



Análise da custo-efetividade da órtese biomecânica por tecnologia de impressão 3D na reabilitação pós acidente vascular cerebral isquêmico

Cost-effectiveness analysis of biomechanical orthosis in post-ischemic stroke rehabilitation

Análisis de coste-efectividad de la órtesis biomecánica en la rehabilitación post-ictus isquémico

Helder Clay Fares dos Santos Júnior¹, Eduarda Randel Guimarães Souza¹, Beatriz Freitas Launé¹, Renata Cunha Silva¹, Fabíola Raquel Tenório Oliveira¹, Jofre Jacob da Silva Freitas¹, Lêda Lima da Silva¹, Smayk Barbosa Sousa¹, Higson Rodrigues Coelho¹, Anderson Bentes de Lima¹

RESUMO

Objetivo: Confeccionar, com a tecnologia de impressão 3D, uma órtese biomecânica personalizada para acometimentos de cotovelo ocasionados pelo AVC isquêmico e estabelecer uma relação custo-efetividade entre sua eficiência e valor de produção. **Métodos:** A presente pesquisa se caracteriza por ser de caráter quantitativa, descritiva, analítica e de corte transversal. A amostra foi composta por 8 pacientes, sendo 3 indivíduos do sexo masculino e 5 do sexo feminino, que apresentassem o diagnóstico de Acidente Vascular Cerebral Isquêmico. O instrumento empregado para obtenção dos modelos de órteses foi a máquina Ultimaker 2+ e o Escore da Medical Research Council (MRC). para a avaliação dos componentes da pesquisa. **Resultados:** Foi perceptível a evolução do ganho de força muscular entre os indivíduos pré e pós o uso da órtese. 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. **Conclusão:** A órtese personalizada e personalizável de assistência dinâmica, por meio da técnica de impressão em 3D, favoreceu o ganho de força muscular e facilitou os ajustes conforme a necessidade do paciente, sendo considerada como mais uma promissora tecnologia de saúde para auxiliar no processo de reabilitação.

Palavras-chave: Reabilitação, Impressão Tridimensional, Tecnologia Assistiva.

ABSTRACT

Objectives: Build, with 3D technology, a customized biomechanical orthosis for elbow injuries caused by ischemic stroke and establish a cost-effectiveness relationship between its efficiency and production value. **Method:** This research is characterized by being quantitative, descriptive, analytical and cross-sectional. The sample consisted of 8 patients, 3 males and 5 females, who had a diagnosis of Ischemic Stroke. The instrument used to obtain the orthoses models was the Ultimaker 2+ machine and the Medical Research Council (MRC) Score. for the evaluation of the research components. **Results:** It was noticeable the evolution of muscle strength gain between individuals before and after the use of the orthosis. **Conclusion:** The personalized and customizable dynamic assistance orthosis, through the 3D printing technique, favored muscle strength gain and facilitated adjustments according to the patient's need, being considered as another promising health technology to assist in the rehabilitation process.

Keywords: Rehabilitation, Three-Dimensional Printing, Assistive Technology.

¹Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém – PA.

RESUMEN

Objetivo: Construir, con tecnología 3D, una órtesis biomecánica a medida para lesiones de codo por ictus isquémico y establecer una relación coste-efectividad entre su eficiencia y valor productivo. **Método:** Esta investigación se caracteriza por ser cuantitativa, descriptiva, analítica y transversal. La muestra estuvo conformada por 8 pacientes, 3 masculinos y 5 femeninos, que tenían diagnóstico de Ictus Isquémico. El instrumento utilizado para obtener los modelos de ortesis fue la máquina Ultimaker 2+ y el Medical Research Council (MRC) Score. para la evaluación de los componentes de la investigación. **Resultados:** Fue notable la evolución de la ganancia de fuerza muscular entre los individuos antes y después del uso de la órtesis. **Conclusión:** La órtesis de asistencia dinámica personalizada y personalizable, a través de la técnica de impresión 3D, favoreció la ganancia de fuerza muscular y facilitó los ajustes según la necesidad del paciente, siendo considerada como otra tecnología sanitaria prometedora para auxiliar en el proceso de rehabilitación.

Palabras clave: Rehabilitación, Impresión Tridimensional, Tecnología de Asistencia.

INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) figura entre as principais causas de morte e incapacidade adquirida a nível mundial, com o Brasil representando a quarta maior taxa de mortes entre os países da América Latina e Caribe, com tendência crescente ao longo dos anos (BRASIL, 2021). Ele se caracteriza por ser uma patologia ocasionada por uma interrupção abrupta da perfusão sanguínea cerebral, devido a obstrução de uma artéria (isquêmico) ou por uma ruptura dos vasos sanguíneos (hemorrágico), podendo ocasionar diversas sequelas aos indivíduos, sendo o primeiro o mais comum entre os dois tipos (SANTOS JUNIOR J, et al., 2020).

No AVC isquêmico, o suprimento de oxigênio e nutrientes para o tecido é suspenso, culminando em danos na região adjacente que variam de acordo com a região lesionada, a qualidade e o tempo para assistência médica e fatores pré-mórbidos (ARAÚJO JP, et al, 2018). Entre os sobreviventes pós AVC, cerca de 90% possuem sequelas e déficits neurológicos sensitivos, motores e/ou cognitivos, como a perda de visão e/ou fala, paresia, confusão mental, perda da força motora e até o coma (ANDERLE P, et al, 2019).

Como consequência, os indivíduos acometidos apresentam limitações nas Atividades de Vida Diária (AVD's), como banho, ato de se vestir, cuidados pessoais, higiene e alimentação, ocasionando a dependência de terceiros e a impossibilidade da realização de certas ocupações, como o trabalho, interferindo na promoção da saúde e participação social do indivíduo (VIANA FP, et al, 2019). Entre as principais sequelas pós AVC, encontra-se a hemiparesia, sendo caracterizada pela paralisia parcial ou fraqueza muscular do hemicorpo contralesional, podendo prejudicar as coordenações motoras fina e grossa, amplitude de movimento, entre outros fatores relacionados (VARGAS IMP e RODRIGUES LP).

Os membros superiores (MMSS) formam uma estrutura anatômica complexa, constituída de braço, antebraço e mão, nos quais proporcionam as movimentações sinérgicas e sincronizadas, responsáveis pelo manuseio de objetos e realização das AVD's (BRANDÃO et al., 2023). Entretanto, caso alguma dessas regiões sejam lesionadas, sua funcionalidade pode ser prejudicada, acarretando distintas sequelas motoras (GOLSHANI K, et al., 2018; RIBAK S, et al., 2018).

Nas sequelas motoras dos membros superiores, Silva SR, et al. (2017) identificaram prejuízos no alcance, apreensão e manipulação de objetos, assim como, diminuição na velocidade e amplitude de movimento decorrentes de alterações no tônus, fraqueza muscular e imobilidade. Devido às limitações supracitadas, é comum que indivíduos acometidos por AVC procurem por serviços de reabilitação para buscar manter, restabelecer e/ou maximizar as funções e habilidades deficitárias, almejando melhorias na sua recuperação, independência funcional e qualidade de vida (TANLAKA E, et al, 2019). As análises das competências, habilidades e limitações que envolvem o desenvolvimento funcional, em conjunto com o histórico de vida do paciente, podem contribuir para o uso de distintos recursos terapêuticos como as Tecnologias assistivas (T.A.). Elas são concebidas como representantes das pesquisas, fabricações, uso de equipamentos, recursos ou

estratégias personalizadas que são empregados para maximizar as habilidades funcionais de indivíduos que apresentem alguma incapacidade, deficiência ou déficit de mobilidade (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019; SMITH RO, et al, 2018).

Essa disciplina pode ser dividida em diversos ramos, dependendo da sua classificação, podendo ser citada a ISO 9999, na qual elenca as classes dos produtos assistivos, sendo classificados como integrantes desta as órteses e próteses, produtos de mobilidade pessoal, lazer, entre outros (BRASIL, 2009; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

As próteses e as órteses são caracterizados como dispositivos terapêuticos complementares que podem ser agregados externamente ao um membro, podendo substituir por completo um segmento do corpo e, conseqüentemente, sua funcionalidade, ou contribuir para melhoria do desempenho funcional das AVD's, respectivamente (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 9999, 2016).

As órteses são largamente utilizadas com o público de lesão medular, objetivando minimizar suas sequelas adquiridas ou congênitas. No entanto, há um leque restrito destes materiais, especialmente no que tange aos dispositivos ortóticos dinâmicos para MMSS, tornando-se limitados para abarcar as demandas funcionais e antropométricas (GRADIM LCC e PAIVA G, 2018).

Em se tratando dessas, elas são colocadas junto a um segmento do corpo (como por exemplo, os membros superiores e inferiores), assegurando uma posição mais adequada e estável e, conseqüentemente, uma melhor função, sendo geralmente produzidos conforme as especificações do paciente, atuando na assistência de atividades cotidianas, como na mobilidade e atividades manuais (escovar os dentes, tomar banho), podendo-se dividir em estáticas (imobilizar ou estabilizar) e dinâmicas (mobilidade controlada) (BERSCH R, 2017).

Sua produção pode ser selecionada e propicia para cada indivíduo, dependendo das suas necessidades, sendo utilizado diferentes materiais, como o comum uso de termoplásticos de baixa temperatura, gesso de paris, couro e neoprene, variando conforme seus atributos. No entanto, pouco destes possuem uma custo-efetividade positiva, apresentando custo elevado à população, dificultando a aquisição e emprego na reabilitação (MORIMOTO SYU, et al, 2021).

Nesse sentido, as tecnologias 3D ou prototipagem rápida (P.R) são capazes de produzir órteses de maior qualidade, menor peso e custo, confortáveis, customizáveis e que preservem a funcionalidade, quando comparadas a outras órteses que são comercializadas pré-moldadas, podendo comprometer a reabilitação do indivíduo. As tecnologias 3D, ou prototipagem rápida, envolvem a digitalização 3D, modelagem 3D e impressão 3D, por meio do emprego de *softwares* específicos que permitem a confecção e desenvolvimento das órteses (MARINHO FD, et al, 2020). Deste modo, o presente estudo teve como objetivo o uso da tecnologia de impressão 3D para a construção e confecção de uma órtese biomecânica personalizada para a reabilitação dos acometimentos de cotovelo, ocasionados pelo Acidente Vascular Cerebral Isquêmico, visando verificar sua efetividade e usabilidade com esse público.

MÉTODOS

Amostra

A presente pesquisa caracteriza-se por ser de caráter quantitativa, descritiva, analítica e de corte transversal. Ela foi realizada em um laboratório de morfofisiologia aplicada à saúde de uma universidade pública em Belém, no estado do Pará, Brasil. Foi aprovada no Comitê de Ética em Pesquisa, tendo número de aprovação CAAE: 48632721.2.0000.5174 e número de parecer: 4.952.053.

Todos os participantes da pesquisa tomaram ciência e assinaram o Termo de consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A amostra foi composta por 8 pacientes, sendo 3 indivíduos do sexo masculino e 5 do sexo feminino, que apresentassem o diagnóstico de Acidente Vascular Cerebral Isquêmico. Os critérios para sua inclusão foram: ter, no mínimo, 6 meses de curso da patologia; apresentar acometimento de cotovelo e mobilidade de 90° a 180° de extensão de cotovelo; ter mais de 18 anos; e ser do município de Belém.

Os critérios utilizados para exclusão da amostragem foram: ter padrão espástico que impeça a mobilidade da articulação do cotovelo; não ser capaz de responder ativamente aos questionamentos dos protocolos; e pacientes acamados. A seleção dos partícipes, aplicação dos protocolos e acompanhamento de uso das órteses foi desenvolvida entre os meses de abril a junho de 2022.

Procedimentos

A Força de preensão Manual (FPM) foi mensurada no membro superior (MMSS), utilizando-se o dinamômetro Jamar® (Enterprises Inc., Irvington, New York, USA), com a empunhadura do aparelho no segundo espaço. Para realização do teste, o participante se manteve sentado em uma cadeira sem apoio de braço, com o ombro em adução, rotação neutra, cotovelo fletido a 90°, antebraço em posição neutra e punho em ligeira extensão (entre 0 a 30°).

O instrumento utilizado para avaliação dos componentes da pesquisa foi o Escore da Medical Research Council (MRC) em sua versão completa. Esse primeiro se caracteriza como um instrumento de avaliação de incapacidades, sendo estas apresentadas por pacientes com dificuldades funcionais derivadas de diversas patologias. O Escore da MRC é usado para mensurar a presença de movimentação e de contração muscular em dado segmento, sendo relativa à observação de 6 grupos musculares: abdutores de ombro, flexores de cotovelo, extensores de punho, flexores de quadril, extensores de joelho e os dorsiflexores do tornozelo bilateralmente. Porém, nessa pesquisa, foram empregadas apenas aqueles voltados aos membros superiores (DE JONGHE B, et al, 2007; PARRY SM, et al, 2015).

A sua estratificação se constrói, a partir da investigação desenvolvida nos componentes expressos acima, e divide-se em: Grau 0 (nenhuma contração visível); Grau 1 (contração visível sem movimento do segmento); Grau 2 (movimento ativo com eliminação da gravidade); Grau 3 (movimento ativo contra a gravidade); Grau 4 (movimento ativo contra a gravidade e resistência); e Grau 5 (força normal) (DE JONGHE B, et al, 2007).

Por fim, para obtenção dos modelos de órteses confeccionados por impressão 3D, utilizou-se a máquina Ultimaker 2+, da marca Ultimaker (Ultimaker USA Inc., Utrecht, Holanda), que é uma impressora de funcionamento do tipo fused filament fabrication (FFF), anteriormente chamado de fused deposition modelling (FDM).

O processamento se dá através da sobreposição de camadas de plástico fundido, que, a partir da sua ordenação e empilhamento, tomam a forma do objeto 3D. Para que haja o posicionamento correto desses fios plásticos é necessária a utilização de um “fatiador”, como o Ultimaker Cura, que irá processar e converter, conforme as variáveis configuradas, o dado objeto 3D e um G-Code (KUMAR N, et al, 2018).

Esse código será analisado pela impressora, e com ele poderá começar a imprimir. O referido código é simples que irá dar instruções à impressora a respeito das coordenadas que ela deve seguir, bem como a quantidade de material a ser depositado, além de certos comandos específicos para a impressora, como número de passos do motor, temperatura da mesa e bico de impressão e velocidade de movimentação (WANG P, et al, 2019).

O instrumento expresso acima também foi utilizado na reavaliação após os 2 meses de uso do dispositivo ortótico. Bem como, foi realizado um acompanhamento quinzenal com os pacientes para verificação do possível surgimento de desconforto, quadro algico, lesão de pele e/ou necessidade de manutenção do equipamento.

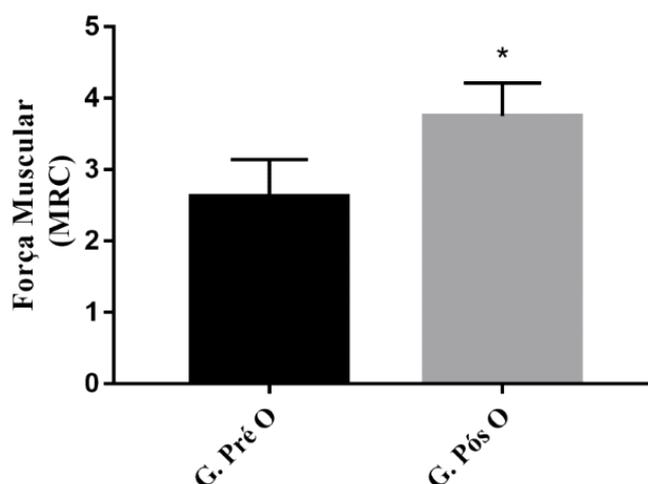
Análise estatística

A análise dos dados foi feita através da análise estatística descritiva das frequências, sendo elas média, mediana e desvio padrão, apresentados pelas pontuações obtidas a partir da aplicação da MIF e do Escore MRC. O teste de normalidade para a amostra apresentada foi feito através do teste Shapiro-wilk e aplicação do teste não paramétrico de Wilcoxon. Foram usados os softwares Statistical Package for Social Science (SPSS), versão 26, para a investigação estatística e o Microsoft Excel 2019 para tabulação dos dados. Para todas as análises foram adotados um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

O resultado de força muscular (**Figura 1**) possibilita a inferência que após o AVC o hemisfério (MSE) apresenta acometimento motor, comparado ao evidente prejuízo no hemisfério esquerdo. Na avaliação, o estado físico entre os grupos aponta igual déficit na força muscular entre o grupo pré uso da órtese (G.PréO) e pós uso da órtese (GPósO). Na alta, os grupos ganharam força muscular. É perceptível a evolução entre o pré uso da órtese (2.62 ± 0.51) e pós uso (3.75 ± 0.46) $p < 0,05$. Onde o p valor encontrava-se na escala de p-valor= 0.0117.

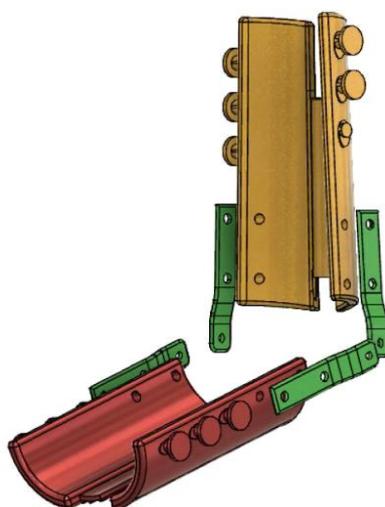
Figura 1 – Comparação da avaliação da força muscular.



Fonte: Santos Júnior HCF, et al., 2023.

Os ganhos auferidos pelo uso das órteses foram adquiridos por meio da distribuição mecânica do dispositivo. A sua disposição espacial (**Figura 2**) permitia o posicionamento de ligas de tração laterais que promoviam maior esforço a musculatura agonista e antagonista envolvida no movimento de extensão do cotovelo. Ou seja, com a acoplagem do sistema de tracionamento, e a diminuição do ângulo de abertura do dispositivo ortótico (de 180° para 90°), requeria que o paciente realizasse tração contrária à posição do equipamento.

Figura 2 – Disposição espacial da órtese.



Fonte: Santos Júnior HCF, et al., 2023.

A promoção do fortalecimento da musculatura agonista do movimento de extensão de cotovelo, representada pelo músculo tríceps braquial, tem papel fundamental para o controle motor do membro superior, visto que o incremento do seu coeficiente de resistência muscular favorece também a realização de movimentação contrária à sua ação principal. Esse caracteriza-se pela flexão do mesmo segmento, onde o tríceps braquial exerce a função de regulagem e controle da ação, impedindo a contração desordenada do bíceps braquial e do braquiorradial, responsáveis por esse movimento.

A construção da órtese foi pensada para esse objetivo, atentando-se aos componentes necessários para a chegada até esse escopo. A modelagem em *software Computer Aided Design (CAD)* foi primordial para tanto, onde eram feitos testes de montagem e de resistência mecânica dos partícipes do projeto (**Figura 3**). A representação expressa por esse construto foi idealizada para montagem otimizada, sendo todas as suas peças facilmente encaixadas e discriminados os seus pontos de posicionamento. Baseado em seu desenho, foi possível proporcionar um guia de montagem que instrui o indivíduo no processo de confecção dele.

Figura 3 – Dispositivo final montado.



Fonte: Santos Júnior HCF, et al., 2023.

Além disso, a obtenção do arquivo denominado de *STereoLithography (STL)* facilita modificações futuras e adequações dimensionais, caso seja necessária à sua utilização com pacientes de distintas características antropométricas. Bem como, pode ter o papel de ser projeto base para futuros incrementos e adequações para uso em diferentes patologias, ou seja, a sua existência é subsídio computacional e instrumental para outras investigações de cunho semelhante.

Outrossim, tratando do aspecto de produção dela, destaca-se que o seu tempo para a chegada ao modelo final foi de 28 h, somando-se preparação do arquivo no programa de fatiamento, impressão (aqui também se coloca as necessidades de reimpressão, caso haja algum problema) e limpeza e montagem. Na última etapa são feitos os testes para verificar a eficácia do dispositivo e o posicionamento de seus materiais adjacentes (parafusos, ligas e hastes). O gasto material final de filamento foi de 360 g de PLA, representando 36% do total de insumo presente em um carretel de 1 quilograma de ácido polilático. Essa quantidade prevê a construção de, pelo menos, 2 modelos completos, onde apresenta um valor bruto de R\$ 46,80 reais, tendo 10% de acréscimo no caso de falhas do processo, totalizando R\$ 51,48 reais.

DISCUSSÃO

A reabilitação do membro superior (MS), após o evento do Acidente Vascular Encefálico Isquêmico, é uma das principais prioridades do paciente e da equipe multiprofissional envolvida no caso, essencialmente quando esse evolui com o quadro de paresia, limitando a sua movimentação e realização de AVD's. Essa preocupação se dá, pois, apenas um terço, dos 80% de indivíduos que apresentam acometimento do MS

posterior ao AVC, recuperam a função desse segmento em sua integridade (THE HONG KONG POLYTECHNIC UNIVERSITY, 2017).

Nesse sentido, a intervenção por meio de diferentes terapêuticas, torna-se essencial para a construção de um plano terapêutico singular capaz de desenvolver o apoio às demandas expostas pela condição do paciente. Como é o caso das órteses de membro superior, como apontam Silveira AT, et al. (2017) que expressam a importância de uso dessas tecnologias na reabilitação dessas pessoas, observando a imprescindibilidade do desenvolvimento e emprego de diferentes modelos e meios de produção para sua concepção.

Assim, frente a isto e aos achados constituídos pela análise estatística e pelos números encontrados com base na avaliação e reavaliação do uso da órtese escopo do presente estudo, verificou-se sua efetividade nas demandas relativas a essa lesão cerebrovascular. Esses especialmente, no que tange às demandas relativas aos acometimentos de cotovelo.

Vide o componente de força muscular analisado através do Escore da MRC, onde se evidenciou o incremento desse aspecto maioria dos sujeitos participantes, sendo fator ímpar no processo reabilitatório. O aumento da quantidade de força, principalmente do membro superior, tem papel inerente ao desempenho das AVD's, onde a sua maximização promove a facilitação de movimentos próprios dessas atividades, bem como realiza a proteção articular dos segmentos.

Como corroborado pelo estudo de Roman NA, et al. (2022), desenvolvido com 48 pacientes após diagnóstico de AVC, onde avaliaram os constituintes musculares expressos no Escore da MRC, evidenciando-se que, concomitante a doença, há redução equivalente do coeficiente de força muscular. Desse modo, o desempenho das AVD's se tornou deficitário, impedindo a realização de tarefas que compõem essas ocupações. Dito isso, o aumento desse percentual também se fez primordial para a melhora clínica dessas pessoas com esses acometimentos. Neste sentido, o uso de meio alternativos para a confecção e seleção destas órteses, onde se destacou nesse estudo o uso da tecnologia tridimensional ou prototipagem rápida, impressão e modelagem 3D, permitiu a fabricação desses dispositivos de forma customizada, adequando as dimensões dele às necessidades e especificidade de cada paciente do estudo, tornando-os mais confortáveis e funcionais, evitando a necessidade de retestes e atrasos no uso (ZADPOOR A e MALDA J, 2017).

Além disso, é possível promover e garantir um melhor custo-benefício para os indivíduos, devido aos materiais a serem utilizados apresentarem baixo custo e o próprio setup de produção não ser tão complexo, contribuindo, da mesma maneira, com a celeridade de fabricação, visto que o dispositivo tem tempo de produção de 28 horas, apresentando números próximos a pesquisa de Zuniga J, et al (2015), que obteve como resultado uma prótese completa com tempo de fabricação próximo a 40 horas.

Ademais, pode-se dizer que os produtos manufaturados com essa tecnologia têm uma resistência a choques mecânicos e suportam altas temperaturas, além de poderem ser biodegradáveis. Estas características vão depender do tipo de filamento utilizado para a impressão, sendo fabricados atualmente com os materiais a base de fibra de carbono, com incremento de madeira e os antivirais, o que promove uma larga usabilidade nos ambientes clínicos de saúde, permitindo a inovação não somente em dispositivos de Tecnologia Assistiva, mas para outros ramos dos sistemas de saúde (NETO AS, 2016; RAJKUMARI K, et al, 2018).

CONCLUSÃO

Este estudo projetou uma órtese personalizada e personalizável de assistência dinâmica, por meio da técnica de impressão em 3D para pacientes que foram acometidos por Acidente Vascular Cerebral Isquêmico, que favoreceu o ganho de força muscular. Ressalta-se que esse incremento, foi alinhado aos estudos mecânicos produzidos para a confecção do dispositivo, sendo passível de adequações e inserções de novos componentes para maior benefício físico integrados ao acionamento do equipamento. Além disso, a customização proporcionada pela técnica empregada, possibilitou a adequação às necessidades e

especificidades antropométricas individuais de cada participante. O modelo da órtese gerado em formato STL facilitou a observância de seus componentes e favoreceu a chegada a um modelo final satisfatório, o que pode contribuir com o processo de reabilitação dos pacientes da amostra do estudo, sendo considerada como mais uma promissora tecnologia de saúde para auxiliar no processo de recuperação funcional nos processos de reabilitação. Por fim, ressalta-se a necessidade de maiores produções de mesmo cunho em âmbito nacional, visto a importância de se manter alinhado às novas perspectivas em saúde, buscando procedimentos inovadores e tecnológicos que possam trazer novas vistas ao estado salutar da população.

REFERÊNCIAS

1. ANDERLE P, et al. Reabilitação pós-AVC: identificação de sinais e sintomas fonoaudiológicos por enfermeiros e médicos da Atenção Primária à Saúde. In: CoDAS. Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, 2019; 31(2).
2. ARAÚJO JP, et al. Tendência da mortalidade por acidente vascular cerebral no Município de Maringá, Paraná entre os anos de 2005 a 2015. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, 2018; 31: 56-62.
3. BERSCH R. Introdução à tecnologia assistiva. 2017. http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf. Acesso em: 10 Setembro 2022.
4. BRANDÃO, MB, et al. Uso da mão de assistência eo desempenho bimanual no autocuidado de crianças com paralisia cerebral unilateral espástica. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2023; 65(3): e1-e8.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Acidente Vascular Cerebral – AVC. 2021 Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/avc-acidente-vascular-cerebral/>. Acesso em: 12 Outubro 2021.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Diretrizes de Atenção à reabilitação da pessoa com Acidente Vascular Cerebral. Ministério da Saúde: Brasília, 2013; 1: 72.
7. BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. Tecnologia Assistiva; CORDE: Brasília, 2009; 138.
8. DE JONGHE B, et al. Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness. *Critical Care Medicine*, 2007; 35: 2007-2015.
9. GOLSHANI K, et al. Upper Extremity Weightlifting Injuries: diagnosis and management. *Journal of Orthopaedics*, 2018; 15(1): 24-27.
10. GRADIM LCC e PAIVA G. Modelos de órteses para membros superiores: uma revisão da literatura. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, 2018; 26: 479-88.
11. International Organization for Standardization 9999. Assistive products for persons with disability: classification and terminology. Genebra, Suíça: International Organization for Standardization. 2016; 6: 19.
12. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa nacional de saúde: 2013: percepção do estado de saúde, estilo de vida e doenças crônicas: Brasil, grandes regiões e unidades federação. IBGE, Coordenação de trabalho e rendimento; IBGE: Rio de Janeiro, 2014; 91110.
13. KUMAR N, et al. The effect of process parameters on tensile behavior of 3D printed flexible parts of ethylene vinyl acetate (EVA). *Journal of Manufacturing Processes*, 2018; 35: 317-26.
14. MARINHO FD, et al. Uso de órtese impressa em 3D e tratamento terapêutico ocupacional na rizartrose. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, 2020; 28: 1151-1164.
15. MORIMOTO SYU, et al. Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, 2021; 29: 1-14.
16. NETO AS. Filamentos para impressão 3D: o que você precisa saber. 2016. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/blog/filamentos-para-impressao-3d/>. Acesso em: 20 Agosto 2022.
17. PARRY SM, et al. A new twotier strength assessment approach to the diagnosis of weakness in intensive care: an observational study. *Critical Care*, 2015; 19: 1-10.
18. RAJKUMARI K, et al. Three-Dimensional PrintingA Revolutionary Technology. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 2018; 12: 12-18.
19. RIBAK S, et al. Epidemiology of Traumatic Injuries of the Upper Limbs in a University Hospital. *Acta Ortopédica Brasileira*, 2018; 26(6): 370-373.
20. ROMAN NA, et al. Customized Manual Muscle Testing for Post-Stroke Upper Extremity Assessment. *Brain Science*, 2022; 12: 1-18.
21. SANTOS JUNIOR J, et al. Associação do polimorfismo do gene CHGA em pacientes com acidente vascular encefálico hemorrágico e/ou aneurisma. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, 2020; 56: 1-6.
22. SILVA SR, et al. Avaliação do membro superior pós-acidente vascular encefálico: correlação das escalas Motor Activity Log, Fugl-Meyer e Medida de Independência Funcional. *Fisioterapia Brasil*, 2017; 18: 734-42.

23. SILVEIRA AT, et al. From the past to the future of therapeutic orthoses for upper limbs rehabilitation. *Research on Biomedical Engineering*, 2017; 34: 368-80.
24. SMITH RO, et al. Assistive technology products: a position paper from the first global research, innovation, and education on assistive technology (GREAT) summit. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 2018; 13: 473-85.
25. TANLAKA E, et al. Inpatient Rehabilitation Care in Alberta: How Much Does Stroke Severity and Timing Matter?. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 2019; 46: 691-701.
26. THE HONG KONG POLYTECHNIC UNIVERSITY. Motor Recovery of the Severely Impaired Paretic Upper Limb after Mirror Therapy in Sub-Acute Stroke; The Hong Kong Polytechnic University: Hong Kong, China, 2017; 140.
27. VARGAS IMP e RODRIGUES LP. Correlação entre espasticidade do membro superior e movimentação da mão no pós-AVC. *Fisioterapia e Pesquisa*, 2022; 29: 29-36.
28. VIANA FP, et al. Medida de independência funcional nas atividades de vida diária em idosos com seqüelas de acidente vascular encefálico no Complexo Gerontológico Sagrada Família de Goiânia. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 2019; 11: 17-28.
29. WANG P, et al. Effects of printing parameters of fused deposition modeling on mechanical properties, surface quality, and microstructure of PEEK, *Journal of Materials Processing Technology*, 2019; 271: 62-74.
30. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global perspectives on assistive technology: Proceedings of the GReAT Consultation 2019. Geneva: World Health Organization, 2019; 2: 540.
31. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global perspectives on assistive technology: Proceedings of the GReAT Consultation 2019. World Health Organization: Geneva, 2019; 2: 570.
32. ZADPOOR A e MALDA J. Additive Manufacturing of Biomaterials, Tissues, and Organ. *Annals of Biomedical Engineering*, 2017; 45: 1-11.
33. ZUNIGA J, et al. Cyborg beast: a low cost 3D-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. *BMC Research Notes*, 2015; 10(8): 1-8.