



Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

Licenciatura em Fisioterapia

Projeto de Graduação

Efeitos do treino de marcha robotizada com Lokomat em crianças e adolescentes com Paralisia Cerebral: revisão bibliográfica

Carolina Carosi
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
42687@ufp.edu.pt

Orientador: Mário Esteves
Professor Adjunto
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
estevesm@ufp.edu.pt

Porto, Outubro de 2025

Resumo

Introdução: O treino de marcha com Lokomat é uma das abordagens utilizadas no tratamento de fisioterapia de crianças com paralisia cerebral (PC), mas está pouco difundida na prática clínica. **Objetivo:** verificar os efeitos do treino de marcha assistida com Lokomat em crianças e adolescentes com PC. **Metodologia:** foi realizada uma pesquisa nas bases de dados PubMed, PEDro e Web of Science, em Maio de 2025, para identificar ensaios clínicos com participantes até aos 18 anos que avaliassem o efeito do treino com Lokomat nos parâmetros de marcha. A qualidade metodológica foi avaliada através da escala de PEDro. **Resultados:** Foram incluídos 4 estudos que cumpriam os critérios de inclusão, com qualidade metodológica média de 7. Os estudos evidenciaram melhorias na função motora (marcha, corrida e salto), na resistência (6MWT) e nos parâmetros cinemáticos (mobilidade do joelho e equilíbrio dinâmico). **Conclusão:** O treino de marcha assistida com Lokomat parece ser uma estratégia promissora para a melhorar o potencial de marcha de crianças e adolescentes com PC.

Palavras-chaves: Fisioterapia; Lokomat; Paralisia Cerebral; Pediatria.

Abstract

Introduction: Gait training with Lokomat is a physiotherapy intervention for children with cerebral palsy (CP), but is scarcely used in clinical practice. **Aim:** to verify the effects of Lokomat-assisted gait training in children and adolescents with CP. **Methodology:** A search was conducted in PubMed, PEDro and Web of Science databases in May 2025 to identify clinical trials with participants up to 18 years old that evaluated the effect of Lokomat training on gait parameters. Methodological quality was assessed using the PEDro scale. **Results:** four studies that met the inclusion criteria were included, with a mean methodological quality of 7. The studies showed improvements in motor function (walking, running and jumping), endurance (6MWT) and kinematic parameters (knee mobility and dynamic balance). **Conclusion:** Lokomat-assisted gait training appears to be a promising strategy to enhance the gait potential of children and adolescents with CP.

Keywords: Physiotherapy; Lokomat, Cerebral Palsy, Pediatrics.

1. Introdução

A paralisia cerebral (PC) consiste num “conjunto de alterações permanentes do desenvolvimento postural e do movimento, que provocam limitações funcionais devido a lesões não progressivas que ocorreram no desenvolvimento cerebral do feto ou do bebé” (Rosenbaum et al., 2007). Trata-se da causa mais comum de défices motores na infância, com uma incidência estimada entre 2 e 3 casos por cada 1.000 nados vivos (Sadowska, Sarecka-Hujar & Kopyta., 2020). Os fatores de risco mais frequentemente associados à PC incluem, sobretudo, a prematuridade e o baixo peso ao nascer, a ocorrência de eventos hipóxicos-isquémicos durante a gestação ou no parto, bem como infeções maternas e/ou neonatais (Patel et al., 2020). A PC pode ser classificada nos tipos espástico, atáxico ou disquinético, de acordo com a área cerebral afetada, isto é, córtex, cerebelo ou gânglios da base, respetivamente (Novak et al., 2017). O diagnóstico precoce da PC na primeira infância é fundamental para otimizar os resultados funcionais a longo prazo, permitindo intervenções oportunas (Mendoza-Sengco, Lee Chicoine & Vargus-Adams., 2023). Para tal, a deteção de sinais clínicos motores que impactam o desenvolvimento sensoriomotor, como a inexistência de controlo postural cefálico após os três primeiros meses de vida, rigidez ou hipotonia muscular, padrões de movimento assimétricos e/ou limitações em atividades funcionais como levar as mãos à boca ou rolar, são indicadores importantes de PC (Straathof et al., 2022). Outros sinais comuns incluem alterações sensoriais, cognitivas e de coordenação, que podem comprometer o equilíbrio e a capacidade de marcha, limitando a autonomia e participação social das crianças (Komariah et al., 2024). Neste contexto, a fisioterapia assume um papel fundamental na promoção da independência funcional e melhoria a qualidade de vida das pessoas com PC (Passos et al., 2025). Uma das estratégias que tem vindo a ser amplamente estudada no campo da reabilitação é o treino de marcha robotizada. Este método utiliza dispositivos robóticos, que auxiliam na execução repetida e controlada da marcha, oferecendo um suporte individualizado durante o tratamento (Borggraefe et al., 2010). O principal objetivo desta intervenção é promover a aquisição e melhoria dos padrões motores relacionados com a marcha, estimulando a neuroplasticidade, o controlo postural e o equilíbrio durante a locomoção (Moll et al., 2022). Entre as vantagens deste tipo de treino destacam-se a possibilidade de ajustar os níveis de assistência e resistência conforme a capacidade do indivíduo, de aumentar o tempo de treino ativo e de reduzir do esforço físico do

fisioterapeuta, permitindo um tratamento mais intensivo e prolongado, de acordo com a avaliação prévia de cada paciente (Ammann-Reiffer et al., 2020). Além disso, a marcha robotizada oferece feedback sensorial e visual em tempo real, contribuindo para a motivação e correção dos movimentos durante a sessão (Cortés-Pérez et al., 2022). Um dos sistemas robóticos de marcha mais utilizado nos programas de fisioterapia neuropediátrica é o Lokomat, o qual combina a utilização de ortóteses mecânicas que guiam o movimento dos membros inferiores com um tapete rolante, com suporte do peso corporal (Aurich-Schuler, Grob, van Hedel & Labruyère., 2017). O Lokomat é recomendado para crianças com PC com défices de marcha, especialmente aquelas que apresentam dificuldades em iniciar e manter o padrão de marcha de forma independente e que apresentem controlo postural cefálico, estando contraindicado nos casos que apresentem instabilidade clínica, crises epiléticas não controladas, deformidades ósseas não compensadas, rigidez articular incapacitante ou ausência de colaboração cognitiva mínima (Bayón et al., 2018). Estudos prévios demonstraram melhorias significativas na velocidade e capacidade da marcha, no controlo postural, na simetria do passo e independência funcional de crianças com PC após intervenção com recurso ao Lokomat (Martino Cinnera et al., 2025). Não obstante, na prática clínica a utilização do Lokomat ainda não se encontra totalmente difundida, devido, por um lado, ao custo elevado do equipamento e, por outro lado, devido à inconsistência da sua evidência. De facto, apesar dos potenciais benefícios já relatados, alguns estudos não evidenciaram melhorias significativas na utilização deste tipo de intervenção na população com PC (Lefmann, Russo & Hillier.,2017). Portanto, um estudo de revisão torna-se necessário para sumariar os efeitos do treino de marcha robotizada com Lokomat na população pediátrica com PC.

2. Metodologia

2.1 Estratégias de pesquisa

Foi efetuada uma pesquisa computadorizada intensiva durante o mês de Maio de 2025, nas bases de dados científicas *Pubmed*, *PEдро* e *Web of Science*, de forma a identificar estudos que tivessem investigado os efeitos do treino de marcha robotizado com Lokomat em crianças e adolescentes com PC. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “Lokomat”, “Robotic assisted gait”, “Cerebral Palsy” e “Children”. Foram usados os operadores de busca OR e AND, formando a combinação: (“Lokomat” OR “Robotic

assisted gait”) AND (“Cerebral plasy”) AND (“Children”) para as bases de dados *Pubmed* e *Web of Science*, e a combinação: “Lokomat” AND “children” para a base de dados *PEDro*. Os termos de pesquisa foram estabelecidos de acordo com o método PICO (população alvo, intervenção principal, comparação e outcomes) (Martin, Baker & Harvey., 2010) e a revisão foi organizada segundo a *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses statement* (PRISMA) (Page et al., 2021).

2.2 Critérios de seleção

De acordo com o método PICO, foram selecionados os estudos que apresentassem os seguintes critérios de inclusão: (1) população: crianças e adolescentes com PC; (2) intervenção: treino de marcha robotizado com Lokomat; (3) comparação: grupo controlo (GC); (4) outcomes: parâmetros de marcha. Foram considerados apenas estudos randomizados controlados (RCTs), publicados na língua inglesa e espanhola. Foram excluídos estudos sem livre acesso, com participantes com idade superior a 18 anos ou com diagnóstico diferente de PC, que incluíssem treino de marcha robotizado com outros aparelhos que não o Lokomat ou que envolvessem ambientes de realidade virtual.

2.3 Recolha de dados

Para esta revisão foram retiradas informações referentes aos autores, ao ano de publicação, à amostra, ao protocolo de intervenção, aos parâmetros de avaliação e aos resultados.

2.4. Qualidade metodológica

A qualidade metodológica dos RCTs incluídos na presente revisão foi avaliada através da escala *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*. Esta escala é quantitativa, com um valor máximo de evidência de 10. Os seus critérios são os seguintes: 1- Elegibilidade; 2- Distribuição aleatória; 3- Distribuição cega; 4- Comparação ao nível referência; 5- Sujeitos cegos; 6- Fisioterapeutas cegos; Avaliadores cegos; 8- Seguimento adequado; 9- Intenção de tratamento; 10- Comparações estatísticas inter-grupos; 11- Medidas de precisão e variabilidade (de Morton., 2009).

3. Resultados

3.1 Seleção dos estudos

Após a pesquisa nas bases de dados referidas, e utilizando a conjugação de palavras anteriormente mencionadas, foram encontrados 545 artigos. Destes foram excluídos 370 artigos por não serem elegíveis pelas ferramentas automatizadas e 16 artigos por serem revisões. Por fim, após a leitura do título e *abstract* dos 159, foram excluídos 148, assim como 5 artigos duplicados. Dos restantes 6 estudos, 2 foram excluídos por não serem RCTs, pelo que os restantes 4 estudos foram considerados elegíveis, lidos na totalidade e integrados por cumprirem todos os critérios da presente revisão (Figura 1).

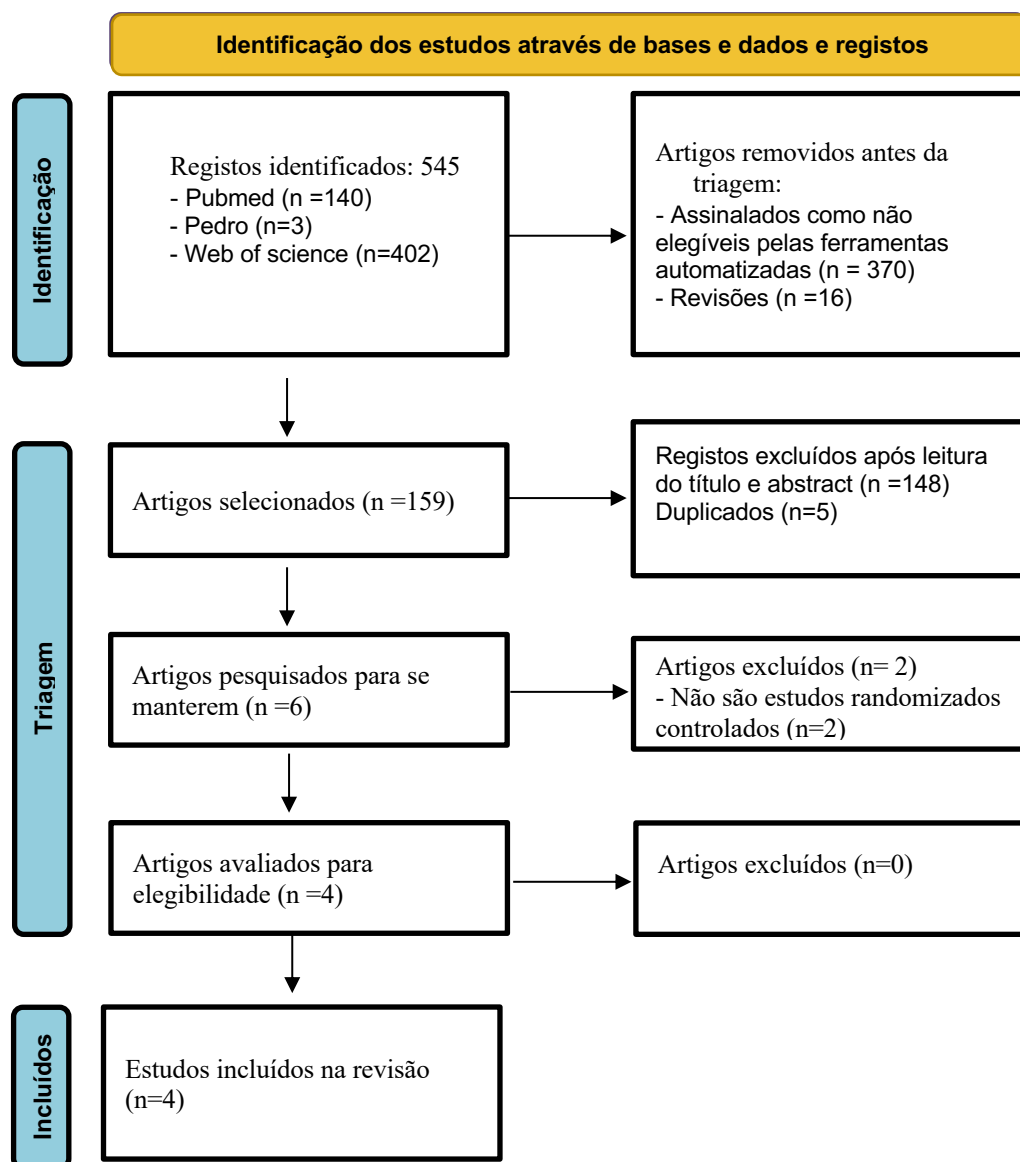


Figura 1. Diagrama de PRISMA do procedimento da revisão.

3.2 Avaliação da qualidade metodológica

Após a análise da qualidade metodológica dos estudos selecionados obteve-se um resultado médio de 7 pontos na escala de *PEDro* (Tabela 1), o que significa qualidade metodológica “boa” (Cashin & McAuley, 2020).

Tabela 1: Qualidade Metodológica dos estudos incluídos de acordo com a escala de *PEDro*.

Autor (ano)	Critérios											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Druzicki et al. (2013)	1	1	N	1	0	0	1	0	1	1	1	6/10
Wallard et al. (2017)	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8/10
Wallard, et al. (2018)	1	1	N	1	0	0	N	1	1	1	1	6/10
Ammann-Reiffèr et al. (2020)	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8/10
Média total												7/10

Legenda: N= não aplicável; 1= válido; 0= não válido

Critérios: 1- Elegibilidade; 2- Distribuição aleatória; 3- Distribuição cega; 4- Comparação ao nível referência; 5- Sujeitos cegos; 6- Fisioterapeutas cegos; Avaliadores cegos; 8- Seguimento adequado; 9- Intenção de tratamento; 10- Comparações estatísticas inter-grupos; 11- Medidas de precisão e variabilidade.

3.3 Descrição dos estudos

Os estudos incluídos nesta revisão apresentaram diferenças na composição e dimensão das amostras. Os trabalhos de Wallard et al. (2017; 2018) envolveram 30 crianças, todas entre os 8 e os 10 anos, classificadas no Gross Motor Function Classification System (GMFCS) como nível II, no estudo de Druzicki et al. (2013) participaram 35 crianças entre os 6 e os 13 anos, nos níveis II-III do GMFCS, enquanto Ammann-Reiffèr et al. (2020) contou com 40 crianças, entre os 6 e os 18 anos, distribuídas pelos níveis II-III do GMFCS. Relativamente aos protocolos implementados, verificou-se diversidade tanto na intensidade como na duração. Wallard et al. (2017; 2018) aplicaram programas intensivos, com cinco sessões semanais de 30 minutos ao longo de quatro semanas, enquanto Druzicki et al. (2013) combinaram 20 sessões de 45 minutos com exercícios

individualizados. Ammann-Reiffer et al. (2020) optaram por sessões semanais de 45 minutos durante cinco semanas. Apesar das diferenças metodológicas, em todos os casos o treino com Lokomat foi complementado com feedback visual e/ou verbal, e frequentemente associado a fisioterapia convencional. Todas estas informações podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2: Resumo dos estudos incluídos na revisão.

Autor/ Data	Objetivo	Amostra	Intervenção/ procedimento	Parâmetros de avaliação	Resultados
Druzicki et al. (2013)	Avaliar os parâmetros de marcha de crianças com PC espástica com predomínio dos MIs submetidos a reabilitação através ortótese ativa Lokomat	N: 35 participantes Idade: 6 aos 13 anos Sexo: 19 masculino e 16 feminino GMFCS: níveis II-III GE: 26 crianças GC: 9 crianças	GE: treino de marcha assistida com Lokomat em passadeira com suporte dinâmico do peso corporal e com feedback visual através de um monitor e feedback verbal do fisioterapeuta + fisioterapia (20 sessões de 45 minutos) GC: fisioterapia (20 sessões de 45 minutos)	- Parâmetros cinemáticos e espaço-temporais da marcha (velocidade, comprimento e largura do passo, fase de apoio simples e duplo apoio): Sistema BTS SMART	Parâmetros cinemáticos: aumento da amplitude de movimento pélvico no plano coronal no GE (p=0.013 vs GC). Parâmetros espaço-temporais: Sem diferenças
Wallard et al. (2017)	Avaliar os efeitos do treino de marcha assistido por Lokomat em crianças com PC espástica, com predomínio nos MIs na cinemática da marcha e na atividade muscular.	N: 30 participantes Idade: 8 aos 10 anos Sexo: 15 masculino e 15 feminino GMFCS: nível II GE: 14 participantes GC: 16 participantes	GE: treino de marcha assistida com Lokomat em passadeira com suporte parcial do peso corporal e com feedback visual através de um monitor + fisioterapia (5 sessões semanais de 30 minutos durante 4 semanas (20 sessões)) GC: fisioterapia (5 sessões semanais de 30 minutos durante 4 semanas (20 sessões))	- Parâmetros cinemáticos da marcha: Sistema Vicon- sistema de avaliação cinemática 3D - Função motora grosseira dimensão E (marcha, corrida, salto) e dimensão D (posição do pé): GMFM-66	Parâmetros cinemáticos da marcha: GE: aumento da amplitude de extensão do joelho na fase de apoio (p=0.008 vs GC) e da flexão do joelho na fase de balanço (p=0.04 vs. GC). GMFM-66: GE: Foram observadas melhorias na dimensão D (p=0.048 vs GC) e na dimensão E (p=0.026 vs GC).
Wallard et al. (2018)	Investigar os efeitos da reabilitação da marcha assistida por Lokomat na cinemática e equilíbrio dinâmico durante a marcha de crianças com	N: 30 participantes Idade: 8 aos 10 anos Sexo: 15 masculino e 15 feminino GMFCS: nível II	GE: treino de marcha assistida com Lokomat em passadeira com suporte parcial do peso corporal e com feedback visual através de um monitor + fisioterapia (5 sessões semanais de 30 minutos	- Parâmetros cinemáticos e espaço-temporais da marcha (velocidade, comprimento do passo, fase de apoio	Parâmetros espaço-temporais: Velocidade: sem diferenças Comprimento do passo: aumento no GE (p<0.05vs GC)

Efeitos do treino de marcha com Lokomat em crianças e adolescentes com Paralisia Cerebral

	PC espástica.	GE: 14 crianças GC: 16 crianças	durante 4 semanas (20 sessões) GC: fisioterapia (5 sessões semanais de 30 minutos durante 4 semanas (20 sessões))	simples e duplo apoio): Vicon-sistema de avaliação cinemática 3D - Força de reação ao solo, padrão de propulsão e equilíbrio dinâmico durante a marcha: Plataforma de força AMTI - Função motora grosseira dimensão E (marcha, corrida, salto) e dimensão D (posição do pé): GMFM-66	Fase de apoio simples: aumento do tempo de apoio simples no GE ($p < 0.05$ vs GC) Fase de duplo apoio: diminuição do tempo de apoio simples no GE ($p < 0.05$ vs GC) Equilíbrio dinâmico durante a marcha: Melhoria no GE ($p = 0.046$ vs GC) GMFM-66: GE: Foram observadas melhorias na dimensão D ($p = 0.037$ vs GC) e na dimensão E ($p = 0.033$ vs GC).
Ammann-Reiffer et al. (2020)	Avaliar se o treino de marcha assistido com Lokomat melhora a marcha de crianças com PC espástica.	N: 40 participantes Idade: 6 aos 18 anos Sexo: 22 masculino e 18 femininos GMFCS: níveis II-III GE: 20 participantes GC: 20 participantes	GE: intervenção com treino de marcha assistida por Lokomat em passadeira com suporte parcial do peso corporal e feedback visual (3 sessões semanais de 45 minutos durante 5 semanas) + fisioterapia habitual GC: fisioterapia habitual	- Função motora: GMFM-88 - Resistência e velocidade da marcha: 6MWT e 10mWT - Parâmetros cinemáticos da marcha: Sistema de análise tridimensional da marcha	GMFM-88: Foram observadas melhorias no GE vs GC na dimensão D ($p = 0.09$) e E ($p = 0.01$) 6MWT: Foram observadas melhorias no GE vs GC ($p = 0.02$). 10mWT: Sem diferenças Parâmetros cinemáticos da marcha: sem diferenças

Legenda: **GMFCS:** Gross Motor Function Classification System; **GE:** Grupo experimental; **GC:** Grupo Controlado; **GMFM:** Gross Motor Function Measure; **6MWT:** Six Minute Walk Test; **10mWT:** Ten Meter Walk Test

4. Discussão

O presente estudo teve como propósito analisar os efeitos da intervenção com Lokomat em crianças e adolescentes com PC, a qual parece ser benéfica em termos da função motora, parâmetros cinemáticos e de atividade muscular, motivação e envolvimento dos participantes. Contrariamente, os estudos incluídos não demonstraram efeitos robustos na velocidade da marcha e nos parâmetros espaço-temporais.

4.1. Função motora

Os resultados referentes à função motora revelam alguma consistência entre os estudos. Tanto Wallard et al. (2017; 2018) como Ammann-Reiffer et al. (2020) evidenciaram melhorias significativas nas dimensões D e E do GMFM, refletindo ganhos na posição do pé, na marcha, corrida e salto. Estes resultados sugerem que o treino com Lokomat pode ter impacto positivo na execução de tarefas funcionais globais. Em contraste, Druzicki et al. (2013) não observaram alterações relevantes nesta dimensão, o que pode estar relacionado com a maior heterogeneidade da amostra e a elevada taxa de abandono, reduzindo o poder estatístico do estudo. Os estudos convergem em demonstrar que o treino robotizado é viável em crianças e adolescentes com diferentes níveis de função motora.

4.2. Parâmetros cinemáticos

A evidência sobre os parâmetros cinemáticos também se mostrou favorável ao treino robotizado, sobretudo nos estudos de Wallard et al. (2017;2018), que relataram aumento da extensão do joelho na fase de apoio e da flexão na fase de balanço, traduzindo maior eficiência mecânica do ciclo de marcha. Para além disso, verificaram-se melhorias no equilíbrio dinâmico e maior consistência nos padrões articulares. Druzicki et al. (2013), pelo contrário, apenas identificaram aumento de mobilidade pélvica no plano frontal, enquanto Ammann-Reiffer et al. (2020) não reportaram diferenças cinemáticas relevantes. Assim, os efeitos do Lokomat nesta dimensão parecem estar associados a protocolos mais intensivos e a amostras mais homogêneas.

4.3. Parâmetros espaço-temporais

Os resultados nesta categoria são os menos consistentes entre os estudos. Druzicki et al. (2013) não observaram alterações significativas na velocidade, comprimento do passo ou fases de apoio após intervenção com Lokomat. Em oposição, embora Wallard et al. (2018) não tenha observado diferenças entre grupos quanto à velocidade da marcha, registraram ganhos claros, nomeadamente no aumento do comprimento do passo e ajustes na distribuição das fases de apoio simples e duplo apoio, indicando uma maior estabilidade e eficiência no padrão temporal da marcha. Esta discrepância pode ser explicada tanto pelas diferenças metodológicas entre os protocolos como pelo perfil funcional das amostras. Ammann-Reiffer et al. (2020) e Wallard et al. (2017), não avaliaram este parâmetro, limitando a comparação transversal entre os estudos.

4.4. Resistência da marcha

A resistência foi avaliada exclusivamente por Ammann-Reiffer et al. (2020), através do *6 minute walk test* (6MWT), tendo sido registadas melhorias significativas na distância percorrida no grupo experimental. Este resultado sugere que o treino com Lokomat favoreceu sobretudo a endurance locomotora, permitindo às crianças manter a marcha por períodos mais longos e com menor fadiga. Os restantes estudos não avaliaram este parâmetro, o que impossibilita uma comparação mais abrangente.

4.5. Velocidade da marcha

A velocidade da marcha foi investigada no estudo de Ammann-Reiffer et al. (2020) através do 10mWT, mas não se verificaram alterações estatisticamente significativas. Também Druzicki et al. (2013), ao analisarem a velocidade como parâmetro espaço-temporal, não encontraram diferenças entre grupos. Estes dados sugerem que, apesar de promover melhorias na resistência e no padrão cinemático, o treino robotizado não parece ter impacto sobre a velocidade de deambulação em percursos curtos.

4.7. Limitações e sugestões para estudos futuros

A heterogeneidade nas características da amostra, embora seja uma realidade clínica da PC, constituiu uma limitação transversal, porque a gravidade e o perfil motor dos participantes diferiram substancialmente entre estudos. Relativamente aos protocolos de intervenção, embora pareça que maior frequência e intensidade podem estar associadas a

efeitos mais consistentes, a ausência de protocolos estandardizados dificultou a determinação da “dose” ideal de intervenção. Assim, embora o treino de marcha robotizado com Lokomat se mostre uma ferramenta promissora para a reabilitação de crianças e adolescentes com paralisia cerebral, a evidência atual permanece limitada e inconclusiva em certos domínios. Torna-se, portanto, necessário investir em estudos futuros com amostras mais alargadas, metodologias rigorosas e protocolos estandardizados, que permitam clarificar de forma mais sólida os efeitos desta intervenção. Só desta forma será possível consolidar a utilização do Lokomat como recurso complementar na prática clínica, maximizando os benefícios funcionais e a qualidade de vida das crianças com paralisia cerebral.

5. Conclusão

Dos quatro ensaios clínicos randomizados incluídos na presente revisão, emergem resultados encorajadores, ainda que não totalmente consistentes. Os estudos incluídos apontam para melhorias relevantes na função motora, particularmente nas dimensões relacionadas com a marcha, corrida e salto, bem como ganhos na resistência, evidenciados pelo aumento da distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos. Também foram observadas alterações positivas em alguns parâmetros cinemáticos, sobretudo na mobilidade articular do joelho e na coordenação do movimento, sugerindo benefícios na eficiência do padrão de marcha. Contudo, os resultados relativos aos parâmetros espaço-temporais e à velocidade de deslocação não foram conclusivos. Como tal, o treino de marcha assistida com Lokomat revela-se uma intervenção promissora na população pediátrica com PC, mas a diversidade metodológica e a escassez de estudos diminuem a robustez dos resultados encontrados.

6. Bibliografia

Ammann-Reiffer, C., Bastiaenen, C. H. G., Meyer-Heim, A. D., & van Hedel, H. J. A. (2020). Lessons learned from conducting a pragmatic, randomized, crossover trial on robot-assisted gait training in children with cerebral palsy (PeLoGAIT). *Journal of pediatric rehabilitation medicine*, *13*(2), 137–148. <https://doi.org/10.3233/PRM-190614>

Aurich-Schuler, T., Grob, F., van Hedel, H. J. A., & Labruyère, R. (2017). Can Lokomat therapy with children and adolescents be improved? An adaptive clinical pilot trial comparing Guidance force, Path control, and FreeD. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *14*(1), 76. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0287-1>

Bayón, C., Martín-Lorenzo, T., Moral-Saiz, B., Ramírez, Ó., Pérez-Somarriba, Á., Lerma-Lara, S., Martínez, I., & Rocon, E. (2018). A robot-based gait training therapy for pediatric population with cerebral palsy: goal setting, proposal and preliminary clinical implementation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *15*(1), 69. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0412-9>

Borggraefe, I., Schaefer, J. S., Klaiber, M., Dabrowski, E., Ammann-Reiffer, C., Knecht, B., Berweck, S., Heinen, F., & Meyer-Heim, A. (2010). Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society*, *14*(6), 496–502. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2010.01.002>

Cashin, A. G., & McAuley, J. H. (2020). Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *Journal of physiotherapy*, *66*(1), 59. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.08.005>

Cortés-Pérez, I., González-González, N., Peinado-Rubia, A. B., Nieto-Escamez, F. A., Obrero-Gaitán, E., & García-López, H. (2022). Efficacy of Robot-Assisted Gait Therapy Compared to Conventional Therapy or Treadmill Training in Children with Cerebral

Palsy: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(24), 9910. <https://doi.org/10.3390/s22249910>

de Morton N. A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *The Australian journal of physiotherapy*, 55(2), 129–133. [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(09\)70043-1](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(09)70043-1)

Družbicki, M., Rusek, W., Snela, S., Dudek, J., Szczepanik, M., Zak, E., Durmala, J., Czernuszenko, A., Bonikowski, M., & Sobota, G. (2013). Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. *Journal of rehabilitation medicine*, 45(4), 358–363. <https://doi.org/10.2340/16501977-1114>

Komariah, M., Amirah, S., Abdurrahman, M. F., Handimulya, M. F. S., Platini, H., Maulana, S., Nugrahani, A. D., Mulyana, A. M., Qadous, S. G., Mediani, H. S., & Mago, A. (2024). Effectivity of Virtual Reality to Improve Balance, Motor Function, Activities of Daily Living, and Upper Limb Function in Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Therapeutics and clinical risk management*, 20, 95–109. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S432249>

Lefmann, S., Russo, R., & Hillier, S. (2017). The effectiveness of robotic-assisted gait training for paediatric gait disorders: systematic review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0214-x>

Martin, L., Baker, R., & Harvey, A. (2010). A systematic review of common physiotherapy interventions in school-aged children with cerebral palsy. *Physical & occupational therapy in pediatrics*, 30(4), 294–312. <https://doi.org/10.3109/01942638.2010.500581>

Martino Cinnera, A., Ciancarelli, I., Paolucci, T., Merla, A., et al. (2025). Evaluation of the effectiveness of Lokomat® robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: A systematic review. *Neurorehabilitation*. <https://doi.org/10.1177/10538135241296010>

Mendoza-Sengco, P., Lee Chicoine, C., & Vargus-Adams, J. (2023). Early Cerebral Palsy Detection and Intervention. *Pediatric clinics of North America*, 70(3), 385–398. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2023.01.014>

Moll, F., Kessel, A., Bonetto, A., Stresow, J., Herten, M., Dudda, M., & Adermann, J. (2022). Use of Robot-Assisted Gait Training in Pediatric Patients with Cerebral Palsy in an Inpatient Setting-A Randomized Controlled Trial. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(24), 9946. <https://doi.org/10.3390/s22249946>

Novak, I., Morgan, C., Adde, L., Blackman, J., Boyd, R. N., Brunstrom-Hernandez, J., Cioni, G., Damiano, D., Darrach, J., Eliasson, A. C., de Vries, L. S., Einspieler, C., Fahey, M., Fehlings, D., Ferriero, D. M., Fetters, L., Fiori, S., Forssberg, H., Gordon, A. M., Greaves, S., ... Badawi, N. (2017). Early, Accurate Diagnosis and Early Intervention in Cerebral Palsy: Advances in Diagnosis and Treatment. *JAMA pediatrics*, 171(9), 897–907. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.1689>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Passos, A. A., Santos, F. O. A., Arida, R. M., Brogin, J. A. F., Faber, J., López-Ortiz, C., & Teixeira-Machado, L. (2025). Enhancing quality of life in individuals with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis of physiotherapy interventions. *Disability and rehabilitation*, 1–23. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/09638288.2024.2443040>

Patel, D. R., Neelakantan, M., Pandher, K., & Merrick, J. (2020). Cerebral palsy in children: a clinical overview. *Translational pediatrics*, 9(Suppl 1), S125–S135. <https://doi.org/10.21037/tp.2020.01.01>

Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., Dan, B., & Jacobsson, B. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental medicine and child neurology. Supplement, 109*, 8–14.

Sadowska, M., Sarecka-Hujar, B., & Kopyta, I. (2020). Cerebral Palsy: Current Opinions on Definition, Epidemiology, Risk Factors, Classification and Treatment Options. *Neuropsychiatric disease and treatment, 16*, 1505–1518. <https://doi.org/10.2147/NDT.S235165>

Straathof, E. J. M., Hamer, E. G., Hensens, K. J., La Bastide-van Gemert, S., Heineman, K. R., & Hadders-Algra, M. (2022). Development of muscle tone impairments in high-risk infants: Associations with cerebral palsy and cystic periventricular leukomalacia. *European journal of paediatric neurology: EJPN: official journal of the European Paediatric Neurology Society, 37*, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2021.12.015>

Wallard, L., Dietrich, G., Kerlirzin, Y., & Bredin, J. (2017). Robotic-assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy. *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society, 21*(3), 557–564. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2017.01.012>

Wallard, L., Dietrich, G., Kerlirzin, Y., & Bredin, J. (2018). Effect of robotic-assisted gait rehabilitation on dynamic equilibrium control in the gait of children with cerebral palsy. *Gait & posture, 60*, 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.11.007>