

# Lectura integradora

Entre las funciones más importantes del sistema nervioso está la de obtener información sobre las condiciones físicas y químicas del medio interno y externo del cuerpo y las variaciones que este presenta. Esta información resulta crucial para conservar la homeostasis, contrarrestar la heterostasis y adaptarse a las condiciones de medio. En todos los sistemas sensoriales hay características comunes, tanto en su anatomía como en la función básica de sus componentes.

Definiremos un **sistema sensorial** como un conjunto de órganos, vías y centros de procesamiento neural especializados en recoger información del medio, tanto externo como interno, cuya integración posibilita gatillar los pasos ulteriores relativos a la programación motriz y la ejecución propiamente dicha. De hecho, los aportes de los sistemas sensoriales son cruciales en los ajustes motores una vez que el movimiento se dispara desde la corteza cerebral. Se trata de un conjunto de estructuras que se han perfilado a lo largo de la historia evolutiva para recoger información relevante que necesitamos para el desarrollo ulterior de conductas adaptativas.

Dentro de los sistemas sensoriales podemos encontrar los siguientes componentes:

- **Receptores:** estructuras anatómicas histológicas especializadas en la recepción y transducción de un estímulo sensorial determinado.
- **Pararreceptores:** estructuras anatómico-histológicas asociadas al receptor, que protegen, colaboran y amplifican la captación de la información.
- **Vías aferentes:** conformadas por un conjunto de neuronas sensitivas que transportan la información hacia centros superiores.
- **Centros de integración:** son centros anatómicos dentro del sistema nervioso central y periférico que sirven de relevo y conmutan la información (medula espinal, ganglio raquídeo, tálamo).
- **Áreas de proyección cortical:** son sectores específicos de la corteza cerebral donde arriba en primera instancia la información sensorial para su posterior análisis (17, 42, 3, 1, 5, 7).

El primer elemento que compone los sistemas sensoriales son los receptores. Los **receptores** son células no neurales, o bien terminales nerviosas adaptadas y especializadas para la recolección inicial de información, tanto del medio externo como del medio interno.

Los receptores se clasifican en:

- **Interoceptores**
  - **Visceroceptores:** informan sobre el estado de nuestros órganos no vinculados directamente a la postura y el movimiento (entre ellos podemos considerar a los sistemas que aportan información vascular, cardíaca, respiratoria, del tracto gastrointestinal e inclusive de los sistemas endócrino e inmune, sin dejar de lado los nociceptores).
  - **Propioceptores:** incluimos no solo a aquellos que brindan información de los tendones, músculos y articulaciones, sino también a los receptores que proveen información del aparato vestibular. Sobre todo, fascias (es decir, los diferentes sistemas especializados en el control de la postura y el movimiento).
- **Exteroceptores:**
  - Visión.
  - Audición.
  - Tacto.
  - Gusto.
  - Olfato.

A continuación describiremos algunas funciones inherentes a los sistemas sensoriales:

- Todos los sistemas sensoriales tienen una neurona aferente, un centro de integración o conmutación; como así también un área de proyección primaria y una vía eferente para modular motrizmente la actividad.
- Neurona aferente es aquella que transmite la información desde el receptor a los centros de integración y en nuestro SNP. Existen algunas de estas neuronas sensitivas que revisten particular interés, como por ejemplo, las IA y IB y tipo IIA que proveen información propioceptiva hacia el sistema nervioso central y que,

de la calidad de información que ellas transmitan, sin dejar de lado la tarea del receptor mismo, depende en gran parte la posibilidad de reconocer nuestras posiciones y regular finalmente el control del movimiento.

En relación a los elementos que conforman la fisiología sensorial, éstos son:

- Estímulo adecuado.
- Unidad sensorial y campo receptivo.
- Transducción y conversión de analógico a digital.
- Posdescarga.
- Adaptación.
- Parámetro del mensaje neural.

De los receptores mecanoceptivos, nos centramos principalmente en los propioceptores. Cuando hablamos de **propioceptores**, reconocemos varios tipos de ellos con funciones diferenciales y con neuronas aferentes que comunican al SNC (sistema nervioso central) y transmiten datos con códigos diferentes para ser interpretados. A partir de allí, pueden generarse regulaciones más pertinentes del acto motor. Existen distintos receptores, según la estructura en donde están ubicados. Entre estos receptores encontramos a los:

- Musculares: husos neuromusculares.
- Tendinosos: órganos tendinosos de Golgi.
- Articulares: receptores de Ruffini.
- Ligamentarios: receptores de Golgi.
- Inserción ligamento-capsula: receptores de Vatter y Paccini.
- Cutáneos: corpúsculos de Meissners, Golgi – Mazzoni y Paccini.
- En fascias: receptores III y IV y Golgi.
- Vestibulares: máculas utriculares, saculares y ámpulas de los conductos.

Rescatamos la idea de que estas dimensiones se pueden entrenar. Procesar esta información con alta calidad y en el menor tiempo posible marca diferencias en el rendimiento. En ese marco, cabe aclarar:

- La **sensibilidad propioceptiva** es la que más claras chances de entrenamiento ofrece, en tanto se pueden configurar dimensiones claras y convergentes de abordaje.

- La **sensibilidad táctil y háptica** puede mejorar a lo largo de toda la vida y lo que sucede con sujetos que pierden la visión es un ejemplo claro de esta adaptación.
- La **sensibilidad vestibular** implica todo un desafío desde lo metodológico, con idénticas chances de mejora que las otras dimensiones mecanoceptivas.

#### Objetivos de su entrenamiento:

- Mejora del equilibrio.
- Mejora de la postura.
- Prevención y corrección.
- Prevención de caídas.
- Mejora de la marcha.
- Detección de alteraciones.

El entrenamiento propioceptivo no es lo mismo que el entrenamiento del equilibrio. El **equilibrio**, en definitiva, pone en juego a todos los sistemas sensoriales; sólo que, al anular el visual, se potencia la participación propioceptiva. Mantenerse equilibrado pone en juego no únicamente a la propiocepción, sino al conjunto de mecanoceptores en integración con los demás interoceptores y exteroceptores.

Un sistema de menor trascendencia pero no menos importante es el de la **sensibilidad táctil**. Los objetivos de su entrenamiento son mejorar los ajustes motores finales en innumerables actividades de la vida cotidiana y gestos deportivos, favorecer las aplicaciones correctas de fuerza en las actividades de toma y sujeción y mejorar el reconocimiento de formas y texturas a los efectos de ajustar las tareas manipulativas de los objetos.

Entendemos que la metodología para el entrenamiento táctil difiere poco del sentido táctil en sí, por el solo hecho de que es imposible entrenar el sentido táctil sin movimiento y estimulación propioceptiva paralela. La integración de la sensibilidad táctil y la propioceptiva da lugar a lo que se denomina **sensibilidad háptica**. Recordemos que esto supone la integración de tacto y propiocepción y que, por lo tanto, la mayoría de las acciones humanas solicitan este sentido. Permanentemente empleamos el sentido háptico, como por ejemplo, al tocar nuestro rostro innumerable cantidad de veces al día.

Otro de los sistemas sensoriales que consideramos clave a la hora de pensar en motricidad sentido exteroceptivo de la **visión**. La velocidad de

procesamiento y construcción de la imagen es clave para las funciones motoras involucradas también en la supervivencia.

A grandes rasgos, el proceso de ver consta de:

1. La luz, proveniente del sol o de otras fuentes, incide sobre los objetos y es reflejada por estos.
2. La luz visible penetra en el ojo, atraviesa numerosos cuerpos transparentes y es refractada, por lo que se forma una imagen invertida del objeto en la superficie de la retina.
3. La retina transforma las señales (potenciales de acción generados a diferentes frecuencias) que, a través del nervio óptico, se dirigen hacia los centros integrativos del SNC.
4. La información proveniente de la retina es procesada en grupos neuronales complejos, situados primordialmente en tálamo, el tallo cerebral y la corteza: de esta integración resulta la sensación y percepción visual.
5. Como etapa final, existe una adecuación motora del ojo como instrumento de recolección de información externa.

El procesamiento visual es, casi en su totalidad, altamente susceptible de entrenamiento y puede mejorar en todas las edades evolutivas. Por su parte, en la bibliografía en general, existe una gran variabilidad de ejercicios, pero poca sistematización.

Los tipos de visión son:

- Periférica.
- Central: la visión central puede encargarse del seguimiento o la detección de objetos.

Con respecto a esta última, las actividades más significativas son el seguimiento visual y la detección. La **visión periférica**, por su parte, se define en relación a la **central** y su entrenamiento es crucial para el deporte y las AVD (actividades de la vida diaria). La posibilidad más viable para la visión periférica es la detección y posterior entrenamiento de los reflejos vestíbulo-oculares o RVO.

Los tres grandes pilares de la metodología de entrenamiento visual son:

- Contenidos: refieren a los tipos de visión que elegimos entrenar y los aspectos específicos de cada uno de ellos.

- Ejercicios: refieren a los grandes ejemplos de tareas y actividades que podemos desarrollar y que son transferibles a los diferentes deportes o actividades de la vida diaria (AVD).
- Variables: aluden a las posibilidades de incrementar sistemáticamente la dificultad de los ejercicios o de simplificarlos, de tal manera que sean accesibles a todos.

Nuestras sugerencias para su entrenamiento son:

- Centrarse en la naturaleza del procesamiento visual propio del deporte en el cual trabaja: objetos centrales, periféricos, interferencias, fondos, etcétera.
- Seleccionar una “situación tipo” de ese deporte y emprender la tarea de diseñar un conjunto de ejercicios adaptados específicos para la función visual.
- Intentar sistematizar una progresión racional a partir del empleo de las diferentes variables ya enunciadas.

Otro de los sistemas altamente importantes a la hora de hablar de motricidad es el **sistema auditivo**. Es de vital importancia en las actividades físicas ya que es clave para el control motor. Por ejemplo, en los deportes con acción de bote o pique en los que encontramos habitualmente perturbaciones auditivas. El sonido es el estímulo adecuado del receptor auditivo. Es un tipo de energía mecánica constituido por pequeñísimas variaciones de presión del medio ambiente, las cuales se propagan a gran velocidad (340 m/s) y en todas direcciones a partir de su origen. El sentido de la audición está compuesto por tres estratos: **oído externo, medio e interno**, cada uno con funciones específicas como el transporte, la amplificación y la conversión de la energía mecánica a un impulso nervioso.

A su vez, el oído cuenta con otras estructuras llamadas no auditivas y que componen el **sistema vestibular**. Este sistema tiene múltiples impulsos sensoriales de órganos vestibulares, sistema visual, sistema somatosensorial y propioceptivo. Tal cual indican Kristinsdottir EK, Baldursdottir B. (2014), dentro de las funciones del sistema vestibular encontramos:

1. Informar al sistema nervioso central sobre cualquier aceleración o desaceleración angular o lineal.
2. Ayudar en la orientación visual, mediante el control de los músculos oculares.

3. Controlar el tono de los músculos esqueléticos para la mantención de una postura adecuada.

Distinguimos con claridad por lo menos 3 posibilidades:

- Aceleraciones.
- Rotaciones-giros.
- Reflejos vestíbulo oculares.

Todas estas alternativas refieren, también, a funciones. La de mayor poder terapéutico es el trabajo con los reflejos vestíbulo oculares; no obstante, las otras dos ofrecen interesantes alternativas metodológicas y posibilidades.

Los sistemas sensoriales tienen la posibilidad de ser entrenados. La sensación aporta información al sistema nervioso central para luego elaborar el objeto de conocimiento, en donde empieza a formar parte o comienza a tomar un rol predominante el fenómeno de la **percepción**. Tanto la sensación como la percepción se pueden entrenar, pero la diferencia es que la percepción es un fenómeno creativo, constructivo y acredita más entrenabilidad que el fenómeno de la sensación.

Es aun un misterio el cómo nuestro cerebro junta la información (generada mediante la percepción), la integra y construye un objeto unificado para la conciencia. El problema de la unión de todo lo que percibimos es que no existe un sector del cerebro en donde converja toda la información y se forme el objeto para la conciencia (a pesar de haber hipótesis, como la de los 40 Hz de Koch y Crick).

La percepción es más susceptible de entrenamiento que la sensación. El acto de percibir en sí mismo es un acto de activación muscular. Recordemos que la sensación no provee error, ya que accede a la corteza cerebral tal como ha sido generada en las cortezas primarias, esto es, tal como ha sido conmutada en los centros de relevamiento. Sin embargo, el fenómeno de la percepción sí puede proveer error porque en él, entra en juego la interpretación del objeto por parte del sujeto, es decir, hay un proceso de interpretación de por medio.

Es clave entender que de la calidad de las sensaciones dependerá la calidad de nuestras percepciones, y a su vez, según la calidad de estas percepciones será la calidad de la representación ideomotora posterior. El acto de **representación ideomotora** es un acto con tremendas

consecuencias neurales, que bien puede facilitar el movimiento, o empeorarlo cuando existe desconfianza en cuanto al uso de esta herramienta, o cuando no logramos representar el movimiento en nuestra mente de una manera correcta, es decir, sin fluidez o con interrupciones.

La visión es importante en la construcción de la imagen, pero también una imagen es mucho más completa cuando la persona puede generar información para la conciencia no solamente visual, sino también kinestésica. Recordemos que cuando representamos lo que la percepción presentó inicialmente (a través de un acto de voluntad que genera y sostiene en la conciencia la imagen de un movimiento), no solamente facilitamos las vías neurales que luego ajustan, controlan y regulan el movimiento, sino que también estamos aumentando expresiones de microactividad muscular con estimulación de propioceptores. Hoy sabemos que hasta la misma fibra intrafusal y el órgano de Golgi se activan cuando imaginamos con calidad el movimiento por más que no lo estemos ejecutando.

No todo queda en el SNC, sino que el acto de imaginar también repercute sobre motoneuronas alfa, motoneuronas gamma, propioceptores (principalmente fibras intrafusales y órgano tendinoso de Golgi).

Para su entrenamiento es importante tener presente un orden en las sesiones específicas:

- Preliminares.
- Imaginar.
- Microactivaciones.
- Macroactivaciones.
- Tareas adicionales.

# Referencias

Kristinsdottir EK, Baldursdottir B (2014). *Effect of multi-sensory balance training for unsteady elderly people: pilot study of the "Reykjavik model"*. Disabil Rehabil. 2014;36:1211–1218.

