



UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

FCS/ESS

LICENCIATURA EM FISIOTERAPIA

PROJECTO E ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE II

**O NEUROFEEDBACK COMO COADJUVANTE DA FISIOTERAPIA:  
UMA REVISÃO NARRATIVA**

Maria Rui Silva Ferreira

Estudante de Fisioterapia

Escola Superior de Saúde – UFP

[29124@ufp.edu.pt](mailto:29124@ufp.edu.pt)

Fátima Santos

Doutora em Ciências do Desporto

Docente da Faculdade de Ciências da Saúde - UFP

[fatimas@ufp.edu.pt](mailto:fatimas@ufp.edu.pt)

Rita Machado

Licenciada em Ciências Farmacêuticas

[ritamachado.m@gmail.com](mailto:ritamachado.m@gmail.com)

Porto, Maio de 2017

## Resumo

**Objetivos:** Aprofundar os conhecimentos sobre *neurofeedback* e analisar a sua aplicabilidade como coadjuvante do tratamento de fisioterapia. **Metodologia:** Foram utilizados artigos pesquisados nas bases de dados *PUBmed*, *PEDro*, *ScienceDirect*, *B-on*, *Springer*, *ResearchGate* e livros relacionados com o *neurofeedback* e/ou a sua aplicação em em pacientes com alterações ou motoras, ou motoras associadas a cognitivas, com e sem tratamentos coadjuvantes. **Desenvolvimento:** O *neurofeedback* é uma terapia em que se utiliza um sistema de leitura das ondas cerebrais e um tipo de feedback de forma a adaptar a actividade encefálica de forma não invasiva. Tem sido utilizado em diversas patologias como Acidente Vascular Encefálico, Paralisia cerebral, esclerose múltipla e fibromialgia, mas também para aumento de performance em atletas com resultados positivos. **Conclusões:** É importante que esta terapia seja divulgada e do conhecimento do fisioterapeuta, para que se alargue o espectro de alternativas coadjuvantes à intervenção da fisioterapia, na melhoria funcional das pessoas.

## Abstract

**Objectives:** To deepen the knowledge about *neurofeedback* and to analyze its applicability as a coadjuvant of the treatment of physical therapy. **Methodology:** There were included articles sourced from the databases *PUBMed*, *PEDro*, *ScienceDirect*, *B-on*, *Springer*, *ResearchGate* and books related with *neurofeedback* and/or its application in patients with motor or motor and cognitive impairments that undergo other treatments or not. **Development:** *Neurofeedback* is a therapy in wich it is used a reading system of the brain waves and a type of feedback to adapt the cortical activity noninvasively. It's been used in pathologies like stroke, cerebral palsy, multiple sclerosis and fibromialgia but also to enhance performance in athletes and healthy individuals. **Conclusions:** It is important to make this therapy known by physiotherapists, in order to wide the spectrum of coadjuvant alternatives in the intervention of physiotherapy, in the functional improvement of the people.

## **Introdução**

O *Neurofeedback* constitui um tipo de treino de *biofeedback* em que se mede a actividade neural de um indivíduo e que permite a sua modulação por auto-regulação cerebral, consoante o objectivo terapêutico. As ondas cerebrais são captadas pelo electroencefalograma (EEG), através da colocação de eléctrodos no couro cabeludo e convertidas, por uma interface, num *feedback* visual, auditivo ou táctil, em tempo real (Collura, 2014). É uma terapia não-invasiva, já que nenhuma corrente elétrica é transmitida para o encéfalo. No dia-a-dia, não se tem controlo sobre as ondas cerebrais pois não há consciência das mesmas, mas o *neurofeedback* dá a oportunidade de observar a sua actividade em tempo real e assim modelá-las (Hammond, 2011). Este processo psicofisiológico tem como objectivo estimular a auto-regulação de substratos neurais alterados por algum comportamento ou patologia (Sitaram et al., 2016), tirando vantagem da plasticidade cerebral para dar suporte a objectivos clínicos (Collura, 2014). Inicialmente, o *neurofeedback* era utilizado para relaxar o cérebro através da alteração das ondas cerebrais, contudo, pode também ter outros benefícios como o aumento da capacidade do sistema nervoso central para controlar o ciclo de concentração e relaxamento, as conexões cerebrais e o controlo cortical motor (Collura, 2014).

O objectivo desta revisão é aprofundar os conhecimentos sobre *neurofeedback* e analisar a sua aplicabilidade como coadjuvante do tratamento de fisioterapia.

## **Metodologia**

Foi realizada uma pesquisa nas bases de dados *PubMed*, *PEdro*, *ScienceDirect*, *B-on*, *Springer*, *ResearchGate* e em livros, de publicação entre 2007 e 2017. As palavras-chave utilizadas na pesquisa electrónica foram *Neurofeedback*, *Physical Therapy*, *EEG Biofeedback*, *Brainwave Training*, utilizando-se os comandos AND e OR. Foram admitidos na pesquisa artigos e livros em língua Inglesa, Portuguesa, Francesa e Espanhola. Foi recolhida informação sobre o conceito, os vários métodos e tipos de intervenção, mecanismos, aplicações e efeitos do *Neurofeedback* em diversas patologias, ou motoras por si só, ou motoras associadas a cognitivas, com e sem tratamentos adjuvantes.

## **Desenvolvimento**

### **História**

O *neurofeedback* teve início na década de 60, mas só em 1972 surgiu o primeiro estudo com humanos. Esta terapia dependeu de 3 pilares: 1) a descoberta do EEG (electroencefalograma) por Hans Berger em 1929, que permite a leitura de padrões de amplitudes geradas pela sincronização neuronal, as ondas cerebrais, 2) o condicionamento

clássico desenvolvido por Ivan Pavlov e 3) a teoria do condicionamento operante de Skinner (Othmer, 2016).

## Ondas cerebrais

As ondas cerebrais consistem no resultado dos impulsos eléctricos sincronizados de transmissão entre os neurónios piramidais que produzem padrões de actividade eléctrica (Marzbani, Marateb e Mansourian, 2016). As ondas estão descritas na seguinte **tabela 1**.

**Tabela 1.** Adaptada de Marzbani, Marateb e Mansourian (2016) e complementada com Azarpaikan, Torbati e Sohrabi (2014), Othmer e Othmer (2016) e Yu, Kang e Jung (2012).

Ondas	Frequência (Hz)	Função
Alfa	8-13	Relaxamento, meditação, auto-consciência
Alfa inferior	8-10	Recordações
Alfa superior	10-13	Optimização da performance cognitiva
Beta	15-20	Atenção, concentração, pensamento, estado de alerta, excitação e medo, funções executivas, equilíbrio
Beta altas	20-32	Ansiedade e estado de hiper-alerta
Teta	4-8	Processos de criatividade, estados profundos, inconsciência, depressão, ansiedade e distração
Delta	1-4	Sono profundo e inconsciência, resolução de problemas complexos, fases de reparação e doenças cerebrais graves - São facilmente alteradas por pequenos ruídos como o piscar de olhos (2-4Hz) e movimentos da cabeça (0,5-1Hz) ou devido a uma postura instável.
Gama	32-100 ou 40	Conhecimento, processo cognitivo, resolução de tarefas, actividade e organização cerebral, acuidade mental
Ritmo sensorio-motor	13-15	Alerta mental e relaxamento físico, propriocepção
Infra-baixas	0.01mHz-100mHz	No treino é possível uma regulação de sinais e sintomas variados, dependendo da localização. No geral, em frequência muito baixa, há uma hipoactividade, em muito alta, hiperactividade cortical.

Existem vários protocolos que visam treinar a actividade destas ondas, de denominação respectiva (Marzbani, Marateb e Mansourian, 2016). Há também protocolos que incluem dois tipos de ondas, como por exemplo o Alfa/Teta em que há um reforço de ambas (Othmer, 2009), ou aumento de uma relativamente à outra (Marzbani, Marateb e Mansourian, 2016).

## Métodos

Apesar da técnica do EEG ser a de primeira opção, passaram-se a utilizar métodos que compensavam a fraca resolução espacial do EEG, como a **magnetoencefalografia**, a **ressonância magnética funcional** e a **espectroscopia de infra-vermelho próximo** (Congedo e Sherlin, 2011). A **magnetoencefalografia** a partir da detecção do campo magnético permite um registo com elevada resolução temporal e espacial da actividade cerebral (Foldes, Weber e Collinger, 2015). A **ressonância magnética funcional** mede a actividade neural através da detecção de alterações no sinal dependente do nível de oxigénio sanguíneo (Sitaram et al. 2016). A **espectroscopia funcional por infra-vermelhos** mede as alterações regionais hemodinâmicas na hemoglobina oxigenada e desoxigenada através da luz-infravermelha (Mihara et al., 2013).

Tradicionalmente, o **EEG** é utilizado para detectar as ondas cerebrais através da aplicação de sensores no couro cabeludo, que são posteriormente convertidas em sinais de feedback por

uma interface, utilizando um computador e software (Collura, 2014). No **electroencefalograma**, o método mais usual de colocação de eléctrodos é o 10-20, que significa que os eléctrodos são colocados sobre 10% ou 20% da distância total entre locais específicos do crânio. As suas letras correspondem a áreas do cérebro, sendo que por exemplo Cz, C3, ou C4 correspondem ao córtex sensoriomotor e T3, T4, T5 e T6 correspondem aos lobos temporais. De 21 eléctrodos, 19 são utilizados para registar actividade de zonas corticais e 2 correspondem aos de referência, os lóbulos das orelhas, normalmente (Marzbani, Marateb e Mansourian, 2016).

O método de **EEG quantitativo (QEEG)** serve como diagnóstico e como tratamento. O sinal de EEG é analisado quantitativamente, decompondo o sinal e estimando o espectro de frequência (de Alfa a Gama), comparando os resultados com uma base de dados com frequências-padrão de indivíduos “normais” (Ex: Z-Score) (Johnstone e Lunt, 2011). Relativamente ao padrão, alguns indivíduos necessitam de aumentar a amplitude ou a rapidez das suas ondas cerebrais e outros precisam que estes parâmetros diminuam, em áreas específicas do encéfalo (Hammond, 2011). O método de **Othmer**, por outro lado, corresponde a um método que consiste na utilização de frequências infra-baixas (0.01 mHz a 100mHz) (desde 2006), utilizando-se um amplificador de sinal. Este método é mais individualizado, já que não há um padrão específico de frequências de referência, havendo, em vez disso, uma busca pela frequência ideal para o paciente e para cada hemisfério cerebral do mesmo (Othmer e Othmer, 2016). Nessa procura, tem-se como referência os sinais e sintomas do paciente, ou seja, se há uma melhoria, a frequência de treino é ideal para o paciente (Wiedemann, 2016; Othmer, 2016), sendo necessária uma adaptação constante do treino de *neurofeedback* aos resultados verificados no paciente. Usa uma montagem de eléctrodos bipolar (ex: T3-T4), ou seja, há dois activos em áreas distintas e há uma leitura de diferença de sinal de local para local (Othmer, 2016). Neste treino, há mais informação por unidade de tempo e o sinal é contínuo, havendo um registo de actividade mais abrangente e um controlo mais preciso. Além disso, comparativamente com métodos que utilizam altas frequências, em que o sinal é mais complexo e é influenciado por vários factores, neste tipo de frequências o sinal reflecte de forma mais pura a activação cortical. O cérebro actua automaticamente e não implica que o paciente tenha consciência do objectivo do treino (Wiedemann, 2016). Os resultados deste método de treino são válidos por si só, não sendo considerados placebo, nem necessário um estudo controlado com placebo para os comprovar (Othmer e Othmer, 2016).

No geral, no *neurofeedback*, inicia-se o treino no hemisfério direito, já que é onde se consolida primeiro a aprendizagem, o que só acontece posteriormente no hemisfério esquerdo

,e é um local de estabilização geral. Também pode iniciar-se com treino inter-hemisférico em casos de instabilidades como dores de cabeça, pânico, convulsões (Wiedemann, 2016; Othmer e Othmer, 2016). O treino deve ser específico, anatómica e funcionalmente (Collura, 2014), ou seja, devem ser colocados eléctrodos em locais do encéfalo responsáveis pela função que se quer treinar. Por exemplo, para treinar o equilíbrio e coordenação, os eléctrodos são colocados no temporal e parietal direito (em T4 e P4) (Othmer, 2015).

Os indivíduos sujeitos a este treino de auto-regulação cerebral deverão ser capazes de manter a aprendizagem e reproduzi-la sem o equipamento, tendo uma evolução positiva fisiológica mental e comportamental (Collura, 2014). Normalmente, cada sessão dura cerca de 20-30 minutos (Wiedemann, 2016) e são necessárias 5 a 10 sessões para que sejam verificadas melhorias. No total podem ser de 15 mas podem chegar a 50 sessões dependendo da patologia e paciente, não havendo um número estipulado. As alterações vão se tornando mais duradouras com os treinos (Hammond, 2011).

### **Tipos de neurofeedback**

**Tabela 2.** Tipos de Neurofeedback – baseado em Brühl (2015), Collura et al. (2009), Collura et al. (2014), Hammond (2001), Liew et al. (2015), Mihara et al. (2016), Marzbani, Marateb e Mansourian (2016), Othmer (2016), Sherlin (2009) e Subramanian et al. (2011).

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplo de aplicação</b>
Frequência/potência	Serve-se de 2 a 4 eléctrodos para alterar a amplitude ou velocidade de determinadas ondas cerebrais.	TDAH, AVE, Parkinson, Fibromialgia.
Potencial cortical lento	Utiliza os potenciais corticais lentos, que são polarizações positivas e negativas, que ocorrem lentamente (300 milissegundos a vários segundos). A actividade neural não é apresentada em ondas, mas numa amplitude geral.	Epilepsia.
LENS ou Neurofeedback de baixa energia	Utiliza sinais electromagnéticos fracos como onda para o feedback para assistir à reorganização da fisiologia cerebral.	TCE, fibromialgia, ADHD
Hemoencefalográfico	Fornece feedback na corrente sanguínea cerebral.	pós- AVE.
Z-score ao vivo	Método em que há cálculos contínuos num computador com base em variáveis relativas à actividade cerebral, comparados com um conjunto de dados normativos.	Insónia, ADHD.
LORETA ou tomografia electromagnética de baixa resolução	Consiste numa técnica de imagem funcional tridimensional em que o córtex é descrito através de um conjunto de voxels (elemento volumétrico de tecido cerebral). Utilizam-se 19 eléctrodos e localiza-se a actividade neural do paciente dentro de uma frequência baixa.	Depressão, distúrbio obsessivo-compulsivo.
Ressonância magnética Funcional em tempo real	Os dados são transferidos automaticamente do scanner de ressonância magnética para um computador que podem ser transformados em feedback quase em tempo real (2 a 4 segundos de <i>delay</i> ).	Pós-AVE, Parkinson.

Nota: TDAH – Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperactividade; AVE – Acidente Vascular Encefálico; TCE – Traumatismo Crânio-Encefálico

### **Localização dos processos**

Os locais do encéfalo de controlo do *Neurofeedback* são o tálamo, o córtex occipital lateral, córtex parietal posterior e córtex pré-frontal dorsolateral. A área onde se dá o processo de aprendizagem é o estriado dorsal. As responsáveis pelo processo de recompensa são o córtex anterior insular, o anterior cingulado e o estriado ventral (Sitaram et al., 2016).

### **Mecanismos do Neurofeedback**

Existe uma sequência de acontecimentos-chave neste processo após a colocação dos eléctrodos no couro cabeludo: a produção das ondas cerebrais, o seu registo pelo EEG, a sua

transformação em linguagem de computador, o processamento do sinal de acordo com as respectivas características, a produção do feedback, a auto-aprendizagem cerebral e a alteração fisiológica. A informação é transmitida em tempo real consoante a actividade cerebral (Collura, 2014). Pode ter-se como objectivos reforçar determinadas ondas e inibir a actividade de outras. Se o indivíduo estiver em padrão de activação desejado, ou seja, se estiver a realizar esses objectivos em simultâneo, é recompensado no *feedback*, não sendo recompensado se for verificado o contrário (Othmer, 2009). A título de exemplo, se o paciente estiver a ter um feedback representado por um filme, este só é emitido correctamente se estiver na frequência pretendida. Este exemplo, pode também aplicar-se no treino de frequências infra-baixas, mas lembrando que neste caso o objectivo não é aumentar ou diminuir determinadas ondas, mas sim treinar numa frequência ideal (Wiedemann, 2016).

Quando aplicado o *neurofeedback*, há mecanismos que ocorrem no cérebro de **auto-regulação, condicionamento operante, sincronização pós-reforçada** e outros. A **auto-regulação** corresponde ao processo no qual o cérebro automaticamente procura alcançar situações de recompensa, ou seja, um *feedback* que indique o sucesso, levando à aprendizagem, também automática, para produzir qualidades específicas (Collura, 2014). Este é capaz de identificar a mais pequena mudança no feedback e reconhece-o como resposta da sua actividade. Torna-se capaz de antecipar, controlar e corrigir o sinal (Othmer, 2016). O **condicionamento operante** corresponde ao mecanismo involuntário em que um estímulo produz um determinado comportamento porque tem uma recompensa. No *neurofeedback*, esse comportamento surge da recompensa no feedback a padrões de ondas cerebrais específicos. Por exemplo, no caso de um feedback auditivo de sinal de bom trabalho na tarefa, vai perceber (inconscientemente) que se encontra num padrão favorável de frequências de ondas, o que vai levar à tentativa de manutenção desse padrão. A **sincronização pós-reforçada** corresponde a um reforço da sincronização neuronal devido à percepção de sucesso do organismo, face ao registo de que uma tarefa foi cumprida (Collura, 2014). Para além do condicionamento operante existem outras teorias para justificar a aprendizagem. Na teoria de **processo duplo**, são associados os processos de feedforward e feedback e é mudada a estratégia consoante o participante responde, ou seja, o paciente procura por uma estratégia que funcione, por tentativa-erro. A teoria da **capacidade** supõe que a aprendizagem é iniciada com uma alteração rápida na performance e numa fase posterior, mais gradual, sendo que assim a capacidade é consolidada (Sitaram et al., 2016). Esta última associa-se ao neurofeedback de frequências infra-baixas (Othmer e Othmer, 2016).

## **Vantagens e efeitos secundários**

As vantagens são: 1) boa relação custo-efeito, no que diz respeito ao EEG (Johnstone e Lunt, 2011), apesar dos equipamentos e softwares serem caros; 2) é uma terapia não-invasiva; 3) evita o uso de medicamentos (Hammond, 2011); 4) Pode ser utilizada em pacientes com limitações cognitivas e de consciência, por exemplo em estado vegetativo (Keller e Garbacenkaite, 2015). Existem sintomas indicadores que revelam que o treino está a ser realizado a uma frequência demasiado alta ou demasiado baixa. Se alta, pode surgir maior tensão, medo, ansiedade e agitação e se baixa, pode haver náuseas e tonturas, tristeza e sensibilidade emocional, por exemplo (Wiedemann, 2016). Alguns pacientes podem experienciar cansaço e desconforto no final da sessão (Foldes, Weber e Collinger, 2015).

## **O Neurofeedback e a Fisioterapia**

Othmer (2016) defende que o futuro do neurofeedback vai ser a aliança entre este e a prática clínica de outras terapias, entre elas, a fisioterapia. Hammond (2011) refere que o *neurofeedback* é como “fisioterapia para o cérebro”.

O *neurofeedback* tem sido utilizado maioritariamente no tratamento de distúrbios psicológicos como o stress pós-traumático (Kolk et al., 2016) e TDAH (transtorno de défice de atenção e hiperactividade) (Cortese et al., 2016), contudo, também tem sido utilizado em alterações neurológicas como no acidente vascular encefálico (AVE) (Cho, Kim, Lee e Jung, 2015; Cho, Kim e Jung, 2016; Rayegani et al., 2014; Lu, Bae, Lee e Kim, 2015), lesão medular (Foldes, Weber e Collinger, 2015), dor neuropática central (Hassan et al., 2015; Hassan et al., 2016), Traumatismo crânio-encefálico (TCE) (May et al., 2013), Fibromialgia (Kayiran et al., 2010), Parkinson (Azarpaikan, Torbati e Sohrabi, 2014) e alterações musculoesqueléticas como anteriorização da cabeça (Oh e Song, 2016), assim como para a melhoria de capacidades e/ou prevenção de alterações psicológicas e neurológicas em sujeitos saudáveis (Altan et al., 2016) e aumento da performance em atletas (Mirifar, Beckmann e Ehrlenspiel, 2017).

### **Acidente Vascular Encefálico**

Têm sido realizados vários estudos sobre o efeito do *neurofeedback* em pacientes após AVE com sequelas de hemiparesia. Liew et al. (2016) estudaram o efeito do *neurofeedback* no controlo cortical-subcortical, por ressonância magnética funcional em tempo real (rtMRI), em 4 indivíduos hemiparéticos. Todos tiveram um aumento da conexão cortical-subcortical no estado de repouso nas regiões de interesse, córtex motor primário e tálamo, ou seja, os indivíduos com esta patologia, com défices motores severos, podem aprender a modular a conectividade entre duas regiões cerebrais distantes, o que é potenciado com esta técnica.

Cho, Kim, Lee e Jung (2015), realizaram um estudo randomizado controlado com o objectivo de verificar o efeito do *Neurofeedback* por EEG na percepção visual destes pacientes. O grupo de controlo (n=14) foi submetido a fisioterapia e terapia ocupacional durante 6 semanas, 5 vezes por semana, em sessões de 30 minutos, enquanto que o experimental (n=13) foi submetido por acréscimo ao *Neurofeedback*, dado em mais 30 minutos de cada dia. Foi utilizado o método Beta-SMR de olhos abertos, ou seja, as ondas de recompensa foram de 12-15Hz (SMR) e/ou 15-18Hz (meia-Beta) e as ondas inibidas foram a Delta (0,5-4Hz) e/ou alta-Beta (22-36Hz), com recompensas auditivas e visuais. O treino consistiu em 4 jogos de baixa dificuldade, em que por exemplo, num deles uma nave movia-se para um lado ou para o outro dependendo da activação das ondas cerebrais. Houve um aumento significativo das ondas Beta relativas e do coeficiente de atenção no grupo experimental. Na pontuação total do teste de percepção visual não-motora houve melhorias significativas relativamente ao início do estudo em ambos os grupos, no entanto, entre si, o resultado no grupo experimental foi significativamente melhor.

Mihana et al. (2013), estudaram o efeito do *neurofeedback* por espectroscopia de infravermelhos próximo em hemiparéticos. No grupo experimental (n=10), o objectivo foi a activação do córtex pré-motor através do *neurofeedback* e no de placebo (n=10) os sinais foram irrelevantes à activação cortical. Ambos os grupos foram alvo de reabilitação baseada no neurodesenvolvimento por 7 dias por semana, com pelo menos 60 minutos de fisioterapia e 60 de terapia ocupacional, além de 60 minutos de terapia da fala, se o paciente necessitasse. As sessões tinham o total de 20 minutos, sendo que em 10 tinham treino mental com imagética motora por vídeo e nos outros 10 treinos de imagética motora cinestésica, ou seja o paciente tinha de imaginar que movia a mão. Foi utilizada a electromiografia para detectar a actividade motora do bíceps braquial e dos flexores dos dedos durante a sessão. O sinal de hemoglobina oxigenada era o marcador de activação cortical e a fonte de *neurofeedback*. Os do grupo experimental visualizavam uma barra vertical colorida que variava de cor (azul a vermelho) e de tamanho consoante o sinal, relativo ao movimento da mão. O *Neurofeedback* aumentou a activação cortical da área pré-motora no grupo experimental, mas não houve aumentos significativos no grupo controlo. Apesar de a intervenção ter melhorado a funcionalidade distal do membro superior significativamente nos subtestes, os resultados totais nos testes ARAT (Action Research Arm Test) e MAL (Motor Activity Log) não foram significativos, porque estes abrangem o membro no total.

Lee, Bae, Lee e Kim (2015) realizaram também um estudo de 8 semanas em pacientes hemiparéticos, com destino a melhorar a capacidade de dupla-tarefa. Havia um grupo de

pseudo-*neurofeedback*, com efeito placebo (n=10) e um grupo de *neurofeedback EEG* (n=10). Ambos os grupos tiveram tratamento de reabilitação. O objectivo era reforçar as ondas SMR e inibir as Delta e Gama. O treino de feedback visual foi realizado através de tarefas visuais, representadas pelos jogos *bowling*, montanha-russa e corrida de barcos. Por exemplo, os pinos do *bowling* eram derrubados quando as ondas de SMR e de concentração fossem activadas da forma pretendida e assim era iniciada outra tarefa. No grupo do pseudo-*neurofeedback* foram realizadas as mesmas tarefas mas sem o sensor de EEG. Houve alterações significativas no grupo de *neurofeedback* nas ondas de SMR, além de que o número de erros durante a execução da tarefa durante os *10-m walk test* foi significativamente menor. Houve uma melhoria significativa da cadência do grupo pseudo-*neurofeedback*, mas no grupo *neurofeedback* houve um aumento também da velocidade da marcha, no índice de fase de apoio e na carga do pé, ante-pé e retro-pé. O desempenho do grupo *neurofeedback* na dupla-tarefa foi melhor comparativamente ao grupo de pseudo-*neurofeedback*. Concluindo, o estudo sugere que o *neurofeedback* ajuda na melhoria de capacidade de dupla-tarefa dos pacientes com AVE, com potencial de melhorar a sua funcionalidade. Seria necessário haver um grupo que só realizasse a reabilitação para verificar se o placebo tem efeitos ou não.

Cho, Kim e Jung (2016), no seu estudo, utilizaram o *neurofeedback* e a reabilitação cognitiva assistida por computador para verificar o seu efeito nas ondas cerebrais e nas actividades diárias dos pacientes pós-AVE. Formaram-se os grupos de *neurofeedback EEG* (n=14), reabilitação cognitiva assistida por computador (n=14) e o grupo de controlo (n=16). Todos os pacientes realizavam fisioterapia e terapia ocupacional. O modo de treino foi Beta-SMR, com recompensas visuais e auditivas. O treino realizou-se durante 30 minutos em 10 séries de 3 minutos. No grupo da intervenção assistida por computador os pacientes realizavam tarefas sentados, olhando para um monitor e respondendo com um teclado. Os programas eram de atenção, concentração e memória. Nas ondas Beta houve diferenças significativas depois do treino no grupo *neurofeedback*. Em F3 (frontal esquerdo) e P4 (parietal direito) houve diferenças significativas depois do treino no mesmo grupo. Todos melhoraram significativamente na pontuação do MIF, sem diferenças significativas entre eles. Todas as intervenções mostraram potencial.

### **Traumatismo Crânio-Encefálico**

Não há dois casos iguais de traumatismos crânio-encefálicos iguais e os protocolos de *neurofeedback* têm de ser individualizados, o que dificulta a existência de um grupo de controlo que possa ser randomizado, daí não existirem estudos randomizados controlados relativos a esta patologia (Thomas e Smith, 2015). Na revisão de May et al. (2013), todos os

estudos tiveram resultados positivos melhorando por exemplo na atenção, velocidade de processamento e controlo de impulso. Surmeli et al. (2016) utilizaram o neurofeedback por EEG em 40 pessoas com TCE, com alterações como distúrbio obsessivo-compulsivo, depressão, falta de controlo de impulso. Verificaram que houve melhorias no Traumatic Brain Injury Index, no Symptom Assessment-45 Questionnaire (SA-45), na escala de depressão de Hamilton e na atenção. Houve um follow-up em média de 3,1 anos. Munivenkatappa et al. (2014) verificaram que 20 sessões de neurofeedback EEG em dois pacientes de 15 anos com TCE ligeiro, resultaram no aumento do volume cortical, melhoria das conexões tálamo-cerebrais e da conectividade funcional. Melhoraram também em capacidades como a velocidade motora e mental, a orientação visuo-espacial e memória visual.

### **Paralisia Cerebral**

No estudo randomizado controlado de Yu, Kang e Jung (2012), os autores aplicaram o protocolo Beta-SMR, ou seja, o objectivo era aumentar ambas as ondas, com olhos abertos e através de recompensas auditivas e visuais, em crianças com paralisia cerebral. Numa amostra de 28 crianças com esta patologia foram divididas entre o grupo experimental (n=14) e controlo (n=14), sendo que o primeiro foi submetido a sessões de *neurofeedback* e o segundo apenas a terapia de reabilitação de sessões de 30 minutos. O estudo durou 6 semanas. Houve diferença significativa no nível de consciência entre os grupos experimental e controlo, sendo que houve mais progressos no nível de consciência no grupo experimental. Os resultados indicam que houve pouca diferença entre os grupos no nível de activação mental na realização de tarefas. Na escala de cognição LOTCA (*Lowenstein Occupational Therapy Assesment*) o grupo experimental revelou diferenças significativas em todos os subtestes face ao de controlo, que apenas revelou diferença significativa no resultado total, sendo que o grupo experimental obteve melhores resultados.

### **Lesão medular**

Foldes, Weber e Collinger (2015) utilizaram a Magnetoencefalografia (MEG) para o *neurofeedback*, na reabilitação da mão de indivíduos com lesão medular há mais de 6 meses. O estudo foi realizado em 3 indivíduos com lesão medular cervical de C2 a C5 que resultou em paralisia da mão, 2 com classificação ASIA A (C2 e C5) e 1 com B (C5). O objectivo foi de promover a dessincronização das ondas SMR (alta sincronização pode indicar patologia – Othmer, 2009). Os pacientes observaram um vídeo de uma mão que abria e fechava de acordo com as ondas SMR, sendo que tinham sido instruídos a pensar no movimento da sua própria mão. Numa sessão eram realizadas 200 tentativas divididas em blocos de 20, separados por menos de um minuto de intervalo em que era apresentada a pontuação. Aumentava a

dificuldade se a tarefa fosse cumprida correctamente. Em 75% do tempo havia actuação e 25% correspondia ao descanso. Havia uma preparação com um ecrã escuro de 1,5-2s, 1,5s de uma imagem estática de uma mão e 5s de actuação. Era considerado sucesso se a mão movesse 10% e conseguisse manter o movimento no tempo estipulado. Todos conseguiram controlar a actividade da mão virtual. O sucesso de apreensão variou entre 63-76% e no geral foi de 62-64%. O tempo médio para a apreensão foi de  $1,96 \pm 0,15$ s. Dois dos participantes (ASIA A C2 e ASIA A C5) tiveram melhoria significativa na melhoria da modulação de SMR, face ao terceiro (ASIA B C5), que não obteve um aumento significativo, no entanto tinha inicialmente uma capacidade de modulação mais elevada. Apesar disso, o desempenho na actividade não melhorou continuamente, provavelmente devido a mudanças de desconexão entre os sinais cerebrais e o decodificador neural, diferenças de posição da cabeça e falta de conforto, devido à posição constante. Concluindo, o *neurofeedback* por MEG melhora a actividade SMR e tem potencial para reabilitar pacientes com lesão medular ASIA A em C2 e C5 e ASIA B em C5, estimulando a neuroplasticidade.

### **Dor central neuropática**

Hasan et al. (2015) utilizaram o *neurofeedback* por EEG como tratamento da dor central neuropática em 7 pacientes paraplégicos. O treino começou com *neurofeedback* de áudio com música relaxante que era mais silenciosa se a potência de Alfa fosse acima do limiar e mais alta quando abaixo desse mesmo limiar. Depois, foram submetidos a *neurofeedback* visual. O objectivo era aumentar as ondas Alfa e SMR e diminuir Teta e Beta, pois estas últimas estão associadas à presença de dor. Visualizaram 3 barras, em que a primeira era Teta, a do meio Alfa e a última Beta e o objectivo era de as manter verdes de forma a diminuir Teta e Beta e aumentar Alfa. Para isso o paciente tinha de se concentrar maioritariamente na barra do meio. 6 em 7 pacientes revelaram redução imediata da dor após a 3ª sessão e os que receberam 20 ou mais sessões revelaram um decréscimo significativo da dor. No follow-up houve manutenção do efeito, embora tivesse havido um aumento de 1-2 graus na escala da dor relativamente à última sessão. Pacientes que tinham espasmos e clónus viram reduzidos estes fenómenos. Os autores concluíram que este método tem potencial neste problema. Hasan et al. (2016) investigaram também sobre o efeito do *neurofeedback* na dor neuropática central nos pacientes paraplégicos, mas tendo como objectivo verificar se o excesso de actividade cortical é reversível. 25 voluntários foram divididos em 3 grupos: 1) paraplégicos com dor neuropática central abaixo da lesão (n=5); 2) sem dor crónica (n=10); 3) sem lesão medular nem dor (n=10). Todos realizaram o mesmo protocolo inicial baseado em pistas com imaginação motora para estimular a activação do tracto cortico-espinal, no entanto o grupo 1

realizou-o 2 vezes, uma semana antes da primeira sessão de *neurofeedback* e outra uma semana depois da última sessão de *neurofeedback*. Os outros grupos só o realizaram uma vez e não tiveram treino de *neurofeedback*. Os participantes tinham de visualizar e responder a uma sequência de pistas visuais, em que uma delas era uma cruz que representava a preparação (4s), e uma seta que apontava para a esquerda, direita ou para baixo. Tinham de imaginar acenar a mão direita ou esquerda consoante as setas ou bater os pés no chão se a seta com direcção inferior aparecesse. Foram realizadas 60 tentativas de cada movimento, em 10 de cada vez. Recorreu-se à electromiografia para garantir que não houvesse movimento físico dos membros. O treino de *neurofeedback* foi realizado como no estudo de Hasan et al. (2015), com o mesmo objectivo de aumentar as ondas Alfa e SMR e diminuir Teta e Beta-altas. O *Neurofeedback* resultou na redução da dor central neuropática e da actividade cortical durante o movimento, assim como tornou a actividade cerebral semelhante à dos pacientes sem dor.

### **Parkinson**

Azarpaikan, Torbati e Sohrabi (2014) realizaram um estudo em 16 pacientes com Parkinson de 1,5-2 de classificação na escala de Hoehn e Yahr, em 8 sessões. Foi utilizado *neurofeedback EEG* no grupo experimental (N=8) e um efeito placebo com sinais irrelevantes no grupo de controlo (N=8). Os pacientes realizaram 3 videojogos por 30 minutos. Cada um durava 10 minutos e consistiam num barco a navegar, puzzles e animações em movimento. O objectivo era aumentar as ondas Beta e reduzir as Teta, no sentido de melhorar o equilíbrio. Se não estivesse a cumprir o objectivo, o jogo ou as variantes do jogo (amplificação da imagem) paravam. No grupo de controlo a intervenção era semelhante mas sem feedback relevante. No estudo revelou-se que 8 sessões de 30 minutos de *neurofeedback* inibiram as ondas de 4-7Hz (Teta) e reforçaram as de 15-18Hz (Beta) e os resultados nos testes de equilíbrio estático e dinâmicos foram significativamente melhores no grupo experimental.

Subramanian et al. (2011) verificaram que o neurofeedback por ressonância magnética funcional a tempo real provocou, nos 5 pacientes com Parkinson do grupo experimental, uma maior activação da área suplementar motora, maior regulação cortical e da actividade dos gânglios da base e resultou numa melhoria significativa das suas funções motoras.

### **Fibromialgia**

Kayiran et al. (2010) realizaram um estudo randomizado controlado para verificar o efeito do neurofeedback EEG em pacientes com fibromialgia, sendo que o grupo experimental (n=18) tinha treino de neurofeedback EEG por 4 semanas, com sessões de 30 minutos 5 vezes por semana o grupo controlo (n=18), tomavam 10 gramas de Escitalopram por dia, por 8 semanas. Foram registadas as amplitudes de base de Alfa, Beta, Teta, Delta, SMR e o rácio

Teta/SMR antes da intervenção, na 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 16<sup>a</sup> e 24<sup>a</sup> semana. Os pacientes tinham de aumentar a largura de um rio transmitido num ecrã. O facto de o conseguirem realizar significava que a actividade SMR aumentava e a Teta diminuía. Com o aumento de pontos e com pistas auditivas o paciente sabia que estava a melhorar, sendo essa a sua recompensa. O rácio Teta/SMR foi significativamente menor no final do tratamento, ou seja as ondas Teta diminuíram relativamente às SMR. Em ambos os grupos os resultados da Escala Visual Analógica da dor e fadiga diminuíram significativamente e continuaram baixas no follow-up. O máximo de diminuição destas duas escalas foi maior na 4<sup>a</sup> semana no grupo de *neurofeedback*, enquanto que no controlo foi apenas na 8<sup>a</sup>. No follow-up, nessas duas escalas, além de nas da depressão, ansiedade, Fibromyalgia Impact Questionnaire e SF-36, os resultados foram significativamente melhores no grupo de *neurofeedback*.

### **Esclerose Múltipla**

Choobforoushzadeh, Neshat-Doost, Molavi e Abedi (2015) estudaram o efeito do *neurofeedback EEG* na depressão e fadiga dos pacientes com Esclerose Múltipla. Foram randomizados 12 pacientes para o grupo de *neurofeedback* e outros 12 para o controlo. Ambos mantinham o tratamento de reabilitação anterior. Foram treinados para diminuir as ondas Teta e Alfa e aumentar as Beta. Foi utilizado um jogo com feedback visual e auditivo. O sinal de EEG controlava o jogo em tempo real, sendo que apenas estava activo consoante o aumento da actividade Beta. Fizeram 2 sessões por semana, em 8 semanas, de 30 minutos de *neurofeedback*, com períodos de pausa se os pacientes revelassem cansaço. Os sintomas de fadiga e depressão diminuíram com o *neurofeedback* comparativamente ao tratamento comum e os resultados foram mantidos no follow-up de 2 meses.

### **Alterações posturais**

Oh e Song (2016) analisaram o efeito do *Neurofeedback* por EEG no movimento da cervical em adultos com anteriorização da cabeça, em 12 sessões. Num jogo virtual, através do controlo das ondas Delta, Teta, Beta e SMR tinham de juntar pedaços de vidro para formar um copo, sendo que eram recompensados com um som cada vez que um estivesse completo. Outro jogo, baseado no mesmo controlo, consistia em acertar num alvo com uma flecha. Apesar de não ter havido alterações significativas nos ângulos da lordose cervical, peso anterior da cabeça nem na amplitude de movimento de extensão da cervical, o grupo experimental teve um aumento significativo das ondas Beta e SMR e diminuição de Teta e Delta, o que os autores relacionam a um efeito de relaxamento e estabilidade mental, aumento de memória, atenção e performance cognitiva verbal. Houve melhoria significativa na escala de funcionalidade da cervical (*Neck Disability Index*) no grupo experimental desde o pré-teste

e comparando com o controlo, o que leva a concluir que esta terapia é efectiva na diminuição da dor cervical e na melhoria da funcionalidade nas actividades diárias.

### **Atletas**

Na revisão sistemática de Mirifar, Beckmann e Ehrlenspiel (2017) que incluiu 14 estudos, concluiu-se que na sua maioria o *neurofeedback* melhora efectivamente a performance numa determinada tarefa desportiva como o desempenho no Golf (Cheng et al., 2015) e/ou questões cognitivas e emocionais como o envolvimento autotélico (estado mental que se concentra na actividade desportiva e no próprio), que envolve auto-controlo, concentração na actividade e objectivos mais claros (Mikicin, 2015).

### **Conclusão**

O *neurofeedback* constitui uma terapia recente e nestes últimos anos têm sido realizados estudos para comprovar o seu efeito. Nesta revisão, são apresentados estudos com intervenção do Neurofeedback por EEG (11), ressonância magnética (2), espectroscopia por infra-vermelhos (1) e magnetoencefalografia (1). Os resultados desses estudos revelam que esta terapia é promissora em várias patologias como o AVE, Paralisia cerebral ou Parkinson além de ser efectiva na melhoria de performance de atletas. Nos artigos analisados, na sua maioria, os pacientes têm, além do *neurofeedback* algum tipo de reabilitação, seja fisioterapia, terapia ocupacional e/ou terapia da fala. Aliado à fisioterapia, esta terapia demonstra potencial na reabilitação destes pacientes, podendo melhorar, por exemplo, a percepção visual de um paciente hemiparético, diminuir a dor na fibromialgia, melhorar o equilíbrio no Parkinson ou diminuir a fadiga na Esclerose Múltipla. Contudo, são necessários mais estudos, com maior amostra, maior número de sessões e com follow-up, para aumentar a evidência.

É importante que esta terapia seja divulgada e do conhecimento do fisioterapeuta, para que se alargue o espectro de alternativas coadjuvantes à intervenção da fisioterapia, na melhoria funcional das pessoas.

### **Bibliografia**

- Altan, S., Berberoglu, B., Canan, S., Dane, S. (2016). Effects of neurofeedback therapy in healthy young subjects, *Clinical and Investigative Medicine*, 39(6) : 27-30
- Azarpaikan, A., Torbati, H., Sohrabi, M. (2014). Neurofeedback and physical balance in Parkinson's patients, *Gait & Posture*, 40(1): 177-181
- Brühl, A. (2015). Making Sense of Real-Time Functional Magnetic Resonance Imaging (rtfMRI) and rtfMRI Neurofeedback, *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 18(6): 1-7
- Cheng, M.Y., Huang, C.J., Chang, Y.K., Koester, D., Schack, T., Hung, T.M. (2015). Sensorimotor rhythm neurofeedback enhances golf putting performance, *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 37(6): 626-636

- Cho, H., Kim, K., Jung., J. (2016). Effects of neurofeedback and computer-assisted cognitive rehabilitation on relative brain ratios and activities of daily living of stroke patients: a randomized control trial, *Journal of Physical Therapy Science*, 28 (7): 2154-2158
- Cho, H., Kim, K., Lee, B., Jung, J. (2015). The effect of neurofeedback on a brain wave and visual perception in stroke: a randomized control trial, *Journal of Physical therapy Science*, 27(3): 673-676
- Choobforoushzadeh, A., Neshat-Doost, H., Molavi, H., Abedi, M. (2015). Effect of Neurofeedback training on depression and fatigue in patients with multiple sclerosis, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 40(1): 1-8
- Congedo, M., Sherlin, L. (2011). EEG Source Analysis: Methods and Clinical Implications. In: Cohen, R., Evans, J. (eds.) *Neurofeedback and Neuromodulation: Techniques and Applications*, USA: Academic Press
- Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Holtmann, M., Aggensteiner, P., Daley, D., Simonoff, E., Stevenson, J., Stringaris, A., Sonuga-Barke, E.J. (2016). Neurofeedback for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Meta-Analysis of Clinical and Neuropsychological Outcomes From Randomized Controlled Trials, *Journal of American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 55(6): 444-455
- Collura, T., Tatcher, R., Smith, M., Lambos, W., Stark, C.(2009). EEG Biofeedback Training using live Z-scores and a normative database. In: Budzynski, T.H., Budzynski, H.K., Evans, J.R., Arbabanel, A. (eds.) *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback: Advanced Theory and Applications*. USA: Academic Press
- Collura, T. (2014). *Technical Foundations of Neurofeedback*, Nova Iorque, Taylor & Francis
- Foldes, S., Weber, D., Collinger, J. (2015). MEG-based neurofeedback for hand rehabilitation, *Journal of Neuroengineering rehabilitation*, 12(85): 1-9
- Hammond, D.C. (2011). What is neurofeedback: an update, *Journal of Neurotherapy*, 15(4): 306-336
- Hassan, M., Fraser, M., Conway, B., Allan, D., Vuckovic, A. (2015). The mechanism of neurofeedback training for treatment of central neuropathic pain in paraplegia: a pilot study, *BMC Neurology*, 15(200): 1-13
- Hassan, M., Fraser, M., Conway, B., Allan, D., Vuckovic, A. (2016). Reversed cortical over-activity during movement imagination following neurofeedback treatment for central neuropathic pain, *Clinical Neurophysiology*, 127(9): 3118-3127
- Johnstone, J., Lunt, J. (2011). Use of Quantitative EEG to Predict Therapeutic Outcome in Neuropsychiatric Disorders. In: Cohen, R., Evans, J. (eds.) *Neurofeedback and Neuromodulation: Techniques and Applications*. USA: Academic Press
- Kayiran, S., Dursun, E., Dursun, N., Ermutlu, N., Karamursel, S. (2010). Neurofeedback intervention in fibromyalgia Syndrome: a randomized controlled, rater blind clinical trial, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 35(4): 293-302
- Keller, I., Garbacenkaite, R. (2015). Neurofeedback in Three Patients in the State of Unresponsive Awakefulness, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 40(4): 349-356
- Kolk, B., Hodgdon, H., Gapen, M., Musicaro, R., Suvak, K., Hamlin, E., Spinazzola, J. (2016). A randomized controlled study of Neurofeedback for Chronic PTSD, *PLOS ONE*, 11(12): 1-18
- Liew, S., Rana, M., Cornelsen, S., Fortunato, M., Birbaumer, N., Sitaram, R., Cohen, L., Soekadar, S. (2016). Improving Motor Corticothalamic Communication After Stroke Using Real-Time fMRI Connectivity-Based Neurofeedback, *Neurorehabilitation Neural Repair*, 30(7): 671-675
- Lee, Y., Bae, S., Lee, S., Kim, K. (2015). Neurofeedback training improves the dual-task performance ability in stroke patients, *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 236(1): 81-88
- May, G., Benson, R., Balon, R., Boutros, N. (2013). Neurofeedback and traumatic brain injury: a literature review, *Ann Clin Psychiatry*, 25(4): 289-296

- Marzbani, H., Marateb, H., Mansourian, M. (2016). Methodological Note: Neurofeedback: A comprehensive Review on System Design, Methodology and Clinical Applications, *Basic and Clinical Neuroscience*, 7(2): 143-158
- Mihara, M., Hattori, N., Hatakenaka, M., Yagura, H., Kawano, T., Hino, T., Miyai, I. (2013). Near-Infrared Spectroscopy-mediated Neurofeedback Enhances Efficacy of Motor Imagery-based Training in poststroke victims: a pilot study, *Stroke*, 44(4): 1091-1098
- Mikicin, M. (2015) The autotelic involvement of attention induced by EEG neurofeedback training improves the performance of an athlete's mind, *Biomedical Human Kinetics*, 7(1): 58-65
- Mirifar, A., Beckman, J., Ehrlenspiel, F. (2017). Neurofeedback as supplementary training for optimizing athletes' performance: A systematic review with implications for future research, *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 75: 419-432
- Munivenkatappa, A., Rajeswaran, J., Devi, B., Ninjara, B., Upadhyay, N. (2014). EEG Neurofeedback therapy: Can it attenuate brain changes in TBI?, *NeuroRehabilitation*, 35(3): 481-484
- Oh, H., Song, G. (2016). Effects of neurofeedback training on the cervical movement of adults with forward head posture, *Journal of Physical Therapy Science*, 28(10): 2894-2897
- Othmer, S. (2009) Neuromodulation technologies: An attempt at classification. In: Budzynski, T.H., Budzynski, H.K., Evans, J.R., Arbabanel, A. (eds.) *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback: Advanced Theory and Applications*. USA: Academic Press
- Othmer, S.F. (2015). *Protocol Guide for neurofeedback clinicians*, Los Angeles, EEG Info
- Othmer, S. (2016). History of Neurofeedback. In: Kirk, H. (ed.) *Restoring the Brain: Neurofeedback as an Integrative Approach to Health*. Florida: CRC Press
- Othmer, S. (2016). The future of neurofeedback. In: Kirk, H. (ed.) *Restoring the Brain: Neurofeedback as an Integrative Approach to Health*. Florida: CRC Press
- Othmer, S., Othmer, S. (2016). Infra-Low-Frequency Neurofeedback for Optimum Performance, *Biofeedback*, 44(2): 81-89
- Rayegani, S., Raeissadat, S., Sedighipour, L., Rezazadeh, I., Bahrami, M., Eliaspour, D., Khosrawi, S. (2010). Effect of neurofeedback and eletromyographic-Biofeedback therapy on Improving hand function in stroke patients, *Top Stroke Rehabilitation*, 21(2): 137-151
- Sherlin, L. (2009) Diagnosis and training brain function throught the use of low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA). In: Budzynski, T.H., Budzynski, H.K., Evans, J.R., Arbabanel, A. (eds.) *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback: Advanced Theory and Applications*. USA: Academic Press
- Sitaram, R., Ros, T., Stoeckel, L., Haller, S., Scharnowski, F., Lewis-Peacock, J., Weiskopf, N., Blefari, M., Rana, M., Oblak, E., Birbaumer, N., Sulzer, J. (2016). Closed-loop brain training: the science of neurofeedback, *Nature Reviews Neuroscience*, 18 (86): 1-15
- Subramanian, Hindle, J., Johnston, S., Roberts, M., Husain, M., Goebel, R., Linden, D. (2011). Real-Time Functional Magnetic Resonance Imaging Neurofeedback for treatment of Parkinson's Disease, *The Journal of Neuroscience*, 31(45): 16309-16317
- Surmeli, T., Eralp, E., Mustafazade, I., Kos, I.H., Özer, G.E., Surmeli, O. (2016). Quantitative EEG Neurometric Analysis-Guided Neurofeedback Treatment in PostConcussion Syndrome (PCS): Forty Cases. How is Neurometric Analysis Important for the Treatment of PCS and as a Biomarker?
- Wiedemann, M. (2016). The evolution of clinical neurofeedback practice. In: Kirk, H. (ed.) *Restoring the brain: Neurofeedback as an Integrative Approach to Health*. Florida: CRC Press
- Yu, J., Kang, H., Jung, J. (2012). Effects of Neurofeedback on Brain Waves and Cognitive Functions of Children with Cerebral Palsy: a Randomized Control Trial, *Journal of Physical Therapy Science*, 24(9): 809-812