

Análise da ativação muscular durante o movimento de alcance nas condições ativo, ativo-assistido e autoassistido em pacientes pós-AVE

Analysis of muscle activation during reach movement in active, active-assisted and self-assisted conditions in post-stroke patients

Análisis de la activación muscular durante el movimiento de alcance en las condiciones activo, activo-asistido y auto-asistido en pacientes post-AVE

Adriano Araújo de Carvalho¹, Edson Meneses da Silva Filho², Rayssa Silva do Nascimento³, Sarah Fernanda Dantas de Medeiros⁴, Núbia Maria Freire Vieira Lima⁵, Enio Walker Azevedo Cacho⁶, Roberta de Oliveira Cacho⁷

RESUMO | O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é uma patologia que frequentemente causa limitações motoras nos Membros Superiores (MMSS) gerando prejuízos funcionais nos movimentos de alcance. O objetivo do estudo foi analisar o recrutamento muscular do membro superior parético durante três condições de alcance: ativo, ativo-assistido e autoassistido, através de dados eletromiográficos das fibras anteriores do Músculo Deltoide (MD), Bíceps Braquial (BB) e Tríceps Braquial (TB). Estudo do tipo transversal que utilizou como testes clínicos o minixame do estado mental, escala de equilíbrio de Berg, medida de independência funcional, escala modificada de Ashworth e escala de Fugl-Meyer – seção MMSS. A coleta dos dados eletromiográficos de superfície foi realizada utilizando-se o eletromiógrafo e eletrodos de configuração bipolar da EMG System do Brasil com três canais posicionados nos pontos motores do MD (fibras anteriores), BB e TB

de ambos os membros superiores. As variáveis clínicas apresentaram resultados de comprometimento motor, cognitivo e funcional leves. Os dados eletromiográficos mostraram que o MD e TB durante o alcance ativo-assistido contraíram mais que no alcance autoassistido ($p < 0.05$). Os MD e TB apresentaram diferenças significativas durante os movimentos de alcance, enquanto que o músculo BB não mostrou alterações. Entre os diversos tipos de alcance, o ativo-assistido foi o que proporcionou maior ativação muscular. Sugere-se que sejam feitos ensaios clínicos para verificar a eficácia dos treinamentos.

Descritores | Acidente Vascular Cerebral; Eletromiografia; Reabilitação; Fisioterapia.

ABSTRACT | A cerebrovascular accident (CVA) is a disease that often causes upper limb motor limitations and functional losses in reaching movements. The objective of this study was to

Estudo desenvolvido no Laboratório de Motricidade Humana da Faculdade de Ciências da Saúde de Trairi (FACISA) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Santa Cruz (RN), Brasil.

¹Fisioterapeuta e Mestrando pelo Programa de Pós graduação em Ciências da Reabilitação da Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi (UFRN/FACISA) – Santa Cruz (RN), Brasil. E-mail: adrianoaraujofisio@hotmail.com. Orcid: 0000-0002-3078-3427

²Mestre em Ciências da Reabilitação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi (FACISA/UFRN) – Santa Cruz (RN), Brasil. E-mail: meneses.edson@yahoo.com.br. Orcid: 0000-0002-0732-5049

³Fisioterapeuta pela Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi (FACISA/UFRN) – Santa Cruz (RN), Brasil. E-mail: rayssa.bsb@hotmail.com. Orcid: 0000-0001-7205-8672

⁴Fisioterapeuta pela Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi (FACISA/UFRN) – Santa Cruz (RN), Brasil. E-mail: sarahmedeirosfisio@gmail.com. Orcid: 0000-0002- 9099-8526

⁵Professora Doutora da Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi (FACISA/UFRN) Santa Cruz (RN), Brasil. E-mail: nubiamaria@facisa.ufrn.br. Orcid: 0000-0003-3432-0654

⁶Professor Doutor da Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi (FACISA/UFRN) Santa Cruz (RN), Brasil. E-mail: eniowalker@gmail.com. Orcid: 0000-0001-9142-1940

⁷Professora Doutora da Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi (FACISA/UFRN) Santa Cruz (RN), Brasil. E-mail: ro_fisio1@hotmail.com. Orcid: 0000-0002-0440-8594

analyze the muscle recruitment of the paretic upper limb during three reaching conditions: active, active-assisted and self-assisted, through electromyographic data of anterior fibers of Deltoid Muscle (DM), Biceps Brachii (BB) and Triceps Brachii (TB). Cross-sectional study that used as clinical trials the Mini-Mental State Examination, Berg balance scale, functional independence measure, the modified Ashworth scale, and the Fugl-Meyer assessment – upper limbs section. Surface electromyographic data were collected using the electromyograph and bipolar electrode configuration of the EMG System do Brasil with three channels positioned in the motor points of DM (anterior fibers), BB and TB of both upper limbs. Clinical variables showed mild motor, cognitive, and functional impairment. Electromyographic data showed that DM and TB contracted more during active-assisted than during self-assisted exercise ($p < 0.05$). DM and TB presented significant differences during reaching movements, while the BB muscle showed no changes. Among the different reaching exercises, the active-assisted was the one that provided greater muscle activation. Clinical trials are suggested to verify the effectiveness of the training.

Keywords | Stroke; Electromyography; Rehabilitation; Physical Therapy Specialty.

RESUMEN | El Accidente Vascular Encefálico (AVE) es una patología que frecuentemente causa limitaciones motoras en los Miembros Superiores (MMSS) generando perjuicios funcionales

en los movimientos de alcance. El objetivo del estudio fue analizar el reclutamiento muscular del miembro superior parético durante tres condiciones de alcance: activo, activo-asistido y auto-asistido, a través de datos electromiográficos de las fibras anteriores del Músculo Deltóide (MD), Bíceps Braquial (BB) y Tríceps Braquial (TB). Estudio del tipo transversal que utilizó como pruebas clínicas el mini-examen del estado mental, escala de equilibrio de Berg, medida de independencia funcional, escala modificada de Ashworth y escala de Fugl-Meyer – sección MMSS. La recolección de los datos electromiográficos de superficie fue realizada utilizando el electromiografo y electrodos de configuración bipolar de la EMG System de Brasil con tres canales colocados en los puntos motores del MD (fibras anteriores), BB y TB de ambos miembros superiores. Las variables clínicas presentaron resultados de compromiso motor, cognitivo y funcional leves. Los datos electromiográficos mostraron que el MD y el TB durante el alcance activo-asistido contrajeron más que en el alcance auto-asistido ($p < 0.05$). Los MD y TB presentaron diferencias significativas durante los movimientos de alcance, mientras que el músculo BB no mostró alteraciones. Entre los diversos tipos de alcance, el activo asistido fue el que proporcionó mayor activación muscular. Se sugiere que se realicen ensayos clínicos para verificar la eficacia de los entrenamientos.

Palabras clave | Accidente Cerebrovascular; Electromiografía; Rehabilitación; Fisioterapia.

INTRODUÇÃO

Os movimentos de alcance e preensão com o membro superior acometido em pacientes pós-Acidente Vascular Encefálico (AVE) geralmente encontram-se deficitários pela presença de dismetria, falta de coordenação, redução da velocidade e diminuição do deslocamento de cotovelo e punho, além de padrões anormais de ativação muscular devido ao déficit de força e/ou propriocepção¹. Nesses pacientes é comum a presença de co-contracção exagerada de músculos antagonistas durante a fase mais crônica da doença².

Devido às ativações exageradas de alguns músculos, a biomecânica do alcance torna-se prejudicada, podendo, por exemplo, gerar elevação e abdução da escápula mesmo antes de iniciar o movimento e também dificuldade de extensão do cotovelo por causa desse reflexo dependente de velocidade do músculo bíceps braquial³.

Os mecanismos neurais subjacentes à espasticidade incluem déficits na regulação das vias reflexas inibitórias e hiperexcitabilidade dos motoneurônios α^4 , reforçado por danos nas vias dos neurônios motores superiores⁵. Entre

as disfunções proporcionadas pela espasticidade estão as compensações usadas para tentar melhorar a funcionalidade motora⁶ e a coordenação que se encontra prejudicada⁷.

Apesar dessas disfunções geradas pelo AVE, muitos pacientes recuperam sua funcionalidade de deslocamento, entretanto cerca de 30 a 66% não são capazes de usar o braço afetado e menos de 15% dos pacientes submetidos à reabilitação dos membros superiores acometidos conseguem uma completa recuperação motora para as atividades de vida diária⁸. Tem-se postulado que a melhora da função motora do membro superior parético está diretamente ligada à intensidade da prática terapêutica⁸, pois o treinamento específico aumenta a representação cortical e, conseqüentemente, a recuperação funcional⁹.

Na prática fisioterapêutica, há possibilidade de executar treinos de alcance unimanuais e bimanuais. Estudos anteriores já relatavam que o treino de alcance unimanual pode promover neuroplasticidade no hemisfério afetado e também uma ativação cortical bilateral das áreas motoras, sugerindo que o trajeto córtico-espinal anterior, ipsilateral ao hemisfério afetado, pode contribuir para o controle

dos movimentos pós-AVE, dessa forma melhorando o aprendizado motor¹⁰. Assim como os treinos unimanuais, exercícios bimanuais também são baseados na ativação bilateral dos hemisférios cerebrais e no auxílio de vias ipsilaterais não afetadas. Esse tipo de treino promove a diminuição da inibição inter-hemisférica transcalosal pela execução de tarefas bilaterais simétricas, podendo gerar ativação de ambos os hemisférios ao mesmo tempo¹¹.

Algumas estratégias de adaptação ao movimento de alcance podem ser criadas pelo terapeuta, por exemplo, os movimentos autoassistido e o ativo-assistido para a prática manual de alcance. Entretanto, ainda não está claro se as atividades de auxílio nesses tipos de movimentos são capazes de interferir sobre o recrutamento muscular do membro superior parético.

Diante disso, o objetivo desse estudo foi analisar o recrutamento muscular do membro superior parético durante três condições de alcance: ativo, ativo-assistido e autoassistido, através de dados eletromiográficos das fibras anteriores do músculo deltoide, bíceps e tríceps braquial.

METODOLOGIA

Estudo do tipo transversal que seguiu as recomendações do Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement¹². Foi realizado na cidade de Santa Cruz, no Rio Grande do Norte, no Laboratório de Motricidade Humana da Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi (FACISA) na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), aprovado pelo Comitê de Ética (FACISA/UFRN) com parecer 851.186/2014.

No estudo foram incluídos sujeitos que apresentaram diagnóstico clínico de AVE com idade ≥ 18 anos, que não eram acamados, apresentavam bom equilíbrio sentado (Berg > 46)¹³ e não possuíam problemas cognitivos, de acordo com o Mini Exame do Estado Mental (MEEM)¹⁴. Foram excluídos os que apresentaram subluxação no membro superior parético, doença reumática severa, amputações e dores ortopédicas nos Membros Superiores (MMSS). Todos os incluídos concordaram em participar da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Todas as avaliações ocorreram em dois dias consecutivos, um dia para a avaliação clínica e outro dia para a coleta eletromiográfica. Foram realizadas por uma equipe familiarizada e treinada para o uso das escalas e do eletromiógrafo.

Para a coleta dos dados sociodemográficos, os pacientes foram entrevistados para que fossem obtidas informações como idade, gênero, tempo de lesão, quantidade de AVEs,

dominância e hemisfério afetado. Posteriormente foram feitos os testes clínicos utilizando-se o MEEM¹⁴, Escala de equilíbrio de Berg (EEB)¹⁵, Medida de Independência Funcional (MIF)¹⁶, Escalas Modificada de Ashworth (EMA)¹⁷ e Escala de Fugl-Meyer – seção MMSS¹⁸.

A coleta dos dados eletromiográficos de superfície foi realizada utilizando-se o eletromiógrafo e eletrodos de configuração bipolar da EMG System do Brasil® com três canais posicionados nos pontos motores do Músculo Deltoide (MD) (fibras anteriores), Bíceps Braquial (BB), Tríceps Braquial (TB) de ambos os MMSS seguindo as padronizações da *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM)¹⁹. Os eletrodos foram fixados após a realização de tricotomia e assepsia com álcool hidratado a 70%.

Durante todo o procedimento os pacientes permaneceram sentados, com flexão de quadril e joelho a 90° e tronco estabilizado no encosto da cadeira. Antes de todas as coletas eletromiográficas foi mensurada a Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) dos músculos avaliados. Todos realizaram três repetições por músculo com contração isométrica de seis segundos, alternando o músculo a cada contração. Para a CVIM, o paciente permaneceu sentado e realizou força no sentido da flexão de ombro, para que fosse mensurado dados sobre as fibras anteriores do MD; flexão de cotovelo, para avaliar a ativação do músculo BB; e extensão de cotovelo, para avaliar a ativação do músculo TB. Todo procedimento foi feito com ombro abduzido a 90° e rodado internamente a 30° contra resistência manual de um único avaliador treinado.

Para o movimento específico de alcance, o braço parético foi disposto com ombro em abdução de 30° e cotovelo a 90°, em repouso sobre um apoio. A distância do alvo a ser alcançada foi o comprimento funcional do braço calculado através da distância da linha axilar até a prega do punho por uma fita métrica. A partir do processo xifoide do esterno foi mensurada a distância obtida e encontrou-se a localização do alvo. A coleta dos dados do membro não parético foi realizada apenas no movimento ativo de alcance (ativo não parético).

Foram feitos três movimentos: movimentos de alcance ativo, autoassistido e ativo-assistido. Todos foram feitos com uma velocidade confortável pelo membro superior parético. Foram realizadas três séries de 15 segundos para cada tipo de alcance com intervalos de dois minutos para cada série. No alcance ativo o paciente realizou o movimento sem ajuda do terapeuta com o membro superior parético (ativo parético). O alcance autoassistido foi realizado com ajuda do membro superior não parético, cujo apoio foi realizado na

prega do punho pelo próprio paciente. Para o movimento ativo-assistido, o apoio foi feito pelo terapeuta na região do olecrano e prega do punho do membro parético.

Os sinais de EMG foram coletados com frequência de 4000Hz, amplitude de -1 e 1mV, sem retificação e pré-processados, utilizando um filtro Butterworth de 4ª ordem (20-400 Hz). Os valores utilizados foram obtidos através do Root Mean Square (RMS).

Análise estatística

O RMS da CVIM foi utilizado como padrão de normalidade (100%), sendo extraído a porcentagem proporcional de ativação elétrica muscular das demais coletas.

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os valores foram expressos em mediana e intervalos interquartis, considerando o primeiro intervalo (25% - 1Q) e o terceiro intervalo (75% - 3Q). Para as análises entre as três formas de alcance e os três músculos, foi utilizado o teste de Friedman com pos hoc de Dunn. Os valores de cada grupo muscular analisado pela EMA (flexores e extensores de cotovelo, flexores de ombro) foram somados em um único valor.

RESULTADOS

A amostra foi composta por 12 pessoas. Seus dados clínicos e sociodemográficos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis demográficas e clínicas

Variáveis	N	Mediana	1Q	3Q
Idade (anos)	12	63	58,5	67,5
Gênero (F/M)	4/8			
Tempo de lesão (anos)		7,5	3,25	9,5
Quantidade de AVEs				
1	11			
2	1			
Dominância manual (D/E)	10/2			
Hemicorpo afetado (D/E)	4/8			
MEEM		26	21,75	28,25
EEB		50,5	48	52
MIF motora		82	79,75	86,5
MIF cognitiva		34	30,5	35
MIF total		115,5	111	119,25
Fugl-Meyer MMSS		40,5	29,5	59
EMA		3,0	1,0	4,0

N: Número total; F: Feminino; M: Masculino; AVEs: Acidentes vasculares encefálicos; D: Direita; E: Esquerda; MEEM: Mini exame do estado mental; EEB: Escala de equilíbrio de Berg; MIF motora: Parte motora da medida de independência funcional; MIF cognitiva: Parte cognitiva da medida de independência funcional; MMSS: Seção dos membros superiores; 1Q e 3Q: 1ª Quartil e 3ª Quartil; EMA: escala modificada de Ashworth.

A Tabela 2 ilustra a comparação entre os resultados dos movimentos ativo parético, ativo-assistido e autoassistido feitos pelo membro superior parético pelos músculos MD, BB e TB. Constatou-se que o MD apresentou maior ativação no movimento ativo-assistido comparado ao autoassistido ($p=0.04$), enquanto que o TB apresentou maior ativação do movimento ativo-assistido comparado ao ativo parético e autoassistido ($p=0.001$).

Tabela 2. Análise das contrações dos músculos bíceps, deltóide e tríceps nas diferentes formas de alcance

Movimentos	Bíceps	Deltóide	Tríceps
Ativo parético	73.5 (29.4-150.4)	38.8 (20.6-67.5)	82.1 (12.9-215)
Ativo-assistido	58 (35.3-223.9)	61.1 (37.5-91.3)	101 (45.7-236.8)
Autoassistido	33.5 (23-102)	22.6 (11.5-49.8)	39.9 (12.8-186.7)
Valor de p	0.12	0.04	0.001

Valores expressos em porcentagens (extraídos do rms, normalizados pela CVIM) e apresentados em mediana e intervalo interquartil 25%-75%. As significâncias estatísticas estão em negrito.

Em relação ao alcance ativo pelo membro não parético, as fibras anteriores do MD apresentaram diferença significativa na ativação quando comparado ao movimento ativo-assistido (em negrito) ($p=0.002$). Além disso, o TB apresentou diferenças na ativação entre os movimentos ativo-assistido e autoassistido (em negrito) ($p=0.02$). Todos os dados encontram-se ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3. Análise das contrações dos músculos bíceps, deltóide e tríceps nas diferentes formas de alcance, comparando-os com a contração do membro não parético

	Bíceps	Deltóide	Tríceps
Ativo não parético	41.7 (21.8-88.2)	17.3 (11.7-36.9)	82.5 (5.9-193)
Ativo parético	73.5 (29.4-150.4)	38.8 (20.6-67.5)	82.1 (12.9-215)
Ativo-assistido	58 (35.3-223.9)	61.1 (37.5-91.3)	101 (45.7-236.8)
Autoassistido	33.5 (23-102)	22.6 (11.5-49.8)	39.9 (12.8-186.7)
Valor de p	0.08	0.002	0.02

Valores expressos em porcentagens (extraídos do rms, normalizados pela CVIM) e apresentados em mediana e intervalo interquartil 25%-75%. As significâncias estatísticas estão em negrito.

DISCUSSÃO

Este estudo analisou o recrutamento muscular do membro superior parético de indivíduos pós-AVE durante os alcances ativo, ativo-assistido e autoassistido, através de dados eletromiográficos das fibras anteriores do MD, BB e TB. Todas as variáveis clínicas mensuradas apresentaram resultados de comprometimento motor, cognitivo e

funcional leves. Os dados eletromiográficos mostraram que as fibras anteriores do MD e TB no alcance ativo-assistido contraíram mais que no alcance autoassistido, mostrando assim que o alcance ativo-assistido apresentou melhores resultados (maior recrutamento) entre os músculos analisados.

A espasticidade e redução de força são algumas das principais causas que promovem sinergias em bloco no movimento de alcance, podendo gerar perda da atividade seletiva nos vários grupos musculares dos membros superiores e redução da funcionalidade. Os resultados eletromiográficos do músculo BB, os quais não apresentaram significância estatística nos alcances ativo, ativo-assistido e auto-assistido, corroboram com dados recentes que sustentam a hipótese de que o grau elevado de espasticidade desse músculo pode desencadear descargas espontâneas, citadas como “fundos de repouso”, que são mantidas no repouso e excitadas mesmo com um leve estiramento muscular²⁰. Além disso, esses pacientes têm dificuldade em manter a força do músculo TB constante durante a contração voluntária do lado parético, resultando numa grande variação de sinais na EMG²¹.

Apesar de estudos mostrarem que, ao contrário das lesões que atingem os tratos rubro-espinal e retículo-espinal bulbar (lesões do tronco cerebral), as lesões no trato córtico-espinal comprometem de forma mais significativa os músculos distais. Porém, em nossos resultados verificamos que há uma significativa diferença entre os dados do músculo MD, dito proximal, podendo estar relacionado com o grau de comprometimento²².

Destaca-se também que os valores de RMS das fibras anteriores do MD e TB foram significativamente maiores durante o movimento de alcance ativo-assistido realizado pelo membro parético comparado ao movimento de alcance ativo pelo membro não parético. Corroborando esses resultados, alguns autores apontam que alterações no recrutamento motor durante movimentos ativos do membro superior parético podem ser atribuídas ao aumento da atividade do músculo BB, além disso, existe uma modulação ineficaz das unidades motoras a qual reduz a quantidade de ativações, gerando uma necessidade de maior recrutamento motor para executar o movimento²³. Nossos resultados estão de acordo com essa informação, além do mais nós hipotetizamos que pode ter havido uma contração exagerada durante o movimento de alcance ativo-assistido e/ou alguma influência da mão do terapeuta durante à assistência.

Em relação à ação do músculo TB no movimento de alcance, ressalta-se a sua importância para manutenção da

coaptação do cotovelo por causa de sua inserção distal na ulna que promove uma estabilidade no movimento de flexoextensão dessa articulação²⁴, sendo assim, sua atuação como sinergista no movimento de flexoextensão do cotovelo é essencial¹. Este estudo verificou que os pacientes pós-AVE apresentaram valores menores de RMS do músculo TB quando executaram o movimento de alcance autoassistido comparado ao ativo-assistido. Isso pode ser justificado pela grande assistência que foi dada pelo membro não parético, na tentativa de executar o movimento de forma mais rápida. Corroborando essa afirmação, alguns autores observaram que há diferença na velocidade do movimento executado por ambos os membros superiores em tarefas unimanuais e bimanuais. Possibilitando a interpretação de que o membro não parético, mudando sua velocidade e estratégia de deslocamento, pode ajudar nas limitações do membro parético²⁵.

Este estudo apresentou como limitações o pequeno tamanho da amostra, o que pode ter tornado os dados não paramétricos.

CONCLUSÃO

Os músculos MD e TB apresentaram diferenças durante os movimentos de alcance (ativo, ativo-assistido e autoassistido), enquanto que o músculo BB não mostrou alterações significativas. O alcance ativo-assistido foi o que proporcionou maior ativação muscular, portanto deve ser levado em consideração na escolha do tratamento de reabilitação de pacientes pós-AVE. Sugere-se que ensaios clínicos sejam feitos para que seja verificada a eficácia desse tipo de alcance sobre os músculos do membro superior parético de pessoas pós-AVE.

REFERÊNCIAS

1. Raimundo KC, Silveira LS, Kishi MS, Fernandes LFRM, Souza LAPS. Análise cinemática e eletromiográfica do alcance em pacientes com acidente vascular encefálico. *Fisioter Mov.* 2011;24(1):87-97. doi: 10.1590/S0103-51502011000100010
2. Frisoli A, Procopio C, Chisari C, Creatini I, Bonfiglio L, Bergamasco M, et al. Positive effects of robotic exoskeleton training of upper limb reaching movements after stroke. *J Neuroeng Rehabil.* 2012;9:36. doi: 10.1186/1743-0003-9-36
3. Marciniak C. Poststroke hypertonicity: upper limb assessment and treatment. *Top Stroke Rehabil.* 2011;18(3):179-94. doi: 10.1310/tsr1803-179
4. Nielsen JB, Crone C, Hultborn H. The spinal pathophysiology of spasticity from a basic science point of view. *Acta Physiol.* 2007;189(2):171-80. doi: 10.1111/j.1748-1716.2006.01652.x

5. Levin MF, Feldman AG, Mullick AA, Rodrigues M. A new standard in objective measurement of spasticity. *J Med Devices*. 2013;7(3):1047. doi: 10.1115/1.4024488
6. Kitatani R, Ohata K, Hashiguchi Y, Sakuma K, Yamakami N, Yamada S. Clinical factors associated with ankle muscle coactivation during gait in adults after stroke. *NeuroRehabilitation*. 2016;38(4):351-7. doi:10.3233/NRE-161326
7. Mandon L, Boudarham J, Robertson J, Bensmail D, Roche N, Roby-Brami A. Faster reaching in chronic spastic stroke patients comes at the expense of arm-trunk coordination. *Neurorehabil Neural Repair*. 2016;30(3):209-20. doi: 10.1177/1545968315591704
8. Meneghetti CHZ, Silva JA, Guedes CAV. Terapia de restrição e indução ao movimento no paciente com AVC: relato de caso. *Rev Neurociênc*. 2010;18(1):18-23
9. Borella MP, Sacchelli T. The effects of motor activities practice on neural plasticity. *Rev Neurociênc*. 2009;17(2):161-9
10. Dinomais M, Lignon G, Chinier E, Richard I, Ter Minassian A, Tich SN. Effect of observation of simple hand movement on brain activations in patients with unilateral cerebral palsy: an fMRI study. *Res Develop Disabil*. 2013;34(6):1928-37. doi: 10.1016/j.ridd.2013.03.020
11. Summers JJ, Kagerer FA, Garry MI, Hiraga CY, Loftus A, Cauraugh JH. Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: a TMS study. *J Neurol Sci*. 2007;252(1):76-82. doi: 10.1016/j.jns.2006.10.011
12. Cheng A, Kessler D, Mackinnon R, Chang TP, Nadkarni VM, Hunt EA, et al. Reporting guidelines for health care stimulation research: extensions to the CONSORT and STROBE statements. *Simul Healthc*. 2016;11(4):238-48. doi: 10.1097/SIH.0000000000000150
13. Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the berg balance scale in stroke rehabilitation: a systematic review. *Phys Ther*. 2008;88(5):559-66. doi: 10.2522/ptj.20070205
14. Lourenço RA, Veras RP. Mini-exame do estado mental: características psicométricas em idosos ambulatoriais. *Rev Saúde Pública*. 2006;40(4). doi: 10.1590/S0034-89102006000500023
15. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health*. 1992;83(2):7-11
16. Riberto M, Miyazaki MH, Jucá SSH, Sakamoto H, Pinto PPN, Battistella LR. Validação da versão brasileira da medida de independência funcional. *Acta Fisiátr*. 2004;11(2):72-6
17. Calota A, Feldman AG, Levin MF. Spasticity measurement based on tonic stretch reflex threshold in stroke using a portable device. *Clin Neurophysiol*. 2008;119(10):2329-37. doi: 10.1016/j.clinph.2008.07.215
18. Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient: 1. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehab Med*. 1975;7(1):13-31
19. Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM). 2017. Disponível em: www.seniam.org. Acesso em 22 de setembro de 2017
20. Burne JA, Carleton VL, O'Dwyer NJ. The spasticity paradox: movement disorder or disorder of resting limbs? *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2005;76(1):47-54. doi: 10.1136/jnnp.2003.034785
21. Zhou P, Suresh NL, Rymer WZ. Model based sensitivity analysis of EMG-force relation with respect to motor unit properties: applications to muscle paresis in stroke. *Ann Biomed Eng*. 2007;35(9):1521-31. doi: 10.1007/s10439-007-9329-3
22. Lundy-Ekman E. *Neurociência: fundamentos para reabilitação*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2008.
23. Suresh NL, Zhou P, Rymer WZ. Abnormal EMG-force slope estimates in the first dorsal interosseous of hemiparetic stroke survivors. *Conf. Proc. IEEE Eng Med Biol Soc*. 2008;2008:3562-5. doi: 10.1109/IEMBS.2008.4649975
24. Kapandji A. *Fisiologia Articular: membro superior*. São Paulo: Manole. 1990.
25. Rose DK, Winstein CJ. The co-ordination of bimanual rapid aiming movements following stroke. *Clin Rehab*. 2005;19(4):452-62. doi: 10.1191/0269215505cr806oa