

**NEUROMODULAÇÃO ATRAVÉS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA  
POR CORRENTE CONTÍNUA: PRESCRIÇÃO DA SESSÃO QUE RETARDA A FADIGA**Nelson Kautzner Marques Junior<sup>1</sup>**RESUMO**

O objetivo do artigo de revisão foi explicar como utilizar a ETCC e informar como essa técnica retarda a fadiga. A ETCC neuromodula a excitabilidade cortical, inibindo ou excitando com corrente elétrica de baixa intensidade no cérebro. A corrente anódica excita o cérebro e corrente catódica tem efeito oposto. A excitabilidade cortical ocorre no sujeito através de um eletrodo que é fixado no cérebro. O córtex insular esquerdo é estimulado quando o eletrodo é fixado no lobo temporal esquerdo, isso gera maior participação do sistema nervoso parassimpático e ocasiona uma maior demora da fadiga. Em conclusão, a ETCC é um recurso ergogênico que reduz a fadiga.

**Palavras-chave:** Esforço Físico. Eletrodo. ETCC.

**ABSTRACT**

Neuromodulation through of the transcranial direct current stimulation: prescription of the session that delay the fatigue

The objective of the review article was to explain how to use the tDCS and inform how this technique delays the fatigue. The tDCS modulates the cortical excitability, inhibiting or exciting with electrical current stimulation in the brain. The anodic current excites the brain and cathodic current has opposite effect. The cortical excitability occurs in the subject though of an electrode that is fixed in the brain. The left insular cortex is stimulated when the electrode is fixed in the left temporal lobe, this causes greater participation of the parasympathetic nervous system and cause a further delay of the fatigue. In conclusion, the tDCS is an ergogenic aid that reduces the fatigue.

**Key Words:** Physical Exertion. Electrode. TDCS.

1-Mestre em Ciência da Motricidade Humana pela Universidade Castelo Branco, RJ, Brasil.

E-mail do autor:  
kautzner123456789junior@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A neuromodulação consiste de estimular com eletricidade baixa uma região do cérebro de maneira não invasiva para proporcionar benefícios num espaço curto de tempo (Kidgell e colaboradores, 2013).

O uso da estimulação elétrica no cérebro iniciou 43 a 48 depois de Cristo, na Roma Antiga, sendo aplicado um peixe elétrico enrolado na cabeça do paciente com o intuito de aliviar as dores de cabeça (Boggio, 2006).

O início da estimulação elétrica controlada aconteceu no século XVIII e XIX, através de Luigi Galvani, o físico italiano realizou diversos estudos com eletricidade, a maioria dos trabalhos se encontra na sua obra *De Viribus Electricitates in Motu Musculari Commentatius* publicada em 1791 (Bresadola, 1998).

Outro físico italiano, Alessandro Volta, conduziu vários experimentos com eletricidade, isso culminou com a elaboração da pilha voltaica, sendo a primeira bateria elétrica (Brunoni, Boggio e Fregni, 2012).

Giovanni Aldini, sobrinho de Luigi Galvani, também físico italiano, praticou algumas pesquisas com a pilha voltaica na estimulação cerebral de cadáveres.

Os médicos Bartholow, Sciamanna e Alberti, foram muito importantes para evolução da estimulação elétrica do cérebro no século XIX, esses pesquisadores foram os primeiros a utilizar a estimulação elétrica do cérebro na medicina (Zago e colaboradores, 2008).

Apesar da dificuldade de divulgar no século XIX, a eletroconvulsoterapia, assim era conhecida a estimulação elétrica do cérebro, ela foi bastante utilizada em experimentos em animais e nos estudos de algumas doenças - problemas mentais, depressão, epilepsia e outros (Hirshbein e Sarvananda, 2008; Hudgkin e Huxley, 1953; Penfield e Steelman, 1947; Terzuolo e Bullock, 1956).

Nos anos 70 a 2000, com a evolução da psicofarmacologia, a eletroconvulsoterapia sofreu um abandono, principalmente as técnicas não invasivas de neuromodulação (Brunoni, Boggio e Fregni, 2012).

Mas a partir de 1998, a eletroconvulsoterapia reapareceu através da técnica não invasiva de estimular com eletricidade o cérebro, pela estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), no estudo de Priori e colaboradores (1998).

Dando continuidade a esses estudos da ETCC, Nitsche e Paulus (2000) mostraram a diferença da corrente anódica e catódica.

Um desses autores, o alemão Nitsche, atualmente é considerado um dos principais pesquisadores da ETCC, conduziu diversos estudos com essa técnica de neuromodulação e evidenciou que essa sessão muda excitabilidade cortical do indivíduo (Nitsche e colaboradores, 2005), melhora o tempo de reação da pessoa (Nitsche e colaboradores, 2003) e ameniza ou cura diversas doenças (Nitsche e colaboradores, 2008).

Atualmente é conclusivo na literatura da ETCC que essa técnica de neuromodulação cura ou reduz o acidente vascular cerebral (Santos e colaboradores, 2013), melhora os transtornos da depressão (Moffa e colaboradores, 2014), finaliza com a dependência de drogas e/ou do álcool (Jansen e colaboradores, 2013), diminui as dores crônicas (Fregni e colaboradores, 2006), trata da fibromialgia (Fregni e colaboradores, 2006b), melhora os transtornos causados pelo Parkinson (Boggio e colaboradores, 2006) e pelo Alzheimer (Nardone e colaboradores, 2012), diminui o apetite de pessoas obesas (Montenegro e colaboradores, 2012), melhora o estado psicológico de pessoas impulsivas (Beeli e colaboradores, 2008), otimiza o funcionamento da memória de trabalho (Zaehle e colaboradores, 2011) e outros.

A ETCC na Educação Física pode ser utilizada para maximizar o desempenho atlético do esportista porque diminui a percepção da fadiga e permite que o indivíduo aguente efetuar por mais tempo o esforço físico (Vitor-Costa e colaboradores, 2012), aumenta o fluxo sanguíneo cerebral (Merzagora e colaboradores, 2010), talvez esse estímulo possa retardar a fadiga durante o exercício.

Outro benefício da ETCC para o esporte, que após o estímulo, ela permite aumentar a força (Cogiamanian e colaboradores, 2007), melhora a velocidade, torna o tempo de reação mais breve (Hunter e colaboradores, 2009), facilita o aprendizado de algumas habilidades motoras (Antal e colaboradores, 2004) e otimiza o julgamento visual (Costa e colaboradores, 2015).

Entretanto, às vezes essa sessão pode não proporcionar os benefícios esperados, foi evidenciado no estudo de Tanaka e colaboradores (2009) que a força e o

tempo de reação não melhoraram significativamente ( $p > 0,05$ ).

Portanto, sabendo dos benefícios da ETCC para o esporte de rendimento, uma revisão sobre esse tema torna-se importante.

O objetivo do artigo de revisão foi explicar como utilizar a ETCC e informar como essa técnica retarda a fadiga.

### Procedimentos para o uso da ETCC e neuromodulação da fadiga

O primeiro procedimento para o professor usar a ETCC na sua sessão é possuir habilitação para manusear esse equipamento (Fregni, 2014).

A ETCC neuromodula a excitabilidade cortical, inibindo ou excitando com corrente elétrica de baixa intensidade que aplicado ao cérebro atinge as regiões corticais e subcorticais (Schestatsky, Morales-Quezada e Fregni 2013). O tipo de excitabilidade cortical depende da polaridade da corrente (Cavanaghi e colaboradores, 2013).

A corrente anódica tem polaridade positiva, seu efeito induz a despolarização da membrana do neurônio, facilitando o disparo do impulso nervoso ou do potencial de ação (Brunoni, Pinheiro e Boggio, 2012).

Portanto, a corrente anódica aumenta a excitabilidade cortical. Enquanto que a corrente catódica tem efeito oposto, é negativa e causa uma hiperpolarização da membrana do neurônio, diminuindo a excitabilidade cortical (Brunoni e colaboradores, 2012).

Caso o leitor não esteja familiarizado com os artigos científicos da ETCC, nesses estudos existem mais dois tipos de participantes da pesquisa, o sham que é uma estimulação falsa, ou seja, a pessoa faz por alguns segundos a ETCC e ela é interrompida, mas o indivíduo não sabe desse procedimento (Gandiga e colaboradores, 2006).

O outro participante da investigação da ETCC é o placebo, que não faz essa sessão (Brunoni e colaboradores, 2014). Ambas amostras servem de parâmetro para o pesquisador saber os benefícios da ETCC anódica e catódica no ser humano.

Para ocorrer excitabilidade cortical no indivíduo que faz a sessão da ETCC, é fixado um eletrodo na região do crânio que merece ser estimulada para causar os benefícios dessa tarefa e outro eletrodo contralateral (Villamar e colaboradores, 2013). Detalhes

onde colocar o eletrodo conforme o objetivo de estimulação veja em Gonçalves e Jesus (2012).

O eletrodo para ser fixado no crânio merece estar coberto por esponja embebida com soro fisiológico ou com gel condutor, conforme a meta da sessão é aplicada um tamanho de eletrodo que variam de 1 a 35 cm<sup>2</sup>, os mais usados são de 25 ou 35 cm<sup>2</sup> (DaSilva e colaboradores, 2011; Wagner, 2012).

O eletrodo menor aumenta a densidade da corrente elétrica, focalizando o local da neuromodulação.

As outras variáveis indicadas para o professor elaborar a sessão de ETCC são as seguintes (Caumo, 2012; Montenegro e colaboradores, 2013; Okano e colaboradores, 2013; Wagner, 2012):

- **Intensidade:** 0,5 a 2 miliampères (mA), acima dessa intensidade é doloroso para o praticante da sessão.
- **Duração:** 5 a 40 minutos (min), mais comum nos estudos é a duração de 10 a 40 min. Acima desse tempo é desconfortável para o indivíduo.
- **Número Total de Sessões:** Ainda não foi estabelecido.

Caso o leitor queira observar os procedimentos de como montar e aplicar a ETCC no ser humano é indicado os seguintes vídeos científicos:

- <http://www.jove.com/video/50426/simultaneous-eeg-monitoring-during-transcranial-direct-current> (Schestatsky, Morales-Quezada e Fregni 2013),
- <http://www.jove.com/video/2744/electrode-positioning-montage-transcranial-direct-current> (DaSilva e colaboradores, 2011),
- <http://www.jove.com/video/50309/technique-considerations-use-4x1-ring-high-definition-transcranial> (Villamar e colaboradores, 2013) e
- <http://www.jove.com/video/52302/modulating-cognition-using-transcranial-direct-current-stimulation> (Pope, 2015).

A neuromodulação pela ETCC parece proporcionar uma facilitação sináptica, mas ela

atua principalmente na mudança da membrana do neurônio, na despolarização ou na hiperpolarização, depende do tipo de corrente elétrica utilizada no cérebro (Stagg e Nitsche, 2011; Venkatakishnan e Sandrini, 2012). Conforme o tempo de estímulo dessa sessão, os benefícios podem durar alguns segundos ou até muitas horas (Shiozawa e colaboradores, 2013).

Caumo (2012) informou que os parâmetros de segurança para o uso da ETCC referente a densidade da corrente e o total de carga por bloco merecem ser respeitados para

essa técnica não causar malefícios na saúde do praticante. Primeiro o professor deve resolver os cálculos e depois consulta a tabela 1 indicada pelo mesmo autor referenciado nesse parágrafo.

**Densidade de Corrente** = (intensidade mA : tamanho do eletrodo mA/cm<sup>2</sup>) . Duração da sessão = ? mA/cm<sup>2</sup>

**Total de Carga por Bloco** = (intensidade mA : tamanho do eletrodo mA/cm<sup>2</sup>) . n<sup>o</sup> de sessões = ? C/cm<sup>2</sup>

**Tabela 1 - Parâmetros de segurança da ETCC.**

| Sujeito  | Corrente | Densidade de Corrente (mA/cm <sup>2</sup> ) | Total de Carga por Sessão (C/cm <sup>2</sup> ) | Total de Carga por Bloco de Tratamento (C/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|----------|---|--|---|
| Saudável | Anódica  | 0,025 a 0,00667                             | 0,0045 a 0,08                                  | -   |
| Saudável | Catódica | 0,0204 a 0,08                               | 0,00245 a 0,096                                | -   |
| Paciente | Anódica  | 0,0286 a 0,0571                             | 0,00514 a 0,06868                              | 0,0206 a 0,686  |
| Paciente | Catódica | 0,0286 a 0,0571                             | 0,00514 a 0,0686                               | 0,0206 a 0,172  |

A ETCC pode causar efeitos adversos no praticante dessa técnica, mas nenhum desses incômodos ocasiona dano no cérebro, os mais comuns são os seguintes (Bikson, Datta, e Elwassif, 2009; Brunoni e colaboradores, 2011; Brunoni, Ponheiro e Boggio, 2012; Caumo, 2012):

- Desconforto, podendo ser reduzido se a esponja do eletrodo estiver com soro fisiológico com concentração entre 15 a 40 mM;
- Cefaleia;
- Vertigem;
- Náusea;
- Irritação na pele;
- Coceira;
- Formigamento e
- Queimação da pele.

Verifique se o indivíduo possui alergia na pele antes de colocar o eletrodo para isso não se agravar com a prática da ETCC. Muitas vezes a ETCC causa vermelhidão na pele na região que estava o eletrodo, provavelmente

esse acontecimento é por causa da vasodilatação.

O sistema nervoso parassimpático se localiza no tronco cerebral, sendo formado pelos nervos cranianos oculomotor (nervo III), facial (nervo VII), glossofaríngeo (nervo IX) e pela parte inferior da medula espinhal, na porção sacral S2 a S4 (Hepanha, 2004).

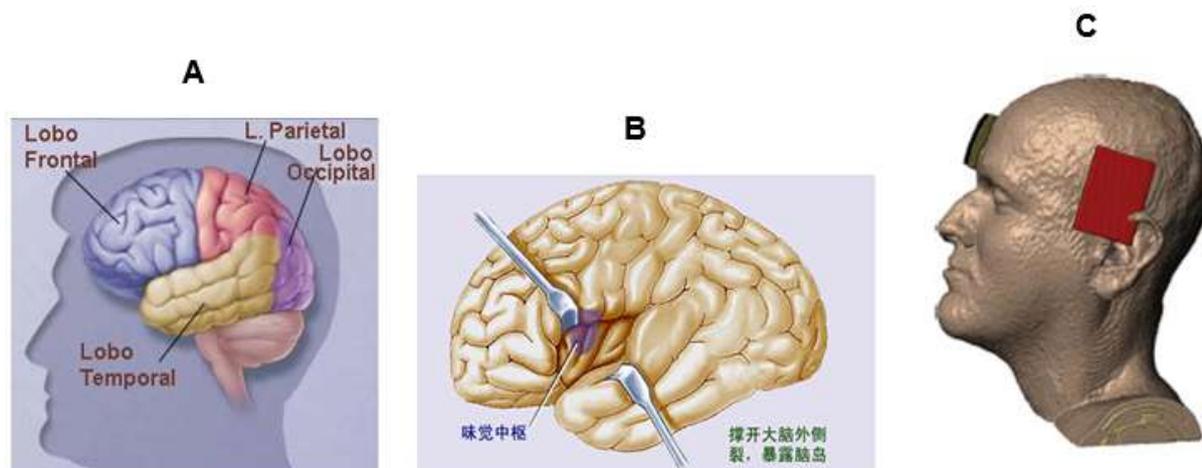
A principal função dos neurônios parassimpáticos quando libera acetilcolina é inibir as funções dos órgãos do ser humano, por exemplo, atua na diminuição da frequência cardíaca (FC), reduz a força de contração do miocárdio (da sístole), provoca vasoconstrição dos vasos coronarianos, ocasiona broncoconstrição dos pulmões e outros (McArdle, Katch e Katch, 2011).

O estímulo da ETCC no córtex insular direito aumenta a resposta simpática cardiovascular, enquanto que a neuromodulação da ETCC no córtex insular esquerdo ocasiona um aumento da atividade parassimpática cardiovascular, isso retarda o aparecimento da fadiga (Montenegro e colaboradores, 2011).

Portanto, para conseguir estimular o córtex insular esquerdo e consequentemente gerar uma maior participação do sistema

nervoso parassimpático, é necessário fixar o eletrodo da ETCC no lobo temporal esquerdo com o intuito de retardar a fadiga porque esse estímulo ocasiona uma diminuição da percepção subjetiva do esforço, reduz a FC,

modifica o débito cardíaco e a pressão arterial (Okano e colaboradores, 2013, 2013b). A figura 1 mostra o local da estimulação da ETCC que reduz a fadiga.



**Figura 1** - (A) lobo temporal, (B) córtex insular e o (C) eletrodo da ETCC no lobo temporal esquerdo.

O aumento da intensidade do exercício está associado com a diminuição do fluxo sanguíneo cerebral (Nybo e Secher, 2004), isso acontece porque a hiperventilação reduz o dióxido de carbono arterial resultando na vasoconstrição cerebral e conseqüentemente diminui do fluxo sanguíneo para essa região anatômica e proporciona uma menor oferta de oxigênio (Perrey, 2009).

Essa resposta fisiológica do fluxo sanguíneo cerebral costuma ser um dos causadores da fadiga. Entretanto, é conclusivo na literatura que a estimulação do cérebro pela ETCC aumenta o fluxo sanguíneo cerebral (Ishikuro e colaboradores, 2014; Lang e colaboradores, 2005; Zheng, Alsop e Schlaug, 2011), merecendo ser verificado se essa a neuromodulação pela ETCC reduz o nível de fadiga do praticante do exercício.

### CONCLUSÃO

A ETCC é uma técnica de neuromodulação de baixo custo financeiro e de fácil manuseio quando o indivíduo é habilitado para essa prática.

Entretanto, apesar de ser verificado que a ETCC reduz a fadiga, precisam de mais estudos para detectar se essa técnica causa um incremento nos resultados esportivos.

Em conclusão, a ETCC é um recurso ergogênico que reduz a fadiga ou prorroga esse incômodo fisiológico durante a prática do exercício físico.

### REFERÊNCIAS

- 1-Antal, A.; Nitsche, M.; Kincses, T.; Kruse, W.; Hoffmann, K-P.; Paulus, W. Facilitation of visuo-motor learning by tDCS of the motor and extra striate visual areas in humans. *Eur J Neurosci*. Vol. 19. Num. 10. p. 2888-2892. 2004.
- 2-Beeli, G.; Casutt, G.; Baumgartner, T.; Jäncke, L. Modulating presence and impulsiveness by external stimulation of the brain. *Beh Brain Funct*. Vol. 4. Num. 33. p. 1-7. 2008.
- 3-Bikson, M.; Datta, A.; Elwassif, M. Establishing safety limits for tDCS. *Clin Neurophysiol*. Vol. 120. Num. 6. p. 1033-1034. 2009.
- 4-Boggio, P. Efeitos da ETCC sobre a memória operacional e controle motor. 123 p. Tese de Doutorado. Doutorado em Neurociências e Comportamento. São Paulo. USP. 2006.

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

5-Boggio, P.; Ferrucci, R.; Rigomatti, S.; Covre, P.; Nitsche, M.; Pascual-Leone, A.; Fregni, F. Effects of tDCS on working memory in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Sci*. Vol. 249. Num. 1. p. 31-38. 2006.

6-Bresadola, M. Medicine and Science in the life of Luigi Galvani. *Brain Res Bull*. Vol. 46. Num. 5. p. 367-380.1998.

7-Brunoni, A.; Amadera, J.; Berbel, B.; Volz, M.; Rizzerio, B.; Fregni, F. A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with tDCS. *Int J Neuropsychopharmacol*. Vol. 14. Num. 8. p. 1133-1145. 2011.

8-Brunoni, A.; Boggio, P.; Fregni, F. Estimulação elétrica no sistema nervoso central: uma breve revisão histórica. In: Fregni, F.; Boggio, P.; Brunoni, A. (Orgs.). *Neuromodulação terapêutica: princípios e avanços da estimulação cerebral não invasiva em neurologia, reabilitação, psiquiatria e neuropsicologia*. São Paulo: Sarvier. 2012. p. 3-20.

9-Brunoni, A.; Pinheiro, F.; Boggio, P. Estimulação transcraniana por corrente contínua. In: Fregni, F.; Boggio, P.; Brunoni, A. (Orgs.). *Neuromodulação terapêutica: princípios e avanços da estimulação cerebral não invasiva em neurologia, reabilitação, psiquiatria e neuropsicologia*. São Paulo: Sarvier. 2012. p. 65-75.

10-Brunoni, A.; Nitsche, M.; Bolognini, N.; Bikson, M.; Wagner, T.; Marabet, L.; Edwards, D.; Vabro-Cabre, A.; Rotenberg, A.; Priori, A.; Baggio, P.; Fregni, F. tDCS: challenges and future directions. *Brain Stimul*. Vol. 5. Num. 3. p. 175-195. 2012.

11-Brunoni, A.; Schestatsky, P.; Lotufo, P.; Benseñor, I.; Fregni, F. Comparison of blinding effectiveness between sham tDCS and placebo sertraline in a 6 – week major depression randomized clinical trial. *Clin Neurophysiol*. Vol. 125. Num. 2. p. 298-305. 2014.

12-Cavenaghi, V.; Serafim, V.; Santos, M.; Simis, M.; Fregni, F.; Gagliardi, R. Estimulação cerebral não invasiva na prática clínica:

atualização. *Arq Med*. Vol. 58. Num. 1. p. 29-33. 2013.

13-Caumo, W. Segurança no uso da neuromodulação. In: Fregni, F.; Boggio, P.; Brunoni, A. (Orgs.). *Neuromodulação terapêutica: princípios e avanços da estimulação cerebral não invasiva em neurologia, reabilitação, psiquiatria e neuropsicologia*. São Paulo: Sarvier. 2012. p. 30-49.

14-Cogiamanian, F.; Marceglia, S.; Ardolino, G.; Barbieri, A.; Priori, A. Improved isometric force endurance after tDCS over the human motor cortical areas. *Eur J Neurosci*. Vol. 26. Num. 2. p. 242-249. 2007.

15-Costa, T.; Costa, M.; Magalhães, A.; Rêgo, G.; Nagy, B.; Boggio, P.; Ventura, D. The role of early stages of cortical visual processing in size and distance judgment: a tDCS stimulation study. *Neurosci Lett*. Vol. 588. Num.-. p. 78-82. 2015.

16-Da Silva, A.; Valz, M.; Bikson, M.; Fregni, F. Electrode positioning and montage in tDCS. *J Vis Exp*. Vol. -. Num. 51. p. 1-11. 2011.

17-Fregni, F. Futuro da estimulação cerebral não invasiva. VI Simpósio Internacional em Neuromodulação. São Paulo. 25 a 27 de agosto de 2014.

18-Fregni, F.; Boggio, P.; Lima, M.; Ferreira, M.; Wagner, T.; Rigonatti, S.; Castro, A.; Souza, D.; Ribeiro, M.; Freedman, S.; Nitsche, M.; Pascual-Leone, M. A sham-controlled, phase II trial of tDCS for the treatment of central pain in traumatic spinal cord injury. *Pain*. Vol. 122. Num. 1-2. p. 197-209. 2006.

19-Fregni, F.; Gimenes, R.; Valle, A.; Ferreira, M.; Rocha, R.; Natalle, L.; Bravo, R.; Rigonatti, S.; Freedman, S.; Nitsche, M.; Pascual-Leone, A.; Boggio, P. Arandomized, sham-controlled, proof of principle study of tDCS for the treatment of pain in fibromyalgia. *Arthritis Rheum*. Vol. 54. Num. 12. p. 3988-3998. 2006b.

20-Gandiga, P.; Hummel, F.; Cohen, L. tDCS: a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. *Clin Neurophysiol*. Vol. 117. Num. 4. p. 845-850. 2006.

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

- 21-Gonçalves, E.; Jesus, S. Stress prevention by modulation of autonomic nervous system (heart rate variability): a preliminary study using tDCS. *OJPsych*. Vol. 2. Num. 2. p. 113-122. 2012.
- 22-Hespanha, R. Ergometria. Rio de Janeiro: Rubio. 2004.
- 23-Hirshbein, L.; Sarvananda, S. History, power, and electricity: american popular magazine accounts of electroconvulsive therapy, 1940-2005. *J Hist Behav Sci*. Vol. 44. Num. 1. p. 1-18. 2008.
- 24-Hodgkin, A.; Huxley, A. Movement of radioactive potassium and membrane current in a giant axon. *J Physiol*. Vol. 121. Num. 2. p. 403-414. 1953.
- 25-Hunter, T.; Sacco, P.; Nitsche, M.; Turner, D. Modulation of internal model formation during force field-induced motor learning by anodal tDCS of primary motor cortex. *J Physiol*. Vol. 587. Num. 12. p. 2949-2961. 2009.
- 26-Ishikuro, K.; Urakawa, S.; Takamoto, K.; Ishikawa, A.; Ono, T.; Nishijo, H. Cerebral functional imaging using near-infrared spectroscopy during repeated performance of motor rehabilitation tasks tested on healthy subjects. *Front Hum Neurosci*. Vol. 8. Num. 292. p. 1-13. 2014.
- 27-Jansen, J.; Daams, J.; Koeter, M.; Veltman, D.; Brink, W.; Goudriaan, A. Effects of non-invasive neurostimulation on craving: a meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. Num. 37. Num. 10. p. 2472-2480. 2013.
- 28-Kidgell, D.; Goodwill, A.; Frazer, A.; Daly, R. Induction of cortical plasticity and improved motor performance following unilateral and bilateral tDCS of the primary motor cortex. *BMC Neurosci*. Vol. 14. Num. 14. p. 1-12. 2013.
- 29-Lang, N.; Siebner, H.; Ward, N.; Lee, L.; Nitsche, M.; Paulus, W.; Rothwell, J.; Lemon, R.; Frackowiak, R. How does tDCS of the primary motor cortex alter regional neuronal activity in the human brain? *Eur J Neurosci*. Vol. 22. Num. 2. p. 495-504. 2005.
- 30-McArdle, W.; Katch, F.; Katch, V. Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara. 2011.
- 31-Merzagora, A.; Foffani, G.; Panyavin, I.; Mordillo-Mateos, L.; Aguilar, J.; Onaral, B.; Oliveiro, A. Prefrontal hemodynamic changes produced by anodal tDCS. *Neuroimage*. Vol. 49. Num. 3. p. 2304-2310. 2010.
- 32-Moffa, A.; Valienzo, L.; Shiozawa, P.; Brunoni, A.; Novel neurotherapeutics in psychiatry: use and rationale of tDCS in major depressive disorder. *Rev Psiq Clin*. Vol. 41. Num. 1. p. 15-20. 2014.
- 33-Montenegro, R.; Farinatti, P.; Fontes, E.; Soares, P.; Cunha, F.; Gurgel, J.; Porto, F.; Cyrino, E.; Okano, A. tDCS influences the cardiac autonomic nervous control. *Neurosci Lett*. Vol. 497. Num. 1. p. 32-36. 2011.
- 34-Montenegro, R.; Okano, A.; Cunha, F.; Gurgel, J.; Fontes, E.; Farinatti, P. Prefrontal cortex tDCS associated with aerobic exercise change aspects of appetite sensation in overweight adults. *Appetite*. Vol. 58. Num. 1. p. 333-338. 2012.
- 35-Montenegro, R.; Okano, A.; Machado, S.; Porto, F.; Gurgel, J.; Farinatti, P. ETCC: da aplicação clínica ao desempenho físico. *Rev HUPE*. Vol. 12. Num. 4. p. 27-37. 2013.
- 36-Nardone, R.; Bergmann, J.; Christova, M.; Caleri, F.; Tezzon, F.; Ladurner, G.; Trinkka, E.; Golaszewski, S. Effect of tDCS for the treatment of Alzheimer disease: a review. *Int J Alzheimer Dis*. Vol. -. Num. -. p. 1-5. 2012.
- 37-Nitsche, M.; Paulus, W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak tDCS. *J Physiol*. Vol. 527. Num. 3. p. 633-639. 2000.
- 38-Nitsche, M.; Schauenburg, A.; Lang, N.; Liebetanz, D.; Exner, C.; Paulus, W.; Tergau, R. Facilitation of implicit motor learning by weak tDCS of the primary motor cortex in the human. *J Cogn Neurosci*. Vol. 15. Num. 4. p. 619-626. 2003.
- 39-Nitsche, M.; Seeber, A.; Frommann, K.; Klein, C.; Rochford, D.; Nitsche, M.; Fricke, K.;

- Liebetanz, D.; Lang, N.; Antal, A.; Paulus, W.; Tergau, F. Modulating parameters of excitability during and after tDCS of the human motor cortex. *J Physiol.* Vol. 568. Num. 1. p. 291-303. 2005.
- 40-Nitsche, M.; Cohen, L.; Wassermann, E.; Priori, A.; Long, N.; Antal, A.; Paulus, W.; Hummel, F.; Boggio, P.; Fregni, F.; Pascual-Leone, A. tDCS: state of the art 2008. *Brain Stimul.* Vol. 1. Num. 3. p. 206-223. 2008.
- 41-Nybo, L.; Secher, N. Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. *Prog Neurobiol.* Vol. 72. Num. 4. p. 223-61. 2004.
- 42-Okano, A.; Montenegro, R.; Farinatti, P.; Li, L.; Brunoni, A.; Fontes, E. Estimulação cerebral na promoção da saúde e melhoria do desempenho físico. *Rev Bras Educ Fís Esp.* Vol. 27. Num. 2. p. 315-332. 2013.
- 43-Okano, A.; Fontes, E.; Montenegro, R.; Farinatti, P.; Cyrino, E.; Li, L.; Bikson, M.; Noakes, T. Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. *Br J Sports Med.* Vol. -. Num. -. p. 1-7. 2013b.
- 44-Penfield, W.; Steelman, H. The treatment of focal epilepsy by cortical excision. *Ann Surg.* Vol. 126. Num. 5. p. 740-761. 1947.
- 45-Perrey, S. Decrease in cerebral oxygenation influences central motor output in humans. *Acta Physiol.* Vol. 196. Num. 3. p. 279-81. 2009.
- 46-Pope, P. Modulating cognition using tDCS of the cerebellum. *J Vis Exp.* Vol. -. Num. 96. p. 1-9. 2015.
- 47-Priori, A.; Berardelli, A.; Rona, S.; Accornero, N.; Manfredi, M. Polarization of the human motor cortex through the scalp. *Neuroreport.* Vol. 9. Num. 10. p. 2257-2260. 1998.
- 48-Santos, M.; Gagliardi, R.; Mac-Kay, R.; Boggio, P.; Lianza, R.; Fregni, F. tDCS induced in stroke patients with aphasia: a prospective experimental cohort study. *Med J.* Vol. 131. Num. 6. p. 422-426. 2013.
- 49-Schestatsky, P.; Morales-Quezada, L.; Fregni, F. Simultaneous EEG monitoring during tDCS. *J Vis Exp.* Vol. -. Num. 76. p. 1-11. 2013.
- 50-Shiozawa, P.; Silva, M.; Fregni, F.; Brunoni, A.; Cordeiro, Q. ETCC: no tratamento de distúrbios psiquiátricos: o que sabemos até agora?. *Arq Med.* Vol. 58. Num. 1. p. 34-37. 2013.
- 51-Stagg, C.; Nitsche, M. Physiological basis of tDCS. *Neuroscientist.* Vol. 17. Num. 1. p. 37-53. 2011.
- 52-Tanaka, S.; Hanakawa, T.; Honda, M.; Watanabe, K. Enhancement of pinch force in the lower leg by anodal tDCS. *Exp Brain Res.* Vol. 196. Num. 3. p. 459-465. 2009.
- 53-Terzuolo, C.; Bullock, T. Measurement of imposed voltage gradient adequate to modulate neuronal firing. *PNAS.* Vol. 42. Num. 9. p. 687-694. 1956.
- 54-Venkatakrishnan, A.; Sandrini, M. Combining TDCS stimulation and neuroimaging: novel insights in understanding neuroplasticity. *J Neurophysiol.* Vol. 107. Num. 1-4. p. 1-4. 2012.
- 55-Villamar, M.; Volz, M.; Bikson, M.; Datta, A.; Da Silva, A.; Fregni, F. Technique and considerations in the use of 4x1 ring high-definition tDCS (HD-tDCS). *J Vis Exp.* Vol. -. Num. 77. p. 1-15. 2013.
- 56-Vitor-Costa, M.; Pereira, L.; Montenegro, R.; Okano, A.; Altimari, L. A ETCC como recurso ergogênico: uma nova perspectiva no meio esportivo. *Rev Educ Fís/UEM.* Vol. 23. Num. 2. p. 167-174. 2012.
- 57-Wagner, T. Princípios físicos. In: Fregni, F.; Boggio, P.; Brunoni, A. (Orgs.). *Neuromodulação terapêutica: princípios e avanços da estimulação cerebral não invasiva em neurologia, reabilitação, psiquiatria e neuropsicologia.* São Paulo: Sarvier. 2012. p. 547-556.
- 58-Zaehle, T.; Sandmann, P.; Thorne, J.; Jäncke, L.; Herrmann, C. tDCS of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioural and

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

---

electrophysiological evidence. BMC Neurosci. Vol. 12. Num. 2. p. 1-11. 2011.

59-Zago, S.; Ferruci, R.; Fregni, F.; Priori, A. Bartholow, Sciamanna, Alberti: pioneers in the electrical stimulation of the exposed human cerebral cortex. Neuroscientist. Vol. 14. Num. 5. p. 521-528. 2008.

60-Zheng, X.; Alsop, D.; Schlaug, G. Effects of tDCS on human regional cerebral blood flow. Neuroimage. Vol. 58. Num. 1. p. 26-33. 2011.

Recebido para publicação 21/02/2015

Aceito em 26/05/2015