

## Módulo 3:

# FISIOLOGÍA SISTEMA NEURO MUSCULAR.

***Palabras Guía Repaso:** Raíces- estructura-sostén- movimiento-sensopercepción- interocepción- relajación- habilidad-equilibrio-fuerza-flexibilidad-unidad motora- mitocondrias – nutrición celular-energía/in-formación/materia-sensación-arraigo- bioritmo-ácido/alcalino-mapa-ITIS-meridianos-SNC/SNA-aferente/eferente.*

### Relación Sistema Musculoesquelético y SNC

El sistema nervioso y el sistema músculo-esquelético están íntimamente relacionados y funcionan de manera coordinada para permitir el **movimiento** y mantener el **equilibrio** del cuerpo.

El sistema nervioso central (cerebro y médula espinal) envía señales a través de los nervios motores hacia los músculos esqueléticos para generar **contracción muscular**.

El sistema nervioso periférico transporta información sensorial desde músculos, articulaciones y tejidos al cerebro, lo que permite **regular el tono muscular, la postura y el equilibrio**.

Las **motoneuronas** conectan el sistema nervioso con las fibras musculares y **controlan la fuerza y precisión de los movimientos**.

Los **reflejos**, como el reflejo rotuliano, son respuestas automáticas que surgen de la comunicación entre nervios sensitivos, médula espinal y músculos, protegiendo al cuerpo de lesiones.

La **propiocepción**, que es la percepción de la posición y movimiento del cuerpo, depende de receptores en músculos, tendones y articulaciones que envían información al sistema nervioso para ajustar la postura y la coordinación.

*Cualquier alteración en el sistema nervioso puede afectar el movimiento, el tono muscular o generar rigidez, debilidad o parálisis, lo que evidencia la interdependencia entre ambos sistemas*

Colaboran de manera sinérgica permitiendo el movimiento , la postura y mecanismos sensorceptivos .

El sistema nervioso autónomo (SNA) y el sistema nervioso central (SNC) están intrínsecamente relacionados. El SNC, que incluye el cerebro y la médula espinal, actúa como el centro de control principal, mientras que el SNA, una división del sistema nervioso periférico, regula funciones corporales involuntarias. El SNC envía señales al SNA para que este controle funciones como la frecuencia cardíaca, la digestión y la respiración.

El Sistema Nervioso Autónomo (SNA) transmite impulsos nerviosos desde el SNC hasta la periferia estimulando sistema orgánicos, vía fundamental de los mecanismos de homeostasis (mecanismos reguladores en nuestro cuerpo).-

El SNA Se divide funcionalmente en Sistema Simpático y Parasimpático , que no es una división REAL ya que están estrechamente vinculados , como todo en nuestro organismo .-

Inerva los órganos internos a través de la red neurovegetativa , ***Su papel es mantener la homeostasis***; es autónomo y está muy estrechamente relacionado con el sistema nervioso central.

El SNA ***inerva los órganos internos*** y casi todos los tejidos están recorridos por una fina red de fibras neurovegetativas. Su papel es importante en:

- El mantenimiento de las constantes biológicas.
- La regulación de la función de los órganos según las necesidades dictadas por el entorno.

***La desregulación*** de este sistema ***puede provocar*** diversos síntomas, que se agrupan bajo el nombre genérico de ***disautonomía***.

Como vimos El SNA se divide funcionalmente en: **Sistema simpático y parasimpático.**

El ***nervio vago*** es el décimo nervio craneal. Suministra fibras parasimpáticas motoras a todos los órganos (excepto las glándulas suprarrenales), desde el cuello hasta el segundo segmento del colon transversal. El nervio vago es el componente principal del **sistema nervioso parasimpático**, que controla las funciones y actos involuntarios de nuestro cuerpo.

## Sinapsis

Una sinapsis es donde dos neuronas se conectan, y una unión neuromuscular es donde una neurona se conecta a una fibra muscular. En ambas conexiones intervienen mecanismos eléctricos y neurobioquímicos con mediadores específicos .

## Interacciones neuromusculares: cómo mover un músculo

Una de las primeras cosas que aprendemos sobre el cerebro es que se encarga del resto del cuerpo. No solo nos permite imaginar unicornios arcoíris librando una batalla épica contra robots gigantes, sino que también procesa estímulos externos y nos permite reaccionar a ellos.

El cerebro también microgestiona las funciones de nuestro cuerpo sin consultar a nuestra mente consciente; esto probablemente sea bueno, ya que ni siquiera los más obsesivos del control queremos tener que decirle a cada una de nuestras 86 millones de neuronas cuándo activarse o cómo conectarse entre sí. Si tuviéramos que hacerlo, ¡no tendríamos tiempo ni energía para pensar en nada más!

Sin embargo, si damos órdenes más generales a nuestro cuerpo: meter el pie izquierdo, sacar el pie izquierdo, meter el pie izquierdo y moverlo, etc. Pero ¿cómo pasamos de la intención a la acción? De eso es de lo que vamos a hablar hoy. El sistema nervioso y los músculos tienen una relación estrecha y compleja, traduciendo los impulsos eléctricos de las neuronas en movimientos físicos en el mundo exterior.

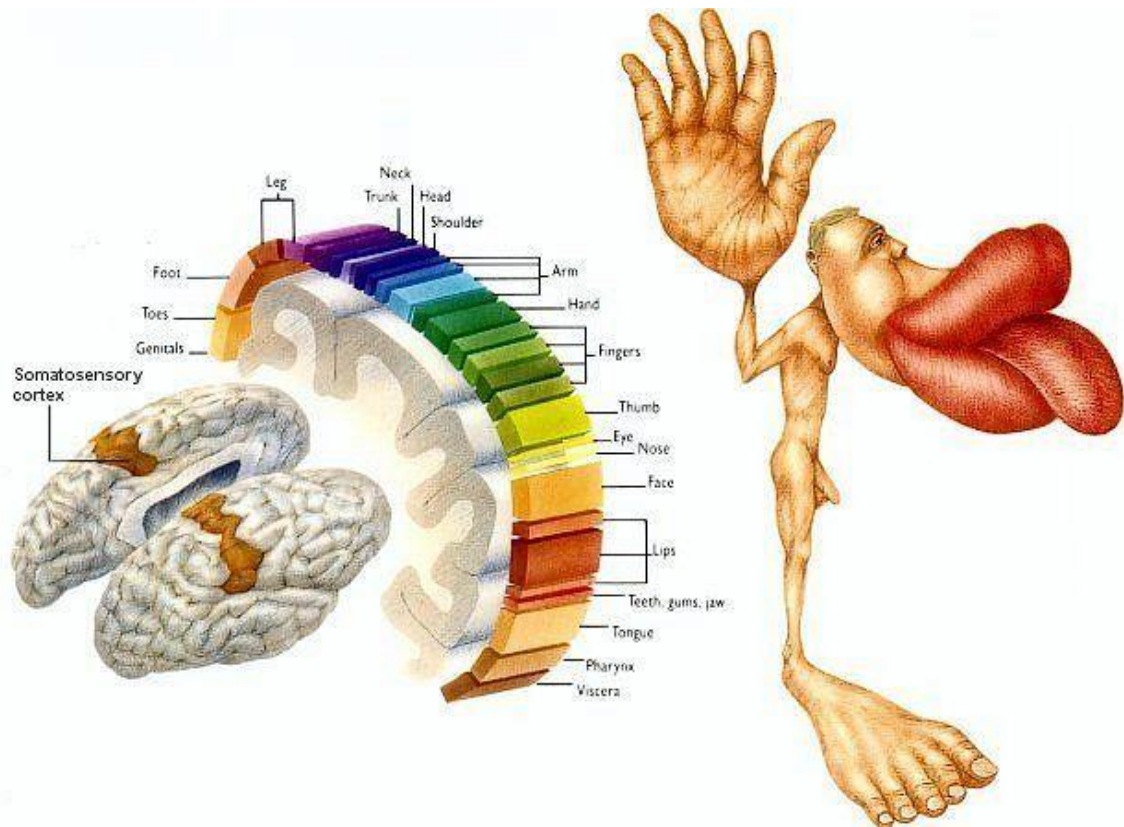
Empecemos por arriba, literalmente. Parte de la corteza motora primaria (circunvolución precentral) se encuentra prácticamente en la parte superior de la cabeza. Esta corteza es responsable de los movimientos musculares voluntarios, y partes de ella se correlacionan con diferentes áreas del cuerpo.

Aquí hay un **mapa** más detallado de qué áreas de la corteza motora se corresponden con qué zonas del cuerpo: se llama Homúnculo de Penfield, Homunculus que en latín significa "hombrecito". Esta mini persona tiene unas proporciones bastante peculiares, pero eso se debe a que las zonas del cuerpo que realizan movimientos más complejos tienen más espacio en la corteza motora.

Supongamos que quieres mover la pierna. Las neuronas de la parte de la corteza motora que corresponde a la pierna enviarán una señal al cuerpo a través de una vía

motora llamada tracto corticoespinal. En el tracto corticoespinal, los axones de las neuronas motoras superiores se extienden desde la corteza motora hasta la columna vertebral, donde se conectan con las neuronas motoras inferiores (neuronas cuyos axones se extienden desde la columna vertebral a otras partes del cuerpo). Las neuronas motoras inferiores son las que interactúan con las fibras musculares.

Antes de continuar, aquí hay algunos datos interesantes sobre las lesiones en las neuronas motoras superiores e inferiores. Cuando las neuronas motoras superiores se dañan, el control voluntario de los músculos se vuelve más difícil. Los reflejos pueden volverse hiperactivos (hiperreflexia) y los músculos pueden permanecer en un estado de contracción continua (espasticidad). Por el contrario, cuando las neuronas motoras inferiores se dañan, los síntomas pueden incluir reflejos hipoactivos (arreflexia), pérdida de tono muscular (atrofia), pequeñas contracciones musculares llamadas fasciculaciones e incluso parálisis.



## Relación del sistema nervioso y el sistema muscular

Ahora analizaremos más de cerca la relación entre el sistema nervioso y el sistema muscular examinando cómo los impulsos neuronales se traducen en contracciones musculares.

Los músculos esqueléticos están formados por fascículos, que son haces de fibras musculares (células musculares). Cada fibra muscular es un haz de miofibrillas, y cada miofibrilla es un haz de miofilamentos.

Un dato interesante? Mientras que la mayoría de las células somáticas tienen un solo núcleo, las células del músculo esquelético tienen múltiples núcleos. Esto se debe a que las células embrionarias, llamadas mioblastos, se fusionan durante el desarrollo para formar fibras musculares esqueléticas individuales.

La agrupación de una neurona motora y las fibras musculares que inerva se conoce como **unidad motora**. Una sola neurona motora suele inervar más de una fibra muscular, ya que su axón puede tener múltiples terminales. Las unidades motoras pueden tener hasta unos pocos miles de fibras musculares por neurona, pero las unidades motoras de este tamaño suelen aparecer solo en partes del cuerpo que no realizan movimientos finos y precisos. Por ejemplo, la pierna puede contener grandes unidades motoras, pero las manos no.

El punto de contacto entre una neurona y una fibra muscular se denomina **unión neuromuscular**. La unión neuromuscular es básicamente una sinapsis: la neurona libera un neurotransmisor llamado acetilcolina (ACh), que se une a los receptores del sarcolema (la pared celular de la fibra muscular). Este neurotransmisor es clave y su déficit (pérdida de neuronas que la producen) se vincula con la enfermedad de Alzheimer, mientras que en la Miastenia Gravis por ejemplo debido a un proceso de autoinmunidad los receptores de ACh se ven afectados causando debilidad muscular.

## Rol de iones en la contracción muscular

La difusión de iones de  $\text{Na}^+$  hacia el interior de la fibra muscular y (algunos) de iones de  $\text{K}^+$  hacia el exterior, creando una carga más positiva dentro de la fibra muscular que en el exterior. Se abren canales a lo largo del sarcolema para permitir que los iones de sodio y potasio entren y salgan de la célula en un ciclo de **despolarización** (entrada de  $\text{Na}^+$ ) y **repolarización** (salida de  $\text{K}^+$ , los canales dependientes del voltaje que permitan la entrada de  $\text{Na}^+$  se cierran y el  $\text{Na}^+$  se bombea de vuelta al exterior).

### **Potencial de acción neuronal**

Es un cambio rápido en el voltaje a través de la membrana de una neurona, que se propaga a lo largo del axón y transmite información. Es un impulso eléctrico que se genera cuando una neurona es estimulada y supera un cierto umbral de voltaje, permitiendo la comunicación entre células nerviosas y otras células del cuerpo.

El potencial de acción finalmente activa la liberación de iones  $Ca^{2+}$  desde las estructuras que los almacenan hacia el sarcoplasma (el equivalente del citoplasma en las células musculares).

Estos iones de calcio son clave para la contracción de la fibra muscular. Cada fibra muscular tiene dos tipos de filamentos: filamentos delgados (una combinación de actina y otras proteínas) y filamentos gruesos (principalmente miosina). Los iones de calcio se unen a las proteínas que recubren los sitios de unión de la actina en los filamentos delgados, modificando su forma para exponerlos. Las cabezas de miosina, las protuberancias que se encuentran en el exterior de los filamentos gruesos, se adhieren a ellos. Todo esto ocurre en múltiples secciones de la fibra muscular llamadas sarcómeros. Cuando las cabezas de miosina se unen a los sitios de unión de la actina, los filamentos de actina son arrastrados hacia el centro del sarcómero.

Sabes que tus músculos necesitan energía para funcionar. Aquí es donde entra esa energía: las moléculas de ATP son necesarias para romper el enlace entre la miosina y la actina. Una vez roto el enlace, todo el proceso de contracción (unión, tracción, liberación y reinicio) puede repetirse hasta que no haya más iones de calcio o ATP disponible.

Cuando tu cuerpo se mueve, tus neuronas envían señales repetidas a las fibras musculares de sus unidades, indicándoles que sigan contrayéndose. Se activan más unidades motoras cuando realizas una acción que implica mayor fuerza. Por ejemplo, levantar un saco enorme de harina requeriría la activación de más unidades motoras que levantar un clip.

### **Aprendizaje motor: es como andar en bicicleta**

Probablemente hay cosas que haces que te hacen sentir como si tu cuerpo estuviera en piloto automático: caminar, conducir, bailar la Macarena... ya te haces una idea. Si el control de los músculos esqueléticos es voluntario, ¿por qué acciones como esta son más fáciles que saltar en un pie mientras haces malabarismos ?

La respuesta es la **memoria muscular**, aunque ese término es un poco engañoso. Tus músculos no son los que recuerdan. Después de todo, literalmente lo único que hacen es contraerse o no contraerse. Tu sistema nervioso es el maestro de todo lo relacionado con la memoria.

Sin embargo, tu cerebro no recuerda cómo realizar acciones físicas practicadas de la misma manera que recuerda el número de teléfono de algún llamado habitual o la conversación que tuviste con tu mejor amigo la semana pasada. Estos dos últimos son ejemplos de memoria declarativa y episódica, respectivamente. Tanto la memoria declarativa como la episódica son ejemplos de memoria "consciente", que involucra principalmente el lóbulo temporal y el hipocampo.

La llamada memoria muscular es en realidad memoria procedimental, el tipo de información «inconsciente» que el cerebro almacena y a la que accede. La memoria procedimental utiliza la corteza motora primaria, los ganglios basales y el cerebelo, los responsables habituales de la actividad y el aprendizaje motor.

### **Las neuronas que se activan juntas se conectan entre sí**

Es un modo de pensar en el aprendizaje de habilidades motoras. Las acciones casi automáticas son las que practicas (o simplemente haces) constantemente. Al realizar una acción repetidamente, tus neuronas se acostumbran a activarse según el patrón correspondiente, y así tus vías neuronales cambian con el tiempo para que todo el proceso sea más eficiente.

¿Sabías que practicar una habilidad puede cambiar la estructura de tu cerebro? Estudios de resonancia magnética en los que se enseñó a los participantes a hacer malabarismos han descubierto que, tras el entrenamiento, los malabaristas presentaron un aumento de la materia blanca que conecta las áreas visuales y motoras, así como de la materia gris en las áreas del cerebro que procesan la información visual sobre objetos en movimiento.

El mapeo motor en la corteza motora primaria también está sujeto a cambios con la práctica. Por ejemplo, como violonchelista, Yo-Yo Ma tendría un área mayor de la

corteza motora dedicada a su mano izquierda que alguien que no toca un instrumento de cuerda.

Incluso los patrones de activación cerebral cambian a medida que se adquiere mayor habilidad o experiencia al realizar una acción específica. La activación en la corteza premotora y los ganglios basales disminuye a medida que una habilidad se vuelve más automática, mientras que la activación en la corteza motora y el cerebelo se vuelve más focalizada (es decir, menos dispersa).

Entonces, cuando hablamos de "memoria muscular" nos referimos en realidad a "memoria procedimental", en el sentido cerebral. Sin embargo, las investigaciones indican que, después de todo, podría existir una versión más literal de la memoria muscular. Los músculos que han sido entrenados previamente recuperan más fácilmente su fuerza y volumen tras una inactividad prolongada. Consulta este estudio <https://www.nature.com/articles/s41598-018-20287-3> si te interesa saber más sobre la epigenética que posibilita este tipo de memoria muscular.

Entonces hasta aquí vimos los fundamentos de la interacción neuromuscular, desde el control motor hasta la mecánica de las contracciones musculares y el aprendizaje motor.

En cuanto a lo terapéutico con esta información previa valoraremos aún mas los beneficios de la práctica de yoga de manera consciente y respetuosa.

Lo terapéutico tendrá entonces un propósito específico (aliviar el dolor, aumentar flexibilidad, alinear, fortalecer , etc ) y también un propósito mayor en relación a estas nuevas vías neuronales posibles que pueden proporcionar nuevos aprendizajes tanto físicos, mentales , emocionales y perceptivos que sin dudas tendrán amplios beneficios en distintos tiempos.-

Hablando de tiempos, hablemos de **Lesiones Agudas y Crónicas** que es algo muy importante a considerar .-

## **Lesión Aguda**

Se caracteriza por su inicio repentino y a menudo violento, causado por un traumatismo o un evento específico. Suelen manifestar síntomas en breve lapso de tiempo :dolor intenso, inflamación , moretones y dificultad para mover la zona afectada.

### **Características principales de las lesiones agudas:**

-Inicio repentino:

La lesión ocurre de forma abrupta, a menudo durante una actividad específica como un golpe, caída o movimiento brusco.

-Dolor intenso y localizado:

El dolor suele ser agudo y se siente en el área específica donde ocurrió la lesión.

-Hinchazón:

La zona lesionada puede inflamarse debido a la acumulación de líquido en el tejido.

-Moretones o hematomas:

La aparición de moretones es común debido al daño en los vasos sanguíneos.

-Dificultad para mover la zona afectada:

La lesión puede limitar el rango de movimiento de la articulación o extremidad.

-Sensación de debilidad:

Puede haber una disminución de la fuerza en la zona lesionada.

-Posible deformidad:

En casos graves, puede observarse una deformidad visible en el hueso o articulación.

Ejemplos comunes de lesiones agudas:

Esguinces: Lesiones de ligamentos, que suelen ocurrir en tobillos, rodillas y muñecas.

Distensiones musculares: Lesiones de músculos y tendones, como desgarros musculares.

Fracturas óseas: Rotura de un hueso, que puede ser causada por un golpe o caída.

Contusiones: Lesiones por golpes directos, que pueden causar hematomas y dolor.

Luxaciones: Desplazamiento de un hueso de su posición normal en una articulación.

La terapéutica inicial aquí esta en disminuir el dolor, bajar la inflamación ( que si persiste , la lesión puede extenderse en el tiempo ) y evaluar mediante la observación los mecanismos de posturas antálgicas que intentan proteger esa zona disminuyendo su movilidad y también en el tiempo puede sobrecargarse una zona periférica debido a este mecanismo .

Pautas : Relajar -aliviar-no forzar estiramientos- movilizaciones suaves en zonas periféricas

### **Lesiones Crónicas:**

se desarrollan gradualmente debido a movimientos repetitivos, esfuerzos continuos sin suficiente descanso o perpetuación en el tiempo de una lesión aguda que no ha sido valorada y atendida adecuadamente. Suelen ser más sutiles al principio, incluso silentes manifestándose con el transcurso del tiempo.

### **Características principales:**

-Dolor:

El dolor puede aparecer durante la actividad, después de finalizarla o incluso en reposo. Puede ser leve pero persistente, o agudizarse con la actividad.

-Inflamación:

Es común encontrar inflamación en la zona afectada, aunque puede ser menos evidente que en lesiones agudas.

-Debilidad y rigidez:La zona lesionada puede sentirse débil y rígida, limitando el rango de movimiento y la función normal.

-Dolor sordo o constante:En reposo, puede haber un dolor sordo que no desaparece fácilmente, a diferencia del dolor agudo que se relaciona con la lesión.

-Recurrencia: tienden a reaparecer si no se tratan adecuadamente, especialmente si se continúa con la actividad que las causó.

-Desarrollo gradual: se desarrollan con el tiempo debido a movimientos repetitivos, mala postura o esfuerzos continuos.

Respuesta más lenta al tratamiento:

El tratamiento de las lesiones crónicas puede llevar más tiempo y requerir enfoques más amplios que las lesiones agudas.

Ejemplos de lesiones crónicas:

Tendinitis (inflamación de los tendones)

Bursitis (inflamación de las bolsas sinoviales)

Fascitis plantar (inflamación de la fascia plantar)

Síndrome del túnel carpiano (compresión del nervio mediano)

Fracturas por estrés (pequeñas fracturas en los huesos debido a la sobrecarga)

Codo de tenista (epicondilitis)

Rodilla de corredor (condromalacia rotuliana)

Protrusión discal- hernia de disco : irritación de raíces nerviosas que emergen a lo largo de la médula espinal . Las "raíces nerviosas de cola de caballo" se refieren a las que se encuentran en la parte inferior de la médula espinal, extendiéndose hacia abajo como una cola de caballo. Estas raíces son responsables de controlar la función de la vejiga, los intestinos, las piernas y los genitales, así como la sensación en la zona de la ingle y las piernas. La cialgia es un ejemplo de este tipo de lesión .-

Terapéutica: progresiva , considerar estructuras que se han desplazado o rigidizado debido a posiciones antálgicas o compensaciones . Fortalecer, flexibilizar , disminuir inflamación y sobrecarga .

Una "lesión irritable" no es un término médico estandarizado. Sin embargo, en el contexto de la salud, "irritabilidad" puede referirse a un estado de hipersensibilidad o respuesta exagerada a estímulos, y "lesión" a una alteración o daño en un tejido u órgano. En medicina, el término más cercano a "lesión irritable" podría ser el síndrome del intestino irritable (SII), que afecta al intestino grueso y causa dolor abdominal, cambios en los hábitos intestinales (diarrea o estreñimiento) y otros síntomas, sin daño estructural visible.

### **Consideración práctica:**

#### **¿Es irritable la lesión?**

Una "lesión irritable" puede referirse a un estado de hipersensibilidad o respuesta exagerada a estímulos como la presión o movilización.

Si esta característica aparece el reposo de la zona y terapéutica destinada a disminuir la inflamación son lo adecuado. El dolor es un mecanismo protector natural del cuerpo.