moderna. Un anatómico italiano del siglo XVII, Borelli, ha hecho este estudio que los fisiólogos modernos han completado en vista de los hechos adquiridos por la ciencia desde aquella época.

El libro de Borelli titulado *De motu animalium*, que fué publicado por primera vez en Roma despues de la muerte del autor, contiene el estudio de todos los movimientos del cuerpo humano. En la primera parte de esta obra (única que interesa á la ciencia moderna, puesto que la segunda publicada en 1681 no es más que una serie de hipótesis gratuitas, reflejo de las ideas iatro-matemáticas de su época) Borelli valúa en guarismos la fuerza desarrollada por los músculos en los movimientos de los diferentes animales y da la análisis y la explicacion física de todos aquellos movimientos.

El libro de Borelli sobre los movimientos de los animales gozaba de tan grande estima en el siglo pasado, que el médico Chirac, del colegio de Montpellier, legó por testamento los fondos para el sustento de un catedrático encargado de explicar y comentar dicho libro así como las materias referentes al asunto. Sin embargo, la voluntad del testador no fué ejecutada.

Juan Alfonso Borelli nació en Nápoles en enero de 1608. Despues de terminar sus estudios en Florencia, se dedicó á la enseñanza y fué profesor de



BORELLI.

(Nació en 1608 y murió en 1679).