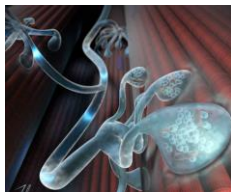




OLIMPIADA ARGENTINA DE TECNOLOGÍA: DEPORTE

Neurociencia del Movimiento



- SISTEMA MOTOR
- MEMORIA MOTORA
- COMPONENTES DEL MOVIMIENTO

Apunte realizado por:

PhD Pedro Caffaro

Año 2020

Neurociencia del Movimiento

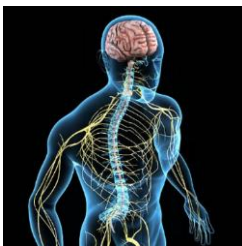
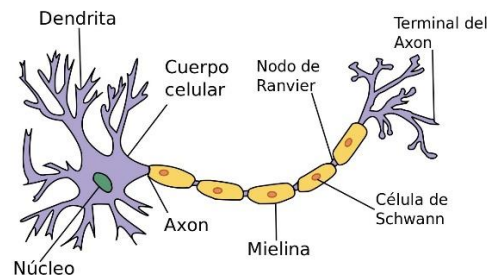
Introducción.

Hablar de Neurociencia o neurociencias es indistinto. Esta ciencia es multidisciplinar que tiene como objetivo estudiar el sistema nervioso y sus funciones. ¿Cómo entendemos lo que sucede en nuestro entorno? ¿Cómo interpretamos la información percibida y elaboramos respuestas acordes? Estas son algunas de las preguntas que apunta la neurociencia.

La Neurociencia del Movimiento se focaliza particularmente en los aspectos del sistema nervioso encargados de entender el estado del cuerpo y del entorno, interpretar esa información, almacenarla, diseñar planificaciones acordes y ejecutarlas en todo lo referido al movimiento. Podemos llamar a esas partes del sistema nervioso como “Sistema motor”.

Neurofisiología del Sistema Motor.

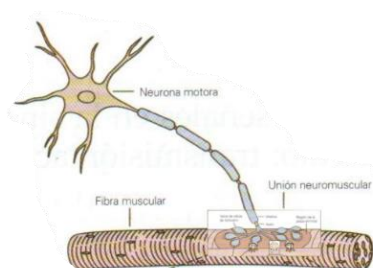
El **sistema nervioso** está formado por: encéfalo, médula espinal y nervios periféricos. La célula principal que forma al sistema nervioso es la **neurona**. Las partes de una neurona son: dendritas, cuerpo neuronal, axón y terminales nerviosas. Las neuronas liberan neurotransmisores para comunicarse con otras células.



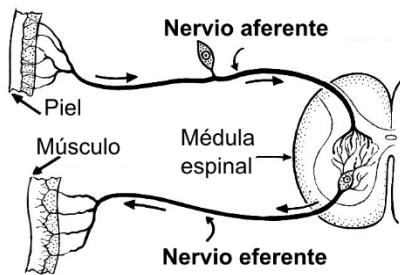
Encéfalo y Médula forman el **sistema nervioso central (SNC)**. El encéfalo está formado por **cerebro, tronco del encéfalo y cerebelo**. Los **nervios periféricos**, que forman el **sistema nervioso periférico (SNP)**, se originan en tronco del encéfalo y médula espinal y van a contactar las distintas partes del cuerpo para regular sus funciones. Los **nervios** son paquetes de neuronas que salen y entran del SNC.

Pueden verse en la imagen como “cables amarillos”.

Los **nervios periféricos** son los que contactan a los músculos y regulan su actividad (contracción/relajación) de manera coordinada para realizar los movimientos.

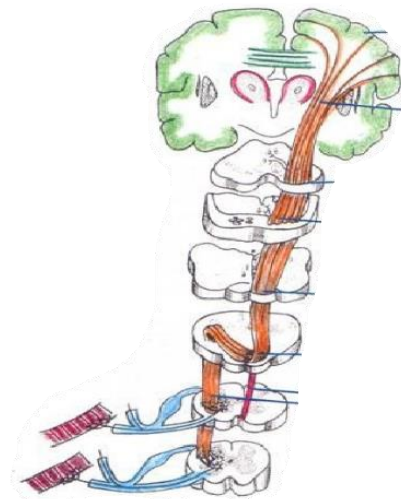


Se llama **unión neuromuscular** a la unión específica entre una neurona (de un nervio) y una fibra muscular (de un músculo). Cuando una neurona que está contactando una fibra muscular se activa el músculo en cuestión se contrae. En la imagen de la izquierda puede observarse el esquema de una unión neuromuscular entre una neurona y una fibra muscular.

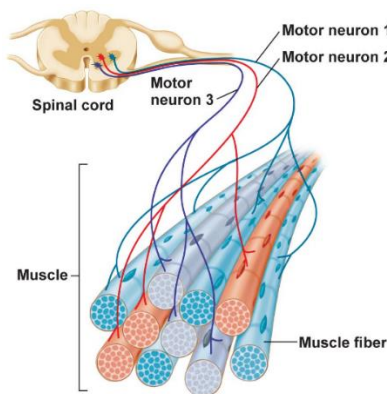


Las neuronas que contactan los músculos se llaman **motoneuronas** y forman el **nervio eferente**. Es importante entender que el cuerpo neuronal de las neuronas motoras está ubicado en la médula espinal. Desde allí el axón se extiende para contactar la fibra muscular. A su vez las células del músculo “sienten”, al igual que las articulaciones y los huesos. Entonces, fibras musculares, huesos y articulaciones reportan su situación al SNC mediante **neuronas sensitivas (nervio aferente)** que ingresan la información a la médula. Lo mencionado puede verse en la figura inmediata a este párrafo.

Ahora bien, ¿quién le dice a la motoneurona que está en la médula espinal lo que tiene que hacer? De ello se encargan las **neuronas motoras superiores** que están en el cerebro y descienden por la médula espinal hasta contactar a las motoneuronas *inferiores* que luego van a contactar los músculos. El cuerpo neuronal de las motoneuronas superiores reside en la corteza motora primaria (M1) del cerebro. Puede observarse en la imagen de la derecha como las motoneuronas superiores descienden a contactar a las inferiores que salen de la médula para contactar los músculos. Se llama a esta **vía “cortico-espinal”**.



Antes de adentrarnos en el cerebro presentaré la idea de unidad motora. Se llama **unidad motora** a una sola motoneurona que contacta varias fibras musculares de un mismo músculo. La activación de una unidad motora va a provocar que se contraigan varias fibras de un mismo músculo. Cuantas más unidades motoras se activen, mayor será la fuerza que puede desarrollar ese músculo. En la imagen de la izquierda pueden verse 3 motoneuronas que residen en la médula espinal y que cada una salen a tocar un subconjunto determinado de fibras musculares de un mismo músculo.



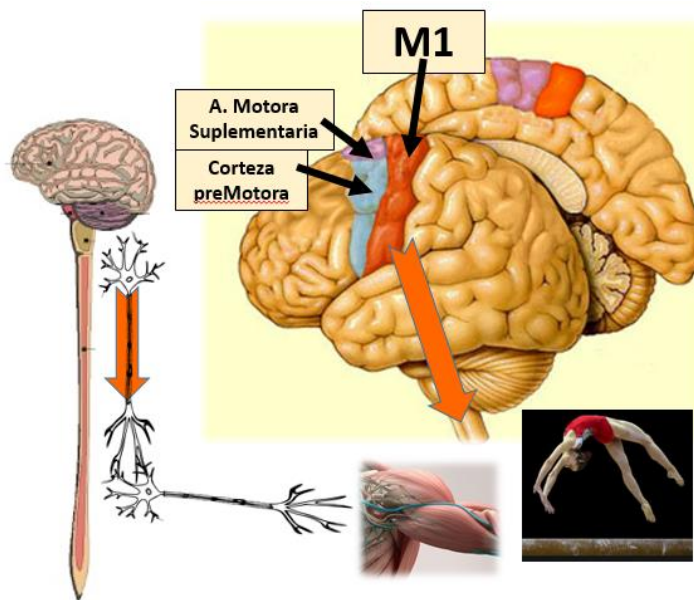
¿Cómo puede utilizarse esta información para aumentar el desarrollo de la fuerza? Se ha demostrado que realizar movimientos rápidos e intensos recluta (llama/convoca) mayor cantidad de unidades motoras. Esto trae acarreado un mayor desarrollo de la fuerza. Por lo tanto para estar bien activo al momento de ejecutar algún movimiento puede optarse por realizar movimientos cortos e intensos para activar de antemano las unidades motoras necesarias. Otra manera es **focalizar la atención** en lo que se está por realizar o bien sobre el objeto que se quiere mover. De esta manera el sistema nervioso puede activar de antemano la vía cortico-espinal involucrada en el

movimiento pudiendo desarrollar el movimiento con mayor fuerza y velocidad. Por ejemplo, si quiero levantar una pesa puedo focalizar mi atención en ella de antemano (**focalización eterna**) para tener más fuerza al momento de levantarla. De la misma manera puedo pensar con anticipación en los músculos que voy a usar para mover ese peso (**focalización interna**) aumentando el desarrollo de la fuerza.

Regiones motoras del cerebro. Sabiendo entonces como es que el cerebro se comunica con los músculos podemos sumergirnos en las distintas regiones motoras del cerebro. Aquellas áreas que se encuentran en la superficie del cerebro son llamadas **cortezas** y las regiones que están dentro del mismo son **áreas subcorticales**. Dentro de las áreas subcorticales del movimiento podemos encontrar a agrupaciones de cuerpos neuronales (núcleos) llamados **ganglios basales** (imagen de la derecha) que están encargados de iniciar y finalizar el movimiento. El mal funcionamiento de estos ganglios puede traer problemas con la iniciación, la finalización de movimientos y la coordinación como sucede en la enfermedad de Parkinson.



Además, involucradas en el control del movimiento, tenemos a las **cortezas motoras**.



Elas son: **área motora suplementaria (AMS)**, **corteza pre motora (CpM)** y **corteza motora primaria (M1)**. El AMS y la CpM son las encargadas de definir el plan de movimiento, es decir, en esa región del cerebro se planifica de qué manera va a suceder el movimiento, qué músculos van a participar, cómo se van a activar, durante cuánto tiempo y con qué intensidad. Una vez definido el plan motor por **AMS y CpM**, estas regiones se

contactan con **M1** para que genere los comandos motores que van a descender por la médula espinal y contactar a las motoneuronas inferiores que son las que luego tocan a los músculos para realicen el movimiento.

La memoria motora.

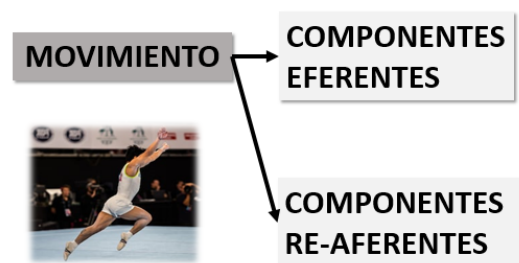
¿Dónde queda guardada la información que nos indica cómo andar en bicicleta, cómo realizar una acrobacia o cómo manejar un auto? La **memoria** es una representación interna del mundo externo codificado en un circuito de neuronas que interactúan entre sí. Esta red neuronal guarda información de todo tipo, entre ello información de cómo movernos. No existe un espacio único en donde se almacena la memoria motora pero

si se sabe que probablemente este codificada en una red dispersa de neuronas en distintas partes del cerebro que interactúan entre sí. Es probable que la **memoria motora** esté codificada entre AMS, CpM, M1, el **hipocampo** y los ganglios basales más participación de la **corteza somatosensorial** y la **corteza visual**.

Evocar una memoria significa poder acceder a ella. Si se trata de una memoria episódica (es decir de un evento vivido) para acceder simplemente es necesario ver una foto, una palabra o una pregunta que te permita evocarla, por ejemplo: “¿cuáles fueron tus mejores vacaciones?”. Esa pregunta va a permitir que tu cerebro acceda a esa información y vos puedas declararla (decirla, contarla) con el lenguaje. Ahora cuando se trata de **acceder a una memoria motora** el movimiento mismo evoca el movimiento. Por ejemplo: para evocar la memoria motora de andar en bicicleta simplemente tengo que agarrar la bicicleta y andar. El acceso a este tipo de información es inconsciente y no puede declararse con el lenguaje, simplemente se muestra comportamentalmente.

Consolidación de la memoria e interferencia. Cuando aprendemos un movimiento es importante dar el tiempo necesario para que esa información motora que se encuentra codificada en un circuito de neuronas se consolide en una memoria estable. De lo contrario si seguimos practicando más cosas y todavía la información previa no se guardó correctamente es probable que interfiriéramos con ella corriendo el riesgo de perder esa memoria o guardarla defectuosamente. A esto se llama **interferencia entre aprendizajes**. Es por ello que en el aprendizaje sucesivo de distintos movimientos es necesario planificar bien con que espaciamiento temporal y que gestos se van a indicar se van a indicar para aprender las cosas. Hay que cuidar de no dar a lugar a la interferencia motora.

Componentes eferentes y re-aferentes del movimiento. Para realizar un movimiento primero se censa el estado en la que se encuentra el cuerpo. En este proceso el cerebro entiende donde está parado el cuerpo, en qué posición, cuáles son las distancias y características de las cosas que lo rodean. En base a esa información (**aferencias sensitivas**) el cerebro puede idear un plan motor (con AMS y CpM) para luego informar de ese plan a la M1 quien será la encargada de definir los comandos motores que descenderán vía medula espinal a controlar las distintas partes del cuerpo. A esto último lo llamamos **componentes eferentes del movimiento**. Conforme transcurre el movimiento, el cuerpo debe informar al cerebro de cómo va todo. Es decir por medio de vías re-aferentes el cerebro se entera de como se está moviendo el cuerpo, la longitud e intensidad de los músculos que están actuando, la posición de las distintas articulaciones, etc. A lo recién mencionado se llama **componentes re-aferentes del movimiento**.



¿Cuál es la importancia de entender la existencia y funcionamiento de los componentes eferentes y re-aferentes del movimiento? En los inicios del aprendizaje

motor de un movimiento en particular el sujeto que está aprendiendo no conoce la situación lo suficientemente bien como para entender lo que está sucediendo realmente. Sus “analizadores kinestésicos” (procesos y mecanismos de entendimiento del movimiento) no están lo suficientemente entrenados para informar con precisión al cerebro como está sucediendo el movimiento en cada intento. Es por, ello de suma importancia, que el entrenador acompañe al atleta durante el aprendizaje de una técnica nueva ya que de esta manera puede enriquecer las re-aferencias del atleta por medio de informaciones verbales (correcciones), videos del movimiento recién realizado, explicaciones, etc.

Habla y aprendizaje motor. Durante el aprendizaje de un movimiento es importante que el atleta reporte verbalmente sus sensaciones kinestésicas (del movimiento). De esta manera el sujeto suma un proceso cognitivo que va a enriquecer el aprendizaje. En el intento de reportar verbalmente que es lo que sucedió, el atleta repasa mentalmente lo sucedido y explora sus sensaciones



fortaleciendo la experiencia vivida. De este modo el atleta estaría como realizando el movimiento una vez más sin la necesidad de ejecutarlo con el cuerpo. De esta manera el sujeto que aprende estaría practicando más veces el movimiento de las que realmente lo ejecuta sumando de este modo cantidad de intentos y aumentando la velocidad del aprendizaje ahorrando vida útil del cuerpo.

Tipos de memoria motora. Dentro de las memorias motoras podemos encontrar a las memorias de adaptación y a las memorias de habilidades motoras. Nos referimos a **memoria de una habilidad motora** a aquella memoria que se forma desde cero. Es decir, en primera instancia no sabíamos nada y luego aprendimos un movimiento. Este es el caso cuando aprendemos a andar en bicicleta o manejar un auto por primera vez. Por otro lado tenemos la



memoria de adaptación. Esta es una memoria que se forma y nos permite adaptar movimientos previos a una nueva situación. Por ejemplo, sabiendo andar en una bicicleta de paseo, al momento de cambiar a una bicicleta de carrera por primera vez, lo que realiza el sistema nervioso es ajustar la memoria previa a la nueva situación generando una memoria de adaptación. Cada una de estas memorias tiene sus propias características. En el aprendizaje de una memoria de habilidad motora se transcurre por las 3 conocidas etapas del aprendizaje motor: desarrollo de la coordinación gruesa, desarrollo de la coordinación fina y disponibilidad variable. En el aprendizaje de adaptación a diferencia del de una habilidad, el foco atencional no es importante y prevalece el componente implícito del aprendizaje, es decir aque que pasa por fuera del foco de la conciencia.