

1.1 *Artigos Originais*

1.1.1 Mecanismos de neuroplasticidade para formação de novas conexões neurais após acidente vascular cerebral: uma revisão bibliográfica

Deborah De La Libra, Maria Luiza Passanezi Araújo Gomez

Mecanismos de neuroplasticidade para formação de novas conexões neurais após acidente vascular cerebral: uma revisão bibliográfica.

LA LIBRA, D. de¹; GOMEZ, M.L.P.A.²

1. Graduanda em Enfermagem no Centro Universitário Ítalo Brasileiro, São Paulo, Brasil.

2. Farmacêutica-bioquímica, doutora em Ciência dos Alimentos pela Universidade de São Paulo, São Paulo. Professora do Centro Universitário Ítalo Brasileiro. Email: maria.gomez@italo.edu.br

COMO CITAR O ARTIGO:

LA LIBRA, D.de; GOMEZ, M.L.P.A.. **Mecanismos de neuroplasticidade para formação de novas conexões neurais após acidente vascular cerebral: uma revisão bibliográfica.** URL: [www.italo.com.br/portal/cepep/revista eletrônica.html](http://www.italo.com.br/portal/cepep/revista_eletronica.html). São Paulo SP, v.12, n.3, p. 11-36, jul/2022

RESUMO

O acidente vascular cerebral (AVC) é um evento dado por isquemia ou hemorragia no tecido cerebral, que resulta em comprometimento da sua função e que pode levar a danos nas funções neurológicas. A regeneração das células nervosas afetadas não pode ser realizada através de mecanismos de divisão celular mas, por mais graves que sejam as lesões, mecanismos adaptativos denominados de neuroplasticidade acarretam em melhoras nos déficits funcionais. O objetivo deste trabalho foi buscar na literatura a forma como a neuroplasticidade ocorre e contribui para criar novas conexões neuronais em um indivíduo que sofreu AVC. Foi utilizada uma abordagem qualitativa descritiva, utilizando-se a revisão bibliográfica do tipo narrativa. Com esse estudo, verificou-se que recuperação das habilidades motoras após um AVC depende da neuroplasticidade, já que a maioria dos pacientes acometidos pela doença apresenta melhorias tanto funcionais como neuroplásticas. Essa recuperação pode ser obtida por estímulos repetitivos, que geram a produção e o fortalecimento de novas sinapses. Para se obter resultados positivos, o uso da Terapia de Contenção Induzida (TCI) e/ou de *neurofeedback* associado à fisioterapia se mostraram eficazes como facilitadores da reorganização e readaptação cerebral. Quanto maior for o estímulo por meio de terapias e exercícios, mais se obterá resultados melhores em relação aos ganhos motores. Desta forma, percebe-se que o mecanismo de neuroplasticidade está intrinsecamente relacionado com a (re-)aprendizagem, treino e estímulos ambientais.

PALAVRAS-CHAVES: Neuroplasticidade, Acidente Vascular Cerebral, Reabilitação.

ABSTRACT

Stroke is an event given by ischemia or hemorrhage in the brain tissue, which results in impaired function and can lead to damage to neurological functions. The regeneration of lost nerve cells cannot be carried out through by cell division mechanisms, but beside the severity of the injuries, improvements in functional deficits are visible through the mechanisms called neuroplasticity. This work aimed to search the literature for the way in which neuroplasticity occurs and contributes to creating new neuronal connections in an individual who has suffered a stroke. A descriptive qualitative approach was used, using the literature review method of the narrative type. With this study, it was verified that the recovery of motor skills after a stroke depends on plasticity, since most cases of patients affected by the disease present both functional and neuroplastic improvements. This recovery can be obtained through repetitive stimuli, which generate the production and strengthening of new synapses. In order to obtain positive results, the use of Constraint Induced Therapy (CIT) as a facilitator for brain reorganization and readaptation proved to be effective. The use of neurofeedback associated with physiotherapy was also promising. The greater the stimulus through therapies and exercises, the better results will be obtained in relation to motor gains. Thus, it is clear that the neuroplasticity mechanism is intrinsically related to learning (or re-learning), training and environmental stimuli.

KEYWORDS: Neuroplasticity, Stroke, Rehabilitation.

1 INTRODUÇÃO

O sistema nervoso, originado a partir do ectoderma, é formado por neurônios que atuam diretamente na coordenação funcional dos diferentes órgãos e demais sistemas, armazenando informações, captando sensações, e efetuando reações por mecanismos hormonais e motores. Esse sistema compreende o encéfalo e a medula espinal, que constituem o sistema nervoso central (SNC), e nervos cranianos, espinhais e os gânglios nervosos, que compõem o sistema nervoso periférico (SNP). Este último pode ser subdividido em somático e autônomo, que também pode ser subdividido em sistema nervoso autônomo parassimpático, onde as vias nervosas apresentam gânglios situados longe do sistema nervoso central, partindo do encéfalo ou da região sacral, e sistema nervoso autônomo simpático, no qual os gânglios se localizam nas proximidades da medula espinal, partindo da região torácica e lombar (CURI, 2017).

O principal componente do sistema nervoso é a célula neural (neurônio), altamente especializada na recepção e condução de impulsos de natureza elétrica, possuindo variedade quanto ao tamanho, forma e função. A fisiologia do neurônio compreende o corpo celular ou pericário (centro região de concentração citoplasmática e núcleo de um neurônio, de onde partem numerosas ramificações); dendritos (prolongamentos anexos das ramificações do pericário, efetuando a recepção dos estímulos nervosos); axônio (prolongamento extenso com diâmetro constante, projetado do corpo celular, podendo medir mais de um metro de comprimento, envolvido por uma camada isolante descontínua na qual denominamos bainha de mielina, formada por células de Schwann). Sua função está

relacionada à condução do estímulo nervoso; telodendros (ramificações situadas na região terminal de um axônio, aumentando a superfície de propagação de um impulso, permitindo intercâmbio com outro neurônio ou um órgão) (UNIFAL, 2017).

As informações dos neurônios são emitidas por estímulos através da captação pelos sentidos e órgãos, transferidos aos nervos até a medula espinhal ou o encéfalo. Assim quando o estímulo é processado e enviado, as mensagens chegam por conexões neuronais aos nervos e desse aos músculos ou gânglios, emitem a resposta ao meio interno ou externo. Esse processo dura apenas milésimos de segundos para que o neurônio volte ao seu estado de repouso (CURI, 2017).

1.1 Acidente Vascular Cerebral (AVC)

O acidente vascular cerebral (AVC) se dá pelo extravasamento de sangue ou pela restrição do fluxo sanguíneo dentro do vaso em determinada área do cérebro. Os sinais e sintomas dependem do local da lesão, podendo ser encontrados vários tipos de acometimentos (VALENTE *et al.*, 2010, citado por BOTELHO *et al.*, 2016).

A expressão AVC refere-se a um complexo de sintomas de deficiência neurológica, que duram pelo menos vinte e quatro horas e resultam em lesões cerebrais provocadas por alteração da irrigação sanguínea (MAUSNER; BATH, 1999, citados por CANCELA, 2008).

Estas lesões cerebrais são provocadas por um enfarte, devido a isquemia ou hemorragia, do que resulta o comprometimento da função cerebral. Este acontecimento pode ocorrer de forma ictiforme (súbito), devido à presença de fatores de risco vascular ou por defeito

neurológico focal (aneurisma) (MARTINS, 2002, citado por CANCELA, 2008).

Entre os danos nas funções neurológicas, os déficits motores são caracterizados por paralisia completa (hemiplegia) ou parciais/incompletas (hemiparesia) no hemicorpo oposto ao local onde a lesão ocorreu no cérebro. Pacientes com perda neuronal decorrente de desordens tais como paralisia cerebral (PC), acidente vascular cerebral (AVC), e traumatismo crânio encefálico, apresentam disfunções motoras que prejudicam sua mobilidade e desempenho de tarefas de vida diária. O quadro de disfunção motora de pacientes com perda neuronal envolve posturas e padrões de movimentos atípicos, lentidão e coordenação pobre, fraqueza muscular, aumento da resistência das articulações à movimentação passiva (hipertonia) e espasticidade. Historicamente, a espasticidade tem sido considerada o principal contribuinte para as disfunções de movimento decorrentes de lesões do neurônio motor superior (LNMS) (VAZ *et al.* 2006).

1.1.1 Dados estatísticos e epidemiológicos da doença

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma síndrome neurológica com grande prevalência em adultos e idosos, sendo também umas das maiores causas de mortalidade no mundo, com incidência é aumentada após o 65 anos, que pode dobrar a cada década após os 55 anos de idade (GILES; ROTHWELL, 2008; PEREIRA *et al.*, 2009, citados por BOTELHO *et al.*, 2016).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2013, estima-se que 2.231.000 pessoas sofrem o AVC e 568.000 ficam com incapacidade grave. A prevalência pontual foi 1,6% em homens

e 1,4% em mulheres; a incapacidade 29,5% em homens e 21,5% em mulheres (BENSENOR, 2015).

No Brasil, a média das taxas de mortalidade por AVC por 100 mil habitantes, padronizadas por idade, passou de 137,8 em 1990 para 58,1 em 2019, representando um decréscimo de 57,8%. A maior variação percentual foi observada no grupo etário de 50-69 anos, com um decréscimo de 61% (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Na PNS de 2019 (BRASIL, 2019), verifica-se que a maior parte dos AVC ocorreu em indivíduos do sexo feminino (53,3%). Dentre as regiões federativas, a região Sudeste apresentou o maior número de casos de AVC (42,8%) (Figura 1).

Figura 1 – Resultado da Pesquisa Nacional de Saúde de 2019; dados estatísticos sobre a ocorrência de acidentes vasculares cerebrais (AVC) em indivíduos de 18 anos de idade ou mais, categorizados por região de domicílio e sexo.

Tabela 4624 - Pessoas de 18 anos ou mais de idade que referem diagnóstico médico de AVC, por sexo e situação do domicílio			
Variável - Pessoas de 18 anos ou mais de idade que referem diagnóstico médico de AVC (Mil pessoas)			
Situação do domicílio - Total			
Ano - 2019			
Brasil e Grande Região	Sexo		
	Total	Masculino	Feminino
Brasil	3 116	1 455	1 661
Norte	233	104	129
Nordeste	691	417	474
Sudeste	1 334	633	701
Sul	427	198	229
Centro-Oeste	231	104	127

Fonte: IBGE - Pesquisa Nacional de Saúde

1.1.2 Consequências do AVC

Após a ocorrência de um AVC, alguns efeitos, incluindo paralisia, podem ser permanentes. Músculos pouco utilizados podem tornar-se permanentemente espásticos e rígidos, apresentando espasmos musculares dolorosos. Assim também as dificuldades para andar, engolir, pronunciar palavras com clareza e realizar as atividades cotidianas podem ser persistentes, bem como problemas de memória, raciocínio, atenção ou aprendizagem, depressão, deficiências na audição ou visão ou vertigem, e controle da função do intestino ou da bexiga. Entretanto, com o passar do tempo, geralmente, o paciente acaba recuperando algumas partes da capacidade funcional do(s) membro(s) afetado. Isso acontece por dois motivos: células que foram apenas lesionadas podem se recuperar, e pode haver uma compensação de função desempenhada pela zona lesionada, que é denominada de *plasticidade* (CHONG, 2020).

1.2 Neuroplasticidade

Após a ocorrência de lesões cerebrais, a regeneração das células nervosas perdidas não pode ser realizada através de mecanismos de divisão celular, como ocorre com outros tecidos. A formação de novos prolongamentos de dendritos e axônios tem início alguns dias após a lesão, quando começa a cicatrização do “foco lesional”, e cerca de duas semanas após a ocorrência da lesão, o crescimento axonal é suspenso. Mas, por mais graves que sejam as lesões, são visíveis as melhoras nos déficits funcionais através da ocorrência de mecanismos adaptativos que permitem a recuperação parcial das funções cerebrais, mecanismos esses denominados de *plasticidade* (RIBEIRO SOBRINHO, 1995).

Segundo Castro (2020),

o termo "plasticidade" foi aplicado ao contexto do cérebro pela primeira vez em 1890 por William James, filósofo e psicólogo americano, e o termo "neuroplasticidade" foi usado pela primeira vez em 1948 por Jerzy Konorski, neurofisiologista polonês. Essas palavras se tornaram numa espécie de termos "guarda-chuva" para definir diversas alterações estruturais e funcionais que podem ocorrer no cérebro ao longo da vida.

A plasticidade cerebral (ou neuroplasticidade), é a capacidade que o cérebro apresenta de se adaptar frente a necessidades especiais, experiências ou interações com o ambiente, através de alterações fisiológicas, e que possibilitam o processo de aprendizagem e "reaprendizagem". Presente principalmente no período da infância, no qual os neurônios encontram-se mais "adaptáveis", esse mecanismo pode também ser impulsionado por ambientes ricos em estímulos, além hábitos como a prática de atividade física, dieta balanceada, um padrão de sono adequado e até o hábito de ler (CASTRO, 2020).

Podemos definir a plasticidade neural, também, como uma adaptação nas estruturas e funções do sistema nervoso, em função da interação do ambiente externo e interno, ou ainda como respostas às lesões e traumatismos que afetam o ambiente neural (PHELPS, 1990 citado por FERRARI *et al.*, 2001)

A plasticidade é uma característica específica do sistema nervoso, caracterizada por dois fenômenos básicos: o primeiro tipo de "plasticidade funcional" desenvolve-se rapidamente, provocando mudanças que geralmente são reversíveis. O segundo tipo possui as características de uma adaptação e afeta a expressão de genótipo em fenótipo. Os mecanismos são desencadeados por vários

estímulos naturais ou artificiais que podem deferir tanto quantitativa quanto qualitativamente (TROJAN; POKORNÝ, 1999).

Ainda segundo Trojan e Pokorný (1999),

Os mecanismos neuroplásticos são baseados na modulação da transmissão do sinal pelas sinapses (por exemplo, a liberação do transmissor, atividade dos receptores pós-sinápticos, mudanças na eficiência da transmissão no segmento pós-sináptico). Eles podem estar relacionados às mudanças nas relações interneuronais (por exemplo, número de certos tipos de sinapses, significado da fiação de diferentes elementos dos circuitos neuronais). As alterações resultantes podem ocorrer na comunicação entre os neurônios (nível sináptico), na atividade dos circuitos neuronais locais (nível dos circuitos locais) ou nas relações entre os sistemas cerebrais funcionais individuais (nível multimodular).

Outro fator envolvido no AVC é a espasticidade, um distúrbio que ocorre com frequência nas lesões congênitas ou adquiridas do sistema nervoso central (cérebro ou medula espinhal). A espasticidade causa uma incapacidade, produzindo dificuldades funcionais, deformidades e dor. A espasticidade ocorre no acidente vascular cerebral, traumatismo crânio encefálico, lesão medular e na paralisia cerebral, e também pode estar presente em neoplasias do sistema nervoso, em doenças heredo-degenerativas e desmielinizantes (RIBEIRO SOBRINHO, 1995).

Fisiologicamente, o desenvolvimento da espasticidade está relacionado ao desequilíbrio que ocorre entre as influências inibidores e facilitadores, beneficiando a desativação dos músculos flexores e proporcionando dos músculos extensores das articulações (CORREIA *et al.*, 2010, citado por ZILLI; LIMA; KOHLER, 2014).

A espasticidade é uma das consequências mais evidentes do AVC (acidente vascular cerebral) e exerce efeitos negativos na qualidade de vida e nas funções motoras do paciente, limitando o

desempenho ao nível ocupacional. Dentre os pacientes que sofreram AVC, provavelmente 20% a 40% serão acometidos pela espasticidade após 3 a 12 meses da lesão. Estudos suecos analisaram a influência da espasticidade pós-AVC na qualidade de vida relacionada a problemas de destreza manual, mobilidade, quedas e AVD'S e relataram reduções significativas pelos pacientes em cada um desses pontos (NORRVING; KISSELA, 2013, citado por ZILLI; LIMA; KOHLER, 2014).

Todos esses fatores indicam que o sistema nervoso central tende a criar mecanismos de adaptação após um acidente vascular cerebral, restabelecendo algumas das funções perdidas inicialmente. Através desta pesquisa procurou-se buscar fatores e informações que definissem as formas como os neurônios se reorganizam para formar novas conexões, auxiliando no restabelecimento da comunicação neuronal e reabilitação dos processos de pacientes que sofreram acidentes vasculares cerebrais.

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como finalidade buscar na literatura a forma como a neuroplasticidade ocorre e contribui para criar novas conexões neuronais (comunicação sináptica) em um indivíduo que sofreu acidente vascular cerebral (AVC).

3 METODOLOGIA

Foi utilizada uma abordagem qualitativa descritiva, utilizando o método de revisão bibliográfica do tipo narrativa, tendo como fatores para limitação da busca: artigos publicados entre 2012 e 2022, e em língua portuguesa.

Os artigos utilizados foram aqueles que apresentaram informações relevantes sobre o tema e que contribuíram para esclarecer como a neuroplasticidade ocorre para criar novas conexões neuronais em um indivíduo que sofreu acidente vascular cerebral.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor entendimento, os artigos lidos para a composição da discussão foram avaliados, e as informações agrupadas em quatro eixos temáticos, que serão apresentados a seguir, de forma evolutiva, desde a ocorrência de um acidente vascular cerebral (AVC) até as formas para recuperação do paciente.

4.1 Como ocorre e em que acarreta um acidente vascular cerebral (AVC)

O AVC causa a morte de células nervosas na região cerebral atingida, e isso ocorre por uma alteração do fluxo de sangue no cérebro. Existem dois tipos de AVC: o isquêmico, causado por uma obstrução de vasos sanguíneos, e o hemorrágico, no qual acontece a ruptura de um vaso e extravasamento de sangue no tecido cerebral.

O acidente vascular isquêmico, também chamado de infarto cerebral, é a obstrução dos vasos cerebrais que pode ser ocasionada por uma trombose (formação de placas numa artéria principal do cérebro) ou por uma embolia (quando um trombo ou uma placa de gordura originária de outra parte do corpo se solta e pela corrente sanguínea e chega aos vasos cerebrais). Já o acidente vascular hemorrágico é o rompimento dos vasos que na maioria das vezes se dá no interior do cérebro, chamada hemorragia intercerebral. Como

consequência imediata, há o aumento da pressão intracraniana, que pode resultar em maior dificuldade para a chegada de sangue em outras áreas não afetadas. Esse subtipo de AVC é mais grave e tem altos índices de mortalidade (ACADEMIA BRASILEIRA DE NEUROLOGIA, 2015).

Nas pessoas que sofrem AVC isquêmico, a perda das funções, na maioria dos casos, é imediata; entretanto em cerca de 20% dos casos pode ser progressiva, demorando até dois dias para ser verificada completamente. Nos indivíduos que sofrem AVC hemorrágico, a perda da função é sempre progressiva e é percebida em minutos ou horas após o evento (CHONG, 2020).

4.2 Comunicação neuronal para estabelecimento das funções neurais

Para compreender o mecanismo de plasticidade, é necessário entender que as células do sistema nervoso comunicam-se entre si, possibilitando que informações sejam propagadas até seus destinos finais. Essa comunicação é realizada através de sinapses, que são zonas ativas entre a terminação de um axônio (neurônio pré-sináptico, que envia o sinal) com outros neurônios, células musculares ou células glandulares (membranas pós-sinápticas, que recebem o sinal enviado), dependendo do tipo de comunicação necessária. Entre o neurônio pré-sináptico e o receptor pós-sináptico existe um espaço, denominado fenda sináptica, na qual os “mensageiros”, ou neurotransmissores, são liberados. A atividade que o neurotransmissor irá realizar depende da natureza do receptor com o qual irá se acoplar, podendo gear uma transmissão excitatória

(despolarização) a qual origina um impulso nervoso, ou uma transmissão inibitória (hiperpolarização) a qual impede os impulsos nervosos subsequentes (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013).

4.3 Como atua a plasticidade neural em pessoas que sofreram AVC?

O modo como o cérebro se reorganiza e tenta compensar as funções afetadas pela lesão, pode ocorrer por diversas formas, e dentre elas existe a denominada 'reorganização das áreas perilesionais'. Ou seja, embora com limitações, as células saudáveis adjacentes à lesão podem assumir parte da função dos neurônios danificados. Uma outra forma de compensação da lesão, fruto da plasticidade neuronal, é a reorganização das áreas contralaterais, que tem como função organizar os neurônios ílesos do hemisfério não danificado, para assumir as funções perdidas pelo AVC (TELLO, 2015).

Esta reorganização cerebral é possível através de algumas mudanças fisiológicas e estruturais, como por exemplo, o aumento dos dendritos e sinapses (ligações entre neurónios) e do aumento dos fatores neurotróficos (substâncias essenciais à sobrevivência das células nervosas). Quanto mais precisa for a reorganização das conexões restauradas, mais eficiente será a recuperação da função (TELLO, 2015).

Atualmente, a concepção de que o cérebro é um órgão dinâmico e adaptável deu amplo destaque para o mecanismo de neuroplasticidade, que segundo Phelp (1990, citado por MOREIRA *et al.*, 2020), trata-se de uma mudança adaptativa estrutural e funcional do sistema nervoso, que “ocorre em qualquer estágio da

ontogenia, como função de interações com o ambiente interno ou externo ou, ainda, como resultado de injúrias, de traumatismos ou de lesões que afetam o ambiente neural”.

Segundo Castro (2020), a adaptação gerada pela neuroplasticidade se deve à formação de novas conexões neuronais (ou “novos caminhos de comunicação”), que são fortalecidos pela prática repetida dos estímulos que conduziram ao estabelecimento destas conexões.

Processos moleculares e celulares sustentam a neuroplasticidade, como o fator neurotrófico derivado do cérebro (*Brain Derived Neurotrophic Factor* - BDNF). O BDNF é uma neurotrofina¹ essencial que participa de processos centrais e periféricos em níveis moleculares, de forma diretamente relacionada ao metabolismo energético e homeostase. Este fator apresenta ação de promoção na sobrevivência e crescimento de populações neurais dos sistemas nervosos periféricos e centrais, de crescimento axonal e modulação do crescimento e morfologia dendrítica. Uma das formas de aumentar a produção de BDNF é através de exercícios físicos, que devem ser incluídos na rotina semanal de pacientes que sofreram AVC, para reestabelecimento das conexões neurais (CARDOSO, 2022).

Quando ocorre uma lesão nos axônios, estes apresentam-se divididos em coto proximal, conectado ao corpo celular do neurônio, e coto distal, que encontra-se separado do corpo axonal. A lesão acarreta em interrupção do fornecimento de substâncias vitais ao

¹ proteína que promove a diferenciação e sobrevivência de neurônios e que participa na modulação da transmissão e na plasticidade sináptica (SAMPAIO, M.F. *et al.* O potencial terapêutico neurológico dos componente da *Cannabis sativa*. *Braz. J. Surg. Clin. Res.*, [internet] v.34, n. 1, pp.52-60, 2021).

coto distal, impedindo seu adequado funcionamento e levando-o a uma rápida degeneração (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013).

Para o reestabelecimento de funções neuronais, alguns mecanismos são possíveis, como o brotamento. O brotamento regenerativo é um tipo de crescimento que ocorre em neurônios lesados, e que consiste em produção de brotos neurais que criam novas sinapses quando em condições ideais (sinaptogênese); o brotamento colateral é uma situação que independe da lesão neuronal e que consiste em brotos que aparecem nos neurônios adjacentes, em regiões não lesionadas, e que se dirigem às regiões inativas, reorganizando as sinapses de forma reativa (ROQUE; LUKACHEWSKI; BARBOSA, 2016).

Outra forma de readaptação neuronal é a formação de novas espinhas dendríticas, estruturas que estão intrinsecamente relacionadas à neuroplasticidade, assim como o circuito endocanabinoide, uma via neuronal de transmissão retrógrada (ROQUE; LUKACHEWSKI; BARBOSA, 2016).

4.4 Reestabelecimento das conexões neurais

Após o AVC, é necessário que o paciente seja submetido a técnicas fisioterapêuticas de reabilitação, justamente para estimular a neuroplasticidade e retomar o movimento dos membros afetados.

A plasticidade neural é natural, mas pode ser estimulada através de treinamentos e exercícios específicos, o que contribui

para o reestabelecimento de funções neurológicas e motoras do indivíduo (MELO *et al.*, 2017).

O uso de métodos como Terapia de Contenção Induzida (TCI) auxiliam na recuperação dos movimentos a partir da reorganização e readaptação cerebral. A TCI consiste na contenção do membro sadio como forma a estimular o uso do membro afetado, como forma de reabilitação através da reorganização funcional dos sistemas motores envolvidos no AVC. Esta técnica se mostra eficaz no processo de neuroplasticidade, decorrente do desenvolvimento da habilidade neuromotora através de aprendizagem por repetição, o que demonstra que é de fundamental importância planejar a reabilitação, através do uso dos segmentos corporais e estímulos cerebrais das partes afetadas pelo AVC, o que também parece envolver estimulação da neuroplasticidade (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Em seus estudos envolvendo sete pacientes acometidos por AVC, Oliveira e colaboradores (2018) demonstraram que o uso da TCI levou a uma melhora significativa na espasticidade, aumento na amplitude dos movimentos de flexão e abdução de ombro, flexão e extensão de punho e desvio radial, bem como aumento da capacidade funcional. Os autores concluem que a realização de atividades que estimulem movimentos básicos e essenciais dos membros acometidos leva a uma melhora gradual da funcionalidade do membro acometido, partindo de padrões pouco ideais até atingir atividades mais elaboradas e com maior grau de dificuldade, o que estimula a recuperação satisfatória dos movimentos.

Diversas técnicas são propostas para tal reabilitação, desde as terapias convencionais até terapias de estimulação da neuroplasticidade do SNC, como por exemplo terapias de

estimulação sensitiva, terapias de robótica e realidade virtual, e terapias de neuromodulação e estimulação cortical direta. Uma dessas é a Estimulação Elétrica Funcional Periférica (FES), no qual o membro do paciente é submetido a baixas frequências de pulso, de 20 a 50 Hz, com intensidade de corrente acima do limiar de despolarização do neurônio motor, produzindo contrações musculares ao invés de analgesia, como ocorre com o uso da Estimulação Transcutânea (TENS). Embora haja ainda controvérsia se o uso da estimulação elétrica alcance resultados comparáveis àqueles obtidos com a participação ativa (intencional) do paciente, o uso da FES mostra-se, no mínimo, como um estímulo do córtex sensorial e associativo que, interagindo com o sistema motor, pode atuar como auxiliar no aprendizado de novas tarefas, levando a um treino funcional e melhora clínica sensitivomotora (CECATTO; CHADI, 2012).

Carvalho *et al.* (2013) estudaram o uso de técnicas do tipo *neurofeedback* adquirido através de um sistema de Interface Cérebro–Computador por eletroencefalograma (EEG), associado à fisioterapia. Os autores avaliaram o mecanismo neural subjacente à melhoria da função do membro superior após intervenção fisioterapêutica baseada na resolução de problemas e posteriormente objetivaram atestar se a associação de um *sham neurofeedback* (placebo) foi capaz de aumentar a eficácia na recuperação da função do membro superior com sequelas motoras de AVC em fase crônica, de uma paciente de 36 anos que havia sofrido AVC do tipo isquêmico há seis anos. Após o tratamento, a paciente apresentou melhora significativa de atividades funcionais (teste na escala de ARAT), no desempenho físico (escala de Fugl-

Meyer) e força de compressão. Os autores concluíram que o uso do *neurofeedback sham* associado à FT melhorou a função do membro superior e a neuroplasticidade, e sugeriram que novos estudos fossem realizados com o uso de *neurofeedback real* no tratamento da paciente, a fim de comprovar os resultados e verificar melhora ainda mais significativa.

Neste sentido, Carvalho, Dias e Cerqueira (2014) continuaram os estudos envolvendo grupos de pacientes que executaram apenas fisioterapia, fisioterapia associado a *neurofeedback sham*, e pacientes que executaram fisioterapia associada a *neurofeedback real*. Os autores verificaram que o uso de fisioterapia associada a *neurofeedback sham* ou não, melhorou a neuroplasticidade dos pacientes avaliados. Foi observado que o grupo submetido ao *neurofeedback real* demonstrou uma diminuição das áreas corticais ativadas pelo movimento da mão afetada e um aumento durante a imaginação, bem como um aumento no índice de simetria de movimentos, o que sugere uma maior especificidade cortical.

Entretanto, é necessário entender quais tipos de terapias não convencionais são eficazes no reestabelecimento dos movimentos e da neuroplasticidade. Souza Filho *et al* (2020) compararam o uso de realidade virtual não imersiva através do console Nintendo Wii® e cinesioterapia na independência funcional de indivíduos hemiparéticos pós-acidente vascular cerebral. Após 16 sessões de 50 minutos cada, a reavaliação demonstrou que não houve diferença significativa entre o grupo que foi submetido à realidade virtual e aquele que realizou cinesioterapia.

Em muitos casos, o uso das terapia ocupacional também pode ser abordado. Silva *et al*. (2022) observaram o caso de um paciente

hemiplégico após dois AVC, que passou por sessões de karatê, bem como adaptações para Atividades de Vida Diária (AVD), e adaptações auxiliares para execução de atividades nas seções de terapia ocupacional. Após a intervenção, foi verificado que o paciente apresentou ganho de força muscular e menor ataxia. Além do ganho motor e muscular, o paciente também sentiu-se mais entusiasmado, o que levou à conclusão que a combinação de abordagens e técnicas somada ao resgate das ocupações anteriores contribuíram para resultados positivos.

5 CONCLUSÕES

A recuperação das habilidades motoras após um AVC depende da plasticidade, que na maioria dos casos de pacientes acometidos pela doença, apresentam melhorias tanto funcionais como neuroplásticas. Essa recuperação pode ser obtida através de estímulos repetitivos, que geram a produção e o fortalecimento de novas sinapses.

Para se obter resultados positivos, o uso da Terapia de Contenção Induzida (TCI) como um meio facilitador para a reorganização e readaptação cerebral se mostrou eficaz. O uso de *neurofeedback* associado à fisioterapia também foi promissor.

Quanto maior for o estímulo por meio de terapias e exercícios, mais se obterá melhores resultados em relação aos ganhos motores. Desta forma, percebe-se que o mecanismo de neuroplasticidade está intrinsicamente relacionado com a aprendizagem (ou reaprendizagem), treino e estímulos ambientais.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA Brasileira de Neurologia. **Acidente vascular cerebral**. In: BIBLIOTECA Virtual em Saúde. [internet] Disponível em <<https://bvsmms.saude.gov.br/avc-acidente-vascular-cerebral/>>. Acesso em 29 Dez. 2022.

BENSENOR, I. M. *et al.* Prevalência de acidente vascular cerebral e de incapacidade associada no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde - 2013. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria** [online], v. 73, n. 9, pp. 746-750, 2015. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/anp/a/cDZNsyhwwK4D6v85mnmy6CS/?format=pdf&lang=en>>. Acessado 29 Set. 2022.

BOTELHO, T.S. *et al.* Epidemiologia do acidente vascular cerebral no Brasil. **Temas em Saúde**, João Pessoa, v. 16, n. 2, p. 361-377, 2016. Disponível em <<https://temasemsaude.com/wp-content/uploads/2016/08/16221.pdf>>. Acesso em 29 Set. 2022.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saúde. 2019. **Tabelas SIDRA**. Pessoas de 18 anos ou mais de idade que referem diagnóstico médico de AVC, por sexo e situação do domicílio. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/4624>>. Acessado em 29 Set. 2022.

CANCELA, D.M.G. **O Acidente Vascular Cerebral - Classificação, Principais Consequências e Reabilitação**. Trabalho realizado no Estágio de Complemento ao Diploma de Licenciatura em Psicologia pela Universidade Lusíada do Porto. 2008. Disponível em <<https://www.psicologia.pt/artigos/textos/TL0095.pdf>>. Acesso em 29 Set. 2022.

CARDOSO, S.I.V. **Importância terapêutica do exercício na neuroplasticidade em adultos com patologia neurológica: revisão sistemática**. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia Neurológica). Lisboa: Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa/Instituto Politécnico de Lisboa; 2022. Disponível em <<http://hdl.handle.net/10400.21/14981>>. Acesso em 29 Dez. 2022.

CARVALHO, R.; DIAS ; CERQUEIRA, . **Fisioterapia e Interface Cérebro-Computador: abordagem combinada para melhorar a neuroplasticidade em doentes com Acidente Vascular Cerebral**

– **Estudo Randomizado Controlado.** 8º Congresso da Sociedade Portuguesa de AVC, 2014. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/271752206_Fisioterapia_e

– [Interface_Cerebro_Computador_abordagem_combinada_para_melhorar_a_neuroplasticidade_em_doentes_com_Acidente_Vascular_Cerebral_-_Estudo_Randomizado_Controlado](#)>. Acesso em 01 Dez. 2022.

CARVALHO, R. *et al.* **Fisioterapia e Interface Cérebro-Computador: abordagem combinada para melhorar a neuroplasticidade em doentes com Acidente Vascular Cerebral – estudo de caso.** 7º Congresso da Sociedade Portuguesa de AVC, 2013. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/271750492_Fisioterapia_e_Interface_Cerebro-Computador_abordagem_combinada_para_melhorar_a_neuroplasticidade_em_doentes_com_Acidente_Vascular_Cerebral_estudo_de_caso>. Acesso em 01 Dez. 2022.

CASTRO, K. Afinal, o que é neuroplasticidade? **Mundo Científico Descomplicado** [blog]. Instituto Priorit, publicado em 01 Jul. 2020. Disponível em <<https://institutopriorit.com.br/afinal-o-que-e-neuroplasticidade/>>. Acessado em 20 Dez. 2022.

CECATTO RB, CHADI G. A estimulação elétrica funcional (FES) e a plasticidade do sistema nervoso central: revisão histórica. **Acta Fisiátr.** [Internet], v.19, n4, p. 246-57, 2012. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/103731>>. Acessado em 09 Dez. 2022.

CHONG, J.Y. **Considerações gerais sobre o acidente vascular cerebral.** Manual MSD [internet]. Última revisão/atualização em Julho 2020. Disponível em < <https://www.msdmanuals.com/pt-br/casa/distúrbios-cerebrais,-da-medula-espinal-e-dos-nervos/acidente-vascular-cerebral-avc/considerações-gerais-sobre-o-acidente-vascular-cerebral?query=plasticidade>>. Acessado em 22 Dez. 2022.

CURI, R.; PROCOPIO, J. **Fisiologia Básica.** 2ª Ed. Rio De Janeiro, Guanabara Koogan, 2017.

FERRARI, E.A. de M. *et al.* Plasticidade neural: relações com o comportamento e abordagens experimentais. **Psicologia: Teoria e Pesquisa** [online]. 2001, v. 17, n. 2, pp. 187-194. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-37722001000200011>>. Acesso 29 Abr 2002.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica** -Texto e Atlas. 12^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

MELO, T. L. Neuroplasticidade. **Revista de Trabalhos Acadêmicos**. Universo Recife, v. 4, n. 2, 2017. Disponível em <<http://www.revista.universo.edu.br/index.php?journal=1UNICARECIFE2&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=4558>>. Acesso em 29 Set. 2022.

MOREIRA, E.M.L. *et al.* Neuroplasticidade e estilo de vida: qual a relação? **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.7, p.46748–46755. Disponível em <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-347>>. Acesso em 12 Dez. 2022.

OLIVEIRA, G.M.M. de *et al.* Estatística Cardiovascular – Brasil 2021. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia** [online]., v. 118, n. 1, pp. 115-373, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.36660/abc.20211012>>. Acesso 29 Set. 2022.

OLIVEIRA, J.N.M. de, *et al.* Avaliação funcional de pacientes acometidos pelo acidente vascular encefálico e submetidos à terapia de contensão induzida. **Archives of Health Investigation** [online], v.7, n.10, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.21270/archi.v7i10.3169>>. Acessado em 10 Dez.2022.

SILVA, E.C.R. da, *et al.* O Uso do Karatê como recurso no processo reabilitatório de um paciente com sequelas de Acidente Vascular Cerebral (AVC): Um relato de experiência em Terapia Ocupacional. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, e15011326231, 2022. Disponível em < <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/26231/23089>>. Acesso em 12 Dez. 2022.

SOUZA FILHO, M.R. de. *et al.* Eficácia da combinação do Nintendo Wii® e fisioterapia convencional na independência funcional de indivíduos hemiparéticos pós-acidente vascular cerebral: ensaio

clínico randomizado. **Fisioterapia Brasil**, v.21, n5, p. 455-65, 2020. Disponível em <<https://portalatlanticaeditora.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/view/3960/pdf>>. Acesso em 30 Nov. 2022.

RIBEIRO SOBRINHO J.B. Neuroplasticidade e a recuperação da função após lesões cerebrais. **Acta Fisiátr.** [Internet]. v. 2, n.3, p.27-30. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/1019801995>>. Acesso 29 Set. 2022.

ROQUE, B. S.; LUKACHEWSKI, J. M.; BARBOSA, C. P. Neuroplasticidade – uma abordagem teórica. **Revista Uningá**, [S. l.], v. 47, n. 1, 2016. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uninga/article/view/1262>. Acesso em 29 Dez 2022.

TELLO, I. **Neuroplasticidade após AVC**. NeuroSer [blog]. Disponível em <<https://neuroser.pt/2015/09/15/neuroplasticidade-apos-avc/>>. Acesso em 22 Dez. 2022.

TROJAN, S.; POKORNÝ, J. Theoretical Aspects of Neuroplasticity. **Physiol. Res.** v.48, p. 87-97, 1999. Disponível em <https://www.biomed.cas.cz/physiolres/pdf/48/48_87.pdf>. Acessado em 29 Dez. 2022.

UNIFAL. Universidade Federal de Alfenas. **Tecido Nervoso**. Histologia Interativa [blog]. Disponível em <<https://www.unifal-mg.edu.br/histologiainterativa/tecido-nervoso/>>. Acessado em 29 Set. 2022.

VAZ, DV.; BRÍCIO, R. S.; AQUINO, C. F. de; VIANA, S. O.; MANCINI, M. C.; FONSECA, S.T. da. Alterações musculares em indivíduos com lesão do neurônio motor superior. **Fisioterapia e Pesquisa**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 71-82, 2006. DOI: 10.1590/fpusp.v13i2.76287. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/fpusp/article/view/76287>. Acesso em: 29 dez. 2022.

ZILLI, F., LIMA, C. B. A. de, KOHLER, M. C. Neuroplasticidade na reabilitação de pacientes acometidos por AVC espástico. **Revista De Terapia Ocupacional Da Universidade De São Paulo**, v. 25,

n.3, p. 317-322, 2014. Disponível em
<<https://doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v25i3p317-322>>. Acesso
em 29 Dez. 2022.