

3.2 Engrama

3.2.1 O que é um engrama?

Tirado dos gregos, é a ideia de um **traço ou linha** (gramma) desenhado no cérebro, uma estrutura de conexões neurais estáveis e um circuito específico de neurônios associados e envolvidos em um arranjo espacial concreto. Engramas configuram a arquitetura profunda dos nossos cérebros. É um circuito específico e cria uma rede de conexões neurais que geram movimento. O nome “engrama” vem da inter-relação pelo propósito de se determinar respostas específicas; nesse sentido, podem ser comparadas a engrenagens.

Isso pressupõe a ativação de um sistema de neurônios, em si produzido para um efeito eferente sem o estímulo de terminações nervosas internas ou externas. Assim, a ativação de estruturas neurais eferentes e estáveis é estimulada e, em troca, as estruturas são responsivas ao movimento em si.

Há alguns movimentos que não dependem da participação consciente do indivíduo enquanto outras requerem (Di Santo, 2014). Como mencionamos, o engrama é feito de neurônios que estão conectados a impulsos nervosos transmitidos através de conexões sinápticas. Eles formam uma rede complexa com uma ordem interna bem definida que permite a ativação coordenada. Os engramas produzem registro de forma ordenada em módulos específicos, isto é, respondendo a uma ordem “mapeada” na qual engramas estão conectados para transmitir a ativação de forma lógica, levando em conta outros engramas.

Eles também são chamados de **loops** ou **padrões de ação ou movimento**. Há loops de maior e menor complexidade, isto é, loops curtos e longos (Di Santo, 2014). De acordo com o número de neurônios dentro de um circuito e dos níveis de NS envolvidos, podemos distinguir entre:

- **Loops curtos:** possivelmente envolvendo o trato cortical, responsável por movimentos simples.
- **Loops longos:** responsáveis por movimentos complexos e compostos que envolvem mais de um córtex.

É importante mencionar a **memória motora**, das quais os engramas são substratos. A memória é baseada na reativação de engramas, como traços que nos marcam como indivíduos e nos identificam. Com base nessa perspectiva, podemos também definir engramas como a pegada

neurofisiológica no cérebro e como a base na qual as memórias são armazenadas. Em resumo, são um circuito feito de neurônios que, quando solicitados, recrutam fibras musculares para formar um padrão de atividade motora específica.

Para formar um circuito, é necessário que a repetição forme um padrão de reação entre os neurônios e que isso aconteça no exato momento em que um estímulo determinado é capaz de ativar aquele circuito (Jacques, 1988).

Tradicionalmente, reconhece-se que os engramas possuem dois componentes básicos: estruturas espacial e temporal. A estrutura espacial se refere ao local ou à relação topográfica dos diferentes núcleos conectados envolvidos (contingente), enquanto que a estrutura temporal se refere a sequências de ações específicas e, acima de tudo, a sua proporção temporal. A estrutura especial se refere ao local, o que distingue um determinado movimento em particular de outros, enquanto que a estrutura temporal se refere ao tempo ou à implementação sequencial do movimento, chamado de fase (Jacques, 1988).

Em resumo, engramas são:

- Estruturas estáveis de interconexões neurais.
- Um circuito específico com neurônios relacionados e envolvidos em um arranjo espacial concreto.
- Por fim, eles compõem a arquitetura profunda dos nossos cérebros.
- Eles formam uma rede complexa com uma ordem interna bem definida que permite a ativação coordenada.
- São registrados em módulos específicos, em uma sequência ordenada.
- Também podem ser chamados de “loops”.
- São considerados padrões de ação ou movimento.
- Há engramas de alta e baixa complexidade: loops curtos e longos.
- Consistem em traços neurofisiológicos dentro do cérebro e servem como base da memória.
- São circuitos feitos de neurônios que, quando solicitados, recrutam fibras musculares para formar padrões de atividade motora específica.
- Consistem em trilhas e traços de memória: o substrato neurofisiológico da memória.
- Engramas neuromusculares são padrões memorizados de resposta muscular com relação a informações proprioceptivas específicas. É um componente de programação inconsciente criada no SNC para ser capaz de controlar o sistema muscular.
- São um conjunto de dados que representam um movimento.

Para formar um circuito, é necessário que a repetição forme um padrão de relação entre os neurônios e que eles reajam exatamente no momento em que um estímulo em particular seja capaz de ativar aquele circuito, o que inclui:

- Mudanças de natureza química neural.
- Habilidade de identificar e ressoar.
- Novas sequências de aminoácidos.
- Modifica a concentração de RNA dentro e fora de um neurônio.

3.2.2 Componentes do engrama

Tradicionalmente, engramas possuem duas partes básicas: uma estrutura espacial e uma temporal.

- Estrutura espacial: se refere ao local ou à relação topográfica dos diferentes núcleos conectados envolvidos (contingente).
- Estrutura temporal: se refere a sequências de ações específicas e, acima de tudo, a sua proporção temporal (também conhecida como fase).

Organização Temporal das Sequências

O movimento pode ser concebido como um conjunto de elementos motores de uma determinada quantidade de tempo, acionados um após o outro em ordem temporal. Se a duração de cada elemento é programada, é o suficiente saber a ordem da sequência a fim de se desenvolver um programa. Assim, foi levantada a questão sobre se a organização temporal é codificada e em qual nível de generalidade. Em várias ocasiões foi determinado que a invariante não é tempo absoluto, mas a duração relativa das sequências; a velocidade de um movimento pode variar, mas a proporção relativa de tempo entre eles permanece inalterada. Isso é também conhecido como **"fase"** (Corraze, 1998).

Ao associar essa fase com o balanço das forças necessárias para cada elemento motor, foi proposta uma noção de invariante em particular que diz que o primeiro momento ocorre contrário àquele ocorrendo com base na localização (Corraze, 1988).

Schmidt *et al.* (1998) considerou não introduzir um espaço entre invariantes em uma programação motora ou, pelo menos, não diretamente. Seu estudo considerava as invariantes essenciais como o equilíbrio de poder envolvido em cada contração muscular e a relação com a duração de cada movimento (Corraze, 1998).

O movimento é o resultado das forças que fazem os músculos contraírem e a quantidade de tempo que cada movimento leva. Programas podem ser concebidos como a ordenação de uma série de

contrações musculares com certa força e certa duração em uma ordem em particular. (Corraze, 1998).

3.2.3 Destinos das cópias engramáticas

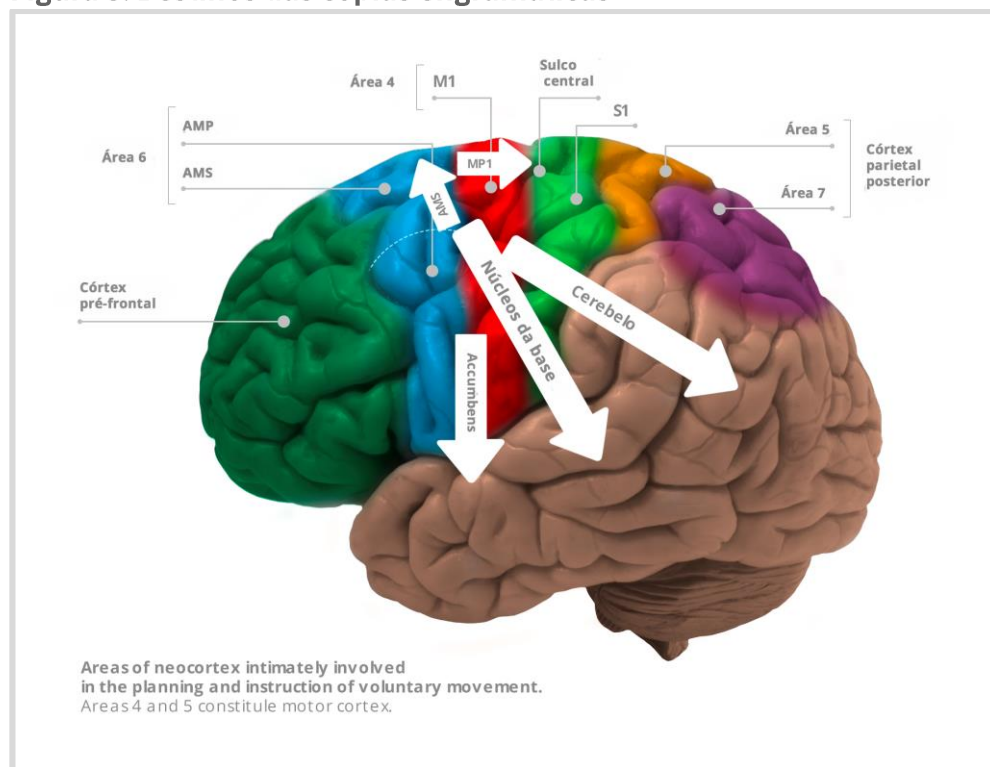
Isso é também conhecido como **valor previsto**, em que várias cópias programadas são distribuídas antes que o movimento em si seja realizado. Todos esses destinos possuem relevância neurofisiológica.

São eles:

- AMS e pré-AMS.
- Cerebelo.
- MP1.
- Núcleos da base.
- Núcleo accumbens.

Cópias de engramas são enviadas para o cerebelo para controlar a coordenação de movimentos, onde sua tarefa é avaliar e comparar o valor previsto com os resultados. Cópias de engramas são enviadas para os núcleos de base para fazer os ajustes tônicos necessários e, assim, conduzir a atividade dos sistema motor gama (núcleo vermelho). O MP1, que controla diretamente a atividade alfa, também está envolvido para ativar músculos específicos através do trato corticoespinhal. Por fim, a cópia é enviada para o núcleo accumbens onde um substituto é produzido para reforçar o circuito motivacional ou os caminhos da dopamina.

Figura 5: Destinos das cópias engramáticas



Fonte: Adaptado de Cram. Acessado em 21/07/2016 de <http://goo.gl/AWvy8U>

3.2.4 O que um engrama ativa? Movimento voluntário

A maioria dos adultos humanos possuem uma forte sensação de controle sobre suas ações. Eles são capazes de escolher suas ações e seria interessante saber mais sobre o tópico. A capacidade para ações voluntárias é tão fundamental para nossa existência social que limites e proibições são cuidadosamente justificados e regulamentados. A ação voluntária pode evidenciar diferentes distúrbios de caráter, como naqueles estados patológicos que são produzidos ao se ingerir substâncias estranhas. Outros estados e processos mentais, principalmente estados emocionais mais profundos, podem alterar as funções normais inerentes à ação voluntária.

Se tivéssemos que definir uma ação voluntária, cairíamos em um dualismo e provavelmente estabeleceríamos que existe um “eu” que escolhe ações conscientemente; “eu” sou aquele que escolhe ações e “eu” estou no controle das “minhas escolhas”. Essa linguagem dualista envolve um “eu” mental que é diferente do cérebro e do resto do corpo. Como tal, pode acionar eventos cerebrais como imagens, memórias e, claro, movimentos (dualismos de objetos mentais estão relacionados a esta objeção). No entanto, a ciência contemporânea não sustenta essa visão e propõe uma abordagem diferente a esse fenômeno.

Abordamos o **movimento involuntário** com base na perspectiva contemporânea, o que o define com o ponto final em um contínuo iniciado com um reflexo. Vamos discutir agora as diferenças entre movimentos voluntários e movimentos de reflexo.

Movimentos reflexivos incluem as seguintes características:

- Imediatismo.
- Requerem estímulo externo.
- Sua forma, ocorrência e tempo são determinados pelo estímulo.
- Nível espinhal.
- Falta de possibilidade de vetar.
- Falta de possibilidade de memória prospectiva.
- Falta de decisões.

Por outro lado, movimentos voluntários são caracterizados por:

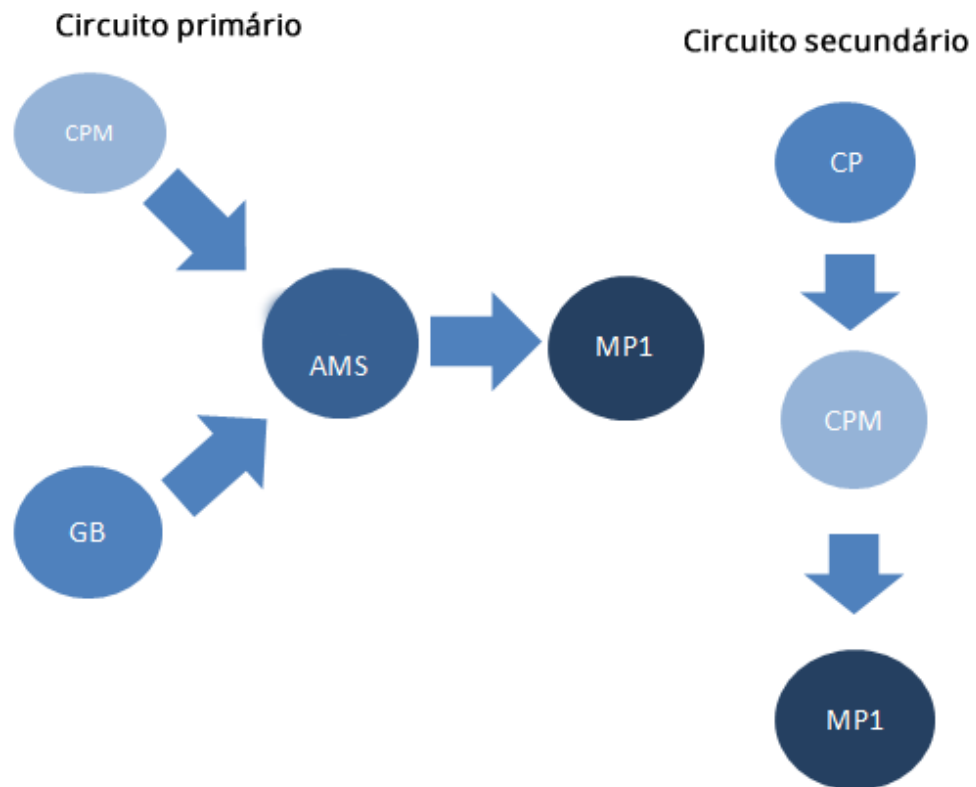
- Mediação.
- Não requerem um estímulo externo.
- Não dependem de estímulo.
- Nível cortical.
- Há possibilidade de vetar ou continuar a ação.
- Há possibilidade de memória prospectiva.
- Há possibilidade de decidir objetivos ações, programas e de vetar ou não.

Por um longo tempo esses movimentos era diferenciados como sendo automáticos ou voluntários. Essa oposição enfraqueceu a ponto de o seguinte ter sido escrito em uma revista de neurofisiologia. “A distinção entre ações reflexas, instintivas e voluntárias foram banidas” (Kandel e Schwartz, 1982, p. 273).

Circuitos corticais de movimento voluntário: esses circuitos convergem no MP1. O MP1 executa comandos motores, transferindo-os para a medula e músculos espinhais. O MP1 é o caminho final compartilhado do córtex cerebral; o neurônio motor da medula espinhal. Ele recebe entradas de dois circuitos: um específico ao movimento voluntário e outro específico ao movimento reflexivo, embora não haja outras áreas que projetam a medula, que recebe entradas dos mesmos circuitos. No nível do córtex, há dois itinerários alternativos claros e dois circuitos corticais, principalmente:

Por um lado, o **circuito do córtex pré-motor (CCPM) e núcleos de base (NB) com a pré-AMS**, que se conecta aos núcleos de base do córtex (pré-AMS) e o CCPM à pré-AMS e, por fim, ao MP1, o caminho final compartilhado. Por outro lado, há o **circuito CPM-parietal**, que também dá cobertura no MP1 e se conecta com setores sensoriais do córtex parietal ao córtex pré-motor e, por fim, ao MP1.

Figura 6: Primeiro e segundo circuito

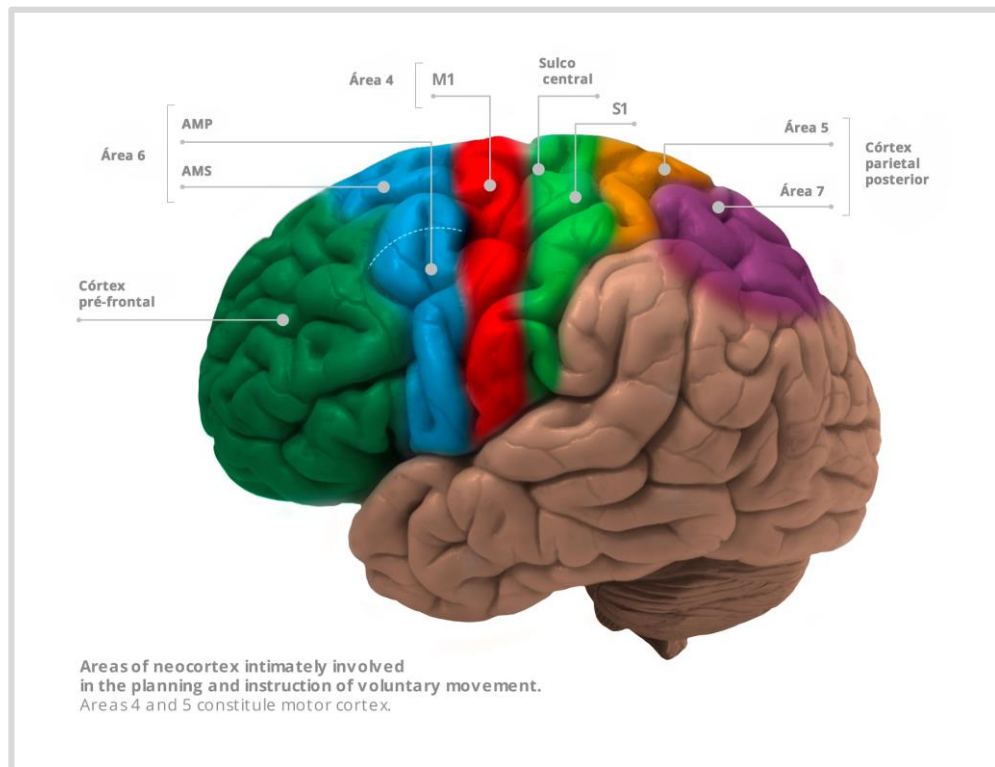


Fuente: elaboración propia

Primeiro circuito

É o circuito que mais empregamos na ausência de estímulo externo: a pré-AMS é ativada quando não há estímulo externo, junto com circuitos motores cognitivos, com o CCPM, o córtex cingulado e o córtex do pólo frontal. A pré-AMS nega ou prolonga o começo de uma ação; no entanto, quando é acionada, a pré-AMS se conecta à AMS e a partir daí ao MP1. Para começar uma ação, a entrada a partir dos núcleos da base é essencial. O circuito pré-AMS NB tem um papel fundamental no começo de uma ação: a pré-AMS inibe a ação e os NB inibem a inibição. No Mal de Parkinson os NB não inibem a inibição da pré-AMS e, assim, menos ações são iniciadas.

Figura 7: Áreas motoras



Fonte: Adaptado de Cram. Acessado em 21/07/2016 de <http://goo.gl/AWvy8U>

Segundo circuito

Usamos esse segundo circuito para ações como segurar ou pegar. Ele promove ações que são orientadas a objetos e também participa no movimento voluntário, embora seja mais imediato que o anterior e, como tal, promove ações imediatas.

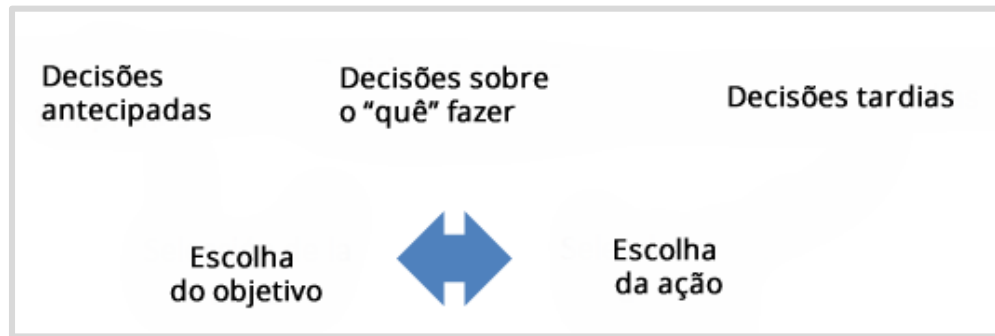
Há dois circuitos de acordo com a urgência:

- O ventral envolve a pré-AMS e os NB, tornando-o mais mediato (não é usado para movimentos repentinos).
- O segundo é usado quando o tempo é um fator: é imediato.

Em movimentos voluntários, há um momento em que uma decisão é tomada; decisões perceptuais também existem, o que se difere de ações intrínsecas. O que descobrimos:

- **Decisões antecipadas:** Primeiro, há uma decisão antecipada em relação à realização ou não de determinada ação. Essa decisão é baseada em três tipos de motivações:
 - Necessidade.
 - Vontade.
 - Outros motivos.
- **Decisões relacionadas a “o quê”:** Isso se refere a qual ação voluntária será realizada, com base nas duas seguintes possibilidades:
 - Escolher o objetivo.
 - Escolher a ação voluntária para atingir o objetivo.
- **Decisões relacionadas ao objetivo:** Objetivos podem ser variados; no entanto, eles são ordenados em relação ao tempo, embora haja alguns distúrbios que atrapalham a ordem. Tendo estabelecido um objetivo, o CF e a pré-AMS têm um papel vital, o qual consiste em manter a volição focada em um propósito ou conectada a intenções e ação. A pré-AMS reprime o começo automático de uma ação acionada por estímulo ambiental: se houver uma lesão, há também hiper-reatividade. Decidir entre objetivos envolve o CF e também a pré-AMS.
- **Decisões relacionadas à escolha de movimento:** A maioria dos objetivos podem ser alcançados através de movimentos diferentes.
- **Decisões tardias:** Essa decisão envolve a dicotomia “fazer ou não fazer”.
 - Verificação: Decisões relacionadas a “o quê” ativam circuitos motores específicos; nesse caso, envolve a verificação preditiva ou de veto.
 - Avaliação: Envolve avaliar o custo da ação escolhida. É aí que acontece a verificação final, antes que a ação seja enviada ou acionada.
 - Ação: Como resultado da verificação, a ação pode ser promovida (e o movimento acionado) ou vetada (e, assim, a ação não é gerada).
 - Contenção: cancelar uma ação pode ser inteligente, mas também pode ser exatamente o contrário.

Figura 8: Escolha de objetivos e ação.



Fonte: Elaborado pelo autor

Substratos neurais de cancelamento

Isso entra em ação antes da pré-AMS e sua função específica está relacionada a vetar ações. O córtex frontal-medial anterior, rostral ou anterior à pré-AMS e ao córtex insular são cruciais para o autocontrole. Esses processos estão todos fortemente relacionados à contenção.

Vamos considerar as duas decisões extremas:

- 1) Antecipada:** A decisão consiste em fazer ou não fazer.
- 2) Tardia:** A decisão consiste em uma verificação final e uma ação de veto.

Ambas contam como responsabilidade individual. Os outros (a volição, como e quando) são menos importantes. A responsabilidade pode depender do motivo que acionou o processo neural, o qual culminou em uma ação e na verificação final, isto é, se a ação deve ser vetada ou continuada. Ambas possuem um elemento normativo muito forte. Apesar do fato de o cérebro de um indivíduo decidir que ações tomar, a cultura e educação ensinam às pessoas quais são motivos aceitáveis para realizar uma ação, não realizá-la ou quando uma verificação final preditiva recomenda manter uma ação sem ser realizada.

Referências

Arthur C. Guyton, J. E. (2006). Tratado de Fisiología Médica. 11th Edition. Barcelona: Elsevier.

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

Baddeley, A. (1983). Working Memory. Oxford.

Bañuelos, 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 Fonoudiología, 18.

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

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

Corraze, J. (1988). Bases neuro-psicologicas 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.

Dauids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). Dynamics of Skill Acquisition. Canada: Human Kinetics.

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

Di Santo, A. (2016). Sistema Sensorial [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). "Influencia de Antonio Damasio" [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). Eferencia central [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). Imagen del movimiento [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). Pensando en movimiento [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). Programacion neuromotora [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.



- Di Santo, M.** (October, 14 2015). Toma de desicion y logica motriz. Cordoba, Argentina.
- Digby, E., & Khan, M.** (2010). Vision and Goal-Directed Movement. Canada: Human Kinetics.
- Domjan, M.** (2009). Principios de aprendizaje y conducta. Madrid: Rogar.
- Eccles, J.** (1994). How the Self Controls Its Brain. Austrália: Springer-Verlag.
- 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 fisiologia medica. Barcelona: Elsevier.
- 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). Teoria 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. Cordoba: El Galeno.
- Loyber, I.** (2012). Funciones motoras del sistema nervioso. Cordoba: El Galeno.
- Loyber, I.** (2012). Introduccion a la fisiologia del sistema nervioso. Cordoba: El Ganelo.
- Luria, A.** (1973). The Working Brain, an Introduction to Neuropsychology. London: Penguin Books.
- Mark, L.** (2008). Synergy. England: Oxford University.
- Munuera, A. J., Tallens, I. P., Pertegaz, N. C., & Munuera, F. C.** (2003). Educación física. Sevilla: Mad.
- Neumaier, A.** (2002). Entrenamiento de la tecnica. Barcelona: Paidotribo.

Cardinali, D. (2007). Neurociencia aplicada: sus fundamentos. Buenos Aires: Panamericana.

Pérez, L. M. (1994). Deporte y aprendizaje. Madrid: Visor.

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). Neuroanatomia. Fourth Edition. Buenos Aires: Panamericana.

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

Suárez, G. R., Rodríguez, G. A., Ramos, J. A., Trujillo, J. O., & Silva, W. R. (2013). Aprendizaje motor, precisión y toma de decisiones en el deporte. Antioquia: Funámbulo editores - Universidad de Antioquia.

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

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

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.