

O EFEITO DO EXOSQUELETO EM MEMBRO SUPERIOR NO PACIENTE COM AVC: ESTUDO DE CASO

Paola Pamela Rebello, Thabata Camile Bueno Tavares, Marcele Florêncio das Neves.

Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, paola.rebelloo@gmail.com, thabamille@gmail.com, mneves@univap.br.

Resumo

O acidente vascular cerebral ocorre devido à interrupção do fluxo sanguíneo no cérebro, resultando em prejuízos no controle motor e compromete as atividades da vida diária, o que afeta negativamente sua qualidade de vida. A recuperação da função do membro superior é crucial na fisioterapia para melhorar a qualidade de vida desses pacientes. Este estudo, conduzido com um grupo de quatro voluntários pós-AVC, utilizou um protocolo de tratamento com o exoesqueleto Armeo® Spring. A metodologia incluiu análise cinemática, eletromiografia e dinamometria para avaliar a função motora e a qualidade de vida antes e após a intervenção. Os resultados mostraram melhorias na amplitude de movimento, torque muscular e capacidades funcionais com impacto positivo na qualidade de vida, abrangendo aspectos físicos, sociais e emocionais. Concluiu-se que a integração do exoesqueleto na reabilitação de pacientes pós-AVC oferece benefícios a curto e longo prazo, sugerindo seu potencial como uma intervenção eficaz. No entanto, são necessários estudos mais amplos para confirmar esses achados.

Palavras-chave: Acidente vascular cerebral. Espasticidade. Fisioterapia. Exoesqueleto.

Área do Conhecimento: Fisioterapia

Introdução

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é o termo utilizado para uma patologia, na qual ocorre uma ausência de reservas de oxigênio e nutrientes no tecido nervoso, que é totalmente dependente da circulação sanguínea e mantém a ativação das células, pois o seu metabolismo é dependente do fluxo contínuo e ininterrupto de oxigênio e glicose. A interrupção deste fluxo em uma determinada área do cérebro tem por consequência uma diminuição ou interrupção da atividade funcional dessa local. Se houver uma interrupção inferior a 3 minutos, a alteração é reversível, superior a 3 minutos, a alteração funcional poderá ser irreversível, originando necrose do tecido nervoso. Essa é a maior doença neurológica que pode causar uma incapacidade no mundo (Cancela, 2008). O AVC pode ser associado a dois mecanismos distintos: isquêmico, com origem na obstrução de uma artéria cerebral, impedindo a passagem de oxigênio, devido a um trombo ou a um êmbolo; ou hemorrágico, que é ocasionado por um rompimento de um vaso cerebral, gerando uma hemorragia que pode ter origem embólica ou aterosclerótica, gerando uma pressão intracranial e compressão do tecido nervoso associada à diminuição do fornecimento de sangue (Alexandrov, Krishnaiah, 2023).

A manifestação de sequelas no AVC é iminente, e está relacionada à área e à gravidade da lesão, podendo causar déficits motores, como fraqueza muscular, perda de mobilidade em um lado do corpo, sendo uma hemiparesia e espasticidade que amplia movimentos involuntários, acarretando na funcionalidade e atividades de vida diária do indivíduo de forma permanente (Cesário, 2006; Girardon-Perlini, 2017).

A recuperação de um indivíduo com AVC com hemiparesia constitui em um grande desafio pela complexibilidade das sequelas e o impacto na qualidade de vida (Laver, George, 2012). A reabilitação fisioterápica deve ser dinâmica, contínua, progressiva e educativa para atingirem a funcionalidade, a autonomia e a reintegração familiar e social, minimizando o impacto dessa patologia (Scalzo, De Souza, 2010; Brasil, 2022).

Dentre os recursos fisioterápicos, os exoesqueletos que incorporam atuadores para possibilitar movimentos controlados e precisos, bem como sensores que fornecem informações detalhadas sobre o movimento, incluindo ângulo, velocidade e aceleração tem sido uma opção amplamente investigada

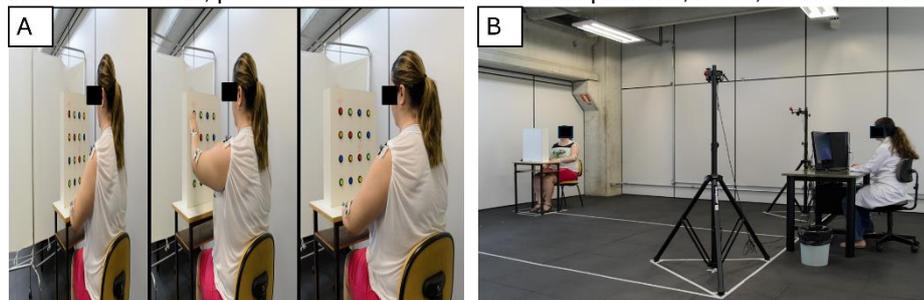
na última década. Essas tecnologias têm um amplo campo de aplicações, desde ajudar na reabilitação de pacientes, auxiliando no treino terapêutico e minimizando as sequelas pós-AVC (Broche-Vazquez, 2020). Portanto, o objetivo deste trabalho foi investigar o efeito de protocolo de tratamento com exoesqueleto na função motora e na qualidade de vida de pacientes pós-AVC.

Metodologia

Este é um estudo experimental de caráter analítico transversal, projetado como um ensaio clínico controlado duplo-cego. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), localizado em São José dos Campos, São Paulo, Brasil, sob protocolo CAAE: 40764115.5.0000.5503. Os critérios de inclusão foram: voluntários com diagnóstico médico de Acidente Vascular Cerebral há mais de 12 meses, diagnóstico médico de hemiparesia espástica de predomínio braquial, idade entre 40-80 anos; cognição preservada e capacidade de responder a estímulos verbais, força muscular grau ≥ 3 , espasticidade grau ≤ 2 na Escala de Ashworth Modificada, do qual participaram 04 voluntários.

Inicialmente foi realizada a avaliação da cinemática em conjunto com a caixa interativa (Figura 1A) um equipamento capaz de auxiliar na avaliação da ADM e o alcance, 2 botões as luzes acendiam e o paciente precisava elevar o membro parético para apagar que eram realizadas 10 repetições, no mesmo momento foi demarcada uma área de 2,70m², neste local estava posicionado uma mesa com a caixa interativa e uma cadeira para que o paciente se acomodasse, e na distância estava focada a câmera cinemática Flex:V100R2Optitrack® (Figura1B) um equipamento que torna capaz de realizar o estudo do controle motor da articulação durante o movimento, elas estavam posicionadas em um tripé em definição tridimensional, foram colocados 3 sensores no paciente, um no tubérculo maior do úmero, outro no epicôndilo lateral e por fim no processo estilóide da ulna para assim captar os dados que a câmera registrava. Após a coleta os dados coletados foram exportados para o software Motive®, sendo possível avaliar a articulação sobre o tempo e espaço que se encontrava, calculando a área da articulação do cotovelo em forma de um triângulo, os dados calculados foram exportados para o software Oringin Pro® 8.0, foram avaliados em termos de média e desvio padrão com porcentagem comparativa, e assim mensurando a ADM durante a extensão antes e após o tratamento.

Figura 1A- Caixa interativa e posicionamento do paciente com sensores inseridos no MS espástico. Figura 1B- Ambiente de coleta, posicionamento das câmeras e do paciente, mesa, cadeira e caixa.



Fonte: Autores.

Para avaliar a qualidade de vida dos voluntários, foi utilizado o questionário SF-36, composto por 36 itens distribuídos em 8 domínios: Capacidade Funcional, Aspectos Físicos, Dor, Estado Geral de Saúde, Vitalidade, Aspectos Sociais, Aspectos Emocionais e Saúde Mental. Cada domínio analisa diferentes aspectos do bem-estar dos voluntários. Após responderem ao questionário, as pontuações são calculadas e variam de zero a 100, onde zero indica o pior estado de saúde e 100 a melhor qualidade de vida.

Foi realizada a coleta da atividade mioelétrica do músculo com o aparelho eletromiógrafo que era composto por 8 canais da marca EMG System Brasil Ltda®, o modelo utilizado foi EMG832C – USB, com um conversor analógico digital com resolução de 12 bits, a frequência de amostragem de 2.000hz, unidade μv , Xmin – 2000, Ymáx 2000, Coef. A 0 e Coef. B 500, acoplado a um computador. Foram utilizados eletrodos de superfície reutilizáveis, que eram fixados à pele com um gel condutor, que torna possível a detecção correta do sinal, foram posicionados os eletrodos no ventre muscular no músculo bíceps braquial posicionado entre o acrômio medial e a fossa cúbita, à um terço da fossa cúbita, e o

outro eletrodo ficou fixado no músculo tríceps braquial em 50% da linha entre a crista posterior do acrômio e do olecrano e dois dedos de largura da lateral da linha, foram seguidas as recomendações de acordo com a SENIAM (Surface Electro Myography for the Non-Invasive Assessment of Muscles). Juntamente com a eletromiografia, foi realizada a mensuração do torque muscular com base da contração isométrica dos músculos bíceps braquial, para esta avaliação foi utilizado do dinamômetro isocinético da marca Biodex System®.

Os voluntários foram posicionados na cadeira do equipamento conforme a (Figura 2), com os pés apoiados adequadamente em um suporte e com o tronco estabilizado com uma cinta de estabilização para maior conforto para o indivíduo. O braço de alavanca, no caso o membro parético foi utilizada uma atadura no punho para estabilização. O cotovelo se encontrava em 90° de flexão e os membros acomodados a uma almofada, e o eixo do dinamômetro foi posicionado de um modo que coincida com o eixo do movimento de flexão e extensão da articulação do cotovelo. O dinamômetro foi acionado e o voluntário foi orientado a realizar a contração isométrica máxima, primeiramente de flexor de cotovelo (bíceps braquial) e, em posteriormente em extensor de cotovelo (tríceps braquial), durante de 60 segundos cada, com intervalo de 60 segundos de repouso entre as contrações. Concomitante a este, o examinador solicitará o máximo de empenho do voluntário, mediante estímulo de comandos verbais para a realização de força máxima, o que permitirá a quantificação do torque muscular.

Figura 2 - Posicionamento do paciente no dinamômetro isocinético (Biodex System® 4).



Fonte: Autores.

O protocolo de tratamento foi composto por 10 sessões de terapia robótica com exoesqueleto Armeo® Spring (HOCOMA), uma réplica comercial do T-WREX, utilizada para o treinamento do membro superior afetado. O braço do equipamento foi ajustado ao tamanho do braço de cada paciente, permitindo um suporte contra a ação da gravidade, sustentando 45° de flexão e abdução de ombro, a fim de facilitar a movimentação destes pacientes, utilizando a função residual do membro superior parético (Figura 3). Cada sessão teve duração de 30 minutos e consistiu um plano terapêutico dividido em 3 exercícios funcionais com duração de 10 minutos cada: Lavar as Janelas: movimento grosseiro, Pesca: movimento preciso e Tempo de ação e reação: movimento fino e coordenado.

Figura 3 - Paciente posicionada no exoesqueleto com suporte para membro superior Armeo® Spring.



Fonte: Autores

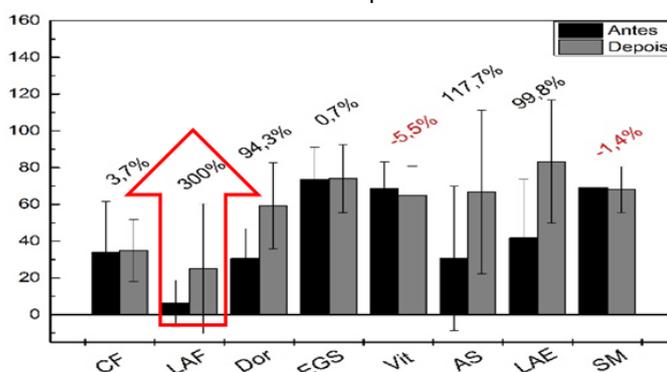
Ao final do tratamento, os pacientes foram submetidos a uma reavaliação final na qual foi reaplicado o questionário de qualidade de vida (SF-36), a avaliação da cinemática, mensuração do torque e a eletromiografia foi realizada por comparação simples e diferença percentual entre os valores observados no início e ao final do tratamento.

Resultados

De acordo com a análise cinemática para ADM, podemos observar que os voluntários apresentaram $105^{\circ} \pm 10,4^{\circ}$ de flexão de cotovelo na avaliação inicial, sendo que após as 10 sessões de treinamento funcional assistido pelo exoesqueleto Armeo® Spring a média de ADM foi para $113,1^{\circ} \pm 15,3^{\circ}$, aumentando assim 7,7%.

Em relação à qualidade de vida analisada pelo Questionário SF-36, os pacientes apresentaram melhora na qualidade de vida nos domínios: capacidade funcional (CF), limitação por aspectos físicos (LAF) dor, estado geral de saúde (EGS), aspectos sociais (AS) e na limitação por aspectos sociais (LAS), e um leve declínio nos domínios: vitalidade (Vit) e na saúde mental (SM), como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Distribuição das pontuações nos domínios do Questionário de Qualidade de Vida SF36, antes e depois da terapia.



Valores expressos em média e desvio padrão, onde cada sigla representa: CF - Capacidade Funcional; LAF - Limitação por Aspectos Físicos; Dor; EGS - Estado Geral de Saúde; VIT - Vitalidade, AS - Aspectos Sociais, LAE - Limitação por aspectos emocionais; SM - Saúde Mental. Fonte: Autores.

De acordo com os dados obtidos na eletromiografia associada ao dinamômetro isocinético, foi possível observar um aumento de 12,8% no sinal RMS antes e após a terapia, e um aumento de 26,6% na média do pico de torque ao final do tratamento, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados referentes à captação do sinal eletromiográfico (RMS) e ao torque realizados pelos voluntários, antes e depois do tratamento.

PACIENTE	RMS ANTES	RMS DEPOIS	%	TORQUE ANTES	TORQUE DEPOIS	%
1	34,9	38,8	11,2%	18,6	22,4	20,4%
2	23,3	30,6	31,3%	33,9	40,0	18%
3	39,3	42,3	7,6%	23,7	27,3	15,2%
4	36,9	39,9	8,1%	26,0	39,7	52,7%
MÉDIA	33,6	37,9		25,55	32,35	
DESVIO	7	5	12,8%	6	5	26,6%

Fonte: Autores.

Discussão

Os resultados deste estudo indicam que o protocolo de tratamento com exoesqueleto Armeo® Spring proporcionou melhorias significativas na função motora e na qualidade de vida de pacientes pós-AVC com hemiparesia espástica. Especificamente, observou-se um aumento de 7,7% na amplitude de movimento (ADM) durante a flexão de cotovelo, além de uma melhora nos domínios de capacidade funcional, aspectos físicos, dor, estado geral de saúde e aspectos sociais do questionário SF-36. Esses achados são consistentes com a literatura existente que explora os benefícios das tecnologias de reabilitação assistida por exoesqueletos em pacientes com sequelas de AVC.

O estudo de Lithuania (2019) corrobora nossos achados, demonstrando que um programa de treinamento de curto prazo com novas tecnologias pode resultar em ganhos significativos na recuperação funcional pós-AVC, melhorando não apenas as habilidades motoras, mas também as habilidades cognitivas, como atenção e memória, além de reduzir a ansiedade. Tais resultados sublinham o potencial do exoesqueleto não apenas como uma ferramenta de reabilitação motora, mas também como um meio de promover o bem-estar psicológico dos pacientes.

Além disso, Fernandes (2019) demonstrou que a combinação de exoesqueleto com outras tecnologias assistivas de alta frequência pode aumentar ainda mais a eficácia do tratamento, promovendo uma maior conscientização do membro parético e, conseqüentemente, uma reabilitação mais precisa. Essa abordagem evidencia o papel crucial das terapias assistivas como complemento à fisioterapia convencional, potencializando os resultados terapêuticos. Além dos benefícios fisiológicos, a introdução de novas tecnologias na reabilitação pode gerar uma empolgação secundária nos pacientes, ao oferecer uma atividade diferente e inovadora, o que pode contribuir para o sucesso do tratamento. Embora nosso estudo não tenha incorporado o uso das mesmas tecnologias assistivas combinadas, os resultados positivos obtidos apenas com o uso do exoesqueleto sugerem que este recurso pode servir como uma base sólida para futuras intervenções combinadas, promovendo não apenas ganhos físicos, mas também um engajamento mais ativo dos pacientes no processo de reabilitação.

Observou-se também um aumento de 12,8% na atividade mioelétrica (RMS) e de 26,6% no torque muscular após as 10 sessões de tratamento, o que destaca a capacidade do exoesqueleto em melhorar não apenas a força muscular, mas também o controle muscular voluntário dos pacientes, indicado pelo aumento da atividade mioelétrica. Esses dados são particularmente relevantes, pois o aumento do sinal RMS indica uma melhoria na ativação neuromuscular, essencial para a recuperação da força e para o controle preciso dos movimentos. A recuperação da força muscular, aliada ao controle aprimorado do movimento voluntário, é crucial para a reabilitação funcional, possibilitando a redução da espasticidade e a retomada das atividades de vida diária com maior autonomia e eficiência.

O estudo realizado por Alfaina *et al.* (2021) avaliou a eficácia do exoesqueleto na melhora da força muscular em pacientes pós-AVC em fase hospitalar aguda através de um desenho experimental com dois grupos e evidenciaram melhorias significativas na força muscular, seja através do uso do exoesqueleto ou da terapia convencional. No entanto, enquanto nosso estudo destacou a capacidade do exoesqueleto em promover um controle muscular mais preciso e o impacto positivo na qualidade de vida dos pacientes, o estudo comparativo concluiu que a terapia assistida pelo exoesqueleto foi tão eficaz quanto a terapia convencional apenas em termos de força muscular. Essa comparação reforça a importância do exoesqueleto como uma ferramenta viável e eficaz na reabilitação, especialmente em contextos em que a disponibilidade de fisioterapeutas é limitada, como mencionado no estudo realizado na Indonésia. Além disso, nossos resultados sugerem que, apesar de ambos os métodos apresentarem eficácia semelhante, o uso do exoesqueleto pode oferecer benefícios adicionais no controle neuromuscular e na redução da espasticidade, aspectos que não foram explorados no estudo comparativo.

No entanto, é importante reconhecer as limitações deste estudo, como o tamanho reduzido da amostra e a ausência de um grupo controle, o que pode ter influenciado os resultados. Além disso, o acompanhamento a longo prazo dos pacientes seria necessário para avaliar a manutenção dos ganhos obtidos e o impacto do tratamento na reintegração social e na autonomia dos indivíduos.

Conclusão

Com base em nosso estudo, sugere-se que o uso do exoesqueleto Armeo® Spring na reabilitação de pacientes pós-AVC proporciona benefícios tanto a curto quanto a longo prazo. Foram observadas melhorias na amplitude de movimento, no torque muscular e nas capacidades funcionais, além de um impacto positivo na qualidade de vida, abrangendo aspectos físicos e sociais. Além disso, aspectos emocionais, como a diminuição da ansiedade, também foram identificados, reforçando o potencial dessa tecnologia como uma intervenção eficaz na recuperação de pacientes com hemiparesia espástica. Esses resultados sugerem que a integração de exoesqueletos no tratamento de pacientes pós-AVC pode contribuir significativamente para sua autonomia e reintegração social. No entanto, é necessário um estudo mais abrangente, com maior número de participantes para que possa definir os efeitos a longo prazo do protocolo empregado.

Referências

ADOMAVIČIENĖ A, DAUNORAVIČIENĖ K, KUBILIUS R, VARŽAITYTĖ L, RAISTENSKIS J. Influência das novas tecnologias na reabilitação pós-AVC: uma comparação do Armeo Spring com o sistema Kinect. **Medicina**. 2019; 55(4):98. <https://doi.org/10.3390/medicina55040098>

Lfaina AS, et al. Effectivity of Exoskeleton Robot-Assisted Therapy on Improving Muscle Strength in Post-Stroke Patient. **Medica Hospitalia J. Clin. Med.** [Internet]. 2021 Nov. 5 [cited 2024 Aug. 19];8(3):292-6. Available from: <http://medicahospitalia.rskariadi.co.id/medicahospitalia/index.php/mh/article/view/588>

Brasil. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas de Espasticidade. Disponível em: http://conitec.gov.br/images/Protocolos/Protocolo_Uso/PCDT_Espasticidade_29_05_2017.pdf

BROCHE-VAZQUEZ, Leonardo et al. Exoesqueleto robótico para la rehabilitación del miembro superior del paciente hemipléjico. **Ingeniería Mecánica, La Habana**, v. 23, n. 3, p. , dic. 2020. Disponible en <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442020000300003&lng=es&nrm=iso>. accedido en 27 jun.2024. Epub01-Dic-2020.

CANCELA, Diana Manuela Gomes. O acidente vascular cerebral: classificação, principais consequências e reabilitação. Porto: ULP(2008): 494-498

GIRARDON-PERLINI, Nara Marilene Oliveira et al. Lidando com perdas: percepção de pessoas incapacitadas por AVC. **Revista Mineira de Enfermagem**, v. 11, n. 2, p. 149-154, 2007.

CESÁRIO CMM, PENASSO P, OLIVEIRA APR. Impacto da disfunção motora na qualidade de vida em pacientes com acidente vascular encefálico. **Rev Neurocienc** 2006; 14:6-9.

FERNANDES, Talita Cristina Verona Pinto. Efeito da órtese exoesqueleto combinada à estimulação magnética transcraniana repetitiva sobre a recuperação da função motora do membro superior de paciente com acidente vascular encefálico crônico: ensaio clínico controlado, randomizado, duplo cego. 2019. Dissertação (Mestrado em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019

JESUS, Joana Miranda de. Uso da prática mental e da interface-cérebro-máquina para favorecer a função motora do membro superior de pacientes pós-acidente vascular cerebral. Lagarto, 2019.

LAVER KE, GEORGE S, THOMAS S, DEUTSCH JE, CROTTY M. Cochrane review: virtual reality for stroke rehabilitation. **Eur J Phys Rehabil Med** 2012; 48:523- 30.

SCALZO PL, DE SOUZA ES, MOREIRA AGO, VIEIRA DAF. Qualidade de vida em pacientes com Acidente Vascular Cerebral: clínica de fisioterapia Puc Minas. Betim. **Rev Neuroci**. 2010;18(2):139-44.

WEIZENMANN, SM, ALEJANDRO RGR. Controle de um Braço Robótico para Reabilitação Motora. **Anais do XIII Computer on the Beach**,13 (2022): 157-163.

ZHYKHARIEVA, O.; KRAVCHENKO, N.; LETUNOVSKA, I. Semiótica da publicidade da Harley-Davidson através da estilística e da pragmática: o conceito de liberdade na construção da identidade do consumidor alvo. **Revista Univap**, [S. l.], v. 30, n. 65, 2024. DOI: 10.18066/revistaunivap.v30i65.4526. Disponível em: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/4526>. Acesso em: 19 abr. 2024.