

## 10° Congreso Argentino y 5° Latinoamericano de Educación Física y Ciencias

### "Anatomía funcional del cuerpo estriado y la corteza cerebral: su relación con el movimiento"

Gabriel Darío Buffone – UNLP – La Plata – e-mail: [buffone75@gmail.com](mailto:buffone75@gmail.com) – Teléfono celular: 0221 – 15 – 562 – 8721 – Teléfono particular: 0221 – 482 – 6854.

Carlos Dalto – UNLP – La Plata – e-mail: [dalto3@hotmail.com](mailto:dalto3@hotmail.com) – Teléfono celular: 0221 – 15 – 599 – 0056 – Teléfono particular: 0221 – 480 – 1454.

**Palabras clave:** Anatomía – Funcionalidad – Corteza cerebral – Cuerpo estriado – Gestos técnicos.

**Resumen:** el objetivo de la siguiente ponencia es revalorizar y reconocer aquellos aspectos anatómicos y funcionales de algunos elementos del sistema nervioso imprescindibles para el correcto funcionamiento del cuerpo humano, tanto en los movimientos deportivos, como en la variedad infinita de los actos motores resumidos en las contracciones musculares.

Ante los diferentes rangos articulares posibles y las determinadas acciones musculares específicas, la corteza cerebral y el cuerpo estriado participan activamente en la ejecución de cada movimiento, ya que ambos permiten que ese gesto se produzca de una forma determinada, ya sea sumamente preciso o totalmente ineficaz y descoordinado, pero ambos se activan de distinta forma y en momentos diferentes, posibilitando acciones musculares diferentes. Es importante entender cómo participan la corteza motora y los ganglios basales en el inicio del movimiento, en relación a la posición del tronco y el raquis, y al accionar de las extremidades.

La armonía del funcionamiento del sistema nervioso central, tanto en sus funciones específicas como en las funciones de sus tractos nerviosos ascendentes y descendentes, permiten corroborar, por un lado, una estrecha relación entre el movimiento, la locomoción y los gestos técnicos deportivos, y por otro, la importancia de las fases estáticas y estabilizaciones constantes del cuerpo humano, destacando el papel que desarrollan los músculos de sostén tanto en las estructuras articulares de la columna vertebral, como también en la elaboración de patrones de movimientos donde participan las extremidades.

## **1-INTRODUCCIÓN:**

La ejecución biomecánica de los movimientos, tanto deportivos como de la vida cotidiana, requieren de una adecuada coordinación y armonía de diferentes estructuras tanto a nivel del sistema nervioso, como también de la respuesta del sistema locomotor ante los estímulos recibidos y programados por el anterior. Si bien este accionar es muy complejo, citaremos la incidencia e interrelación de dos estructuras del sistema nervioso central, y más específicamente del encéfalo, como lo son: la corteza cerebral y el cuerpo estriado, y por otro lado, un breve análisis anatómico funcional sobre el accionar del raquis y las extremidades en los movimientos deportivos en general. El raquis y el tronco poseen numerosos movimientos a través de su estructura anatómica y participan estabilizando las fuerzas que intervienen en él y a su vez, las extremidades actúan desestabilizando constantemente nuestro eje corporal a través de movimientos que responden a las demandas y exigencias de los diferentes patrones de acción, los cuales se desarrollan con diferentes intensidades y a diferentes grados de coordinación y velocidad.

Los miembros superiores e inferiores se manifiestan en acción, por ejemplo en los actos motores de cualquier forma de movimiento ya sea global o analítica en cualquier gesto técnico deportivo (acción de los brazos y mecánica del miembro inferior).

El raquis en su conjunto debe adaptarse a sus dos imperativos, la rigidez y la flexibilidad, ya que el cuerpo estriado o también llamados ganglios basales (vía extrapiramidal), de carácter motor e involuntario se encuentra constantemente restableciendo el equilibrio postural y el juego de flexibilidad por la sumatoria de piezas superpuestas.

## **2- LA CORTEZA CEREBRAL :**

La configuración externa de la corteza cerebral presenta pliegues o circunvoluciones que se encuentran separados por cisuras o surcos y se encuentra formado por sustancia gris y a su vez, los hemisferios se dividen en

lóbulos que llevan el mismo nombre del hueso del cráneo vecino a donde se halla ubicado (frontal, parietal, temporal y occipital).

La corteza cerebral forma un revestimiento completo de los hemisferios cerebrales y está compuesto por una mezcla de células nerviosas conformadas por neuronas y neuroglia por medio de nueve capas diferenciadas.

La corteza motora en el lóbulo frontal, es la responsable del diseño del patrón de movimiento, ya que es la estación final para la conversión del diseño y la ejecución del movimiento. Aquí se reciben numerosas aferencias de la corteza sensitiva y del complejo talámico; su función más notoria es almacenar programas de actividad motora reunidos como resultado de la experiencia pasada.

Cuatro tipo de fibras nerviosas egresan e ingresan de la corteza:

-Fibras córticofugas: va desde la corteza a estructuras inferiores del SNC como los haces córticonuclear y córticoespinal.

-Fibras córticopetas: se proyectan desde el tálamo óptico y otros núcleos inferiores hacia la corteza.

-Fibras de asociación: conectan diferentes regiones corticales del mismo hemisferio.

-Fibras comisurales: conectan porciones idénticas de ambos hemisferios cerebrales.

La corteza cerebral debe considerarse como la última estación receptora que interviene a lo largo de una serie de estaciones que reciben información desde los ojos, oídos y otros órganos de los sentidos. La función de la corteza a nivel frontal es, en términos simples, discriminar y relacionar la información recibida, con las memorias pasadas y almacenadas. Entonces las aferencias sensitivas enriquecidas presumiblemente son descartadas, almacenadas o traducidas en acción y tiene que ver con la resolución de situaciones de juego en un deporte, respuestas motoras ante cualquier estímulo, lectura y entendimiento de cualquier sistema defensivo u ofensivo en deportes y/o juegos. La retroalimentación sensitiva se utiliza para actualizar las instrucciones al sistema central de órdenes motoras, de modo que los movimientos posteriores se realicen de forma eficaz. La distinción fundamental aquí, es que la corrección

sensitiva no se produce paralelamente, pero es útil después de completar el movimiento para actualizar las órdenes motoras la próxima vez que sean utilizadas. La información permite adaptar o mejorar una serie de órdenes motoras ya creadas. Sin retroalimentación sensitiva no se puede actualizar las órdenes almacenadas centralmente para la conducción y adaptarlas a los detalles sutiles de las nuevas posiciones para llevar a cabo su objetivo.

Actualmente la mayoría de los investigadores está de acuerdo en que un área motora debe reunir los siguientes criterios:

- a) Tener proyecciones hacia las motoneuronas espinales o hacia los núcleos motores del tallo encefálico;
- b) Tener una representación del aparato motor, o sea de los músculos;
- c) Activarse durante la ejecución o planeamiento de movimientos voluntarios.

Sobre la base de estos criterios se han determinados varias áreas motoras:

A-Área motora primaria: Entre todas las áreas motoras, la corteza primaria presenta el mayor número de proyecciones de fibras corticoespinales y contribuye con cerca del 40% al total de fibras de la vía piramidal. Tiene una representación de los músculos contralaterales del cuerpo en la circunvolución precentral, que se denomina homúnculo motor. Aquí, está representada la totalidad de la musculatura. Al igual que la corteza sensitiva primaria, las neuronas de la corteza motora, forman un mapa topográfico invertido del cuerpo. Las áreas de la corteza motora que influyen sobre los músculos implicados en las tareas manipulativas y el control fino son proporcionalmente mayores que las demás.

-Fuerza muscular: alrededor del 50% de las neuronas piramidales corticoespinales aumentan su actividad en relación con la fuerza necesaria para realizar el movimiento.

-Movimientos de flexión y extensión: en la corteza motora primaria hay neuronas que se activan durante la flexión o se inhiben durante la extensión, o bien, que se activan con la extensión y se inhiben con la flexión.

-Fijación de las articulaciones: se observaron neuronas corticoespinales que se activan cuando se contraen simultáneamente los músculos flexores y extensores a fin de fijar una articulación en una posición dada.

-Dirección del movimiento: en la C.M.P hay células piramidales que se activan cuando el movimiento se realiza en una dirección dada y que se inhiben cuando se realizan en otras direcciones. Sin embargo, la mayoría responde a más de una dirección.

-Movimientos ipsilaterales, contralaterales y bilaterales: la mayoría de las neuronas corticoespinales se activan con los movimientos contralaterales, dada su proyección cruzada con la médula espinal. Sin embargo entre ellas, existe una pequeña población que también se activa durante los movimientos ipsilaterales. Pero hay otra población, menor, que se activa únicamente con los movimientos bilaterales. Esto último sería el resultado de las proyecciones bilaterales de alguna de las neuronas piramidales.

B-Área motora suplementaria: se encuentra medialmente en los lóbulos frontales y se la denominó así porque la estimulación eléctrica produce movimientos complejos, variables y con umbrales más altos que el área motora primaria. La estimulación eléctrica produce movimientos sinérgicos complejos, en muchos casos bilaterales, con umbrales altos. Los movimientos consisten en adoptar posturas, movimientos de marcha, desviación del tronco y la cabeza hacia el lado opuesto de la estimulación. Parece ser que los módulos de la corteza motora suplementaria pueden aprender programas de movimiento y almacenarlos como esquemas motores. Si el movimiento se automatiza, la función de control desaparece del módulo de dicha región suplementaria. Esta tarea parece ser que la asume la corteza del cerebelo.

C-Área premotora: se encuentra inmediatamente anterior a la corteza primaria. Esta área recibe aferencias desde el área motora suplementaria, la corteza motora del cíngulo y periféricas somatosensoriales a través del área parietal posterior (5 y 7). También recibe desde los ganglios basales y del cerebelo. Proyecta hacia la corteza motora primaria, los ganglios basales y a la médula espinal a través del haz corticoespinal de la vía piramidal. Antes de comenzar con un movimiento, el tronco y las extremidades se pueden encontrar en una posición o postura inmóviles. El control de la estática de la posición parece llevarse a cabo en la corteza cerebral premotora. Desde este centro de control

motor se influye de manera decisiva sobre la coordinación de ojos y manos, así como el juego de conjunto de las extremidades.

Sintetizando, la corteza cerebral en el lóbulo frontal brinda a través de sus tractos nerviosos descendentes señales voluntarias y conscientes para la ejecución del acto motor.

Un individuo consciente es aquél que se encuentra despierto y que tiene conocimiento de sí mismo y de lo que lo rodea. Para que haya una conciencia normal, es necesario el funcionamiento activo de dos partes principales del sistema nervioso: la formación reticular que se encuentra ubicada en el tronco encefálico y la corteza cerebral.

La formación reticular es la responsable de la regulación del ritmo del sueño y vigilia y la corteza cerebral es necesaria para mantener el estado de conciencia, es decir, el estado en el cual el individuo puede responder a estímulos e interactuar con el medio.

### **3-EL CUERPO ESTRIADO: RESEÑA ANATÓMICA Y FUNCIONAL**

Los núcleos basales están formados por sustancia gris y son: el núcleo caudado, el núcleo lenticular, el claustro o antemuro y el núcleo amigdalino y también se llaman cuerpo estriado por el aspecto que presentan estos núcleos grises “estriados” por las fibras blancas de la cápsula interna.

La cápsula interna es una importante banda compacta de sustancia blanca y está compuesta por fibras nerviosas ascendentes y descendentes que conectan la corteza cerebral con estructuras del tronco encefálico y la médula espinal.

El núcleo con forma de lente por fuera de la cápsula interna se denomina núcleo lenticular y está formado por el putámen y el globus palidus o globo pálido y por el lado externo aparece la cápsula externa, el antemuro, la cápsula extrema y la corteza o lóbulo de la ínsula. El globo pálido se divide a su vez en medial o interno y lateral o externo.

El núcleo caudado posee forma de C y hace eminencia hacia el ventrículo lateral (más interno); se describen en él una cabeza, un cuerpo y una cola. La

cabeza que es la región más voluminosa se ubica en el cuerno anterior del ventrículo lateral. Entre la cabeza del núcleo caudado y el putámen se encuentran tractos nerviosos de sustancia gris que los comunican. El cuerpo del núcleo caudado es largo y estrecho, se extiende entre el agujero interventricular por delante y el extremo posterior del tálamo por detrás formando el piso del ventrículo lateral. Por último, la cola del núcleo caudado es delgada y alargada contorneando el tálamo óptico.

El cuerpo estriado recibe vías aferentes de distintas regiones de la corteza cerebral, del tálamo óptico y de la sustancia negra del mesencéfalo y su función se encuentra relacionada con los movimientos de grupos musculares que ocurren por el control de la corteza cerebral y no de los movimientos voluntarios y conscientes que se producen a través de vías descendentes directas y cruzadas hacia el tronco del encéfalo y a la médula espinal, mediante los haces córticonucleares y córticoespinales.

Las conexiones del cuerpo estriado a través de sus fibras aferentes son:

-Fibras córticoestriadas: todos los segmentos de la corteza cerebral envían axones al núcleo caudado y al putámen, generalmente del mismo lado y la aferencia mayor proviene de la corteza sensitivomotora.

-Fibras tálamoestriadas: los núcleos intralaminares del tálamo óptico envían un gran número de axones al núcleo caudado y al putámen.

-Fibras nigroestriadas: las neuronas de la sustancia negra envían axones al núcleo caudado y al putámen.

Las conexiones del cuerpo estriado a través de sus fibras eferentes son:

-Fibras estriatopalidales: se dirigen desde el núcleo caudado y el putámen hacia el globo pálido.

-Fibras estriatonígricas: las fibras se dirigen desde el núcleo caudado y el putámen hacia la sustancia negra.

Los ganglios basales o cuerpo estriado están unidos entre sí y conectados con una gran cantidad de regiones diferentes del sistema nervioso por una compleja cantidad de neuronas. Básicamente, el cuerpo estriado recibe información aferente de la mayor parte de la corteza cerebral, el tálamo óptico, el subtálamo y el tronco del encéfalo. La información es integrada dentro del

cuerpo estriado y la eferencia se dirige nuevamente a las áreas ya mencionadas. La actividad del cuerpo estriado tiene inicio con la información recibida de la corteza sensitiva, el tálamo óptico y el tronco del encéfalo. La eferencia del cuerpo estriado es canalizada a través del globo pálido, que luego influye en las actividades de las áreas motoras de la corteza cerebral u otros centros motores del tronco del encéfalo. Por lo tanto, el cuerpo estriado puede controlar los movimientos musculares al influir sobre el control de la corteza cerebral. El globo pálido desempeña un papel importante en el control de los movimientos axiales, los movimientos de la cintura del cuerpo y de la posición de los segmentos proximales de las extremidades. La actividad en las neuronas del globo pálido aumenta antes de que ocurra un movimiento voluntario en los músculos distales de los miembros del aparato locomotor y ésta importante función permite ubicar el tronco y la raíz de los miembros (grupos musculares proximales) en posiciones apropiadas, antes que la vía motora voluntaria active los movimientos de grupos musculares distales.

#### **4-ACCIONAR DEL TRONCO Y LAS EXTREMIDADES**

Para la comprensión íntima del ser humano, es necesario tener una buena comprensión de la organización fisiológica del cuerpo, para seguir mejor la instalación inteligente de los esquemas adaptativos y de los esquemas de compensación.

El hombre necesita mantener su posición bípeda y para ello deberá sortear los problemas que le acarrea la gravedad y más aún cuando las posibilidades de mantenimiento del equilibrio se ven amenazadas constantemente por las variadas situaciones que responden a las demandas del medio que lo rodea. El cuerpo está preparado para observar, percibir y reaccionar. Para ello, se compone de unidades funcionales que tienen la capacidad de solucionar sus problemas regionales pero que responden, si es necesario a una organización general. Entonces hablamos de tres unidades funcionales: 1- Unidad funcional *cefálica* que corresponde a la cabeza. 2- Unidad funcional del tronco que corresponde al tórax y abdomen. 3- Unidad funcional de las extremidades.”



Son numerosos los músculos que intervienen en el mantenimiento de la postura y el sostén del aparato locomotor. Entre ellos, los de la región anterolateral del abdomen, que se compone por los músculos longitudinales como el Recto mayor del abdomen y el piramidal; y los músculos anchos: Oblicuo mayor, Oblicuo menor y Transverso. En la región posterior del tronco, en el plano más profundo, se encuentran los músculos denominados “de los canales vertebrales” (de las correderas vertebrales), y son el Dorsal largo, el Transverso-espinoso, los Espinosos y el músculo Sacrolumbar. En el caso de los músculos abdominales, especialmente el Recto mayor, es estabilizador de la pelvis, llevándola a la retroversión y estabilizándola tanto en la locomoción con todas sus variantes como caminar y correr a diferentes intensidades, desplazarse en distintas direcciones, descender el centro de gravedad; como también en gestos deportivos específicos como el golpe de balón en fútbol, la mecánica de piernas en el basquetbol y los saltos en las disciplinas del atletismo. Los músculos anchos del abdomen no solo aportan movilidad en el raquis (flexión, rotación, inclinación lateral, retroversión pélvica), sino también estabilidad estática y dinámica. La rotación del raquis en los movimientos deportivos la van a ejercer los músculos de las correderas vertebrales y los músculos anchos del abdomen de forma sincronizada y a diversas intensidades. La corrección de la anteversión pélvica se obtiene mediante la acción de los músculos extensores de la cadera: los Isquiosurales y el Glúteo mayor que acarrear la báscula de la pelvis hacia atrás. Así, el sacro se verticaliza y la curva del raquis lumbar disminuye. El papel más importante en la corrección de la hiperlordosis lumbar le corresponde a los rectos del abdomen. De modo totalmente contrario ocurre, con los flexores de cadera (principalmente el Psoas Iliaco), que participan en la corrección de la retroversión de la pelvis, llevándola a la anteversión, donde el sacro se horizontaliza y la curva del raquis lumbar aumenta. Desde el punto de vista de la función muscular concéntrica los grupos musculares mencionados ejercen funciones antagónicas, pero en un sentido real de la actividad muscular del cuerpo móvil, trabajan sinérgicamente en el mantenimiento de la postura.

## **6-CONCLUSIONES**

En concordancia a los conceptos desarrollados, es muy importante, que lo expuesto hasta aquí, nos lleva a tomar una mejor posición en semejanza al desarrollo de nuestras prácticas y valorar la estrecha relación en conjunto que presentan el sistema nervioso central y el aparato locomotor. La información específica acerca del funcionamiento de la corteza cerebral y el cuerpo estriado, con sus estructuras anatómicas, sus unidades funcionales, su implicancia en el movimiento, su importancia en la enseñanza de las distintas técnicas deportivas, nos va a facilitar comprender como se puede obtener determinados controles en relación al movimiento.

La corteza cerebral en el lóbulo frontal determina la ejecución de un plan motor en relación a los segmentos corporales comprometidos, pero a su vez, el cuerpo estriado, principalmente el núcleo lenticular, realiza ajustes controlando previamente a la corteza cerebral y enviando señales a otros segmentos corporales para conseguir adecuadas posiciones previas de forma “involuntaria”.

Del mismo modo comprendemos, que un movimiento o gesto técnico bien ejecutado, se logra con la armonía de la suma de movimientos articulares y estabilizaciones constantes en relación a acciones musculares específicas, pero cuando lo mencionado no ocurre de la manera expresada, el movimiento no es eficiente, no se adquiere de forma íntegra el gesto técnico enseñado y se pueden producir lesiones articulares, musculares o ligamentarias.

Entonces, surgen preguntas como: ¿Es necesario comprender detalladamente las complejas interrelaciones entre las estructuras nerviosas motoras y los músculos efectores para una mejor intervención docente? ¿Cuántas veces ocurre la corrección detallada anteriormente en los movimientos deportivos y/o gestos técnicos? ¿Qué conocimientos son los adecuados para comprender la estática y la dinámica del raquis y de la pelvis en relación a las extremidades? ¿Cómo influye la funcionalidad de la anatomía en el movimiento? Muchas preguntas más y numerosos interrogantes deberemos afrontar para resolver la temática explicitada.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- 1) BUSQUET LEOPOLDO (2006) “Las cadenas musculares” Tomo I (Tronco, columna cervical y miembros superiores). Barcelona. Editorial Paidotribo. 8va. Edición.
- 2) IZQUIERDO, MIKEL. (2008)
- 3) KAPANDJI A.I. (2001) “*Fisiología Articular*” (*Título del original: Physiologie Articulaire*), Madrid; Editorial Médica Panamericana. 5ta. Edición, 2da. Reimpresión.
- 4) LATARJET M., RUIZ LIARD A. (1999) “*Anatomía Humana*”. Madrid; Editorial Médica Panamericana. 5º reimpresión de la 3º edición.
- 5) SNELL
- 6) TESTUT, LEO y LATARJET, ANDRÉ