



FACULDADE PERNAMBUCANA DE SAÚDE – FPS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

GABRIELA VITÓRIA PEREIRA DA SILVA
MARIA VITÓRIA SANTOS MORAES

**ANÁLISE PRELIMINAR DO USO DE NEUROÓRTESE NO PÉ EQUINO:
AVALIAÇÃO DE SATISFAÇÃO, USABILIDADE E IMPACTOS NA MARCHA DE
INDIVÍDUOS COM DÉFICIT DE DORSIFLEXÃO**

Recife
2025



GABRIELA VITÓRIA PEREIRA DA SILVA

MARIA VITÓRIA SANTOS MORAES

**ANÁLISE PRELIMINAR DO USO DE NEUROÓRTESE NO PÉ EQUINO:
AVALIAÇÃO DE SATISFAÇÃO, USABILIDADE E IMPACTOS NA MARCHA DE
INDIVÍDUOS COM DÉFICIT DE DORSIFLEXÃO**

**PRELIMINARY ANALYSIS OF NEURO-ORTHOSIS FOR EQUINUS FOOT:
ASSESSMENT OF SATISFACTION, USABILITY, AND GAIT IMPACTS IN
INDIVIDUALS AMONG DORSIFLEXION DEFICIT**

Artigo final do projeto de pesquisa das acadêmicas Gabriela Vitória Pereira da Silva e Maria Vitória Santos Moraes, alunas do 7º período do curso de fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS), sob a orientação de Marcela Cavalcanti Moreira e coorientação de Júlia Carolina da Silva Veloso, realizado como requisito para conclusão do curso de graduação em fisioterapia na FPS.

Recife

2025

IDENTIFICAÇÃO

ORIENTAÇÃO:

Marcela Cavalcanti Moreira

Fisioterapeuta, coordenadora da Clínica escola FisioFPS e do espaço Neurobots, especialista em Fisioterapia Neurofuncional, mestrado em Fisioterapia e doutora em saúde da criança e do adolescente.

Telefone: (81) 99669-1500

Email: marcela.moreira@fps.edu.br

COORIENTAÇÃO:

Júlia Carolina da Silva Veloso

Fisioterapeuta da Clínica escola FisioFPS, docente do curso de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS), especialista em Fisioterapia aquática e em Saúde da família.

Telefone: (81) 98575-6441

Email: Julia.veloso@fisio.fps.edu.br

ACADÊMICAS:

Gabriela Vitória Pereira da Silva

Acadêmica de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS).

Telefone: (81) 98310-6801

Email: gabifps22@gmail.com

Maria Vitória Santos Moraes

Acadêmica de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS).

Telefone: (81) 99959-4932

Email: vtoria15santosmoraes@gmail.com

COLABORADORES:

Caio Gabriel do Nascimento Barbosa

Acadêmica de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS).

Telefone: (81) 99802-3559

Email: caoioqnbarbosa@gmail.com

Emily Gabrielly Oliveira da Silva

Acadêmica de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS).

Telefone: (81) 98525-4771

Email: emilygabrielly055@gmail.com

RESUMO

Objetivos: Avaliar os efeitos do uso da neuroórtese na qualidade da marcha e na ativação do tibial anterior, bem como analisar a usabilidade e a satisfação de indivíduos com pé equino.

Métodos: Trata-se de um estudo observacional, de corte transversal, com abordagem quantitativa e descritiva, realizado no Laboratório de Marcha da Clínica Escola de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS). O estudo contou com 8 indivíduos com pé equino e foi comparada a marcha dos mesmos com e sem o uso da neuroórtese, além de avaliar a usabilidade e satisfação do produto através de questionários. **Resultados:** Na comparação da marcha com e sem o uso da neuroórtese, não foram observadas mudanças significativas. Por outro lado, os participantes relataram através dos questionários aplicados, boa aceitação e satisfação ao utilizar o dispositivo, sugerindo viabilidade e potencial para aplicação clínica.

Conclusão: No atual estudo não houve mudanças estatisticamente significativas no padrão de marcha com e sem órtese o uso da neuroórtese, diferentemente de outros estudos. Entretanto, os participantes apresentaram boa adesão e usabilidade. Conclui-se a necessidade do aumento da amostra com o objetivo de comprovar a eficácia da neuroórtese na prática clínica.

Palavras-chave: Pé Equino. Terapia por Estimulação Elétrica. Marcha.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the effects of neuro-orthosis use on gait quality and tibialis anterior muscle activation, as well as to analyze usability and satisfaction among individuals with equinus foot. **Methods:** This was an observational, cross-sectional study with a quantitative and descriptive approach, conducted at the Gait Laboratory of the Physical Therapy Teaching Clinic of the Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS). The study included eight individuals with equinus foot, and their gait was compared with and without the use of the neuro-orthosis. In addition, product usability and satisfaction were assessed through questionnaires. **Results:** When comparing gait with and without the use of the neuro-orthosis, no statistically significant changes were observed. On the other hand, participants reported good acceptance and satisfaction with the device through the applied questionnaires, suggesting feasibility and potential for clinical application. **Conclusion:** In the present study, no statistically significant changes were found in gait pattern with versus without the use of the neuro-orthosis, in contrast to findings reported in other studies. However, participants demonstrated good adherence and usability. Further studies with larger sample sizes are required to confirm the effectiveness of the neuro-orthosis in clinical practice.

Keywords: Equinus Deformity. Electric Stimulation Therapy. Gait.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise comparativa dos parâmetros da marcha com e sem o uso da órtese. 17

Tabela 2 - Grau de satisfação e usabilidade dos participantes ao utilizarem a órtese. 21

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Imagem da neuroórtese	13
Figura 2: Imagem do posicionamento dos marcadores	14
Figura 3: Reconstrução da estrutura corporal.....	14

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIF	Classificação Internacional de Funcionalidade
AVE	Acidente Vascular Encefálico
FES	Eletroestimulação funcional

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO.....	10
II. MÉTODOS.....	12
III. RESULTADOS	16
VI. DISCUSSÃO.....	23
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
APÊNDICE A - AVALIAÇÃO DA USABILIDADE.....	31
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO SOBRE SATISFAÇÃO E SUGESTÕES PARA MELHORIA DO SISTEMA.....	32
APÊNDICE C – LISTA DE CHECAGEM DOS CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	34

I. INTRODUÇÃO

A marcha humana é uma forma de locomoção bípede caracterizada por movimentos alternados e rítmicos dos membros inferiores e do tronco, que promovem o deslocamento anterior do centro de gravidade do corpo. Esse processo resulta da interação complexa entre os sistemas neuromotor, sensorial e musculoesquelético.¹⁻² De acordo com a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF), a locomoção ou marcha é definida como a capacidade de mover-se de pé sobre uma superfície, mantendo sempre pelo menos um dos pés em contato com o solo, como ao passear, caminhar lentamente ou deslocar-se para frente, para trás ou para os lados. Para a avaliação da marcha, dois qualificadores são essenciais: a capacidade e o desempenho. A capacidade refere-se à aptidão do indivíduo para realizar uma atividade, enquanto o desempenho diz respeito a como ele efetivamente realiza as suas atividades diárias.³

Nesse contexto, o ciclo da marcha é dividido em duas fases principais: fase de apoio e fase de balanço. A fase de apoio corresponde a aproximadamente 60% do ciclo e ocorre quando o membro inferior está em contato com o solo. Ela se subdivide em cinco etapas, sendo iniciada pelo contato inicial, seguida pela resposta à carga, apoio médio, apoio terminal e finalizada pelo pré-balanço.⁴⁻⁵

Já a fase de balanço representa os 40% restantes, caracterizando-se pelo deslocamento do membro inferior sem contato com o solo e é dividida em balanço inicial, médio e final, correspondendo, respectivamente, ao início do deslocamento do membro inferior para frente, ao alinhamento com o outro membro e à preparação para o toque do calcanhar no solo novamente.⁴⁻⁵⁻⁶ A fase de balanço depende principalmente da ativação eficiente do músculo tibial anterior, considerado o principal dorsiflexor do pé.⁷ Quando sua ativação está prejudicada, ocorre uma dorsiflexão inadequada do tornozelo, o que compromete a elevação dos dedos em relação ao solo e reduz a folga necessária para o clearance do pé.⁷⁻⁸

Alterações da marcha estão diretamente associadas a limitações funcionais e restrições na participação social, visto que a capacidade de deambulação é determinante para a independência e qualidade de vida.⁹ A confiança é fator importante que influencia diretamente nessas limitações, visto que a redução desse fator pode intensificar o medo de cair, levando à restrição das atividades diárias, o que, por sua vez, desencadeia um ciclo que se inicia com o medo, evolui para a limitação funcional e resulta na diminuição da força muscular e no déficit

de equilíbrio, aumentando o risco de queda, situação frequente em pacientes pós Acidente Vascular Encefálico (AVE).³

Uma das sequelas mais comuns após o AVE é o pé equino, definido pela incapacidade de realizar a dorsiflexão adequada do tornozelo na fase de balanço. Nessa condição, os flexores plantares permanecem hiperativos, impedindo o desprendimento do antepé do solo. Como forma de compensação, o indivíduo utiliza movimentos excessivos de quadril e joelho, originando a chamada marcha escarvante, menos eficiente e com maior risco de quedas. Essas alterações não apenas comprometem a eficiência da marcha, mas também impactam diretamente a qualidade de vida desses pacientes.¹⁰⁻¹¹

De uma forma geral, os profissionais de reabilitação indicam a órtese suropodálica como alternativa para evitar a queda do pé e auxiliar a fase de balanço da marcha.¹¹ Entretanto, é importante citar que as órteses frequentemente restringem o movimento do indivíduo e não apresentam uma boa estética.¹²

Uma outra estratégia para o tratamento do pé equino é a eletroestimulação funcional (FES) do músculo tibial anterior para favorecer a dorsiflexão na fase de balanço. Alguns eletroestimuladores estão disponíveis no mercado e já existem algumas publicações sobre o tema. Esses eletroestimuladores têm um efeito imediato favorecendo a dorsiflexão do tornozelo e melhorando o padrão de marcha. Além disso, o uso prolongado da FES pode favorecer a força muscular, o controle voluntário do músculo, melhorar a amplitude de movimento e velocidade da marcha. Também são vistas alterações devido ao uso mais contínuo, podendo ser considerado o efeito terapêutico.¹² Quando associada a algum dispositivo, a eletroestimulação pode ser considerada uma neuroórtese.

Apesar dos benefícios citados acima, as neuroórteses não são amplamente indicadas devido ao alto custo. Pensar em estratégias que favoreçam esse acesso é importante para a reabilitação dos indivíduos. Entretanto, é necessário garantir que o recurso será útil para essa população. Para isso, a usabilidade e satisfação precisam ser avaliadas. Usabilidade é definida pela ISO 9241-11 como uma medida na qual um produto pode ser experimentado por indivíduos para alcançar objetivos específicos como eficácia, eficiência e satisfação em um determinado contexto.¹³

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do uso de uma neuroórtese funcional desenvolvida pela Neurobots, projetada para estimular o músculo tibial anterior em indivíduos com sequela de pé equino pós-acidente vascular encefálico (AVE). Além disso,

buscou-se analisar a usabilidade e satisfação dos participantes em relação ao dispositivo e comparar a marcha dos indivíduos com e sem o uso da neuroórtese.

II. MÉTODOS

O presente estudo seguiu os princípios éticos para pesquisa envolvendo seres humanos, conforme a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS) sob o CAAE: 75137823.0.0000.5559, no ano de 2023, com dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O estudo foi desenvolvido em parceria entre a empresa Neurobots, a Mercur e a Clínica Escola de Fisioterapia da FPS.

Trata-se de um estudo observacional, de corte transversal, com abordagem quantitativa e descritiva, realizado no Laboratório de Marcha da Clínica Escola de Fisioterapia da FPS, no período de setembro de 2024 a agosto de 2025.

A amostra foi composta por oito indivíduos com diagnóstico de pé equino decorrente de acidente vascular encefálico (AVE), selecionados por conveniência. Os participantes foram recrutados a partir da lista de pacientes atendidos no serviço de fisioterapia da Clínica Escola da FPS. O contato inicial ocorreu por telefone e, após manifestação de interesse, o agendamento foi realizado conforme a disponibilidade do participante.

Foram considerados como critérios de inclusão para o estudo: participantes com idade superior a 18 anos e sensibilidade preservada nos membros inferiores. Quanto aos critérios de exclusão: participantes com escala de Ashworth superior a 3, presença de deformidades consolidadas na articulação do tornozelo, com feridas na região, com incapacidade de tolerar a eletroestimulação e gestantes. Esses critérios visam garantir a segurança e a eficácia da intervenção, selecionando uma amostra adequada ao objetivo da pesquisa.

Inicialmente, os participantes responderam a um questionário de triagem (Apêndice C) para confirmar os critérios de elegibilidade. Em seguida, ocorreu uma explicação sobre os objetivos da pesquisa e os procedimentos, e os interessados assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Os participantes receberam instruções detalhadas das pesquisadoras responsáveis sobre o objetivo e a utilização do sistema proposto, o posicionamento dos eletrodos, o funcionamento do aparelho e as possíveis sensações durante o uso (como formigamento e contração muscular visível). A pele foi higienizada com álcool 70% e dois eletrodos foram fixados sobre o músculo

tibial anterior, mantendo o aparelho preso com velcro na altura correspondente (figura 1). Os parâmetros da neuroórtese foram ajustados individualmente, respeitando a tolerância de cada participante.



Figura 1: Imagem da neuroórtese

A avaliação foi realizada no Laboratório de Marcha da FPS, equipado com seis câmeras de captura de movimento em diversos planos através de tecnologia de infravermelho, que captam os marcadores (figura 2) que estavam posicionados nos pacientes e uma plataforma de força, que funciona medindo a força de reação do solo (FRS) exercida por uma pessoa ao caminhar, utilizando células de carga em seu interior, onde seus dados são processados por um software especializado. Ambos equipamentos são da marca *BTS Bioengineering*, considerados padrão ouro para análise cinemática.

Foram aferidas medidas antropométricas (comprimento da perna, profundidade da pelve e distância entre as espinhas ilíacas ântero-superiores) para a calibração do sistema. Em seguida, os participantes permaneceram em pé e foram posicionados marcadores em pontos anatômicos específicos (Processo espinhoso da C7, acrômio, entre as vértebras S1 e S2, espinhas ilíacas ântero-superiores, trocanter do fêmur, côndilos mediais e laterais, cabeça das fíbulas, maléolos

laterais e mediais, na base entre o segundo e terceiro metatarso e nos tendões de aquiles) de acordo com o protocolo Helen Hales MM, permitindo que o sistema reconstruísse digitalmente a estrutura corporal para análise da marcha (figura 3).



Figura 2: Imagem do posicionamento dos marcadores

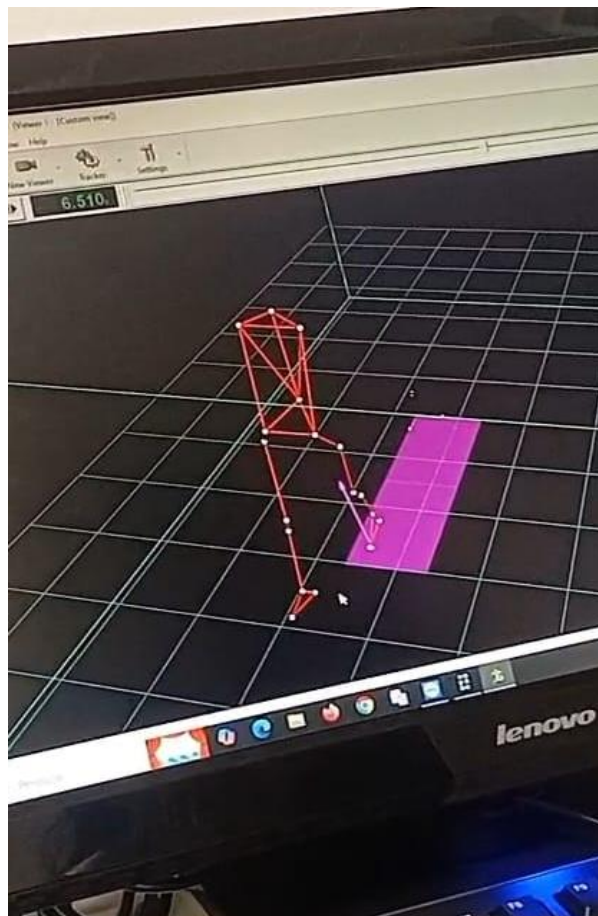


Figura 3: Reconstrução da estrutura corporal

Após a colocação dos marcadores, os participantes realizaram uma avaliação estática sobre a plataforma de força e, em seguida, uma avaliação dinâmica da marcha, em dois momentos distintos: sem órtese e com órtese no membro acometido.

Foram coletados parâmetros têmporo espaciais, incluindo o tempo de passada, tempo de apoio, tempo de balanço, velocidade média, cadência, comprimento da passada e comprimento do passo, bem como parâmetros cinemáticos estáticos e dinâmicos da flexão e extensão do joelho, flexão plantar e dorsiflexão do tornozelo e a progressão do pé. Essa análise possibilitou comparar objetivamente a marcha dos participantes nos dois momentos avaliados.

Após os testes de marcha, os participantes responderam ao questionário de usabilidade e satisfação (Apêndices A e B). Para avaliar a usabilidade, foi realizada uma adaptação da ferramenta Health Information Technology Usability Evaluation Scale (Health-ITUES), validada e que leva em consideração aspectos relacionados ao impacto, utilidade, facilidade de uso e controle do usuário.¹⁴ Para avaliar a satisfação, foi elaborada uma escala na qual o participante atribuía uma pontuação de 0 a 10, além de um espaço destinado a sugestões, caso julgasse necessário.

Cada sessão durou em média 1 hora e ela foi agendada de acordo com a disponibilidade do participante, podendo ser necessária a repetição do procedimento dependendo da adaptação individual ao dispositivo, sendo marcado um novo horário conforme a disponibilidade do voluntário.

Foi conduzida análise descritiva para caracterizar as variáveis estudadas. As variáveis qualitativas foram descritas por meio de frequências absolutas e percentuais, enquanto as variáveis quantitativas foram analisadas através de medidas de tendência central, como a média e a mediana, e de dispersão, como o desvio padrão e valores máximos e mínimos.

Para avaliar a normalidade das variáveis quantitativas, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk. A partir dos resultados desse teste, escolheram-se os métodos inferenciais adequados para a análise das relações entre as variáveis. Para a avaliação longitudinal, aplicou-se o teste t pareado ou, alternativamente, o teste de Wilcoxon. Em todas as análises, considerou-se um nível de significância de 5%.

III. RESULTADOS

A amostra deste estudo foi composta por 8 participantes, dos quais 25% eram sexo masculino e 75% do sexo feminino, todos aceitaram participar e deram continuidade em todo processo. A média de idade dos participantes foi de 48 anos. Em relação ao lado acometido, 62,5% apresentavam comprometimento do lado esquerdo, enquanto 37,5% apresentavam comprometimento do lado direito. A avaliação da espasticidade pela Escala de Ashworth demonstrou a seguinte distribuição, +1 em 25% dos casos, grau 1 em 50%, grau 0 em 12,5% e grau 3 em 12,5%.

Para avaliar os resultados da marcha, foram calculadas medidas descritivas de cada parâmetro da avaliação considerando os dois momentos de coleta, com e sem o uso da neuroórtese. Além disso, aplicou-se teste de verificação de diferença entre as duas condições, considerando valores de P inferiores a 0,05 como estatisticamente significativos.

Ao analisar os parâmetros têmporo espaciais, o tempo de passada do lado acometido (LA) aumentou de 1,3 +/- 0,1 s sem órtese para 1,4 +/- 0,2 s com órtese, enquanto o tempo de passada do lado não acometido (LNA) os valores permaneceram estáveis. Paralelo a isso, o tempo de balanço do LA aumentou de 0,5 s para 0,6 s e o tempo de apoio do LNA de 0,9 s para 1,0 s, sugerindo que o uso da órtese pode estar associado a uma passada mais longa do LA.

A velocidade média da marcha manteve-se estável entre 0,7 e 0,8 m/s. Em contrapartida, o resultado da cadência ao utilizar a órtese apresentou redução de 94,6 passos/min para 87,8 passos/min, indicando uma marcha mais lentificada e com um maior tempo de apoio.

Nos parâmetros cinemáticos, a flexo-extensão do joelho, tanto estática quanto dinâmica, apresentou variações pequenas, sendo inferiores a 2°. Já a flexão plantar e dorsiflexão estática do tornozelo do LA teve uma mudança mais expressiva, passando de -2,2° sem órtese para -13° com órtese, sendo um aumento superior a 11° de dorsiflexão, diferentemente da análise dinâmica, que teve variações discretas.

A progressão do pé, tanto estática quanto dinâmica, manteve valores semelhantes nos dois momentos.

As variáveis cinemáticas dinâmicas apontam o mesmo resultado das variáveis estáticas, uma vez que a angulação dos movimentos analisados não apresentaram diferenças estatisticamente consideráveis. (Tabela 1)

Tabela 1 - Análise comparativa dos parâmetros da marcha com e sem o uso da órtese.

VARIÁVEL	SEM ÓRTESE	COM ÓRTESE	VALOR DE P
Tempo de passada la	1.3 (0.1) 1.3 (1.2-1.5)	1.4 (0.2) 1.4 (1.2-1.7)	0.354
Dp tempo de passada la	0.1 (0.0) 0.1 (0.0-0.1)	0.1 (0.0) 0.1 (0.0-0.1)	0.818
Tempo de passada lna	1.3 (0.1) 1.3 (1.0-1.5)	1.4 (0.2) 1.3 (1.2-1.7) (momento da coleta com órtese no LA)	0.184
Dp tempo de passada lna	0.1 (0.1) 0.1 (0.0-0.3)	0.1 (0.1) 0.1 (0.0-0.2) (momento da coleta com órtese no LA)	0.498
Tempo de apoio la	0.8 (0.1) 0.8 (0.7-0.9)	0.8 (0.1) 0.8 (0.7-1.0)	0.376
Dp tempo de apoio la	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.1)	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.1)	0.735
Tempo de apoio lna	0.9 (0.1) 0.9 (0.6-1.1)	0.9 (0.2) 1.0 (0.7-1.2) (momento da coleta com órtese no LA)	0.336
Dp tempo de apoio lna	0.1 (0.1) 0.1 (0.0-0.2)	0.1 (0.1) 0.1 (0.0-0.2) (momento da coleta com órtese no LA)	0.652
Tempo de balanço la	0.5 (0.1) 0.5 (0.4-0.6)	0.6 (0.1) 0.6 (0.5-0.7)	0.243
Dp tempo de balanço la	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.1)	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.1)	0.125
Tempo de balanço lna	0.4 (0.1) 0.4 (0.4-0.5)	0.5 (0.1) 0.4 (0.4-0.6) (momento da coleta com órtese no LA)	0.241
Dp tempo de balanço lna	0.1 (0.0) 0.1 (0.0-0.1)	0.1 (0.0) 0.1 (0.0-0.2) (momento da coleta com órtese no LA)	0.405

Velocidade média	0.7 (0.2) 0.8 (0.4-0.9)	0.7 (0.2) 0.7 (0.4-1.0)	0.806
Dp velocidade média	0.0 (0.1) 0.0 (0.0-0.1)	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.1)	0.619
Cadência	94.6 (9.8) 93.6 (80.6-112.0)	87.8 (10.5) 87.3 (70.1-103.2)	0.202
Dp cadência	7.8 (7.0) 3.9 (2.1-20.5)	3.5 (2.0) 3.6 (1.0-5.7)	0.120
Comprimento da passada la	0.9 (0.2) 1.0 (0.6-1.1)	1.0 (0.2) 0.9 (0.7-1.3)	0.758
Dp comprimento da passada la	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.1)	0.0 (0.1) 0.0 (0.0-0.2)	0.660
Comprimento da passada lna	0.9 (0.2) 0.9 (0.6-1.1)	1.0 (0.2) 1.0 (0.7-1.2) (momento da coleta com órtese no LA)	0.425
Dp comprimento da passada lna	0.1 (0.1) 0.0 (0.0-0.3)	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.1) (momento da coleta com órtese no LA)	0.360
Comprimento do passo la	0.5 (0.1) 0.5 (0.4-0.6)	0.5 (0.1) 0.5 (0.4-0.6)	0.909
Dp comprimento do passo la	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.0)	0.0 (0.1) 0.0 (0.0-0.2)	0.315
Comprimento do passo lna	0.4 (0.1) 0.4 (0.3-0.6)	0.5 (0.1) 0.4 (0.3-0.7) (momento da coleta com órtese no LA)	0.729
Dp comprimento do passo lna	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.0)	0.0 (0.0) 0.0 (0.0-0.1) (momento da coleta com órtese no LA)	0.525
Flex-ext estática do joelho la	8.2 (11.3) 6.5 (-9.6-21.9)	7.9 (12.6) 5.8 (-7.6-25.5)	0.959

Dp flex-ext estática do joelho la	0.3 (0.3) 0.2 (0.1-1.0)	0.3 (0.3) 0.2 (0.1-0.7)	0.729
Flex-ext estática do joelho lna	6.3 (6.5) 7.2 (-3.5-16.1)	7.0 (7.5) 6.8 (-6.0-20.8) (momento da coleta com órtese no LA)	0.862
Dp flex-ext estática do joelho lna	0.3 (0.2) 0.2 (0.1-0.8)	0.4 (0.2) 0.3 (0.1-0.7) (momento da coleta com órtese no LA)	0.453
Flex plantar e dorsi estática do tornozelo la	-2.2 (25.1) -4.7 (-25.8-55.1)	-13.5 (17.8) -5.1 (-41.2-1.7)	0.317
Dp flex plantar e dorsi estática do tornozelo la	0.3 (0.3) 0.2 (0.1-0.9)	0.3 (0.2) 0.2 (0.1-0.7)	0.922
Flex plantar e dorsi estática do tornozelo lna	-1.8 (38.0) -6.3 (-36.7-86.2)	-12.0 (15.1) -6.5 (-39.4-3.3) (momento da coleta com órtese no LA)	0.492
Dp flex plantar e dorsi estática do tornozelo lna	0.6 (0.7) 0.3 (0.0-1.9)	0.4 (0.2) 0.4 (0.1-0.6) (momento da coleta com órtese no LA)	0.437
Progressão estática do pé la	-15.8 (9.1) -16.1 (-27.8-2.0)	-13.9 (9.8) -11.5 (-29.7-1.5)	0.693
Dp progressão estática do pé la	0.1 (0.1) 0.1 (0.0-0.2)	0.1 (0.1) 0.1 (0.0-0.2)	1.000
Progressão estática do pé lna	-13.9 (7.0) -13.1 (-23.7-3.0)	-15.6 (7.6) -14.1 (-31.6-6.9) (momento da coleta com órtese no LA)	0.646
Dp progressão estática do pé lna	0.1 (0.1) 0.1 (0.0-0.3)	0.2 (0.1) 0.2 (0.0-0.3) (momento da coleta com órtese no LA)	0.216
Flex-ext dinâmica do joelho la	13.9 (2.1) 13.3 (11.3-17.4)	13.8 (4.1) 15.7 (5.5-18.0)	0.988
Dp flex-ext dinâmica do joelho la	1.0 (0.5) 1.0 (0.4-1.7)	0.9 (0.7) 0.8 (0.0-2.1)	0.652

Flex-ext dinâmica do joelho lna	15.6 (5.4) 15.3 (8.0-25.9)	15.7 (2.5) 15.1 (12.7-19.8)	(momento da coleta com órtese no LA)	0.995
Dp flex-ext dinâmica do joelho lna	1.5 (0.7) 1.3 (0.9-2.9)	2.5 (2.0) 2.2 (0.8-6.7)	(momento da coleta com órtese no LA)	0.174
Flex plantar e dorsi dinâmica do tornozelo la	21.4 (14.1) 19.9 (7.3-38.2)	19.8 (14.6) 12.5 (7.1-39.3)		0.825
Dp flex plantar e dorsi dinâmica do tornozelo la	1.1 (1.0) 0.8 (0.2-3.0)	1.1 (1.0) 0.8 (0.1-3.2)		0.942
Flex plantar e dorsi dinâmica do tornozelo lna	18.3 (14.6) 14.5 (6.5-49.3)	14.1 (7.9) 10.2 (7.2-27.1)	(momento da coleta com órtese no LA)	0.492
Dp flex plantar e dorsi dinâmica do tornozelo lna	1.7 (1.4) 1.3 (0.4-4.3)	0.9 (0.7) 0.7 (0.3-2.1)	(momento da coleta com órtese no LA)	0.161
Progressão dinâmica do pé la	7.4 (4.0) 6.6 (3.2-13.9)	6.7 (3.2) 5.4 (3.6-12.8)		0.705
Dp progressão dinâmica do pé la	1.3 (0.9) 1.2 (0.1-2.9)	0.9 (0.7) 0.7 (0.1-2.2)		0.425
Progressão dinâmica do pé lna	10.1 (6.3) 9.9 (3.9-21.9)	8.3 (3.7) 7.6 (4.2-13.3)	(momento da coleta com órtese no LA)	0.496
Dp progressão dinâmica do pé lna	1.5 (1.3) 1.3 (0.4-3.8)	1.2 (1.0) 1.0 (0.2-3.2)	(momento da coleta com órtese no LA)	0.588

LA: Lado acometido; LNA: Lado não acometido; DP: Desvio padrão.

Apesar das mudanças nos parâmetros da marcha não terem sido estatisticamente significantes, os achados relacionados à viabilidade clínica fundamentam-se na avaliação subjetiva dos participantes, através dos questionários de usabilidade e satisfação que apontaram bons resultados por parte dos participantes. Em relação à satisfação, 62,5% concordaram em "muito satisfeitos" e os outros 37,5% "satisfeitos", concluindo um resultado positivo em relação a satisfação ao uso do aparelho. Já em relação ao questionário da usabilidade, grande parte,

sendo 87,5%, concorda totalmente que a órtese com eletroestimulação representa um avanço tecnológico para o pé equino, por outro lado 50% dos participantes também concordaram que o uso dessa tecnologia seria bom para a população em geral.

No que se trata da funcionalidade oferecida com o uso da neuroórtese na percepção dos participantes, 87,5% concordaram que a órtese facilita a caminhada e 87,5% que torna a marcha mais harmoniosa. Outrossim, 62,5% relataram satisfação com o caminhar com o uso da neuroórtese, e 87,5% concordaram quanto ao conforto na habilidade de utilizar o dispositivo. Além disso, 87,5% dos participantes consideraram fácil de compreender e utilizar o dispositivo. Outros elementos também analisados na usabilidade incluíram o feedback do dispositivo sobre o uso incorreto, a facilidade de correção de erros e a clareza das informações trazidas por ele, todos predominando respostas positivas. (Tabela 2)

Tabela 2 - Grau de satisfação e usabilidade dos participantes ao utilizarem a órtese.

Variável	Contadores	% do Total
GRAU DE SATISFAÇÃO		
• Muito satisfeito	5	62.5%
• Satisfeito	3	37.5%
Órtese com eletroestimulação para pé equino (avanço tecnológico)		
• Concordo	1	12.5%
• Concordo totalmente	7	87.5%
Órtese com eletroestimulação para pessoas em geral (avanço tecnológico)		
• Discordo totalmente	2	25.0%
• Discordo parcialmente	2	25.0%
• Concordo	1	12.5%

• Concordo totalmente	3	37.5%
-----------------------	---	-------

Facilita a caminhada

• Nem concordo, nem discordo	1	12.5%
------------------------------	---	-------

• Concordo	3	37.5%
------------	---	-------

• Concordo totalmente	4	50.0%
-----------------------	---	-------

Torna a caminhada mais harmoniosa

• Nem concordo, nem discordo	1	12.5%
------------------------------	---	-------

• Concordo	4	50.0%
------------	---	-------

• Concordo totalmente	3	37.5%
-----------------------	---	-------

Satisfação com o caminhar usando a órtese

• Nem concordo, nem discordo	2	25.0%
------------------------------	---	-------

• Concordo	1	12.5%
------------	---	-------

• Concordo totalmente	5	62.5%
-----------------------	---	-------

Conforto com a habilidade de uso

• Nem concordo, nem discordo	1	12.5%
------------------------------	---	-------

• Concordo	3	37.5%
------------	---	-------

• Concordo totalmente	4	50.0%
-----------------------	---	-------

Facilidade de aprendizado

• Discordo totalmente	1	12.5%
• Concordo	3	37.5%
• Concordo totalmente	4	50.0%

Feedback sobre uso incorreto

• Discordo totalmente	1	12.5%
• Discordo parcialmente	1	12.5%
• Concordo	5	62.5%
• Concordo totalmente	1	12.5%

Facilidade de correção de erros

• Discordo totalmente	1	12.5%
• Discordo parcialmente	1	12.5%
• Nem concordo, nem discordo	1	12.5%
• Concordo	3	37.5%
• Concordo totalmente	2	25.0%

Clareza das informações

• Discordo parcialmente	1	12.5%
• Concordo	1	12.5%
• Concordo totalmente	6	75.0%

Embora os resultados dos parâmetros da marcha não tenham mostrado resultados estatisticamente significativos no comparativo entre o uso da órtese e o não uso, os dados coletados através da usabilidade e satisfação indicou boa aceitação da neuroórtese pelos participantes, sugerindo potencial para aplicação clínica.

VI. DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou o uso da neuroórtese como recurso para estímulo da dorsiflexão em indivíduos com pé equino. Embora não tenham sido observadas mudanças estatisticamente significativas nos parâmetros da marcha analisados, esse resultado pode estar relacionado ao número reduzido de participantes, visto que esta é uma análise preliminar de um estudo cuja amostra estimada é de 64 indivíduos. Além disso, o desenho transversal do estudo não permite analisar os efeitos da neuroórtese a longo prazo. Ainda assim, os achados permitem estabelecer relações com literaturas já existentes, indicando grande potencial da neuroórtese na reabilitação motora.

A dorsiflexão do tornozelo é um movimento fundamental para a progressão da marcha, especialmente durante a fase de balanço.⁸ O déficit nesse movimento, normalmente devido a uma combinação de fraqueza do músculo dorsiflexor do tornozelo e espasticidade do músculo flexor plantar, resulta no pé equino, deixando a marcha mais lenta e aumentando o risco de quedas. Tradicionalmente, as órteses tornozelo-pé (AFOs) são prescritas para o tratamento da queda do pé, contudo, elas limitam a mobilidade do tornozelo e diminuem a atividade muscular, prejudicando o equilíbrio dinâmico.¹⁵⁻¹⁶ Nesse contexto, a Estimulação Elétrica Funcional (FES), surge como uma alternativa promissora para fornecer a dorsiflexão ativa, melhorando a qualidade e simetria da marcha.

Um estudo anterior demonstrou que o uso da FES resultou em melhora significativa em variáveis como cadência, comprimento do passo e amplitude da dorsiflexão.¹⁷ Esses resultados positivos podem estar relacionados ao maior número de participantes incluídos e ao fato do uso de uma metodologia de acompanhamento prolongado. A comparação com o presente estudo sugere que as limitações da amostra menor (N=8) e do delineamento transversal podem ter restringido os benefícios semelhantes.

De forma complementar, uma revisão sistemática com meta-análise mostrou que a FES, quando associada à fisioterapia, promove efeitos positivos na velocidade da marcha.¹⁶ Considerando que o presente estudo é transversal, não foi possível avaliar efeitos ao longo do tempo ou em combinação com outras intervenções, indicando que a FES pode ser explorada em pesquisas futuras como estratégia promissora.

Em um outro estudo, foram comparadas a AFO e FES em vinte participantes pós-AVC e foi constatado que a FES em comparação com a AFO promoveu ganhos funcionais mais relevantes

na biomecânica da marcha, especialmente na velocidade de caminhada e resistência, mesmo que em outros parâmetros não tenha apresentado resultados estatísticos significativos. Em relação a satisfação dos pacientes ao uso do FES durante a caminhada, os resultados foram positivos e promissores.¹⁸ Correlacionando com o atual estudo, os participantes também relataram boa usabilidade e elevada satisfação ao utilizar a eletroestimulação. No entanto, torna-se evidente que, para observar resultados significativos nos parâmetros da marcha, é necessário a continuação do estudo com um maior número de participantes.

O nosso estudo traz consigo um diferencial metodológico pelo fato de que a análise foi realizada com o uso de aparelhos de acurácia significativa, como o sistema de captura de movimento e a plataforma de força, o que oferece confiabilidade ao método utilizado. Dessa forma, garante estabilidade aos dados coletados e sinaliza que, mesmo em estudos com amostra reduzida, como o atual estudo (N=8), ainda assim, informações importantes podem ser extraídas para o entendimento do efeito da neuroórtese sobre os parâmetros quantitativos da marcha.

Por outro lado, é válido considerar a aceitação e a experiência dos participantes em relação ao dispositivo. Os achados positivos obtidos no atual estudo, como uma boa adaptabilidade e a ausência de efeitos adversos, foram coletados através dos questionários de usabilidade e satisfação, refletindo que a neuroórtese é confiável e aplicável, mesmo que seus efeitos sobre as variáveis biomecânicas não tenham resultados significativos neste estudo. Ainda assim, essa observação demonstra que entender a percepção do paciente ao uso da neuroórtese em futuros estudos é importante assim como a qualidade de vida, independência funcional e a sensação de segurança.

Algumas limitações foram observadas no atual estudo, número reduzido de participantes e o desenho transversal o qual não possibilita avaliar os efeitos da neuroórtese a longo prazo, impedindo avaliar os efeitos do uso prolongado do aparelho. Além disso, o recrutamento dos participantes por conveniência também pode introduzir viés, reduzindo a aplicabilidade dos resultados para outras populações. Entretanto, o atual estudo possibilita abrir caminhos para novas pesquisas que possam solidificar o uso da neuroórtese na reabilitação funcional.

Para os pacientes que se beneficiaram do uso da neuroórtese, que buscam mais naturalidade da marcha e que reconhecem a importância de serem ativos no processo de reabilitação, os resultados obtidos, sob a perspectiva clínica, evidenciam a importância de avaliar a neuroórtese como opção às órteses habitualmente utilizadas.

Portanto, conclui-se que a neuroórtese não promoveu diferenças estatisticamente significativas na marcha de indivíduos com pé equino. No entanto, os participantes relataram boa satisfação e aceitação, sugerindo um dispositivo de boa viabilidade e potencial para aplicação clínica. Nesse sentido, faz-se necessário continuar e expandir o estudo com investigações futuras com um maior número de participantes, metodologias longitudinais que permitam avaliar a longo prazo e utilizar protocolos comparativos com diferentes recursos (neuroórtese, órtese convencionais, fisioterapia isolada ou em combinação). Além disso, é de suma importância avaliar e incluir indicadores clínicos mais amplos, como risco de quedas, independências nas atividades de vida diária (AVDs) e influências na qualidade de vida. Dessa forma, os estudos poderão trazer mais exatidão aos possíveis benefícios da neuroórtese e contribuir para sua aplicabilidade na prática clínica.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1- MELO, Maria Flávia Barbosa de. Influência da eletroestimulação funcional na análise da marcha em pacientes com sequela de pé equino. ATTENA [Internet]. 31 ago 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/31147?mode=full>

- 2- Morais Filho MC, Reis RA dos, Kawamura CM. Avaliação do padrão de movimento dos joelhos e tornozelos durante a maturação da marcha normal. *Acta ortop bras* [Internet]. 2010;18(1):23–5. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1413-78522010000100004>

- 3- Avelino PR, Menezes KKP de, Alvarenga MTM, Scianni AA. Capacidade, desempenho e confiança da marcha como preditores de quedas em indivíduos pós-acidente vascular encefálico. *Fisioter Pesqui* [Internet]. 2021Oct;28(4):443–8. Available from: <https://doi.org/10.1590/1809-2950/21005528042021>

- 4- Silva LLM, Moura CEM, Godoy JRP. A marcha no paciente hemiparético. *Revista Universitas Ciências da Saúde*. 2005;3(2). doi: 10.5102/ucs.v3i2.559. Disponível em: <https://www.jus.uniceub.br/cienciasaude/article/view/559>

- 5- Lippert LS. *Cinesiologia Clínica e Anatomia*, 6ª edição. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN; 2018.

- 6- Fernandes M. Alterações da simetria espaço-temporal da marcha medidas por um sistema ambulatório de análise cinemática tridimensional [dissertação de mestrado]. Setúbal: Instituto Politécnico de Setúbal; 2016. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/entities/publication/26356172-6bc7-4609-bd59-5317ac0e4b65>

- 7 - Sanghan T, Hohsoh N, Stojanović G, Begg R, Chatpun S. Inter-lower limb and intra-lower limb muscle activity correlations during walking: A comparative study of stroke patients and healthy individuals. *PLoS One*. 2025 May 12;20(5):e0319955. doi: 10.1371/journal.pone.0319955.PMID:40354342;PMCID:PMC12068577.<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12068577/>

- 8 - Dong Y, Wang K, He R, Zheng K, Wang X, Huang G, Song R. Hybrid and adaptive control of functional electrical stimulation to correct hemiplegic gait for patients after stroke. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023 Aug 7;11:1246014. doi: 10.3389/fbioe.2023.1246014. PMID: 37609119; PMCID: PMC10441235.<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10441235/>

9 - Camargo ACS, Loureiro MA. Intervenções fisioterapêuticas para melhora da marcha hemiparética: revisão bibliográfica [trabalho de conclusão de curso]. Bragança Paulista: Universidade São Francisco; 2016. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2727.pdf>

10- Morone G, Fusco A, Di Capua P, Coiro P, Pratesi L. Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: a randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase. *Stroke Res Treat*. 2012;2012:523564. doi: 10.1155/2012/523564. Epub 2012 Dec 22. PMID: 23316416; PMCID: PMC3539353.

11- Monteiro TA, Zaffani E, Silva Júnior MRL, Albertini R, Ignácio H, Figueiredo MG. Correção do “pé caído” por paralisia do nervo fibular, pela transferência do tendão tibial posterior para o dorso do pé via membrana interóssea. *Rev ABTPé*. 2012;6(1). Disponível em: <https://jfootankle.com/ABTPe/article/view/604>

12- Everaert DG, Stein RB, Abrams GM, Dromerick AW, Francisco GE, Hafner BJ, Huskey TN, Munin MC, Nolan KJ, Kufta CV. Effect of a foot-drop stimulator and ankle-foot orthosis on walking performance after stroke: a multicenter randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013 Sep;27(7):579-91. doi: 10.1177/1545968313481278. Epub 2013 Apr 4. PMID: 23558080.

13- KRONE, Caroline. Validação de Heurísticas de Usabilidade para Celulares Touchscreen. Grupo de Qualidade de Software/INCoD/UFSC. Florianópolis – SC, 2013.

14- Schnall R, Cho H, Liu J. Health Information Technology Usability Evaluation Scale (Health-ITUES) for usability assessment of mobile health technology: validation study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2018 Jan 5;6(1):e4. doi: 10.2196/mhealth.8851.

15- Bethoux F, Rogers HL, Nolan KJ, McGuire JR, McGlinchey RE, et al. Long-term follow-up to a randomized controlled trial comparing functional electrical stimulation and ankle-foot orthosis for walking in individuals with chronic hemiparetic stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015 Oct;29(10):911-22. doi: 10.1177/1545968315570325.

- 16- Cunha MJ, Rech KD, Salazar AP, Pagnussat AS. Functional electrical stimulation of the peroneal nerve improves post-stroke gait speed when combined with physiotherapy: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2021 Jan;64(1):101388. doi:10.1016/j.rehab.2020.03.012
- 17- Chen S, Gao J, Zhou Y, Zheng B, et al. Implications of neuromuscular electrical stimulation on gait ability, balance and kinematic parameters after stroke: a systematic review and meta-analysis. *J NeuroEng Rehabil*. 2024;21:164. doi:10.1186/s12984-024-01462-2.
- 18- Sannyasi G, Ojha R, Prakash NB, Isaac J, Maheswari V, Mahasampath GS, Tharion G. Gait Characteristics Following Stroke: A Prospective Crossover Study to Compare Ankle-Foot Orthosis with Functional Electrical Stimulation. *Neurol India*. 2022;70(5):1830-5. doi:10.4103/0028-3886.359240.

APÊNDICE A - AVALIAÇÃO DA USABILIDADE

Por favor, após utilizar a neuroórtese pontue como cada uma dessas frases melhor representa sua experiência.

	CONCORDO TOTALMEN TE	CONCOR DO	NEM CONCORD O, NEM DISCORD O	DISCORDO PARCIALMEN TE	DISCORDO TOTALMEN TE
Eu considero que a órtese associada a eletroestimulação é um avanço tecnológico importante para as pessoas com pé equino.					
Eu considero que a órtese associada a eletroestimulação é um avanço tecnológico importante para a população em geral.					
A ferramenta desenvolvida torna mais fácil minha caminhada					
A ferramenta desenvolvida torna a minha caminhada mais harmoniosa.					
Eu me sinto satisfeita com o meu					

caminhar com a órtese					
Eu estou confortável com a minha habilidade para usar a órtese					
Foi fácil aprender a usar a órtese					
Eu considero fácil utilizar a órtese.					
A órtese me informa se eu estou usando incorretamente e aponta soluções para que eu corrija o problema.					
Quando eu cometo algum erro ao usar consigo corrigir facilmente.					
As informações dadas pela órtese são claras.					

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO SOBRE SATISFAÇÃO E SUGESTÕES PARA MELHORIA DO SISTEMA

Participante nº: _____

Nome: _____

1. Qual a avaliação que você daria para o seu grau de satisfação em relação ao sistema utilizado? Escolha o número mais adequado para expressar sua satisfação.



2. Você tem alguma observação ou sugestão a fazer para contribuir com a melhoria do sistema utilizado?

APÊNDICE C – LISTA DE CHECAGEM DOS CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE**LISTA DE CHECAGEM**

nº: _____

Nome: _____

Idade: _____ anos

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO☒ SIM ☐ NÃO

Maior do que 18 anos

() SIM () NÃO

Sensibilidade de membros inferiores preservada

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Escala de ashworth maior que 3

Apresenta deformidades consolidadas na articulação do tornozelo

Feridas na região

Tolerar a eletroestimulação

Gestantes

Se elegível, concorda em participar?

() Sim () Não