

ANÁLISE CLÍNICA: FUNÇÃO SENSORIO-MOTORA EM PACIENTES PÓS-AVC UTILIZANDO ÓRTESE PRODUZIDA POR MANUFATURA ADITIVA

Alfredo Prince Soares Costa¹, Kathleen Castro de Souza Viana¹, Luis Filipe Beloni¹, Maria Elizete Kunkel², Mario Oliveira Lima¹

¹Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, viana.kathleen@hotmail.com, mol@univap.com.br.

²Universidade Federal de São Paulo, Rua Talim, 330 - Vila Nair - São José dos Campos – SP, Brasil

Resumo:

O acidente vascular cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacidade funcional no mundo, com sequelas motoras, como a espasticidade, que afetam significativamente a qualidade de vida. O uso de órteses pode prevenir deformidades e melhorar a mobilidade dos membros superiores. O objetivo deste estudo é analisar a performance sensorio-motora de indivíduos com AVC após o uso de órteses de membros superiores (MMSS) confeccionadas por meio de manufatura aditiva. Foram incluídos 2 voluntários em fase crônica, avaliados quanto à espasticidade, força muscular, amplitude de movimento e funcionalidade. A geometria do membro foi obtida por escaneamento 3D, permitindo a modelagem e fabricação de órteses estáticas personalizadas. O estudo foi dividido em quatro etapas: avaliação clínica, escaneamento e modelagem, uso diário da órtese por 30 dias e reavaliações. Conclui-se que a utilização de órteses personalizadas, desenvolvidas por meio da manufatura aditiva (impressão 3D), contribuiu para a melhora do desempenho funcional sensorio-motor dos membros superiores em pacientes acometidos por acidente vascular cerebral (AVC).

Palavras-chave: Acidente vascular cerebral, hemiparesia espástica, órtese, manufatura aditiva

Área do Conhecimento: Fisioterapia

Introdução

O acidente vascular cerebral (AVC) é a neuropatologia mais comum e uma das principais causas de mortalidade e incapacidade no mundo (Rosendo et al., 2021). Essa patologia pode ser classificada em AVC isquêmica, decorrente da obstrução de um vaso (artéria) sanguíneo e responsável por cerca de 80% dos casos, ou hemorrágica, resultante da ruptura de um vaso (Pereira et al., 2017). Entre suas manifestações clínicas, destacam-se hemiplegia, hemiparesia, afasia, hemihipostesia e outras alterações funcionais, especialmente quando há comprometimento da artéria cerebral média.

Entre as alterações biomecânicas mais frequentes destaca-se a espasticidade (Correa, 2018) e acomete com mais frequência musculaturas antigravitacionais dos membros superiores, como adutores de ombro, flexores de cotovelo, punho e dedos, pronadores do antebraço e adutores do polegar (Synnot, 2017). Outra alteração comum nos membros superiores é a contratura, caracterizada pela perda da amplitude de movimento passivo associada à redução da extensibilidade muscular.

A utilização de órtese é considerada um adjunto no processo de reabilitação em pacientes pós AVC, oferecendo um alongamento passivo prolongado aumentando a extensibilidade dos tecidos moles devido alteração das suas propriedades viscoelásticas; auxiliando na prevenção de contraturas, podendo melhorar também a espasticidade ao reduzir a entrada excitatória dos fusos musculares (Cruz, 2023).

Este estudo tem como finalidade analisar e comparar o desempenho funcional sensorio-motor dos membros superiores de pacientes acometidos por acidente vascular cerebral (AVC), após a utilização de órteses personalizadas desenvolvidas por manufatura aditiva (impressão 3D).

Metodologia

Esta pesquisa relata dois Case Reports de dois pacientes que participaram voluntariamente. Após a avaliação e aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP), número de referência 7.294.417 o

projeto foi realizado em parceria com o Laboratório Mão 3D UNIFESP – Campus Talim em São José dos Campos/SP com a participação do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento/ Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório Motora /Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). Foram desenvolvidas órteses estáticas personalizadas por manufatura aditiva, destinadas à reabilitação de pacientes pós-AVC. A abordagem do *Human-Centred Design* foi aplicada ao longo das quatro etapas da pesquisa.

As coletas de dados foram realizadas com pacientes de ambos os gêneros, com idade igual ou superior a 18 anos, diagnosticados com acidente vascular cerebral (AVC), e com diagnóstico fisioterápico de hemiparesia espástica com predomínio braquial, com ou sem presença de movimento ativo no cotovelo; grau 2-4 de espasticidade segundo a Escala de Ashworth Modificada e grau de força muscular mínimo de 1, para bíceps e tríceps braquial, flexores de punho e dedos e preensor palmar. Esses pacientes participaram voluntariamente de 4 etapas dentro da pesquisa,:

Na Etapa 1 (E1), foi realizada a avaliação clínica dos participantes voluntários desta pesquisa. Essa avaliação consistiu no preenchimento do questionário sociodemográfico, aplicação da Escala de Ashworth Modificada, mensuração da amplitude de movimento da articulação do punho nos gestos de flexão e extensão voluntárias por meio de goniometria digital, avaliação da força muscular dos flexores do punho e dos dedos com dinamômetro digital de preensão palmar, análise do potencial elétrico de contração das fibras musculares por meio de eletromiografia de superfície dos músculos palmar longo e extensor radial do carpo, avaliação funcional utilizando a Medida de Independência Funcional (MIF) e investigação do impacto da espasticidade de predomínio braquial na qualidade de vida por meio do questionário Stroke-Specific Quality of Life (SS-QOL).

Na Etapa 2 (E2), realizou-se a aquisição da geometria do membro superior parético dos voluntários por meio de escaneamento 3D, utilizando o scanner EinStar v1.2, baseado em luz estruturada infravermelha VCSEL, com precisão entre 0,1 mm e 3 mm, acoplado a um computador modelo Avell 7 com alta capacidade processamento (Core i7) e processada por meio do software ExStar v1.2.2. Em seguida, foi realizada a modelagem tridimensional por meio de um software de modelamento 3D denominado Blender versão 5.0 e por fim, a impressão 3D do modelo escaneado. A impressão foi realizada utilizando-se de filamento de material polimérico PLA em uma impressora de alto fluxo modelo K1 (Creality).

A Etapa 3 (E3), deu-se à entrega da órtese personalizada aos pacientes, acompanhada das orientações para uso diário com intervalo intermitente de 3 horas por um período de 30 dias. Ao final desse período, os participantes retornaram para reavaliação funcional e aplicação da Escala Likert de Satisfação. Ajustes nas órteses foram realizados com base nas percepções individuais dos voluntários, considerando o design e o material utilizado.

Na Etapa 4 (E4), realizaram-se ajustes individualizados adicionais e, quando necessário, uma segunda órtese personalizada foi confeccionada e disponibilizada ao participante.

Para a análise dos dados obtidos, utilizou-se o método estatístico ANOVA (Análise de Variância), com o objetivo de verificar diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos parâmetros sensório-motores avaliados antes e após o uso das órteses personalizadas. A ANOVA permitiu a comparação dos resultados em diferentes momentos da intervenção, considerando variáveis como amplitude de movimento, força muscular e atividade elétrica dos músculos, mensurada por meio de eletromiografia de superfície (EMG). Essa análise estatística possibilitou identificar alterações significativas no desempenho funcional dos membros superiores ao longo do período de uso das órteses.

Resultados

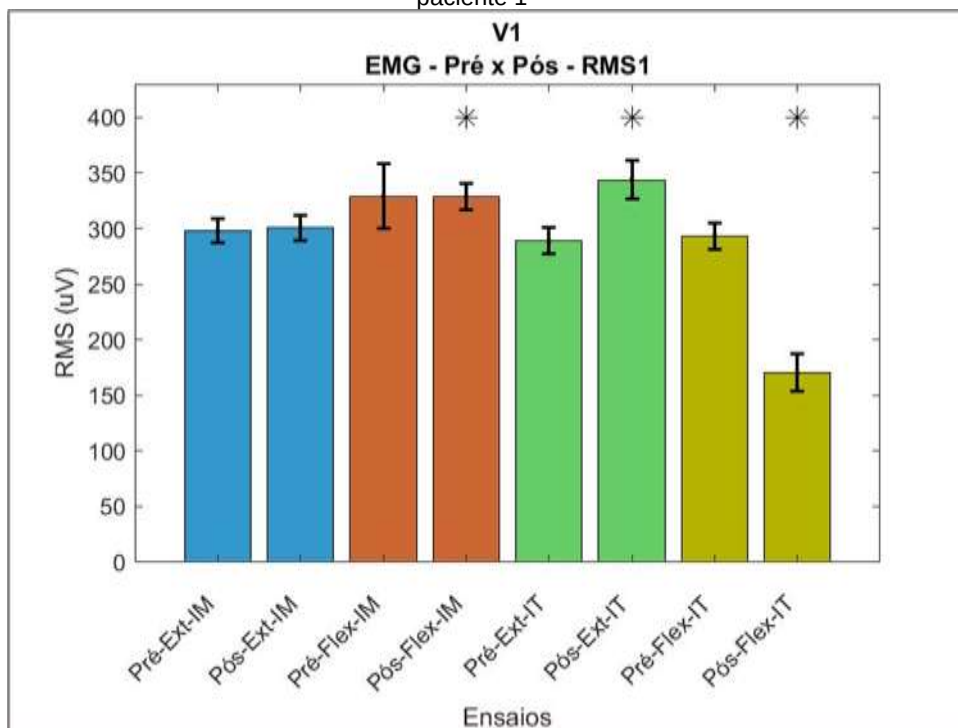
Os resultados estão expostos a seguir em formatos de tabela e expressão gráfica.

Tabela 1. Dados dos parâmetros analisados antes e depois do uso das órteses referentes ao paciente 1.

RMS DATA PACIENTE 1		
RMS DATA (μV)	PRÉ ÓRTESE	PÓS ÓRTESE
Extensão Isométrica	298,05 $\pm$ 10,16	300,70 $\pm$ 10,76
Flexão Isométrica	329,11 $\pm$ 27,52	328,67 $\pm$ 11,60
Extensão Isotônica	288,73 $\pm$ 11,33	343,91 $\pm$ 16,18
Flexão Isotônica	293,32 $\pm$ 11,49	170,04 $\pm$ 15,95

FONTE: Autores

Figura 1. Exposição gráfica dos parâmetros analisados antes e depois do uso das órteses referentes ao paciente 1



FONTE: Autores

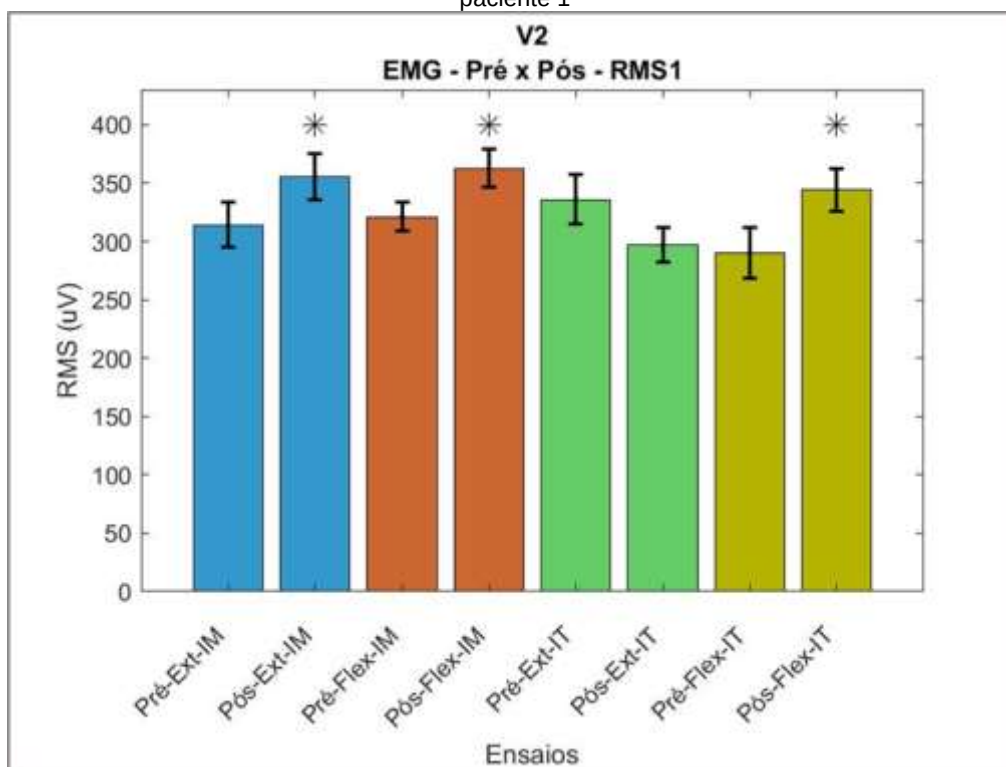
A Tabela 1 observa-se que, na extensão isométrica, houve uma melhora funcional mínima nos valores médios após o uso das órteses (de 298,05 $\pm$ 10,16 μV para 300,70 $\pm$ 10,76 μV). Na flexão isométrica os valores mantiveram-se estáveis (de 329,11 $\pm$ 27,52 μV para 328,67 $\pm$ 11,60 μV). Os valores obtidos na extensão isotônica, nota-se um aumento significativo após o uso das órteses (de 288,73 $\pm$ 11,33 μV para 343,91 $\pm$ 16,18 μV). Porém, na flexão isotônica, houve uma redução considerável nos valores (de 293,32 $\pm$ 11,49 μV para 170,04 $\pm$ 15,95 μV).

Tabela 2. Dados dos parâmetros analisados antes e depois do uso das órteses referentes ao paciente 1.

RMS DATA PACIENTE 2		
RMS DATA (μV)	PRÉ ÓRTESE	PÓS ÓRTESE
Extensão Isométrica	$314,31 \pm 18,46$	$355,37 \pm 18,74$
Flexão Isométrica	$321,18 \pm 11,69$	$362,73 \pm 15,23$
Extensão Isotônica	$336,01 \pm 20,14$	$296,82 \pm 13,96$
Flexão Isotônica	$290,23 \pm 20,36$	$344,19 \pm 17,49$

FONTE: Autores

Figura 2. Exposição gráfica dos parâmetros analisados antes e depois do uso das órteses referentes ao paciente 1



FONTE: Autores

A Tabela 2 demonstra que, na extensão isométrica, houve um incremento expressivo nos valores médios de RMS ($314,31 \pm 18,46 \mu\text{V}$ para $355,37 \pm 18,74 \mu\text{V}$). Na flexão isométrica, observou-se um aumento substancial ($321,18 \pm 11,69 \mu\text{V}$ para $362,73 \pm 15,23 \mu\text{V}$). Já na extensão isotônica, verificou-se uma redução moderada ($336,01 \pm 20,14 \mu\text{V}$ para $296,82 \pm 13,96 \mu\text{V}$). Por fim, na flexão isotônica, identificou-se um acréscimo notável nos valores ($290,23 \pm 20,36 \mu\text{V}$ para $344,19 \pm 17,49 \mu\text{V}$).

Discussão

As tecnologias de manufatura aditiva, como a impressão 3D, têm desempenhado um papel cada vez mais importante nos processos de reabilitação, principalmente por possibilitarem a criação de

dispositivos personalizados, como órteses que se adaptam às necessidades específicas de cada paciente. Essa personalização contribui para um melhor conforto e funcionalidade, além de acelerar a recuperação motora. Junto a esse avanço, a confiabilidade dos métodos de avaliação sensório-motora, como a eletromiografia de superfície (EMG) e a dinamometria de preensão palmar, é fundamental para monitorar a resposta muscular e a força durante o tratamento. A EMG permite analisar a ativação dos músculos de forma não invasiva, enquanto a dinamometria fornece dados precisos sobre a força da mão, ambos essenciais para ajustar e validar os protocolos de reabilitação (Radar, 2018).

Após a análise dos dados obtidos neste estudo, foi possível observar que ambos os pacientes apresentaram melhora na performance sensório-motora com destaque para extensão de punho isotônica. A observação dessa melhora ocorre devido a utilização da órtese o membro permanece em um alongamento passivo pelo determinando período e com a quebra do padrão patológico, causando uma acomodação do reflexo de estiramento, consequentemente reduzindo a resposta reflexa do tônus, assim facilitando o tratamento e a execução das tarefas do cotidiano

A literatura aponta casos semelhantes como (Silva, Souza, Pereira et al. 2017) ao realizarem seus estudos utilizando EMG e teste de preensão palmar, puderam encontrar uma afinidade entre os dois tipos de avaliação, onde mostrou que o teste de força de preensão palmar e a EMG possuem uma linearidade em questão de quantificação da atividade Neuromuscular. Em uma análise realizada de maneira individual, foi possível observar um desempenho com diferentes particularidades entre os dois casos reportados. A exemplo:

Ambos os pacientes tiveram melhora significativa em extensão isotônica; o paciente com um nível maior de funcionalidade teve ganho expressivo em extensão isométrica, ganho substancial em flexão isométrica, ganho notável em flexão isotônica

Paciente 2 relatou uma melhora nos movimentos finos e nas atividades do cotidiano. Para isso, o uso da órtese potencializou as melhoras em: extensão isométrica, ganhou aumento substancial flexão isométrica, ganho notável em flexão isotônica; resultando em uma melhora funcional. Devido ao fato de o paciente estar em uma etapa crônica de tratamento (Fase de treinamento) e possuir um alto grau de força muscular e independência, foi possível observar uma potencialização dos ganhos.

O paciente 1 apresentou melhora significativa na extensão isotônica do punho, embora essa melhora tenha sido menos acentuada em comparação ao paciente 2. Essa diferença pode ser atribuída ao fato de os pacientes estarem em diferentes fases do tratamento, além de o paciente 1 ter apresentado desafios relacionados ao manejo do tratamento, manifestados por uma menor adesão às orientações prescritas, possivelmente decorrente de limitações na motivação para a realização dos exercícios. Essa condição influenciou a consistência e a efetividade do tratamento, refletindo-se em um progresso mais lento na recuperação funcional.

Ao final das 4 etapas deste estudo, observou-se melhora no desempenho funcional e sensório-motor dos pacientes após o uso das órteses conforme sugerido hipoteticamente ao início do estudo. Esses resultados demonstram aspectos promissores no uso da manufatura aditiva bem como nos métodos de avaliação propostos para casos de pacientes acometidos de AVC. Ainda que sejam necessários mais estudos neste âmbito com objetivo de reafirmar e consolidar as técnicas utilizadas, os resultados obtidos até então deixam pontos e conclusões interessantes para novas e futuras pesquisas.

Conclusão

Conclui-se que, por meio da análise dos dados eletromiográficos, houve melhora significativa no desempenho funcional sensório-motor dos membros superiores em ambos os pacientes acometidos por acidente vascular cerebral (AVC) com predomínio em Extensão isométrica de punho, após a utilização de órteses personalizadas desenvolvidas por manufatura aditiva (impressão 3D).

Referências

BERNHARDT, J. et al. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: The Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable taskforce. **International Journal of Stroke**, v. 12, n. 5, p. 444-450, 2017.

CORRÊA GLW, Tschöke TW, Yoshida TS, Seefeld M, Sabbag JRA. Perfil Epidemiológico dos Pacientes com Dystonia e/ou Espasticidade de um Ambulatório de Toxina Botulínica. *Rev. Méd. Paraná*, Curitiba, 2018;76(2):20- 26.

DUNCAN, C. C.; EDGLEY, S. R. Upper Limb Orthoses for the Stroke and Brain-Injured Patient. **Atlas Orthoses Assist. Devices**, v.1, p.146–156, 2019

MAYER N. H, HARVEY R. L. Use of a resting hand orthosis for the hemiparetic hand after stroke. **PM R**. v.6, p. 188–195, 2014.

PEREIRA L. P. G. et al. Principais fatores de risco para o acidente vascular encefálico e suas consequências: uma revisão da literatura. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, v. 3, n. 1, 22 jul. 2017.

RADAR, V. (2018). *Tecnologia assistiva e manufatura aditiva aplicadas à reabilitação*. eXtended Reality Lab. Disponível em: <https://xr-lab.org/publication/virginia-radar-2018/virginia-radar-2018.pdf>

RODRIGUES, M. S.; SANTANA, L. F.; GALVÃO, I. M. Fatores de risco modificáveis e não modificáveis do AVC isquêmico: uma abordagem descritiva. **Revista de Medicina**, São Paulo, Brasil, v. 96, n. 3, p. 187–192, 2017

ROSENDO, B. V. Y. et al. Fatores associados à disfagia em pacientes com AVC: uma revisão sistemática. **Revista Neurociências**, v. 29, p. 1–24, 2021.

SILVA, Aline C.; SOUZA, Ricardo S.; PEREIRA, Marcos L.; et al. Análise da atividade eletromiográfica durante a apreensão palmar em indivíduos saudáveis. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, v. 39, n. 1, p. 45-52, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-2950/17328524012017>. Acesso em: 27 jun. 2024.

SYNNOT A, Chau M, Pitt V, O'Connor D, Gruen RL, Wasiak J, Clavisi O, Pattuwage L, Phillips K. Interventions for managing skeletal muscle spasticity following traumatic brain injury. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017, Issue 11. Art.