

O IMPACTO DAS ÓRTESES PERSONALIZADAS 3D NA RECUPERAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR PÓS-AVC: REVISÃO DA LITERATURA

Lilian Souza Soares da Costa e Silva, Kathleen Castro de Souza Viana, Alfredo Prince Soares Costa, Mario Oliveira Lima, 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, lilianssouzasouares@gmail.com, viana.kathleen@hotmail.com, alfredopsc03@outlook.com, mol@univap.br, mneves@univap.br

Resumo

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma patologia causada pela interrupção do fornecimento de sangue para o cérebro, levando a lesões no Sistema Nervoso Central (SNC), podendo afetar membros superiores e gerar distúrbios biomecânicos como a espasticidade e contratura. A fisioterapia desempenha um papel crucial na reabilitação desses pacientes através de diversos recursos, dentre eles o uso das órteses. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos do uso de órteses personalizadas na recuperação do membro superior em pacientes pós-AVC. Realizou-se uma busca na base de dados PubMed e Science Direct com as palavras-chave: órtese 3D, AVC e Fisioterapia em português e inglês. Foram utilizados 06 artigos publicados entre 2019 e 2024, com a inclusão de ensaios clínicos e estudos de caso como critério. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a utilização de órteses 3D personalizadas, combinada com a fisioterapia convencional, teve um impacto expressivo na melhora funcional, na qualidade de vida, e na redução das sequelas neuromusculares em pacientes pós-AVC, porém são necessários mais estudos para avaliar a temática.

Palavras-chave: Órtese 3D; Fisioterapia; Acidente Vascular Cerebral (AVC)

Área do Conhecimento: Fisioterapia

Introdução

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma patologia causada pela interrupção do fornecimento de sangue para o cérebro gerando anoxia, podendo ser classificada de acordo com sua origem. No AVC isquêmico, a falta de sangue se dá pela obstrução de um vaso (artéria) sanguínea. (Pereira et al., 2017). O AVC de etiologia hemorrágica ocorre pela ruptura de um vaso sanguíneo (Gonçalves, 2022). De acordo com Lundy-Ekman (2000, apud Pires et al., 2013), as sequelas neurológicas e funcionais do AVC dependem de alguns fatores, como a localização e tamanho da área afetada no cérebro e do tempo decorrido entre o evento e o atendimento à pessoa.

A espasticidade é considerada uma das alterações biomecânicas mais frequentes do AVC e afeta mais de 12 milhões de pessoas no mundo (Correa, 2018). De acordo com Ribeiro (2017), cerca de 17% a 38% dos portadores da doença possuem espasticidade até 12 meses após a lesão. Pessoas com sequela de espasticidade desenvolvem de forma recorrente distúrbios motores associados ao desequilíbrio da atividade neural (Pires, Missão, Navega, 2021). A espasticidade é definida como maior resistência ao alongamento passivo dos músculos, dependente da velocidade, sendo mais frequente nos membros superiores (braquial) do que nos inferiores (cruval) (Costa, Silva, Rocha; 2011). Em portadores de AVC é comum que o membro superior fique encurtado com um padrão de rotação medial e adução do ombro, flexão de cotovelo, punho e dedos e pronação de antebraço, repousando sobre os membros inferiores, quando sentado, ou à frente do tórax, quando de pé (Carr, 2011).

A fisioterapia desempenha um papel crucial na reabilitação desses pacientes, com o objetivo de melhorar a função do membro superior e, conseqüentemente, a qualidade de vida (DEMECO et al, 2023). Existem aparelhos que podem ser utilizados para ajudar no processo de reabilitação dos pacientes pós-AVC, como por exemplo as órteses. A utilização de órtese é considerada um adjunto no processo de reabilitação em pacientes pós AVC (FERREIRA, 2013). A órtese oferece um alongamento prolongado aumentando a extensibilidade dos tecidos moles através da alteração das suas propriedades viscoelásticas. Esse processo auxilia na prevenção de contraturas pela manutenção ou

aumento do número de sarcômeros em série, juntamente com a manutenção do comprimento do tendão e da elasticidade do tecido conjuntivo, podendo melhorar também a espasticidade ao reduzir a entrada excitatória dos fusos musculares (CRUZ, 2023).

Também denominada Manufatura Aditiva, a impressão 3D é uma das tecnologias de produção mais avançadas da atualidade (SALAA et al, 2022), além de ser mais econômica, versátil, flexível e empregar materiais leves. A órtese impressa em 3D, é capaz de desempenhar o mesmo papel que a órtese de pulso disponível no mercado na redução da dor, mas garante maior conforto durante o tratamento devido à personalização da órtese para diferentes quadros clínicos, contribuindo para um maior tempo de uso da órtese e, conseqüentemente, efeitos benéficos ao longo do uso do aparelho (KIM, 2018). O presente estudo teve por objetivo avaliar a o impacto das órteses personalizadas impressas em 3D na recuperação do membro superior pós-avc.

Metodologia

Trata-se de uma revisão bibliográfica, realizada na base de dados Pubmed utilizando os descritores em inglês: "stroke" and "therapy" and "3D orthosis", e português: "Acidente Vascular Cerebral (AVC)" e "fisioterapia" e "órteses 3D". De 34 resultados, foram selecionados 10 artigos publicados entre os anos de 2019 e 2024. Os critérios de inclusão utilizados foram ensaios clínicos e/ou estudos de caso, sendo excluídas revisões de literatura, meta-análises, capítulos de livros e estudos que fugissem da temática do nosso objetivo.

Resultados

Neste estudo encontraram-se 10 artigos com os descritores em português e inglês dentro dos critérios de inclusão. Com base nas primeiras leituras, exclui-se 04 artigos que não correspondiam aos critérios de inclusão. Os 06 estudos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Análise de dados dos principais artigos pesquisados relacionados com o impacto das órteses personalizadas 3D na recuperação do membro superior pós-AVC

Autores, Ano	Objetivo	Metodologia	Resultados
HUANG et al., 2019	Investigar a recuperação funcional de pacientes com AVC Crônico após o uso de um dispositivo manual dinâmico impresso em 3D como complemento à condução de uma abordagem com tarefas orientadas	Estudo randomizado e controlado com 10 pacientes designados para o grupo 3D ou para o grupo controle. A abordagem com tarefas orientadas foi usada para ambos os grupos, sendo que o grupo 3D usou o dispositivo duas vezes por semana durante quatro semanas. Apenas a abordagem com tarefas orientadas foi utilizada para o grupo controle.	O grupo 3D exibiu melhoria significativamente superior quando comparada ao do grupo controle no Box and Blocks Test (BBT) e no teste de força de pinça palmar
THOMANN; CARVALHO, 2019	Neste artigo foi desenvolvida uma metodologia de projeto para a criação de uma órtese dinâmica de membros superiores para crianças.	As tecnologias Microsoft Kinect e Leap Motion combinadas com jogos foram manipuladas para identificar as habilidades do usuário. Foram realizadas reuniões com especialistas para elaboração das especificações técnicas da órtese.	Diminuição da espasticidade no antebraço, promovendo a extensão ativa do punho contra a tensão remanescente devido aos músculos flexores espásticos.

ZHENG et al., 2019	et Comparar os efeitos de dois tipos de órteses punho-mão na espasticidade dos flexores do punho em pacientes com AVC crônico.	Os pacientes foram aleatoriamente designados para um grupo experimental (terapia de reabilitação convencional + órtese impressa em 3D, 20 pacientes) ou um grupo controle (terapia de reabilitação convencional + órtese de placa termoplástica de baixa temperatura, 20 pacientes). O tempo de uso da órtese foi de cerca de 4 a 8 horas por dia durante seis semanas.	Órteses impressas em 3D foram mais eficazes na redução da espasticidade e do inchaço dos flexores do punho e foi mais benéfica na melhoria da função motora do punho e da amplitude passiva na extensão de punho.
TOTH et al., 2020	Desenvolver uma órtese ativa econômica, personalizada e leve, que fosse conveniente para uso doméstico	Seis pacientes voluntários pós-AVC foram solicitados a testar a funcionalidade com teste de função manual, testes de funcionalidade de vida diária e escala Likert. A análise do movimento foi usada para avaliar a amplitude de movimento na órtese.	Os resultados mostraram maior funcionalidade com o uso da órtese no teste de função manual, a maioria dos testes funcionais diários, também as impressões pessoais globais acessadas pela escala Likert foram positivas.
SANTOR JÚNIOR et al., 2024	et Confeccionar uma órtese biomecânica 3D personalizada para acometimentos de cotovelo ocasionados pelo AVC isquêmico e estabelecer uma relação custo-efetividade.	A presente pesquisa se caracteriza por ser de caráter quantitativa, descritiva, analítica e de corte transversal. A amostra foi composta por 8 que apresentassem o diagnóstico de AVC Isquêmico. Uso de 2 meses do dispositivo criado. Foi realizado um acompanhamento quinzenal com os pacientes.	Ganho de força muscular. O programa de modelagem 3D permitiu rápidas e fáceis modificações em partes pontuais do modelo, o que promoveu o alinhamento do que era objetivado e o resultado do dispositivo.
SCHRANZ et al., 2024	et Avaliar os prós e contras da órtese 3D versus órteses moldadas padrão do ponto de vista do paciente e do médico são discutidos, com avaliação das indicações relacionadas desta tecnologia.	O presente estudo consistiu na criação de talas protetoras por impressão 3D, desenhadas a partir de dados coletados com o scanner de superfície 3D	O uso da impressão 3D para pacientes que sofrem de alodinia evita a dor associada ao contato durante a fabricação de talas convencionais. Houve acordo sobre a possibilidade de reimprimir facilmente uma tala idêntica impressa em 3D. Todos os restantes fatores avaliados, em termos de poupança de tempo, aceitação desta nova tecnologia, higiene, envelhecimento receberam boas classificações

Fonte: os autores

Discussão

Os estudos analisados nesta pesquisa apresentam resultados consistentes que destacam os benefícios do tratamento de pacientes pós-AVC com alterações em membros superiores através do uso de órteses impressas em 3D. As disfunções neurológicas decorrentes da espasticidade determinam mudanças nos padrões motores, fazendo com que o indivíduo tenha sua independência reduzida durante a realização de atividades funcionais que envolvem o membro superior afetado (Brito, 2019), sendo o uso de órteses pode ser uma alternativa de tratamento, visto que são dispositivos que auxiliam nas atividades de vida diária através do auxílio em funções corporais com a proteção do corpo e prevenção e correção de deformidades/alterações (Choo; Boudier-Revéret; Chang, 2020).

A literatura demonstra que a tecnologia de impressão 3D pode ser uma alternativa para a produção de órteses personalizadas de maior qualidade, visto que têm apresentado resultados positivo em ganho de força muscular e adequação às necessidades antropométricas de cada paciente (Santos Júnior et al., 2024). Huang et al. (2019) realizaram um estudo para investigar a recuperação funcional de pacientes com AVC crônico após o uso de um dispositivo manual dinâmico impresso

tridimensionalmente como complemento à condução de uma abordagem orientada de tarefas. Participaram 10 pacientes que foram designados aleatoriamente para o grupo controle, que recebeu somente a abordagem orientada de tarefas, e o grupo experimental, que seguiu também as tarefas, mas fez uso do dispositivo impresso em 3D. O grupo experimental exibiu melhorias significativamente superiores às grupo controle nos testes realizados no início e ao final do tratamento, demonstrando melhora da destreza e força de pinça para indivíduos com acidente vascular cerebral crônico.

Um número significativo de órteses é abandonado devido a fatores como alto custo, peso, complexidade de uso, desconforto e falta de personalização (Thomann; Carvalho, 2019). Embora ofereçam benefícios, as órteses tradicionais, mesmo quando personalizadas, apresentam complicações como lesões cutâneas, mau ajuste, transpiração excessiva devido à falta de respirabilidade, peso elevado, dificuldade de limpeza, volume e impermeabilização deficiente, o que impacta negativamente na adesão e eficácia do tratamento de reabilitação (Out et al., 2021). Em resposta a esses desafios, Thomann e Carvalho (2019) desenvolveram uma metodologia para criar órteses dinâmicas de membros superiores impressas em 3D, utilizando materiais que abordam as principais causas de abandono, como custo, peso, usabilidade, conforto e durabilidade.

Foi realizado um estudo de caso de uma criança hemiplérgica que possuía como principal sintoma a ocorrência de espasticidade nos grupos musculares afetados, sequela recorrente em pacientes pós-AVC, visto que aproximadamente 60% dos pacientes pós-AVC apresentam espasticidade em 1 ano, com 4% gravemente afetados (Duncan; Edgley, 2019). Foram utilizadas realidade virtual e jogos sérios para esclarecer as habilidades do paciente, além da implementação do uso de uma órtese impressa em 3D. Obteve-se como resultado uma redução da tensão, permitindo à criança executar a extensão ativa do punho contra a tensão remanescente devido aos músculos flexores espásticos. De forma simultânea, a órtese alongou os músculos flexores espásticos do punho, resultando numa abordagem eficaz para reduzir a própria espasticidade.

Zheng et al. (2019) compararam os efeitos de dois tipos de órteses punho-mão na espasticidade dos flexores do punho em pacientes com AVC crônico, com um total de 40 pacientes hemiparéticos crônicos com AVC e espasticidade dos flexores do punho participaram do estudo, dos quais 20 participaram do grupo controle somente com terapia de reabilitação convencional e uso de órtese termoplástica de baixa temperatura enquanto os demais pertenceram ao grupo experimental, que usou a órtese impressa em 3D e obteve a terapia de reabilitação convencional. Observou-se que, em comparação com uma órtese de placa termoplástica de baixa temperatura usada no grupo controle, uma órtese impressa em 3D foi mais eficaz na redução da espasticidade e do inchaço dos flexores do punho e foi mais benéfica na melhoria da função motora do punho e da amplitude passiva, além de garantir a extensão do punho em pacientes hemiparéticos com AVC.

O uso diário das órteses durante o tempo necessário proposto pelo profissional da saúde é imprescindível. Diante disso, é imprescindível o uso desses aparelhos em casa. Toth et al. (2019) desenvolveram uma órtese ativa econômica, personalizada e leve, que fosse conveniente para uso diário/doméstico. Obtiveram bons resultados após o uso das órteses pelos 6 pacientes que participaram do projeto. O uso da órtese aumentou a funcionalidade da mão dos voluntários que apresentam paralisia espástica. A órtese possui outros benefícios como: ser silenciosa durante o uso, fácil de montar/manusear e o tempo de uso da órtese pelos pacientes aumentou de forma significativa devido à boa aderência ao aparelho.

Santos Júnior et al. (2024) fizeram uma pesquisa de caráter quantitativa, descritiva, analítica e de corte transversal. Participaram do estudo 8 pacientes com o diagnóstico de AVC isquêmico. O estudo consistiu na confecção, com a tecnologia de impressão 3D, uma órtese biomecânica personalizada para acometimentos de cotovelo ocasionados pelo AVC isquêmico, além de estabelecer uma comparação entre sua eficiência e valor de produção. O uso das órteses após 2 meses favoreceu o ganho de massa muscular, além de possibilitar a adequação às necessidades antropométricas dos voluntários que garantiu um modelo final satisfatório para eles. Esse fator contribuiu para o processo de reabilitação dos pacientes.

A dor central pós-AVC é um subtipo usual de dor pós-AVC e secundária à espasticidade e contraturas, fatores que podem induzir espasmos dolorosos e espontâneos e câibras noturnas que podem danificar músculos e articulações, causando distúrbios severos de sensibilidade do paciente e dificultando o processo de criação de uma órtese de forma convencional (Delpont et al, 2018). Schranz et al. (2024) realizaram um estudo que consistiu na criação de órteses e talas protetoras por impressão 3D, desenhadas a partir de dados coletados com o scanner de superfície 3D para pacientes com

alterações graves de sensibilidade causada pela dor. O estudo obteve como resultado o consenso dos pacientes em termos de conforto ao realizar o escaneamento do braço para a produção da tala. O scanner possibilitou a leitura evitando dores que podem ser geradas através do contato físico com o membro superior do paciente, além de ser um ótimo recurso para a poupança de tempo dos profissionais e do paciente e garantir a obtenção de uma nova tala idêntica à produzida de primeiro momento sem nova consulta.

Conclusão

Nos estudos clínicos dispostos no presente trabalho, concluiu-se que o uso de órteses impressas em tecnologia 3D é um tratamento que proporciona melhoras consideráveis no quadro de pacientes pós-AVC. Os estudos de caso mostraram que houve melhoria em aspectos que são prejudicados pela patologia, como por exemplo força muscular, massa muscular, dores, desconfortos ao fazer e usar próteses convencionais, espasticidade e, principalmente, melhoria da funcionalidade e independência dos pacientes, bem como uma ótima adesão ao tratamento com as órteses 3D. Dessa forma, é importante que a fisioterapia convencional seja associada ao uso de próteses impressas em 3D, visto que a utilização de órteses personalizadas pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a função do membro superior em paciente com o diagnóstico de AVC. Além disso, são necessários mais estudos para o aprofundamento na temática e um melhor entendimento do assunto.

Referências

- BRITO, N.H. M. et al. **Propriedades de medida da escala de contratura articular em membros superiores após acidente vascular encefálico**. Belo Horizonte. 71f. Tese de mestrado (Mestre em Ciências da Reabilitação). Universidade Federal de Minas Gerais. 2019
- CARR, J. H.; SHEPHERD, R. B. Neurological Rehabilitation - Optimizing Motor Performance. 2. ed. Churchill Livingstone, **Elsevier**, v.67, n.2, p. 215-216, 2015.
- CHOO, Y. J; BOUDIER-REVÉRET, M.; CHANG M. C. 3D printing technology applied to orthosis manufacturing: narrative review. **Annals of palliative medicine**, v.9, n.16, p. 4262-4270, 2020.
- 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, v. 76, n. 2, p. 20- 26, 2018.
- COSTA, F. A. DA.; SILVA, D. L. A. DA.; ROCHA, V. M. DA . Severidade clínica e funcionalidade de pacientes hemiplégicos pós-AVC agudo atendidos nos serviços públicos de fisioterapia de Natal (RN). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 1, p. 1341-1348, 2011.
- CRUZ, E. C. **Espasticidade: atualização sobre fisiopatologia e tratamento**. 102f. Tese de Mestrado (Mestre em Medicina – Mestrado integrado). Universidade Beira Interior. 2023
- DEMECO, A., et al. The Upper Limb Orthosis in the Rehabilitation of Stroke Patients: The Role of 3D Printing. **Bioengineering**, v. 10, n. 11, 2023
- DELPONT B., et al. Pain after stroke: Review. **Revue Neurologique**, v.174, n.10, p.671-674, 2018.
- FERREIRA, N. A. G. B. **Design sensorial, uma nova perspectiva da vida: órteses que abordam a temática do design sensorial para um melhor desempenho na reabilitação de pessoas que sofreram avc**. 2013. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

GONÇALVEZ, L. H. **Importância da fisioterapia na qualidade de vida dos pacientes pós acidente vascular cerebral (AVC)**. 2022. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia). Anhanguera Educacional, São José, 2022.

HUANG, TY., et al. Biomechanical Evaluation of Three-Dimensional Printed Dynamic Hand Device for Patients With Chronic Stroke. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 27, n. 6, p. 1246-1252, 2019.

KIM, S. J. Effect of personalized wrist orthosis for wrist pain with three-dimensional scanning and printing technique: A preliminary, randomized, controlled, open-label study. **Sage Journals**, v.42, n.6, p. 636-642, 2018

LUNDY-EKMAN, L. Neurociências: fundamentos para reabilitação. 2a ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**. p.230-285. 2004.

MISSÃO, M. I. **Efeitos da corrente interferencial na funcionalidade do membro superior parético em pacientes após AVC**. 2021. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em fisioterapia). Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Marília, 2021.

ODD, T. A. M., et al. Effectiveness of 3D-printed orthoses for traumatic and chronic hand conditions: A scoping review. **Plos One**, v.16, 2021.

SANTOS JÚNIOR, H. C. F., et al. Análise da custo-efetividade da órtese biomecânica por tecnologia de impressão 3D na reabilitação pós acidente vascular cerebral isquêmico. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 24, n. 2, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.25248/reas.e13811.2024>

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.

PIRES, G. B.; MISSÃO, M. I.; NAVEGA, F. R. F. Efeitos da corrente interferencial na funcionalidade do membro superior parético em paciente após AVC. In: **Anais do XXXI Congresso de Iniciação Científica da Unesp: Agenda 2030 e as Perspectivas da Iniciação Científica da Unesp**. Anais...São Paulo (SP) Plataforma virtual: <https://www.even3.com.br/xxxiiicunesp/>, 2021.

RIBEIRO, L. F. Localização da lesão cerebral em doentes com AVC e relação com espasticidade. 2017. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/104576>

SALAA, F., et al. A feasibility analysis of a 3D customized upper limb orthosis. **Procedia CIRP**, v.110, p. 207-212, 2022.

SCHMITZ, C., et al. Development and Evaluation of a Customized Wrist-Hand Orthosis using 3D Technology for a Child with Cerebral Palsy - A Case Study," **2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)**, Berlin, Germany, 2019, pp. 1476-1479

SCHRANZ, S., et al. 3D printed splint designed by 3D surface scanner for patients with hand allodynia. **Hand surgery and rehabilitation**, v.43, n.2, p.101646, 2024.

THOMANN, G.; CARVALHO, V. A. Personalized upper limb orthosis necessitates variety of tools during the development process: hemiplegic child case study, **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 16, n. 2, p. 188-195, 2021.

ZHENG, Y., et al. Effects of a 3D-printed orthosis compared to a low-temperature thermoplastic plate orthosis on wrist flexor spasticity in chronic hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial. **Clinical Rehabilitation**, v. 34, n. 2, p. 194-204, 2020.