

# El movimiento

Cuando algo se mueve tenemos la sensación de que estamos ante un ser vivo. A veces el movimiento es simplemente resultado de algún proceso de arrastre pasivo, pero, incluso en este caso, la sensación de vida que nos produce es una buena prueba de cómo el movimiento va asociado a la vida. Y es cierto que, aunque muchos seres vivos no manifiestan movimiento propio fácilmente detectable (es el caso de las plantas, por ejemplo), en general moverse es una señal de vida.

## Ramón M. Nogués

Doctor en Biología y antiguo catedrático de biología humana, maestro y profesor de maestros de Educación Física. En estos momentos, jubilado.

### 1. Moverse en el mundo animal

Entre los seres vivos son los animales los protagonistas más conspicuos de abundantes movimientos activos. En general un animal es capaz de desplazarse, y no suele mantenerse fijo a un sustrato como lo hacen la mayoría de vegetales. Moverse, para un animal, equivale a manifestar vida, y el movimiento suele acompañar todas las actividades animales, desde buscar comida a relacionarse sexualmente, pasando por reacciones agresivas (“*fight-or-flight* response” en etología) o simplemente vagar a la búsqueda de espacios vitales o expansivos. Las formas de movimiento son múltiples y abarcan desde los movimientos internos del propio cuerpo, a movimientos producidos desde bases fijas (por ejemplo, en numerosos animales marinos que viven en soportes fijos como los pólipos) y los más típicos movimientos de desplazamiento en tierra o en fluidos como el agua o el aire (correr, nadar, volar).

### 2. Muelles, palancas y elementos contráctiles

La base del movimiento del cuerpo en el espacio puede referirse, en primera aproximación, a lo que en el mundo de la física conocemos como mecánica (aunque en una versión incomparablemente más compleja). En el ámbito de la mecánica referimos espontáneamente el movimiento de un determinado aparato a estructuras que denominamos muelles y palancas. En relación al movimiento de los vertebrados (los humanos entre ellos), los elementos de la palanca corresponderían a los huesos, mientras que los muelles tendrían su versión en los músculos contráctiles. Esta analogía entre movimiento y mecánica es muy limitada, dado que se refiere solamente a los movimientos que vemos en el cuerpo cuando se desplaza o activa la motilidad de sus extremidades. En otros casos la analogía no es tan clara (por ejemplo, en el movimiento

de músculos faciales que ni implican movimientos óseos), o aún menos, en el caso de los movimientos viscerales en los que se dan contracciones o distensiones en vísceras huecas que no tienen ninguna relación con piezas óseas.

Conviene señalar la distinción entre la musculatura estriada (de motilidad rápida y voluntaria) y que es inervada por la división esquelética del sistema nervioso, y la musculatura lisa (de motilidad lenta e involuntaria) que tiene la inervación propia del sistema vegetativo en su doble sección simpática y parasimpática, respectivamente activadora o relajante en la mayoría de los casos. La musculatura estriada corresponde *a grosso modo* a lo que consideramos “carne” en la referencia a los vertebrados, mientras que la musculatura lisa correspondería a las vísceras (cardiocirculatorias, digestivas, respiratorias, etc.). Aunque la actividad física se refiere principalmente a la musculatura estriada, no hay que olvidar el papel de las vísceras en el correcto planteamiento de la actividad física, dado que el organismo actúa siempre como una estricta unidad en la que intervienen todos los factores físicos y mentales.

De todos modos, en relación con la educación física, una atención principal se dirige al análisis del funcionamiento de músculos, huesos y articulaciones, ya que éstos son los protagonistas más directos del movimiento corporal. Los huesos son los elementos de las palancas sobre las que actúan los elementos contráctiles. Los huesos son tejidos vivos exactamente igual que los otros tejidos vivos, aunque por su carácter rígido a veces tendemos a considerarlos más inertes. Las articulaciones son unidades muy delicadas en las que los extremos de los huesos encajan unos con otros a través de superficies con relieves coherentes

adecuadamente protegidas con piezas cartilaginosas que permiten su contacto suave y elástico. Las deficiencias en el funcionamiento de estos tejidos conectivos se experimentan muy claramente en las artrosis y artritis, que frecuentemente afectan a los adultos. Estas articulaciones están adecuadamente equilibradas por ligamentos que las mantienen proporcionalmente adosadas y móviles. Piénsese en la complejidad de articulaciones tan admirables como la rodilla o el encaje del húmero en la cintura escapular. Los músculos constituyen unidades contráctiles formadas por ensamblajes de proteínas como la actina y la miosina que modifican su extensión de acuerdo con procesos energéticos desencadenados por impulsos nerviosos motores. Los músculos se adhieren a los huesos con los tendones que se fijan en las membranas protectoras de los huesos.

Cuando las órdenes motoras procedentes del cerebro instauran la contracción de las proteínas musculares, el músculo entero se contrae y por sus fijaciones tendinosas mueve los huesos en un sistema de palancas clásico, dando lugar al movimiento que es coordinado por el cerebro, a través de las informaciones que este recibe en tiempo real del estado de tensión de toda la musculatura implicada, lo que le permite armonizar la situación de tensión o relajación de toda la musculatura en orden a crear un movimiento coherente.

Hay que señalar que las vísceras, con sus movimientos propios no directamente relacionados con la mecánica de la musculatura estriada, tienen también un papel significativo en el planteamiento de la educación física, como se ha señalado. La resistencia en la actividad física, por ejemplo, depende, como es lógico, del buen funcionamiento

**De todos modos, en relación con la educación física, una atención principal se dirige al análisis del funcionamiento de músculos, huesos y articulaciones, ya que éstos son los protagonistas más directos del movimiento corporal.**

**Las deficiencias en el funcionamiento de estos tejidos conectivos se experimentan muy claramente en las artrosis y artritis, que frecuentemente afectan a los adultos.**

de las vísceras cardiocirculatorias, digestivas, hormonales, respiratorias, etc.

### 3. El cerebro agente

El protagonismo del movimiento reside en el cerebro. Desde muchos años atrás se conocen bastante bien las áreas cerebrales más directamente implicadas en el movimiento. Estas áreas corresponden a las zonas que forman una franja a lo largo del surco de Rolando (que separa los lóbulos frontales de los parietales). El área motora corresponde a la zona prerrolándica en ambos hemisferios. En ella están situadas topológicamente las correspondientes zonas corporales dibujando un “homúnculo” que, más o menos, se parece a un esquema del cuerpo y que anima el movimiento contralateral de cada mitad del cuerpo (el hemisferio izquierdo mueve la parte derecha del cuerpo y viceversa). Cada punto de estas zonas es el lugar donde se producen las “órdenes” motoras que se dirigen a los músculos responsables de cada movimiento. Estos movimientos están coordinados con las sensaciones de contracción o distensión que cada músculo envía a la sensibilidad cerebral. La perfecta coordinación de sensibilidad muscular y motricidad permiten un funcionamiento acoplado de los diversos músculos que, en tensión o distensión, coordinan las palancas que mueven los miembros corporales. Esta descripción puede parecer un mecanismo sencillo, pero se trata de una fina coordinación de sensibilidad y motricidad sin la cual, el movimiento de un miembro sería un desbarajuste total.

Conviene tener presente que, aunque se conocen bien las estructuras cerebrales responsables de las órdenes motoras, no tenemos ni la más remota idea de la naturaleza

exacta de una orden motora voluntaria, a pesar de que el cerebro está constantemente dando las órdenes motoras que producen los continuos, complejos y variados movimientos que acompañan todos los aspectos de la vida.

Naturalmente el cerebro agente, para coronar adecuadamente las órdenes motoras, precisa disponer sin dificultades de las redes neurales distribuidas por todo el cuerpo. Estas redes funcionan normalmente bien, y solamente cuando están dañadas por algún motivo, las órdenes motoras no son eficaces, lo que puede llevar a diversos tipos de disfuncionamientos, parálisis, etc. Los traumas pueden interrumpir las redes, de la misma forma en que pueden hacerlo las degradaciones de la red, debidas a degeneración de cubiertas mielínicas de las neuronas, provocando esclerosis diversas. También las intoxicaciones metabólicas pueden generar disfunciones motoras de diversos tipos. La intoxicación etílica es un ejemplo conocido. A veces, sin que se conozca la causa, ciertos tipos de neuronas de la red mueren y provocan la consiguiente parálisis, como es el caso de la esclerosis lateral amiotrófica, debida a la muerte de las neuronas motoras anteriores de la médula.

Este cerebro agente del movimiento no es una referencia autónoma que se pudiese aislar, ni de otras zonas del cerebro ni del cuerpo en general. El cerebro siempre es una parte del conjunto del organismo y trabaja en coordinación con este conjunto. De aquí que sea interesante considerar esta integración al hablar del movimiento.

### 4. Cerebro-cuerpo

El cerebro tiene como función principal asegurar la supervivencia del individuo, y

El protagonismo del movimiento reside en el cerebro. Desde muchos años atrás se conocen bastante bien las áreas cerebrales más directamente implicadas en el movimiento.

Naturalmente el cerebro agente, para coronar adecuadamente las órdenes motoras, precisa disponer sin dificultades de las redes neurales distribuidas por todo el cuerpo.

en esta perspectiva dispone de la programación necesaria para esta función. En el hipotálamo cerebral residen elementos cruciales de esta programación que asegura la alimentación, la sexualidad, la defensa y agresión, la territorialidad y la ordenación jerárquica del grupo. Para la correcta realización de estos programas se precisan las correspondientes actuaciones motoras (búsqueda de alimento, relaciones de pareja reproductora, itinerarios de localización del grupo y de su defensa, etc.).

Para mantener una motricidad correcta el individuo debe disponer de una imagen corporal propia adecuada, de autopercepciones sensibles adecuadas, y también de una correcta interiorización emocional del propio cuerpo. La imagen del propio cuerpo es a la vez sensible y emocional (sutiles aceptaciones o rechazos de la propia corporalidad). La motricidad depende pues, más de lo que corrientemente se considera, de la estructura emocional del sujeto. Existen posturas corporales interrogantes, dubitativas, afirmativas, orgullosas, acogedoras, distantes, etc.

Un ejemplo interesante de la rica implicación mental en la motricidad lo encontramos en la experiencia estética musical. La experiencia estética en general implica dimensiones cognitivas y aspectos de satisfacción emocional que movilizan, a partir de determinados centros cerebrales, las hormonas que acompañan los estados de satisfacción y goce. En el caso particular de la música, la experiencia estética activa la zona motora prerrolándica del lóbulo frontal, que es la responsable inmediata del movimiento. Por ello la música constituye una experiencia estética con una implicación motora muy fuerte. De esta forma la música está asociada de modo muy espontáneo al baile

y al ritmo. Aunque estamos acostumbrados en nuestras culturas a “oír” música ordenadamente sentados en una sala de concierto, la forma más espontánea de experiencia musical tiende a expresarse en diversos tipos de actividad motora en muy diversas formas de baile. El cuerpo es arrastrado al movimiento como consecuencia de la música. El cerebro musical moviliza al cuerpo y le pide gesticulación y movimiento.

### 5. Movimiento y salud

La actividad física tiene efectos muy notables en la promoción y mantenimiento de la salud. Los datos al respecto son en la actualidad muy bien conocidos y se refieren, tanto a factores morfológicos y metabólicos, como a dimensiones cognitivas y mentales en general. La neurociencia de la actividad física y su traslado al mundo educativo ha sido referenciada de forma muy completa por Brian M. Gearin y Hank Fien (1). Estos autores han efectuado una revisión de los estudios relacionados con el tema en relación con los efectos beneficiosos de la actividad física en el organismo en general y, muy especialmente, en el sistema nervioso. Agrupan estos beneficios en los que se refieren a efectos celulares (genes y proteínas relacionados con neurogénesis, angiogénesis y efectores sinápticos), efectos anatómicos más generales (volumen e integridad de materia gris y blanca, volumen sanguíneo circulante, redes neuronales, electrofisiología), y efectos generales (funciones metabólicas, estructura arterial, polimorfismos de ácidos nucleicos). Todo ello manifiesta efectos muy beneficiosos en las habilidades cognitivas y en las funciones académicas, así como en la prevención de enfermedades degenerativas.

**Para mantener una motricidad correcta el individuo debe disponer de una imagen corporal propia adecuada, de autopercepciones sensibles adecuadas, y también de una correcta interiorización emocional del propio cuerpo.**

**La actividad física tiene efectos muy notables en la promoción y mantenimiento de la salud. Los datos al respecto son en la actualidad muy bien conocidos y se refieren, tanto a factores morfológicos y metabólicos, como a dimensiones cognitivas y mentales en general.**

El equipo de Chiara Giacosa ha analizado de forma particular los efectos beneficiosos de la música y la motricidad, asociadas a la danza, en la materia blanca cerebral y en los circuitos sensoriomotores (2). Estos autores investigan la plasticidad cerebral asociada a la práctica de la música y la danza, y registran efectos interesantes y específicos de cada una de estas prácticas, que se traducen en beneficios relacionados con la plasticidad cerebral y la conectividad entre redes neurales del cerebro y el cuerpo.

## 6. Movimiento y conciencia

No hay que imaginar la atención a la motricidad solamente en relación con una actividad física muy activa (valga la redundancia), sino también en dimensiones que promueven el control corporal con la relajación muscular y la práctica de disciplinas de control corporal estático que se convierten así en referencia positiva de un movimiento bien organizado. Me refiero a las prácticas organizadas de relajación y de concienciación corporal. Las técnicas de relajación son una excelente preparación educativa para la motricidad. Baste evocar las conocidas y clásicas escuelas de Schultz, Jacobson, Ajuriaguerra, Alexander, etc. En un sentido similar pueden citarse las escuelas de meditación que incluyen ejercicios de concienciación corporal profunda, que constituyen excelentes preparaciones de un ejercicio corporal activo consciente. Así lo plantea el método de Dürckheim y actualmente las escuelas de meditación derivadas de la aplicación de métodos budistas en Occidente, como es el caso de la *mindfulness*, que contempla ejercicios basados en la conciencia corporal a través de la atención respiratoria, conciencia de sensacio-

nes corporales. Estas técnicas constituyen en cierto sentido una preparación de inmovilidad para asegurar una buena movilidad consciente.

En Oriente el hábito de una integración corporal y espiritual está excelentemente recogido desde hace siglos en las grandes tradiciones espirituales hindúes y chinas. En el mundo hindú el Yoga constituye una excelente referencia de una visión unitaria cuerpo-mente-espíritu que se concreta en las diversas escuelas del Yoga, todas ellas presididas por la propuesta de armonizar una vida virtuosa con una práctica corporal equilibradora relajante-tensional. En la cultura china y en relación con las tradiciones budista y taoísta, destacan prácticas espirituales y a la vez terapéuticas que promueven una motricidad equilibrada y suave para favorecer la elasticidad corporal y una mente liberadora. Es tópica al respecto la cita del Tai chi y del Chi Kung, ampliamente extendidas también hoy en Occidente. Todas estas prácticas se refieren a una educación del cuerpo perfectamente equilibrada con la educación mental y espiritual, y su conocimiento podría facilitar en Occidente la atención a esta unidad cuerpo-mente, frecuentemente olvidada en la práctica del ejercicio físico.

## 7. La diferencia sexual

Por razones de contingencia social (muy comprensibles), hablar de la diferencia sexual desvela actitudes de alerta. La historia del menosprecio del sexo femenino es demasiado dura como para que pase por alto. Sin embargo, desde el punto de vista de la biología, olvidar la diferencia sexual sería un disparate mayúsculo que negaría una de las evidencias mayores de la evolución

No hay que imaginar la atención a la motricidad solamente en relación con una actividad física muy activa (valga la redundancia), sino también en dimensiones que promueven el control corporal con la relajación muscular y la práctica de disciplinas de control corporal estático que se convierten así en referencia positiva de un movimiento bien organizado.

biológica: prácticamente todas las especies se diferencian biológicamente en sexos, y esta diferenciación es estrictamente biológica en su origen genético, anatómico y fisiológico. La humana es una especie biológica entre los millones de especies vivas que existen, y precisamente en relación con la fuerza física es donde se manifiesta alguna de las características de las diferencias biológicas que se dan entre humanos. La forma más elemental de clasificar una población humana es la diferencia sexual, y ello no implica que de esta diferencia tenga que seguirse ninguna marginación social, legal ni de ningún otro tipo en la convivencia humana.

El ejercicio físico y el deporte en general son unas de las áreas en las que se traduce la diferencia de sexos. Ello es normal dado que una traducción inmediata de la variabilidad hormonal entre sexos es la aparición estadística de mayor fuerza muscular en el sexo masculino, lo que se traduce en la potencialidad física más destacada en este sexo. La organización deportiva de la actividad física reconoce esta realidad al ordenar la competición deportiva teniendo en cuenta la diferencia sexual de las correspondientes federaciones. En una sociedad justificada y crecientemente igualitaria no se pone en duda el mantener la separación de federaciones deportivas de acuerdo con la diferencia sexual. No se contemplan competiciones deportivas en las que los equipos sean sexualmente mixtos. Ello no debe impedir que en actividades físicas y deportivas no estrictamente competitivas puedan actuar conjuntamente ambos sexos. En el mundo educativo hay que procurar que el mantener una justa e inevitable actividad competitiva no sea en menoscabo de un trato igualitario entre sexos, incluso en la práctica concreta

del deporte. Esta ya es una cuestión que pertenece al arte de educar. Estamos en todo caso ante un reto interesante.

### Referencias

- (1) Geari, Brian. M. & Hank Fien. (2016). *Translating the neuroscience of physical activity to education. Trends in Neuroscience and Education*, 5, 12-19.
- (2) Giacosa, Chiara et al. (2016). *Dance and music training have different effects on white matter diffusivity in sensorimotor pathways. Neuroimage*, 135, 273-286.



El ejercicio físico y el deporte en general son unas de las áreas en las que se traduce la diferencia de sexos. Ello es normal dado que una traducción inmediata de la variabilidad hormonal entre sexos es la aparición estadística de mayor fuerza muscular en el sexo masculino, lo que se traduce en la potencialidad física más destacada en este sexo.

En el mundo educativo hay que procurar que el mantener una justa e inevitable actividad competitiva no sea en menoscabo de un trato igualitario entre sexos, incluso en la práctica concreta del deporte.