

## RETENÇÃO DE HABILIDADE MOTORA EM UM PACIENTE DE TRAUMATISMO CRANIOENCEFÁLICO SUBMETIDO A REABILITAÇÃO COM USO DE NEURO-ÓRTESE: UM ESTUDO DE CASO

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.780152404111>

*Data de aceite: 04/11/2024*

**Marcel A. D. Nogueira**

Universidade Estadual do Norte do Paraná

**Heloisa M. Leite**

Universidade Estadual do Norte do Paraná

**Angélica Yumi Sambe**

Universidade Estadual do Norte do Paraná

**Maria Clara A. B. da Silva**

Universidade Estadual do Norte do Paraná

**Bianca C. Braz**

Universidade Estadual do Norte do Paraná

**Camila C. A. Pellizzari**

Universidade Estadual do Norte do Paraná

**Joyce K. M. da Silva**

Universidade Estadual do Norte do Paraná

fundamentais para ajudar a restaurar movimentos ativos em membros paréticos, promovendo benefícios terapêuticos. Este estudo investigou a retenção dos ganhos funcionais obtidos por um paciente com paresia de MS ao utilizar uma neuro-órtese capaz de auxiliar na abertura da mão e extensão de punho. O paciente, um homem de 29 anos com TCE a mais de seis anos, foi avaliado antes, após a última intervenção clínica com o uso da neuro-órtese e novamente após quatro meses da última intervenção, com o objetivo de verificar a retenção dos ganhos obtidos após um período sem intervenção com o uso da neuro-órtese. As avaliações incluíram a Escala de Ashworth Modificada para tônus muscular, teste funcional baseado no Teste de Jebsen-Taylor, consistindo na apreensão e posicionamento de uma garrafa sobre uma plataforma de madeira e a análise do arco de movimento ativo utilizando o software Kinovea. Como resultados foram observados a regressão no arco de movimento ativo de punho e dedos, melhora nos tempos de execução da tarefa dos testes, e a manutenção do tônus muscular. A pesquisa ressalta a importância das tecnologias assistivas na reabilitação motora, indicando a necessidade de intervenções contínuas para manter os resultados.

**RESUMO:** O traumatismo cranioencefálico (TCE) pode causar paresia em membro superior (MS) dificultando nas atividades diárias. Sendo assim, a promoção de habilidades motoras são essenciais para atividades diárias e reabilitação, permitindo recuperação e retenção de competências pela neuroplasticidade. Elas envolvem movimentos repetidos, aprimorados com a prática, sendo possível devido a dispositivos e tecnologias assistivas (TAs) que são

# RETENTION OF MOTOR SKILLS IN A CRANIOBRAIN INJURY PATIENT UNDERGOING REHABILITATION WITH THE USE OF NEURO-ORTHESIS: A CASE STUDY

**ABSTRACT:** Traumatic brain injury (TBI) can cause upper limb (UL) paresis, making daily activities challenging. Thus, promoting motor skills is essential for daily activities and rehabilitation, facilitating recovery and retention of abilities through neuroplasticity. These skills involve repetitive movements that improve with practice and are made possible by assistive technologies (ATs), which are fundamental in helping to restore active movements in paretic limbs and provide therapeutic benefits. This study investigated the retention of functional gains achieved by a patient with MS-related paresis when using a neuro-orthosis capable of assisting hand opening and wrist extension. The patient, a 29-year-old man with a TBI sustained more than six years prior, was evaluated before and after the last clinical intervention using the neuro-orthosis and again four months later, to verify retention of gains obtained in the absence of ongoing neuro-orthosis intervention. Assessments included the Modified Ashworth Scale for muscle tone, a functional test based on the Jebsen-Taylor Test, which involved grasping and placing a bottle on a wooden platform, and analysis of active range of motion using Kinovea software. Results showed regression in the active range of motion of the wrist and fingers, improvement in task execution times, and maintenance of muscle tone. The research underscores the importance of assistive technologies in motor rehabilitation, highlighting the need for continuous interventions to sustain achieved results.

## INTRODUÇÃO

O comprometimento do membro superior (MS) é frequente após lesões no sistema nervoso central (SNC), e muitas pessoas não recuperam totalmente a função desse membro. Déficits motores nos membros superiores decorrentes de lesões cerebrais traumáticas são prevalentes, tornando necessárias terapias eficazes (Pundik *et al.*, 2020).

Tais déficits estão presentes em 30% dos sobreviventes de TCE, com problemas de braço e mão ocorrendo em cerca de 17%, limitando a capacidade de realizar atividades da vida diária (AVD) (Pundik *et al.*, 2020). A paresia, é uma dessas sequelas motoras, em que ocorre uma redução na capacidade de contração de determinados músculos afetados, e assim, dificulta a realização independente das atividades, além de provocarem mudanças na aparência física que afetam diretamente a autoestima (Gane *et al.*, 2018; Wiertel-Krawczuk *et al.*, 2018; Osuagwu *et al.*, 2020). Portanto, intervenções baseadas em atividades esperam maximizar os resultados da reabilitação e aumentar a plasticidade neural adaptativa (Pundik *et al.*, 2020).

As habilidades motoras são essenciais para a vida diária, além de serem importantes para as atividades cotidianas, essas habilidades são cruciais na reabilitação terapêutica, permitindo a transferência de competências para tarefas semelhantes e a recuperação após períodos de inatividade. Portanto, podem ser retidas ao longo da vida, garantindo retenção de longo prazo, processo que está relacionado à neuroplasticidade, facilitada pela prática física (Sampaio *et al.*, 2021). A importância desse fenômeno reside no fato de que, mesmo após longos intervalos sem prática, essas competências podem ser acessadas e reaplicadas, assegurando maior autonomia e funcionalidade (Sampaio *et al.*, 2021).

Sendo assim, as habilidades motoras são frequentemente compostas por uma sequência fixa de movimentos, que são aprendidos por meio de várias sessões de treinamento até que o desempenho motor atinja um platô. Nesse sentido, o processo de aquisição de habilidades motoras é inferido pela capacidade de executar o movimento de forma mais rápida e precisa, o que caracteriza o comportamento habilidoso (Sampaio *et al.*, 2021).

Portanto, a otimização da aquisição e consolidação do aprendizado motor acontece devido a uma relação interdependente entre pelo menos dois sistemas de memória funcional e anatomicamente distintos, a memória explícita, cujo hipocampo é a principal área envolvida no processo, e a memória implícita, cujo córtex motor e cerebelo participam da via de processamento. Conseqüentemente, a ativação simultânea de áreas cerebrais cognitivas e motoras durante o desempenho da habilidade pode estar relacionada a mecanismos de plasticidade cerebral (Sampaio *et al.*, 2021).

Para isso, diversas tecnologias e dispositivos assistivos têm sido desenvolvidos, auxiliando na execução de movimentos ativos que os membros paréticos não conseguem realizar voluntariamente (Rose *et al.*, 2017; Munoz-Novoa *et al.*, 2022). Sendo assim, dispositivos e tecnologias, como as tecnologias assistivas (TAs), que auxiliam na realização de movimentos ativos que não podem mais ser realizados de forma voluntária por membros paréticos, proporcionam efeitos terapêuticos nas funções motoras prejudicadas após uma lesão (Rose *et al.*, 2017).

Entre essas tecnologias estão as TAs mioelétricas, também conhecidas como neuro-órteses, que captam e interpretam sinais mioelétricos de superfície (MES<sub>s</sub>) de forma não invasiva, utilizando a eletromiografia de superfície (EMG<sub>s</sub>) (Hussain *et al.*, 2017; Meeker *et al.*, 2017). Esses dispositivos conseguem ler sinais de unidades musculares específicas, identificar as intenções musculares e, por meio da estimulação elétrica funcional (FES<sub>s</sub>), executar o movimento desejado de forma mais fisiológica (Yoo *et al.*, 2019).

## OBJETIVO

Identificar se houve retenção da reaprendizagem, quanto ao arco de movimento ativo de extensão de punho e dedos (abertura de mão), tempo de realização de tarefa e tônus muscular do membro superior de um paciente que foi submetido à intervenção fisioterapêutica com o uso de uma neuro-órtese de membro superior.

## METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de caso que utiliza informações de um estudo realizado anteriormente com um paciente de traumatismo cranioencefálico (TCE).

O paciente foi recrutado na Clínica de Fisioterapia da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), trata-se de um homem de 29 anos com diagnóstico de TCE há mais de 6 anos após um acidente automobilístico, apresentando hipertonia, clônus e plegia no membro superior direito (MSD). Além disso, realizava tratamento convencional de fisioterapia oferecido pela Clínica Escola da UENP para tratar as demais sequelas do TCE.

O participante assinou o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para a sua participação na pesquisa, sendo este estudo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Anteriormente à presente pesquisa o paciente foi submetido a 22 intervenções fisioterapêuticas, onde foram efetuados testes com o uso de uma neuro-órtese, com média de 3 sessões por semana de 40 minutos aproximadamente. Durante as sessões, o paciente realizava os testes com o uso de neuro-órtese em seu membro superior direito (parético), o auxiliando na extensão de punho e abertura de mão. A neuro-órtese era posicionada manualmente nos músculos extensores de punho do participante, e era conectada via bluetooth em um aplicativo específico no próprio smartphone do participante, com parâmetros de intensidade 15 e tempo de sustentação de contração por 5 segundos.



Figura 1 - Paciente utilizando a neuro-órtese

Antes do início do treinamento e durante, o paciente realizava alongamento ativo dos músculos extensores de punho e dedos no membro superior parético, para melhor rendimento do teste. O treinamento funcional consistiu em um teste em que o paciente sentado em uma cadeira deveria utilizar o membro comprometido para pegar uma garrafa, de 15 centímetros de diâmetro e com 145 gramas de peso, posicionada inicialmente sobre a mesa e então a colocar sobre uma superfície 5 cm mais alta (caixa de madeira), e retornar a mão ao apoio da mesa.

Os testes, realizados ao longo das 22 sessões, foram divididos em 2 partes, sendo eles o teste sem neuro-órtese e teste com neuro-órtese, assim totalizando 6 tentativas totais (3 em cada), sempre buscando realizar o teste o mais rápido possível. Foram considerados para a pesquisa os melhores tempos de realização de tarefas do teste com e sem neuro-órtese, sendo então cronometrado o tempo da realização a partir do momento em que o paciente retirava o braço do repouso e finalizado quando terminava o percurso e retornava o membro ao posicionamento inicial.

Após a última intervenção (22ª intervenção), o paciente foi avaliado (Momento 1), permanecendo 4 meses sem a realização de quaisquer intervenções, sendo então novamente reavaliado (Momento 2) após esse período.

As capacidades funcionais motoras analisadas para essa pesquisa foram: grau de tônus muscular dos músculos flexores de cotovelo e punho direito pela Escala de Ashworth Modificada; a aplicação do teste de funcionalidade com e sem o uso da neuro-órtese, criado pelos próprios pesquisadores, baseado e adaptado conforme um dos itens do Teste de Jebsen-Taylor, em que é cronometrado o tempo de execução da tarefa; assim como a análise do arco do movimento ativo com a neuro-órtese para abertura de mão, em que são realizadas as gravações, e posteriormente feito a verificação pelo software Kinovea®.

Por fim, este estudo compara duas avaliações, sendo elas a última realizada após as intervenções (momento 1), e uma segunda avaliação 4 meses após sem qualquer intervenção (momento 2). Esses dois momentos foram comparados para identificar se houve melhora, manutenção ou perda dos ganhos obtidos com o uso da neuro-órtese, quanto à retenção da aprendizagem após o período sem intervenção com o uso da neuro-órtese.

## RESULTADOS

Após 4 meses sem qualquer intervenção, houve manutenção do tônus da musculatura flexora de punho e dedos (grau 2 da escala Ashworth), diminuição quanto ao arco de movimento ativo de extensão de punho e dedos (abertura de mão) com neuro-órtese, e melhora da execução e tempo na realização do teste de funcionalidade com e sem neuro-órtese.

## ARCO DO MOVIMENTO ATIVO

Quanto ao arco do movimento ativo, foi analisado somente com o uso da neuro-órtese, pois o paciente não era capaz de realizar o movimento de abertura de mão sem o seu uso. No momento 2, houve perda importante do arco de movimento ativo de extensão de punho e dedos (abertura da mão) para 10 graus, quando comparado com o momento 1, quando o paciente apresentava 22 graus.

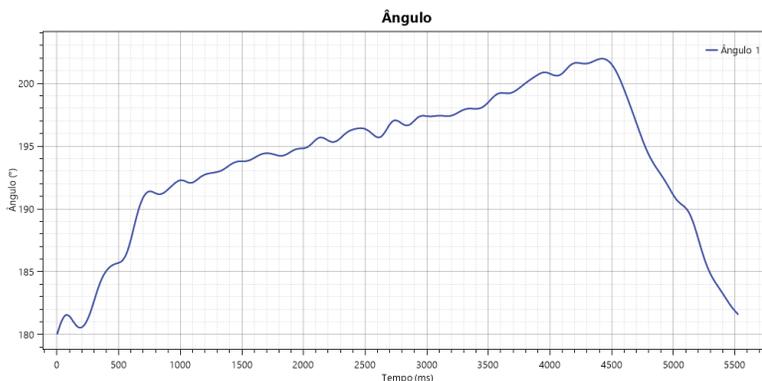


Figura 1 - Amplitude de movimento com neuro-órtese no momento 1

Fonte: Própria

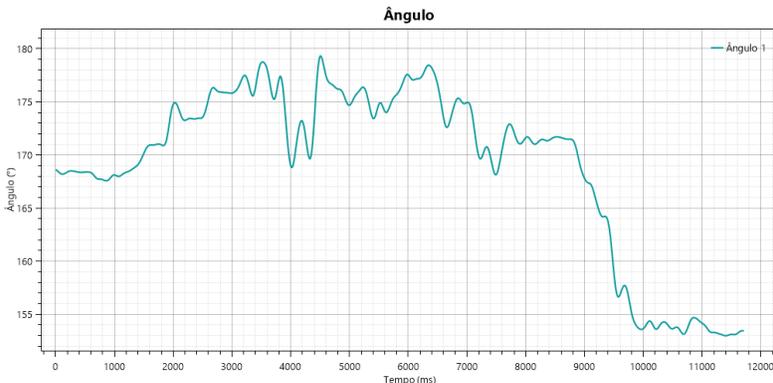


Figura 2 - Amplitude de movimento com neuro-órtese no momento 2

Fonte: Própria

## TEMPO DE REALIZAÇÃO DE TAREFA

No momento 1, o paciente conseguiu realizar o teste Sem Neuro-órtese (TSN) com o tempo de 25 segundos, e o Teste Com Neuro-órtese (TCN) com 16 segundos. No momento 2, conseguiu realizar o TSN com o tempo de 9 segundos, e o TCN com 19 segundos. Analisando os dois momentos, podemos perceber que sem o uso da neuro-órtese o tempo de realização da tarefa diminuiu, enquanto com o uso da neuro-órtese o tempo de realização da tarefa aumentou.

| Tarefa         | Momento avaliado | Data da Sessão | TSN    | TCN    |
|----------------|------------------|----------------|--------|--------|
| Colocar objeto | 1                | 27/10/2023     | 25 seg | 16 seg |
| Colocar objeto | 2                | 08/03/2024     | 9 seg  | 19 seg |

Tabela 1 - Tempo de realização de tarefa

Fonte: Própria

## TÔNUS MUSCULAR

O tônus muscular no momento 1 e 2 foram observados grau 3 para flexores de cotovelo e grau 2 para flexores de punho, demonstrando a manutenção do tônus muscular.

| Momento Avaliado | Data       | Flexores de cotovelo | Flexores de punho |
|------------------|------------|----------------------|-------------------|
| 1                | 27/10/2023 | 3                    | 2                 |
| 2                | 08/03/2024 | 3                    | 2                 |

Tabela 2 - Grau de Tônus muscular pela escala Ashworth

## DISCUSSÃO

Observa-se uma redução no arco de movimento ativo após o tempo de 4 meses sem o uso da neuro-órtese, a qual oferecia não apenas um efeito ortótico, mas também um efeito terapêutico, influenciando assim na capacidade física, fato este, que pode ter contribuído para a redução do arco de movimento, após este período sem sua utilização. De acordo com, Pollock et al., (2014) a reabilitação física favorece a recuperação funcional, podendo ser inclusive a longo prazo. A prática prolongada e frequente de movimentos funcionais, realizada ao longo de um período extenso, tem o potencial de melhorar a função motora, como o arco de movimento ativo (Pundik et al., 2020). Analogamente, a regressão no arco de movimento ativo observada neste paciente, pode ter ocorrido devido à falta dessa prática regular durante o período de pausa.

No estudo de Singh et al., (2021) foi usado um exoesqueleto robótico eletromecânico, que foi desenvolvido internamente para a reabilitação da articulação do punho e da articulação metacarpofalangiana, deste modo, o uso deste recurso mostrou ganhos tanto nos aspectos motores quanto na excitabilidade cortical nos pacientes pós acidente vascular cerebral. Demonstrando assim, que o uso de neuro-órtese trás benefícios motores para o paciente, mas caso haja uma interrupção do tratamento, esses ganhos podem reduzir. Podemos observar então, que a continuidade da fisioterapia e o efeito ortótico é crucial para a recuperação, pois a interrupção pode levar a uma diminuição da mobilidade e da função motora, resultando até em complicações como contraturas musculares e perda de força (Singh *et al.*, 2021).

Por outro lado, o tônus muscular foi capaz de se manter após os 4 meses, demonstrando um resultado positivo alcançado pela terapia com a neuro-órtese, entretanto, estudos como o de Powell et al., (1999) citam que a estimulação elétrica dos extensores do punho, melhora a recuperação da força desses músculos envolvidos em pacientes com lesão cerebral, no entanto, não é claro por quanto tempo as melhorias na incapacidade do membro superior são mantidas após a descontinuação do tratamento com o uso de FES. Além disso, o estudo sistemático realizado por Subramanian et al. (2022) reforça essa lacuna, apontando que, embora alguns estudos tenham mostrado retenção de curto prazo, há uma escassez de pesquisas que documentem a retenção a longo prazo das melhorias motoras. Isso sugere que ainda não se sabe se os efeitos benéficos da estimulação elétrica não invasiva perduram a longo prazo, o que reforça a necessidade de estudos de acompanhamento para avaliar a durabilidade dessas intervenções no longo prazo.

Observa-se que mesmo o participante ficando 4 meses sem qualquer intervenção e sem o uso da neuro-órtese, foi observado uma diminuição do tempo de execução da tarefa, mostrando melhorias no desempenho, que podem ocorrer mesmo sem prática adicional entre as sessões, por meio do fenômeno de “aprendizagem offline” (Dayan et al., 2011), o que explica a melhora no tempo de execução da tarefa observada na habilidade do paciente de pegar e colocar o objeto. Outro fato que pode ter contribuído para a melhora (diminuição) do tempo de execução de tarefa é devido ao tônus que se manteve em grau 2, o qual havia sido obtido após as 22 sessões de fisioterapia convencional associado ao uso da neuro-órtese realizadas anteriormente, influenciando na melhora da executabilidade dos testes realizados. Esse fenômeno também pode estar relacionado ao conceito de consolidação, utilizado na literatura para descrever dois processos distintos, porém interligados: as melhorias de habilidades comportamentais que ocorrem offline, após o término de uma sessão de prática, e a redução da fragilidade de um traço de memória motora (Dayan et al., 2011).

Segundo Robertson et al. (2004), o processo frequente e prolongado de movimentos é essencial para a aquisição de novas habilidades, mas o cérebro continua processando informações mesmo após o término da prática. Após a prática, ocorrem mudanças no cérebro que fortalecem e refinam a nova habilidade, um fenômeno conhecido como neuroplasticidade. Essas mudanças, geralmente agrupadas sob o termo “consolidação”, manifestam-se de duas formas: aprimoramento de habilidades e estabilização de memórias. Estudos de Robertson et al. (2004) e Diekelmann et al. (2010) indicam que a consolidação pode explicar as melhorias de habilidades que ocorrem entre as sessões de prática. Essas melhorias “offline” acontecem sem a necessidade de prática física e, muitas vezes, estão associadas ao sono.

Entre as limitações do estudo, destaca-se a análise dos vídeos realizada pelo software Kinovea, que mostrou falta de precisão na medição do arco de movimento ativo. Também foi notável a carência de estudos com o objetivo de verificar a retenção do tônus muscular, em pacientes com lesão cerebral, demonstrando assim a necessidade de estudos que abordem essa temática.

## CONCLUSÃO

Após quatro meses sem uso de neuro-órtese ou fisioterapia, o paciente apresentou redução no arco de movimento, entretanto manteve o tônus muscular e melhorou o tempo do teste de funcionalidade sem o uso da neuro-órtese, indicando aprendizagem neuromuscular. Com isso, podemos constatar que as tecnologias assistivas, neste caso com o uso da neuro-órtese mioelétrica em combinação com treinamento motor, especialmente no tratamento de membro superior parético, apresentou retenção do tônus e da funcionalidade. Por fim, mais pesquisas são necessárias para explorar o tema e refinar os resultados, a fim de aprimorar ainda mais as intervenções terapêuticas com o uso de neuro-órteses.

## REFERÊNCIA

DAYAN, E.; COHEN, LEONARDO G. Neuroplasticity Subserving Motor Skill Learning. *Neuron*, v. 72, n. 3, p. 443–454, nov. 2011.

DIEKELMANN, Susanne; BORN, Jan. Slow-wave sleep takes the leading role in memory reorganization. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 11, n. 3, p. 218-218, 2010.

GANE, E. M. et al. The impact of musculoskeletal injuries sustained in road traffic crashes on work-related outcomes: a protocol for a systematic review. *Systematic reviews*, v. 7, n. 1, p.1-7, 2018.

HUSSAIN, Irfan et al. Toward wearable supernumerary robotic fingers to compensate missing grasping abilities in hemiparetic upper limb. *The International Journal of Robotics Research*, v.

KARAMIAN, Brian A. et al. The role of electrical stimulation for rehabilitation and regeneration after spinal cord injury. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, v. 23, n. 1, p. 2, 2022.

MILOSEVIC, M. et al. Cortical Re-organization After Traumatic Brain Injury Elicited Using Functional Electrical Stimulation Therapy: A Case Report. *Frontiers in Neuroscience*, v. 15, p. 693861, 2021.

MUNOZ-NOVOA, M. et al. Upper Limb Stroke Rehabilitation Using Surface Electromyography: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 16, p. 897870, 20 maio 2022.

PEIXOTO, Regina Mendonça. Lesões encefálicas: definições, perspectivas e repercussão social. 2015.

POLLOCK, A, Baer G, Campbell P, Choo P, Forster A, Morris J, Pomeroy VM, Langhorne P. Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2014

POWELL, J. et al. Electrical Stimulation of Wrist Extensors in Poststroke Hemiplegia. *Stroke*, v. 30, n. 7, p. 1384–1389, jul. 1999.

PUNDIK, S. et al. Use of a myoelectric upper limb orthosis for rehabilitation of the upper limb in traumatic brain injury: A case report. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, v. 7, p. 205566832092106, jan. 2020.

ROBERTSON, Edwin M.; PASCUAL-LEONE, Alvaro; MIALL, R. Chris. Current concepts in procedural consolidation. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 5, n. 7, p. 576-582, 2004.

ROSE, Chad G.; O'MALLEY, Marcia K. Design of an assistive, glove-based exoskeleton. In: 2017 International Symposium on Wearable Robotics and Rehabilitation (Werob). IEEE, 2017. p.1-2.

SAMPAIO, Adaneuda Silva Britto et al. Neuroplasticity induced by the retention period of a complex motor skill learning in rats. **Behavioural Brain Research**, v. 414, p. 113480, 2021.

SINGH, N; SAINI, M; KUMAR, N; SRIVASTAVA, MVP; MEHNDIRATTA, A. Evidence of neuroplasticity with robotic hand exoskeleton for post-stroke rehabilitation: a randomized controlled trial. **J Neuroeng Rehabil**. 2021.

SUBRAMANIAN, S. K. et al. Upper Limb Motor Improvement after Traumatic Brain Injury: Systematic Review of Interventions. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v. 36, n. 1, p. 17–37, 12 nov. 2021.

WIERTEL-KRAWCZUK, Agnieszka; HUBER, Juliusz. Standard neurophysiological studies and motor evoked potentials in evaluation of traumatic brachial plexus injuries—A brief review of the literature. *Neurologia i neurochirurgia polska*, v. 52, n. 5, p. 549-554, 2018.

YOO, Hyun-Joon et al. Development of 3D-printed myoelectric hand orthosis for patients with spinal cord injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, v. 16, n. 1, p. 1-14, 2019.