

1.2 A Neurobiologia das Decisões

1.2.1 Regiões Cerebrais-chave e suas Interrelações

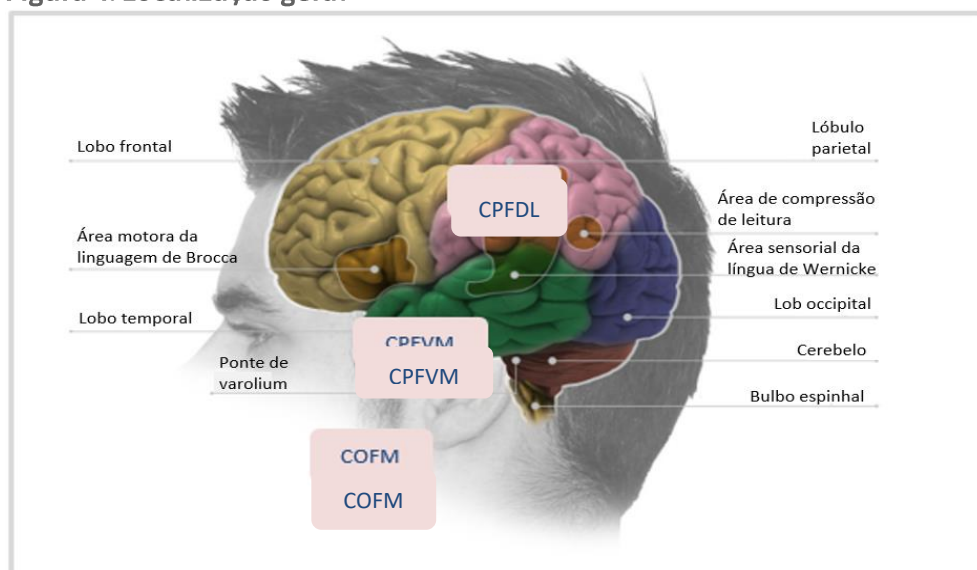
Qualquer modelo neurológico da tomada de decisões precisa responder a três questões cruciais:

- Como são armazenadas, representadas e aprendidas as avaliações subjetivas de opções?
- Como é implementada a decisão no circuito motor?
- Como é posteriormente selecionada a ação entre as opções?

Tentaremos responder a essas questões, mas antes é crucial que sejam esclarecidas quais regiões estão envolvidas na tomada de decisão. Cada região desempenha papéis diferentes, e não apenas nos três grandes momentos do processo de tomada de decisão, mas também em casos de saúde e doença, pois uma pessoa saudável não utiliza o mesmo sistema de alguém que sofre de uma doença; Essas cinco regiões são:

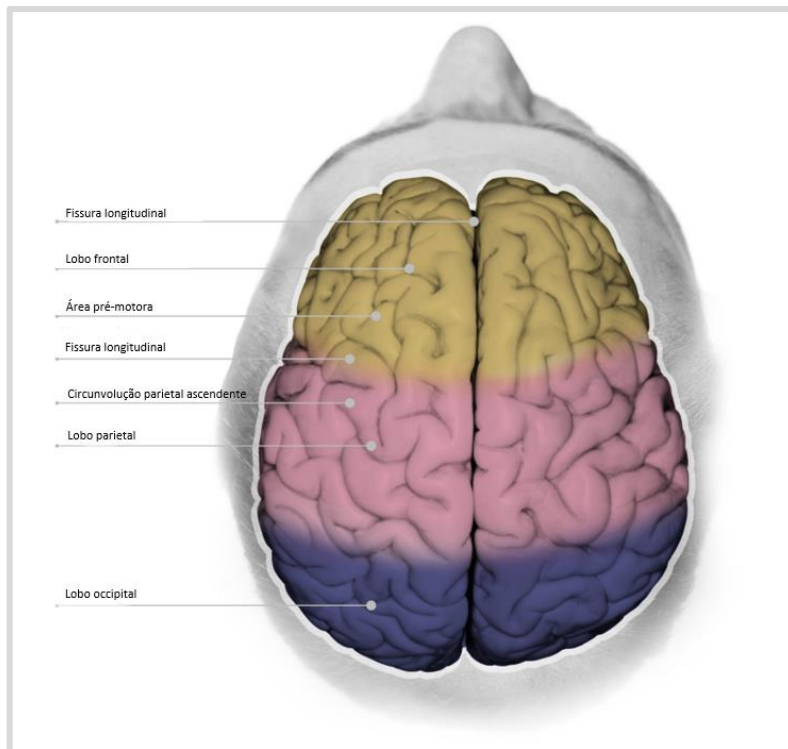
- CPFVM (córtex pré-frontal ventromedial).
- COFM (córtex orbitofrontal medial).
- CPFDL (córtex pré-frontal dorsolateral).
- NA (núcleo da amígdala).
- CE (corpo estriado).

Figura 4: Localização geral



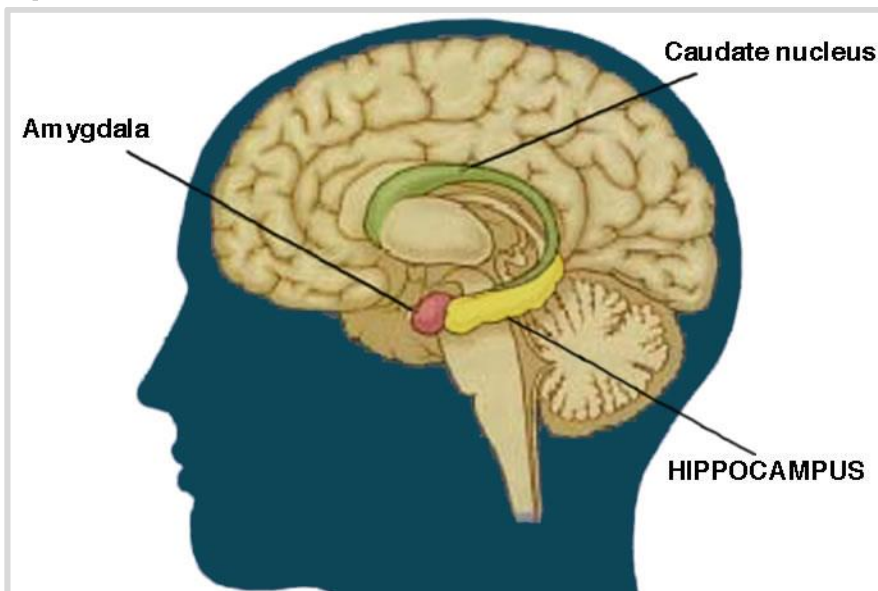
Fonte: [Imagem de deformação sem título] 2010. Adaptada de Investigacion de alzheimer, Disponível em <http://goo.gl/B3iCpp>

Figura 5: Localização geral



Fonte: [Imagem de deformação sem título] 2010. Adaptado de Investigación de alzheimer. Disponível em <http://goo.gl/B3iCpp>

Figura 6: Hipocampo



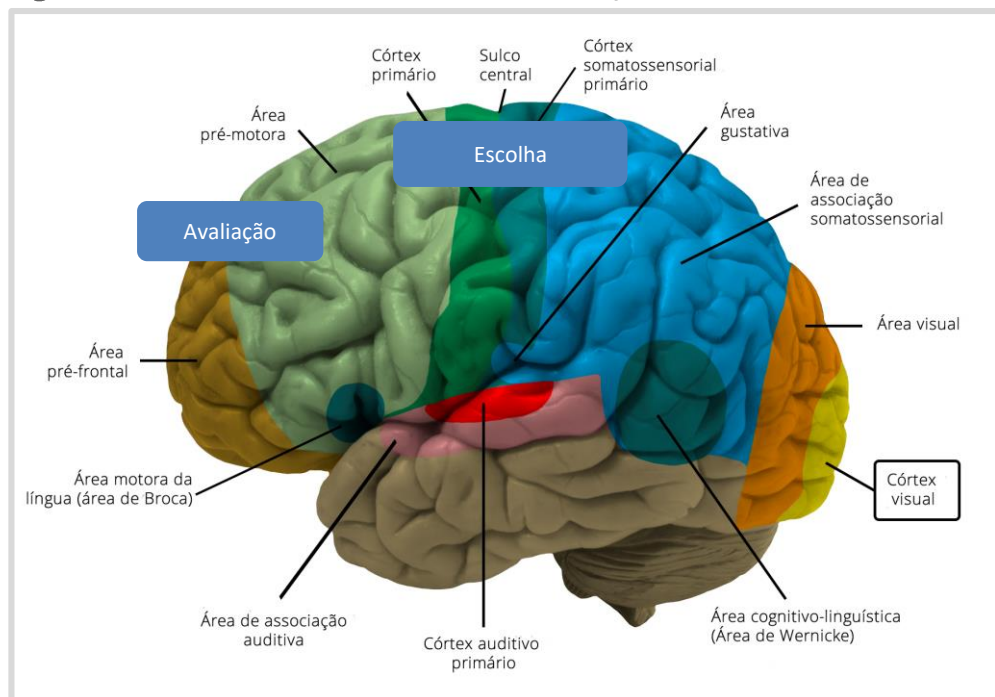
Fonte: Neuropsiques (s.d.). Disponível em <http://goo.gl/Q3Rkb6>

A tomada de decisão possui três momentos claros. Envolve três passos sequenciais que ocorrem não apenas nos esportes, mas também na vida cotidiana.

- **Avaliação:** também conhecida como avaliação multicomportamental; é implementada pelo **córtex pré-frontal ventromedial** em associação com o corpo estriado.
- **Escolha:** é implementada no córtex pré-frontal lateral e nas **áreas parietais** e implica a mesma opção.
- **Ação:** é a implementação final que desencadeia o movimento. Seus correlatos são os menos conhecidos.

O **núcleo da amígdala** processa estados somáticos com base em eventos emocionais, além de processar o medo.

Figura 7: Partes do córtex envolvidas em avaliação e escolha



Fonte: Adaptado de Psicobiología del género homo, 2015. Tirado de <http://goo.gl/qfMwss>

O modelo neuropsicológico busca explicar como são geradas alternativas e como, por fim, são feitas escolhas. Esse processo consiste nos seguintes passos:

- **Gerar e avaliar opções:** estas ações são condicionadas pela ação do **córtex ventromedial**.
- **O ato da escolha:** os **córtices lateral e pré-frontal parietal** são responsáveis por realizar essa ação.
- **Implementação da opção.**
- **Análise do processo:** não existe qualquer centro de processamento para esse passo, que depende, em contrapartida, de múltiplas áreas.

1.2.2 Estágios da Tomada de Decisões e seus Correlatos Neurais

Estágio I: Avaliação ou análise

Marcadores de tomada de decisão integram as várias dimensões de uma opção a um único valor subjetivo e depois é escolhida a melhor opção: isso consiste na **consideração subjetiva de valor**. O CPFVM (córtex pré-frontal ventromedial) e o corpo estriado participam deste processo.

CPFVM (córtex pré-frontal ventromedial).

Foi observado que os neurônios diferenciais de primatas disparam em três situações diferentes. Os correlatos em seres humanos não são exatamente os mesmos que aqueles em macacos, embora sejam muito semelhantes. Estas três situações são:

1. *Avaliação subjetiva:* atua para decidir sobre a utilidade de diferentes propostas.
2. *Teste:* os neurônios diferenciais se ativam quando opções são testadas.
3. *Escolha:* células nervosas são estimuladas quando uma decisão está sendo tomada.

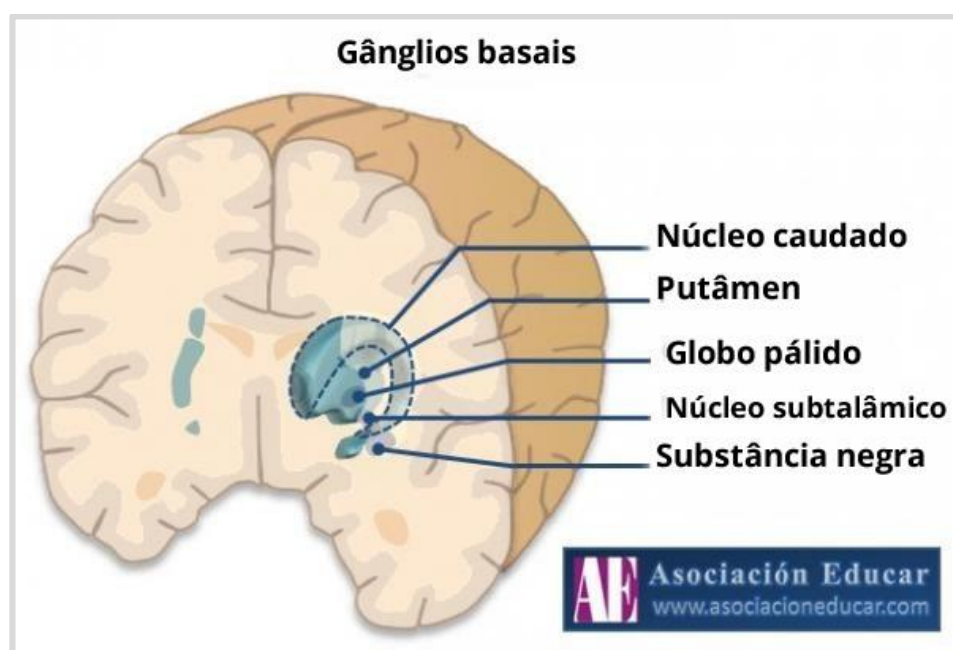
A importância do CPFVM

Lesões no córtex pré-frontal ventromedial podem causar profundas mudanças na capacidade de tomar decisões nos seguintes contextos:

- Pessoal.
- Social.
- Emocional.
- Atlético.
- Financeiro.

A função essencial do CPFVM é ligar o controle dos estados visceral e proprioceptivo aos processos emocional e de tomada de decisão (operando como um nexo). Lesões no CPFVM alteram profundamente o mecanismo geral para tomada de decisão e praticamente todos os aspectos envolvendo decisões. O córtex pré-frontal ventromedial e o córtex orbitofrontal medial promovem estados somáticos com base em eventos emocionais internos, tais como memória e cognição. O ato de ponderar as consequências de possíveis decisões depende do córtex pré-frontal, porém considerar opções possíveis depende da amígdala.

Figura 8: Corpo estriado



Fonte: Asociación Educar (s.d.). Disponível em <http://goo.gl/gExW3M>

Corpo estriado

O corpo estriado desempenha funções-chave no processamento de movimentos automáticos, ou seja, aquelas decisões sobre as quais não precisamos refletir ou avaliar. Isso também representa os valores subjetivos das opções. Encontramos aqui três categorias de neurônios que atuam em sequência:

A. neurônios que avaliam a ação.

B. neurônios que escolhem.

C. neurônios que executam a escolha, os quais produzem uma resposta categórica quando uma ação em particular é selecionada.

Os últimos tipos são ativados mais tarde, no momento de recompensa. O número de funções desempenhadas pelo corpo estriado e seu papel-chave nos movimentos automáticos são dignos de nota. Um mecanismo em comum que subjaz ao CPFVM e ao corpo estriado é a ação da **dopamina**. Os neurônios dopaminérgicos no mesencéfalo projetam-se para o CPFVM e para o corpo estriado. As experiências passadas são a fonte de informação mais importante para a avaliação subjetiva, e essas informações possuem repercussões diretas na avaliação de opções, influenciando decisões futuras similares. Em termos práticos, o corpo estriado desempenha um papel crucial como conector: ele conecta os sinais somáticos periféricos às células que produzem peptídeos tais como dopamina, serotonina, noradrenalina e acetilcolina. A conexão é: **periferia-tálamo - corpo estriado - células**

produtoras de peptídeos. Deve-se lembrar, ainda, que a dopamina é a principal agente nos mecanismos de recompensa, e é um hormônio que afeta diretamente o desejo por repetição.

Estágio II: Escolha

Esse estágio compreende a escolha de uma opção com base em um valor particular, passando a seguir para o córtex motor para implementação. Esse estágio envolve: o córtex parietal frontal, o córtex lateral parietal, o córtex pré-motor, a área motora suplementar e o córtex motor, indicando, assim, uma estratégia baseada em vários agentes.

Cada sistema dispõe de **avaliação exclusiva**; dessa forma, os diferentes sistemas codificam o mesmo valor para as mesmas ações de maneiras diferentes. Se eles codificarem valores diferentes para as mesmas ações, tais diferenças podem levar a conclusões divergentes sobre qual ação deverá ser desempenhada, sobretudo ao nível de consequências relativas se houver lesões ou disfunções cerebrais.

Se uma das áreas responsáveis por selecionar a melhor opção estiver lesionada, isso afetará a possibilidade de codificar os valores das opções que estiverem sendo consideradas. Embora possa parecer estranho, usuários de drogas e não usuários, por exemplo, não utilizam os mesmos correlatos neurais. Não usuários de drogas tendem a utilizar dois córtices: o CPFVM e o CPFDL (sobretudo o VM); em contrapartida, os usuários de drogas empregam principalmente o CPOFM direito, enquanto pessoas com transtorno bipolar tendem a ativar os lobos temporal e occipital.

Um estudo de referência (Ernst, 2002) em correlatos no processo de tomada de decisão apresenta as diferenças entre pessoas viciadas e não viciadas.

Não viciados ativam:

1. Córtex orbitofrontal medial.
2. Córtex pré-frontal ventromedial.
3. Córtex cingulado anterior.
4. Córtex pré-frontal dorsolateral.
5. Lobo insular.
6. Córtex parietal inferior.

Enquanto, em contrapartida, pessoas afetadas pelo uso de drogas empregam diferentes áreas:

1. Menor atividade no córtex orbitofrontal medial direito.
2. Menor atividade no córtex pré-frontal dorsolateral direito.

3. Menor atividade no córtex pré-frontal ventromedial.
4. Menor atividade frontal superior, que constitui parte do córtex dorsolateral.

1.2.3 Decisões e Estados Emocionais

Damásio cita três teorias (Damasio, 2006) sobre o papel das emoções no processo de tomada de decisão:

- **Risco como uma emoção:**
 - O córtex não intervém em situações nas quais é envolvido risco.
 - Medo, ameaças ou ansiedade influenciam as decisões.
 - Avaliação é emocional.
- **Emoção antecipatória:**
 - A emoção ocorre quando antecipamos algo, não durante a decisão propriamente dita.
 - Quando antecipamos respostas, experimentamos emoções.
- **Força da rede emocional:**
 - A rede de respostas emocionais prevê quando um consumidor vai selecionar um produto.

1.2.4 Dimensões dos Três Sistemas conforme as Decisões

Surgem três possibilidades claras e distintas.

- **Sistemas pavlovianos:** incluem o estudo de simples alinhamentos entre estímulos e respostas.
- **Sistemas de habituação:** comportam relações entre estímulos e respostas que não se adaptam rapidamente a mudanças, contingências ou a recompensas reduzidas.
- **Sistemas direcionados a metas:** as relações entre estímulos e respostas se adaptam rapidamente às contingências e a recompensas reduzidas.

Defrontados com essas três possibilidades, podemos nos perguntar: Existe qualquer possibilidade além desse último modelo? A teoria dos sistemas dinâmicos pode fornecer quaisquer aspectos característicos?

Referências

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

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

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

Bañuelos, F. S. (1990). Didáctica de la educación física 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.

Bermeosolo, J. (1989). El deporte educativo; psicokinética y aprendizaje motor. Buenos Aires: Paidós.

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

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

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

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). Cordoba, Cordoba, Argentina: IPEF

Di Santo, A. (2016). Sistema Sensorial. Cordoba, Cordoba, Argentina.

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

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

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

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

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

Di Santo, M. (14 de Octubre, 2015). Toma de desicion y logica motriz. Cordoba, 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. Australia: 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. España: 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). 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. Cordoba: El Galeno.

Loyber, I. (2012). Funciones motoras del sistema nervioso. Cordoba: El Galeno.

Loyber, I. (2012). Introducción a la fisiología del sistema nervioso. Cordoba: El Ganelo.

- Luria, A.** (1973). The working brain, and 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 técnica. 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: Humanic 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. 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.