

A AÇÃO DA ROBÓTICA NO TREINO DE MARCHA PARA PACIENTES PÓS ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL

Gabriel Santana Dutra¹, João Victor Caldeiras da Silva¹, Fernanda Dantas Herdade¹, Fábio Augusto d'Alegria Tuza², Paulo Henrique de Moura², Walter Cascardo Carneiro³, Elaine Aparecida Pedrozo de Azevedo², Cláudio Elídio Almeida Portella²

1. Discente do Curso de Graduação em Fisioterapia da Universidade Iguaçu (UNIG)

2. Docente do Curso de Graduação em Fisioterapia da Universidade Iguaçu (UNIG)

RESUMO

Introdução: O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacidade motora, especialmente, em membros inferiores que acarretam prejuízos da marcha e do equilíbrio, necessitando de uma reabilitação adequada para recuperar a função e promover autonomia, sendo a robótica uma ferramenta promissora nesse contexto podendo ter contribuições diretas na melhora do controle motor e a recuperação funcional. **Objetivo:** Avaliar a aplicação da robótica no treino de marcha pós-AVC, destacando seus tipos de treino, efeitos na melhora da marcha, equilíbrio e resistência, além de destacar aparelhos, exercícios e frequência das aplicações pertinentes em literatura **Metodologia:** Consistiu em revisão integrativa de literatura, com seleção de artigos em português e inglês, seguindo critérios definidos de inclusão e exclusão aplicados em bases de dados online recomendadas no âmbito da saúde. **Resultados:** os estudos mostram que o treino de marcha assistido por robôs é eficaz na reabilitação pós-AVC, melhorando velocidade, simetria e estabilidade da marcha, observa-se que, apesar das variações entre protocolos e dispositivos, o método robótico oferece estímulos mais controlados e seguros que o convencional, favorecendo a neuroplasticidade e acelerando a recuperação motora. **Conclusão:** O treino robótico é uma ferramenta eficaz e complementar na reabilitação pós-AVC, potencializando os resultados funcionais. Sua integração com terapias convencionais garante uma recuperação mais completa e personalizada.

PALAVRAS-CHAVE: Robótica, Treino de Marcha, Reabilitação de Membros Inferiores, Acidente Vascular Cerebral

ABSTRACT

Introduction: Stroke is one of the leading causes of acquired disability in adults, frequently resulting in motor impairment of the lower limbs and deficits in gait and balance. Adequate rehabilitation is essential to restore function and promote autonomy, with robotics emerging as a promising tool in this context, potentially contributing directly to improved motor control and functional recovery. **Objective:** To evaluate the application of robotics in lower limb rehabilitation post-stroke, highlighting its effects on gait, balance, and endurance. **Methodology:** This study consisted of an integrative literature review, selecting articles in Portuguese and English, following predefined inclusion and exclusion criteria applied to recommended online health databases. **Results:** Studies show that robot-assisted gait training is effective in post-stroke rehabilitation, improving gait speed, symmetry, and stability. Despite variations among protocols and devices, the robotic method provides more controlled and safer stimuli than conventional training, enhancing neuroplasticity and accelerating motor recovery. **Conclusion:** Robotic training is an effective and

complementary tool in post-stroke rehabilitation, enhancing functional outcomes. Its integration with conventional therapies ensures a more complete and personalized recovery.

Keywords: Robot-Assisted Gait Training, Lower Limb Rehabilitation, Stroke.

INTRODUÇÃO

A boa qualidade de vida do indivíduo implica sobre sua saúde integral, a qual, envolve o equilíbrio físico, mental, social e até mesmo espiritual, entretanto, com o adoecimento, principalmente em condições graves, acaba por gerar um desequilíbrio e uma perda da homeostase do organismo, comprometendo diretamente as funções vitais e impacta o bem-estar do indivíduo, uma das patologias que leva a um comprometimento abrupto da saúde é o Acidente Vascular Cerebral (AVC) ^{1,2,3}.

O AVC constitui uma das principais causas de morbimortalidade e incapacidade em todo o mundo, acarretando uma elevada carga socioeconômica e de saúde pública. De acordo com um artigo publicado no *The Lancet Neurology* (2025) estima-se que em torno de 12 milhões de novos AVCs ocorram anualmente no mundo.⁴

Um fato abordado pelo artigo é preocupante, de acordo com os autores estima-se que uma em cada quatro pessoas com mais de 25 anos venha a ter um AVC ao longo da vida; esse tipo de projeções são baseadas nas modificações socioeconômicas, demográficas e nutricionais que a população vem sofrendo ao decorrer dos anos, os fatores para esses possíveis aumentos anuais e futuros estão atrelados envelhecimento populacional quanto a persistência e aumento de fatores de mutáveis como hipertensão arterial, diabetes mellitus, sedentarismo e obesidade.^{4,5}

A maioria dos AVCs são de ordem isquêmica, que do ponto de vista fisiopatológico constitui-se de uma interrupção focal do fluxo sanguíneo cerebral, com consequente privação de oxigênio e glicose, disfunção metabólica, , sobrecarga de cálcio intracelular e desencadeamento de vias inflamatórias que culminam em morte neuronal por necrose e apoptose. Esses impactos acabam por gerar uma série de manifestações que incluem reorganização sináptica, perda de mapas corticais e mudanças na conectividade motoras, fatores centrais para a paresia e alterações do controle motor.^{6,7}

As consequências de um AVC são diferentes para cada caso, ocorrendo uma variabilidade, em aspectos clínicos esta pode déficits neurológicos como paresias e distúrbios do movimento que afetam membros inferiores podendo ser manifesto por uma fraqueza unilateral (hemiparesia), alterações do tônus (espasticidade), perda de coordenação, déficit sensorial edo equilíbrio. Esses déficits se traduzem em queda da capacidade de marcha, redução da resistência e da velocidade aocaminhar, e aumento do risco de quedas, esses aspectos acabam por comprometer o aspecto funcional do indivíduo, implicando em efeitos negativos sobre a sua a autonomia que em grande parte dos casos apresentam um longo período de inibição do caminhar.^{7,8}

Frente a este cenário, é essencial o uso de práticas terapêuticas que possam garantir uma reabilitação em menor tempo ou até mesmo uma nova perspectiva de vida que promova a autonomia frente a uma nova realidade, diante disso, a fisioterapia desempenha papel essencial na reabilitação pós-AVC, especificamente para membros inferiores, através de intervenções que visam readaptação e aprendizado do padrão de marcha, melhora do equilíbrio estático e dinâmico, e a recuperação da mobilidade.^{9,10}

Como uma forma de aptitude dos tratamentos, nos últimos anos os desenvolvimentos tecnológicos tem proporcionado uma reabilitação com o uso sistemas robóticos de auxílio ao movimento,

principalmente, em casos com acometimento dos membros inferiores, o uso de dispositivos robóticos para treino de marcha, exoesqueletos tem sido utilizados e obtido bons resultados para de modo terapêutico sobre a padronização de estímulos sensoriais, melhora da marcha e na redução da carga física dos terapeutas, possibilitando treinos mais longos e intensos.^{11,12}

Entretanto, implementação desses sistemas robotizados requer infraestrutura, formação técnica e protocolos clínicos adaptados; os custos de aquisição e manutenção podem ser fatores limitantes, principalmente, em sistemas de saúde pública com recursos limitados, constituem desafios para a disseminação ampla dessas tecnologias. Por isso, a sua aplicação é variável, necessitando apresentar quais pacientes mais se beneficiam, quais parâmetros de treino são mais eficazes e como combinar a robótica com intervenções manuais e com as condições de vida e socioeconômica dos pacientes.^{11,13}

Portanto, a elevada carga global do AVC, do impacto funcional significativo sobre a marcha e mobilidade causada por comprometimento dos membros inferiores, torna-se necessário a investigação de modo que possa auxiliar na consolidação da eficácia e aplicabilidade de intervenções robóticas direcionadas ao membro inferior, ou seja, a uma necessidade de evidências que auxiliem na adoção segura, eficiente e custo-efetiva da tecnologia robótica na reabilitação pós-AVC.¹³

Diante disso, a escolha desse tema justifica-se pelo expoente crescente da doença em nível mundial e como as tecnologias, que também crescem, tem contribuído para a terapia de recuperação motora, o equilíbrio e a marcha desses indivíduos, promovendo maior autonomia e qualidade de vida. Sendo assim, o estudo tem como objetivo principal avaliar os efeitos da robótica aplicada à reabilitação de membros inferiores em pacientes após AVC, identificando ganhos funcionais de acordo com diferentes graus de comprometimento de modo que auxilie no conhecimento e no estabelecimento de novas abordagens clínicas que ampliem a adoção da robótica na fisioterapia.

METODOLOGIA

O presente artigo trata-se de uma revisão de literatura, a qual, visa analisar e informar sobre a aplicação da robótica na reabilitação da marcha em pacientes que sofreram AVC.

Para a seleção dos estudos que compõe a presente revisão, foi estabelecido critérios de inclusão e exclusão que orientaram a busca e a análise das informações. Como critérios de inclusão foram adotadas as respectivas medidas: Ser pertinente a temática, tempo e idiomas proposto, acesso livre em bases de dados e estudos que foram desenvolvidos em indivíduos, contemplando estudos de casos, testes duplos cego e estudo clínicos randomizados. A investigação considerou trabalhos ou ensaios clínicos randomizado publicados nos últimos dez anos (2015 a 2025) nos idiomas português e inglês.

A organização da pesquisa seguiu etapas, iniciando-se com a identificação e coleta das fontes, a busca ocorreu em diversas bases de dados de reconhecida relevância para a área da saúde, incluindo o Lilacs, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e National Library of Medicine (MedLine/PubMed). Para otimizar a busca, foram utilizados descritores específicos relacionados à temática, em português e inglês, como: Robótica, Marcha, Acidente Vascular Cerebral e em inglês: *Robot-Assisted Gait Training, Lower Limb Rehabilitation e Stroke*. O operador booleano AND foi aplicado para a abrangência e a especificidade da pesquisa.

Quanto ao critério de exclusão, foram excluídos estudos não disponíveis e que não estavam disponíveis integralmente nas bases de dados, resumos de congressos, revisões narrativas, monografias e outras produções acadêmicas que não fornecessem dados detalhados sobre aplicação clínica e pacientes que apresentavam outras patologias que comprometem a marcha.

Frente aos critérios metodológicos adotados, após a coleta inicial os trabalhos foram organizados em tabelas para facilitar a triagem conforme os critérios de inclusão e exclusão, essa etapa permitiu aos autores uma análise sistemática. Em seguida, os dados selecionados foram sintetizados em um quadro resumido com informações sobre os estudos e dos seus locais de publicação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

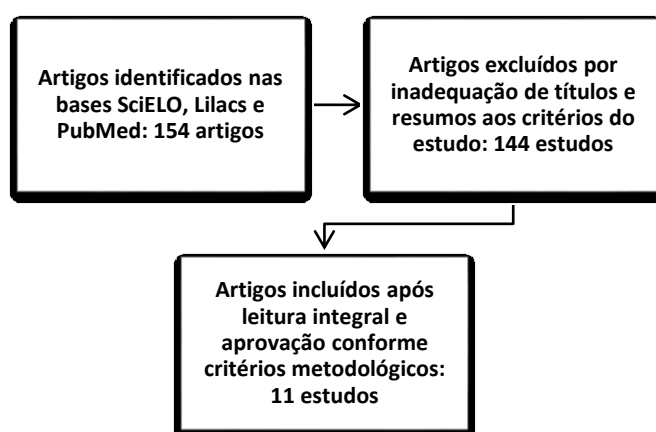
Com base nos critérios metodológicos estabelecidos, este estudo analisou inicialmente 154 artigos, sendo 44 provenientes da base SciELO, 20 da base Lilacs e 90 da PubMed. A seleção foi realizada de forma criteriosa, passando pelas etapas de leitura dos títulos, resumos e, posteriormente, do texto completo dos trabalhos. Após esse processo, 11 estudos foram incluídos na amostra final, número determinado pelos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos.

A leitura integral dos artigos foi fundamental para verificar se os objetivos e o objeto de estudo dos autores estavam em consonância com as metas da presente pesquisa. Como resultado desse processo, 43 estudos foram excluídos da SciELO, 20 da base de dados Lilacs e 81 da PubMed/MedLine e 34 da SciELO.

A primeira etapa de exclusão considerou os descritores, o idioma e o ano de publicação. Muitos trabalhos, apesar de apresentarem termos semelhantes, não se relacionavam de fato com o tema proposto. Já a segunda e terceira etapas envolveram a análise dos títulos e resumos, eliminando estudos que apresentavam metodologias distintas ou falta de coerência com o escopo da pesquisa.

Foram incluídos apenas estudos de caso e pesquisas aplicadas em populações específicas, de modo a garantir dados mais precisos e comparáveis com outras investigações. Todos os artigos selecionados atenderam aos critérios de inclusão e não apresentavam duplicidades entre as bases consultadas, o que reduziu possíveis falhas e redundâncias. Para melhor visualização do processo de seleção e exclusão, foi elaborado um fluxograma ilustrativo das etapas metodológicas (Imagem 1).

Imagem 1: Etapas para inclusão dos estudos



Fonte: Autores (2025)

Quadro 1: Informações sobre os artigos selecionados

	AUTORES/ANO	METODOLOGIA	RESULTADOS E CONCLUSÃO
1	Bang;Shin (2016) ¹⁴	18 pacientes com AVC crônico foram randomizados em dois grupos: treino com Lokomat® (RAGT, n=9) e treino em esteira convencional (TGT, n=9). Foram realizadas 20 sessões (1h/dia, 5 dias/semana) durante 4 semanas. A intensidade foi ajustada progressivamente, iniciando com até 40% de suporte de peso corporal.	Os resultados demonstraram que o grupo RAGT apresentou maiores ganhos em velocidade (0,16 vs. 0,09 m/s; p=0,003), cadência, comprimento de passo, equilíbrio (BBS; p=0,048) e confiança de equilíbrio (ABC; p=0,017). O treino robótico promoveu marcha mais simétrica e melhor desempenho funcional.
2	Watanabe et al. (2017) ¹⁵	24 pacientes em fase de recuperação pós-AVC foram divididos em dois grupos: treino com HAL® (n=12) e treino convencional (n=12). O protocolo incluiu 12 sessões de 20 min, 3x/semana, durante 4 semanas. Os quais foram avaliados a FAC, velocidade, cadência e 6MWT antes, após e em 8–12 semanas.	O grupo HAL® apresentou melhora significativa na FAC após 12 sessões e aos 8 e 12 semanas (p=0.02), sem diferenças em medidas secundárias. O treino robótico promoveu maior independência da marcha que o convencional.
3	Tomida et al. (2019) ¹⁶	26 pacientes com hemiplegia pós-AVC divididos em dois grupos: treino com o robô GEAR (n=13) e treino convencional (n=13). O protocolo durou 4 semanas, com fisioterapia (60 min/dia), treino de marcha (40 min/dia) e terapia ocupacional (60-80 min/dia), 7 dias por semana.	O grupo GEAR apresentou maior eficiência de melhora no FIM-walk (p=0,01) e ganho superior após 4 semanas (p=0,01). O treino robótico proporcionou melhora precoce da marcha e maior volume de treino, embora sem diferença significativa após 8 semanas.
4	Lamberti et al. (2021) ¹⁷	236 pacientes pós AVC subagudos (91 mulheres, 145 homens) participaram de treinamento de marcha com Lokomat® de 1-5x/semana, sessões de 60 min (30 min de caminhada), além de reabilitação multidisciplinar (3-6h/dia, 5 dias/semana). Média de 14±8 sessões por paciente.	Ambos os sexos melhoraram em FIM e FAC (71% homens, 80% mulheres atingindo MCID). As mulheres tiveram maior ganho proporcional ao número de sessões, sugerindo resposta mais expressiva ao treino de marcha.
5	Alingh et al. (2021) ¹⁸	Pacientes pós-AVE receberam treino com robô + fisioterapia ou apenas fisioterapia. Frequência: 3x30 min/semana por 6 semanas (+ até 2 sessões adicionais convencionais). Treino com metas de estabilidade de joelho e clearance de pé.	O estudo demonstrou que ambos os grupos melhoraram velocidade e função da marcha. O grupo intervenção com o robô apresentou ganho adicional na flexão de joelho parético e subtarefas específicas de controle do passo..
6	Kang et al. (2021) ¹⁹	O artigo apresentou pacientes com AVC receberam 10 sessões de 30 min em 3 semanas (3–4x/semana). Grupo SUBAR: exosqueleto overground (velocidade 0.5-2.5 km/h, passo 20-50 cm). Controle: fisioterapia convencional (NDT, equilíbrio, fortalecimento, ROM).	O estudo apresentou que o SUBAR melhorou parâmetros de marcha e reduziu espasticidade (MAS); grupo controle obteve melhoras em equilíbrio (BBS). Não houve diferenças estatisticamente significativas entre grupos.
7	Aprile et al. (2022) ²⁰	Trata-se de um estudo desenvolvido com 36 pacientes com AVC subagudos foram divididos em dois grupos: treino robótico isolado (GG) e combinado (GTG). Ambos realizaram 12 sessões/mês (3x/semana, 45 min) com o sistema G-EO e a	O estudo demonstrou que ambos melhoraram equilíbrio, mas o GTG apresentou maiores ganhos de força e tônus em membros inferiores, redução de oscilações do tronco e melhor desempenho em BBS e Tinetti.

		plataforma Hunova. Exercícios estáticos e dinâmicos de tronco e marcha com suporte parcial de peso (30-40%).	
8	Lee et al. (2022) ²¹	O estudo apresentou pacientes que sofreram um AVC (>6 meses) foram avaliados e divididos em dois grupos que é o Healbot T (3 modos) e outro grupo com a fisioterapia convencional. O protocolo consistiu em 10 sessões de 30 min ao longo de 4 semanas (2,3×/semana). Com pelvic on/off e CIMT. E um controle com treino em esteira.	O estudo evidenciou que os pacientes relataram a intervenção e modos pelvic on e CIMT apresentaram maiores ganhos em equilíbrio (BBS, TUG), velocidade de marcha (10MWT) e força (MI-Lower) em relação ao controle. Não houve eventos adversos relatados.
9	Neves et al. (2023) ²²	24 pacientes receberam Treino de Marcha com Lokomat® (n=10) ou G-EO® (n=9), 3×/semana, totalizando 36 sessões. O G-EO incluiu treino de escadas e caminhada; Lokomat, marcha contínua. Ambos associados à fisioterapia convencional.	Ambos os grupos melhoraram o equilíbrio (TUG, DGI e BBS). O grupo G-EO mostrou avanços mais expressivos em velocidade (10MWT) e resistência (6MWT), indicando maior eficiência funcional dos end-effectors.
10	Talaty; Esquenazi (2023) ²³	A metodologia adotada pelos autores consistiu em pacientes AVC agudos receberam intervenção suplementar com Lokomat® (robótico) vs treino de marcha convencional. Ambos receberam até 4×45 min individuais/semana (~2–4 semanas). Lokomat realizou em média 8,3±4,8 sessões; CGT, 12,0±8,7. Treino robótico com suporte parcial de peso e ajuste de velocidade.	O estudo demonstrou que o protocolo foi seguro e bem tolerado. Lokomat® apresentou menos sessões, mas mais passos por sessão, sugerindo maior eficiência. Ambos os grupos melhoraram FIM, FAC, 10MWT, 2MWT e 5xSTS, com tendência favorável ao robótico, embora sem diferença estatística significativa.
11	Fan et al. (2025) ²⁴	A metodologia adotada pelos autores consistiu em pacientes pós-AVC (2 semanas a 6 meses) randomizados em grupo com treino robótico (exoesqueleto BEAR-H1) e grupo com treino de marcha convencional. Ambos realizaram 2 sessões diárias de 30 minutos, 5 dias por semana, durante 4 semanas, associadas à reabilitação padrão. Foram avaliados parâmetros de neuroplasticidade (TMS), função motora (FMA-LE, FAC), marcha (6MWT) e atividade muscular (EMG).	O estudo demonstrou que ambos os grupos apresentaram melhora significativa funcional e neuromuscular. No entanto, o grupo com exoesqueleto apresentou maior melhora na excitabilidade cortical (redução do limiar motor e aumento do potencial evocado), maior desempenho no teste de caminhada de 6 minutos e melhor redução da co-contracção muscular, indicando maior eficiência.

Fonte: Autores (2025)

O AVC é uma das principais causas de incapacidade adquirida no mundo, sendo responsável por altas taxas de morbidade e redução da autonomia funcional em indivíduos acometidos, principalmente, adultos e idosos. Essa condição clínica, ocorre devido à interrupção do fluxo sanguíneo cerebral, resultando em lesões neuronais que afetam diversas funções, como força muscular, equilíbrio e coordenação motora.^{24,25,26}

A recuperação funcional após o AVC depende da reorganização neuromotora, um processo que exige treinamento intensivo e repetitivo para estimular a plasticidade cerebral, entre as sequelas mais comuns, destaca-se a alteração na marcha, que compromete a independência e a qualidade de vida. A reabilitação da marcha, portanto, é uma das principais metas da fisioterapia neurológica, sendo o treino de marcha com ou sem assistência robótica um dos pilares no processo de readaptação funcional.^{26,27}

A marcha é uma habilidade motora complexa, que envolve controle postural, força muscular, integração sensório-motora e coordenação intersegmentar, após o AVC, a simetria e o padrão de movimento são frequentemente prejudicados, o que acaba gerando lentidão, insegurança e maior gasto energético durante a locomoção.^{28,29}

Assim, a reabilitação da marcha busca restabelecer a eficiência do padrão locomotor e promover segurança e independência, frente os avanços clínicos e científicos, atualmente o treino robótico surge como uma alternativa tecnológica capaz de otimizar esse processo, oferecendo movimentos repetitivos e controlados, com ajustes de carga, velocidade e amplitude, favorecendo o reaprendizado motor. Diferentemente do treino convencional, o uso de dispositivos como Lokomat®, HAL®, GEAR® ou G-EO® permite quantificar e padronizar o esforço, garantindo intensidade e volume de treino maiores do que os alcançados manualmente pelo terapeuta.^{30,31}

Ao comparar os estudos analisados, observa-se que todos convergem na ideia de que a reabilitação robótica da marcha é segura, viável e potencialmente mais eficiente do que os métodos convencionais, embora existam diferenças quanto à magnitude dos ganhos e ao tempo de acompanhamento. Bang e Shin¹⁴ (2016) demonstraram em seu ensaio clínico que pacientes com efeitos crônicos da patologia submetidos ao treino com Lokomat® apresentaram ganhos mais expressivos em velocidade, cadência, comprimento de passo e equilíbrio, quando comparados àqueles que treinaram em esteira convencional. O diferencial do treino robótico nesse estudo foi o ajuste progressivo da intensidade e do suporte de peso corporal, que começou em 40% e foi sendo reduzido conforme o paciente ganhava força e controle, tal possibilidade de calibrar o esforço permite um treino mais personalizado, o que pode explicar o desempenho superior do grupo robótico.

Semelhantemente, Watanabe et al.¹⁵ (2017) utilizaram o sistema HAL® em pacientes em fase de recuperação, observando melhoras significativas na independência de marcha após apenas 12 sessões, com manutenção dos resultados em até 12 semanas. Ainda que não tenham sido detectadas diferenças marcantes em variáveis secundárias como velocidade e cadência, a melhora na *Functional Ambulation Category* (FAC) reforça o impacto do treino robótico sobre a capacidade funcional e a autonomia do paciente.

Interessante notar que em comparativo com o estudo de Bang e Shin¹⁴ (2016) a frequência semanal de Watanabe et al.¹⁵ (2017) foi menor (três vezes por semana), o que sugere que, mesmo com menor número de sessões, o treino robótico pode gerar efeitos duradouros, provavelmente devido à qualidade do movimento e ao estímulo sensório-motor proporcionado pelo dispositivo.

Tomida et al.¹⁶ (2019), ao empregar o robô GEAR® em pacientes com hemiplegia pós-AVC, também notaram ganhos mais rápidos e expressivos no desempenho funcional da marcha. O grupo robótico apresentou melhoras precoces no FIM-walk e maior eficiência após quatro semanas, com sessões diárias e alta intensidade de treino.

Tomida et al.¹⁶ (2019) reforça que o volume e a frequência das sessões influenciam significativamente os resultados, sendo o treino robótico uma ferramenta que permite maior número de repetições em uma fração de tempo, algo difícil de atingir com intervenção manual. Em contrapartida, após oito semanas, as diferenças entre grupos se tornaram menos evidentes, o que indica que, embora o robô acelere os ganhos iniciais, o treino convencional contínuo também pode atingir bons resultados, porém, com uma escala de tempo maior.

No estudo de Lamberti et al.¹⁷ (2021), a análise retrospectiva de 236 pacientes evidenciou que ambos os sexos melhoraram de forma significativa após o treino com Lokomat®, mas o estudo aborda um fator interessante, demonstrando que as mulheres obtiveram resposta proporcionalmente maior ao

número de sessões, os autores sugerem que fatores fisiológicos e talvez motivacionais possam modular a resposta ao treino robótico, além disso, o grande tamanho amostral e a inclusão de sessões de 1 a 5 vezes por semana evidenciam a versatilidade do método. A associação com reabilitação multidisciplinar também se destaca como diferencial, mostrando que o treino robótico não substitui, mas complementa as demais terapias.

Por outro lado, Alingh et al.¹⁸ (2021) mostraram que, embora ambos os grupos (robótico e convencional) tenham melhorado em velocidade e função da marcha, o uso do robô proporcionou ganhos adicionais em tarefas específicas de controle do passo, como a flexão do joelho parético. Essa melhora em outros aspectos motores sugere que a tecnologia assistiva pode direcionar o treino para padrões mais próximos da marcha fisiológica, estimulando a ativação muscular adequada e reduzindo compensações, outra questão demonstrada pelos autores é que o protocolo de três sessões semanais por seis semanas demonstra que mesmo com frequência moderada é possível obter ajustes significativos no padrão de movimento, especialmente quando há metas claras de controle biomecânico.

Kang et al.¹⁹ (2021), utilizando o exoesqueleto SUBAR, observaram que o treino robótico melhorou parâmetros de marcha e reduziu a espasticidade, enquanto o grupo controle teve ganhos maiores em equilíbrio. Embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas, o estudo sugere que diferentes dispositivos podem ter efeitos específicos: o robótico atuando mais na mecânica do passo e na redução do tônus, enquanto o convencional estimula mais o controle postural, tal percepção trás a ideia reforça a importância de integrar ambos os métodos para maximizar resultados.

Aprile et al.²⁰ (2022) acrescentaram um componente inovador ao combinarem treino robótico de marcha (G-EO®) com treino robótico de equilíbrio (Hunova®). O grupo combinado apresentou maiores ganhos em força, tônus e estabilidade, o que demonstra que a integração de diferentes modalidades robóticas pode potencializar a reabilitação.

O protocolo de três sessões semanais de 45 minutos mostrou-se eficaz para melhorar equilíbrio e marcha, indicando que a qualidade e especificidade dos exercícios podem ser mais determinantes do que a simples frequência, além disso, o estudo também destaca a importância de exercícios estáticos e dinâmicos de tronco, que auxiliam no controle central da marcha e na redução de oscilações, aspecto essencial para a segurança durante o caminhar.²⁰

O trabalho de Lee et al.²¹ (2022) reforçou a ideia de que diferentes modos de treino robótico podem gerar resultados distintos, ou seja, o grupo que utilizou o Healbot T, com modos “pelvic on” e “CIMT”, apresentou melhores ganhos em equilíbrio, velocidade e força, comparado à fisioterapia convencional. Esses modos provavelmente aumentam o envolvimento ativo do paciente, ajustando o movimento pélvico e desafiando o controle voluntário. Outro fato abordado pelos autores é que o protocolo com sessões curtas (30 minutos) mostrou que o robô pode otimizar o tempo de reabilitação, oferecendo intensidade e repetição suficientes para ganhos significativos mesmo em períodos reduzidos.

Neves et al.²² (2023) compararam dois tipos de robôs Lokomat® e G-EO® e observaram que ambos melhoraram equilíbrio e desempenho funcional, mas o G-EO® proporcionou maior velocidade e resistência, para os autores, o fato do G-EO® incluir treino de escadas e caminhada sugere que tarefas mais complexas e próximas da vida real podem potencializar a transferência de habilidades. Isso reforça que não apenas o volume de treino, mas também a variedade e o grau de desafio das tarefas influenciam na eficácia do tratamento, a frequência de três sessões semanais totalizando 36 sessões mostra que a continuidade e a progressão do treino são determinantes para resultados sustentáveis.

Já Talaty e Esquenazi²³ (2023) avaliaram pacientes em fase aguda e demonstraram que o treino robótico com Lokomat® foi seguro, bem tolerado e eficiente, mesmo com menor número de sessões em relação ao grupo convencional. A maior quantidade de passos por sessão indica que o robô permite um

treino mais denso e consistente, algo essencial na fase inicial da recuperação, quando o paciente ainda apresenta limitações severas, entretanto, embora as diferenças estatísticas não tenham sido significativas, a tendência de superioridade funcional do grupo robótico sugere que o efeito pode ser mais evidente com maior tempo de acompanhamento.^{31,32,33}

Em tese, os artigos avaliados demonstram que a frequência ideal de treino robótico varia entre duas e cinco sessões semanais, com duração média de 30 a 60 minutos, a maioria deles emprega protocolos de quatro a seis semanas, sendo que resultados mais robustos costumam aparecer após o acúmulo de pelo menos 12 sessões.

Quanto aos exercícios realizados, os treinos robóticos geralmente envolvem suporte parcial de peso, controle da amplitude articular e ajustes de velocidade, possibilitando repetição de padrões fisiológicos de marcha, alguns dispositivos incluem ainda treino de escadas, mobilização de quadril e exercícios de equilíbrio dinâmico, o que amplia a transferência funcional para atividades da vida diária.

CONCLUSÃO

Através da interpretação dos estudos, é possível concluir que o treino de marcha assistido por robôs representa uma estratégia promissora e eficaz na reabilitação de indivíduos pós-AVC, promovendo ganhos significativos na velocidade, simetria e estabilidade da marcha, além de contribuir para maior independência funcional.

Embora os resultados variem conforme o tipo de dispositivo, frequência e intensidade das sessões, observa-se que o treino robótico tende a oferecer estímulos mais controlados, repetitivos e seguros que o método convencional, potencializando a neuroplasticidade e acelerando a recuperação motora.

No entanto, a combinação do treino robótico com terapias convencionais ainda se mostra essencial, visto que a integração entre abordagens automatizadas e manuais favorece uma reabilitação mais completa e personalizada às necessidades do paciente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dias MMS, Oliveira AC, Silva RL, Pereira AG, Costa MC, Almeida JF, et al. A integralidade em saúde na educação médica no Brasil: o estado da questão. *Rev Bras Educ Méd.* 2018;42(4):123-33.
2. Marianelli M, Marianelli C, De Lacerda Neto TP. Principais fatores de risco do AVC isquêmico: uma abordagem descritiva. *Braz J Health Rev.* 2020;3(6):19679-90.
3. Mourao AM, Lima RS, Silva PR, Oliveira AC, Pereira JC, Santos TG, et al. Perfil dos pacientes com diagnóstico de AVC atendidos em um hospital de Minas Gerais credenciado na linha de cuidados. *Rev Bras Neurol.* 2017;53(4):12-6.
4. Feigin VL, Norrving B, Mensah GA, Sacco RL, Hacke W, Brainin M, et al. World Stroke Organization: global stroke fact sheet 2025. *Int J Stroke.* 2025;20(2):132-44.
5. De Sousa Rodrigues M, Almeida LF, Costa RB, Pereira AG, Lima JF, Oliveira MC, et al. Fatores de risco modificáveis e não modificáveis do AVC isquêmico: uma abordagem descritiva. *Rev Med.* 2017;96(3):187-92.
6. Melo LS, Santos PR, Almeida MC, Pereira AG, Costa LF, Oliveira JF, et al. Acidente vascular cerebral: achados clínicos e principais complicações. *Rev Atenção Saúde.* 2016;14(48):48-53.
7. Cunha VGF, Pereira LC, Oliveira JM, Santos AR, Lima FT, Almeida PR, et al. Comparação entre AVE Isquêmico e Hemorrágico: fatores de risco, abordagens diagnósticas e estratégias. *Braz J Implantol Health Sci.* 2024;6(10):3152-61.
8. De Araujo LPG, Silva AC, Pereira JR, Oliveira LF, Santos MC, Almeida PR, et al. Principais fatores de risco para o acidente vascular encefálico e suas consequências: uma revisão de literatura. *Rev Interdiscip Pensam Cient.* 2017;3(1).
9. De Lima EHA, Santos PR, Almeida MC, Pereira AG, Oliveira LF, Costa JF, et al. Efeitos da reabilitação precoce na mobilidade e funcionalidade de pacientes pós-AVC isquêmico. *Rev JRG Est Acad.* 2025;8(18):e082265.
10. Dutra D, Medino SE, Brito SD. A atuação da fisioterapia em pacientes com disfunções motoras pós acidente vascular cerebral. *NATIVA-Rev Ciênc Tecnol Inov.* 2024;6(1):80-7.
11. Marques DS, Silva PR, Oliveira AG, Pereira MC, Costa LF, Almeida JF, et al. Efeitos do treino de marcha com assistência

- robótica em adultos pós acidente vascular cerebral. *Res Soc Dev.* 2022;11(16):e120111637890.
12. Dos Santos Reis ER, Lima AG, Oliveira MC, Pereira AG, Santos PR, Almeida JF, et al. Terapia espelho baseada em realidade virtual após acidente vascular cerebral: revisão sistemática de ensaios randomizados. *Fisioterapia Brasil.* 2022;23(4):603-17.
 13. Felipe IV, Santos PR, Almeida MC, Pereira AG, Costa LF, Oliveira JF, et al. Intervenções baseadas em evidências para a recuperação da marcha pós-AVC: uma revisão integrativa de literatura. *Rev Delos.* 2025;18(70):e6340.
 14. Bang DH, Shin WS. Effects of robot-assisted gait training on spatiotemporal gait parameters and balance in patients with chronic stroke: a randomized controlled pilot trial. *NeuroRehabilitation.* 2016;38(4):343–349.
 15. Watanabe H, Tanaka N, Inuta T, Saitoh E, Yanagi H. Effects of gait training using the Hybrid Assistive Limb® in recovery-phase stroke patients: a 2-month follow-up, randomized, controlled study. *NeuroRehabilitation.* 2017;40(3):363–367.
 16. Tomida K, Sonoda S, Suzuki T, Saitoh E, Morikawa M, Shimizu Y, et al. Randomized controlled trial of gait training using Gait Exercise Assist Robot (GEAR) in stroke patients with hemiplegia. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2019;28(8):2426–2433.
 17. Lamberti N, Straudi S, Malagoni AM, Argirò M, Felisatti M, Manfredini F, et al. Beneficial effects of robot-assisted gait training on functional recovery in women after stroke: a cohort study. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(20):e25800.
 18. Alingh JF, van Asseldonk EHF, van der Kooij H, Geurts ACH, Weerdesteyn V, Keijsers NLW, et al. Effect of assist-as-needed robotic gait training on the gait pattern post stroke: a randomized controlled trial. *J NeuroEng Rehabil.* 2021;18(1):26.
 19. Kang JH, Lee HS, Lee DH, Kim HY, Park JS, Cho YK, et al. Effects of robot (SUBAR)-assisted gait training in patients with chronic stroke. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(48):e27846.
 20. Aprile I, Iacovelli C, Iacovelli E, Germanotta M, Padua L, Cruciani A, et al. Efficacy of robot-assisted gait training combined with robotic balance training in subacute stroke patients: a randomized clinical trial. *J Clin Med.* 2022;11(3):640.
 21. Lee SY, Lee DH, Oh MK, Kim DY, Lee H, Jang JH, et al. Effects of a lower limb rehabilitation robot with various training modes in patients with stroke. *Medicine (Baltimore).* 2022;101(38):e30434.
 22. Neves M, Rocha R, Santana L, Ferreira D, Silva L, Oliveira P, et al. Robotic-assisted gait training (RAGT) in stroke rehabilitation: a pilot study. *Arch Rehabil Res Clin Transl.* 2023;5(1):100252.
 23. Talaty M, Esquenazi A. Feasibility and outcomes of supplemental gait training by robotic and conventional means in acute stroke rehabilitation. *J NeuroEng Rehabil.* 2023;20(1):70.
 24. Fan T, Zheng P, Zhang X, Gong Z, Shi Y, Wei M, et al. Effects of exoskeleton rehabilitation robot training on neuroplasticity and lower limb motor function in patients with stroke. *BMC Neurol.* 2025;25:193.
 25. Moita SM, Magalhães S, Lima JR, Pereira FA, Santos RT, Oliveira CC, et al. Reconhecimento dos sinais e sintomas e dos fatores de risco do acidente vascular cerebral por leigos: uma revisão integrativa. *Research, Society and Development.* 2021;10(10):e587101019340.
 26. Martins MEF, Souza RM, Andrade LS, Ferreira GA, Costa PR, Nascimento AR, et al. Epidemiologia das taxas de internação e de mortalidade por acidente vascular cerebral isquêmico no Brasil. *Brazilian Medical Students.* 2023;8(12).
 27. Barbosa RM, Souza TP, Lima RF, Andrade V, Campos LA, Rocha ES, et al. Eficácia do treinamento resistido na força muscular e funcionalidade em indivíduos adultos após o acidente vascular cerebral: uma revisão sistemática de revisões. *Rev Bras Fisiol Exerc.* 2021;20(4):405–421.
 28. De Paula ASA, Miyamoto ST, Ribeiro DC, Lima MC, Lopes AP, Carvalho RM, et al. Efeitos de um programa de condicionamento físico no equilíbrio e funcionalidade da marcha em indivíduos pós-acidente vascular cerebral. *Fisioterapia Brasil.* 2021;22(5):649–666.
 29. Das Mercês Silva A, Gomes LC, Ferreira FJ, Melo TP, Sousa MN, Batista CF, et al. Fatores clínicos e sociodemográficos associados à recuperação da marcha de indivíduos após acidente vascular cerebral trombolisado na fase aguda. *Acta Fisiátrica.* 2022;29(2):112–117.
 30. Costa AEM, Venção SPR, De Mâcedo JLC. Treino de marcha com assistência robótica pós-traumatismo cranioencefálico: revisão sistemática. *Research, Society and Development.* 2022;11(16):e115111637725.
 31. Loro A, Rossi L, Verdi A, Bianchi M, Romano F, Conti M, et al. Balance rehabilitation through robot-assisted gait training in post-stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Brain Sci.* 2023;13(1):92.
 32. Viana, N.A.; De Oliveira, T.A.; De Paula, G.V. Avanços na reabilitação robótica do membro superior pós-AVC: revisão integrativa. *Revista Neurociências*, v. 33, p. 1-18, 2025.
 33. Carneito, G.B et al. Impacto da realidade virtual na reabilitação de pacientes pós-AVC: Revisão integrativa. 2025.