

para o autocuidado, como se a ida a um profissional de saúde fosse descartável.

CONCLUSÃO

As informações transmitidas por profissionais da saúde ao público são consideradas ruins quando comparadas com as informações contidas nas diretrizes clínicas, podendo acarretar na baixa eficácia do sistema de saúde na dor lombar.

REFERÊNCIAS

1. Nielsen M, Jull G, Hodges PW. Information needs of people with low back pain for an online resource: a qualitative study of consumer views. *Disabil Rehabil.* 2014;36(13):1085-91. Doi: [10.3109/09638288.2013.829532](https://doi.org/10.3109/09638288.2013.829532)
2. Maia LB, Silva JP, Souza MB, Henschke N, Oliveira VC. Popular videos related to low back pain on YouTube™ do not reflect current clinical guidelines: a cross-sectional study. *Braz J Phys Ther.* 2021;25(6):803-810. Doi: [10.1016/j.bjpt.2021.06.009](https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2021.06.009)
3. Hornung AL, Rudisill SS, Suleiman RW, Siyaji ZK, Sood S, Siddiqui S, et al. Low back pain: What is the role of YouTube content in patient education? *J Orthop Res.* 2022;40(4):901-908. Doi: [10.1002/jor.25104](https://doi.org/10.1002/jor.25104)
4. Kim JH, Kim HK. Content and quality of YouTube regarding women's health: a scoping review. *Korean J Women Health Nurs.* 2023;29(3):179-189. Doi: [10.4069/kjwhn.2023.08.19](https://doi.org/10.4069/kjwhn.2023.08.19)

Inovação em reabilitação pós acidente vascular cerebral (AVC): órteses personalizadas com uso da manufatura aditiva

Maria Elizete Kunkel¹, Marcele Florêncio das Neves², Letícia Martins Ramos Ortega¹, Beatriz Yumi Omine¹, Thabata Alcântara Ferreira Ganga¹

¹Universidade Federal de São Paulo

²Universidade do Vale do Paraíba

Palavras-chave: Extremidade Superior, Aparelhos Ortopédicos, Acidente Vascular Cerebral

INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma condição neurológica que representa uma das principais causas globais de deficiência adquirida na idade adulta,¹ com 13 milhões de novos casos anualmente.² Os principais problemas de saúde que envolvem AVCs advêm de complicações da síndrome a longo prazo, que afetam a qualidade de vida do indivíduo¹ e se manifestam como sequelas cognitivas, psicológicas e físicas.²

Órteses são dispositivos de tecnologia assistiva comumente aceitos na linha de tratamento clínico e desempenham um papel relevante na reabilitação de membros superiores pós-AVC.³ Entretanto, esses dispositivos são frequentemente abandonados devido ao desconforto associado aos materiais e processos de

fabricação.⁴ Diante desse problema, a tecnologia de manufatura aditiva surge como alternativa viável na fabricação de órteses personalizadas, oferecendo possibilidade de personalização e de explorar diversos materiais e processos.⁵ Apesar do potencial da manufatura aditiva na produção de órteses,⁵ estudos sobre sua aplicação para membro superior em indivíduos pós-AVC são recentes e não há protocolos definidos, o que destaca a necessidade de uma revisão da literatura.

OBJETIVO

Estabelecer uma revisão de escopo da literatura sobre a aplicação da manufatura aditiva na fabricação de órteses de membro superior para indivíduos pós-AVC, com o objetivo de compreender os processos, materiais, finalidade de aplicação e resultados clínicos associados.

MÉTODO

Uma metodologia abrangente de cinco etapas foi adotada para identificar e sintetizar evidências relevantes de estudos em inglês entre 2018 e 2023, publicados em revistas de saúde e tecnologia: 1. Formulação da pergunta de pesquisa: Quais são os processos e materiais de manufatura aditiva mais utilizados em pesquisas de órtese de membro superior pós-AVC, quais são as finalidades de aplicação de cada órtese para cada caso e os resultados dos ensaios clínicos, se realizados; 2. Busca por estudos publicados nas bases de dados ACM Digital Library, Portal Periódico Capes, PubMed, Science@Direct e Scopus. As palavras-chaves utilizadas foram "Stroke, additive manufacturing, upper limb orthosis"; 3. Seleção dos estudos relevantes que respondiam à pergunta de pesquisa; 4. Mapeamento dos estudos selecionados em tipos de órteses: dinâmicas mecânicas, dinâmicas automatizadas e estáticas; 5. Sumarização e relato dos resultados.

RESULTADOS

No total, 10 estudos foram selecionados e analisados, de 2018 a 2023. Todos os anos resultaram em ao menos um artigo, tendo uma crescente de números entre 2022 e 2023 (Quadro 1). Para uma melhor análise, pode-se agrupar as órteses de cada artigo em três tipos: estáticas, dinâmicas mecânicas e dinâmicas automatizadas (Figura 1).

ÓRTESES DINÂMICAS MECÂNICAS

Os dispositivos capazes de fornecer um ajuste ou assistência motora apenas por ação mecânica foram agrupados em órteses dinâmicas mecânicas. Essas órteses prevalecem em quantidade dentre os artigos e são destinadas principalmente para voluntários que possuíam uma função motora debilitada e/ou necessitavam de uma órtese que acompanhasse o grau de correção durante a reabilitação. Tal finalidade é atingida utilizando componentes elásticos, além das partes impressas 3D, como apresentado por Dudley et al., Chang et al., Huber et al., ou até mesmo por partes intercambiáveis como foices apresentado por Chen et al. em seu estudo (Figura 1).

Para a análise clínica, alguns parâmetros eram utilizados como Análise de Amplitude de Movimento e a Escala Modificada de Ashworth (MAS) para avaliar a melhora no final do estudo. Quanto aos testes, eram utilizados, por exemplo, Box and Block Test (BBT), Fugl-Meyer Assessment (FMA), Action Research Arm

Test (ARAT). Cada estudo possuía o seu modo de sessão diária de reabilitação podendo variar de 40 minutos diários ou duas horas durante determinados dias da semana. O resultado clínico em todos os estudos foi similar. A maioria obteve uma melhora na pontuação dos testes e boas escalas no parâmetro, apontando uma melhora na condição motora e na correção do membro. Não apenas isso, a satisfação da órtese como o conforto, estética e higienização tiveram bons indicadores pelos voluntários.

Com exceção de Huber et al., que utilizou termoplástico de poliuretano (TPU) e poliuretano elastomérico (EPU), todos os outros utilizaram o filamento Ácido Lático (PLA) por deposição por extrusão (FDM). Além disso, a maioria (3/5) adquiriu os parâmetros dos membros de cada voluntário medindo manualmente.

ÓRTESES DINÂMICAS AUTOMATIZADAS

O segundo maior grupo de órteses dentro dos estudos selecionados foram de dinâmicas automatizadas, que seguem com a mesma finalidade que a anterior, porém usando componentes elétricos. Hammelef et al. apresenta uma órtese com um sistema que permite uma estimulação elétrica externa acompanhado por um software para a sua configuração e nesse caso apenas a órtese foi feita por impressão 3D com Carbon-Nylon como material.

No caso do Park et al., o motor foi acoplado na parte de baixo da órtese por impressão 3D, com o propósito de torcer um fio e, assim, proporcionar assistência no movimento de agarre do voluntário. Nesse estudo, o filamento utilizado foi TPU. Por último, Thot et al. apresenta uma órtese motorizada auxiliando na espasticidade e na função motora do membro. Os filamentos utilizados foram diferentes nesse grupo, tendo uma variação de Carbon-Nylon, TPU e poliamida (PA). Assim como o processo de manufatura aditiva que além da Deposição por extrusão, foi usada também a Selective Laser Sintering (SLS).

ÓRTESES ESTÁTICAS

Esse grupo totaliza apenas 2 estudos. Para esse caso, o quadro clínico é a espasticidade. Wang et al. (2018) e Zheng et al. (2019) criaram órteses feitas por manufatura aditiva com fecho por Velcro. A análise clínica resultou em uma melhora significativa na amplitude de movimento, tensão muscular e dor.

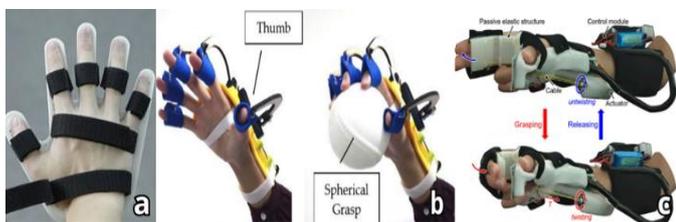


Figura 1. A) Órtese estática; B) Órtese dinâmica mecânica; C) Órtese dinâmica automatizada

DISCUSSÃO

As análises clínicas foram positivas em relação à órtese por manufatura aditiva, independente da finalidade. Fatores como a melhora na dor, no movimento e nas escalas acompanham com os resultados de órteses convencionais. Porém, o pouco tempo de avaliação e pequenos grupos de voluntários são limitações. Apesar do critério de inclusão ser abrangente em muitos estudos, os voluntários sempre possuem características parecidas como idade e grau de severidade pequena nas complicações pós-AVC,

o que pode ser visto como uma limitação também.

Em comparação a órtese convencional. A aparência da órtese 3D, conforto, facilidade de higienização e o uso durante a reabilitação são aspectos favoráveis de acordo com voluntários, graças a personalização que o processo possibilita. No entanto, a técnica exige capacitação do profissional, tempo e recursos como escâner, tratamento de dados, modelagem e impressão 3D. Cada modelo de órtese requer um tipo de treinamento e tempo para adaptação do protótipo, atendendo à funcionalidade e ao conforto para o paciente.

A tecnologia de escaneamento ajuda o desenvolvedor a montar uma órtese personalizada, o que auxilia o paciente a se adaptar melhor. Com a comodidade do paciente em relação à órtese, há diminuição de dores e tensões musculares nos pacientes pós-AVC. A performance durante o uso do protótipo auxilia o paciente a ter uma melhor movimentação dos membros superiores. Mesmo com resultados promissores, ainda são necessárias mais amostras, testes com outros materiais e avaliação do uso das órteses ao longo do tempo.

CONCLUSÃO

Órteses de membro superior fabricadas por manufatura aditiva representam uma perspectiva encorajadora na reabilitação pós-AVC, oferecendo personalização e funcionalidade. A pesquisa indicou que falta a descrição de detalhes na produção das órteses dificultando a criação de protocolos técnicos. Os resultados dos ensaios clínicos, mesmo que limitados e heterogêneos, revelaram perspectivas promissoras da aplicação da manufatura aditiva para produção das órteses e melhoria da qualidade de vida dos pacientes. É sugerido, sobretudo, um foco no desenvolvimento de pesquisas que procurem otimizar os procedimentos, diminuindo o nível técnico necessário nas produções das órteses e a necessidade de equipamentos de custo elevado como escâneres 3D.

REFERÊNCIAS

- Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *Lancet*. 2011;377(9778):1693-702. Doi: [10.1016/S0140-6736\(11\)60325-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60325-5)
- Park CB, Park HS. Portable 3D-printed hand orthosis with spatial stiffness distribution personalized for assisting grasping in daily living. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023;11:895745. Doi: [10.3389/fbioe.2023.895745](https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.895745)
- Healy A, Farmer S, Pandyan A, Chockalingam N. A systematic review of randomised controlled trials assessing effectiveness of prosthetic and orthotic interventions. *PLoS One*. 2018;13(3):e0192094. Doi: [10.1371/journal.pone.0192094](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192094)
- Safaz I, Türk H, Yaşar E, Alaca R, Tok F, TUĞCU İ. Use and abandonment rates of assistive devices/orthoses in patients with stroke. *Gulhane Med J*. 2015;57(2):142-4.
- Chen RK, Jin Y an, Wensman J, Shih A. Additive manufacturing of custom orthoses and prostheses—A review. *Additive manufacturing*. 2016;12(A):77-89. Doi: [10.1016/j.addma.2016.04.002](https://doi.org/10.1016/j.addma.2016.04.002)
- Wang K, Shi Y, He W, Yuan J, Li Y, Pan X, et al. The research on 3D printing fingerboard and the initial application on cerebral stroke patient's hand spasm. *Biomed Eng Online*. 2018;17(1):92. Doi: [10.1186/s12938-018-0522-4](https://doi.org/10.1186/s12938-018-0522-4)

Chen ZH, Yang YL, Lin KW, Sun PC, Chen CS. Functional Assessment of 3D-Printed Multifunction Assistive Hand Device for Chronic Stroke Patients. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2022;30:1261-1266. Doi: [10.1109/TNSRE.2022.3173034](https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3173034)

Quadro 1: Estudos de órteses de membro superior produzidas por manufatura aditiva para indivíduos

Órtese	Fonte	Caso	Aquisição da Geometria	Processo / Material	N/idade média (ano) / tempo pós AVC	Ensaio Clínico
Estática	Wang et al. 2018	Espasticidade	Escâner 3D, Molde de areia	FDM / PLA	18 / 60 / -	Sessões de reabilitação diárias (2h). Avaliação: 3 semanas/3 meses. Redução na dor da mão e tensão muscular. Aprimoramento da força de preensão, amplitude de movimento das juntas da mão e Movimento (Brunnstrom)
	Zheng et al. 2019	Espasticidade	Escâner 3D	SLA / Resina	40 / 55,2 (teste) e 60,3 (controle) / 2 - 3 meses	Reabilitação 40 min/5 vezes/ semana. 20 pacientes com órteses 3D por 6 semanas (4-8h diárias). Pontuação MAS em 3s sem diferença significativa. MAS em 6s com melhores resultados para órteses 3D. Pontuações PRWE, UD, FMA e níveis de inchaço revelaram diferenças significativas entre os grupos
Dinâmica mecânica	Chang et al. 2018	Correção e assistência na função Motora	Escâner 3D	FDM / PLA	1/ 33 / -	Treinamento funcional da mão por 1 mês. Melhora na pontuação FMA
	Dudley et al. 2019	Assistência na função motora neuromuscular	Medidas Antropométricas	FDM / PLA	1 / 67 / 204 meses	Avaliação imediata. Melhoria nas pontuações FMA e BBT. EMG: Aumento na ativação do músculo extensor
	Yang et al. 2021	Assistência na função motora e espasticidade	Medidas Antropométricas	FDM / ABS	30 /44 anos (teste) e 47 (controle) /22,5 meses (teste) 20 (controle)	Sessões reabilitação de 40 min 3 vezes/semana por 6 semanas. 25 voluntários avaliados 1s antes, imediatamente, 3s e 6s depois do uso da tala. Melhoria pontuações, MAS, FMA. Bom feedback de satisfação (conforto e facilidade de uso) e redução do tônus muscular
	Chen et al. 2022	Função motora	Medidas Antropométricas	FDM / PLA	6 / 42 anos / 19,6 meses	Sessões reabilitação de 40min 5 vezes/semana por 4 semanas. Melhoria na pontuação ARAT (Funcionalidade da mão). Aumento significativo na força de preensão e de pinça lateral
	Huber et al. 2023	Correção e assistência na função motora	-	SLS, CLIP e MJP / TPU e EPU	5/ 50 / 38 meses	Sessões de reabilitação não administradas. Não foram observadas diferenças significativas entre as órteses 3D e comerciais (Escala de Likert). Sobre as órteses feitas a partir de manufatura aditiva: quanto maior a dureza do material, menor a força de pinça e pontuação BBT. Órtese comercial apresentou resultados gerais insignificantes e insatisfatórios
Dinâmica motorizada	Thot et al. 2020	Assistência na função motora e espasticidade	Medidas Antropométricas e escâner 3D	FDM e SLS / TPU e PA	6 / 42 / 47 meses	Sessões de reabilitação não administradas. Melhores resultados MFT. Potencial de uso para indivíduos com espasticidade severa. A Órtese apresentou viabilidade prática em atividades do dia a dia. Análise Goniométrica: Variação de performance para diferentes juntas da mão
	Hammelef et al. 2023	Assistência na função motora	Escâner 3D	SLS / Carbon-Nylon	5 / 47 / 7,2 anos	Sessões de reabilitação por 45min 3 vezes/semana por 8 semanas. Melhora clínica significativa (COPM) e na funcionalidade da mão (BBT, ARAT). Pacientes relataram resultados positivos (ABILHAND, PROMIS)
	Park et al. 2023	Assistência na função motora	Escâner 3D	FDM / TPU	10 / 64 / 15 anos	Sem reabilitação. Testes de flexão da mão e de abertura de preensão com alta relação entre a força de pressão e o peso do objeto. Amplitude de Movimento restaurada. Movimento direcional e de garra. Resultados positivos relatados pelos pacientes