



UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA
FCS/ESS

LICENCIATURA EM FISIOTERAPIA

PROJECTO E ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE II

NEURÓNIOS MOTORES E A SUA IMPLICAÇÃO NA REABILITAÇÃO DO AVC

Ana Rita Carvalho dos Santos
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde - UFP
18198@ufp.edu.pt

José António Lumini
Doutor em Actividade Física e Saúde
Escola Superior de Saúde- UFP
joselo@ufp.edu.pt

Porto, Fevereiro de 2011

Resumo: Apesar da melhoria considerável na prevenção e tratamento das doenças vasculares ao longo dos tempos, o AVC permanece uma das principais causas de incapacidade motora e cognitiva grave e a longo prazo. As últimas décadas contribuíram para a compreensão dos mecanismos que conduzem às alterações neuroplásticas após o AVC. Esta revisão irá focar-se na patofisiologia do AVC e nos principais conceitos de reabilitação nomeadamente a utilização do sistema de neurónios espelho que parece ser um importante coadjuvante na reabilitação funcional em associação com as terapias neurológicas convencionais.

Palavras-chave: acidente vascular cerebral, neuroplasticidade, neurónios espelho, reabilitação, fisioterapia

Abstract: Despite the considerable improvement in the prevention and treatment of vascular diseases over the time, stroke remains a major cause of severe cognitive and motor disability and long term. The past decades have contributed to the understanding of the mechanisms that lead to neuroplastic changes after stroke. This review will focus on the pathophysiology of stroke and major rehabilitation concepts including the use of the mirror neuron system that appears to be an important tool for functional rehabilitation in combination with conventional neurological therapies.

Keywords: *stroke, neuroplasticity, mirror neurons, rehabilitation, physical therapy*

Introdução

O acidente vascular cerebral (AVC) é das principais causas de mortalidade e morbidade a nível mundial (Lopez, et al., 2006). Este é resultado de uma perturbação no fornecimento sanguíneo a determinada parte do cérebro, e não deve ser considerado um acontecimento isolado, mas uma consequência clínica de uma doença vascular progressiva (Marquardsen, 1975). A Organização Mundial de Saúde define um AVC como o rápido desenvolvimento de sinais clínicos focais ou globais de distúrbios da função cerebral com uma duração superior a 24h ou que conduz à morte sem outra causa aparente de origem vascular (WHO Monica, 1988).

A reabilitação de um paciente com AVC deve envolver uma equipa multidisciplinar de profissionais. Nesta equipa, o fisioterapeuta desempenha um papel particularmente importante uma vez que é um elemento de primeiro contacto no processo de recuperação funcional contribuindo a vários níveis dos défices impostos pela lesão. A recuperação de um AVC é um processo complexo onde estão envolvidos componentes de recuperação espontânea e intervenção terapêutica, farmacológica e não farmacológica (Ashburn, 1997). Neste contexto, os efeitos das intervenções terapêuticas funcionais são extremamente importantes necessitando de um planeamento, selecção e execução cuidada das técnicas mais adequadas ao processo de intervenção e ao paciente em questão. As técnicas de reabilitação que envolvem mecanismos de neuroplasticidade parecem ser o melhor meio para minimizar a incapacidade funcional e otimizar a recuperação do paciente, estimulando alterações plásticas do cérebro e a sua capacidade de integração de actividades previamente experienciadas (Umphred, 1994; Cacho, Melo, Oliveira, 2004).

O sistema de neurónios espelho tem sido considerado uma das mais importantes descobertas da neurociência cognitiva dos últimos anos. Uma propriedade única dos neurónios espelho é a capacidade de actuação tanto durante a execução da acção como durante a observação de acções específicas. Esta propriedade permite aos humanos perceberem as intenções dos outros através da observação das suas acções, portanto desempenha um papel importante na imitação baseada na aprendizagem e na empatia. No caso específico dos pacientes com AVC tem-se vindo a verificar que o sistema de neurónios espelho em adultos ainda é plástico e que artificialmente a activação desse sistema pode fornecer a base para a reabilitação cerebral em pacientes pós-AVC. O uso da observação activa como uma forma de reabilitação é obviamente uma mais-valia em pacientes com parésia severa para os quais a reabilitação pode ser difícil (Yuan e Hoff, 2008). A forma de reabilitação através da observação da acção foi proposta recentemente e a sua implicação em diferentes modalidades será abordada ao longo do artigo para que seja possível perceber as consequências práticas do sistema de neurónios espelho na reabilitação de um AVC.

1. AVC

1.1. Epidemiologia

O AVC no mundo ocidental tem acompanhado a crescente prevalência de doenças crónicas como a hipertensão arterial, a diabetes *mellitus* e a obesidade. Estudos realizados a nível mundial referem uma incidência em média de 200 casos/100.000 habitantes/ano de AVC (Sá, 2009). No entanto, existem acentuadas diferenças regionais e especificidades étnicas. Na Europa, encontram-se diferenças relevantes na incidência, prevalência e mortalidade entre a Europa Ocidental e a Oriental, facto relacionado com os factores de risco, mais graves na Europa Oriental (Brainin, et al., 2000).

Por outro lado, as populações asiáticas e negras comparativamente às brancas possuem incidências mais elevadas, o que poderá estar parcialmente relacionado com um factor genético predisponente a outras co-morbilidades tais como hipertensão arterial, dislipidémia, doença coronária, factores culturais e alimentares.

Embora exista um número limitado de estudos epidemiológicos acerca de doenças vasculares cerebrais em Portugal, alguns destes estudos referem que a sua incidência varia entre os 67 e os 202 casos/100.000 habitantes/ano nas áreas rurais e os 40 e os 173 casos/100.000 habitantes/ano nas áreas urbanas do norte do País. Contudo, tem-se verificado um declínio na mortalidade por AVC nos últimos anos, o que poderá estar relacionado com uma melhoria no tratamento ou na classificação das causas de morte.

A idade e o género são também factores a ter em consideração. A incidência aumenta com a idade, sendo que 50% dos casos ocorre em indivíduos acima dos 75 anos. Apenas 25% dos AVC ocorrem abaixo dos 65 anos. Relativamente ao género, a sua distribuição é aproximadamente equitativa, variando consoante a fase da vida, incidindo mais frequentemente entre as mulheres antes dos 45 a 50 anos e, após essas idades, entre os homens (Sá, 2009).

1.2. Etiologia

O AVC é uma doença que afecta as principais artérias do cérebro, ocorrendo um colapso na circulação cerebral. Esse bloqueio é causado por um êmbolo ou trombo que obstrui o aporte sanguíneo (acidente vascular cerebral isquémico) ou por uma ruptura do vaso sanguíneo, que desencadeia uma hemorragia, impedindo o fluxo sanguíneo cerebral (acidente vascular cerebral hemorrágico) (Sá, 2009).

Este representa uma doença complexa e multifactorial, que resulta da interacção entre os factores genéticos e determinantes do meio ambiente. A predisposição para o mesmo relaciona-se com uma série de factores de risco não modificáveis, que incluem: a idade, o género, a raça, a etnia e a

genética; e factores de risco modificáveis, que incluem: hipertensão arterial, diabetes, aterosclerose, doenças cardiovasculares, álcool, tabaco e obesidade (Sacco, et al., 1997; Wolf, 1998).

1.3. Reabilitação

Apesar da melhoria considerável na prevenção e tratamento das doenças vasculares ao longo dos tempos, o AVC permanece uma das principais causas de incapacidade motora e cognitiva grave e a longo prazo. A reabilitação neurológica deve ser iniciada precocemente, ainda na fase hospitalar e ter continuidade posteriormente em ambientes apropriados (Cacho, Melo, Oliveira, 2004).

Durante um longo período de tempo, pensava-se que o nosso sistema nervoso central (SNC) era um sistema rígido, sem capacidade de reorganizar ou modificar as suas células, o que supunha a impossibilidade de recuperação funcional eficaz, pois as lesões causavam danos permanentes (Oliveira, Salina, Annunziato, 2001). Em 1930, foi introduzido o termo plasticidade, por *Albrecht Bethe*. Há algumas décadas, o termo plasticidade neural foi definido como a capacidade do organismo se adaptar às mudanças ambientais internas e externas, mediada pela acção sinérgica de diferentes órgãos coordenados pelo SNC. Admitindo-se que tanto as unidades do SNC como as suas conexões podem ser substituídas e reconstituídas progressivamente em resposta ao meio ambiente, considera-se que este é um sistema dinâmico e não estático, como se pensou em tempos (Lenon, 2003).

Nas últimas três décadas a neurociência tem vindo a demonstrar a crescente importância da neuroplasticidade após lesões do sistema nervoso central ou periférico (Lomber e Eggermont, 2006). Várias alterações corticais adaptativas podem ocorrer após uma lesão focal, principalmente numa fase pós-lesão, no chamado “período crítico”. Entre algumas das possíveis transformações que têm sido observadas após a lesão cerebral incluem-se:

1. Expansão dos mapas corticais sensoriais ou função cognitiva consoante o uso;
2. Transferência da função de uma região para outra;
3. Substituição sensorial, onde uma região dedicada a um tipo de input sensorial inicia o processamento de input para outra modalidade;
4. Processamento alternativo através do qual uma função abolida por uma região lesada do cérebro é processada através de outro sistema.

Estes conhecimentos contribuíram para ampliar e otimizar o desempenho de várias áreas da saúde, incluindo a fisioterapia, perante o paciente com AVC, através do contributo de mecanismos de recuperação múltiplos que incluem estratégias de reaprendizagem activa e processos passivos de adaptação à lesão (Ertelt, et al., 2007). A reabilitação precoce é benéfica, uma vez que é nos primeiros três meses após o episódio, que se acredita que existe a maior capacidade de recuperação funcional (Studenski, et al., 2001).

A abordagem tradicional para o tratamento dos défices funcionais após um AVC é principalmente baseada em técnicas de neurofacilitação que visam a prática de movimentos repetidos e funcionais, estimulando o uso do lado parético durante sessões de treino supervisionado, que condicionem um desenvolvimento da plasticidade neural (Ertelt, et al., 2007). Partindo deste pressuposto, foram surgindo ao longo dos anos vários modelos terapêuticos, propostos por observadores do movimento humano normal e alterações provocadas pelo AVC, entre as abordagens que marcaram a história da neurologia distinguem-se:

1. *Kabat, Knott e Voss*, introduziram e expandiram a facilitação neuromuscular proprioceptiva (PNF) na década de 50. O objectivo desta técnica de reabilitação é fortalecer os músculos segundo padrões de movimento concebidos para a função e correcção dos desequilíbrios musculares. Os padrões de movimento utilizados no PNF são característicos da actividade motora normal, em espiral e diagonal, e surgem da observação do corpo, utilizando os grupos musculares sinergicamente recrutados.

As técnicas manuais do PNF pretendem aumentar a informação sensorial, facilitar a activação dos músculos subjacentes e aplicar resistência no padrão de movimento activando os fusos musculares ou os órgãos tendinosos de Golgi. O objectivo teórico deste método é criar vias para a expressão de padrões de movimento funcionais e a sua integração do SNC. Sob este ponto de vista o PNF pode ser considerado limitador, uma vez que existem múltiplos padrões de movimento e o estabelecimento apenas de um ou dois para determinada tarefa parece restritivo (Bernnett e Karnes, 1998);

2. O conceito de *Bobath* foi originalmente desenvolvido e definido na década de 50, por *Bertha e Karel Bobath* que reconheceram a necessidade do conceito permanecer dinâmico e evoluir de acordo com as novas evidências da neurociência e prática clínica (Bobath. e Bobath, 1981), neste contexto é fundada em 1984 a IBITA (*International Bobath Instructors Training*), concretizando esse desejo. O conceito, tem por principio a inibição dos padrões reflexos anormais, o uso dos dois lados do corpo e facilitação do movimento normal, sendo definido como uma abordagem para a resolução de problemas, através da avaliação e tratamento de indivíduos com distúrbios de movimento, função e controlo postural decorrentes de uma lesão do SNC (IBITA, 2008; Raine, 2006). Fornece uma forma de observar, analisar e interpretar o desempenho de uma tarefa (Mayston, 2001), enfatizando dois aspectos interdependentes: a integração do controlo postural, o desempenho de uma tarefa e o controlo do movimento selectivo na produção de sequências coordenadas de movimento (padrões de movimento) (IBITA, 2008; World Health Organization, 2001). Estes factores são considerados críticos na optimização da recuperação motora e função após um AVC, para além disso, a contribuição dos inputs sensoriais para o controlo motor e aprendizagem motora permanece um dos

principais focos do conceito de *Bobath* (Gjelsvik, 2008). A reabilitação é individualizada e adaptada de acordo com o paciente, permitindo que este seja activo no processo de reabilitação, potenciando alterações no SNC. O principal objectivo é reeducar o movimento normal através do alinhamento correcto dos segmentos corporais, da normalização do tónus muscular e facilitação do movimento selectivo para promover a função. (Lenon, 2003);

3. *Margaret Johnstone* preocupou-se com a reabilitação do hemiplégico. Apesar dos seus métodos ecléticos, eram baseados em princípios neurofisiológicos do conceito de *Bobath* e nas abordagens do PNF, o seu método centra-se no desenvolvimento motor da criança, na inibição de padrões espásticos e redução da assimetria corporal. O objectivo da reabilitação é reduzir as incapacidades com que um paciente se deparava e primeiramente compreender as suas principais dificuldades após o AVC: a perda completa do equilíbrio no lado afectado, o distúrbio sensitivo que inibe o movimento, a espasticidade extensora em desenvolvimento e a perda completa da selecção livre dos movimentos de precisão. Segundo *Margaret*, a perda sensitiva é das consequências mais graves com que o paciente tem de lidar e o fisioterapeuta deveria reabilitá-lo através do uso de padrões anti-espásticos evitando o desenvolvimento da contracção da musculatura espástica até que este seja capaz de iniciar o movimento a partir do lado afectado, reeducando a função integral (Johnstone, 1987).

É neste contexto que surgem as talas de pressão insufláveis de *Margaret Johnstone* aplicadas pela primeira vez em 1967 em pacientes com hemiplégia. São colocadas no membro lesado mantendo-o imóvel em posturas anti-espásticas, com o objectivo de inibir o espasmo muscular e reeducar a discriminação sensitiva, estimulando os receptores proprioceptivos e cutâneos através da aplicação de pressão sobre os tecidos, mantendo o membro estável durante a execução dos exercícios, controlando os padrões de movimentos combinados e evitando os reflexos patológicos. Tem sido mostrado que o calor neutro e a aplicação de pressão reduzem a estimulação térmica e táctil, receptores que demonstram uma rápida adaptação ao estímulo, diminuindo a excitabilidade dos neurónios intermediários e motores. Estudos realizados através da electromiografia provam que a aplicação das talas num adulto com hemiplégia cerca de 30 minutos antes do exercício, diminui a espasticidade e aumenta o input sensorial, alegando-se que os órgãos tendinosos de *Golgi* asseguram a inibição autogénica. As talas de *Johnstone* podem ser utilizadas para controlar a espasticidade, aumentar a estabilidade, facilitar o desenvolvimento motor e melhorar os padrões normais de movimento, quer em pacientes com hipertonicidade ou hipotonicidade (Johnstone, 1983; Poole e Whitney, 1990);

4. *Brunnstrom* preocupou-se particularmente com as afecções do paciente hemiplégico. Esta identificou sete estadios da recuperação dos pacientes após o AVC, através da observação dos mesmos e admitindo que a lesão do SNC provoca um retrocesso da dinâmica neuromotora. A

recuperação iniciaria com o primeiro estágio que é o de flacidez e terminaria no sétimo estágio que corresponde ao retorno da função motora normal.

A sua abordagem no processo de reabilitação tem como princípio o modelo hierárquico do desenvolvimento, ou seja, *Brunnstrom* acreditava que nas pessoas normais os reflexos da medula espinal e do tronco encefálico se alteram ao longo do desenvolvimento e os seus componentes se rearranjam intencionalmente devido à organização hierárquica dos centros superiores. Esta defendia que a introdução de um input sensorial da periferia é benéfica para o desenvolvimento de respostas motoras, partindo do princípio que os reflexos representam estágios normais de desenvolvimento, podendo ser usados quando o SNC regressa a uma estágio mais anterior, como ocorre no caso da hemiplégia. Desta forma os reflexos posturais primitivos selectivos devem ser utilizados para provocar o movimento voluntário, quando este não existe (sequência normal do desenvolvimento) e os estímulos proprioceptivos e extroceptivos devem ser usados terapêuticamente para se atingir o resultado pretendido. Os reflexos primitivos ou os movimentos anormais são considerados processos normais na recuperação, previamente aos padrões de movimento normais serem atingidos.

Esta abordagem foi controversa relativamente às de outros fisioterapeutas da sua época, uma vez que esta propõe um resultado final com o retorno à função motora normal através de um método de tratamento que enfatiza os padrões de movimento anormais (Bernnett e Karnes, 1998);

5. A terapia de *constrained-induced movement*, é actualmente utilizada na recuperação funcional de doentes com AVC e visa recuperar a função do membro superior parético através do seu treino intensivo e uso de uma restrição, luva ou tipóia, no membro superior não-parético durante 90% do dia. Esta terapia surgiu com base na pesquisa realizada pelo doutor Edward Taub no final dos anos 70, início dos anos 80 (Taub, et al., 1993; Taub, Uswatte, Pidikiti, 1999). O *constrained-induced movement* apoia-se na teoria da superação do não-uso aprendido e da reintrodução do membro parético na realização das actividades ocupacionais do indivíduo que se pretende potenciar a reorganização cortical e a neuroplasticidade para que se possa alcançar ganhos motores e funcionais. A terapêutica pressupõe a concentração do paciente na prática, para que seja requerido o controlo motor na medida certa para a realização da tarefa (Bosco e Poppele, 2001). Desta forma a aprendizagem dos movimentos voluntários do membro lesado é permitida pela limitação do uso do membro contralateral (Taub, et al., 2006);
6. *Janet Carr* e *Roberta Shepherd* desenvolveram um novo modelo terapêutico para a reabilitação de pacientes com AVC que surge originalmente em 1982, baseado na teoria da reaprendizagem motora cognitiva, na neuroplasticidade e influenciada pelo conceito de *Bobath*. Este conceito, tem ainda em conta a existência de programas motores ou padrões de

movimento pré-planeados para reaprender a tarefa a realizar. Deste modo enfatiza o treino repetitivo de um movimento específico para melhorar a sua capacidade de execução da tarefa e ensina estratégias de resolução de problemas. Esta teoria fundamenta-se na eliminação da actividade muscular desnecessária, no uso do *feedback* visual e verbal para o reforço, no controlo motor com recrutamento do número correcto de unidades motoras para que determinada actividade específica seja realizada, na observação da interacção entre o ajuste postural e o movimento, e no ênfase da função cognitiva nos estágios iniciais da reaprendizagem, progredindo para a aquisição da habilidade (Teixeira, 2008).

Apesar da existência de abordagens controversas não existem evidências clínicas sobre quais as efectivas no retorno do controlo motor após o AVC (Whitall, *et al.*, 2000). Para a selecção da abordagem apropriada, deve ter-se em conta que embora as alterações estruturais do córtex cerebral no adulto possam representar uma limitação na reorganização neural eficiente, estudos provam que o ambiente e a experimentação a que somos expostos modelam a nossa arquitectura neural ao longo da vida, desta forma, a reorganização neural após um AVC tem implicações directas na reabilitação do controlo motor (Teixeira, 2008).

O desenvolvimento de técnicas não-invasivas de neuroimagem permitiu a realização de estudos em animais e pessoas que facilitaram o avanço da neurociência na reabilitação, contribuindo para um conhecimento mais detalhado da neurofisiologia, da patologia, dos mecanismos que controlam o movimento normal e os desvios ao mesmo. A associação da fisioterapia com as evidências neurofisiológicas fornece informação relevante para o desenvolvimento de novas abordagens, baseadas sobretudo no sistema de neurónios espelho. De acordo com os estudos efectuados os neurónios espelho podem contribuir significativamente em associação com outras terapias na reabilitação de pacientes com distúrbios motores, cognitivos e emocionais após um AVC, tendo como base que as áreas cerebrais espelho são estimuladas através do som, da visualização, da interpretação, da percepção, da intenção, da imaginação, do objectivo das acções, e da compreensão dos estados emocionais implícitos na acção. A sua integração depende também da experiência motora do paciente e da aprendizagem imitativa, uma vez que a observação e execução das acções facilita fortemente a construção de memórias motoras. Desta forma a descoberta deste sistema de neurónios pode trazer benefícios irrefutáveis na prática terapêutica para restaurar o controlo motor, cognitivo e emocional do paciente.

2. Neurónios Espelho

2.1. Neurofisiologia

Na última década, a neurociência tem contribuído significativamente para mudar o conceito da organização e das propriedades funcionais do sistema motor, devido ao sistema de neurónios espelho (Rizzolatti e Craighero, 2004). Estes são uma classe de neurónios originalmente descobertos no córtex pré-motor dos macacos, activados quer quando um indivíduo executa uma acção motora quer quando apenas observa alguém a executá-la. O sistema de neurónios espelho nos humanos, assim como nos macacos, está localizado no córtex pré-motor ventral e no lóbulo parietal inferior (Buccino, et al., 2004).

Os neurónios espelho são divididos em duas categorias principais: estritamente congruentes e amplamente congruentes. Neurónios espelhos estritamente congruentes, representam cerca de um terço dos neurónios espelho e relacionam-se com a mesma acção quer seja observada ou executada (Di Pellegrino, et al., 1992). Neurónios espelho amplamente congruentes, representam cerca de dois terços dos neurónios espelho e relacionam-se com acções logicamente interligadas (como agarrar e levar à boca) ou para atingir um mesmo objectivo. O facto dos neurónios amplamente congruentes serem mais numerosos que os estritamente congruentes sugere que os neurónios espelho não estão apenas relacionados com a visualização e integração das acções, mas também facilitam as interacções sociais em que os indivíduos frequentemente realizam acções complementares para atingir um objectivo comum (Newman-Norlund, et al., 2007). Os neurónios espelho implementaram um sistema sofisticado de codificação abstracta das acções realizados por outrem. Por exemplo, estes distinguem entre uma acção de agarrar oculta e a pantomima dessa mesma acção oculta, propriedade que foi mostrada através de experiências realizadas com macacos, nas quais se verificaram que os neurónios espelho apenas são activados quando há a execução por parte de alguém de uma acção e não quando ocorre a pantomima dessa mesma acção (Umiltà, et al., 2001). Nessas experiências foi mostrado aos macacos um objecto em cima de uma mesa e de seguida a visualização do objecto foi impedida pela colocação de uma tela à frente do mesmo. Os macacos puderam observar uma pessoa a chegar ao objecto por detrás da tela. Embora a acção de agarrar o objecto em si tenha sido escondida pela mesma, os neurónios espelho foram activados nessa acção oculta. Noutra condição experimental foi mostrado aos macacos uma mesa sem nenhum objecto, foi novamente impedida a sua visualização com a tela e o experimentador atingiu por detrás dela como se estivesse presente um objecto tal como o referido acima, e ainda que esta condição tenha sido semelhante à anterior o conhecimento prévio de que não havia objectos na mesa não fez disparar os neurónios espelho. Esta propriedade dos neurónios espelho é provavelmente a base neural da nossa compreensão das acções realizadas por outrem que nós não conseguimos visualizar completamente,

ou seja, que são particularmente ocultas.

Outra propriedade dos neurónios espelho é o seu disparo quando há um som associado a uma acção, tal como o partir de um amendoim ou o rasgar de um papel, ainda que não haja visualização da acção (Kohler, et al., 2002; Keysers, et al., 2003). Este facto sugere que os neurónios espelho fornecem um vasto sistema de codificação abstracta das acções realizadas por outrem.

A mesma acção pode contudo estar associada a diferentes intenções, num estudo recente os macacos foram treinados para agarrar um objecto e colocá-lo num recipiente, e para agarrar comida e posteriormente comê-la. Aproximadamente um terço dos neurónios registados foram activados em ambas as actividades experimentais. Dois terços dos neurónios contudo foram activados de forma diferente nas duas actividades e mais fortemente quando o macaco executou as acções de agarrar para comer.

Uma outra experiência consistiu em registar a actividade dos neurónios espelho enquanto os macacos observaram um humano a agarrar um objecto ou um alimento para colocá-lo no recipiente ou comê-lo, respectivamente. A presença do recipiente ou do alimento para comer sinalizava a sua intenção. Um subconjunto de neurónios disparou na observação da acção em ambos os casos, o que prova que os neurónios espelho codificam a intenção associada a uma acção observada (Fogassi, et al., 2005).

O distúrbio funcional crónico é observado em grande parte dos pacientes que sofreram um AVC, e estudos recentes sugerem que não só a informação fornecida pela observação, mas também pela imaginação dos movimentos podem constituir uma forma adicional de informação vantajosa na sua reabilitação (Jackson, et al., 2001). A lógica desta afirmação relaciona-se com o facto das áreas cerebrais que normalmente estão envolvidas no planeamento e execução do movimento serem também activadas durante a imaginação de um movimento. É portanto, sabido que a imaginação de movimentos activa as mesmas áreas cerebrais que a efectiva execução de um movimento, vários estudos através do mapeamento cerebral detectaram que durante o imaginário motor, as áreas cerebrais relacionadas com a execução motora são activadas (Decety, et al., 1994; De Lange, Hagoort, Toni, 2005). O mesmo se verifica na observação de um movimento, pois as mesmas áreas no córtex pré-motor são activadas quando esse mesmo movimento observado é executado. O conceito de neurónios espelho apresenta aqui um importante papel, pois tal como foi referido anteriormente estes disparam quando o macaco executa o movimento, mas também quando observa alguém a executá-lo (Rizzolatti, 2005).

2.2. Imagem Motora

A imagem mental é a capacidade de imaginar objectos ou eventos que não estão a ocorrer, representando uma das mais interessantes habilidades cognitivas do ser humano. A capacidade de imaginar um objecto a mover-se do um sitio para outro ou nós próprios sem nos movermos, ou de conseguirmos descrever as formas e características básicas de um objecto sem lhe termos tocado ou qual a sensação de andar de avião sem nunca o termos feito, são tudo diferentes variedades de imagem mental.

A imagem motora é o processo cognitivo que envolve a capacidade de imaginar um movimento do nosso corpo sem que esse se tivesse movido. Esta deve ser distinguida de outras formas de movimento relacionado com a imagem mental: imagem de movimento. A imagem de movimento confronta-se com o processo de prever a direcção do movimento de um objecto no espaço. Outra distinção importante relaciona-se com a perspectiva da primeira e terceira pessoa: um indivíduo sabe onde o seu braço se encontra posicionado no espaço da mesma forma que sabe como o mesmo é visto por outros. Todos estes são exemplos de diferentes variedades de imagem mental e que as pesquisas sugerem que estejam relacionados com distintos subsistemas neurais (Pylyshyn, 2002; Feltz e Landers, 1983). Embora a imagem visual normalmente receba mais atenção, nos últimos 10 anos tem vindo a crescer o interesse sobre o tema imagem motora. A pesquisa do controlo motor provou a existência de similaridades nos movimentos reais e imaginários, isto porque a execução do movimento, a imagem motora e a observação da acção têm como base o mesmo mecanismo (Anderson, 1978; Neuper, et al., 2005). A imagem motora e a observação de uma acção são concebidas como sendo operações “*offline*” das áreas motoras do cérebro. A similaridade destas hipóteses é baseada em duas linhas de evidência distintas: a primeira relaciona-se com as semelhanças do domínio comportamental, por exemplo, o tempo para completar um movimento imaginado é similar ao real tempo necessário para executar esse mesmo movimento, fenómeno conhecido como isocronismo mental (David., et al., 2006). Estudos provaram que a imagem motora parece respeitar a biomecânica normal e as restrições dos movimentos reais, provando que as tarefas não são executadas por imagens visuais simples, mas por um complexo processo que envolve a imaginação do movimento do próprio braço ou mão (Parsons, 2001); uma segunda linha de evidência prova que o sistema neural usado no controlo das acções é de facto activado durante a imaginação das mesmas (Jackson, et al., 2001; Neuper, et al., 2005). As partes do sistema neural que são mais frequentemente relatadas como estando envolvidas na imagem motora são áreas cerebrais que estão relacionadas com as funções de planeamento e execução dos movimentos, incluindo, o córtex pré-motor, o córtex frontal inferior, o córtex parietal posterior, o cerebelo e os gânglios da base.

Apesar dos mecanismos neurais envolvidos na imagem motora ainda não serem totalmente compreendidos, é evidente que nós usamos o nosso sistema de acção não apenas para acções “*online*” (execução), mas também para acções “*offline*” (imaginação, observação). Para além disso, tem sido mostrado que nós podemos melhorar os nossos movimentos recorrendo ao sistema de acções “*offline*”, uma vez que a imagem motora repetida pode facilitar a aprendizagem dos movimentos (David, et al., 2006).

2.3. Experiência Motora e Aprendizagem Motora

A capacidade do SNC recuperar após uma lesão relaciona-se com mecanismos intrínsecos inerentes à neuroplasticidade, os quais assumem um papel importante no processo de aprendizagem ou reaprendizagem das competências motoras (Mulder e Hochstenbach, 2001). A aprendizagem motora refere-se a alterações permanentes no desempenho motor de um indivíduo, ocorrendo devido à experiência motora e prática activa. Esta inclui a habilidade de aquisição e a adaptação motora, ou seja, a capacidade de seleccionar o movimento correcto no contexto apropriado. Os princípios da aprendizagem motora ajudam a identificar a melhor forma de manipular o indivíduo, a tarefa e ambiente, influenciando alterações corticais a longo prazo para promover o desempenho motor do indivíduo.

Supõe-se que o principal papel funcional dos neurónios espelho se relacione com a compreensão de acções motoras executadas por outrem de forma automatizada, correlacionando-as com a evidência do seu repertório motor (Rizzolatti, Fogassi, Gallese, 2001). Existem provas a favor de que apenas as acções motoras que estão presentes no repertório motor do observador são efectivas na activação do sistema de neurónios espelho. Este facto que foi provado através de uma experiência realizada em humanos, macacos e cães que incluía acções orais, nas quais no caso do humano, o sistema de neurónios espelho foi activado em acções como trincar para comer e contrariamente o sistema falhou quando a acção se relacionava com outra espécie, como no caso de ladrar.

A activação do sistema de neurónios espelho também se relaciona com a experiência motora do observador para uma determinada acção (Buccino, et al., 2004). Esta característica foi claramente demonstrada em experiências que usavam passos de dança como estímulo observado. Primeiro foi mostrado no observador a quantidade de activação do sistema espelho correlacionado com o grau da sua habilidade motora para essa acção. Outra experiência excluiu a possibilidade desse efeito ser exclusivamente devido à mera familiaridade visual com o estímulo: a observação dos passos em particular por bailarinos produziu uma activação mais forte do sistema de espelho nos que eram profissionais comparativamente às realizadas por amadores. Um estudo adicional mostra que em dançarinos que inicialmente tinham menor aptidão na execução de certos passos, ocorreu maior activação do sistema espelho durante o período em que foram submetidos ao treino motor e estes

tornaram-se hábeis na realização desses passos (Cross, Hamilton, Grafton, 2006). Nesta experiência é clara a importância da aprendizagem motora na aquisição de novas habilidades, uma vez que se trata de um processo que envolve uma série de estágios que descrevem a progressão desde a compreensão da tarefa (nível cognitivo) à estabilização do comportamento (nível autónomo), através dos quais o desempenho é refinado, induzindo alterações corticais para o que o indivíduo desenvolva novas habilidades motoras e melhore a sua execução.

O mecanismo envolvido na aprendizagem por imitação foi investigado por um estudo imagiológico, no qual os participantes amadores foram incentivados a imitar os acordes da guitarra tocados por um guitarrista experiente. Foram registadas activações corticais durante a observação do guitarrista, uma pausa subsequente, e a execução dos acordes. Os resultados mostraram que durante a formação do novo padrão motor, na pausa entre a observação e a execução, ocorreu uma forte activação do sistema de neurónios espelho (Buccino, et al., 2004).

A evidência directa que a congruência da observação e da execução facilita fortemente a construção de memórias motoras, é fornecida por estudos de estimulação magnética transcraniana, os quais mostram que após um período de treino no qual os participantes em simultâneo executavam e observavam movimentos congruentes, ocorre a potenciação do efeito de aprendizagem no que diz respeito ao treino motor por si só (Stefan, et al., 2005; Stefan, et al., 2008). Este facto indica que a mutua acção de observação e execução aumenta significativamente a plasticidade do córtex motor. Outra experiência, demonstra que o recrutamento muscular tipicamente congruente com os movimentos observados pode ser alterado a curto prazo pela experiência, ou seja, os participantes foram treinados para realizar um movimento enquanto observavam outro, após o treino, o típico efeito do sistema de neurónios espelho foi invertido, isto é, ocorreu o aumento do potencial evocado motor no músculo que controlava a acção executada e não no músculo que controlava a acção observada (Catmur, Walsh, Heyes, 2007).

A reabilitação após o AVC desenrola-se de forma idêntica aos processos envolvidos na aprendizagem motora e experiência motora, as quais requerem intencionalidade, compreensão, repetição, habilidade, *feedback* e memória motora, para melhorar o desempenho do indivíduo. Assim sendo, a reaprendizagem de competências motoras, como a marcha, a acção de agarrar e falar, após uma lesão cerebral resulta da interacção de mecanismos biológicos intrínsecos e programas de aprendizagem (Shumway-Cook e Wollacott, 2003; Pohl, et al., 2001).

2.4. Imitação e Áreas Espelho

De acordo com o referido anteriormente, a imitação dos acordes de um guitarrista experiente por parte de amadores aumentou a excitabilidade das áreas espelho quer durante a observação quer na execução da acção em causa, ou seja, o mecanismo de imitação de acções realizadas por outrem contribui para o desenvolvimento de novas habilidades motoras. Outros estudos realizados através da ressonância magnética funcional, surgiram a favor desta teoria. Um destes estudos foi realizado para verificar se as áreas relevantes para a imitação de acções com a mão tinham propriedades espelho, e de facto provou-se que as áreas frontal inferior e parietal posterior apresentam um aumento do sinal, superior na execução da acção do que na observação da mesma, um padrão semelhante ao de activação dos neurónios espelho nos macacos. Para além disso, o aumento do sinal durante a imitação é semelhante à soma do sinal durante a execução e a observação, uma vez que a imitação, resulta da combinação de ambas as acções (Iacoboni, et al., 1999). Estudos sobre a imitação de acções da mão, provaram que a área frontal inferior dos neurónios espelho, está especialmente preocupada com o objectivo das acções imitadas, e com as formas da imitação, particularmente dominantes no início da vida (Koski, et al., 2002). Ou seja, quando se verifica a imitação cara-a-cara, as crianças imitam quase como se estivessem diante de um espelho (Koski, et al., 2003) e as áreas dos neurónios espelhos em adultos mostram maior actividade durante este tipo de imitação (Koski, et al., 2002). Contudo, uma pequena parte da área do giro frontal inferior, o par opercular, demonstrou uma correlação deficitária com o comportamento imitativo (Heiser, et al., 2003).

A imitação é uma forma generalizada de aprendizagem no ser humano, e a compreensão dos mecanismos adjacentes é obviamente importante. O sistema de neurónios espelho está intimamente envolvido na aprendizagem imitativa através de interacções neurais com as áreas da preparação motora e do córtex pré-frontal dorso-lateral. E embora se verifique maior excitabilidade na área dos neurónios espelho durante a observação de acções previamente aprendidas (Buccino, et al., 2004), este sistema não é dependente exclusivamente da memória motora, permitindo que quando um indivíduo observa uma acção nunca realizada anteriormente, reúna os mecanismos musculares e proprioceptivos necessários à sua imitação e compreensão (Iacoboni, et al., 2005).

Contudo, este sistema não apresenta vantagens apenas no que trata défices motores, mas também prova particular importância nos défices cognitivos e emocionais do paciente pós-AVC, havendo registo da sua activação aquando a compreensão do estado mental e emocional de outrem.

2.5. Cognição Social e Áreas Espelho

A cognição social é o conjunto de processos cognitivos que estão na base de como observamos e compreendemos os outros, a nós próprios e a forma como interagimos. Um modelo influente explica como o indivíduo compreende o estado mental de outras pessoas, através da simulação do que estas sentem ou pensam. E as propriedades plásticas dos neurónios espelho, obviamente que se enquadram bem neste contexto (Goldman, 2006). Estudos efectuados através de neuroimagem retrataram indivíduos a observarem a acção de agarrar em duas situações distintas, uma simulava a intenção da acção de agarrar para beber e a outra simulava a intenção da acção de agarrar para limpar. Os indivíduos também observaram a acção de agarrar contextualizada (numa cena com bule, biscoito, copos) e sem contexto. A área frontal inferior codificou de forma distinta as acções de agarrar com e sem contexto, assim como também codificou de forma distinta no caso que simulava a intenção de agarrar para beber ou para limpar. Estes resultados não podem ser prontamente explicados através da codificação das áreas espelho por si só, mas podem ser facilmente explicados por assumirem que as áreas de neurónios espelho no humano codificam através da intenção associada com a acção observada (Iacoboni, et al., 2005).

Um aspecto fundamental do comportamento social é a habilidade de compreender os estados emocionais dos outros e de simpatizar com os mesmos. Os neurónios espelho podem fornecer uma simulação baseada numa forma de empatia, possivelmente através da interacção das clássicas áreas emocionais cerebrais com o sistema límbico. Um estudo que consistiu na observação e imitação das expressões faciais de emoção demonstrou a activação de uma vasta rede neural que compreendia áreas espelho, a ínsula anterior e a amígdala. Estes resultados são compatíveis com a hipótese do sistema de neurónios espelho auxiliar na compreensão e possivelmente no sentimento da emoção dos outros, simulando as expressões faciais (Carr, et al., 2003). Em suma os neurónios espelho não permitem exclusivamente a compreensão concreta das acções realizadas por outrem, mas também a intenção, o significado social e emocional implícito nas mesmas, fornecendo variadas formas para minimizar os défices funcionais pós-AVC a todos os níveis.

3. Neurónios Motores – Aplicações Clínicas da Reabilitação do AVC

3.1. Reabilitação Motora

Os distúrbios motores são a principal causa da incapacidade após um AVC. Mais de 69% dos sobreviventes experienciam graves défices motores na funcionalidade dos membros superiores e aproximadamente 56% permanecem com uma acentuada hemiparésia cinco anos após a lesão (Desrosiers, et al., 2005; Gillot, et al., 2003; Luke, Dodd, Brock, 2004). Estas estatísticas traduzem uma enorme perda funcional, dependência nas actividades da vida diária (AVD's) e um elevado

impacto na qualidade de vida do paciente e da sua família (Roth, et al., 1998; Urton, et al., 2007). Segundo o conceito de *Bobath*, a disfunção neurológica origina défices no controlo motor, alterações de percepção e sensação, podendo ser acompanhada de modificações no comportamento emocional e cognitivo (Dickstein, Sheffi, Markovici, 2004). A adaptação plástica dos sistemas neural e músculo-esquelético surge em resposta ao trauma em si e às alterações do ambiente interno e externo, ou seja, a interacção entre a forma (anatomia do sistema neuromuscular) e a função (estratégia comportamental utilizada para a execução da tarefa) influencia a remodelação (Michaelsen e Levin, 2004). As técnicas de *Bobath* incentivam o uso bilateral, a inibição dos padrões motores patológicos e a reaprendizagem dos movimentos apropriados. A intervenção do fisioterapeuta na reabilitação motora relaciona-se com a análise e a optimização dos factores que contribuem para a eficiência do controlo motor, definido como a habilidade de regular os mecanismos essenciais ao movimento. O movimento surge da interacção dos sistemas de percepção e acção, e a cognição afecta-os a vários níveis (Shumway-Cook e Woollacott, 2007). O movimento deve ser entendido como um contexto de tarefas orientadas para atingir determinado objectivo com base nas experiências passadas e no ambiente (Mulder e Hochstenbach, 2003). O output motor requer o controlo coordenado de várias articulações e grupos musculares, ocorrendo a nível do SNC, o qual molda a activação muscular e o padrão de movimento pretendido para desempenhar determinada tarefa (Guillery e Sherman, 2002; Liepert, et al., 2000).

Para além das terapias neurológicas tradicionais, a investigação realizada acerca do sistema de neurónios espelho prova que a sua activação durante a simples observação de acções é bastante apelativa para a reabilitação de funções motoras. As alterações motoras crónicas são encontradas em vários pacientes com AVC, logo a observação de uma acção como uma forma de treino na reabilitação neste tipo de pacientes é um método coadjuvante de interesse na pesquisa das terapias neurológicas (De Vries e Mulder, 2007), contribuindo para atingir os mesmos objectivos, ou seja, controlo dos mecanismos que coordenam a acção.

Recentemente foi realizado um estudo a favor deste método terapêutico, o qual incluiu dois grupos de pacientes com AVC que tiveram o mesmo treino físico e observação adicional de vídeos. O grupo experimental observou diariamente vídeos relativos a acções do braço e da mão, enquanto o grupo de controlo observou sequências de símbolos geométricos e letras. O grupo experimental demonstrou uma melhoria significativa nas funções motoras comparativamente ao de controlo. Para além disso, ambos os grupos foram submetidos a estudo de neuroimagem antes e após o tratamento. A tarefa de activação usada neste estudo, manipulação de um objecto, foi uma tarefa motora aparentemente sem relação com as acções mostradas diariamente no vídeo. Considerando que o grupo controlo não demonstrou nenhuma alteração substancial na actividade cerebral durante a manipulação do objecto antes e após o tratamento, e o grupo experimental demonstrou um aumento

generalizado da actividade nas áreas dos neurónios espelho e outras áreas corticais de significância motora após o tratamento. Quando estas alterações são formalmente comparadas entre os dois grupos, é registado um aumento significativo na actividade das áreas espelho, frontal inferior e parietal inferior, e ainda nas áreas motora suplementar, ínsula e giro temporal superior (Ertelt, et al., 2007). Desta forma, a associação das terapias neurológicas conceituadas e os estudos existentes sobre os neurónios espelho podem complementar-se, fornecendo diferentes formas de reabilitação funcional, uma vez que o congruente sistema de observação e execução, promove alterações corticais que facilitam a reorganização cerebral após a lesão.

3.2. Reabilitação Cognitiva

Os défices cognitivos são das maiores sequelas do AVC, verificando-se em cerca de 35%. Os pacientes que sofrem de danos cognitivos para além do comprometimento motor, têm uma recuperação funcional menor e maior dependência nas AVD's (Tatemichi, et al., 1994; Pedersen, et al., 1996).

A cognição é o processo de conhecimento, que inclui a discriminação entre a selecção da informação relevante, a aquisição de conhecimentos, a compreensão e retenção, a expressão e aplicação do conhecimento nas situações adequadas. A incapacidade cognitiva pode estar relacionada com a redução da eficiência, persistência e capacidade de funcionamento, diminuição da eficácia no desempenho das AVD's ou ausência da capacidade de adaptação a diferentes situações (Mazmanian, et al., 1993). Tendo em conta que o modo de estímulo dos neurónios espelho não se verifica apenas perante os aspectos físicos das acções, ou seja, observação da execução das acções, mas também perante os aspectos abstractos implícitos nas mesmas, isto é, o planeamento, a intenção, o pensamento e sentimentos que as motivaram, esta propriedade fornece uma importante ferramenta coadjuvante na reabilitação dos défices cognitivos (Iacoboni e Dapretto, 2006).

3.3. Reabilitação emocional

O trauma cerebral focal, como o AVC, pode resultar em distúrbios emocionais. Estes podem ser de várias ordens, tais como: disfunção na compreensão da emoção, na compreensão dos sistemas neurocognitivos responsáveis pela experiência da emoção e na disfunção do controlo e expressão da emoção, no caso do AVC o primeiro distúrbio é o que ocorre mais frequentemente (Bodini, Iacoboni, Lenzi, 2004). Para além disso, estudos verificam que existe uma elevada co-morbidade da ansiedade e da depressão após o AVC, com maior incidência quando a lesão é no hemisfério esquerdo. A depressão e os transtornos de ansiedade pós-AVC normalmente estão associados a resultados precários na reabilitação, pouca qualidade de vida, suicídio e mortalidade, com uma

prevalência que varia de 25% a 79% no caso da depressão e 7% a 28% no caso da ansiedade (Åström, 1996).

Grande parte da reabilitação emocional está acoplada à terapia farmacológica, contudo recentemente provou-se que o sistema de neurónios espelho pode efectivamente contribuir para a reabilitação da função emocional pós-AVC. Com base nos estudos efectuados acredita-se que a activação dos neurónios espelho possa ser uma mais-valia para prevenir e/ou melhorar os distúrbios emocionais apresentados pelos pacientes, uma vez que os neurónios espelho permitem uma abordagem precisa a determinadas áreas do cérebro através de acções específicas, usando ambientes virtuais ou reais. Para além disso, o facto destes serem estimulados pelo som, possibilita uma terapia combinada com estímulos audio-visuais que pode aumentar a eficácia da prática clínica (Bonaiuto, Rosta, Arbib, 2007). E por fim estudos recentes em neuroimagem indicam que a música, como linguagem, envolve uma ligação íntima entre a produção e percepção de informações sequenciais organizadas hierarquicamente, associadas ao significado emocional, através do sistema espelho (Gridley e Hoff, 2006).

Conclusão

O AVC é das principais causas de disfunção funcional e neurológica, com graves repercussões na autonomia da execução das AVD's. A fisioterapia tem-se demonstrado determinante na reabilitação funcional de pacientes com AVC, através de variadas técnicas de neurofacilitação do movimento desenvolvidas ao longo dos anos.

As descobertas na área da neurociência nas últimas décadas representam uma importante promessa para a maior eficácia na reabilitação do AVC. Os estudos efectuados acerca do sistema de neurónios espelho e as suas variadas formas de activação fornecem provas indubitáveis quanto ao benefício da implementação de programas de reabilitação funcional que associem as terapias neurológicas convencionais e as evidências neurofisiológicas, uma vez que o congruente sistema de observação e execução, promove alterações corticais que facilitam a reorganização cerebral e consequente melhoria funcional.

Relativamente a estudos futuros, existe pouca bibliografia acerca dos neurónios espelho e reabilitação motora, para além disso considero que seria de interesse a elaboração de estudos que expusessem as consequências na reabilitação do AVC caso as áreas cerebrais em que é registada a presença de neurónios espelho seja lesada.

Bibliografia

- Anderson, J.R. (1978). Arguments concerning representations for mental imagery. *In: Psychological Review*, vol 85, pp. 249–277;
- Ashburn, Ann (1997). Physical Recovery Following Stroke. *In: Physiotherapy*, vol 83, n. 9, pp. 480-490;
- Åström, M. (1996). Generalised anxiety disorder in stroke patients. *In: Stroke*, vol 27, pp. 270 –275;
- Bernnett, S.E. e Karnes, J.L. (1998). *Neurological Disabilities – Assessment and Treatment*. Philadelphia, Lippincott;
- Bobath, B. e Bobath, K. (1981). *Interview for Neurodevelopmental Therapy Association*. Baltimore, MD;
- Bodini, B., Iacoboni, M., Lenzi, G.L. (2004). Acute stroke effects on emotions: an interpretation through the mirror system. *In: Curr Opin Neurol*, vol 17, pp. 55–60;
- Bonaiuto, J., Rosta, E., Arbib, M. (2007). Extending the mirror neuron system model. I. Audible actions and invisible grasps. *In: Biol Cybern*, vol 96, pp. 9–38;
- Bosco, G. e Poppele, R. (2001). Proprioception from a spinocerebellar perspective. *In: Physiol Rev.*, vol 81, pp. 539–568;
- Brainin, M., Bornstein, N., Boysen, G., et al. (2000). Acute neurological stroke care in Europe: results of the European Stroke Care Inventory. *In: Eur J Neurol*, vol 7, pp. 5-10;
- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., et al. (2004). Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspicuous: an fMRI study. *In: J Cogn Neurosci*, vol 16, n°1, pp. 114-126;
- Buccino, G., Vogt, S., Ritzl, A., et al. (2004). Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: an event-related fMRI study. *In: Neuron*, vol 42, pp. 323-34;
- Cacho, E. W., Melo, F. R., Oliveira, R. (2004). Avaliação da recuperação motora de pacientes hemiplégicos através do protocolo de desempenho físico Fulg-Meyer. *In: Revista Neurociências*, vol 12, n. 2, [s.p.];
- Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M.C., et al. (2003). Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. *In: Proc Natl Acad Sci USA*, vol 100, pp. 5497–5502;
- Catmur, C., Walsh, V., Heyes, C. (2007). Sensorimotor learning configures the human mirror system. *In: Curr Biol*, vol 17, n°17, pp. 1527-1531;
- Cross, E.S., Hamilton, A.F., Grafton, S.T. (2006). Building a motor simulation de novo: observation of dance by dancers. *In: Neuroimage*, vol 31, n°3, pp. 1257-1267;
- David, N., Bewernick, B.H., Cohen, M.X., et al. (2006). Neural representations of self versus other: visual-spatial perspective taking and agency in a virtual ball-tossing game. *In: J Cogn Neurosci*, vol 18, pp. 898–910;
- De Lange, F.P., Hagoort, P., Toni, I. (2005). Neural topography and content of movement representations. *In: J Cogn Neurosci*, vol 17, pp. 97–112;
- De Vries, S. e Mulder, T. (2007). Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. *In: J Rehabil Med*, vol 39, pp. 5–13;
- Decety, J., Perani, D., Jeannerod, M., et al. (1994). Mapping motor representations with positron emission tomography. *In: Nature*, vol 371, pp. 600–602;
- Desrosiers, J., Bourbonnais, D., Corriveau, H., et al. (2005). Effectiveness of unilateral and symmetrical bilateral task training for arm during the subacute phase after stroke: a randomized controlled trial. *In: Clin Rehabil*, vol 19, pp. 581-593;
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., et al. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *In: Exp Brain Res*, vol 91, pp. 176–180;
- Dickstein, R., Sheffi, S., Markovici, E. (2004). Anticipatory postural adjustment in selected trunk muscles in poststroke

hemiparetic patients. *In: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol 85, pp. 261-267;

Ertelt, D., Small, S., Solodkin, A., et al. (2007). Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *In: Neuroimage*, vol 36, pp. 164-173, Março;

Feltz, D.L. e Landers, D.M. (1983). The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis. *In: J Sport Psychol*, vol 5, pp. 25–57;

Fogassi, L., Ferrari, P.F., Gesierich, B., et al. (2005). Parietal lobe: from action organization to intention understanding. *In: Science*, vol 308, pp. 662– 667;

Gillot, A.J., Holder-Walls, A., Kurtz, J.R., et al. (2003). Perceptions and experiences of two survivors of stroke who participated in constraint-induced movement therapy home programs. *In: Am J Occup Ther*, vol 57, pp. 168-176;

Gjelsvik, B.E. (2008). *The Bobath Concept in Adult Neurology*. Germany, Thieme;

Shumway-Cook, A. e Woollacott, M. (2007). *Motor Control: Translating research into clinical practice*. 3ªedição. Philadelphia, Lippincott;

Goldman, A. (2006). *Simulating minds: the philosophy, psychology, and neuroscience of mindreading*. New York, Oxford University Press;

Gridley, M.C. e Hoff, R. (2006). Do mirror neurons explain misattribution of emotions in music?. *In: Percept Mot Skills*, vol 102, pp. 600–2;

Guillery, R.W. e Sherman, S.M. (2002). The thalamus as a monitor of motor outputs. *In: Phil Trans R Soc Lond B.*, vol 357, pp. 1809–1821;

Heiser, M., Iacoboni, M., Maeda, F., et al. (2003). The essential role of Broca’s area in imitation. *In: Eur J Neurosci*, vol 17, pp. 1123–1128;

Iacoboni, M. e Dapretto, M. (2006). The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *In: Nature Rev Neurosci*, vol 7, pp. 942–951;

Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., et al. (2005). Grasping the intentions of others with one’s own mirror neuron system. *In: PLoS Biol*, vol 3, nº3, e79;

Iacoboni, M., Woods, R.P., Brass, M., et al. (1999). Cortical mechanisms of human imitation. *In: Science*, vol 286, pp. 2526 –2528;

IBITA. Theoretical assumptions and clinical practice. Disponível em: www.ibita.org. consultado a 8 de Janeiro de 2008;

Jackson, P.L., Lafleur, M.F., Malouin, F., et al. (2001). Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *In: Arch Phys Med Rehabil*, vol 82, pp. 1133–1141;

Johnstone, M. (1983). *Restoration of Motor Function in the Stroke Patient*. New York, Churchill Livingstone;

Johnstone, M. (1987). *Reabilitação do hemiplégico adulto*. [Seminário de actualização segundo o método de Margareth Johnstone]. Alcoitão;

Keysers, C., Kohler, E., Umiltà, M.A., et al. (2003). Audiovisual mirror neurons and action recognition. *In: Exp Brain Res*, vol 153, pp. 628–636;

Kohler, E., Keysers, C., Umiltà, M.A., et al. (2002). Hearing sounds, understanding actions: action representation in mirror neurons. *In: Science*, vol 297, pp. 846–848;

Koski, L., Iacoboni, M., Dubeau, M.C., et al. (2003). Modulation of cortical activity during different imitative behaviors. *In: J Neurophysiol*, vol 89, pp. 460–471;

Koski, L., Wohlschlagel, A., Bekkering, H., et al. (2002). Modulation of motor and premotor activity during imitation of target-directed actions. *In: Cereb Cortex*, vol 12, pp. 847– 855;

Lenon, S. (2003). Physiotherapy practice in stroke rehabilitation, a survey. *In: Disability and rehabilitation*, vol 25, pp. 455-61;

- Liepert, J., Bauder, H., Miltner, W.H., et al. (2000). Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *In: Stroke*, vol 31, pp. 1210-1216;
- Lomber S. e Eggermont J. (2006). *Reprogramming the Cerebral Cortex: Plasticity Following Central and Peripheral Lesions*. 1ª edição. Oxford: Oxford University Press;
- Lopez, A.D., Mathers, C.D., Ezzati, M., et al. (2006). Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. *In: Lancet*, vol 367, pp. 1747-1757;
- Luke, C., Dodd, K.J., Brock, K. (2004). Outcomes of the Bobath concept on upper limb recovery following stroke. *In: Clin Rehabil*, vol 18, pp. 888-898;
- Marquardsen, J. (1975). Follow-up of stroke patients. *In: Age and Ageing, Suppl*, vol 4, pp. 41-48;
- Mayston, M. (2001). The Bobath Concept today. *In: Synapse*, pp. 32-35;
- Mazmanian, P.E., Kreutzer, J.S., Devany, C.W., et al. (1993). A survey of accredited and other rehabilitation facilities: education, training and cognitive rehabilitation in brain-injury programmes. *In: Brain Inj*, vol 7, pp. 319-31
- Michaelsen, S.M. e Levin, M.F. (2004). Short-term effects of practice with trunk restraint on reaching movements in patients with chronic stroke: a controlled trial. *In: Stroke*, vol 35, pp. 1914-1919;
- Mulder, T. e Hochstenbach, J. (2001). Adaptability and flexibility of the human motor system: implications for neurological rehabilitation. *In: Neural plasticity*, vol 8, pp. 131-140;
- Mulder, T. e Hochstenbach, J. (2003). Motor control and learning: Implications for neurological rehabilitation. *In: Greenwood RJ, ed. Handbook of Neurological Rehabilitation*. New York: Psychology Press, pp. 143-157;
- Neuper, C., Scherer, R., Reiner, M., et al. (2005). Imagery of motor actions: differential effects of kinesthetic and visual motor mode of imagery in single-trial EEG. *In: Brain Res Cogn Brain Res*, vol 25, pp. 668-677;
- Newman-Norlund, R.D., Van, Schie H.T., Van, Zuijlen A.M., et al. (2007). The mirror neuron system is more active during complementary compared with imitative action. *In: Nat Neurosci*, vol 10, pp. 817- 818;
- Oliveira, C.E., Salina, M., Annunziato, N. (2001). Factores ambientais que influenciam a plasticidade do SNC. *In: Acta Fisiátrica*, vol 8, n. 1, pp. 6-13;
- Parsons, L.M. (2001). Integrating cognitive psychology, neurology and neuroimaging. *In: Acta Psychol (Amst)*, vol 107, pp. 155-181;
- Pedersen, P.M., Jorgensen, H.S., Nakayama, H., et al. (1996). General cognitive function in acute stroke: the Copenhagen Stroke Study. *In: J Neurol Rehabil*, vol 10, pp. 153-8;
- Pohl, P.S., McDowd, J.M., Filion, D.L., et al. (2001). Implicit learning of a perceptual -motor skill after stroke. *In: Physical therapy*, vol 81, n. 11, pp. 1780-89;
- Poole, J.H. e Whitney, S.L. (1990). The effectiveness of inflatable pressure splints on the motor function in stroke patients. *In: Journal Research*, vol 10, pp. 360-6;
- Pylyshyn, Z.W. (2002). Mental imagery: in search of a theory. *In: Behav Brain Sci*, vol 25, pp. 157-182;
- Raine, S. (2006). Defining the Bobath concept using the Delphi technique. *In: Physio Res Int.*, vol 11, pp. 4-13;
- Rizzolatti, G. (2005). The mirror neuron system and imitation. *In: Hurley S, Chater N, eds. Perspectives on imitation: from cognitive neuroscience to social science*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 55-77;
- Rizzolatti, G. e Craighero, L. (2004). The mirror neuron system. *In: Ann Rev Neurosci*, vol 27, pp. 169-92;
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *In: Nat Rev Neurosci*, vol 2, nº9, pp. 661-670;
- Roth, E.J., Heinemann, A.W., Lovell, L.L., et al. (1998). Impairment and disability: their relation during stroke rehabilitation. *In: Arch Phys Med Rehabil*, vol 79, pp. 329-335;
- Sá, Maria José (2009). *Neurologia Clínica Compreender as Doenças Neurológicas*. Porto, edições Universidade

Fernando Pessoa;

Sacco R., M.D., M.S., et al. (1997). American Heart Association Conference IV: stroke-risk factors. *In: Stroke*, vol 28, pp. 1507-1517;

Shumway-Cook, A. e Woollacott, M. (2007). *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. 3ª edição. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins;

Shumway-Cook, A. e Woollacott, M.H. (2003). *Controle motor: teoria e aplicações práticas*. 2ª edição. São Paulo: Manole;

Stefan, K., Classen, J., Celnik, P., et al. (2008). Concurrent action observation modulates practice-induced motor memory formation. *In: Eur J Neurosci*, vol 27, nº3, pp. 730-738;

Stefan, K., Cohen, L.G., Duque, J., et al. (2005). Formation of a motor memory by action observation. *In: J Neurosci*, vol 25, nº41, pp. 9339-9346;

Studenski, S.A., Wallace, D., Duncan, P.W., et al. (2001). Predicting stroke recovery: three- and six-month rates of patient-centered functional outcomes based on the Orpington prognostic scale. *In: J Am Geriatr Soc*, vol 49, pp. 308–12;

Tatemichi, T.K., Desmond, D.W., Stern, Y., et al. (1994). Cognitive impairment after stroke: frequency, patterns, and relationship to functional abilities. *In: J Neurol Neurosurg Psychiatry*, vol 57, pp. 202-207;

Taub, E., Miller, N.E., Novack, T.A., et al. (1993). Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *In: Arch Phys Med Rehabil*, vol 74, pp. 347–54;

Taub, E., Uswatte, G., King, D.K., et al. (2006). A placebo-controlled trial of constraint-induced movement therapy for upper extremity after stroke. *In: Stroke*, vol 37, pp. 1045–9;

Taub, E., Uswatte, G., Pidikiti, R. (1999). Constraint-induced movement therapy: a new family of techniques with broad application to physical rehabilitation – a clinical review. *In: J Rehabil Res Dev.*, vol 36, pp. 237–251;

Teixeira, I.N. (2008). O envelhecimento cortical e a reorganização neural após o acidente vascular encefálico (AVE): implicações para a reabilitação. *In: Ciência & Saúde Coletiva*, vol 13, pp. 2171-2178;

Umiltà, M.A., Kohler, E., Gallese, V., et al. (2001). I know what you are doing. A neurophysiological study. *In: Neuron*, vol 31, pp. 155–165;

Umphered, D. A. (1994). *Fisioterapia Neurológica*. 2ª edição. São Paulo, Manole;

Villar, F. A. (1997). Alterações centrais e periféricas após lesão do sistema nervoso central. Considerações e implicações para a prática da fisioterapia. *In: Rev Bras Fisiot*, vol 2, n. 1, [s.p.];

Urton, M.L., Kohia, M., Davis, J., et al. (2007). Systematic literature review of treatment interventions for upper extremity hemiparesis following stroke. *In: Occup Ther Int*, vol 14, pp. 11-27;

Whitall, J., Waller, S.M., Silver, K.C., et al. (2000). Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. *In: Stroke*, vol 31, pp. 2390-2395, Outubro;

World Health Organization (2001). *International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. Geneva, World Health Organization;

WHO Monica (1988). The World Health Organisation MONICA Project. *In: Journal of Clinical Epidemiology*, vol 41, pp. 105-114;

Wolf, P.A. (1998). Prevention of stroke. *In: Lancet*, vol 352, pp. 15-18;

Yuan, Ti-Fei e Hoff, Robert (2008). Mirror neuron system based therapy for emotional disorders. *In: Medical Hypotheses*, vol 71, pp. 722-726, Junho.