



CENTRO UNIVERSITÁRIO IBMR
CURSO DE FISIOTERAPIA

Clara Cavalcanti Pimentel Câmara

Isis D'Amico Wilmer

Mauro dos Santos Corrêa

Renata Ramoa Godinho

**O Exoesqueleto como Recurso Auxiliar no Treino de
Marcha Assistido em Pacientes Acometidos com Lesão
Medular Espinhal**

Rio de Janeiro

2023

Clara Cavalcanti Pimentel Câmara

Isis D'Amico Wilmer

Mauro dos Santos Corrêa

Renata Ramoa Godinho

**O Exoesqueleto como Recurso Auxiliar no Treino de
Marcha Assistido em Pacientes Acometidos com Lesão
Medular Espinhal**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Fisioterapia do Centro Universitário IBMR
como requisito parcial para a obtenção do
título de Bacharel em Fisioterapia.

Orientador: Vinicius Tulher Saraiva

Rio de Janeiro

2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

Clara Cavalcanti Pimentel Câmara

Isis D'Amico Wilmer

Mauro dos Santos Corrêa

Renata Ramoa Godinho

O Exoesqueleto como Recurso Auxiliar no Treino de Marcha Assistido em
Pacientes Acometidos com Lesão Medular Espinhal

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Fisioterapia do Centro Universitário IBMR
como requisito parcial para a obtenção do
título de Bacharel em Fisioterapia.

Aprovado em:

Orientador: Vinicius Tulher Saraiva
Centro Universitário IBMR

Aos nossos familiares: Eliana Almeida Ramôa, Carlos Gomes de Aquino, Jandira Gonçalves de Almeida, Ana Luíza Ramôa da Silva, Carla D'Amico, Luiz Eduardo Coqueiro, Thiago D'Amico, Thadeu D'Amico, Breno Pimentel, Ana Cecilia Cavalcanti, Júlia, Gabriel Sá, Faustina dos Santos Lopes, Mosaniel de Barros Correa, Silvia Gomes.

AGRADECIMENTOS

Ao nosso orientador, Vinicius Tulher Saraiva, pela confiança em nós depositada, pelas críticas e cobranças necessárias para a conclusão deste trabalho.

Aos nossos familiares, amigos e pessoas queridas, pelo apoio.

A todo corpo docente do Centro Universitário IBMR, pelos ensinamentos compartilhados ao longo da graduação e incentivo na busca pelo conhecimento.

“Quando o homem compreende a sua realidade, pode levantar hipóteses sobre o desafio dessa realidade e procurar soluções. Assim, pode transformá-la e o seu trabalho pode criar um mundo próprio, seu Eu e as suas circunstâncias.”

Educação e Mudança 8.ed.

(Paulo Freire, Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983, p.35)

RESUMO

CÂMARA, Clara Cavalcanti Pimentel. WILMER, Isis D'Amico. CORRÊA, Mauro dos Santos. GODINHO, Renata Ramoa. O Exoesqueleto como Recurso Auxiliar no Treino de Marcha Assistido em Pacientes Acometidos com Lesão Medular Espinhal. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia). Centro Universitário IBMR, 2023.

Objetivo: Analisar a eficácia do treinamento de marcha assistido por exoesqueleto na habilidade de deambular em pacientes com lesão medular espinhal.

Metodologia: As buscas foram realizadas nas bases de dados BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), PubMed, EBSCO e SciELO.

Resultados: Foram selecionados 16 estudos para estruturação desta revisão narrativa de literatura.

Conclusão: Conclui-se que os exoesqueletos de membros inferiores são eficazes como recurso no treinamento de marcha. Os pacientes portadores de LME que utilizaram o exoesqueleto durante o treinamento, apresentaram melhora na qualidade, velocidade e independência da marcha, além de melhora no equilíbrio e na força muscular. No entanto, ainda é necessário a realização de novas pesquisas, devido ao fato de não existir muitos estudos sobre o assunto.

Palavras-chaves: Exoesqueleto; Treino de Marcha; Lesão Medular Espinhal; Reabilitação; Equilíbrio; Fisioterapia.

ABSTRACT

CÂMARA, Clara Cavalcanti Pimentel. WILMER, Isis D'Amico. CORRÊA, Mauro dos Santos. GODINHO, Renata Ramoa. The Exoskeleton as an Auxiliary Resource in Assisted Gait Training in Patients Affected with Spinal Cord Injury. Undergraduate Final Project (Bachelor of Physical Therapy). IBMR University Centre, 2023.

Objective: To analyze the effectiveness of exoskeleton-assisted gait training on the ability to walk in patients with spinal cord injury.

Methodology: Searches were carried out in the VHL (Virtual Health Library) PubMed, EBSCO and SciELO databases.

Results: 16 studies were selected to structure this narrative literature review.

Conclusion: It is concluded that lower limb exoskeletons are effective as a resource in gait training. Patients with SCI who used the exoskeleton during training showed improvements in the quality, speed and independence of gait, as well as improvements in balance and muscle strength. However, further research is still needed, due to the fact that there are not many studies on the subject.

Keywords: Exoskeleton; Assisted Gait Training; Spinal Cord Injury; Rehabilitation; Balance; Physical Therapy.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. METODOLOGIA.....	10
3. RESULTADOS.....	11
4. DISCUSSÃO.....	12
4.1 Marcha Humana.....	12
4.2 Equilíbrio Humano.....	13
4.3 Sobre o Exoesqueleto.....	13
4.4 O Exoesqueleto como Recurso Terapêutico.....	15
5. CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS.....	18

1. INTRODUÇÃO

A capacidade de caminhar é essencial para a independência e qualidade de vida. Para pacientes acometidos com Lesão Medular Espinhal (LME), a perda dessa mobilidade e independência é uma das principais prioridades nos tratamentos de reabilitação, que impacta significativamente na sua autonomia.¹ Recuperar a capacidade de ficar em posição ortostática e deambular de forma independente traz inúmeros benefícios à saúde das pessoas acometidas com a LME.² Diante desse desafio, avanços tecnológicos têm proporcionado novas perspectivas para trazer maior funcionalidade para os pacientes, e os exoesqueletos surgem como uma inovadora intervenção no campo da reabilitação.³

Há milênios são utilizados dispositivos de auxílio para a marcha, como bengalas, muletas e órteses, que ofereciam assistência com a deambulação para pessoas com mobilidade limitada nos membros inferiores. O exoesqueleto é uma estrutura externa que aprimora e potencializa os movimentos naturais, sendo utilizado para ganho de força, velocidade e auxílio da marcha, pois possui articulações energizadas.⁴ Essa tecnologia possibilita uma resposta adaptativa aos comandos do usuário, fornecendo assistência, suporte e amplificação significativa aos movimentos funcionais⁵ e promove uma experiência mais natural e integrada para o paciente.

A medula espinhal é uma estrutura composta por feixes e fibras dos axônios, corpos celulares de neurônios e revestida por três meninges, que a protegem. A partir da medula, emergem 31 pares de nervos, que se conectam com todo o corpo; ou seja, é responsável pela condução de impulsos nervosos aferentes e eferentes.⁶ A lesão de medula espinhal (LME) tem como principal causa o trauma direto, como ferimentos com armas de fogo, acidentes de automóveis, quedas, atos de violência, lesões desportivas, entre outras. É uma condição grave que acomete os axônios dos nervos que atravessam a medula espinhal, interrompendo-os, levando à perda das funções motoras e sensitivas abaixo do nível da lesão⁷ o que impacta significativamente sua autonomia. Sua classificação é determinada pela tabela da American Spinal Injury Association⁸, e varia de (A) a (E), sendo (A) lesão motora e sensitiva completa; (B) completa motora e incompleta sensitiva; (C) incompleta motora funcional; (D) incompleta motora não funcional e (E) com funções sensitivas e motoras preservadas.⁹

Este trabalho se propõe a explorar a eficácia do exoesqueleto como adjuvante no treino de marcha assistido em pacientes com LME (Lesão Medular Espinhal). A relevância dessa abordagem reside na busca por estratégias terapêuticas que não apenas mitiguem as limitações impostas por tais condições, mas também estimulem a recuperação funcional e promovam uma participação mais ativa em atividades cotidianas, como caminhar, levantar-se e realizar movimentos básicos; os pacientes podem experimentar uma melhoria significativa na qualidade de vida. Ao examinar criticamente a literatura atual, esta pesquisa visa preencher lacunas, fornecer insights sobre os benefícios e desafios associados ao uso de exoesqueletos nesse contexto específico e, assim, contribuir para a evolução das práticas de reabilitação neurofuncional.

2. METODOLOGIA

2.1 Tipo de Estudo

Revisão Narrativa de Literatura.

2.2 Critérios de Elegibilidade

Os quatro critérios PICO (Patient, Intervention, Comparison, Outcome)¹⁰ foram utilizados: (1) uma população do sexo feminino e masculino acometidos com lesão medular espinhal (LME); (2) abordagens com o uso de exoesqueleto; (3) população acometida com lesão medular espinhal que não utiliza o exoesqueleto como recurso para treino de marcha; (4) avaliando, como desfechos, a melhoria da marcha nesses pacientes.

2.3 Critérios de Seleção

Os critérios de inclusão adotados para a seleção dos estudos foram: (1) estudos originais publicados entre 2014 e 2023; (2) estudos avaliando o treinamento de marcha assistido por exoesqueleto em pacientes com LME; (3) estudos publicados na língua inglesa. Os critérios de exclusão foram: (1) estudos duplicados; (2) estudos

que utilizaram outros recursos que não os citados anteriormente como intervenções principais; (3) estudos de modelos animais.

2.4 Informações da Busca

Os estudos foram recuperados de pesquisa de banco de dados eletrônico e de uma varredura abrangente na lista de referência dos estudos incluídos. A busca foi realizada entre setembro e outubro de 2023 nas seguintes bases de dados: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), PubMed (Medline), EBSCO e SciELO.

2.5 Estratégia de Busca

A estratégia de pesquisa combinou os seguintes termos: “*exoskeleton*”, “*spinal cord injury*”, “*gait*”, “*march training*”; “*balance*”, “*physiotherapy*” ou “*physical therapy*”, com suas devidas traduções para a língua portuguesa.

3. RESULTADOS

Dentre os 50 estudos recuperados na busca nas bases de dados, 16 foram selecionados para a presente revisão após aplicação dos critérios de seleção. Ademais, foram acrescentados 8 artigos para elaboração da introdução.

4. DISCUSSÃO

4.1 Marcha Humana

Segundo Neumann *et al.* (2018), a locomoção humana constitui um importante indicador de qualidade de vida, sendo biomecanicamente caracterizada por movimentos coordenados dos segmentos corporais e pela interação dinâmica de forças internas e externas.¹¹ A marcha humana é resultado de uma complexa interação entre os sistemas sensorial, musculoesquelético, neuromotor e o mínimo consumo de energia metabólica. O padrão de marcha varia de pessoa para pessoa.¹²

A funcionalidade da marcha é avaliada de acordo com a classificação de lesão medular American Spinal Injury Association Impairment Scale (AIS), que tem como objetivo padronizar a documentação cuidadosa da lesão medular espinhal, orientar a avaliação radiográfica e o tratamento e determinar se as lesões são completas ou incompletas. Também avaliamos pela idade e nível de lesão.¹³

O ciclo da marcha é caracterizado pela fase de apoio e balanço, numa velocidade habitual de 80km/hr, estas fases representam 62% (apoio) e 38% (balanço) da marcha. A fase de apoio é o momento em que o pé está em total contato com o solo e pode ser subdividida em primeiro duplo apoio, apoio simples e segundo duplo apoio. Já a fase de balanço é subdividida em balanço inicial, balanço médio e balanço terminal. Os joelhos fletem em dois momentos durante cada ciclo, no contato inicial e durante a fase inicial de balanço. E os tornozelos também se apresentam fletidos em dois momentos, fase final do apoio e fase inicial do contato.¹⁴

Segundo Franzoi *et al.* (2009), há uma correlação do desempenho funcional da marcha com a classificação AIS e com a AIS Extremities Muscle Score (AIS-LEMS), que classifica o índice motor de membro inferiores.¹⁵

Tendo ciência dessas informações, o exoesqueleto que funciona como uma estrutura externa ao corpo humano, utilizada para aumentar força e velocidade do usuário e possuindo articulações energizadas, auxilia também na marcha humana funcional.⁴

4.2 Equilíbrio Humano

O conceito de equilíbrio está associado a ideia de corpo em postura estável e envolve a recepção, planejamento, execução e a integridade das interações sensório-motoras, além da coordenação muscular, para que haja controle do centro de massa (CoG) em relação a base de apoio (BoS).¹⁶⁻¹⁷

O equilíbrio se dá através de informações transportadas pelo sistema de controle postural, que conta com o sistema vestibular, receptores visuais e o sistema sensório-motor. Essas informações sofrem alterações de forma constante, dependendo de posições relativas do corpo, segmentos e a magnitude das forças que atuam sobre isto.¹⁷

Os sistemas relacionados ao controle de equilíbrio, postura e locomoção são organizados de forma a concluir cinco objetivos, são eles: manter o suporte vertical contra a gravidade, manter o CoG dentro da BoS, proporcionar estabilidade adequada a tarefa realizada, controlar a distância do passo e atenuar a transmissão de acelerações para a cabeça, com o intuito de estabilizar o aparelho vestibular e visual. Os objetivos em questão, devem ser atingidos em resposta a deslocamentos inesperados (controle postural reativo) ou em antecipação a mudanças de postura e equilíbrio de forma voluntária (controle postural antecipatório).¹⁸

Tendo em vista isto, caminhar em uma superfície inclinada ou lisa requer postura e adaptações motoras que podem se tornar um grande desafio para indivíduos acometidos com LME.¹⁶

4.3 Sobre o Exoesqueleto

Os exoesqueletos são dispositivos robóticos que permitem que pacientes acometidos com LME que não tenham função ambulatorial presente ou no caso de uma limitação, possam caminhar.¹⁹ Ademais, o recurso de membros inferiores pode fornecer inúmeros benefícios clínicos adicionais para pessoas acometidas com LME, tais como, além da marcha, a possibilidade de subir e descer escadas, tornando-a mais independente. A justificativa para utilização de exoesqueletos na reabilitação está na capacidade de beneficiar os pacientes em relação a melhor controle sobre

seu próprio corpo e ambiente, resultando na melhora dos aspectos motores.²⁰ Alguns autores descrevem como exemplos em seus estudos, os exoesqueletos Lokomat, Ekso-GT e ABLE.¹⁹⁻²⁰⁻²¹

O Lokomat é um dispositivo que pode ser usado em pessoas que possuam algum grau de capacidade ambulatorial, bem como em pacientes que não apresentam função. Esse dispositivo é ajustado de acordo com a particularidade de cada indivíduo e conta com uma esteira, um suporte de peso e uma órtese de marcha para membros inferiores. Estudos mostraram que é possível que indivíduos acometidos com LME motora completa se locomovam mais rápido em um Lokomat (0,63 m/s) do que é atualmente possível com exoesqueletos terrestres.¹⁹

O Ekso-GT é um exoesqueleto para membros inferiores e é equipado com motores elétricos que impulsionam o movimento de quadril e joelhos. O dispositivo conta com uma estrutura para as pernas, articulação passiva do tornozelo, uma plataforma e uma mochila com computador, bateria e controle. O exoesqueleto fica preso ao corpo por tiras fixadas de forma que garanta a estabilidade do paciente. Ademais, também conta com um software Smart-Assist, que permite ao fisioterapeuta definir de forma independente a potência de cada perna, dando o suporte necessário para que o paciente consiga uma marcha mais normalizada.²⁰

O exoesqueleto ABLE é um recurso que conta com uma cinta rígida colocada no tronco, pernas e pés do indivíduo por meio de tiras e suportes. Esse exoesqueleto possui dois motores que auxiliam os movimentos das articulações do joelho e duas articulações passivas não motorizadas do quadril. Com seus motores de joelho, ele auxilia ativamente a pessoa a se levantar, andar e se sentar. Os passos com os movimentos associados do joelho durante a fase de balanço são acionados manualmente pelo terapeuta ou automaticamente pelo indivíduo. No modo automático do passo, o exoesqueleto busca determinar o tempo exato em que o indivíduo deseja dar um passo, detectado como uma mudança na velocidade angular da coxa medida com uma unidade de medida inercial na cinta de perna do exoesqueleto e quando essa mudança de sinal é detectada, um passo é acionado na perna posicionada atrás. O dispositivo tem que ser utilizado com auxílio de bengala, muleta ou andador para estabilidade dos usuários e sempre sob supervisão.²¹

4.4 O Exoesqueleto como Recurso Terapêutico

Fleerkotte *et al.* (2014), em seu artigo sobre os efeitos do treinamento de marcha controlada em pacientes com LME crônica utilizando exoesqueleto, concluíram após estudos com grupo de 10 indivíduos, que o recurso leva melhorias na capacidade e qualidade de caminhar, além de melhora na força muscular. Também ressaltaram que os indivíduos com a caminhada mais lenta, apresentaram maior melhoria em relação a velocidade e distância percorrida. Durante seu estudo com estes pacientes, foram avaliados pré e pós-intervenção, a velocidade de caminhada com o Teste de Caminhada de 10 metros (TC10M), a distância/resistência percorrida com o Teste de Caminhada de 6 Minutos (TC6), a combinação de equilíbrio, velocidade da marcha e transições sentar-levantar com o Timed Up and Go (TUG), a quantidade de assistência durante a deambulação com o Índice de Caminhada para LME II (WISCI-II) e a força muscular com a Pontuação Motora das Extremidades Inferiores (LEMS).²²

Sobre efeitos do treinamento de marcha na esteira, Okawara *et al.* (2019) avaliou 20 pacientes com LME durante 20 sessões com exoesqueleto. Foram utilizadas as escalas de WISCI-II, TC10M, TUG, Escala de Equilíbrio de Berg (EEB), LEMS, Índice de Barthel e Medida de Independência Funcional (MIF), que foram avaliados antes e depois da intervenção. Os resultados foram satisfatórios em relação a TC10M, TUG e EEB após intervenção com uso de exoesqueleto. Diferentemente de Fleerkotte *et. al.*, os autores do estudo concluíram que a melhora na capacidade de locomoção foi mais evidente nos indivíduos com alta capacidade de locomoção, mas não em participantes com baixa capacidade de locomoção.²³

Um estudo mais atual teve como objetivo avaliar a segurança e os efeitos na caminhada com uso de exoesqueleto em pacientes acometidos com LME incompleta há aproximadamente 1 ano. O estudo foi realizado durante 15 sessões, com 23 pacientes divididos em grupo controle (GC) e grupo intervenção (GI) e contava com mobilização analítica, exercícios para fortalecimento de membros inferiores e reeducação da marcha com uso de paralelas. Ao fim do treinamento, foi concluído que esta tecnologia possui uma boa tolerância e tanto o GC, quanto o GI apresentaram melhora na independência da marcha após uso do mesmo. Ademais, foram identificadas melhorias nas escalas funcionais e de marcha (TC10M, TC6, TUG)

e sugere melhora na capacidade de equilíbrio durante a caminhada. Além das citadas anteriormente, também foram utilizadas a LEMS, WISCI-II e Medida de Independência da Medula Espinhal-III (SCIM-III).²⁴

Yildirim, Ones e Goksenoglu (2019), realizaram um estudo com 88 pacientes acometidos com LME e que foram divididos aleatoriamente em dois grupos. O primeiro realizou 16 sessões utilizando o exoesqueleto como recurso auxiliar e o segundo grupo foi submetido ao tratamento convencional com a mesma quantidade de sessões. O treinamento consistia em amplitude de movimento articular, alongamentos, fortalecimento e treinamento de marcha com (grupo robótico) e sem (grupo controle) o exoesqueleto. Após a reavaliação com as escalas da MIF e WISCI-II, foi concluído que houve melhora significativa na marcha em ambos os grupos, porém com mais evidência no grupo robótico do que no grupo controle.²⁵

No estudo realizado por Edwards *et al.* (2022), foram avaliados 25 participantes com LME durante 36 sessões, com treinamento de marcha padrão, treinamento com exoesqueleto ou nenhum treinamento. Em relação a medidas de resultado, obtiveram como desfecho primário a melhora na velocidade de marcha independente do uso de exoesqueleto, avaliado por TC10M. Como desfecho secundário, foi observado uma melhora nos testes TUG, TC6, WISCI-II, porém, diferente de Yildirim, Ones e Goksenoglu, essa melhora não foi considerada significativa.²⁶

5. CONCLUSÃO

Com base na análise dos artigos presentes nesse estudo, conclui-se que os exoesqueletos de membros inferiores são eficazes como recurso no treinamento de marcha e promovem diversos benefícios terapêuticos. Os resultados mostram que os pacientes portadores de LME que utilizaram o exoesqueleto durante o treinamento, apresentaram melhora na qualidade, velocidade e independência da marcha, além de melhora no equilíbrio e na força muscular. Levando em consideração que esse assunto é recente, ainda não se encontram muitos estudos sobre o exoesqueleto como recurso auxiliar na marcha, fazendo-se necessário novas pesquisas, para que assim possam investigar ainda mais os seus benefícios na reabilitação de pacientes com LME.

REFERÊNCIAS

1. WU, C. H. *et al.* The effects of gait training using powers lower limb exoskeleton robot on individuals with complete spinal cord injury. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v.15, n. 1, mar. 2018.
2. RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, A. *et al.* Comparing walking with knee-ankle-foot orthoses and a knee-powered exoskeleton after spinal cord injury: a randomized, crossover clinical trial. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, nov. 2022.
3. FEDERICI, S. *et al.* The effectiveness of powered, active lower limb in neurorehabilitation: A systematic review. **NeuroRehabilitation**, v. 37, n.3, p. 321-340, nov. 2015.
4. POSTOL, N. *et al.* Physiotherapy using a free-standing robotic exoskeleton for patients with spinal cord injury: a feasibility study. **Journal Of Neuroengineering And Rehabilitation**, v. 18, n. 1, dez. 2021.
5. DEL-AMA, A. *et al.* Hybrid gait training with an overground robot for people with incomplete spinal cord injury: a pilot study. **Frontiers in Human Neuroscience**. v. 8, n. 13, p. 298, maio 2014.
6. NOURELDINE, M. H. A.. **Fundamentos de Neuroanatomia: um guia clínico**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019. 548 p.
7. Bennett, J.; M. Das, J.; Emmady P. D.. Spinal Cord Injuries. [Updated 2022 May 11]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 jan. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560721/>
8. American Spinal Injury Association [Internet]. [Homepage] [2010] [citado 2010 jul 05]. Disponível em: <http://www.asia-spinalinjury.org/>.
9. BORGES, A. M. F. *et al.* Percepção das pessoas com lesão medular sobre a sua condição. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 33, n. 3, p. 119-125, set. 2012.
10. SANTOS, C. M. C.; PIMENTA, C. A. M.; NOBRE, M. R. C.. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, n. 3, p. 508-511, jun. 2007.

11. NEUMANN, D. A.. Cinesiologia do Aparelho Musculoesquelético: fundamentos para reabilitação. 3. Ed. **Guanabara Koogan**, 2018. 776 p.
12. SIMONSEN, E. B.. Contributions to the understanding of gait control. **Dan Med J**, v. 61, n. 4, abr. 2014.
13. ROBERTS, T. T.; LEONARD, G. R.; CEPELA, D. J.. Classifications In Brief: american spinal injury association (asia) impairment scale. **Clinical Orthopaedics & Related Research**, v. 475, n. 5, p. 1499-1504, maio 2017.
14. MORAIS FILHO, M. C.; REIS, R. A.; KAWAMURA, C. M.. Avaliação do padrão de movimento dos joelhos e tornozelos durante a maturação da marcha normal. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 23-25, 2010.
15. FRANZOI, A. C. *et al.* Perfil funcional de locomoção em um grupo de pacientes com lesão medular atendidos em um centro de reabilitação. **Coluna/Columna**, v. 8, n. 4, p. 401-407, dez. 2009.
16. DESROSIERS, É.; NADEAU, S.; DUCLOS, C.. Balance during walking on an inclined instrumented pathway following incomplete spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 53, n. 5, p. 387-394, dez. 2014.
17. LEME, G. L. M.; CARVALHO, I. F.; SCHEICHER, M. E. Melhora do equilíbrio postural em mulheres idosas com o uso de informação sensorial adicional. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 24, n. 1, p. 68-73, mar. 2017.
18. MACKINNON, C. D. Sensorimotor anatomy of gait, balance, and falls. **Handbook Of Clinical Neurology**, v. 159, p. 3-26, mar. 2018.
19. VAN SILFHOUT, L. *et al.* Highest ambulatory speed using Lokomat gait training for individuals with a motor-complete spinal cord injury: a clinical pilot study. **Acta Neurochirurgica**, v. 162, n. 4, p. 951-956, dez. 2019.
20. MAGGIO, M. G. *et al.* Body Representation in Patients with Severe Spinal Cord Injury: a pilot study on the promising role of powered exoskeleton for gait training. **Journal Of Personalized Medicine**, v. 12, n. 4, p. 619, abr. 2022.
21. WRIGHT, M. A. *et al.* Multicentric investigation on the safety, feasibility and usability of the ABLE lower-limb robotic exoskeleton for individuals with spinal cord

injury: a framework towards the standardisation of clinical evaluations. **Journal Of Neuroengineering And Rehabilitation**, v. 20, n. 1, p. 1-18, abr. 2023.

22. FLEERKOTTE, B. M. *et al.* The effect of impedance-controlled robotic gait training on walking ability and quality in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: an explorative study. **Journal Of Neuroengineering And Rehabilitation**, v. 11, n. 1, p. 26, mar. 2014.

23. OKAWARA, H. *et al.* Gait ability required to achieve therapeutic effect in gait and balance function with the voluntary driven exoskeleton in patients with chronic spinal cord injury: a clinical study. **Spinal Cord**, v. 58, n. 5, p. 520-527, dez. 2019.

24. GIL-AGUDO, A. *et al.* Exoskeleton-based training improves walking independence in incomplete spinal cord injury patients: results from a randomized controlled trial. **Journal Of Neuroengineering And Rehabilitation**, v. 20, n. 1, mar. 2023.

25. YILDIRIM, Mustafa Aziz; ONES, Kadriye; GOKSENOGLU, Goksen. Early term effects of robotic assisted gait training on ambulation and functional capacity in patients with spinal cord injury. **Turkish Journal Of Medical Sciences**, v. 49, n. 3, p. 838-843, jun. 2019.

26. EDWARDS, D. J. *et al.* Walking improvement in chronic incomplete spinal cord injury with exoskeleton robotic training (WISE): a randomized controlled trial. **Spinal Cord**, v. 60, n. 6, p. 522-532, jan. 2022.