

Leitura integrativa

Entre as funções mais importantes do sistema nervoso está a de obter informações sobre as condições físicas e químicas do ambiente interno e externo do corpo e sobre as variações que ocorrem. Essa informação torna-se crucial para conservar a homeostase, neutralizar a heterostase e adaptar-se às condições ambientais. Em todos os sistemas sensoriais existem características comuns, tanto na anatomia quanto na função de seus componentes básicos.

Iniciaremos definindo um **sistema sensorial** como um grupo de órgãos, vias e centros de processamento neural especializados em coletar informações do ambiente externo e interno, cuja integração possibilita o acionamento dos últimos passos relacionados ao programa motor e à execução propriamente dita. De fato, os estímulos dos sistemas sensoriais são cruciais nos ajustes motores uma vez que o movimento é disparado pelo córtex cerebral. Trata-se de um conjunto de estruturas que se estabeleceram ao longo da história evolutiva para coletar informações que são necessárias para desenvolvimento posterior de comportamentos adaptativos.

Dentro dos sistemas sensoriais podemos encontrar os seguintes componentes:

- **Receptores:** estruturas anatômicas histológicas especializadas na recepção e transdução de um determinado estímulo sensorial.
- **Pararreceptores:** estruturas anatômicas histológicas relacionadas ao receptor que protegem, colaboram e amplificam a coleta de informações.
- **Vias aferentes:** formadas por um conjunto de neurônios sensoriais que transportam informações aos centros superiores.
- **Centros de integração:** centros anatômicos dentro do sistema nervoso central e periférico que servem para a retransmissão e troca de informações (medula espinhal, gânglio raquidiano, tálamo).
- **Áreas de projeção cortical:** seções específicas do córtex cerebral onde a informação sensorial chega primeiro para ser analisada posteriormente (17, 42, 3, 1, 5, 7).

Os receptores são o primeiro elemento que compõem o sistema sensorial. **Receptores** são células não neurais ou terminações nervosas adaptadas e especializadas na coleta inicial de informações dos ambientes externo e interno.

Eles são classificados como:

- **Interceptores**
 - **Visceroceptores:** informam sobre os *status* dos nossos órgãos que não são diretamente conectados à postura e movimento (dentre os quais podemos considerar aqueles sistemas que fornecem informações vasculares, cardíacas, respiratórias ou gastrointestinais, e até sobre os sistemas endócrino e imunológico, sem deixar de lado os nociceptores).
 - **Proprioceptores:** incluímos não só aqueles que fornecem informações sobre tendões, músculos e articulações, mas também aqueles que fornecem informações sobre o complexo vestibular. E, sobretudo, fásCIAS (ou seja, os diferentes sistemas especializados no controle de postura e movimento).
- **Exteroceptores:**
 - Visão
 - Audição
 - Tato
 - Gustação
 - Olfato

A seguir, descreveremos algumas das funções inerentes aos sistemas sensoriais:

- Todos os sistemas sensoriais têm um neurônio aferente e um centro de integração ou comutação e também uma área de projeção primária e vias eferentes para modular a atividade motora.
- Um neurônio aferente é aquele que transmite informações do receptor aos centros de integração no nosso SNP. Existem alguns desses neurônios sensoriais que carregam um interesse especial – o IA, IB e IIA por exemplo –, que fornecem informações proprioceptivas ao SNC e que, pela qualidade da informação que eles fornecem sem deixar de lado o trabalho do receptor em si, são amplamente responsáveis pela habilidade de reconhecer nossa posição e finalmente regular o controle de nossos movimentos.

Em relação aos elementos que compõem a fisiologia sensorial, estes são:

- estímulo adequado,
- unidade sensorial e campo receptivo,
- transdução e conversão analógica digital,
- pós-descarga,
- adaptação e
- parâmetro de mensagem neural.

Dentre os receptores mecanoreceptivos, focaremos principalmente nos proprioceptores. Quando falamos de **proprioceptores**, podemos identificar vários tipos, com diferentes funções, e com neurônios aferentes que se comunicam com o SNC e transmitem informações com diferentes códigos para serem interpretados. A partir disso, é possível gerar controles mais relevantes ao ato motor. Existem diferentes receptores de acordo com a estrutura na qual eles estão localizados. Entre esses tipos de receptores, encontramos:

- *Muscular*: Fusos musculares.
- *Tendinosos*: Órgãos tendinosos de Golgi
- *Articulação*: Receptores de Ruffini.
- *Ligamentos*: Receptores de Golgi.
- *Inserção ligamento-capsular*: Receptores de Vatter e Paccini.
- *Cutâneos*: Corpúsculos de Meissner, Golgi-Mazzoni e Paccini.
- *Em fáscias*: Receptores III e IV e Golgi.
- *Vestibular*: máculas utriculares e saculares, e ampola dos canais.

Voltemos ao pressuposto de que essas dimensões são treináveis. Processar essa informação em alta qualidade e no menor tempo possível faz toda a diferença no desempenho. Nesse contexto, cabe esclarecer:

- A **sensibilidade proprioceptiva** é a que oferece as chances mais claras de treinamento, já que é possível configurar dimensões claras e convergentes de abordagem.
- A **sensibilidade tátil e háptica** pode melhorar ao longo da vida, e o que acontece com indivíduos que perdem a visão é um claro exemplo dessa adaptação.
- A **sensibilidade vestibular** implica um desafio metodológico, com chances de melhora idênticas às de outras dimensões mecanoreceptivas.

Objetivos do treinamento:

- Melhora do equilíbrio.

- Melhora da postura.
- Prevenção e correção.
- Prevenção de quedas.
- Melhora da marcha.
- Detecção de alterações.

Treino proprioceptivo não é o mesmo que treino de equilíbrio. O **equilíbrio**, basicamente, põe em jogo todos os sistemas sensoriais, mas ao anular a visão, o envolvimento proprioceptivo é potencializado. Manter-se equilibrado não apenas põe a propriocepção em jogo, mas também todo o conjunto de mecanorreceptores em integração com o resto dos interceptores e exteroceptores.

Um sistema com menor proeminência, mas não menor importância, é o de **sensibilidade tátil**. Os objetivos de seu treinamento são melhorar os ajustes motores finais em inúmeras atividades do dia a dia e em movimentos esportivos, favorecendo aplicações adequadas de força em atividades de pegar e agarrar e melhorando o reconhecimento de formas e texturas dos efeitos de ajustar as tarefas manipulativas dos objetos.

Entendemos que a metodologia de treinamento tátil não se diferencia muito do sentido tátil, simplesmente porque é impossível treinar o sentido tátil sem movimento e estimulação proprioceptiva paralela. A integração da sensibilidade tátil e proprioceptiva resulta no que chamamos **sentido háptico**. Recordemos que isso implica a integração do toque e da propriocepção e que, portanto, a maioria das ações humanas demanda esse sentido. Estamos constantemente usando o sentido háptico, por exemplo, ao tocarmos nosso rosto incontáveis vezes por dia.

Outros sistemas sensoriais que consideramos chave quando pensamos sobre função motora é o sentido exteroceptivo da **visão**. A velocidade de processamento e construção de imagens são chave para as funções motoras também envolvidas na sobrevivência.

De modo geral, o processo de ver consiste em:

1. Luz, vinda do sol ou de outras fontes, incide sobre objetos e é refletida por eles.
2. A luz visível penetra o olho, atravessa numerosos corpos transparentes e é refratada, formando, conseqüentemente, uma imagem invertida do objeto na superfície da retina.
3. A retina transforma sinais (potenciais de ação gerados em diferentes frequências) que, através do nervo óptico, dirigem-se aos centros integrativos do SNC.

4. A informação da retina é processada em grupos neuronais complexos, localizados principalmente no tálamo, no tronco cerebral e no córtex; sensações e percepções visuais surgem dessa integração.
5. Como estágio final, existe a adaptação motora do olho como instrumento de coleta de informação externa.

O processamento visual é, em quase sua totalidade, altamente treinável e pode melhorar em todos os estágios de desenvolvimento. A bibliografia geral, por sua vez, apresenta uma grande variabilidade de exercícios, mas pouca sistematização.

Os tipos de visão são:

- Periférica
- Central: a visão central pode ser responsável por rastrear ou detectar objetos.

A respeito da **visão central**, as atividades mais importantes são o rastreamento visual e detecção. A **visão periférica** é definida em relação à visão central e seu treinamento é crucial para esportes e AVD. A possibilidade mais viável para visão periférica é a detecção e a possibilidade de treinamento dos reflexos vestibulo-oculares ou RVO.

Os três principais pilares da metodologia de treinamento visual são:

- *Conteúdos*: referem-se aos tipos de visão que escolhemos treinar e aos aspectos específicos de cada um.
- *Exercícios*: referem-se aos vários exemplos de tarefas e atividades que podemos desenvolver e que são transferíveis para diferentes esportes ou atividades da vida diária (AVD).
- *Variáveis*: se referem às possibilidades de aumentar sistematicamente a dificuldade de exercícios ou simplificá-los, para que eles sejam acessíveis para todos.

Nossas sugestões para seu treinamento são:

- Concentre-se na natureza do processamento visual específica do esporte que você trabalha: os objetos centrais e periféricos, interferências, fundos etc.
- Selecione uma situação típica nesse esporte e assuma a tarefa de projetar um conjunto de exercícios adaptados especificamente para a função visual.
- Tente sistematizar uma progressão racional com base nas diferentes variáveis que mencionamos anteriormente e que vamos analisar a seguir.

Outro sistema extremamente importante quando falamos sobre a função motora é o **sistema auditivo**. Ele é de vital importância nas atividades físicas, pois é fundamental para o controle motor; por exemplo, em esportes com saltos ou acertos e na maioria dos esportes nos quais encontramos perturbações auditivas. O som é o estímulo que cabe ao receptor auditivo. É um tipo de energia mecânica composta de pequenas variações de pressão no ambiente, que se espalham em alta velocidade (340 m/s) em todas as direções a partir de seu ponto de origem. O sentido auditivo é composto de três camadas: **Ouvido externo, médio e interno**, cada um com funções específicas como transporte, amplificação e conversão de energia mecânica em impulso nervoso.

O ouvido também tem outras estruturas não auditivas que compõem o **sistema vestibular**. O sistema consiste em múltiplos impulsos sensoriais dos órgãos vestibulares, do sistema visual e do sistema somatossensorial e proprioceptivo. Dentre as funções do sistema vestibular encontramos as de:

1. Informar o sistema nervoso central sobre qualquer aceleração ou desaceleração angular ou linear.
2. Auxiliar a orientação visual por meio do controle dos músculos oculares.
3. Controlar o tônus dos músculos esqueléticos, a fim de manter a postura adequada.

É possível distinguir claramente pelo menos três possibilidades que vamos mencionar a seguir. Todas essas opções também se referem às funções. A opção com o maior poder terapêutico é o trabalho de reflexo vestibulo-ocular. Contudo, as outras duas oferecem alternativas e possibilidades metodológicas interessantes:

- Acelerações
- Rotações-giros
- Reflexos vestibulo-oculares

Os sistemas sensoriais têm a possibilidade de ser treinados. A sensação fornece a informação para o SNC para então fazer o objeto de conhecimento, no ponto em que o fenômeno de **percepção** começa a fazer parte de ou assumir um papel predominante. Tanto a sensação quanto a percepção são treináveis, mas a diferença é que a percepção é um fenômeno criativo e construtivo e se mostra mais treinável do que o fenômeno da sensação.

Continua sendo um mistério como nosso cérebro combina informação (gerada por meio da percepção), integra-a e constrói um objeto unificado

para a consciência. O problema de unificar tudo o que percebemos é que não há nenhuma parte do cérebro em que toda informação convirja para ser integrada e, assim, transformada em um objeto de consciência (apesar de haver hipóteses como a dos 40 Hz de Koch e Crick). A percepção é mais treinável do que a sensação. O ato de perceber em e de si mesmo é um ato de ativação muscular. Recordemos que a sensação não produz erros. Ela atinge o córtex cerebral tal como estava nos córtices primários, isto é, tal como foi comutada nos centros relevantes. No entanto, o fenômeno da percepção pode gerar erros porque a interpretação do indivíduo sobre o objeto entra em jogo, ou seja, há um processo interpretativo envolvido.

É fundamental entender que a qualidade das sensações dependerá da qualidade de nossas percepções e, por sua vez, a qualidade dessas percepções dependerá da qualidade da representação ideomotora posterior. O ato de **representação ideomotora** é um ato com enormes consequências neurais, que pode facilitar o movimento ou prejudicá-lo quando há desconfiança no uso dessa ferramenta ou quando não conseguimos representar corretamente o movimento em nossa mente, isto é, sem fluidez ou com interrupções.

A visão é importante para a construção da imagem, mas a imagem é muito mais completa quando a pessoa pode criar informações não apenas visuais, mas também cinestésicas para a consciência. Recordemos que quando representamos a percepção inicialmente apresentada – e isso por meio de um ato de volição que gera e sustenta, para a consciência, a imagem de um movimento – não apenas estamos facilitando os caminhos neurais que mais tarde ajustam, controlam e regulam o movimento, mas também aumentando expressões de microatividade muscular com estímulo dos proprioceptores. Hoje sabemos que até mesmo as fibras intrafusais e o órgão de Golgi se ativam quando imaginamos com precisão um movimento, mesmo que não estejamos realmente executando-o.

Nem tudo se resume ao SNC, mas o ato de imaginar também repercute sobre os motoneurônios alfa, motoneurônios gama, proprioceptores (principalmente fibras intrafusais e órgão tendinoso de Golgi).

Para seu treinamento, é importante manter as sessões específicas na seguinte ordem:

- Preliminar
- Imaginação
- Microativações
- Macroativações
- Tarefas adicionais

Referências

Asociación Educar (2015). <http://www.asociacioneducar.com/>.

BADDELEY, A. (1983). *Working memory*. Oxford.

BAÑUELO, F. S. (1990). *Didactica de la Educacion Fisica y el Deporte*. Madrid: Gymnos.

BERMEOSOLO, J. (2012). *Working memory and procedural memory in Specific Learning and Language Difficulties: some finding*. Revista Chilena de Fonoudiologia, 18.

BOULCH, J. L. (1989). *El deporte educativo; psicokinetica y aprendizaje motor*. Buenos Aires: Paidos.

BOULCH, J. L. (2002). *Hacia una ciencia de movimiento humano*. Barcelona: Paidotribo.

Corraze, J. (1988). *Bases neuro-psicologicas del movimiento*. Barcelona: Paidotribo.

Corraze, J. (1988). *Las bases neuropsicológicas del movimiento*. Barcelona: Paidotribo.

Cratty, B. (1974). *Motricidad y psiquismo*. Madrid: Miñon.

DAMASIO, A. (2006) *El error de descartes*. Buenos Aires: Critica.

DAMASIO, A. (2007) *En busca de Spinoza*. Barcelona: Critica.

DAVIDS, K. BUTTON, C. & BENNETT, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition*. Canada: Human Kinetics.

Desarrollo y aprendizaje motor. (2009). Córdoba, Córdoba, Argentina: IPEF.

DI SANTO, A. (2016). *Sistema Sensorial* [Grabado por N. Acosta]. Córdoba, Córdoba, Argentina.

DI SANTO, M. (2015). *Influencia de Antonio Damasio* [Grabado por N. Acosta]. Córdoba, Córdoba, Argentina.

DI SANTO, M. (2015). *Eferencia central* [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.

DI SANTO, M. (2015). *Imagen del movimiento* [Grabado por N. Acosta]. Córdoba, Córdoba, Argentina.

DI SANTO, M. (2015). *Pensando en movimiento* [Grabado por N. Acosta]. Córdoba, Córdoba, Argentina.

DI SANTO, M. (2015). *Programación neuromotora* [Grabado por N. Acosta]. Córdoba, Córdoba, Argentina.

DI SANTO, M. (2015). *Programación neuromotriz* [Grabado por N. Acosta]. Córdoba, Córdoba, Argentina.

DI SANTO, M. (2015). *Toma de decisión y lógica motriz*. Córdoba, Córdoba, Argentina.

DIGBY, E. & KHAN, M. (2010). *Vision and goal-directed movement*. Canada: Human Kinetics.

DOMJAN, M. (2009) *Principios de aprendizaje y conducta*. Madrid: Rogar.

ERNST, M. (2002) Neural Systems and Cue-Induced Cocaine Craving. <http://www.nature.com/npp/journal/v26/n3/full/1395814a.html>, 7

ETCHEPAREBODA, M. & ABAD-MAS, L. (2010). <http://www.lafun.com.ar/>.

FAIRBROTHER, J. (2010). *Fundamentals of motor behavior*. Canada: Human Kinetics.

GARDINER, P. (2011). *Advanced neuromuscular exercise physiology*. Canada: Human Kinetics.

GROSSER, M. (1988) *Principios del entrenamiento deportivo*. Spain: Martinez Roca.

GUYTON, C. & HALL, J. (2006) *Tratado de fisiología médica*. Barcelona: Elsevier.

JACQUES, C. (1987) *Las bases neuropsicológicas del movimiento*. Barcelona: Paidotribo.

JEANNE, L., & SEIDLER, R. (2011). Age differences in callosal contributions to cognitive processes <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3137668/>

- KANDEL, E.** (1997). *Neurociencia y Conducta*. Madrid: Prentice Hall.
- KURT, M. & GÜNTER, S.** (1987). *Teoría del movimiento; motricidad deportiva*. Buenos Aires: 1987.
- LACEY, S. & LAWSON, R.** (2013). *Multisensory Imagery*. New York: Springer.
- LATASH, M.** (2008) *Neurophysiological basis of movement* (2 ed.). Estados Unidos: Human Kinetics.
- LATASH, M.** (2012) *Fundamentals of motor control*. Estados Unidos: AP.
- LOYBER, I.** (1988). *Funciones motoras del sistema nervioso*. Córdoba: El Galeno.
- LOYBER, I.** (2012). *Funciones motoras del sistema nervioso*. Córdoba: El Galeno.
- LOYBER, I.** (2012). *Introducción a la fisiología del sistema nervioso*. Córdoba: El Galeno.
- MARK, L.** (2008). *Synergy*. England: Oxford University.
- NEUMAIER, A.** (2002). *Entrenamiento de la técnica*. Barcelona: Paidotribo.
- CARDINALI, D.** (2007). *Neurociencia aplicada: sus fundamentos*. Buenos Aires: Panamericana.
- PURVES, D.** (2007). *Neurociencias*. Buenos Aires: Panamericana.
- RACHEL, S., JIN, B., & ANGUERA, J.** (2013). Neurocognitive Contributions to Motor Skill Learning: The Role of Working Memory
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3534841/>.
- RICHARD, S., & TIMOTHY, L.** (2014). *Motor learning and performance*. Canada: Human Kinetics.
- RICHARDSON, J.** (1996). *Working memory and human cognition*. Oxford: Oxford University.
- RIGAL, R.** (1979). *Motricidad Humana*. Madrid: Pila Teleña.
- RIPOLL, R. D.** (2014). *Neurociencia cognitiva*. Madrid: Panamericana.
- ROGER M, E.** (2008). *Neuromechanics of human movement*. Canada: Human Kinetics.

RUIZ PEREZ, L. (1994). *Deporte y Aprendizaje*. Visor: Madrid.

SNELL, R. (1999). *Neuroanatomía*. Cuarta Edición. Buenos Aires: Panamericana.

STEFANO, T. (2009). *Neurociencias y deportes*. Barcelona: Paidotribo.

TAMORRI, S. (2004). *Neurociencia y deporte*. Barcelona: Paidotribo.

TAMORRI, S. (2004). *Neurociencia y deporte. Psicología deportiva procesos mentales del atleta*. Barcelona: Paidotribo.

University of Cantabria, (S.D.), retirado de http://2.bp.blogspot.com/-EdC6hSDAQWw/VAvxXE0438I/AAAAAAAAABGU/_7rz97u55Z4/s1600/anatomia%2Boido.png

University of Murcia, (S.D.), Obtido de <http://ocw.um.es/gat/contenidos/palopez/contenidos/motoneuronas.jpg>

University of Costa Rica, (S.D.), retirado de http://163.178.103.176/Fisiologia/neurofisiologia/pract_bas_1/FG13_03a.jpg

Universidade Nacional de Tucumán, (s.d.). Acceso em: http://www.herrera.unt.edu.ar/bioingenieria/temas_inves/sist_nervioso/Image52.gif

WEINECK, J. (2006). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.

ZHOU. (2000). El entrenamiento cruzado: una posibilidad del mantenimiento de la forma ante lesiones unilaterales. *Medicina Esport*, 15.