

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

FABIANA SILVA MARQUES

Efeito do aumento da dificuldade da tarefa de colocar o pé no degrau na coordenação
intra-membro de pessoas com hemiparesia pós Acidente Vascular Cerebral.

SÃO CARLOS -SP

2025

FABIANA SILVA MARQUES

Efeito do aumento da dificuldade da tarefa de colocar o pé no degrau na coordenação intra-membro de pessoas com hemiparesia pós Acidente Vascular Cerebral.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Fisioterapia.

Área de concentração: Processos Básicos, Desenvolvimento e Recuperação Funcional do Sistema Nervoso

Orientadora: Profa. Dra. Natalia Duarte Pereira

Coorientação: Prof. Dr. Matheus Maia Pacheco

São Carlos-SP

2025

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por ser a minha fortaleza e guia em todos os momentos da minha vida. Por me dar saúde, coragem, sabedoria e discernimento para enfrentar cada desafio que surgiu durante essa caminhada.

Aos meus pais, que são o alicerce da minha vida. Obrigada pelo amor incondicional, pelos ensinamentos que carregarei comigo para sempre e por acreditarem em mim, mesmo quando eu mesma duvidei. Vocês me deram as asas para sonhar e as raízes para nunca esquecer de onde vim.

Ao meu amado, Victor Augusto Dato da Silva Pinto, minha fonte de força e equilíbrio. Obrigada pelo companheirismo, por cada palavra de incentivo, pelos momentos de carinho e pelo apoio irrestrito em todas as etapas dessa jornada. Sua crença no meu potencial foi fundamental para que eu tivesse coragem de seguir em frente.

Aos meus irmãos, Thiago Silva, Francilene Silva e Paulo Ricardo por estarem sempre ao meu lado, compartilhando alegrias, desafios e conquistas. O amor e o apoio de vocês são essenciais na minha jornada.

À minha cunhada, Karen Dato e a sua amada Cristiane Alves, por todo apoio e pelos finais de semana de jogos, conversas e risadas, que sempre me ajudaram a aliviar o peso da jornada.

Às minhas amigas e irmãs de consideração, Natalia Mendes Santana e Evellyn Marcela, pelas incontáveis horas em chamada, onde importamos nossas experiências profissionais, acadêmicas e pessoais, sempre nos motivando mutuamente.

As minhas sobrinhas e sobrinhos, Yasmim Priscila, Ana Beatriz, Gabriella Lauany, Paulo Victor e Luiz Henrique, que são minha maior motivação para seguir em frente a cada dia e lutar por um futuro melhor.

Às minhas amigas, Elaine e Laura Helen, que me acolheram com tanto afeto e me deram suporte em momentos cruciais. Obrigada pelos risos compartilhados, pelas conversas sinceras e pela amizade que me ajudou a seguir firme, mesmo quando o caminho parecia mais árduo.

À minha orientadora, Natália Duarte, minha maior inspiração acadêmica e pessoal. Não tenho palavras suficientes para expressar minha gratidão por todo o apoio, paciência e dedicação. Você não foi apenas uma orientadora; foi uma mentora, uma amiga e uma confidente. Obrigada por acreditar em mim, por me desafiar a ser sempre melhor e por me mostrar que, com esforço e determinação, posso alcançar qualquer objetivo.

Ao meu coorientador, Matheus Pacheco, por suas contribuições inestimáveis ao longo desse processo. Sua paciência nas discussões, sua generosidade em compartilhar conhecimentos e seus conselhos sempre tão sensatos fizeram uma diferença enorme na construção deste trabalho.

Aos professores do programa de pós-graduação, que foram fundamentais para minha formação. Obrigada por compartilharem seus conhecimentos com tanto empenho e por me desafiarem a crescer academicamente e pessoalmente.

Aos meus colegas de laboratório – Murilo Destro, Gabriela Reis, Tainara Rodrigues, Thaís Chaves, Michel, Ana, Isabella, Giselle, Pedro, Leticia e Naiara – por dividirem comigo os desafios e as alegrias desse percurso. Obrigada pelas trocas de ideias, pela ajuda mútua nos momentos difíceis e pelas risadas que tornaram o ambiente de trabalho mais leve e prazeroso.

Ao professor José Roberto Godoi, pela confiança depositada em mim, pelos ensinamentos inspiradores e pelo apoio indispensável ao longo dessa trajetória. Sou profundamente grata por acreditar no meu potencial e por viabilizar uma bolsa em um momento crucial da minha jornada acadêmica. Seu gesto não apenas me permitiu seguir em frente, mas também aumentou minha determinação de alcançar meus objetivos.

Aos meus colegas do Gedom - Ana, Guilherme, Sabrina Diniz, Elinton Souza, Carlos Arruda, Heitor, Wendel e Luiz - meus primeiros amigos de coleta, que estiveram ao meu lado desde o início da minha jornada acadêmica, compartilhando desafios, aprendizados e discussões enriquecedoras. Sou grata pelo apoio e pela parceria ao longo dessa jornada.

À secretária da pós-graduação, Patty, por sua eficiência, disponibilidade e gentileza ao lidar com todas as demandas que surgiram durante esse período. Seu suporte foi indispensável para que eu pudesse me concentrar nos estudos e pesquisas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro a mim destinado para a realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço a todos os amigos que, direta ou indiretamente, estiveram ao meu lado durante essa jornada. Obrigada pelos momentos de descontração que aliviaram o peso do caminho, pelas palavras de incentivo nos dias difíceis e pela presença constante, mesmo que em espírito, quando a distância nos separou. Cada um de vocês, de forma única, contribuiu para que eu chegasse até aqui, e minha gratidão será eterna.

RESUMO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) pode resultar em sequelas motoras, como hemiparesia, que afetam a mobilidade e a qualidade de vida dos indivíduos. A execução de tarefas funcionais complexas — como subir degraus — exige coordenação, força e controle postural, e pode ser individualmente desafiadora em função do grau de comprometimento motor. Nesse contexto, a maneira como essas tarefas são estruturadas e praticadas durante a reabilitação influencia diretamente os ajustes no comportamento motor. Apesar da prática orientada à tarefa ser uma abordagem eficaz na reabilitação neurológica, ainda há uma falta de evidências sobre os efeitos da progressão sistemática da dificuldade da tarefa, bem como sobre os critérios mais adequados para individualização com base nas características funcionais de cada paciente. **Objetivos:** O primeiro teve como objetivo investigar os efeitos da progressão da dificuldade de uma tarefa funcional — colocar o membro inferior parético sobre um degrau — na coordenação intra-membros de indivíduos pós-AVC e o segundo estudo objetivou identificar os fatores antropométricos e funcionais que influenciam a escolha da altura do degrau. **Materiais e métodos:** Este estudo incluiu 24 indivíduos pós-AVC crônicos, média 60,96 anos, divididos em dois grupos: grupo 1 (progressão da altura do degrau) e grupo 2 (sem mudanças na altura). O exercício funcional consistiu em colocar o membro afetado sobre um degrau repetindo o movimento 10 vezes por série, totalizando 10 séries, ajustando a altura com base na Escala de Percepção de Desafio (RPC). Os dados biomecânicos foram capturados pelo sistema Qualisys processados pelo software Visual 3D e pelo matlab, com foco nos ângulos articulares do quadril, joelho e tornozelo, no plano sagital. Para análise estatística, foi utilizado o Mapeamento Paramétrico Estatístico (SPM), permitindo avaliar mudanças ao longo de toda a série temporal. Participaram do segundo estudo 29 indivíduos pós-AVC com idade entre 42 e 82 anos, com hemiparesia crônica (≥ 6 meses), capazes de caminhar ≥ 8 metros três vezes ao dia e atendendo aos pontos de corte ajustados do Mini-Exame do Estado Mental (MEEM). A altura do degrau escolhida pelos participantes foi mensurada pela escala Rating of Perceived Challenge (RPC), definida com base na faixa ideal (6–8). Outros parâmetros analisados incluíram o comprimento dos membros inferiores, recuperação motora (Avaliação Fugl-Meyer) e mobilidade funcional (Timed Up and Go, TUG). As análises incluíram correlação de Pearson entre variáveis e um modelo de regressão linear múltipla para determinar o peso relativo de cada variável na escolha da altura. **Resultados:** Os resultados do primeiro estudo mostraram que a progressão da altura influenciou significativamente os ângulos do quadril e do joelho, principalmente durante as fases de subida e descida no grupo com progressão, sugerindo ajustes motores

diante do aumento da dificuldade. O tornozelo manteve padrões estáveis, indicando menor adaptação em resposta ao desafio. Já a análise da variabilidade (desvio padrão) não apontou mudanças relevantes, sugerindo padrões motores consolidados mesmo sob progressão. No segundo estudo, a altura escolhida do degrau correlacionou-se positivamente com o comprimento dos membros inferiores ($r = 0,48$) e com os escores de Fugl-Meyer ($r = 0,66$), e negativamente com o tempo do TUG ($r = -0,54$). **Conclusão:** A progressão da tarefa funcional pode promover adaptações motoras importantes no quadril e joelho de indivíduos pós-AVC, enquanto a repetição favorece a estabilização dos padrões. Além disso, a escolha da altura do degrau deve considerar medidas antropométricas e desempenho funcional, reforçando a importância de abordagens personalizadas na reabilitação.

Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral; Progressão de Tarefa; Coordenação Motora; Reabilitação Funcional; Variabilidade Motora; Terapia de Contensão Induzida; hemiparesia; Terapia orientada a tarefa e Altura do degrau.

ABSTRACT

Stroke (Cerebrovascular Accident) can result in motor sequelae, such as hemiparesis, which affect individuals' mobility and quality of life. Performing complex functional tasks—such as stepping up onto a stair—requires coordination, strength, and postural control, and can be individually challenging depending on the degree of motor impairment. In this context, the way these tasks are structured and practiced during rehabilitation directly influences adjustments in motor behavior. Although task-oriented practice is an effective approach in neurological rehabilitation, there is still a lack of evidence on the effects of systematically progressing task difficulty, as well as on the most appropriate criteria for individualization based on each patient's functional characteristics. **Objectives:** The first objective was to investigate the effects of progressing the difficulty of a functional task—placing the paretic lower limb on a step—on intra-limb coordination in post-stroke individuals. The second study aimed to identify the anthropometric and functional factors that influence the choice of step height. **Materials and Methods:** This study included 24 chronic post-stroke individuals, average age 60.96 years, divided into two groups: Group 1 (step height progression) and Group 2 (no changes in height). The functional exercise consisted of placing the affected limb on a step, repeating the movement 10 times per set, for a total of 10 sets, with height adjusted based on the Rating of Perceived Challenge (RPC) scale. Biomechanical data were captured using the Qualisys system and processed with Visual 3D and MATLAB software, focusing on hip, knee, and ankle joint angles in the sagittal plane. Statistical analysis used Statistical Parametric Mapping (SPM), allowing for the evaluation of changes throughout the time series. The second study included 29 chronic post-stroke individuals aged 42 to 82 years, with hemiparesis for ≥ 6 months, able to walk ≥ 8 meters three times a day, and meeting the adjusted cut-off points of the Mini-Mental State Examination (MMSE). Step height selected by participants was measured using the Rating of Perceived Challenge (RPC) scale, based on the ideal range (6–8). Other parameters analyzed included lower limb length, motor recovery (Fugl-Meyer Assessment), and functional mobility (Timed Up and Go, TUG). Analyses included Pearson correlations between variables and a multiple linear regression model to determine the relative contribution of each variable to the height selection. **Results:** The first study's results showed that progressing the step height significantly influenced hip and knee joint angles, especially during the ascent and descent phases in the progression group, suggesting motor adjustments in response to increased difficulty. The ankle maintained stable patterns, indicating less adaptation to the challenge. Variability analysis (standard deviation) did not show significant changes, suggesting

consolidated motor patterns even under progression. In the second study, chosen step height positively correlated with lower limb length ($r = 0.48$) and Fugl-Meyer scores ($r = 0.66$), and negatively with TUG time ($r = -0.54$). The regression model indicated that lower limb length and TUG time explained 50.4% of the variance in step height selection, with TUG being a more robust predictor after statistical control. **Conclusion:** Progressing functional tasks can promote important motor adaptations in the hip and knee of post-stroke individuals, while repetition supports the stabilization of motor patterns. Additionally, selecting step height should consider anthropometric measurements and functional performance, reinforcing the importance of personalized approaches in rehabilitation.

Keywords: Stroke; Task Progression; Motor Coordination; Functional Rehabilitation; Motor Variability; Constraint-Induced Therapy; Hemiparesis; Task-Oriented Therapy; Step Height.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fluxograma 1 - Fluxograma das diretrizes do CONSORT.	26
Fluxograma 2 - Procedimento da intervenção.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características sociodemográficas e clínicas dos participantes.	29
Tabela 2. Descrição das variáveis tempo, rating of perceived challenge (RPC) e altura do degrau.	35
Tabela 3: Valores mínimos, máximos e amplitude de movimento.	36

LISTA DE SIGLAS

AVC - Acidente Vascular Cerebral.

RPC – Escala de Percepção de Desafio.

SPM – Mapeamento Paramétrico Estatístico.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Curva média do ângulo do quadril, durante a subida e a descida da tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 1. A linha azul representa o bloco 1 e a roxa o bloco 2. 36
- Figura 2. Curva média do ângulo do joelho durante a subida e a descida da tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 1. A linha azul representa o bloco 1 e a roxa o bloco 2. 36
- Figura 3. Curva média do ângulo do tornozelo, durante a subida e a descida da tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 1. A linha azul representa o bloco 1 e a roxa o bloco 2. 37
- Figura 4. Curva média do ângulo do quadril, durante a subida e a descida na tarefa de colocar o pé no degrau do Grupo 2. A linha vermelha representa o bloco 1 e a roxa clara o bloco 2. 37
- Figura 5. Curva média do ângulo do joelho, durante a subida e a descida na tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 2. A linha vermelha representa o bloco 1 e a roxa clara o bloco 2. 38
- Figura 6. Curva média do ângulo do tornozelo, durante a subida e a descida na tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 2. A linha vermelha representa o bloco 1 e a roxa clara o bloco 2. 38
- Figura 7. SPM da média do ângulo do quadril no plano sagital durante a subida. A parte cinzenta representa o intervalo com diferença significativa. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico. 39
- Figura 8. A área cinza representa o intervalo significativo da diferença na média angular do quadril durante a subida, comparando os blocos 1 e 2 do Grupo 1 ao longo da realização da tarefa. 40
- Figura 9. Post Hoc do ângulo do quadril durante a subida do grupo 2 entre as alturas 1 e 2. 41
- Figura 10. SPM da média do ângulo do quadril no plano sagital durante a descida. A parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico. 41
- Figura 11. Post Hoc do ângulo do quadril durante a descida do grupo 2 entre as alturas 1 e 2. 42
- Figura 12. SPM da média do ângulo do joelho no plano sagital durante a subida. A parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico. 43
- Figura 13. SPM da média do ângulo do joelho no plano sagital durante a descida. A parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico. 44
- Figura 14. Post Hoc do ângulo do joelho durante a descida do grupo 1 entre as alturas 1 e 2. 45
- Figura 15. SPM da média do ângulo do tornozelo no plano sagital durante a subida. A

parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico. 46

Figura 16. SPM da média do ângulo do tornozelo no plano sagital durante a descida. A parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico. 46

Figura 17. Gráfico da SPM da estatística F da média do ângulo acoplado do quadril e joelho durante a subida. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico. 47

Figura 18. Gráfico da SPM da estatística F da média do ângulo acoplado do quadril e joelho durante a descida. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico. 48

SUMÁRIO

Sumário

1. PREFÁCIO.....	5
1.1. Linha de pesquisa.....	5
1.2. Parcerias (Nacional/internacional).....	5
1.3. Atividades realizadas.....	5
1.4. Projeto de pesquisa da dissertação.....	6
1.5. Originalidade.....	6
1.7. Relevância social.....	7
1.8. Produção científica durante o mestrado.....	8
1.9. Apresentação de trabalhos em congressos.....	8
1.10. Link do currículo Lattes e Orcid.....	8
1.11. Descrição da tese para o público leigo.....	8
1.12. Descrição do manuscrito secundário para público leigo.....	9
2. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	10
3. OBJETIVOS.....	13
4. ARTIGO (1).....	15
Resumo.....	16
Abstract.....	17
Introdução.....	18
Métodos.....	20
Resultados.....	27
Discussão.....	43
Limitações do Estudo.....	46
Conclusão.....	46
5. ARTIGO (2).....	48
Resumo.....	48
Introdução.....	50
Método.....	51
Resultados.....	53
Discussão.....	59
Limitações do Estudo.....	61
Conclusões.....	61
6. CONCLUSÃO.....	61
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
APÊNDICE A – Desvio padrão do ângulo do quadril durante a subida e a descida do pé.....	69
APÊNDICE B – Desvio padrão do ângulo do joelho durante a subida e a descida do pé.	70
APÊNDICE C – Desvio padrão do ângulo do tornozelo durante a subida e a descida do pé.....	71

1. PREFÁCIO

1.1. Linha de pesquisa

Essa dissertação foi realizada no Laboratório do Grupo de Funcionalidade e Inovação Tecnológica em Neuroreabilitação (Gfit_neuro), sob orientação da Prof.^a Dra. Natália Duarte Pereira, docente do Departamento de Fisioterapia (DFisio) da Universidade federal de São Carlos e Coorientação do Prof. Dr. Matheus Maia Pacheco, docente da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Esta Dissertação está inserida na linha de pesquisa “Processos Básicos, Desenvolvimento e Recuperação Funcional do Sistema Nervoso”. Essa linha explora mecanismos neurofuncionais e intervenções baseadas em evidências para melhorar a recuperação funcional em indivíduos com condições neurológicas, como hemiparesia pós-AVC.

1.2. Parcerias (Nacional/internacional)

Com a coorientação do Professor Dr. Matheus Maia Pacheco da Universidade do Porto, contei com sua *expertise* acadêmica para avançar em várias etapas do projeto. Ele desempenhou um importante papel:

- Ao apoiar no desenvolvimento e na criação de códigos das rotinas, esclarecendo dúvidas e explicando detalhadamente como essas deveriam ser estruturadas e implementadas.
- Orientando na escolha dos métodos mais adequados para a análise dos dados, garantindo a aplicação de técnicas precisas e eficazes.
- Acompanhar minha trajetória, oferecendo suporte e orientações que contribuíram para o avanço da dissertação.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, tive a oportunidade de colaborar com o Prof. Jean, contribuindo para a análise dos dados da pesquisa de doutorado de sua orientanda. Sou grata pela confiança e pela valiosa troca de conhecimentos proporcionada nessa experiência.

1.3. Atividades realizadas

Durante o 1º semestre de 2023, realizei o Programa de Estágio Supervisionado em Capacitação Docente (PESCD) inicialmente na disciplina de Fisioterapia Neurofuncional,

mas por causa da greve mudei para o Estágio Supervisionado de Fisioterapia Neurofuncional, oferecido aos alunos do último ano do curso de graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Esse estágio foi conduzido pelos professores efetivos Natália Duarte Pereira, Thiago Russo e Ana Carolina Gianlorenço e professores substitutos Thaís Filipo e Daiane. No decorrer do estágio tive a oportunidade de acompanhar os atendimentos à população, discutir casos clínicos, esclarecer dúvidas e supervisionar os alunos.

Também no período de mestrado, atuei no projeto de extensão denominado “Terapia de Contensão Induzida (TCI) para membros inferiores” realizado na Unidade Saúde Escola (USE) da UFSCar, sob a coordenação da Prof. Dra. Natália Duarte Pereira. Nesse projeto, realizei os atendimentos de pacientes durante todo o protocolo da TCI.

1.4. Projeto de pesquisa da dissertação

O estudo que compõe essa dissertação é intitulado “Efeito do aumento do grau de dificuldade da tarefa de colocar o pé no degrau na coordenação intra-membro de pessoas com hemiparesia pós Acidente Vascular Cerebral”. Parte dos resultados foi apresentado no Encontro Paulista de Comportamento Motor (ENPACOM), em São Paulo, SP. O trabalho foi apresentado no formato de Pôster. Também foi submetido um manuscrito intitulado “Determinantes antropométricos e funcionais da seleção da altura do degrau na reabilitação pós-AVC: estudo transversal”.

1.5. Originalidade

A originalidade deste estudo reside no rigor metodológico adotado para avaliar o efeito da progressão de dificuldade em uma tarefa funcional específica em pessoas com hemiparesia pós-AVC. Diferentemente de abordagens tradicionais que frequentemente lidam com amostras heterogêneas, este estudo implementou um pareamento criterioso dos participantes com base em variáveis-chave, como: Idade: para minimizar o impacto de diferenças relacionadas ao envelhecimento motor e cognitivo; Sexo: para controlar potenciais variações biomecânicas ou de força entre homens e mulheres; Grau de comprometimento motor (Escala Fugl-Meyer): para garantir que os grupos apresentassem níveis equivalentes de capacidade funcional inicial; Tempo pós-AVC (cronicidade): para equilibrar a possível influência do tempo de reabilitação espontânea no desempenho motor.

Essa estratégia de pareamento permite minimizar a influência de outros fatores no impacto da progressão da tarefa como a principal variável independente, reduzindo o viés e

aumentando a robustez dos achados. Além disso, ao utilizar uma escala subjetiva de percepção de desafio (RPC) em conjunto com parâmetros biomecânicos objetivos, este estudo oferece uma perspectiva inovadora ao combinar medidas psicométricas e cinemáticas na avaliação do desempenho funcional.

Destaca-se também o rigor metodológico na captura do movimento, utilizando um sistema de captura tridimensional (3D), o qual é capaz de registrar os movimentos nos três planos do espaço. Essa abordagem possibilitou uma avaliação refinada e precisa dos padrões motores dos participantes. Permitindo uma análise mais detalhada das exigências biomecânicas e da coordenação motora ao longo do movimento funcional de colocar e retirar o pé do degrau. Para isso, foi realizada uma análise temporal contínua dos dados cinemáticos utilizando o Mapeamento Paramétrico Estatístico (SPM), o qual possibilitou a identificação de variações ao longo de cada movimento, e não só em pontos isolados. Em relação a coordenação intra-membro, foi utilizado o método diferencial de inclinação angular entre quadril e joelho, baseado na razão entre as derivadas temporais dos ângulos articulares.

1.6. Contribuição da pesquisa para o avanço científico

A pesquisa demonstrou que a progressão da dificuldade — especialmente pelo aumento da altura do degrau — promove ajustes motores específicos nas articulações do quadril e joelho, sugerindo que esses segmentos são mais responsivos ao desafio proposto.

Esses resultados reforçam a ideia de que o sistema motor, mesmo em fase crônica pós-lesão, mantém capacidade adaptativa quando submetido a desafios progressivos. Além disso, a estabilidade observada na articulação do tornozelo pode indicar a necessidade de estratégias específicas para promover uma alteração de padrão durante a reabilitação.

Dessa forma, esta dissertação contribui não apenas para a base teórica sobre aprendizagem motora e neuroplasticidade, mas também fornece meios práticos para fisioterapeutas estruturarem protocolos terapêuticos mais personalizados, direcionados e baseados em evidência, respeitando as demandas articulares específicas e os níveis de desafio adequados para cada paciente.

1.7. Relevância social

Os resultados podem contribuir para a validação de protocolos específicos de reabilitação que integrem a progressão da dificuldade da tarefa, otimizando os resultados funcionais e a adesão dos pacientes ao tratamento. Além disso, os achados sugerem que, em

determinadas situações, só a repetição da tarefa pode não ser suficiente para favorecer modificações expressivas nos padrões de movimento, indicando a importância de considerar estratégias que incluam progressão gradativa da dificuldade como potencial recurso terapêutico. Ao reconhecer a importância da manipulação progressiva das exigências motoras, os fisioterapeutas podem tomar decisões mais embasadas e personalizadas, refinando a escolha das estratégias terapêuticas com base nas necessidades específicas de cada paciente.

1.8. Produção científica durante o mestrado

- JARIO DE ALMEIDA SILVA, HUGO ; SALETE SILVERIO PIRES, MARIA ; MARIA BATAGLIA ESPÓSITO, LARA ; **SILVA MARQUES, FABIANA** ; RIBEIRO ULIAM, NICOLY ; CASTAGNA FELTRIN, MARLUCI ; SHINOHARA MORIGUCHI, CRISTIANE . Da fila de espera da fisioterapia na atenção primária a saúde para o fortalecimento da parceria ensino-serviço. ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE: PROMOÇÃO, PREVENÇÃO, DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTAÇÃO DE CUIDADOS. 3ed.: Editora Academic, 2024, p. 320-330.

1.9. Apresentação de trabalhos em congressos

- 8º Encontro Paulista de Comportamento Motor. Apresentação em formato pôster do trabalho intitulado: Progressão sistematizada da dificuldade da tarefa pelo método *shaping* pode restringir o espaço de busca e direcionar o padrão de coordenação em pessoas com hemiparesia crônica. 2023. (Encontro).
- Palestrante no XIII Simpósio multidisciplinar em Reabilitação neurofuncional. Tema da palestra: Treino intensivo e comportamento motor: Estratégias encontradas após lesão neurológica, 2023.

1.10. Link do currículo Lattes e Orcid

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1008167309244173>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5993-2887>

1.11. Descrição da tese para o público leigo

Foi analisada como a progressão e a repetição do exercício de colocar o pé no degrau influenciam a recuperação motora de pessoas pós Acidente Vascular Cerebral. Ao realizar o exercício de colocar a perna acometida em um degrau, com ajustes na altura para aumentar ou manter a dificuldade, houve maior dificuldade nos movimentos do quadril e joelho, e menos

no movimento do tornozelo. Esses achados ajudam a desenvolver terapias mais eficazes e personalizadas para melhorar a mobilidade.

1.12. Descrição do manuscrito secundário para público leigo

O estudo analisou quais fatores influenciam a altura do degrau em exercícios de reabilitação para pacientes pós-AVC. Foram avaliadas medidas antropométricas e funcionais, como o comprimento das pernas, recuperação motora e mobilidade. Os resultados mostraram que a altura do degrau está relacionada ao comprimento das pernas e ao desempenho no teste de mobilidade (TUG). Um modelo preditivo explicou 50,4% dessa variação, destacando a importância da mobilidade funcional. Assim, personalizar a reabilitação com base nesses fatores pode otimizar os exercícios para cada paciente.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacidade em adultos, impactando negativamente a mobilidade, independência e qualidade de vida. Entre as sequelas mais comuns está a hemiparesia, caracterizada pela perda parcial de força muscular e comprometimento do controle motor em um lado do corpo (Magri, 2003). Essas alterações limitam a capacidade funcional, prejudicando tarefas fundamentais para a locomoção e a independência, como a de subir degraus (Tsao et al., 2023; Selves, Stoquart e Lejeune, 2020).

Subir um degrau é uma atividade que exige movimentos coordenados, incluindo dorsiflexão do tornozelo, flexão de quadril e joelho, e estabilidade do tronco (Winter, 1995). Em pessoas com hemiparesia, os padrões de movimento são frequentemente alterados devido à fraqueza e à falta de coordenação no lado acometido, o que aumenta o tempo necessário para realizar a tarefa, reduz a amplitude de movimento e compromete a segurança e eficiência do movimento (Selves et al, 2020).

Na reabilitação de pessoas com hemiparesia, a Terapia Orientada à Tarefa (TOT) é amplamente utilizada por sua ênfase na prática de tarefas funcionais específicas, que buscam restaurar habilidades perdidas através da reorganização cortical e do reaprendizado motor (Pollock et al., 2014; Platz, 2019). Esse método baseia-se nos princípios de especificidade, repetição e progressão das tarefas, permitindo a adaptação do treinamento às necessidades individuais do paciente (Shepherd, 2001).

Entre as abordagens integradas à TOT, destaca-se a Terapia por Contensão Induzida (TCI), que utiliza o método *shaping* para ajustar progressivamente a dificuldade das tarefas (Morris, Taub e Mark, 2006). O *shaping* promove o reaprendizado motor ao desestabilizar padrões de movimento ineficientes, encorajando a emergência de padrões mais funcionais (Hubbard et al., 2009). Estudos indicam que a TCI ao utilizar o método *shaping*, é eficaz na recuperação de habilidades motoras finas e grossas, incluindo tarefas desafiadoras como subir degraus, devido ao estímulo constante à coordenação intra-membro e ao equilíbrio (Van Criekinge et al., 2019; García-Salazar et al., 2022).

Nesse contexto, a Escala de Percepção de Desafio (RPC) emerge como uma ferramenta relevante na reabilitação motora. A RPC tem sido validada em populações pós-AVC como um método confiável para quantificar a percepção subjetiva de dificuldade durante tarefas motoras (García-Salazar et al., 2022; Van Criekinge et al., 2019). Sua aplicação permite ajustar dinamicamente o nível de desafio, mantendo-o em uma faixa funcionalmente desafiadora, geralmente entre 6 e 8 na escala, sem comprometer a segurança ou a adesão do

paciente. Além disso, estudos destacam que a combinação da RPC com análises biomecânicas, como a avaliação de ângulos articulares, promove uma abordagem mais personalizada para intervenções motoras (Pacheco et al., 2023).

A repetição também desempenha um papel central nessas abordagens, sendo fundamental para a automatização de padrões motores e a recuperação da funcionalidade, especialmente quando analisada à luz das teorias dinâmicas de aprendizagem motora. Essas teorias, consideram a aprendizagem como um processo não linear, no qual padrões motores emergem da interação entre o indivíduo, a tarefa e o ambiente (Kugler, Kelso e Turvey, 1980).

No contexto da reabilitação motora, a repetição não é apenas uma prática passiva, mas um meio de explorar e reorganizar os sistemas neuromusculares comprometidos pelo AVC. Segundo as teorias dinâmicas, a prática repetitiva cria instabilidades controladas no sistema motor, forçando a adaptação e a emergência de novos padrões motores mais eficientes. Essa adaptação ocorre por meio da busca ativa de soluções motoras que satisfaçam as demandas da tarefa, permitindo que o paciente desenvolva estratégias alternativas para realizar movimentos antes prejudicados (Newell, 1991).

Um aspecto fundamental dessas teorias é o conceito de atratores, que representam estados estáveis de movimento dentro do sistema motor. Após um AVC, muitos pacientes desenvolvem padrões de movimento compensatórios que atuam como atratores estáveis, mas ineficazes. A repetição em ambientes controlados, como durante a prática na reabilitação, promove a desestabilização desses atratores ineficazes, encorajando o sistema a buscar novos estados mais funcionais e adaptativos (Kelso, 1995).

O método de shaping, utilizado na TCI, exemplifica como as teorias dinâmicas são aplicadas na prática clínica. Ao repetir intensamente e ajustar progressivamente a dificuldade da tarefa, o terapeuta introduz desafios que desestabilizam os padrões de movimento existentes, promovendo a exploração de soluções mais eficientes. Essa abordagem é essencial para evitar a estagnação em padrões motores subótimos e facilita a transição para atratores mais funcionais, necessários para tarefas diárias, como subir degraus ou caminhar (Alashram et al., 2019).

Além disso, as teorias dinâmicas enfatizam a importância da variabilidade na prática repetitiva. Diferentemente de abordagens tradicionais que priorizam a repetição exata de movimentos, as teorias dinâmicas argumentam que a variabilidade é crucial para a aprendizagem motora, pois amplia o repertório motor e prepara o sistema para lidar com diferentes condições ambientais. A prática repetitiva estruturada com variação, como o aumento progressivo da altura de um degrau por exemplo, força o sistema a reorganizar-se

continuamente, melhorando tanto a eficiência quanto a adaptabilidade do movimento (Stergiou et al., 2016).

Dessa forma, a repetição, quando planejada sob os princípios das teorias dinâmicas, não apenas promove o reaprendizado motor, mas também potencializa a adaptabilidade do paciente, permitindo a transferência de habilidades para diferentes contextos funcionais. A aplicação desses princípios em intervenções como o *shaping*, transforma a repetição em um elemento ativo e dinâmico de reabilitação, capaz de explorar o potencial pleno da neuroplasticidade e da reorganização motora. O método de *shaping* se destaca nesse contexto, ao ajustar a dificuldade das tarefas às capacidades individuais do paciente, incentivando melhorias graduais na coordenação intra-membro (Morris et al., 2006).

A coordenação motora global refere-se à capacidade de organizar movimentos multissegmentares de forma harmônica no espaço e no tempo, permitindo a execução eficiente de tarefas funcionais complexas (Vieira, 2017). Essa coordenação envolve tanto o alinhamento postural quanto o controle espaço-temporal das articulações e segmentos corporais ao longo da tarefa. No contexto da análise de movimento, especialmente em tarefas como subir um degrau, essa coordenação é evidenciada pela sincronia nas mudanças de angulação articular e pela transição fluida dos segmentos no ciclo do movimento (Winter, 1995; Sadeghi et al., 2000).

A coordenação intra-membro, essencial para o controle motor, possibilita que músculos e articulações de um mesmo membro operem em sincronia para a execução de tarefas complexas (Olney e Richards, 1996). Em indivíduos pós-AVC, essa coordenação é frequentemente prejudicada por lesões nas vias motoras superiores, resultando em espasticidade, fraqueza muscular e dificuldade na execução de movimentos precisos, como a flexão de quadril, joelho e tornozelo, todos cruciais para subir degraus (Makiyama et al., 2004; Pedrolo et al., 2011). Protocolos intensivos baseados em *shaping* têm demonstrado eficácia em aumentar a variabilidade da coordenação intra-membro, contribuindo para padrões de movimento mais adaptativos e eficientes (García-Salazar et al., 2022; Pacheco et al., 2019). A coordenação motora pode ser compreendida como a capacidade do sistema nervoso central de organizar, no tempo e no espaço, os níveis de ativação dos músculos, permitindo movimentos voluntários eficientes e direcionados (Levin et al., 2000).

A recuperação motora após um acidente vascular cerebral (AVC) é dependente da fase em que o paciente se encontra — aguda (até 6 meses após o AVC) ou crônica (>6 meses), (Langhorne et al., 2011). Evidências demonstram que o potencial de neuroplasticidade é mais elevado na fase aguda, tornando este período crucial para intervenções reabilitadoras. Já na

fase crônica, embora a plasticidade ainda ocorra, ela é mais limitada e muitas vezes associada a compensações motoras (Takeuchi e Izumi, 2012). Comparações entre fases mostram diferenças marcantes nos padrões de recrutamento cortical, ativação muscular e respostas à terapia (Takeuchi e Izumi, 2012). Por isso, estudar uma forma de quebrar o padrão estável e vicioso desses indivíduos em fase crônica é essencial para gerar um padrão de movimento mais eficiente e diminuir a compensação, caso tenha.

Apesar dos avanços no uso de tarefas funcionais na reabilitação de indivíduos com hemiparesia pós-AVC, há uma lacuna importante na literatura sobre os efeitos específicos da progressão gradual de dificuldade na coordenação intra-membro durante a tarefa de subir degraus. Estudos destacam a importância de práticas que desafiam a capacidade motora, mas faltam evidências robustas sobre como a progressão da tarefa influencia no comportamento motor (Page et al., 2004).

Para preencher essa lacuna, o presente estudo propõe avaliar o impacto da progressão da tarefa na coordenação intra-membro, utilizando o mapeamento paramétrico estatístico (SPM). O SPM é uma ferramenta poderosa que permite analisar dados biomecânicos de forma contínua, identificando diferenças significativas em padrões de movimento ao longo do tempo (Friston, 2007; Pataky, 2010). Sua aplicação no presente estudo oferece uma abordagem inovadora para compreender como diferentes protocolos, com ou sem progressão, influenciam o desempenho articular em tarefas funcionais específicas, como a de colocar o pé no degrau (Pataky et al., 2013; Robbins e Chiovetto, 2020). Assim como também a captura do movimento em 3 dimensões das articulações ao longo da tarefa.

3. OBJETIVOS

Os objetivos gerais e específicos desta dissertação foram formulados a partir de uma lacuna identificada na literatura sobre a eficácia da progressão da dificuldade de tarefas em intervenções motoras para indivíduos pós-AVC. Especificamente, o objetivo geral é avaliar o efeito da progressão da tarefa de colocar o pé no degrau na coordenação intra-membro em comparação com o treinamento repetitivo sem progressão, utilizando análises biomecânicas avançadas para compreender os ajustes motores promovidos por essas abordagens.

Como objetivos específicos, busca-se: (1) investigar as alterações nos ângulos articulares do quadril, joelho e tornozelo durante a tarefa, avaliando a influência da progressão e da repetição no movimento; (2) explorar a mudança dos padrões motores de coordenação intra-membro através da SPM em diferentes condições experimentais. Esses objetivos

permitem não apenas abordar a eficácia da progressão na tarefa, mas também fornecer *insights* sobre como adaptar protocolos de reabilitação para as demandas específicas de cada paciente.

Dentro desse contexto o manuscrito 1, teve como objetivo avaliar o efeito da progressão da tarefa na coordenação intra-membro comparado a um treinamento repetitivo sem progressão em pessoas com hemiparesia pós AVC através do mapeamento paramétrico estatístico.

O objetivo do manuscrito 2 foi identificar os fatores antropométricos e funcionais que determinam a altura do degrau em exercícios de reabilitação de indivíduos pós-AVC, uma questão crítica para personalizar intervenções motoras eficazes. Especificamente, buscou-se compreender como variáveis como o comprimento do membro inferior, o nível de acometimento motor medido pela escala Fugl-Meyer, e o desempenho funcional avaliado pelo Timed Up and Go (TUG) influenciam a escolha da altura ideal do degrau. Esse objetivo está diretamente relacionado à necessidade de individualizar os protocolos de reabilitação, garantindo que a tarefa seja desafiadora, mas adequada às capacidades funcionais e características antropométricas de cada paciente. Os achados visam contribuir para uma prática clínica mais embasada, permitindo ajustes objetivos na altura do degrau com base em características mensuráveis dos indivíduos.

4. ARTIGO (1)

Efeito do aumento do grau de dificuldade da tarefa de colocar o pé no degrau na coordenação intra-membro de pessoas com hemiparesia pós Acidente Vascular Cerebral.

Fabiana Silva Marques, Matheus Maia Pacheco, Laura Hellen dos Santos Cerqueira Gomes,
Gabriela Cristina dos Reis, Natalia Duarte Pereira

Resumo

Objetivo: Avaliar o efeito da progressão da tarefa de colocar o pé no degrau na coordenação intra-membro em comparação com o treinamento repetitivo sem progressão, utilizando análises biomecânicas e estatísticas avançadas para compreender os ajustes motores promovidos por essas abordagens.

Materiais e Métodos: Este estudo incluiu 24 indivíduos pós-AVC crônicos, média 60,96 anos, divididos em dois grupos: grupo 1 (progressão da altura do degrau) e grupo 2 (sem mudanças na altura). O exercício funcional consistiu em colocar o membro afetado sobre um degrau repetindo o movimento 10 vezes por série, totalizando 10 séries, ajustando a altura com base na Escala de Percepção de Desafio (RPC). Os dados biomecânicos foram capturados pelo sistema Qualisys processados pelo software Visual 3D e pelo matlab, com foco nos ângulos articulares do quadril, joelho e tornozelo, no plano sagital. Para análise estatística, foi utilizado o Mapeamento Paramétrico Estatístico (SPM), permitindo avaliar mudanças ao longo de toda a série temporal.

Resultados: Não ocorreram mudanças na coordenação intra-membro do quadril-joelho. A repetição e a progressão da altura influenciaram significativamente o ângulo do quadril, especialmente no grupo 1, durante a subida e descida, refletindo ajustes motores associados ao aumento da dificuldade. O ângulo do joelho apresentou alterações localizadas, particularmente durante a descida no grupo 1. O tornozelo demonstrou estabilidade nos padrões motores, sem mudanças significativas, destacando sua gravidade em pessoas pós-AVC. A análise do desvio padrão não revelou alterações significativas, sugerindo padrões motores consolidados, mesmo em condições de progressão.

Conclusão: Os resultados destacam a importância da repetição e da progressão da tarefa na reabilitação motora, especialmente para promover adaptações funcionais no quadril e joelho. A repetição demonstrou ser eficaz para estabilizar padrões motores em casos de maior comprometimento. Estratégias personalizadas que combinam abordagens progressivas e repetitivas podem otimizar a reabilitação motora de indivíduos pós-AVC, respeitando as demandas específicas de cada articulação e as diferenças individuais. Estudos futuros devem investigar intervenções específicas para a dorsiflexão e explorar o impacto da progressão em longo prazo.

Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral; Progressão de Tarefa; Coordenação Motora; Reabilitação Funcional; Variabilidade Motora; Terapia de Contensão Induzida.

Abstract

Objective: To evaluate the effect of task progression in stepping onto a stair on intra-limb coordination compared to repetitive training without progression, using advanced biomechanical analyses to understand the motor adjustments promoted by these approaches.

Materials and Methods: This study included 24 post-stroke individuals, divided into two groups: Group 1 (step height progression) and Group 2 (constant height). The functional task consisted of placing the affected limb on a step, adjusting the height based on the Challenge Perception Scale (RPC). Biomechanical data were captured using the Qualisys system and processed with Visual 3D and MATLAB software, focusing on hip, knee, and ankle joint angles in the sagittal plane. Statistical analysis was performed using Statistical Parametric Mapping (SPM), allowing for the evaluation of changes throughout the entire time series.

Results: No changes were observed in hip-knee intra-limb coordination. Repetition and step height progression significantly influenced hip angles, particularly in Group 1, during both ascent and descent, reflecting motor adjustments associated with increased difficulty. The knee angle showed localized changes, especially during descent in Group 1. The ankle demonstrated stability in motor patterns, with no significant changes, highlighting its rigidity in post-stroke individuals. Standard deviation analysis did not reveal significant changes, suggesting consolidated motor patterns even under progressive conditions.

Conclusion: The results highlight the importance of task repetition and progression in motor rehabilitation, particularly for promoting functional adaptations in the hip and knee. Repetition proved effective in stabilizing motor patterns in cases of greater impairment. Personalized strategies combining progressive and repetitive approaches may optimize motor rehabilitation in post-stroke individuals, considering the specific demands of each joint and individual differences. Future studies should investigate specific interventions for dorsiflexion and explore the long-term impact of progression.

Keywords: Stroke; Task Progression; Motor Coordination; Functional Rehabilitation; Motor Variability; Constraint-Induced Therapy.

Introdução

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacidade em adultos, impactando negativamente a mobilidade, independência e qualidade de vida. Entre as sequelas mais comuns está a hemiparesia, caracterizada pela perda parcial de força muscular e controle motor em um lado do corpo (Magri, 2003). Essas alterações comprometem a realização de tarefas diárias essenciais, como caminhar, levantar-se de uma cadeira e, particularmente, subir e descer degraus, onde subir um degrau é uma tarefa funcional complexa, que exige dorsiflexão do tornozelo, flexão de joelho e quadril, além de estabilidade do tronco (Winter, 1995). Em indivíduos com hemiparesia, os padrões motores frequentemente tornam-se ineficientes devido à fraqueza muscular e dificuldade de coordenação, resultando em movimentos mais lentos, menor amplitude articular e maior risco de quedas (Selves et al., 2020).

Na prática clínica, subir e descer degraus é frequentemente utilizado como estratégia terapêutica devido ao seu caráter funcional, que simula desafios reais do dia a dia e estimula a força muscular, o equilíbrio e a coordenação intra-membro. Abordagens baseadas na Terapia Orientada à Tarefa (TOT) são amplamente aplicadas, pois priorizam a prática específica de atividades funcionais como essa, utilizando os princípios de repetição, progressão e especificidade para promover o reaprendizado motor e a reorganização cortical (Pollock et al., 2014; Platz, 2019). Por meio dessa prática dirigida, a TOT busca adaptar o treinamento às necessidades individuais, incentivando a recuperação de habilidades motoras perdidas.

Entre as estratégias integradas à TOT, destaca-se a Terapia por Contensão Induzida (TCI), amplamente reconhecida pelo uso do método *shaping* (Taub et al., 2006). O *shaping* ajusta progressivamente a dificuldade da tarefa, desestabilizando padrões de movimento ineficientes e promovendo a emergência de padrões mais funcionais (Hubbard et al., 2009). Dois elementos centrais do *shaping* são a repetição e a progressão, que desempenham papéis complementares no reaprendizado motor (Morris et al., 2006; García-Salazar et al., 2022). A repetição de tarefas é essencial para estabilizar o controle do movimento e consolidar padrões motores eficientes. Já a progressão, como o aumento gradual da altura do degrau, introduz desafios adicionais que criam instabilidades controladas no sistema motor, forçando o indivíduo a explorar novas estratégias motoras e adaptativas. Essa abordagem é fundamentada nas teorias dinâmicas de aprendizagem motora, que consideram a recuperação funcional um processo não linear, no qual padrões motores mais eficientes emergem da interação entre o indivíduo, a tarefa e o ambiente (Kugler, Kelso e Turvey, 1980; Newell, 1991).

Sob a perspectiva das teorias dinâmicas, a prática repetitiva é um meio ativo de explorar

e reorganizar sistemas neuromusculares comprometidos pelo AVC. Ao promover a desestabilização de padrões compensatórios ineficientes, a prática repetitiva orientada estimula o sistema motor a buscar novos estados estáveis, ou atratores, que sejam mais adaptativos e funcionais (Kelso, 1995). Além disso, a variabilidade na prática repetitiva desempenha um papel crucial, pois amplia o repertório motor e prepara o sistema para lidar com diferentes condições ambientais (Stergiou et al., 2016). Assim, estratégias como o shaping, que combinam progressão e repetição com variabilidade, tornam-se fundamentais para potencializar o reaprendizado motor.

Em pacientes pós-AVC crônico, espera-se que a prática progressiva leve à reorganização adaptativa dos padrões motores, mesmo após longo tempo desde a lesão, uma vez que o sistema nervoso central ainda mantém capacidade plástica de reestruturação funcional (Takeuchi e Izumi, 2012).

Para investigar os efeitos da progressão da tarefa, este estudo utilizou o Mapeamento Paramétrico Estatístico (SPM), uma ferramenta inovadora que permite analisar dados biomecânicos de forma contínua ao longo do ciclo do movimento (Friston, 2007; Pataky, 2010). O SPM supera as limitações de métodos tradicionais baseados em medições pontuais, permitindo identificar mudanças significativas ao longo de toda a trajetória do movimento (Pataky et al., 2013). Aliado ao uso do SPM, foi utilizado o sistema de análise tridimensional de movimento Qualisys, que fornece os dados cinemáticos, permitindo avaliar a coordenação intra-membro em diferentes condições de treino de forma detalhada (QUALISYS, [s.d.]). No contexto da reabilitação pós-AVC, o SPM oferece insights detalhados sobre as adaptações motoras promovidas pela progressão da tarefa, sendo particularmente útil para identificar momentos críticos de alteração nos padrões motores durante atividades como subir degraus (Robbins e Chiovetto, 2020).

Embora estratégias de prática progressiva como o shaping tenham mostrado resultados promissores, ainda existem lacunas na literatura sobre os efeitos específicos da progressão gradual de tarefas, em comparação ao treinamento repetitivo sem progressão, na coordenação intra-membro de indivíduos com hemiparesia. A coordenação intra-membro é fundamental para a execução de movimentos funcionais, como subir degraus, sendo diretamente afetada pelas limitações motoras impostas pelo AVC (Pacheco et al., 2023; García-Salazar et al., 2022).

Com o objetivo de explorar essa lacuna, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da progressão da complexidade da tarefa sobre a coordenação intra-membro, comparando-a ao treinamento sem progressão em pessoas com hemiparesia pós-AVC. Para

isso, utilizou-se o Mapeamento Paramétrico Estatístico (SPM), uma ferramenta avançada que permite a análise contínua de dados biomecânicos, proporcionando uma visão detalhada das adaptações motoras durante a execução de tarefas funcionais, como a de colocar o pé no degrau (Friston, 2007; Pataky et al., 2013; Robbins e Chiovetto, 2020).

Métodos

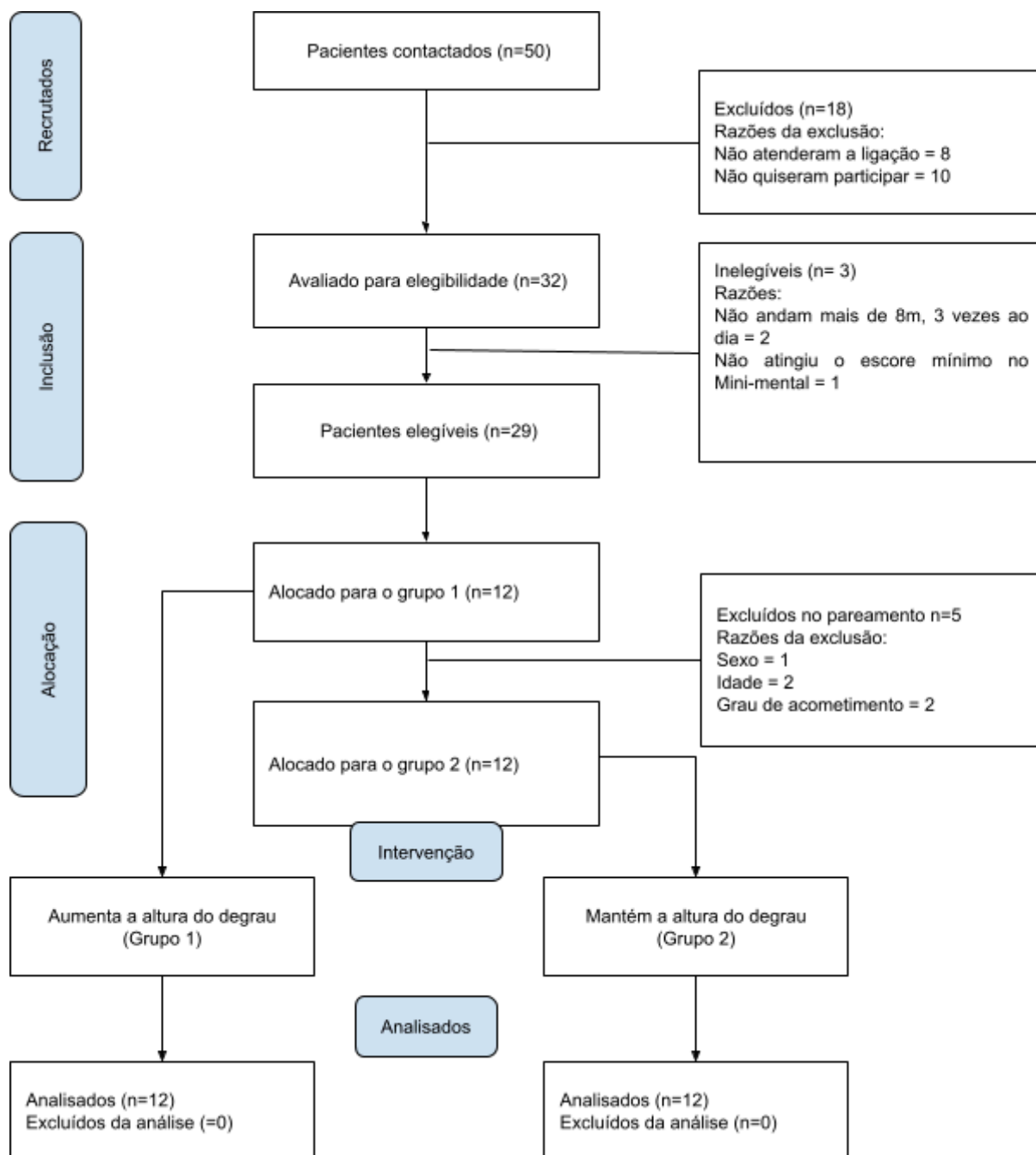
Aprovação Ética

Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CAAE 45511321.7.0000.5504) de acordo com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde.

Desenho do Estudo

Este estudo foi conduzido como um estudo quase-experimental prospectivo, não randomizado, estruturado com dois grupos pareados por idade, sexo e grau de acometimento: o Grupo 1, composto por pacientes que realizaram a tarefa com progressão de dificuldade, e o Grupo 2, que realizou a tarefa sem progressão. A escolha por um estudo quase-experimental seguiu as diretrizes do CONSORT, visando comparar o efeito de protocolos diferenciados na reabilitação funcional (Dutra e Dos Reis, 2016).

Fluxograma 1. Fluxograma das diretrizes do CONSORT.



Participantes

Uma amostra por conveniência de vinte e quatro (24) pacientes pós Acidente Vascular Cerebral (AVC) (8 mulheres e 16 homens) crônicos (tempo de lesão > 6 meses), recrutados da comunidade, através de lista telefônica, participaram deste estudo. Os participantes foram selecionados por conveniência na comunidade local e pareados por sexo, idade e grau de acometimento segundo a seção de membros inferior da escala de Fugl Meyer, onde foi considerada a seguinte classificação: comprometimento leve (29-34); moderado (23-28); marcado (18-22) e grave (≤ 17) (MICHAELSEN et al., 2011). Doze indivíduos compuseram o

grupo 1, e outros doze foram selecionados para o grupo 2, conforme critérios de inclusão e pareamento. Os critérios de inclusão estabelecidos foram: Ter idade superior a 18 anos; Para verificar se andavam mais de 8 metros 3 vezes ao dia, os pacientes foram questionados sobre quantos cômodos da casa percorriam durante o dia. Caso relatassem caminhar além do próprio quarto 3 vezes ao dia, o critério era considerado atendido. Além disso, foi exigida uma pontuação mínima no Mini Exame do Estado Mental (MEEM) de acordo com o grau de escolaridade, acima de 13 para analfabetos, 18 para baixa e média e 26 para alta no questionário Mini Exame do estado mental (Zwecker et al., 2002). Nenhum dos participantes tinha outra doença neurológica, ortopédica e/ou respiratória associada ao AVC. As características clínicas e sociodemográficas estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Características sociodemográficas e clínicas dos participantes.

Variável	n=12		P
	Grupo 1	Grupo 2	
Idade (média, DP)	59,75±14,05	62,16±11,23	0.646
Gênero			
H/M (n)	10/2	10/2	
Fugl-Meyer MI (média, DP)	27,33±4,41	25,33±5,28	0.168
Leve (n)	4	4	
Moderado (n)	6	6	
Marcado (n)	2	2	
Cronicidade (média, DP)	65,83±58,48	41,41±53,12	0,296
6 a 12 meses	3	4	
>12 meses	9	8	
Hemicorpo acometido			
Direito (n)	7	5	
Esquerdo (n)	5	7	
Tipo de AVC			
Isquêmico (n)	11	10	
Hemorragico (n)	1	2	
MEEM (média/total)	24,41/30	25/30	

H: Homem; M: Mulher; MI: membro inferior; AVC: Acidente vascular cerebral. DP: Desvio Padrão; n: número de participantes

A análise da cronicidade dos participantes revelou que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,296$), conforme o teste t para amostras independentes. O Grupo 1 apresentou uma média de cronicidade de 65,83 meses (DP =

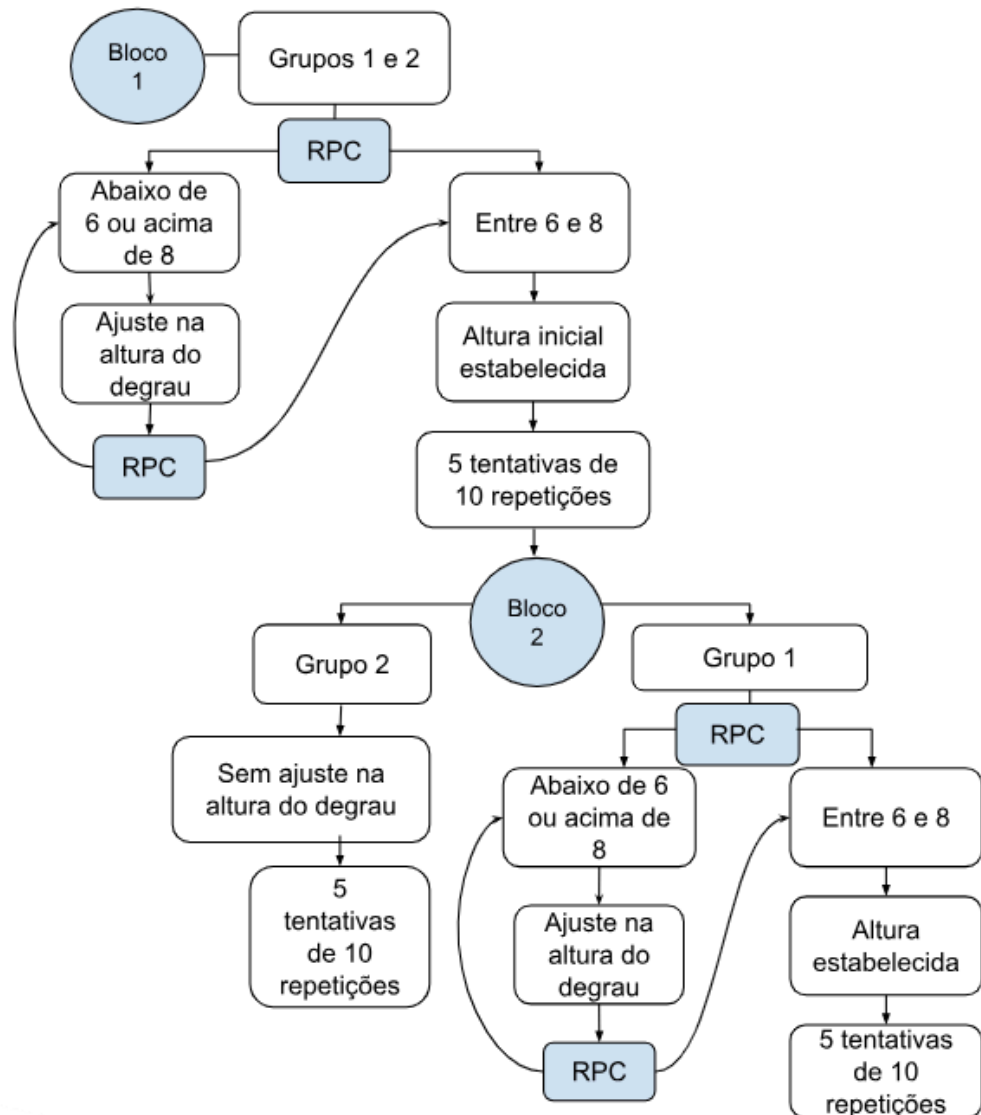
58,49), enquanto o Grupo 2 teve uma média de 41,42 meses (DP = 53,12). Apesar da média mais elevada observada no Grupo 1, a grande variabilidade dentro dos grupos e a sobreposição dos valores indicam que ambos os grupos apresentam perfis semelhantes quanto ao tempo desde o início da condição clínica.

Intervenção

Os participantes foram separados em dois grupos, primeiro foi coletado o Grupo 1 e depois o Grupo 2 foi pareado. A tarefa consistiu em colocar e retirar o pé do membro inferior acometido de um degrau posicionado a 15 cm da base inicial, com altura inicial de 16,5 cm, conforme a ABNT (2020). A percepção subjetiva de esforço foi avaliada por meio da Escala de Percepção de Esforço (RPC), variando de 0 (nenhum esforço) a 10 (esforço máximo/impossível). A escala de percepção de esforço foi impressa, plastificada e apresentada aos participantes individualmente. Antes da aplicação, foram fornecidas orientações claras quanto ao propósito da escala, assim como o significado das pontuações mínima (0 – nenhum esforço), média (5 – esforço moderado) e máxima (10 – esforço máximo/impossível). Após a explicação, os participantes eram instruídos a indicar, de forma verbal ou por apontamento, o valor numérico que melhor representava o esforço percebido após a realização de 3 tentativas. Caso a pontuação atribuída não estivesse entre 6 e 8, a altura do degrau era ajustada, sendo a escala reapresentada até que a pontuação permanecesse dentro da faixa estipulada.

A tarefa foi realizada em dois blocos de 5 tentativas, com 10 repetições cada, totalizando 100 repetições. Para o Grupo 1, a altura do degrau foi aumentada após o primeiro bloco, com reaplicação da escala RPC, garantindo que a tarefa permanecesse desafiadora. A reaplicação da RPC garantiu que as adaptações fossem personalizadas, refletindo não apenas a capacidade física, mas também a percepção subjetiva de esforço de cada participante. Esse ajuste permitiu a implementação de um protocolo progressivo para o grupo 1, enquanto manteve a tarefa estática para o grupo 2, possibilitando a comparação dos efeitos de ambos os métodos.

Fluxograma 2. Procedimento da coleta.



Tamanho da amostra

O tamanho da amostra foi determinado utilizando o software G*Power (FAUL et al., 2007) com os seguintes dados de entrada: Poder do teste de 80% e um erro α -probabilidade de 5% para o desvio padrão da variabilidade da coordenação do estudo que realizou shaping em pessoas com hemiparesia crônica (n=12) (GARCÍA-SALAZAR et al., 2022) sendo necessários 11 participantes em cada grupo com total de 22 pessoas. Um efeito médio foi

considerado, o que normalmente sugere um tamanho de efeito entre 0,3 e 0,5 em pesquisas de reabilitação.

Coleta de dados

Os dados cinemáticos foram coletados utilizando o sistema de captura tridimensional Qualisys, composto por 11 câmeras infravermelhas, sendo 3 do tipo Arqus A5 e 8 Oqus 300, operando a 120 Hz. Marcadores passivos refletivos foram posicionados em marcos anatômicos específicos para a coleta estática, sendo: Bilateralmente nas cabeças do primeiro, segundo e quinto metatarsos, maléolos medial e lateral, calcâneo superior e inferior, borda lateral do pé, epicôndilos do fêmur medial e lateral, trocanteres maiores, cristas ilíacas, acrômio, C7 e esterno e grupos de marcadores refletivos rígidos (clusters) foram posicionados em T4, T10, bilateralmente nas faces laterais das coxas e pernas para capturar os ângulos articulares de quadril, joelho e tornozelo no plano sagital. Para a coleta dinâmica, foram retirados os marcadores do 1º e 5º metatarsos, maléolos medial e lateral, trocanteres maiores, acrômio, C7 e esterno. Os pontos anatômicos foram escolhidos seguindo as recomendações do manual do Visual-3D C-motion, onde foi selecionado o modelo de membro inferior e tronco. E os marcadores foram retirados para não causar interferência durante a coleta dinâmica.

Processamento e Análise dos Dados

Estabelecimento das Variáveis Angulares no Plano Sagital

Os dados cinemáticos coletados pelo sistema Qualisys foram processados no software Visual 3D para reconstrução do modelo biomecânico e cálculo dos ângulos articulares no plano sagital, seguindo as recomendações da Sociedade Internacional de Biomecânica (Wu et al., 2002). O centro articular do quadril foi determinado pelo método proposto por Bell et al. (1989). Enquanto os centros articulares do joelho e do tornozelo foram determinados pelos pontos médios entre os epicôndilos femorais e os maléolos medial e lateral, respectivamente. Para garantir a suavização e precisão dos dados, aplicou-se um filtro Butterworth de quarta ordem com frequência de corte de 6 Hz.

Após o processamento inicial, os dados foram exportados para o MATLAB, onde foram organizados em matrizes com base no grupo (Grupo 1 ou Grupo 2), na identificação individual dos participantes e nas condições experimentais (Bloco 1 ou Bloco 2). O movimento foi segmentado em ciclos de subida e descida com base nos picos de deslocamento vertical do marcador do calcânhar inferior, identificados pela função findpeaks.

A validação desses picos incluiu uma verificação manual para assegurar a precisão na definição do início e do fim de cada ciclo, ajustados em uma janela temporal de 30 milissegundos.

Cada ciclo de movimento foi normalizado em uma escala temporal de 0% a 100%, permitindo comparações consistentes entre participantes e condições experimentais. Os dados processados foram armazenados em arquivos separados para análises estatísticas e inspeção visual. Além disso, gráficos das séries temporais dos ângulos articulares de quadril, joelho e tornozelo foram gerados para verificar a consistência dos padrões de movimento, identificar possíveis erros de corte e garantir a qualidade dos dados. Esse processo incluiu a validação das trajetórias dos pés durante a subida e descida do degrau, assegurando que os padrões capturados estivessem de acordo com o comportamento esperado. Essa abordagem detalhada garantiu dados robustos e adequados para as análises subsequentes.

Cálculo do Acoplamento Angular entre Quadril e Joelho

O estudo do Pacheco et al. (2022) utilizou a Análise de Componentes Principais (PCA) para identificar quais articulações desempenhavam papéis mais relevantes na tarefa de subir e descer degraus. Os resultados apontaram que quadril e joelho foram as articulações mais envolvidas no movimento, justificando a escolha para a análise do acoplamento angular.

A investigação da coordenação interarticular entre essas articulações foi feita por meio do método diferencial, que é amplamente utilizado na biomecânica. Esse método permite analisar as mudanças na posição angular ao longo do tempo utilizando derivadas temporais. Assim, a inclinação instantânea entre quadril e joelho foi calculada pela razão entre as derivadas angulares de ambas as articulações, gerando uma série temporal da coordenação interarticular ao longo do movimento.

O acoplamento angular foi realizado por meio da inclinação instantânea entre o quadril e o joelho, utilizando o método diferencial. O método diferencial é derivado da análise cinemática clássica e amplamente reconhecido na biomecânica para investigar a coordenação interarticular (DUBOIS et al., 2023; HE et al., 2023). A lógica por trás do método baseia-se na utilização de derivadas temporais para capturar mudanças na posição angular ao longo do tempo e relacionar essas mudanças entre diferentes articulações (HE, Jian et al., 2023). Esse processo permite uma compreensão da coordenação interarticular, especialmente em tarefas dinâmicas e complexas como subir e descer degraus.

Para a obtenção das derivadas angulares de cada articulação, as séries temporais de quadril e joelho foram registrados para cinco repetições de movimentos de subida e descida.

Em seguida, foi calculada a média dos valores correspondentes de cada repetição em cada instante de tempo, resultando em uma única série temporal média para o ângulo do quadril e outra para o ângulo do joelho.

A inclinação foi obtida pela razão entre as derivadas angulares do joelho e do quadril. O cálculo foi realizado de forma pontual ao longo do tempo, resultando em uma série temporal que representa a coordenação interarticular durante os movimentos analisados.

Análise Estatística

A análise estatística foi realizada para o ângulo do quadril, joelho e tornozelo e para os ângulos acoplados do quadril-joelho, no pacote Statistical Parametric Mapping (SPM), usando o Matlab, utilizando ANOVA para medidas repetidas não paramétricas com 2.000 interações. Foram analisados dois fatores principais:

Grupo: Comparação entre os grupos 1 e 2.

Altura: Comparação entre as condições experimentais Bloco 1 e Bloco 2 (Grupo 1) e Bloco 1 e Bloco 2 (Grupo 2).

A interação entre esses fatores também foi avaliada. A análise tratou cada participante como uma unidade de medida repetida ao longo das tentativas. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$). Os resultados foram apresentados em gráficos gerados pelo SPM, que indicaram diferenças estatisticamente significativas ao longo do ciclo de movimento.

Após a ANOVA, foram realizados testes post hoc para identificar diferenças específicas entre grupos e blocos. As comparações incluíram: Grupo 1 x Grupo 2: Comparação separada para os blocos 1 e 2. Bloco 1 x Bloco 2: Comparação separada dentro de cada grupo, onde os resultados foram exibidos graficamente. Foi utilizado um nível de significância ajustado para múltiplas comparações (correção de Bonferroni, $\alpha=0.0125$) e foi baseado em métodos não paramétricos, garantindo maior aplicabilidade aos dados.

Resultados

Vinte e quatro participantes foram incluídos no estudo, após a verificação dos critérios de inclusão, não inclusão e pareamento. A Tabela 1 resume as características sociodemográficas e clínicas dos participantes, divididos em dois grupos: Grupo 1 ($n = 12$) e Grupo 2 ($n = 12$).

Conforme os resultados da Tabela 2, sugerem que o grupo 1 enfrentou uma tarefa progressivamente mais difícil, o que pode ser visto pela diferença significativa entre a média

das alturas dos degraus, $p=0,03$, e da percepção de desafio, enquanto o grupo 2 mostrou uma adaptação à tarefa, como pode ser visto através da redução no tempo de execução.

Tabela 2. Descrição das variáveis tempo, rating of perceived challenge (RPC) e altura do degrau na tarefa de colocar o lado acometido no degrau e tirar, dividida em dois grupos: 1 e 2, subdivididos em dois blocos.

Variáveis	Grupo 1 (M/DP)		Grupo 2 (M/DP)	
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 1	Bloco 2
Tempo	31,64±10,25	31,98±11,07	28,18±8,23	25,64±7,24
RPC	6,41	6,83	6,75	-
Altura degrau	27,20±19,48	31,51±21,18	22,10±15,16	-

As amplitudes articulares foram analisadas para o quadril, joelho e tornozelo durante os movimentos de subir e descer o pé do degrau. No grupo 1 foi observado aumento na ADM do quadril e joelho na subida, enquanto no tornozelo houve redução. No grupo 2 os valores da ADM do quadril permaneceram consistentes e o joelho e tornozelo ocorreu um aumento da ADM, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Valores mínimos, máximos e amplitude de movimento (range) dos ângulos do quadril, joelho e tornozelo para todos os participantes dos grupos 1 e 2.

Dados angulares	Mínimo				Máximo				Range			
	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 1		Grupo 2		Grupo 1		Grupo 2	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
Quadril	22.30	25.63	34.73	34.94	25.53	31.19*	39.11	39.18	3.23	5.56*	4.38	4.24
Joelho	-57.31	-61.86	-45.85	-44.59	-45.81	-48.23	-35.39	-32.93	-11,50	-13,63	-9.96	-11,66
Tornozelo	6.54	7.16	-1.19	-1.61	8.08	8.32	0.37	-0.24	1,54	1.16	-0.82	-1,85

O símbolo * indica que a diferença entre os valores mínimo e máximo da articulação foi estatisticamente significativa dentro do mesmo bloco ($p < 0,05$), representando uma amplitude de movimento (ADM) relevante. As análises foram realizadas por meio de teste t pareado entre os valores extremos de cada participante no respectivo bloco e grupo. A significância estatística mostrou variações relevantes na mobilidade articular durante a

execução da tarefa.

Cinemática

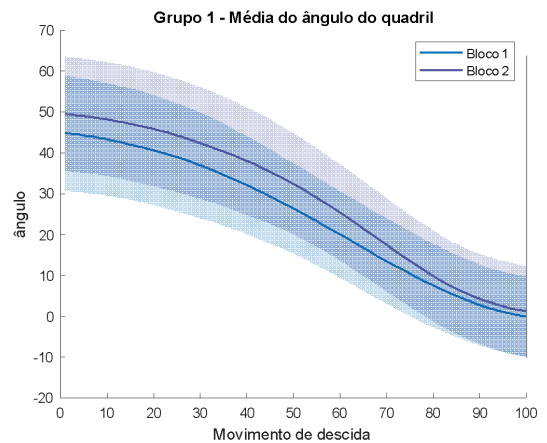
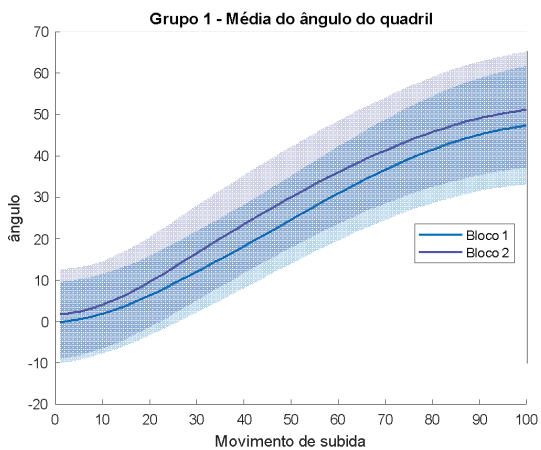
Apresentamos a análise dos gráficos que ilustram o comportamento das variáveis angulares das articulações do quadril, joelho e tornozelo durante a tarefa de colocar o pé no degrau. Essa análise foi essencial para avaliar a qualidade das angulações das articulações envolvidas na execução da tarefa. O movimento em questão compreende um ciclo repetitivo de subida e descida do pé no degrau, com a posição neutra definida em 0 graus. Entretanto, em pacientes pós-Acidente Vascular Cerebral (AVC), as angulações iniciais demonstram variações que podem chegar a 20 graus. A comparação entre os blocos 1 e 2 demonstrou pouca variação na cinemática do movimento, indicando um padrão relativamente consistente ao longo das repetições.

As figuras a seguir mostram a média e o intervalo de confiança (IC 95%) dos ângulos do quadril, joelho e tornozelo nos dois grupos estudados, durante o primeiro e o segundo bloco de subida e descida. As linhas dos blocos 1 e 2 representam a média das 10 repetições, das 10 tentativas. Com esses resultados pode-se notar que ambos os grupos apresentaram uma posição inicial da tarefa semelhante e não ocorreram.

Quadril

Como pode ser visto no gráfico, em relação a Figura 1, o quadril sai da posição de aproximadamente 0 graus e alcança a altura de pico de aproximadamente 45 a 50 graus durante a fase de subida. Na fase de descida, observa-se o retorno à posição neutra.

Figura 1. Curva média do ângulo do quadril, durante a subida e a descida da tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 1. A linha azul representa o bloco 1 e a roxa o bloco 2.

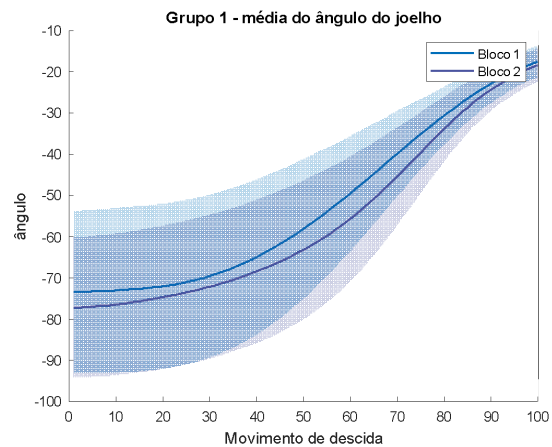
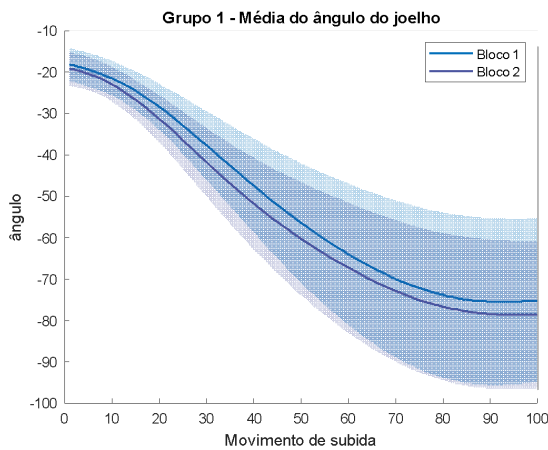


Fonte: Imagem do autor

Joelho

Quanto ao movimento angular do joelho está representado na Figura 2. No início da tarefa, os participantes apresentam uma leve flexão, seguida por um aumento do ângulo durante a subida e um retorno progressivo à posição inicial na descida.

Figura 2. Curva média do ângulo do joelho durante a subida e a descida da tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 1. A linha azul representa o bloco 1 e a roxa o bloco 2.

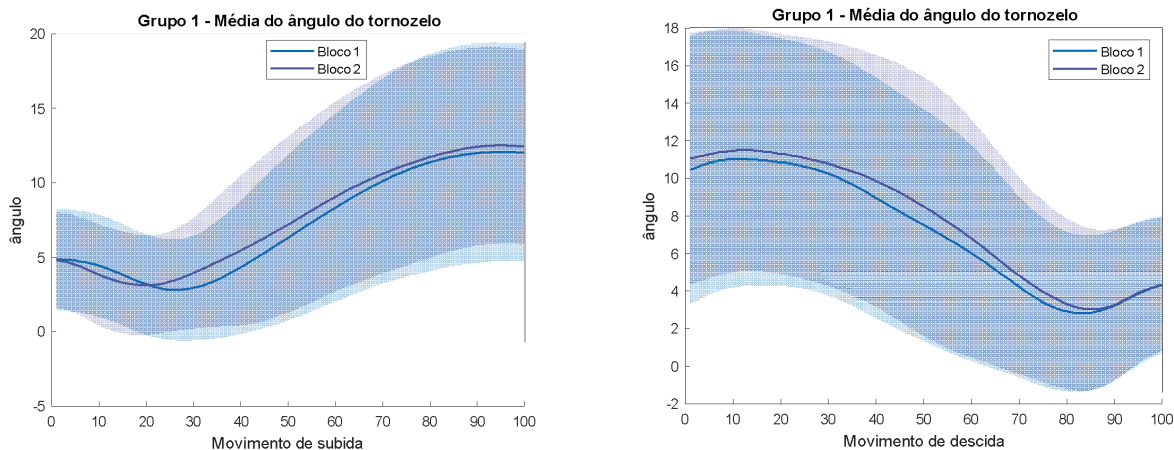


Fonte: Imagem do autor

Tornozelo

Inicialmente, os ângulos do tornozelo estavam em 5 graus, caracterizando uma posição inicial de plantiflexão. Durante a execução da tarefa, observou-se que os ângulos do tornozelo alcançaram até 12 graus de flexão.

Figura 3. Curva média do ângulo do tornozelo, durante a subida e a descida da tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 1. A linha azul representa o bloco 1 e a roxa o bloco 2.

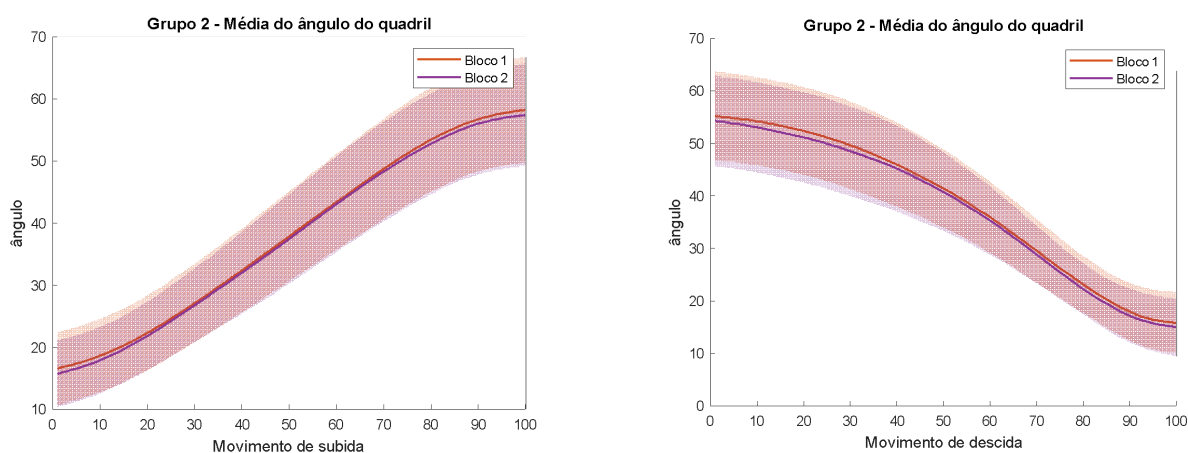


Fonte: Imagem do autor

Quadril

Os participantes iniciaram a tarefa com a perna inicialmente semiflexionada, saindo de uma flexão de mais ou menos 15° e realizando o movimento de colocar o pé no degrau e retirar.

Figura 4. Curva média do ângulo do quadril, durante a subida e a descida na tarefa de colocar o pé no degrau do Grupo 2. A linha vermelha representa o bloco 1 e a roxa clara o bloco 2.



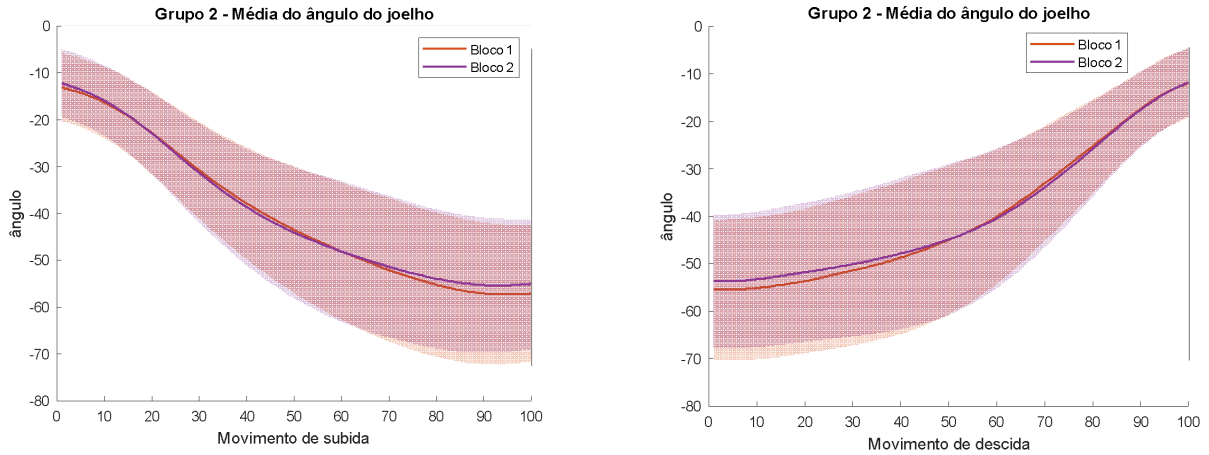
Fonte: Imagem do autor

Joelho

No movimento do joelho, durante a posição neutra os participantes apresentaram uma

leve flexão do joelho antes de iniciar a tarefa, assim como o grupo 1.

Figura 5. Curva média do ângulo do joelho, durante a subida e a descida na tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 2. A linha vermelha representa o bloco 1 e a roxa clara o bloco 2.

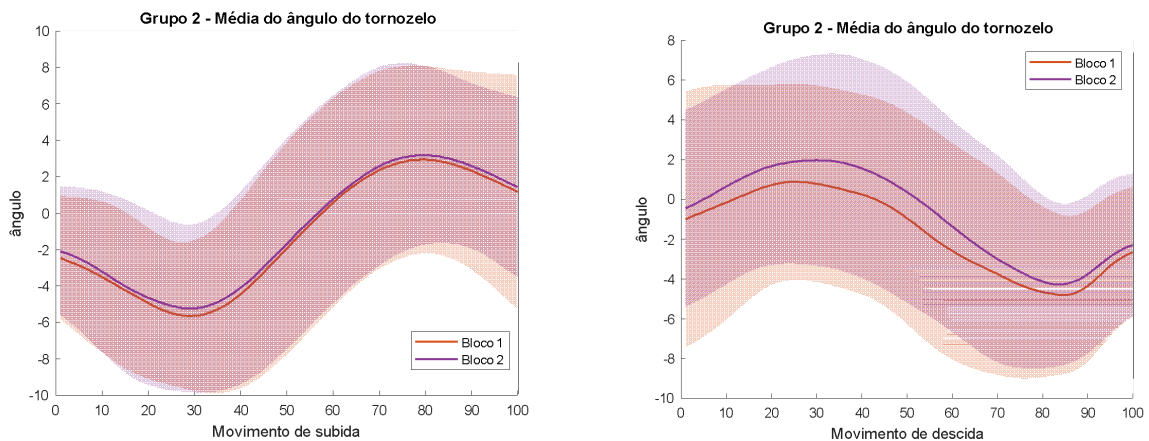


Fonte: Imagem do autor

Tornozelo

Os participantes saíram inicialmente de uma posição de dorsiflexão, aumentaram a dorsiflexão em 30% do início do movimento e depois diminuíram quando o pé foi em direção ao degrau, realizando um movimento mais próximo do típico.

Figura 6. Curva média do ângulo do tornozelo, durante a subida e a descida na tarefa de colocar o pé no degrau do grupo 2. A linha vermelha representa o bloco 1 e a roxa clara o bloco 2.



Fonte: Imagem do autor

Statistical Parametric Mapping (SPM)

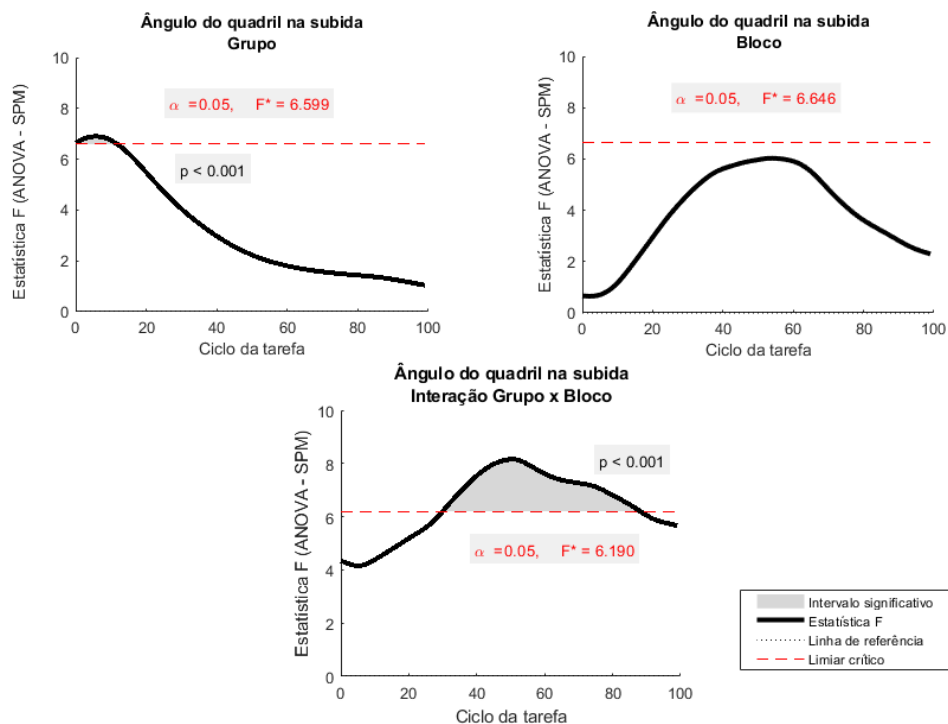
A análise estatística utilizando SPM foi realizada considerando a média das 10

repetições de cada tentativa, com o Grupo 2 pareado ao Grupo 1. Os dados foram organizados em uma matriz estruturada conforme o grupo, bloco e participante. Cada linha da matriz representava uma tentativa, normalizada de 0 a 100%, totalizando 240 amostras, sendo 120 por grupo (10 tentativas por participante).

Média quadril - subida

Em relação à média do ângulo do quadril na subida foram encontrados os seguintes resultados. Em relação aos Grupos, logo no início do movimento eles eram estatisticamente diferentes $p < 0.001$, mas após 10% do movimento se tornaram iguais. Quanto aos Blocos, os dois eram semelhantes, mas pode-se notar um aumento do pico durante o movimento. Quanto à interação foi observada uma diferença significativa, $p < 0.001$ entre os grupos e os blocos. Essa interação indica que o efeito dos blocos sobre o movimento do quadril variou entre os grupos. A interação ocorreu no meio do movimento na subida.

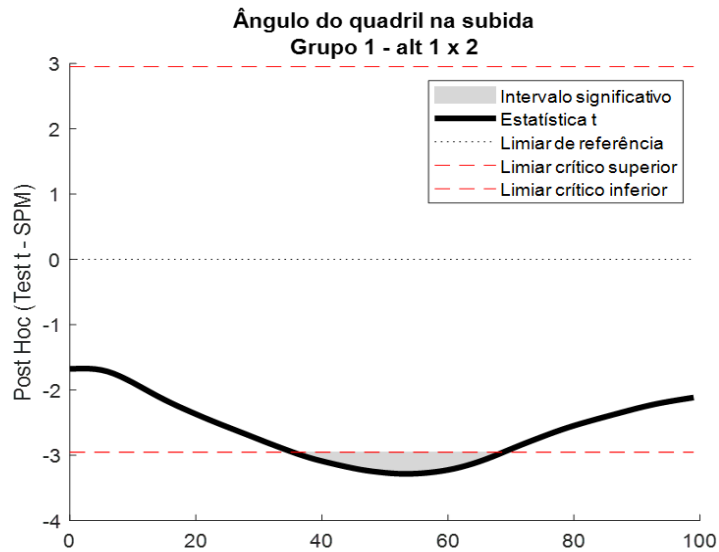
Figura 7. SPM da média do ângulo do quadril no plano sagital durante a subida. A parte cinzenta representa o intervalo com diferença significativa. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico.



Fonte: Imagem do autor

A interação significativa entre grupos e blocos no ângulo do quadril durante a subida, foi explorada através da análise post hoc, onde foi possível ver que a diferença ocorreu entre os blocos do Grupo 1, conforme a figura 8. Isso indica que a diferença que vemos na angulação do quadril durante o meio da subida na interação ocorreu no grupo que progrediu a altura do degrau.

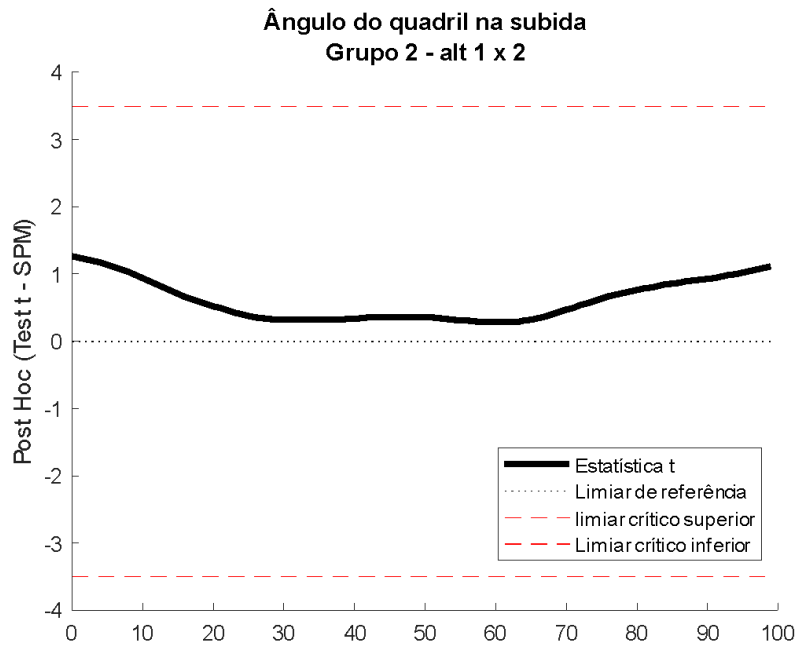
Figura 8. A área cinza representa o intervalo significativo da diferença na média angular do quadril durante a subida, comparando os blocos 1 e 2 do Grupo 1 ao longo da realização da tarefa.



Fonte: Imagem do autor

Por outro lado, no Grupo 2, o post hoc não encontrou diferenças significativas entre os blocos, indicando que a repetição sozinha não foi suficiente para induzir mudanças entre os blocos no ângulo do quadril e se manteve assim até o fim do movimento, conforme figura 9.

Figura 9. Post Hoc do ângulo do quadril durante a subida do grupo 2 entre as alturas 1 e 2.

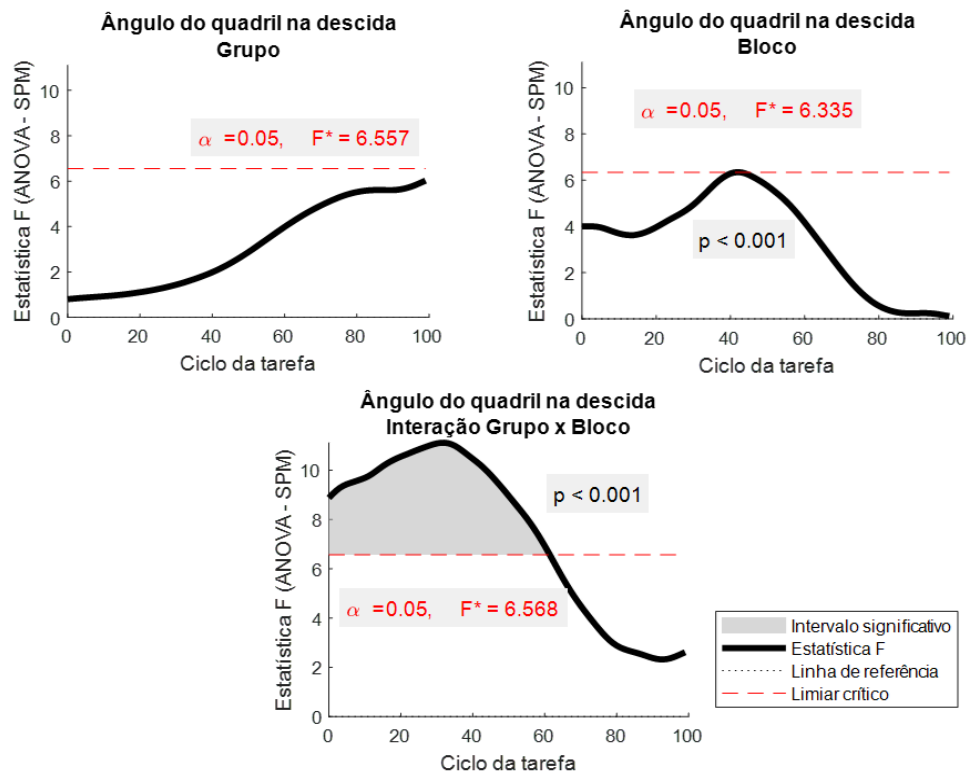


Fonte: Imagem do autor

Média quadril - descida

A análise também revelou uma interação significativa entre os grupos e os blocos para a média do ângulo do quadril durante a descida do degrau. Assim como na subida, essa interação sugere que o efeito do bloco variou a angulação entre os grupos.

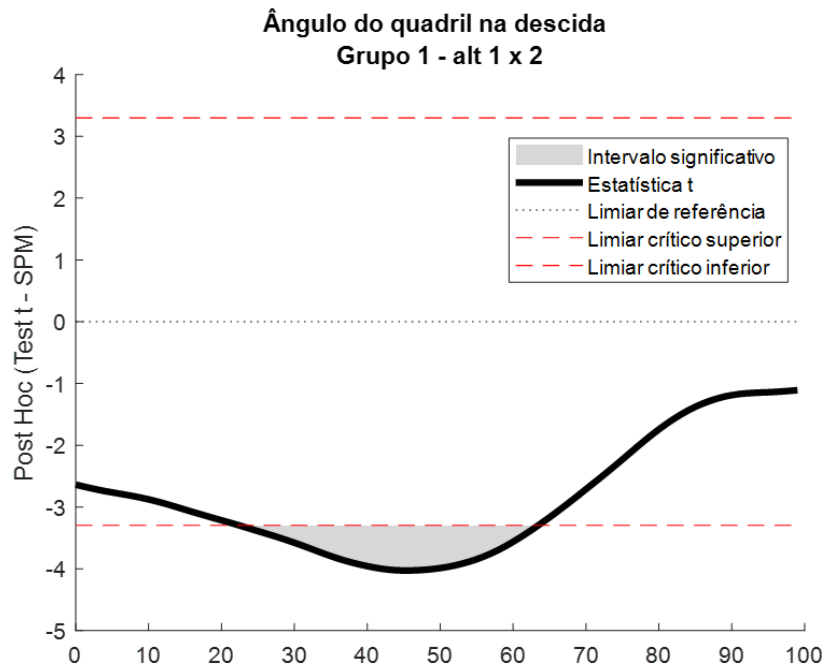
Figura 10. SPM da média do ângulo do quadril no plano sagital durante a descida. A parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico.



Fonte: Imagem do autor

Através da análise post hoc foi possível ver que a diferença significativa foi causada pelo grupo 1 entre os blocos 1 x 2, conforme a figura 11. A figura mostra que a diferença significativa aconteceu entre 30% e 60% do movimento, indicando que a diferença pode ter ocorrido por causa do aumento da progressão da tarefa.

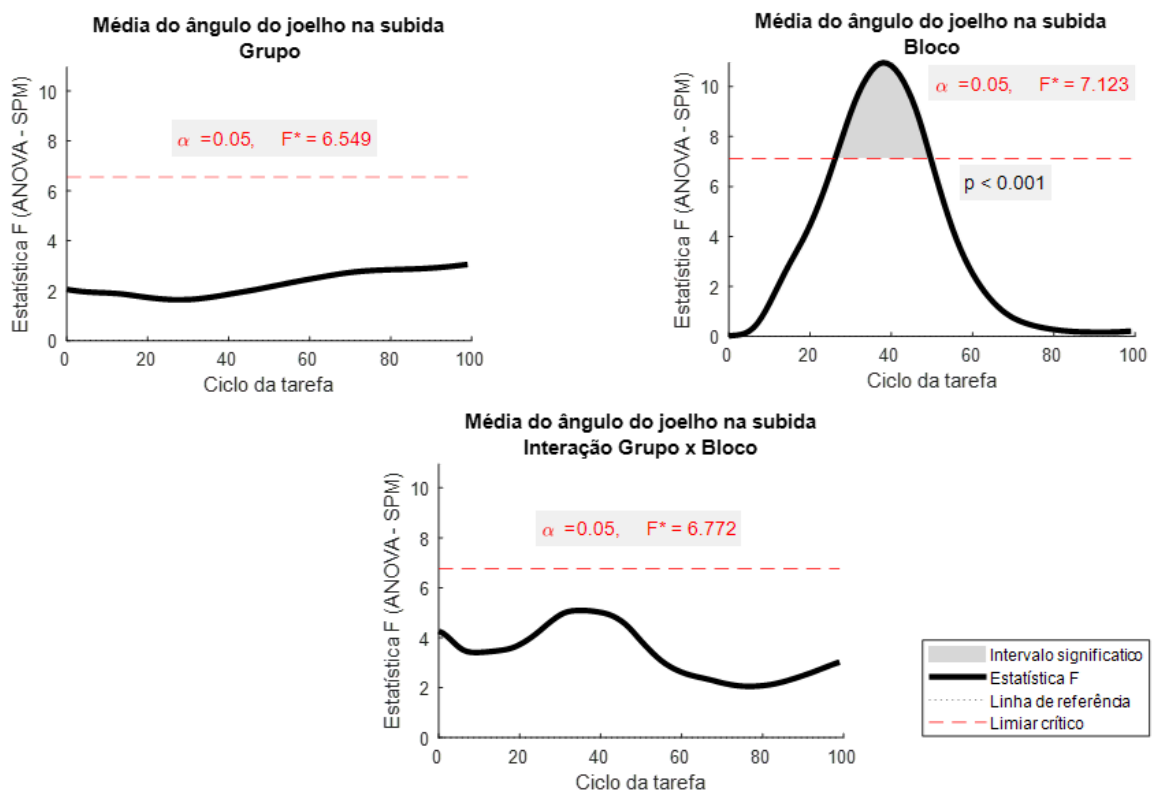
Figura 11. Post Hoc do ângulo do quadril durante a descida do grupo 2 entre as alturas 1 e 2.



Média joelho - subida

Para a média do ângulo do joelho durante a subida do degrau, foram encontrados os seguintes resultados: Os dois grupos eram iguais. Em relação aos blocos foi identificada uma diferença significativa, $p < 0.001$ entre 23% a 60% do movimento. Isso indica que nesse momento os blocos variaram o ângulo do joelho. Quanto à interação entre os grupos e os blocos não teve diferença significativa, isso sugere que a influência da altura não tem relação com os grupos. A análise Post hoc não indicou diferenças adicionais.

Figura 12. SPM da média do ângulo do joelho no plano sagital durante a subida. A parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico.

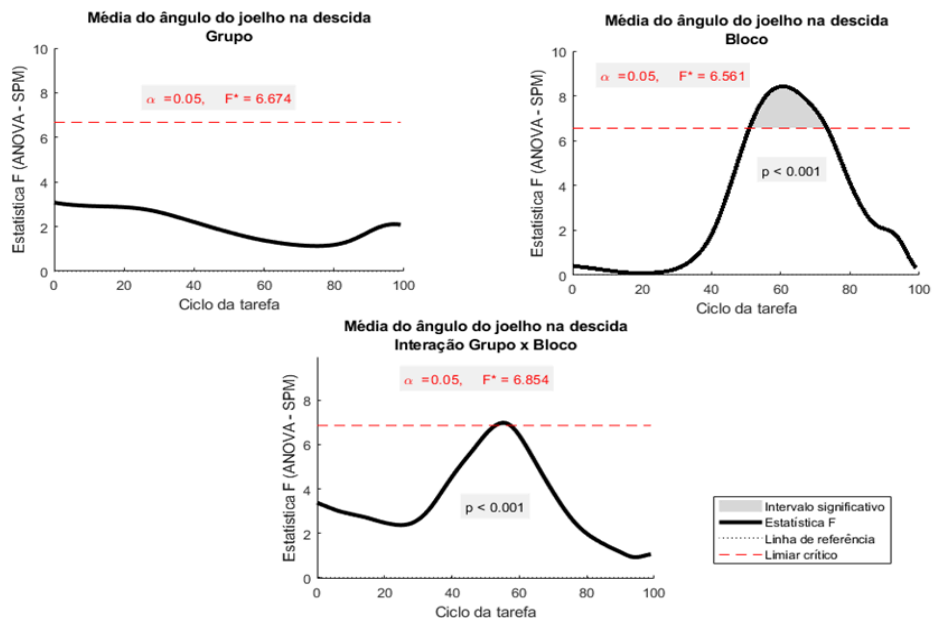


Fonte: Imagem do autor

média joelho - descida

Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos. Foram encontradas diferenças significativas entre os blocos, $p < 0.001$. Já na interação entre grupo e altura, foi encontrado um aumento do pico que gerou apenas uma pequena diferença significativa, indicando que a diferença entre os blocos na angulação do joelho na descida é por causa do grupo.

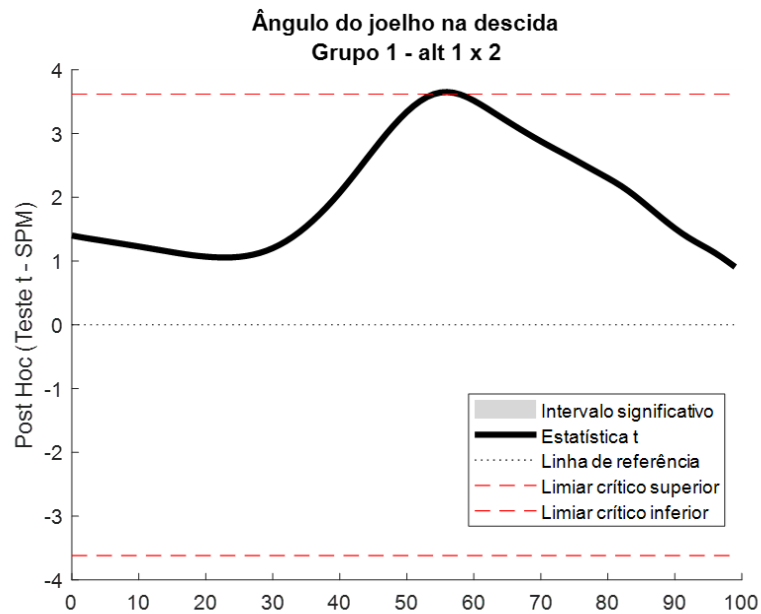
Figura 13. SPM da média do ângulo do joelho no plano sagital durante a descida. A parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico.



Fonte: Imagem do autor

Uma pequena diferença significativa foi identificada no Grupo 1, entre as alturas 1 e 2 durante o início de segundo bloco e nenhuma diferença significativa foi encontrada no grupo 2 entre as alturas 1 e 2.

Figura 14. Post Hoc do ângulo do joelho durante a descida do grupo 1 entre as alturas 1 e 2.

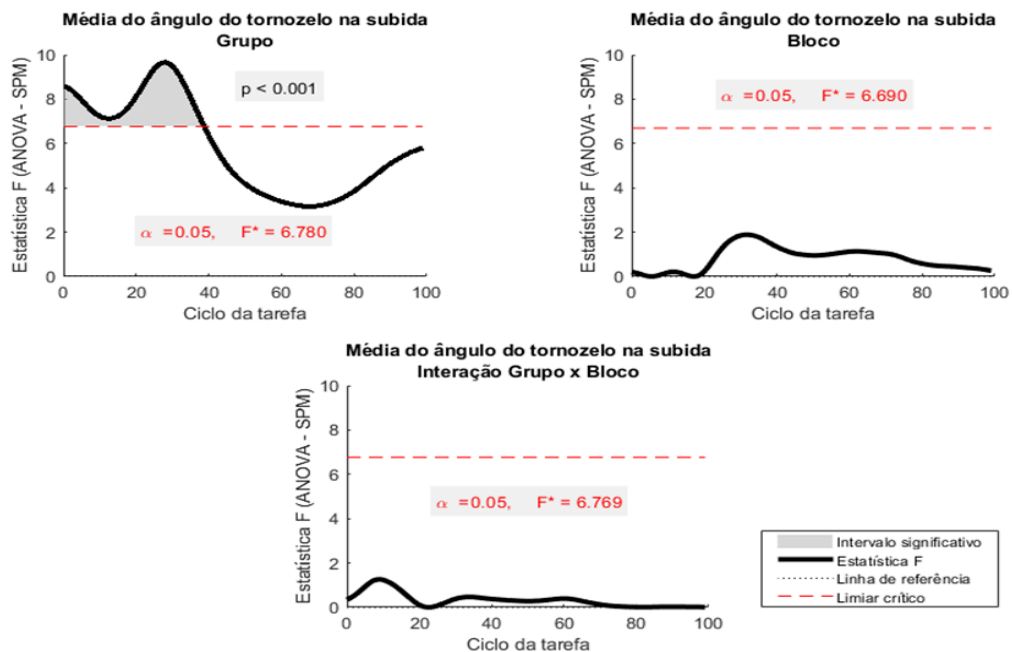


Fonte: Imagem do autor

Média tornozelo - subida

Uma diferença significativa foi observada nos grupos para a média do ângulo do tornozelo durante a subida do degrau, especificamente no início do movimento, $p < 0,001$, conforme figura 15. Nos blocos, não foi encontrada diferença significativa. Na interação entre eles também não foi encontrada diferença significativa, sendo assim, isso indica que a diferença entre os grupos não foi influenciada pelos blocos. A análise Post hoc não indicou diferenças adicionais.

Figura 15. SPM da média do ângulo do tornozelo no plano sagital durante a subida. A parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico.

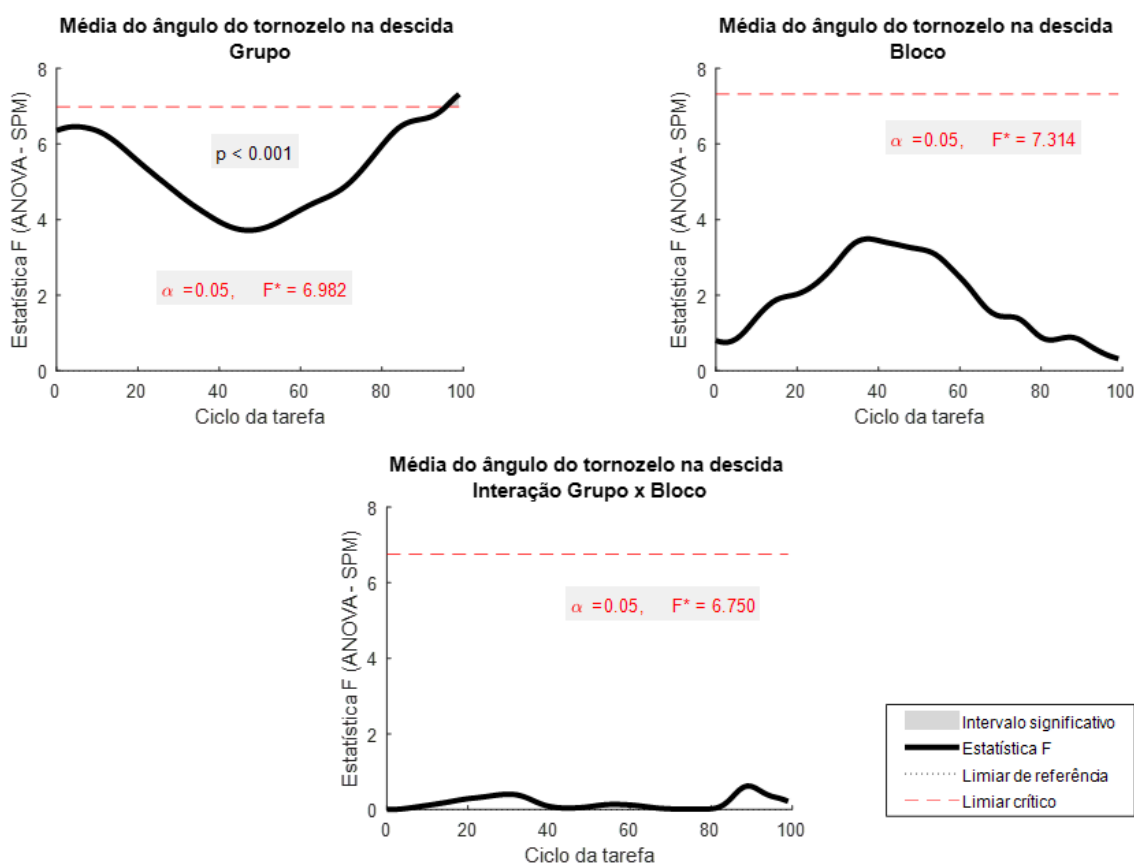


Fonte: Imagem do autor

Média tornozelo - descida

Não foram observadas diferenças significativas para o ângulo do tornozelo durante a descida, conforme figura 16. A análise Post hoc não indicou diferenças adicionais.

Figura 16. SPM da média do ângulo do tornozelo no plano sagital durante a descida. A parte cinzenta representa o intervalo significativo. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico.



Fonte: Imagem do autor

Variabilidade

Não foram encontrados resultados significativos no desvio padrão do quadril, joelho e tornozelo no plano sagital, em relação ao grupo, à altura do degrau ou à interação entre os grupos e os blocos. As figuras foram colocadas no material suplementar.

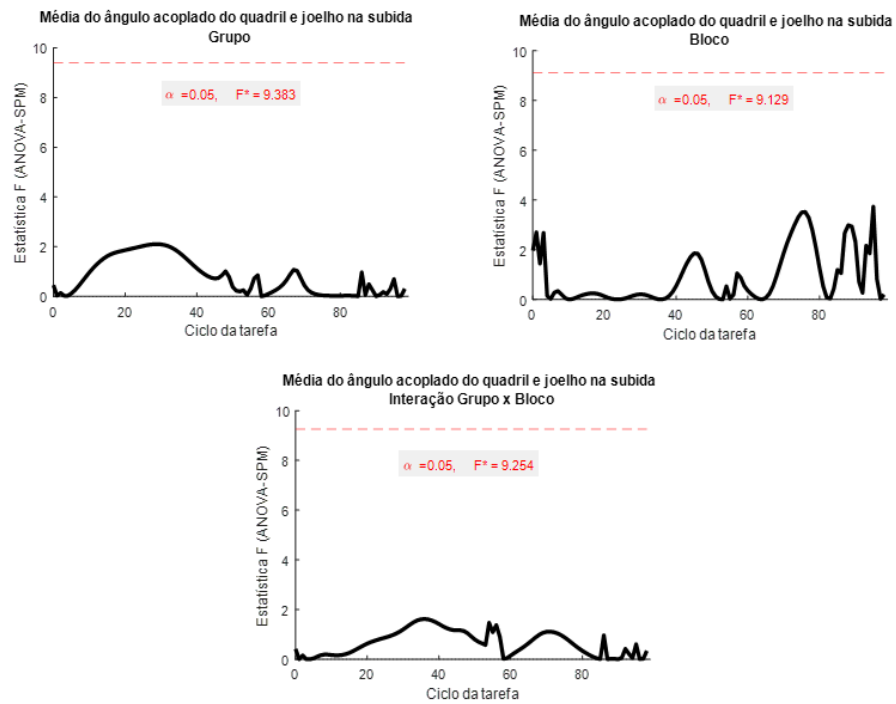
Coordenação intra-membro

Quadril-Joelho

Não foram identificadas diferenças significativas na coordenação intra-membros entre o quadril e o joelho durante as fases de subida e descida do degrau. Essa ausência de diferenças foi observada tanto na comparação entre os grupos quanto entre as diferentes alturas do degrau, bem como na interação entre essas variáveis, conforme ilustrado nas Figuras 17 e 18.

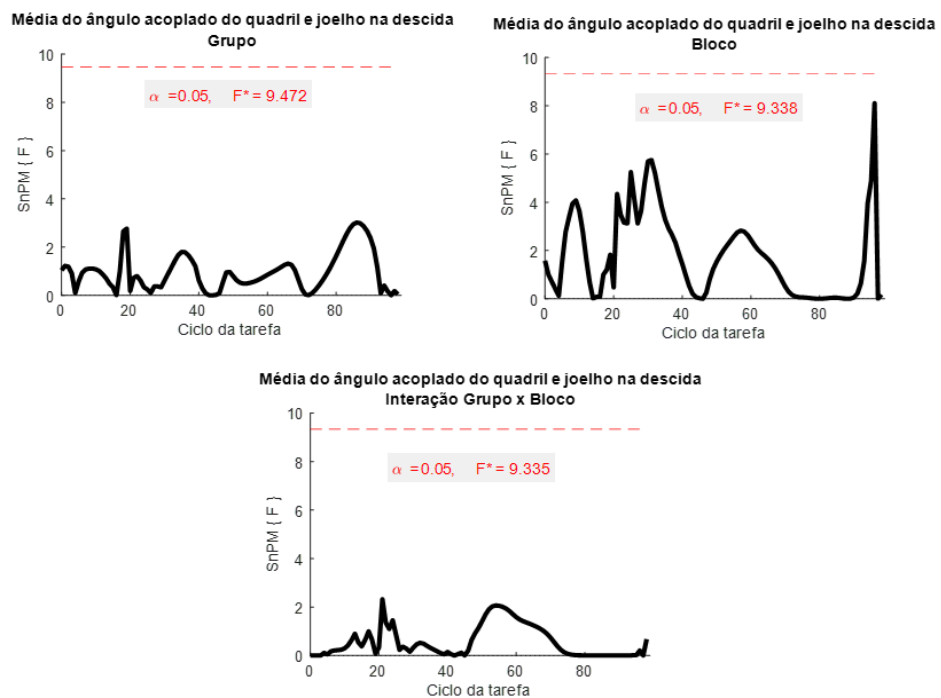
Figura 17. Gráfico da SPM da estatística F da média do ângulo acoplado do quadril e joelho durante a subida. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada

vermelha representa o limiar crítico.



Fonte: Imagem do autor

Figura 18. Gráfico da SPM da estatística F da média do ângulo acoplado do quadril e joelho durante a descida. A linha preta representa a estatística F. A linha pontilhada cinza representa a de referência e a linha pontilhada vermelha representa o limiar crítico.



Fonte: Imagem do autor

Discussão

Esse estudo teve como objetivo investigar os efeitos da progressão da dificuldade da tarefa na coordenação intra-membros de pessoas pós AVC. Para isto, consideramos uma tarefa presente em diversas tarefas do cotidiano que é o movimento de colocar o pé em um degrau. Segundo nossas pesquisas na literatura, este é o primeiro estudo a analisar o efeito da progressão da tarefa considerando mudanças ao longo de toda a série temporal na execução de um movimento.

De forma geral, os resultados não apontaram alterações na coordenação intra-membro entre quadril e joelho (acoplamento angular), e nem na variabilidade dos movimentos articulares, sugerindo que esses aspectos do controle motor se mantiveram estáveis, mesmo diante da progressão. No entanto, foram identificadas mudanças significativas nos ângulos articulares isolados do quadril e do joelho, especialmente no grupo 1 que realizou a tarefa com aumento de altura do degrau. Durante a subida e a descida, o quadril demonstrou maior amplitude de movimento nesse grupo, com diferenças localizadas entre os blocos (alturas), enquanto o grupo 2, que realizou repetições sem progressão, manteve padrões semelhantes entre os momentos. Esses ajustes refletem a necessidade de ajustar a amplitude articular para atender às novas demandas biomecânicas impostas pelo segundo bloco, fazendo com que o ângulo se equipara ao grupo 2, uma vez que o grupo 2 não precisou realizar ajustes, mantendo o padrão motor estável. Isso está alinhado à literatura, que aponta que tarefas progressivas são mais eficazes em promover adaptações motoras (Stergiou et al., 2016; Pollock et al., 2014).

Quanto ao ângulo do joelho durante a subida, observou-se uma diferença estatisticamente significativa entre os blocos, independentemente do grupo analisado. Durante a descida, no entanto, os blocos influenciaram significativamente o ângulo do joelho no grupo 1 entre as alturas 1 e 2, conforme evidenciado pela análise post hoc. Esse comportamento pode refletir uma estratégia compensatória para modular a demanda mecânica e neuromuscular imposta pelo movimento descendente, que exige maior controle excêntrico da musculatura extensora do joelho (Lessa & Gouvêa, 2018). A ausência de interação significativa entre grupo e altura durante a subida sugere que a resposta motora foi relativamente homogênea entre os indivíduos dos grupos (Platz, 2019).

Os resultados para o ângulo do tornozelo indicam diferenças iniciais entre os grupos já na posição em pé, antes de iniciar o movimento de colocar o pé no degrau, independentemente dos blocos. Isso sugere que um dos grupos já apresentava um padrão distinto antes mesmo da execução da tarefa, possivelmente devido ao quadro motor basal de

cada participante. O grupo 1 manteve uma angulação em plantiflexão na posição inicial, enquanto o grupo 2 apresentou um padrão inicial em dorsiflexão, conforme ilustrado na Tabela 3 e nas Figuras 3 e 6. Além disso, em indivíduos com hemiparesia, é comum observar padrões compensatórios durante a postura ereta e a transição postural, como a hiperextensão do joelho ou uma flexão excessiva do joelho parético. Essas alterações podem ocorrer devido a fraqueza muscular, espasticidade e déficits no controle motor voluntário, levando a padrões de movimento que buscam otimizar a estabilidade e minimizar o esforço na manutenção da postura e na execução da tarefa (Perry et al., 2019). No entanto, ao longo do movimento, os padrões angulares entre os grupos são semelhantes, sugerindo uma possível convergência adaptativa no controle motor do tornozelo.

A estabilidade dos padrões motores observada no tornozelo pode ser atribuída à limitação funcional intrínseca dessa articulação, especialmente em populações com comprometimento neurológico. Estudos indicam que a dorsiflexão do tornozelo é frequentemente afetada após o AVC, devido à fraqueza dos músculos dorsiflexores e à presença de espasticidade nos músculos plantiflexores, impactando a execução de tarefas funcionais (Arene e Hidler, 2009). Esse achado reforça a hipótese de que a adaptação motora pode ocorrer de maneira diferenciada entre indivíduos com distintas condições neuromusculares, mas que, ao longo da tarefa, o movimento tende a reduzir essa diferença inicial.

É comum na prática clínica utilizarem essa tarefa funcional como estratégia para melhorar o movimento de dorsiflexão (Verma et al., 2011). Contudo, neste estudo, não foram observadas mudanças significativas nos valores angulares médios da dorsiflexão, sugerindo que, apesar da aplicabilidade clínica, a tarefa isolada pode não ser suficiente para promover adaptações motoras neste movimento, visto que os pacientes optam por compensar de outra forma para realizar a tarefa. De maneira semelhante, o estudo de Pacheco et al. (2023), que realizou uma análise de componentes principais, revelou que em pacientes com lesão medular incompleta, o movimento do tornozelo também não foi determinante para a eficácia na execução da mesma tarefa.

A ausência de diferenças significativas na coordenação motora do ângulo acoplado do quadril e o joelho durante as fases de subida e descida do degrau foi observada tanto na comparação entre os grupos quanto entre as diferentes alturas do degrau, bem como na interação entre essas variáveis. Esses achados sugerem que o padrão de coordenação desse acoplamento não foi alterado pela progressão. Assim como também a ausência de mudanças

significativas no desvio padrão, dos ângulos do quadril, joelho e tornozelo, sugere que os padrões motores permaneceram estáveis durante a tarefa, mesmo diante da progressão. Isso pode ter sido causado pela natureza da análise escolhida, uma vez que foi preciso cortar cada movimento para conseguir realizar a média, pois os indivíduos eram diferentes, não sendo possível realizar a média de toda a série temporal pois os picos não ficavam sobrepostos uns aos outros.

Embora os grupos tenham sido pareados por idade, sexo e grau de acometimento, foram observadas diferenças significativas entre os grupos no início do movimento, durante a subida no degrau na angulação do quadril e do tornozelo. Isso sugere que um dos grupos pode ter apresentado vantagens iniciais em termos de capacidade de adaptação ou coordenação no início da tarefa. Esse achado é consistente com a literatura que destaca a influência da individualidade nas respostas motoras, especialmente em pessoas pós-AVC que possuem diferentes tipos de acometimentos (Newell, 1991; Platz, 2019). Assim como Pacheco et al. (2019) viu em seu estudo que seus participantes também diferiram em condições iniciais. Estudos como o de Makiyama et al. (2004) e Pedrolo et al., (2011) apontam para a importância de considerar a confiança e a experiência prévia com a tarefa realizada, que podem impactar o desempenho inicial.

Os resultados reforçam a relevância da repetição e da progressão de tarefas na reabilitação motora para induzir alteração no comportamento angular do quadril e do joelho. A literatura sobre a Terapia por Contensão Induzida (TCI) e o shaping destaca que a manipulação gradual da dificuldade promove desestabilização de padrões motores ineficientes e facilita a emergência de soluções mais funcionais (Hubbard et al., 2009; Morris et al., 2006). Neste estudo, observou-se que o grupo 1 apresentou maior amplitude articular no quadril e joelho, alinhado a estudos como os de Van Criekinge et al. (2019) e García-Salazar et al. (2022), que sugerem que tarefas progressivas ampliam a adaptação motora.

Além disso, os resultados mostraram que tanto a repetição quanto a progressão são estratégias válidas, mas que podem ser direcionadas conforme o perfil e a necessidade de cada paciente. Protocolos baseados em tarefas progressivas poderiam ser implementados para pacientes com maior capacidade inicial, onde eles já possuem um certo nível de habilidade e precisam ser desafiados para aumentar o arcabouço de estratégia, enquanto estratégias repetitivas podem ser mais úteis em casos de maior comprometimento.

Foi utilizada a Escala de Percepção de Desafio (RPC) para ajustar a altura do degrau, garantindo que a tarefa fosse desafiadora, mas não impossível ou fácil demais. A aplicação da

RPC foi essencial para personalizar a intervenção conforme a percepção dos indivíduos, para mantê-los engajados, mas também mostrou desafios relacionados às diferenças individuais na percepção de cada um.

Esses resultados indicam que o comportamento motor foi parcialmente modificado pela progressão da tarefa, refletido principalmente nos ângulos articulares isolados de quadril e joelho, mas não foi suficiente para alterar a coordenação intra-membro entre essas articulações nem a variabilidade do movimento como um todo. Em outras palavras, houve mudanças angulares pontuais, mas não uma reorganização global do padrão coordenado do membro inferior.

Esse perfil de resposta motora pode refletir limitações biomecânicas de algumas articulações (como o tornozelo). Ainda assim, os achados sugerem que a progressão da dificuldade da tarefa pode ser uma estratégia válida para induzir mudanças angulares específicas.

Limitações do Estudo

As limitações desse estudo foi o pequeno tamanho da amostra e a predominância de participantes do sexo masculino em ambos os grupos, com idades variando entre 42 e 82 anos. Além disso, a utilização de amostragem por conveniência pode limitar a generalização dos resultados.

Em relação à experiência prévia dos participantes, eles não tinham realizado essa terapia anteriormente. Entretanto, outras formas de reabilitação fisioterapêutica não foram consideradas critérios de exclusão, o que significa que alguns participantes poderiam estar envolvidos em outras terapias. No entanto, para minimizar possíveis interferências, foi garantido que interrompesse qualquer outra atividade durante a realização do estudo e isso pode ter influenciado os resultados, mas reflete a realidade clínica.

Outro fator limitante foi a análise de apenas um único exercício do protocolo, realizado em um único dia de intervenção. Por fim, este estudo limitou-se à análise do movimento apenas no plano sagital, o que reduz a abrangência das conclusões sobre a coordenação motora em diferentes contextos de movimento.

Conclusão

Este estudo investigou os efeitos da progressão da dificuldade da tarefa na coordenação intra-membros de indivíduos pós-AVC, utilizando uma tarefa funcional do shaping para membros inferiores: colocar e tirar o pé do degrau. Os achados indicam que a

progressão da tarefa gerou mudanças na angulação do quadril e joelho isolados, mas não gerou mudanças na coordenação intra-membro do acoplamento do quadril-joelho.

O grupo 1, promoveu mudança na coordenação da angulação do quadril tanto na subida quanto na descida e no joelho na descida, evidenciando que esse grupo precisou modificar seu comportamento angular para atender às novas demandas biomecânicas. Já o grupo 2 manteve um padrão motor mais estável, sugerindo que a repetição isolada pode não ser suficiente para estimular adaptações no movimento angular. Além disso, observou-se que a progressão pode ser um fator essencial para ampliar a amplitude articular, alinhando-se a estudos que demonstram a eficácia de desafios progressivos na promoção de adaptações motoras.

No que diz respeito ao tornozelo, os resultados sugerem que diferenças iniciais no padrão angular podem estar associadas às condições motoras prévias dos participantes. Apesar disso, ao longo da tarefa, observou-se uma convergência nos padrões angulares entre os grupos, indicando um possível ajuste adaptativo no controle motor dessa articulação. Contudo, a ausência de mudanças significativas na dorsiflexão reforça a hipótese de que a tarefa por si só pode não ser suficiente para promover adaptações funcionais expressivas nesse movimento específico.

Diante disso, os resultados reforçam a importância de adaptar a estratégia de intervenção conforme o perfil do paciente. Protocolos progressivos podem ser mais eficazes para indivíduos com maior capacidade inicial, enquanto estratégias baseadas em repetição podem beneficiar aqueles com maior comprometimento motor.

5. ARTIGO (2)

Fatores Antropométricos e Funcionais Determinantes na Escolha da Altura do Degrau Durante a Reabilitação Pós-AVC: Um Estudo Transversal

Autores: Fabiana Silva Marques; Laura Hellen dos Santos Cerqueira Gomes; Gabriela Cristina dos Reis; Thais Raquel Martins Filippo; Natalia Duarte Pereira.

Resumo

Objetivo: Identificar e analisar os fatores antropométricos e funcionais que influenciam diretamente a seleção da altura do degrau utilizada em exercícios de reabilitação para indivíduos que sofreram um acidente vascular cerebral (AVC). A compreensão desses determinantes pode contribuir para a personalização das intervenções terapêuticas, otimizando os benefícios da reabilitação.

Projeto: Estudo transversal realizado seguindo as diretrizes do STROBE. Local: Ambiente de reabilitação neurológica com amostragem de conveniência de pacientes pós-AVC.

Participantes: Participaram deste estudo 29 indivíduos pós-AVC com idade entre 42 e 82 anos, com hemiparesia crônica (≥ 6 meses), capazes de caminhar ≥ 8 metros três vezes ao dia e atendendo aos pontos de corte ajustados do Mini-Exame do Estado Mental (MEEM).

Principais medidas de resultados: Altura do degrau escolhida pelos participantes foi mensurada pela escala Rating of Perceived Challenge (RPC). Outros parâmetros analisados incluíram o comprimento dos membros inferiores, recuperação motora (Avaliação Fugl-Meyer) e mobilidade funcional (Timed Up and Go, TUG).

Resultados: A altura do degrau correlacionou-se positivamente com o comprimento dos membros inferiores ($r = 0,48$) e com os escores de Fugl-Meyer ($r = 0,66$) e negativamente com o tempo do TUG ($r = -0,54$). Um modelo de regressão hierárquica explicou 50,4% da variância na altura do degrau, sendo o comprimento dos membros inferiores e o tempo do TUG como preditores significativos. O escore de Fugl-Meyer perdeu significância após o controle do TUG.

Conclusões: A altura do degrau para exercícios de reabilitação pós-AVC é melhor determinada pela combinação de mobilidade funcional (TUG) e medidas antropométricas (comprimento dos membros inferiores). Estas descobertas enfatizam a necessidade de abordagens personalizadas em programas de reabilitação. Mais estudos com amostras maiores são necessários para validar esses resultados.

Palavras-chave: Acidente vascular cerebral, hemiparesia, terapia orientada a tarefas, coordenação motora, altura do degrau.

Lista de abreviaturas

MEEM: Mini Exame do Estado Mental

PCS: Escala de Desafio Percebido

TUG: teste cronometrado e pronto

TC6M: teste de caminhada de 6 minutos

10MWT: teste de caminhada de 10 minutos

Introdução

O acidente vascular cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacidades de longo prazo em todo o mundo, afetando significativamente a mobilidade e a capacidade funcional¹. Entre os diversos desafios enfrentados, indivíduos que sofreram AVC frequentemente apresentam comprometimentos motores, especialmente nos membros inferiores, o que limita sua capacidade de realizar atividades da vida diária². Estratégias de reabilitação são essenciais para restaurar as habilidades funcionais e melhorar a qualidade de vida desses indivíduos³. Um dos métodos frequentemente utilizados na reabilitação é o uso de exercícios orientados por tarefas, como subir escadas, para simular atividades cotidianas, promovendo o controle motor, o equilíbrio e a força⁴.

A terapia orientada por tarefas é um pilar da neuroreabilitação, pois enfatiza atividades significativas para estimular a recuperação motora⁵. Para que os exercícios sejam eficazes, eles precisam ser suficientemente desafiadores, ultrapassando os limites do paciente de forma controlada para melhorar o controle motor¹. A Escala de Desafio Percebido (Rating of Perceived Challenge – RPC) desempenha um papel crucial nesse contexto, pois quantifica a dificuldade percebida de uma tarefa, permitindo que os terapeutas ajustem a intensidade para que permaneça em um nível desafiador, porém alcançável. Esse alinhamento ajuda a otimizar a intensidade necessária para a melhora motora, um princípio central da terapia orientada por tarefas^{6,7}.

Há fortes evidências científicas que apoiam o uso do treinamento orientado por tarefas, incluindo exercícios de subir escadas, como uma intervenção eficaz para melhorar a função dos membros inferiores e a mobilidade na reabilitação pós-AVC. De acordo com diretrizes como as do Canadian Stroke Best Practices, esse tipo de treinamento é recomendado com alto nível de evidência (Nível A) tanto para as fases iniciais quanto tardias da recuperação do AVC^{8,9}.

Exercícios como subir escadas, que replicam atividades diárias, são especificamente projetados para desafiar o controle motor, o equilíbrio e a força, promovendo assim a mobilidade funcional e a independência dos pacientes². Essas intervenções são mais eficazes quando são repetitivas, progressivamente adaptadas e alinhadas de forma estreita com as tarefas da vida real⁴. Apesar das evidências robustas que apoiam a terapia orientada por tarefas na reabilitação pós-AVC, os critérios para seleção da altura ideal dos degraus ainda são amplamente empíricos. Os estudos existentes têm se concentrado principalmente em fatores funcionais ou antropométricos individuais, mas há uma compreensão limitada de como essas características interagem para determinar a dificuldade da tarefa e o desafio terapêutico. Este

estudo aborda essa lacuna ao propor um modelo preditivo que integra variáveis funcionais e antropométricas para orientar a escolha da altura dos degraus, visando fornecer diretrizes objetivas e baseadas em evidências para a prática clínica^{4,9}.

Adicionalmente, análises pós-regressão, incluindo validação cruzada e bootstrapping, são empregadas para garantir a robustez e a generalização do modelo. Essas técnicas fornecem uma estimativa da confiabilidade do modelo em diferentes subconjuntos de dados, aumentando sua relevância clínica e potencial de aplicação³. Este estudo busca, portanto, preencher essa lacuna ao estabelecer diretrizes objetivas para a escolha da altura dos degraus com base em características funcionais e antropométricas.

Método

Aprovação Ética

Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), protocolo CAAE 45511321.7.0000.5504.

Desenho do Estudo

Neste estudo, foi utilizado um delineamento transversal prospectivo, incluindo indivíduos pós-AVC. Todos os participantes realizaram uma tarefa de shaping. O estudo seguiu as diretrizes do Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Os participantes foram recrutados por amostragem por conveniência, por meio de panfletos e redes sociais, entre janeiro de 2022 e julho de 2024. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, e seus direitos foram protegidos ao longo do estudo. A pesquisa obteve aprovação prévia de um comitê de ética local.

População do Estudo

Participaram deste estudo 29 indivíduos pós-AVC, com idades entre 32 e 86 anos, com hemiparesia (≥ 6 meses), capazes de caminhar 8 metros três vezes ao dia (com ou sem dispositivos de auxílio), e com escores do MEEM ajustados ao nível educacional. Foram excluídos indivíduos com diagnóstico de outras condições neurológicas, ortopédicas ou respiratórias que impactassem a marcha, e com deficiências visuais severas.

O tamanho amostral foi determinado com base nas diretrizes de Cohen para tamanho de efeito e poder estatístico em estudos exploratórios. Foi escolhido um tamanho de efeito médio ($r = 0,5$) e um poder estatístico de 0,80 para detectar correlações significativas,

resultando em um tamanho mínimo de amostra de 30 participantes¹⁰. Embora essa amostra seja suficiente para análises exploratórias, reconhecemos que uma coorte maior aumentaria a generalização.

Medidas de Desfecho

Os participantes passaram por uma entrevista inicial e um exame físico, com os dados categorizados em grupos sociodemográficos, clínicos e antropométricos. Os dados sociodemográficos incluíram idade, sexo e endereço. Os dados clínicos contemplaram tempo desde o AVC e lateralidade da lesão, além da avaliação cognitiva com o Mini Exame do Estado Mental (MEEM), que avalia memória, atenção e orientação; escores abaixo de 24 indicam comprometimento cognitivo¹¹.

A mobilidade funcional foi medida pelo teste Timed Up and Go (TUG), que avalia equilíbrio, velocidade e a capacidade de sentar, levantar e caminhar; tempos acima de 14 segundos indicam maior risco de quedas em pacientes pós-AVC¹². O comprometimento motor foi avaliado pela Fugl-Meyer Assessment, com foco na função motora dos membros inferiores e na coordenação/velocidade, sendo que escores mais baixos indicam maior comprometimento¹³.

Os dados antropométricos incluíram medidas do comprimento dos membros inferiores, realizadas com o sistema de software Qualisys Track Manager e analisadas no Visual 3D. Foi aplicado um filtro Butterworth de 6 Hz para garantir medições precisas e confiáveis. O sistema Visual 3D, que utiliza marcadores reflexivos, é validado em pesquisas biomecânicas como uma ferramenta confiável para avaliar características antropométricas e parâmetros da marcha^{7,11}.

Procedimento do Teste

Os participantes foram posicionados a uma distância de 15 cm em relação a um degrau com altura inicial de 16 cm, sobre o qual realizaram três subidas consecutivas. A percepção subjetiva de esforço foi avaliada por meio da Escala de Percepção de Esforço (RPC), variando de 0 (nenhum esforço) a 10 (esforço máximo/impossível). A escala foi impressa, plastificada e apresentada aos participantes, que indicavam verbalmente ou por apontamento a nota correspondente ao esforço percebido. Caso a pontuação atribuída não estivesse entre 6 e 8, a altura do degrau era ajustada iterativamente, sendo a escala reapresentada até que a pontuação permanecesse dentro da faixa estipulada.

O comprimento do membro inferior foi determinado a partir da colocação de

marcadores reflexivos em marcos anatômicos específicos. Foram posicionados, bilateralmente, marcadores nas cabeças do primeiro, segundo e quinto metatarsos, nos maléolos medial e lateral, no calcâneo (superior e inferior), na borda lateral do pé, nos epicôndilos medial e lateral do fêmur, nos trocanteres maiores e nas cristas ilíacas. Além disso, foram utilizados clusters rígidos de marcadores reflexivos colocados nas vértebras T4 e T10, assim como nas faces laterais das coxas e pernas, bilateralmente. A reconstrução tridimensional dos dados foi realizada no software Visual 3D.

Análise de Dados

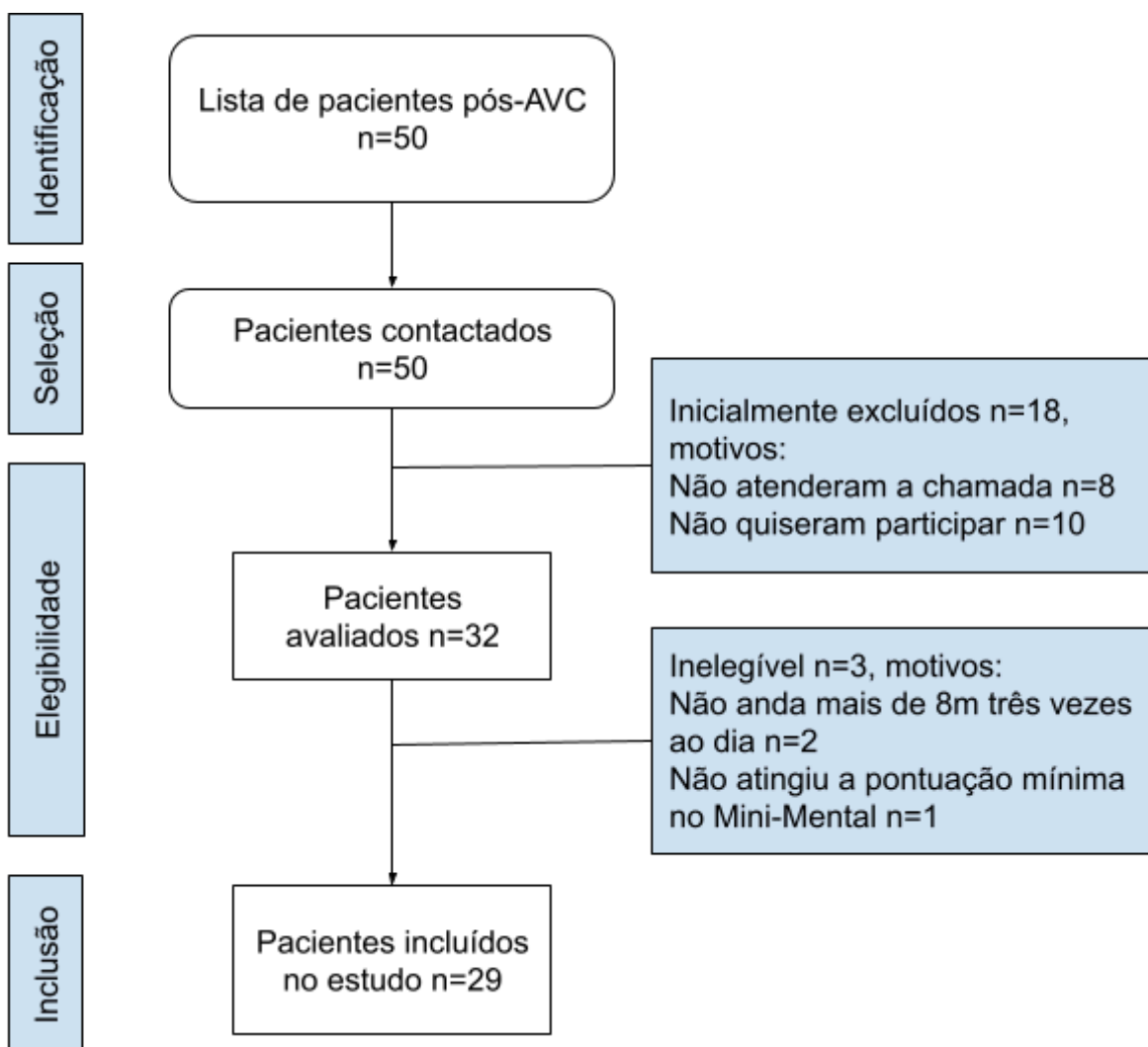
Os dados foram analisados utilizando o software IBM SPSS Statistics (versão 20, IBM Corp., Armonk, NY, EUA). Foram calculadas estatísticas descritivas, incluindo médias, desvios-padrão e amplitudes, para caracterizar os dados demográficos e clínicos da amostra.

Análises de correlação de Pearson foram realizadas para explorar as relações entre a altura do degrau, comprimento do membro inferior, escores da Fugl-Meyer e tempo no TUG. Foi conduzida uma regressão linear múltipla hierárquica com o objetivo de explorar o grau de associação entre o comprimento do membro inferior, os escores da Fugl-Meyer e o tempo no TUG com a altura do degrau selecionada. A ordem de inclusão dos preditores baseou-se em fundamentos teóricos relacionados às influências físicas e funcionais no desempenho motor. Os preditores foram inseridos sequencialmente para avaliar sua contribuição incremental na explicação da variância da altura do degrau: primeiro o comprimento do membro inferior, seguido pelo escore da Fugl-Meyer, e por fim o tempo no TUG.

Testes diagnósticos foram realizados para avaliar as premissas do modelo. Os resíduos foram examinados quanto à normalidade com gráfico Q-Q e o teste de Shapiro-Wilk; a homocedasticidade foi avaliada com um gráfico de resíduos versus valores ajustados. O estatístico de Durbin-Watson foi calculado para avaliar a independência dos resíduos.

Adicionalmente, as análises pós-regressão incluíram uma validação cruzada em 5 dobras (5-fold cross-validation) para avaliar a generalização do modelo. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$ para todos os testes.

Resultados



Fluxograma 1. Identificação, seleção e inclusão de participantes.

Os dados demográficos e clínicos dos 29 participantes estão resumidos na Tabela 1. O grupo consistia predominantemente de participantes do sexo masculino, com uma distribuição igual de hemiparesia direita e esquerda. A maioria dos participantes havia sofrido um derrame há mais de 12 meses, e os derrames isquêmicos eram mais comuns do que os tipos hemorrágicos. As pontuações da Avaliação de Fugl-Meyer para o membro inferior mostraram uma gama de deficiências de leves a graves.

Table 1: Características demográficas (n=29)

Características	
Idade (anos)	Média: 60.96, SD: 12.59

Gênero (M/F),	22/7
Fugl-Meyer membros inferiores	Leve: 10, Moderado: 13, Grave: 6
Cronicidade (meses)	6-12 meses: 10, >12 meses: 19
Lado afetado	Direito: 14, Esquerdo: 15
Tipo do AVC	Isquêmico: 24, Hemorrágico: 5

A média de idade dos participantes foi de 60,96 anos, com predomínio do sexo masculino. Em relação aos escores da escala Fugl-Meyer, a maioria dos participantes apresentou comprometimento motor de grau moderado (n=13). A maior parte dos indivíduos avaliados encontrava-se em fase crônica do acidente vascular cerebral (AVC), com tempo de lesão superior a 12 meses (n=19). Quanto ao lado afetado, observou-se uma distribuição equilibrada entre os hemisférios. O tipo de AVC mais prevalente na amostra foi o isquêmico (n=24).

Análise de Correlação

A análise de correlação foi realizada para examinar as relações entre a altura do degrau selecionado para o treinamento, o comprimento do membro inferior, a pontuação da Avaliação de Fugl-Meyer e o desempenho no teste Timed Up and Go (TUG). A altura do degrau apresentou correlação positiva com a pontuação do Fugl-Meyer ($r = 0,66$), sugerindo que indivíduos com pontuações mais altas de recuperação motora tendem a escolher degraus mais altos. Também foi observada uma correlação positiva moderada entre a altura do degrau e o comprimento do membro inferior ($r = 0,48$), indicando que indivíduos com membros inferiores mais longos geralmente selecionam degraus mais altos. Por fim, observou-se uma correlação negativa moderada entre a altura do degrau e o tempo no TUG ($r = -0,54$), o que implica que indivíduos com tempos mais curtos no TUG (melhor mobilidade) optaram por degraus mais altos. Essas relações indicam possíveis conexões entre características físicas, habilidade funcional e percepção de desafio em treinamentos orientados à tarefa.

Diagnóstico de Regressão

Antes da análise principal, foram realizados diversos diagnósticos de regressão para validar os pressupostos do modelo de regressão linear múltipla. O gráfico de resíduos versus

valores ajustados revelou uma dispersão geralmente uniforme (figura 1), embora leves variações na amplitude tenham sugerido uma possível heterocedasticidade. O histograma dos resíduos mostrou uma distribuição aproximadamente normal (figura 2), corroborada pelo gráfico Q-Q (figura 3), que indicou apenas pequenas desvios de normalidade nas extremidades. Além disso, o teste de Durbin-Watson apresentou valor de 2,15, indicando mínima autocorrelação entre os resíduos e apoiando a independência dos erros. Em conjunto, esses diagnósticos sugerem que os pressupostos do modelo — normalidade, independência e homocedasticidade aproximada — foram razoavelmente atendidos, embora a heterocedasticidade mereça consideração adicional.

Figura 1: Gráfico de resíduos versus valores ajustados, mostrando uma dispersão geralmente uniforme, com leves variações que sugerem possível heterocedasticidade.

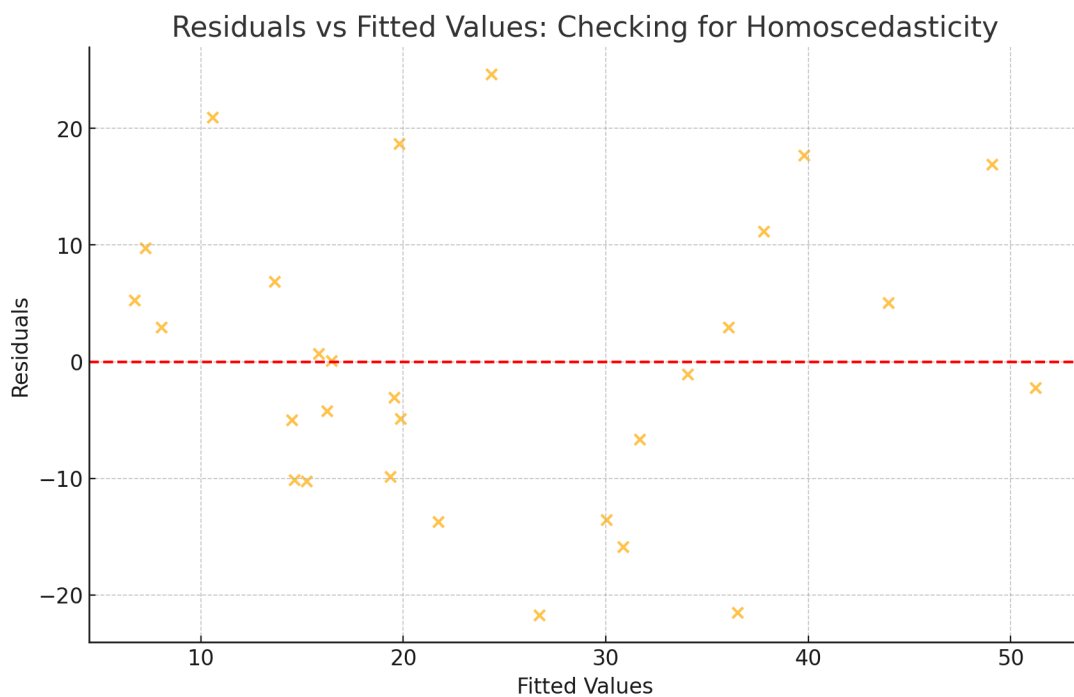


Figura 2: Histograma dos resíduos, indicando uma distribuição aproximadamente normal.

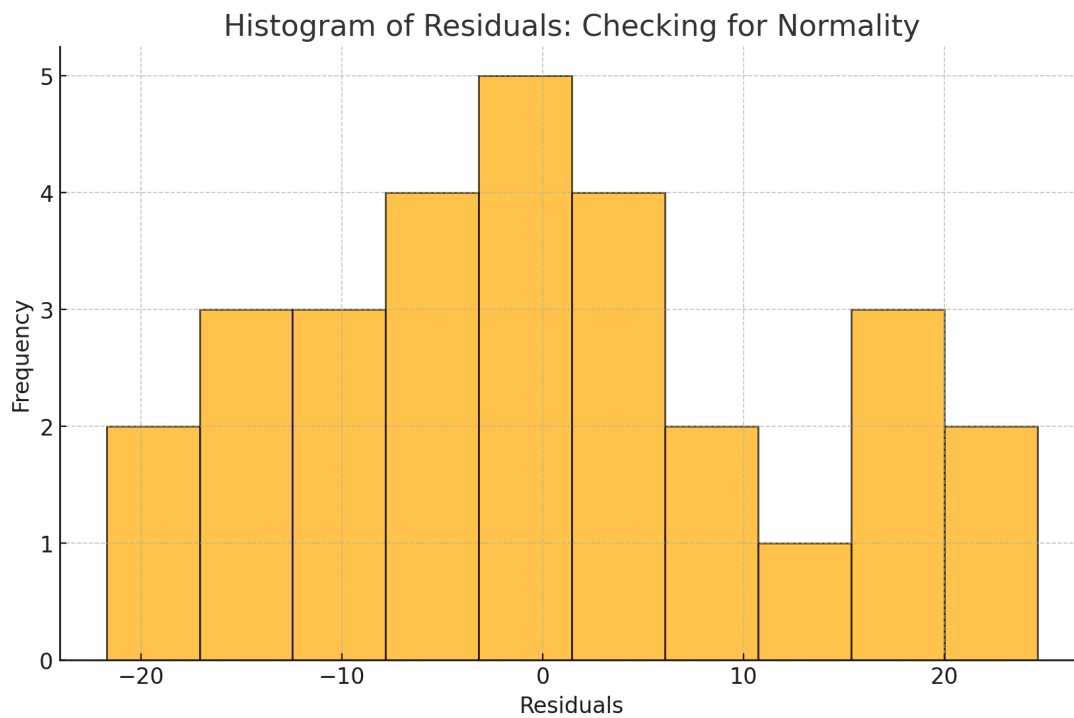
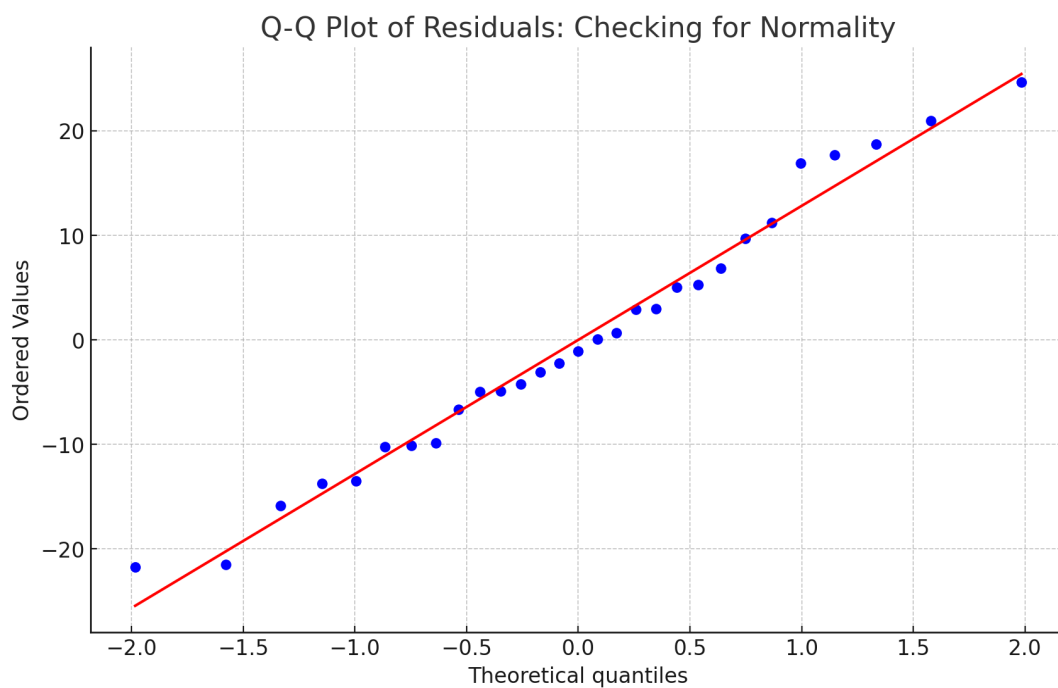


Figura 3: Gráfico Q-Q dos resíduos, mostrando pequenos desvios de normalidade nas extremidades.



Modelos de Regressão Linear Múltipla

A análise principal investigou as relações entre a altura do degrau selecionado para o treinamento, o comprimento do membro inferior, a função motora avaliada pela Escala de

Fugl-Meyer e o desempenho de mobilidade medido pelo teste Timed Up and Go (TUG). A Tabela 2 apresenta um resumo dos achados da análise de regressão múltipla hierárquica.

O primeiro modelo, que incluiu apenas o comprimento do membro inferior como preditor, explicou 27,5% da variância na altura do degrau. O comprimento do membro inferior foi um preditor significativo ($p = 0,004$), indicando que participantes com membros inferiores mais longos selecionaram degraus mais altos. A adição da pontuação do Fugl-Meyer no segundo modelo aumentou a variância explicada para 41,5% ($p < 0,001$), com ambos — comprimento do membro inferior e pontuação do Fugl-Meyer — contribuindo significativamente, sugerindo que tanto as características físicas quanto a recuperação motora influenciam a escolha do degrau. No modelo final, o tempo do TUG foi adicionado como terceiro preditor, aumentando a variância explicada para 50,4% ($p < 0,001$). Nesse modelo, o comprimento do membro inferior ($p = 0,005$) e o tempo do TUG ($p = 0,044$) foram preditores significativos, enquanto a pontuação do Fugl-Meyer perdeu sua significância ($p = 0,285$). Isso sugere que a mobilidade funcional, conforme medida pelo TUG, pode ser um fator mais determinante na escolha da altura do degrau do que a recuperação motora isoladamente quando múltiplos fatores são considerados.

Tabela 2: Tabela 2: Preditores da Altura do Degrau em Indivíduos Pós-AVC.

Modelo	Coefficiente Fugl-Meyer	Coefficiente Leg Length	Coefficiente TUG	Intercepto	R ²
Modelo 1: Altura do Degrau					
Comprimento do Membro Inferior	-	2.10	-	-139,3	0.27
Modelo 2: Altura do Degrau					
Comprimento do Membro Inferior + Fugl-Meyer	1.50	1.65	-	-144,64	0.41
Modelo 3: Altura do Degrau					
	0.73	1.81	-0.48	-125,43	0.50*

Fugl-Meyer +
Membro Inferior +
TUG

Fugl-Meyer: Escala de Avaliação de Fugl-Meyer, que quantifica a função motora em pacientes pós-AVC. **TUG:** Teste Timed Up and Go, que avalia a mobilidade e o equilíbrio funcional. **Coefficientes:** Representam a magnitude e a direção do impacto de cada variável na altura do degrau. **Intercepto:** Representa a altura base do degrau quando os valores dos preditores são zero. **R²:** Reflete a precisão do modelo em explicar a variação na altura do degrau.

Análises Pós-Regressão

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para avaliar a normalidade dos resíduos, resultando em um valor estatístico de 0,975 e p-valor de 0,714. Isso indicou ausência de desvio significativo da normalidade, apoiando o pressuposto de que os resíduos estavam aproximadamente normalmente distribuídos.

Os valores de R² variaram de -2,65 a 0,67, refletindo variabilidade na capacidade preditiva do modelo dependendo do subconjunto da amostra. Essa variação sugere que o desempenho do modelo pode ser sensível à variação da amostra, possivelmente devido ao tamanho amostral limitado.

Discussão

Os achados ressaltam a importância de integrar a mobilidade funcional e as características antropométricas nos programas de reabilitação orientados à tarefa. Para os profissionais clínicos, a equação de regressão desenvolvida neste estudo oferece uma ferramenta prática para ajustar a altura dos degraus, aumentando a segurança e a eficácia do treinamento.

Os resultados estão em conformidade com pesquisas anteriores que enfatizam a eficácia de intervenções baseadas em tarefas, como o treinamento em degraus, na reabilitação pós-AVC. Por exemplo, Choi e Kim demonstraram que exercícios de subida de degraus combinados com estimulação auditiva rítmica melhoraram significativamente a marcha e o equilíbrio em pacientes pós-AVC. Esses achados destacam a relevância da altura do degrau na otimização dos resultados funcionais, refletindo a importância das variáveis preditivas

identificadas no modelo atual, especialmente o comprimento do membro inferior e o desempenho no TUG.

Além disso, Park et al. observaram que os exercícios de subida de degraus melhoraram o equilíbrio e o comprimento do passo em pacientes com AVC crônico. Este estudo contribui para essas evidências ao demonstrar que características físicas, como o comprimento do membro inferior, influenciam diretamente a escolha da altura do degrau, reforçando a necessidade de personalizar os exercícios de acordo com as características individuais dos pacientes. A inclusão do TUG como preditor também está alinhada com a literatura, que frequentemente aponta a mobilidade funcional como um indicador-chave de recuperação e independência funcional em populações pós-AVC.

Os resultados indicam que a mobilidade funcional, conforme medida pelo teste Timed Up and Go (TUG), desempenha um papel mais significativo na determinação da altura do degrau do que a recuperação motora avaliada pela escala de Fugl-Meyer. Embora a pontuação do Fugl-Meyer tenha perdido significância no modelo final de regressão, o teste TUG permaneceu como forte preditor, sugerindo que medidas integradas da capacidade funcional — como equilíbrio, velocidade e movimentos de transição — são mais influentes em desafios orientados à tarefa. Esses resultados estão alinhados com Fujita et al. (2018), que enfatizaram a importância da capacidade de equilíbrio para subir escadas e para a independência funcional. O escopo mais amplo do teste TUG provavelmente capta aspectos críticos do desempenho funcional que a escala Fugl-Meyer, focada na recuperação motora isolada, não aborda completamente.

O valor preditivo mais forte do TUG pode também refletir a interação entre mobilidade funcional e a percepção de dificuldade da tarefa. Pacientes com melhor desempenho no TUG provavelmente percebem degraus mais altos como alcançáveis, o que está alinhado com os achados de Choi e Kim (2021), que demonstraram que melhorias na marcha e no equilíbrio por meio de exercícios de subida de degraus aumentam o desempenho em tarefas. Além de seu valor preditivo, é amplamente utilizado na prática clínica por ser um teste de fácil execução, rápido e de baixo custo (Podsiadlo & Richardson, 1991; Barry et al., 2014), o que facilita sua aplicação em diferentes contextos.

Estudos futuros devem explorar preditores adicionais, como força muscular, propriocepção e equilíbrio, para refinar os critérios de seleção da altura do degrau. Além disso, desenhos longitudinais com coortes maiores e mais diversas são necessários para validar esses achados e melhorar sua generalização. A investigação de dimensões psicológicas da percepção de tarefas, como a autoeficácia, pode fornecer insights valiosos sobre os

mecanismos que impulsionam esses resultados. De forma geral, este estudo fornece contribuições importantes sobre as interações entre características físicas e funcionais em protocolos de reabilitação orientados à tarefa. Os achados reforçam a importância de alinhar as capacidades físicas e funcionais dos pacientes com os parâmetros específicos do treinamento, promovendo uma abordagem personalizada para aumentar a eficácia das intervenções pós-AVC.

Limitações do Estudo

As limitações do estudo incluem o pequeno tamanho amostral e o uso de amostragem por conveniência, o que pode limitar a generalização dos resultados. Além disso, embora o modelo de regressão tenha atendido à maioria dos pressupostos estatísticos, a possível heterocedasticidade destaca a necessidade de abordagens alternativas de modelagem em estudos futuros.

Conclusões

Este estudo destaca o papel fundamental tanto da mobilidade funcional quanto das características antropométricas na determinação da altura do degrau para a reabilitação pós-AVC. Os achados apoiam o uso de intervenções personalizadas baseadas em degraus, otimizando os resultados da terapia orientada à tarefa. Estudos futuros com coortes maiores e variáveis adicionais são necessários para refinar esses modelos preditivos e expandir sua aplicabilidade clínica.

6. CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo no estudo 1, verificar o efeito da progressão na coordenação intra-membro em paciente pós Acidente Vascular Cerebral. Os resultados indicaram que a coordenação intra-membros do ângulo acoplado quadril Joelho não foi alterada, porém a progressão da altura do degrau mudou a coordenação do ângulo do quadril durante a subida e descida, enquanto o ângulo do Joelho apresentou mudanças, principalmente durante a descida no grupo 1, visto que o grupo 2 não teve mudanças significativas na interação entre os grupos e os blocos. Por outro lado, o tornozelo mostrou-se resistente a mudanças, evidenciando a necessidade de intervenções mais específicas para essa articulação.

O segundo estudo destacou o TUG como um dos preditores mais relevantes para o desempenho funcional, refletindo a capacidade de mobilidade e a resposta adaptativa dos participantes frente aos desafios motores. Esse achado reforça o valor do TUG como ferramenta prática para identificar limitações e direcionar estratégias de reabilitação mais eficazes. Assim, sua inclusão em protocolos de avaliação funcional torna-se essencial. Estudos futuros com coortes maiores e variáveis adicionais são necessários para refinar os modelos preditivos e expandir sua aplicabilidade clínica.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação apresenta dois estudos, onde o estudo 1 investigou o efeito da progressão da tarefa na coordenação intra-membro e o estudo 2 identificou os fatores antropométricos e funcionais que determinam a altura do degrau em exercícios de reabilitação de indivíduos pós-AVC.

No Estudo 1, a literatura aponta que tarefas progressivas, ao introduzirem demandas biomecânicas crescentes, favorecem a adaptação motora e a reconfiguração de padrões motores menos eficientes (Stergiou et al., 2016; Hubbard et al., 2009). No presente estudo, a progressão gerou mudanças angulares no quadril e no joelho. Quanto ao acoplamento quadril-joelho não tiveram mudanças na coordenação. Isso sugere que a complexidade da tarefa e o nível de desafio devem ser cuidadosamente calibrados para maximizar os ganhos motores (Morris et al., 2006; Van Criekinge et al., 2019).

Já o Estudo 2 revelou que a altura do degrau escolhida pelos indivíduos pós-AVC foi influenciada por características antropométricas e funcionais, sendo significativamente correlacionada com comprimento do membro inferior, escore do Fugl-Meyer e desempenho no Timed Up and Go (TUG). A análise de regressão indicou que a mobilidade funcional (TUG) teve maior influência na seleção do degrau do que a recuperação motora isolada (Fugl-Meyer), sugerindo que o nível de funcionalidade global é um fator determinante na adaptação à tarefa. Esses achados ressaltam a importância de considerar tanto a recuperação motora quanto a capacidade funcional ao prescrever exercícios.

Os achados desta dissertação têm implicações diretas na prática clínica da Fisioterapia Neurofuncional, especialmente na prescrição de exercícios progressivos e individualizados. A repetição, por si só, pode não ser suficiente para induzir mudanças na coordenação intra-membros, sendo necessário incluir estratégias que aumentem a variabilidade motora e desafiem padrões motores rígidos.

A seleção da altura do degrau deve ser baseada em fatores individuais, com ênfase na mobilidade funcional (TUG), garantindo que o exercício seja ajustado às capacidades e desafios percebidos por cada paciente.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ALASHRAM, Anas R.; ANNINO, Giuseppe; MERCURI, Nicola Biagio. Aprendizagem motora orientada a tarefas na reabilitação de membros superiores após acidente vascular cerebral. *Journal of Stroke Medicine*, v. 2, n. 2, p. 95-104, 2019.
- ARENE, N.; HIDLER, J. Compreendendo o comprometimento motor no membro inferior parético após um acidente vascular cerebral: uma revisão da literatura. *Tópicos em reabilitação de acidente vascular cerebral*, v. 16, n. 5, p. 346-356, 2009.
- BANDURA, Albert. *Self-efficacy: The exercise of control*. Macmillan, 1997.
- Bleyenheuft, Y., & Thonnard, J. L. (2010). Predictive and reactive mechanisms for anticipatory control in individuals with hemiparesis. *Clinical Biomechanics*, 25(2), 108-113.
- BELL, A. L.; BRAND, R. A.; PEDERSEN, D. R. Prediction of hip joint centre location from external landmarks. *Human Movement Science*, 8, n. 1, p. 3-16, 1989.
- Barry, E., Galvin, R., Keogh, C., Horgan, F., & Fahey, T. (2014). Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, 14, 14. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-14>
- DUBOIS, Océane et al. A guide to inter-joint coordination characterization for discrete movements: a comparative study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 20, n. 1, p. 132, 2023.
- DUTRA, Herica Silva; DOS REIS, Valesca Nunes. Desenhos de estudos experimentais e quase-experimentais: definições e desafios na pesquisa em enfermagem. *Revista de Enfermagem UFPE on line*, v. 10, n. 6, p. 2230-2241, 2016.
- FAUL, Franz et al. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, v. 39, n. 2, p. 175-191, 2007.
- Friston, KJ (2007). *Mapeamento Paramétrico Estatístico: A Análise de Imagens Funcionais do Cérebro*. Elsevier.

GARCÍA-SALAZAR, L. F. et al. Lower Extremity Constraint-Induced Movement Therapy Increase Variability in the Intra-Limb Coordination during Walking in Chronic Post-Stroke. **Ecological Psychology**, v. 34, n. 3, p. 109–131, 3 jul. 2022.

HAS-Motion. Marker Set Guidelines. Disponível em: https://wiki.has-motion.com/doku.php?id=visual3d:documentation:modeling:marker_sets:marker_set_guidelines. Acesso em: 03 jan. 2025.

HENDRICKS, S. et al. Rating of perceived challenge as a measure of internal load for technical skill performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 10, p. 611–613, maio 2019.

HE, Jian et al. Analysis of inter-joint coordination during the sit-to-stand and stand-to-sit tasks in stroke patients with hemiplegia. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, v. 15, n. 1, p. 104, 2023.

Hubbard, I. J., Parsons, M. W., Neilson, C., & Carey, L. M. (2009). Task-specific training: evidence for and translation to clinical practice. *Occupational Therapy International*, 16(3-4), 175-189.

KELSO, J. A. S. *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. MIT Press, 1995.

Kugler, P. N., Kelso, J. S., & Turvey, M. T. (1980). On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence. *Tutorials in Motor Behavior*, 3, 3-47.

Makiyama, Y., et al. (2004). Biomechanical insights into lower limb post-stroke recovery. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1, 3.

MICHAELSEN, S. M. et al. Tradução, adaptação e confiabilidade interexaminadores do manual de administração da escala de Fugl-Meyer. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 15, n. 1, p. 80–88, fev. 2011.

Morris, D. M., Taub, E., & Mark, V. W. (2006). Constraint-induced movement therapy: characterizing the intervention protocol. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 42(3), 257-268.

Olney, S. J., & Richards, C. (1996). Hemiparetic gait following stroke. Part I: Characteristics. *Gait & Posture*, 4(2), 136-148.

PACHECO, M. M. et al. Shaping Exploration: How Does the Constraint-Induced Movement Therapy Helps Patients Finding a New Movement Solution. **Journal of Functional**

Morphology and Kinesiology, v. 8, n. 1, p. 4, mar. 2023.

PACHECO, M. M.; LAFE, C. W.; NEWELL, K. M. Search Strategies in the Perceptual-Motor Workspace and the Acquisition of Coordination, Control, and Skill. **Frontiers in Psychology**, v. 10, p. 1874, 14 ago. 2019.

PAGE, Stephen J.; GATER, David R.; BACH-Y-RITA, Paul. Reconsidering the motor recovery plateau in stroke rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, v. 85, n. 8, p. 1377-1381, 2004.

Pataky, T. C. (2010). Generalized n-dimensional biomechanical field analysis using statistical parametric mapping. *Journal of Biomechanics*, 43(10), 1976-1982.

PEDROLO, D. S.; KAKIHARA, C. T.; ALMEIDA, M. M. DE. O impacto das sequelas sensório motoras na autonomia e independência dos pacientes pós-AVE: DOI: 10.15343/0104-7809.2011354459466. **O Mundo da Saúde**, v. 35, n. 4, p. 459–466, 1 out. 2011.

Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*.

PLATZ, T. Evidence-Based Guidelines and Clinical Pathways in Stroke Rehabilitation—An International Perspective. **Frontiers in Neurology**, v. 10, p. 200, 8 mar. 2019.

POLLOCK, A. et al. Interventions for improving sit-to-stand ability following stroke. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 26 maio 2014.

STERGIOU, Nicholas; KENT, Jenny A.; MCGRATH, Denise. Human movement variability and aging. *Kinesiology Review*, v. 5, n. 1, p. 15-22, 2016.

Langhorne, P., Bernhardt, J., & Kwakkel, G. (2011). Stroke rehabilitation. *The Lancet*, 377(9778), 1693–1702.

MAGRI, Mônica. Influência da inervação recíproca na recuperação da função motora de paciente hemiplégico por acidente vascular cerebral. *Fisioterapia Brasil*, v. 4, n. 3, p. 223-226, 2003.

NEWELL, Karl M. Motor skill acquisition. *Annual review of psychology*, v. 42, n. 1, p. 213-237, 1991.

Selves, C., Stoquart, G., & Lejeune, T. (2020). Stair ascent in hemiparetic stroke patients: a review of the impact of rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 34(8), 739-747.

SHEPHERD, Roberta B. Exercício e treinamento para otimizar o desempenho motor funcional no AVC: impulsionando a reorganização neural?. *Neural plasticity*, v. 8, n. 1-2, p.

121-129, 2001.

SWAMINATHAN, Krithika et al. Ankle-targeted exosuit resistance increases paretic propulsion in people post-stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 20, n. 1, p. 85, 2023.

TSAO, C. W. et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2023 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, v. 147, n. 8, 21 fev. 2023.

Van Criekinge, T., Saeys, W., Halleman, A., Vereeck, L., De Hertogh, W., & Van de Walle, P. (2019). Post-stroke balance training: a systematic review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 33(7), 602-618.

VERMA, Rajesh et al. Task-oriented circuit class training program with motor imagery for gait rehabilitation in poststroke patients: a randomized controlled trial. *Topics in stroke rehabilitation*, v. 18, n. sup1, p. 620-632, 2011.

VIEIRA, Thaís Ladeira. A importância do estudo da coordenação motora na educação física e sua devida aplicação. 2017.

Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193-214.

Wu, G.; Siegler, S.; Allard, P.; Kirtley, C.; Leardini, A.; Rosenbaum, D.; Whittle, M.; D'Lima, DD; Cristofolini, L.; Witte, H.; et al. Recomendação do ISB sobre definições do sistema de coordenadas articulares de várias articulações para o relato do movimento articular humano — Parte I: tornozelo, quadril e coluna vertebral. *Sociedade Internacional de Biomecânica. J. Biomech.* 2002 , 35 , 543–548.

Taub, E., Uswatte, G., & Pidikiti, R. (2006). Constraint-Induced Movement Therapy: A new family of techniques with broad application to physical rehabilitation – a clinical review. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 36(3), 237-251.

Takeuchi, N., & Izumi, S. (2012). Maladaptive plasticity for motor recovery after stroke: Mechanisms and approaches. *Neural Plasticity*, 2012, 1–9.

Pataky, TC, Robinson, MA, & Vanrenterghem, J. (2013). Análise estatística de campo vetorial de trajetórias cinemáticas e de força. *Journal of Biomechanics*, 46 (14), 2394-2401.

QUALISYS. *Running analysis – Qualisys*. Disponível em: <https://www.qualisys.com/analysis/running/>. Acesso em: 07 abr. 2025.

Robbins, SM, & Chiovetto, E. (2020). Aplicações do mapeamento paramétrico estatístico em pesquisa biomecânica: Uma revisão sistemática. *Gait & Posture*, 78 , 241-252.

ZWECKER, Manuel et al. Mini-Mental State Examination, cognitive FIM instrument, and the Loewenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment: relation to functional outcome of stroke patients. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 83, n. 3, p. 342-345, 2002.

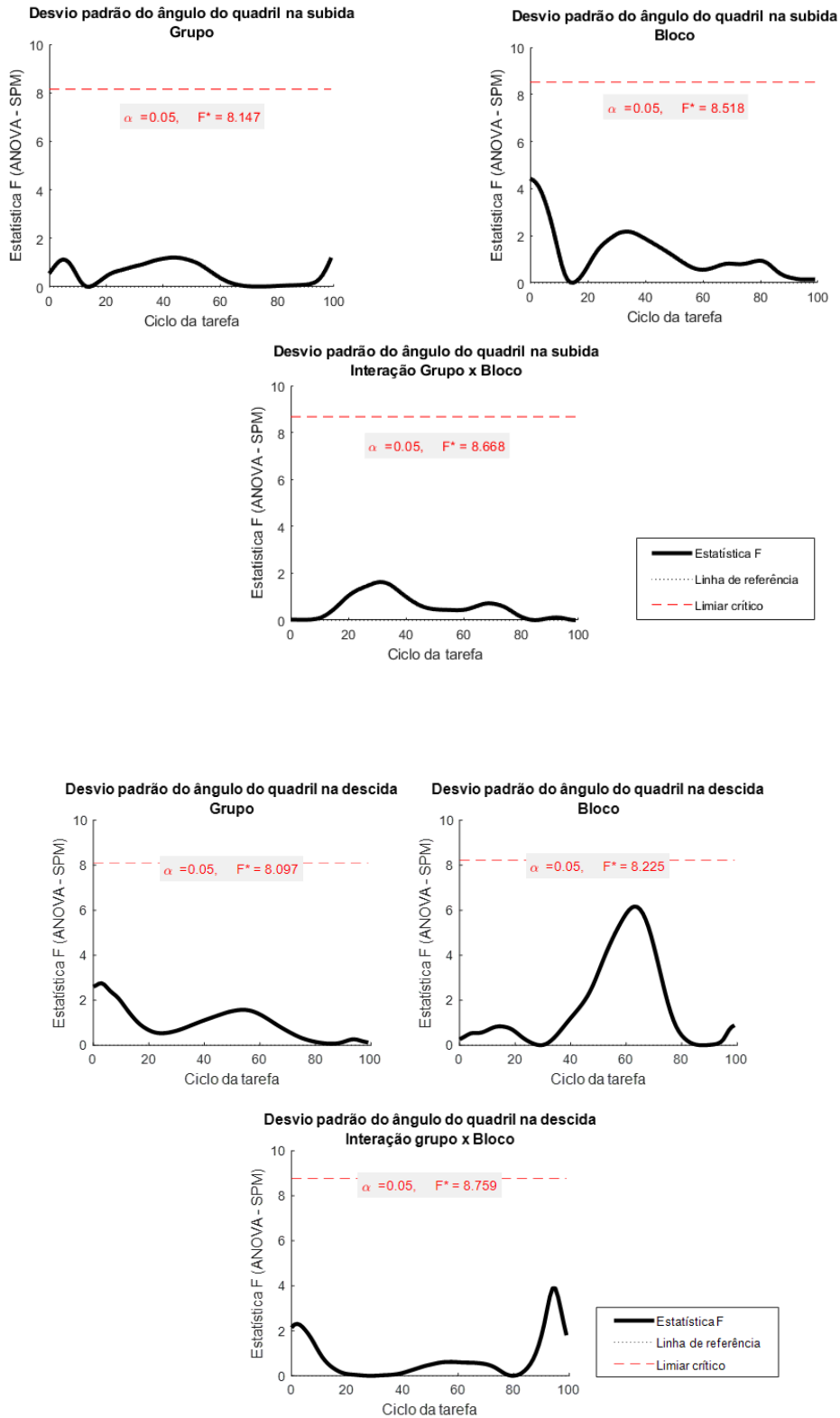
Manuscripto 2

1. **LANGHORNE**, Peter et al. Stroke Rehabilitation: Emerging Technologies and Clinical Applications. *The Lancet Neurology*, v. 20, n. 9, p. 744-755, 2021.
2. **VEERBEEK**, Janine M. et al. What Is the Evidence for Physical Therapy Poststroke? A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*, v. 9, n. 2, p. e87987, 2014.
3. **STROEDECK**, Adrian et al. Optimizing Task-Oriented Interventions for Stroke Rehabilitation: A Systematic Approach. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v. 33, n. 7, p. 579-590, 2019.
4. **MAHONEY**, Danielle et al. Effectiveness of Task-Oriented Approaches and Occupation-Based Activities to Improve Performance and Participation in Instrumental Activities of Daily Living (IADL) Among Adult Stroke Survivors (2009–2019). *The American Journal of Occupational Therapy*, v. 77, n. Supplement 1, 2023.
5. **BOUVIER**, Bruno et al. Intensive Rehabilitation Therapy Improves Motor Function after Stroke: Systematic Review. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, v. 26, n. 5, p. 1203-1212, 2017.
6. **GELLER**, Daniel et al. Exercise for Adults With Stroke to Improve ADL and/or Functional Mobility Performance (2012–2019). *The American Journal of Occupational Therapy*, v. 77, n. Supplement 1, 2023.
7. **PADMANABHAN**, Purnima et al. Persons post-stroke improve step length symmetry by walking asymmetrically. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, v. 17, p. 1-14, 2020.
8. **LEE**, Cheng-Yu; **HOWE**, Tsu-Hsin. Effectiveness of Activity-Based Task-Oriented Training on Upper Extremity Recovery for Adults With Stroke: A Systematic Review. *The American Journal of Occupational Therapy*, v. 78, n. 2, p. 7802180070, 2024.
9. **TEASELL**, Robert et al. Canadian stroke best practice recommendations: rehabilitation, recovery, and community participation following stroke. Part one:

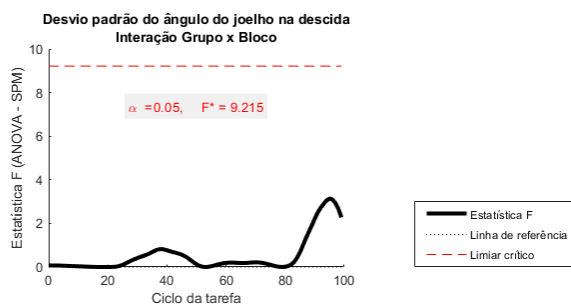
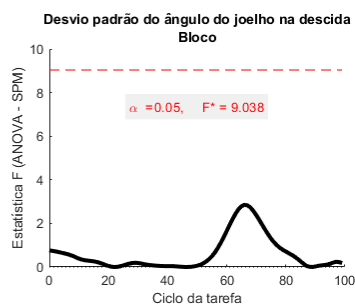
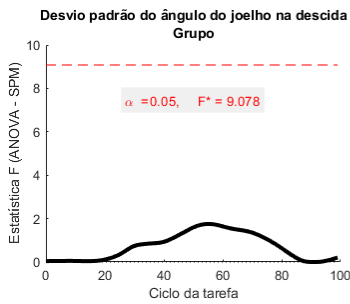
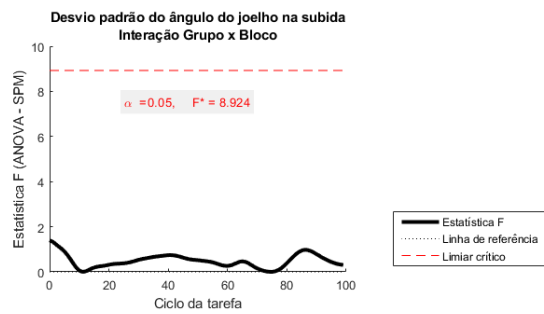
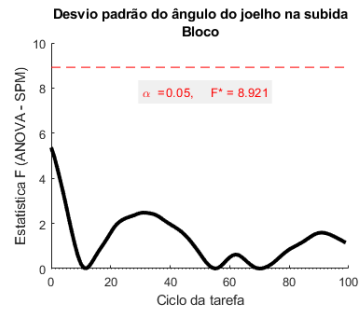
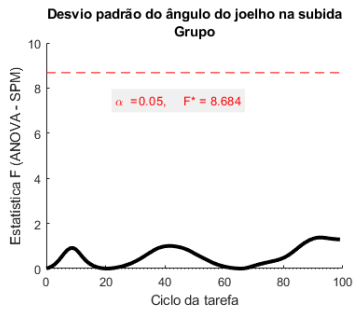
- rehabilitation and recovery following stroke; update 2019. *International Journal of Stroke*, v. 15, n. 7, p. 763-788, 2020.
10. **Cohen, J.** (1998) *Statistical Power Analysis for the Behavioural Sciences*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
 11. **FOLSTEIN, Marshal F.; FOLSTEIN, Susan E.; MCHUGH, Paul R.** “Mini-mental state”: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, v. 12, n. 3, p. 189-198, 1975.
 12. **HAFSTEINSDOTTIR, Thora B.; RENSINK, Marijke; SCHUURMANS, Marieke.** Clinimetric properties of the Timed Up and Go Test for patients with stroke: a systematic review. *Topics in Stroke Rehabilitation*, v. 21, n. 3, p. 197-210, 2014.
 13. **CHOI, JIEUN; KIM, J. H.** Effects of multi-directional step-up training with rhythmic auditory stimulation on gait and balance ability in stroke patients. *WSEAS Trans Environ Dev*, v. 17, p. 758-763, 2021.
 14. **PARK, Ki-Hyeon; KIM, Da-Yeon; KIM, Tae-Ho.** The effect of step climbing exercise on balance and step length in chronic stroke patients. *Journal of physical therapy science*, v. 27, n. 11, p. 3515-3518, 2015
 15. **FUJITA, Takaaki et al.** Amount of balance necessary for the independence of transfer and stair-climbing in stroke inpatients. *Disability and rehabilitation*, v. 40, n. 10, p. 1142-1145, 2018.

APÊNDICES

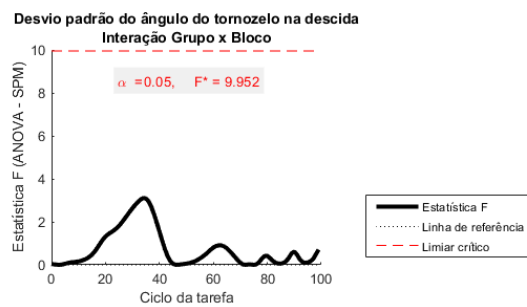
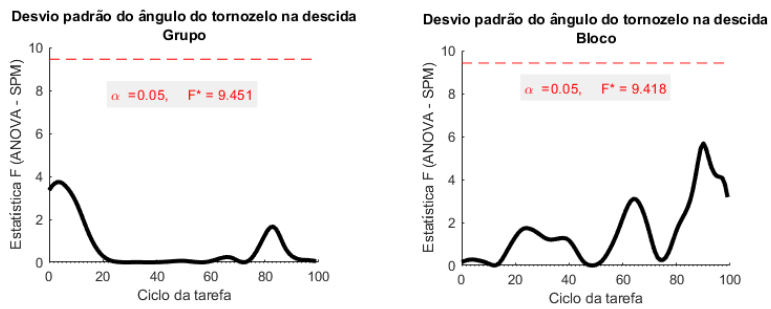
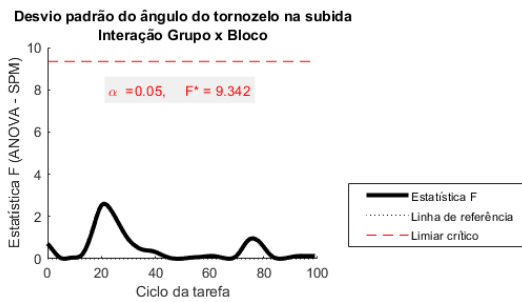
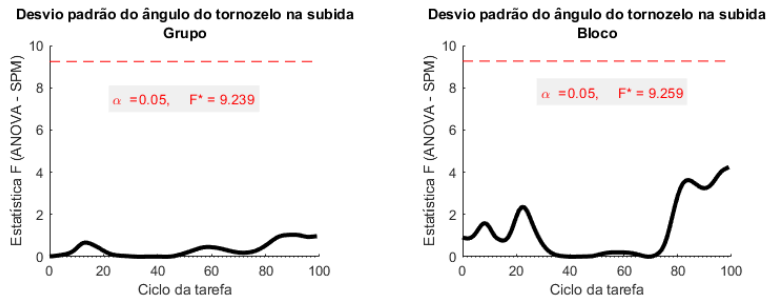
APÊNDICE A – Desvio padrão do ângulo do quadril durante a subida e a descida do pé.



APÊNDICE B – Desvio padrão do ângulo do joelho durante a subida e a descida do pé.



APÊNDICE C – Desvio padrão do ângulo do tornozelo durante a subida e a descida do pé.



STROBE Statement—checklist of items that should be included in reports of observational studies

YOU MUST NOTE THE PAGE NUMBER WHERE EACH ITEM IS REPORTED INSIDE THE BRACKETS []. IF NOT APPLICABLE WRITE N/A

	Item No	Recommendation
Title and abstract	1	(a) Indicate the study’s design with a commonly used term in the title or the abstract [1-2] (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found [5-24]
Introduction		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported [34-63]
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses [53–68]
Methods		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper [75-82]
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection [84-95]
Participants	6	(a) <i>Cohort study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up [x] <i>Case-control study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection. Give the rationale for the choice of cases and controls [x] <i>Cross-sectional study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants [84-95] (b) <i>Cohort study</i> —For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed [x] <i>Case-control study</i> —For matched studies, give matching criteria and the number of controls per case [x]
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable [97-113]
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group [97-113]
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias [x]
Study size	10	Explain how the study size was arrived at [90-92]
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why [120-139]
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding [x] (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions [x] (c) Explain how missing data were addressed [x] (d) <i>Cohort study</i> —If applicable, explain how loss to follow-up was addressed [x] <i>Case-control study</i> —If applicable, explain how matching of cases and controls was addressed [x] <i>Cross-sectional study</i> —If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy [174-192] (e) Describe any sensitivity analyses [x]

Continued on next page

Results		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed [143] (b) Give reasons for non-participation at each stage [143] (c) Consider use of a flow diagram [143]
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders [146-151] (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest [x] (c) <i>Cohort study</i> —Summarise follow-up time (eg, average and total amount) [x]
Outcome data	15*	<i>Cohort study</i> —Report numbers of outcome events or summary measures over time [x] <i>Case-control study</i> —Report numbers in each exposure category, or summary measures of exposure [x] <i>Cross-sectional study</i> —Report numbers of outcome events or summary measures [152-208]
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included [210-227] (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized [x] (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period [x]
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses [210-227]
Discussion		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives [230-264]
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias [276-280]
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence [284-288]
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results [265-270]
Other information		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based [x]

*Give information separately for cases and controls in case-control studies and, if applicable, for exposed and unexposed groups in cohort and cross-sectional studies.

Note: An Explanation and Elaboration article discusses each checklist item and gives methodological background and published examples of transparent reporting. The STROBE checklist is best used in conjunction with this article (freely available on the Web sites of PLoS Medicine at <http://www.plosmedicine.org/>, Annals of Internal Medicine at <http://www.annals.org/>, and Epidemiology at <http://www.epidem.com/>). Information on the STROBE Initiative is available at www.strobe-statement.org.

Once you have completed this checklist, please save a copy and upload it as part of your submission. When requested to do so as part of the upload process, please select the file type: Checklist. You will NOT be able to proceed with submission unless the checklist has been uploaded. Please DO NOT include this checklist as part of the main manuscript document. It must be uploaded as a separate file.