

Paula da Cruz Peniche

**EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO
COM APLICABILIDADE CLÍNICA PARA INDIVÍDUOS
PÓS-ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2021

Paula da Cruz Peniche

**EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO
COM APLICABILIDADE CLÍNICA PARA INDIVÍDUOS
PÓS-ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciências da Reabilitação.

Área de concentração: Desempenho Funcional Humano.
Linha de Pesquisa: Estudos em Reabilitação Neurológica no Adulto.

Orientadora: Prof^a Christina Danielli Coelho de Moraes Faria, Ph.D.

Co-orientadora: Prof^a Larissa Tavares Aguiar, PT, Ph.D

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2021

P411e Peniche, Paula da Cruz
2021 Equação de predição do consumo máximo de oxigênio com aplicabilidade clínica para indivíduos pós-acidente vascular encefálico. [manuscrito] / Paula da Cruz Peniche – 2021.
59 f.: il.

Orientadora: Christina Danielli Coelho de Moraes Faria
Coorientadora: Larissa Tavares Aguiar

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Bibliografia: f. 52-53

1. Acidente vascular cerebral – Teses. 2. Exercícios aeróbicos – Teses. 3. Velocidade de caminhada – Teses. I. Faria, Christina Danielli Coelho de Moraes II. Aguiar, Larissa Tavares. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 615.8

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB 6: nº 3132, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO



ATA DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO DA ALUNA PAULA DA CRUZ PENICHE

Realizou-se, no dia 23 de agosto de 2021, às 16:00 horas, Plataforma TEAMS, da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de dissertação, intitulada *EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO COM APLICABILIDADE CLÍNICA PARA INDIVÍDUOS PÓS-ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO*, apresentada por PAULA DA CRUZ PENICHE, número de registro 2019713556, graduada no curso de FISIOTERAPIA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Christina Danielli Coelho de Moraes Faria - Orientador (UFMG), Prof(a). Larissa Tavares Aguiar (Faculdade de Ciências Médicas de MG), Prof(a). Andressa da Silva de Mello (UFMG), Prof(a). Lucas Rodrigues Nascimento (Universidade Federal do Espírito Santo).

A Comissão considerou a dissertação:

(X) Aprovada

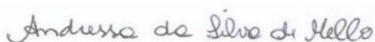
() Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 23 de agosto de 2021.


Prof(a). Christina Danielli Coelho de Moraes Faria (Doutora)


Prof(a). Larissa Tavares Aguiar (Doutora)


Prof(a). Andressa da Silva de Mello (Doutora)


Prof(a). Lucas Rodrigues Nascimento (Doutor)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO



FOLHA DE APROVAÇÃO

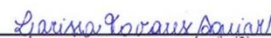
EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO COM APLICABILIDADE CLÍNICA PARA INDIVÍDUOS PÓS-ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

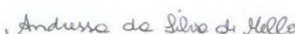
PAULA DA CRUZ PENICHE


Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO, como requisito para obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO, área de concentração DESEMPENHO FUNCIONAL HUMANO.

Aprovada em 23 de agosto de 2021, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Christina Danielli Coelho de Moraes Faria - Orientador
UFMG


Prof(a). Larissa Tavares Aguiar
Faculdade de Ciências Médicas de MG


Prof(a). Andressa da Silva de Mello
UFMG


Prof(a). Lucas Rodrigues Nascimento
Universidade Federal do Espírito Santo

Belo Horizonte, 23 de agosto de 2021.

AGRADECIMENTOS

Seria impossível chegar até aqui sem a divina proteção de Deus que é Pai e de Virgem Maria que é Mãe. Obrigada! Iniciar o mestrado logo após cinco de anos de graduação foi algo que me trouxe dúvidas e incertezas. Mas o sonho de entrar no mestrado tornava-se cada vez mais real, e hoje já estou prestes a finalizar. Pessoas importantes fizeram parte dessa jornada e permitiram que a conclusão desse sonho pudesse se tornar real.

Às professoras Christina e Larissa, minha eterna gratidão. Vocês vão além da tarefa de orientar. Eu me senti orientada, cuidada, e ouvida, por vocês. Gratidão por fazer parte de um grupo tão acolhedor. Inclusive, muito obrigada a todos os membros do grupo “Criar da Chris” pelo companheirismo.

As minhas companheiras do grupo “Vai mestradoras”, Gabriela Cândido, Isabella Saraiva e Ruani Tenório, minha eterna gratidão. As minhas companheiras do “Sextou”, obrigada por todos os momentos de alegria, mesmo distantes fisicamente. Meninas, obrigada por todos os momentos juntas desde que iniciamos a graduação. As minhas Marias companheiras dessa jornada de mestrado, Maria Teresa Ferreira e Maria Tereza Alvarenga, obrigada por tornar tudo mais leve, por me amparar quando necessário, por me sempre me lembrar que apesar das dificuldades, nunca podemos desistir. Obrigada a todos os membros do GOU Moradia. Vocês rezaram para que eu conseguisse entrar no mestrado, e nesses momentos finais, vocês continuaram do meu lado ouvindo minhas lamúrias. Eu sempre irei agradecer a Deus por ter colocado vocês na minha vida. Aos amigos que levo no coração, Andrieli, Gabriel, Kedma, Kaique, Gabriela, Naiara, mesmo distantes fisicamente, vocês torceram para que eu iniciasse o mestrado, acompanharam minha jornada no mestrado, e continuam do meu lado. Amo vocês.

Por último, mas com o sentimento de gratidão ainda maior, dirijo as últimas palavras a minha família, ao meu namorado, e a minha segunda família. Aos meus pais Deusvânia e Kledilson, minha avó Nair, meus irmãos Henrique e Rafael, e demais, obrigada por terem me apoiado e me sustentado. Ao meu companheiro de vida, Jardel, obrigada por caminhar comigo, por me incentivar e por me mostrar que eu era capaz de realizar esse sonho. A minha segunda família, sogros, cunhadas e cunhados, e demais, eu agradeço por tornarem esses dois anos mais leves, por tantos momentos de alegria vividos com vocês.

Obrigada a Deus e a Virgem Maria e obrigada a todas as pessoas que caminharam ao meu lado nessa jornada. Que eu tenha sempre vocês comigo, porque eu acredito que uma nova jornada irá se iniciar.

RESUMO

Indivíduos pós-acidente vascular encefálico (AVE) apresentam baixos níveis de aptidão cardiorrespiratória (ACR). Por isso, diretrizes recomendam que esses indivíduos realizem exercícios aeróbios. Portanto, este desfecho deve ser sistematicamente avaliado. O critério de referência para avaliação da ACR, teste de esforço cardiopulmonar (TECP), apresenta aplicabilidade clínica limitada. Como alternativa, equações para prever o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) têm sido utilizadas. Como ainda não foram desenvolvidas para indivíduos pós-AVE, utilizar equações disponíveis na literatura pode ser uma alternativa. Porém, ainda não foi investigada a validade dessas equações para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE. Portanto, a presente dissertação apresentou dois objetivos que foram respondidos e apresentados em dois artigos distintos: artigo-1 e artigo-2. O artigo-1 teve como objetivo investigar a validade das equações disponíveis na literatura para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE. O artigo-2 teve como objetivo desenvolver uma equação com aplicabilidade clínica e adequada validade para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE. Em ambos, foram incluídos indivíduos pós-AVE na fase crônica capazes de deambular independentemente. No artigo-1, quatro equações desenvolvidas para indivíduos sedentários foram selecionadas considerando os seguintes critérios: variáveis possíveis de serem obtidas com indivíduos pós-AVE, ter equação para indivíduos do sexo masculino e feminino no mesmo estudo, realizar o TECP na esteira para obter o VO_{2max} . Para investigar a validade, a concordância entre o VO_{2max} medido e predito foi analisada utilizando o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) com intervalo de confiança de 95% (IC95%) e o método de Bland-Altman ($\alpha=5\%$). No artigo-2, regressões múltiplas foram realizadas (etapa-1). Variável dependente: VO_{2max} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Variáveis independentes: idade (anos), sexo (1-feminino; 2-masculino) e índice de massa corporal (IMC) (kg/m^2) (consideradas em ambas as análises) e distância (metros) caminhada no Teste de Caminhada de Seis Minutos (TC6) (considerada apenas na Equação-1) ou no *Incremental Shuttle Walk Test* (ISWT) (considerada apenas na Equação-2). Para investigar a validade (etapa-2), a concordância entre o VO_{2max} medido e predito foi analisada utilizando o CCI com IC95% e o método de Bland-Altman ($\alpha=5\%$). No artigo-1, 50 indivíduos (55 ± 12 anos; 67 ± 74 meses pós-AVE) foram incluídos. Para as quatro equações, o IC95% do CCI incluiu o valor zero e o método de Bland-Altman mostrou que elas superestimaram o VO_{2max} (viés médio variando de 1,92 a 9,24 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). No artigo-2, 50 indivíduos foram incluídos na etapa-1 (55 ± 12 anos; 67 ± 74 meses pós-AVE) e 20 na etapa-2 (58 ± 8 anos; 60 ± 46 meses pós-AVE). As quatro variáveis independentes de cada equação foram retidas (Equação-1: $R^2=0,68$, $p<0,001$; Equação-2: $R^2=0,58$, $p<0,001$). Equação-1: CCI=0,73 (IC95%=0,30 a 0,89; $p=0,004$), viés médio=0,003 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Equação-2: CCI impreciso (IC95%=-0,12 a 0,82), uma vez que o IC95% incluiu o valor zero, viés médio=0,971 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Em conclusão, as equações desenvolvidas para indivíduos sedentários não apresentaram adequada validade para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE e, portanto, não podem ser utilizadas com esses indivíduos. Somente a Equação-1 desenvolvida no presente estudo ($VO_{2max}=22,239+0,020*\text{distância no TC6}+4,039*\text{sexo}-0,157*\text{idade}-0,265*\text{IMC}$) apresentou adequada validade para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE e, portanto, deve ser utilizada na impossibilidade da realização do TECP.

Palavras-chave: Aptidão Cardiorrespiratória. Consumo de Oxigênio. Teste de Esforço. Teste de Caminhada. Reprodutibilidade dos Testes. Acidente Vascular Cerebral.

ABSTRACT

Individuals after stroke have low levels of cardiorespiratory fitness (CRF). For this reason, guidelines recommend that these individuals perform aerobic exercise. Therefore, this outcome must be systematically evaluated. The reference criterion for evaluating the CRF, cardiopulmonary exercise test (CPET), has limited clinical applicability. As an alternative, equations to predict maximal oxygen consumption (VO_{2max}) have been used. As they have not yet been developed for individuals after stroke, using equations available in the literature can be an alternative. However, the validity of these equations to predict the VO_{2max} of individuals after stroke has not yet been investigated. Therefore, this dissertation presented two objectives that were answered and presented in two different articles: article-1 and article-2. Article-1 aimed to investigate the validity of equations available in the literature to predict the VO_{2max} of individuals after stroke. Article-2 aimed to develop an equation with clinical applicability and adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals after stroke. In both, individuals after chronic stroke able to walk independently were included. In article-1, four equations developed for sedentary individuals were selected considering the following criteria: variables possible to be obtained with individuals after stroke, having an equation for male and female individuals in the same study, performing the CPET on the treadmill to obtain the VO_{2max} . To investigate validity, the agreement between measured and predicted VO_{2max} was analyzed using the intraclass correlation coefficient (ICC) with a 95% confidence interval (95%CI) and the Bland-Altman method ($\alpha=5\%$). In article-2, multiple regressions were performed (step-1). Dependent variable: VO_{2max} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Independent variables: age (years), sex (1-female; 2-male) and body mass index (BMI) (kg/m^2) (considered in both analyses) and distance (meters) in the Six-Minute Walk Test (6MWT) (considered only in Equation-1) or in the Incremental Shuttle Walk Test (ISWT) (considered only in Equation-2). To investigate validity (step-2), the agreement between measured and predicted VO_{2max} was analyzed using the ICC with 95%CI and the Bland-Altman method ($\alpha=5\%$). In article-1, 50 individuals (55 ± 12 years; 67 ± 74 months after stroke) were included. For the four equations, the 95%CI of the ICC included the zero value and the Bland-Altman method showed that they overestimated the VO_{2max} (mean bias ranging from 1.92 to 9.24 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). In article-2, 50 individuals were included in stage-1 (55 ± 12 years; 67 ± 74 months after stroke) and 20 in stage-2 (58 ± 8 years; 60 ± 46 months after stroke). The four independent variables of each equation were retained (Equation-1: $R^2=0.68$, $p<0.001$; Equation-2: $R^2=0.58$, $p<0.001$). Equation-1: ICC=0.73 (95%CI=0.30 to 0.89; $p=0.004$), mean bias=0.003 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Equation-2: ICC imprecise (95%CI=-0.12 to 0.82), since the 95%CI included the zero value, mean bias=0.971 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. In conclusion, the equations developed for sedentary individuals did not show adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals after stroke and, therefore, cannot be used with these individuals. Only Equation-1 developed in the present study ($VO_{2max} = 22.239 + 0.020 * \text{distance in the 6MWT} + 4.039 * \text{sex} - 0.157 * \text{age} - 0.265 * \text{BMI}$) presented adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals after stroke and, therefore, should be used in the impossibility of performing the CPET.

Keywords: Cardiorespiratory Fitness. Oxygen Consumption. Exercise Test. Walk Test. Reproducibility of Tests. Stroke.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Artigo-1: Figure 1	Bland-Altman method of the $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) measured in the CPET and estimated by Equations 1-4	29
Artigo-1: Figure 2	Participant recruitment flowchart	32
Artigo-2: Figure 1	Participant recruitment flowchart	48
Artigo-2: Figure 2	Bland-Altman method of the $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) measured in the CPET and predicted by Equation-1 and 2	49

LISTA DE TABELAS

Artigo-1: Table 1	Descriptive characteristics of individuals after chronic stroke (n=50)	27
Artigo-1: Table 2	Equations selected and the agreement between the VO_{2max} measured in the CPET and the VO_{2max} predicted by the equations (ICC with 95%CI and Bland-Altman method (mean bias, 95%LoA, RSME)) (n = 50)	28
Artigo-2: Table 1	Descriptive characteristics of individuals after stroke	45
Artigo-2: Table 2	Coefficients of the variables included in the Equation 1 and Equation 2	46
Artigo-2: Table 3	Agreement between the VO_{2max} measured by the CPET and predicted by the equations (n=20)	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

6MWT	Six-Minute Walk Test
ACR	Aptidão cardiorrespiratória
ANOVA	Analysis of variance
AVE	Acidente vascular encefálico
BMI	Body mass index
CEP/COEP	Comitê de ética em pesquisa
CI	Confidence interval
CIF	Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde
CPET	Cardiopulmonary exercise test
CRF	Cardiorespiratory fitness
IC	Intervalo de confiança
ICC	Intraclass correlation coefficient
IMC	Índice de massa corporal
ISWT	Incremental Shuttle Walk Test
IQR	Interquartile range
RSME	Root mean squared error
SD	Standard deviation
TC6	Teste de caminhada de 6 minutos
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
TECP	Teste de Esforço Cardiopulmonar
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
VO _{2max}	Consumo máximo de oxigênio/maximal oxygen consumption

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO13

1.1 Objetivos17

2 ARTIGO-118

3 ARTIGO-231

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS50

REFERÊNCIAS52

ANEXO A - APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA DA UFMG54

APÊNDICE I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO55

APÊNDICE II - MINI CURRÍCULO (2019-2021)57

PREFÁCIO

Esta dissertação foi elaborada seguindo as orientações estabelecidas na regulamentação para elaboração das Dissertações e Teses do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais (Nº004 /2018, de 03 de abril de 2018), e é composta por quatro partes. A primeira é constituída pela introdução, que contém uma revisão bibliográfica sobre o tema proposto, a problematização, e a justificativa do estudo, e os dois objetivos. A segunda parte é composta pelo Artigo-1, que contempla o objetivo-1 da presente dissertação, que foi redigido de acordo com as normas do periódico *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (ISSN: 1877-0657). Esse artigo foi submetido para este periódico em abril de 2021. O artigo foi avaliado por dois revisores e dois editores que deram a ele uma pontuação de prioridade menor do que o necessário para aceitação. Porém, o editor chefe do manuscrito pontuou o potencial do estudo e considerou uma nova submissão do manuscrito no formato de carta ao editor. Neste sentido, esta nova versão do manuscrito foi desenvolvida e apresentada nesta dissertação no formato de carta ao editor. A segunda parte é composta pelo Artigo-2, que contempla o objetivo-2 da presente dissertação. Este artigo foi redigido de acordo com as normas do periódico *Clinical Rehabilitation* (ISSN: 1477-0873), e a sua submissão será realizada após as considerações da banca examinadora. A quarta e última parte contém as considerações finais acerca dos resultados encontrados. Por fim, é apresentado um mini currículo da autora desta presente dissertação.

1 INTRODUÇÃO

O acidente vascular encefálico (AVE) é considerado, globalmente, como a segunda principal causa de morte e incapacidade, resultando em mais de 13 milhões de novos casos anualmente (STOVNER *et al.*, 2018). A prevalência global do AVE é de 101,5 milhões casos (VIRANI *et al.*, 2021). Considerando o período de 1990 a 2019, houve um aumento de 43% do número absoluto de mortes devido ao AVE (VIRANI *et al.*, 2021). A prevalência elevada do AVE tem se concentrado em países de baixa e média renda, como o Brasil (VIRANI *et al.*, 2021). No Brasil, estima-se que aproximadamente 2,3 milhões de pessoas vivem com AVE e que, deste total, 568 mil apresentam quadro grave da doença ou limitações muito graves (BENSENOR *et al.*, 2015). Além disso, projeções futuras apontam que a incidência do AVE continuará aumentando e que os custos para os sistemas de saúde irão dobrar considerando o período de 2015 a 2035 (VIRANI *et al.*, 2021). Portanto, mais indivíduos irão conviver com as incapacidades decorrentes do AVE.

Baixos níveis de aptidão cardiorrespiratória (ACR) estão associados com diversas incapacidades que os indivíduos pós-AVE podem apresentar (SMITH; SAUNDERS; MEAD, 2012, FAN; JIA, 2020). A ACR informa sobre a capacidade dos sistemas cardiovascular e respiratório de prover sangue rico em oxigênio e do sistema neuromusculoesquelético de utilizar esse oxigênio durante a atividade física sustentada (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985). Além disso, a ACR tem sido considerada um sinal clínico vital que deve ser rotineiramente avaliado na prática clínica, para que os profissionais possam gerenciar melhor a saúde do indivíduo (ROSS *et al.*, 2016). Em indivíduos pós-AVE, baixos níveis de ACR estão associados a limitações para realizar atividades de vida diária e ao aumento do risco de morte (FAN; JIA, 2020, ACSM, 2018). Por isso, estudos recentes têm recomendado que indivíduos pós-AVE realizem exercícios aeróbios para aumentar o nível de ACR (BILLINGER *et al.*, 2014, MACKAY-LYONS *et al.* 2020, SAUNDERS *et al.*, 2020). Para isso, a ACR desses indivíduos deve ser cuidadosamente e sistematicamente avaliada.

Uma medida que reflete a ACR é o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) (ACSM, 2018). O critério de referência para obtenção dessa medida é o teste de esforço cardiopulmonar (TECP) (MENEGHELO *et al.*, 2010; NEDER; NERY, 2002, WASSERMAN *et al.*, 2005). Porém, este teste apresenta aplicabilidade clínica limitada, pois demanda: ambiente com temperatura entre 22 e 24°C e umidade relativa do ar entre 50 e 70%; equipamentos de alto custo, como esteira e analisador de gases; materiais como medicamentos, oxigênio e desfibrilador; e equipe especializada e treinada (MENEGHELO *et al.*, 2010, NEDER; NERY,

2002, WASSERMAN *et al.*, 2005). Nos Estados Unidos, apenas cerca de 22% dos fisioterapeutas relataram ter os resultados do TECP de indivíduos pós-AVE quando prescreveram exercícios aeróbios para essa população (BOYNE *et al.*, 2017). No Canadá, apenas 2% dos fisioterapeutas relataram usar o TECP para avaliar a segurança e a indicação do exercício aeróbio no processo de reabilitação de adultos com disfunções neurológicas (DOYLE; MACKAY-LYONS, 2013). Considerando que esses dados são de países desenvolvidos, provavelmente o TECP é ainda menos utilizado em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, como o Brasil. Por isso, alternativas ao uso do TECP têm sido investigadas, como por exemplo, o uso de equações de predição do VO_{2max} (ACSM, 2018). Porém, não foram encontrados estudos que desenvolveram uma equação de predição do VO_{2max} para indivíduos pós-AVE.

Foram encontrados apenas dois estudos que desenvolveram equações de predição do VO_{2max} para indivíduos adultos acometidos por condições neurológicas, e ambos tiveram como amostra indivíduos que sofreram lesão medular (ZEPETNEK *et al.*, 2016, VINET *et al.*, 2002). Zepetnek *et al.* (2016) obtiveram o VO_{2max} durante o TECP e durante o teste de braço de 6 minutos (TB6) e consideraram as seguintes variáveis potenciais para desenvolver a equação: VO_{2max} obtido durante o TB6, idade, tempo de lesão, Escala de Comprometimento da *American Spinal Injury Association* (ASIA), índice de massa corporal (IMC), pressão arterial média e avaliação subjetiva de esforço. A única variável retida na equação foi o VO_{2max} identificado durante o TB6 (ZEPETNEK *et al.*, 2016), o que limita sua aplicabilidade clínica uma vez que há a necessidade do uso do analisador de gases durante o TB6.

No estudo conduzido por Vinet *et al.* (2002) com atletas em uso de cadeiras de rodas que tiveram lesão medular, um conjunto de variáveis foi considerado para elaborar a equação. As variáveis coletadas no exame clínico foram: idade, nível de lesão medular, altura, peso, IMC, massa corporal magra, volume muscular do braço e comprimento do braço (VINET *et al.*, 2002). A variável mecânica (resistência total da cadeira) foi obtida durante o teste de desaceleração (VINET *et al.*, 2002). Em síntese, neste teste, o indivíduo conduz a cadeira de rodas por 20 metros e o respectivo tempo gasto nos primeiros dez metros de aceleração, nos últimos dez metros com velocidade constante, e para desacelerar são registrados (VINET *et al.*, 2002). A fórmula para o cálculo da resistência total da cadeira foi: $10 \text{ metros} * (\text{massa do indivíduo} + \text{massa da cadeira de rodas}) / \text{somatório dos tempos registrados}$ (VINET *et al.*, 2002). As variáveis fisiológicas (VO_{2max} e frequência cardíaca máxima), biomecânica (número de impulsos realizados com a cadeira) e de desempenho (distância máxima e velocidade máxima) foram coletadas durante o teste de Léger e Boucher adaptado para atletas dependentes de

cadeira de rodas (VINET *et al.*, 2002). Em síntese, este é um teste com velocidade incremental que segue o ritmo imposto por meio de uma fita de áudio em que o indivíduo conduz a cadeira de rodas num percurso de 400 metros marcado a cada 50 metros com pilões (VINET *et al.*, 2002). As variáveis retidas nesta equação foram: nível de lesão medular, velocidade máxima de condução da cadeira de rodas, idade e IMC (VINET *et al.*, 2002). Uma limitação deste estudo é o fato da equação de predição do VO_{2max} não ter sido elaborada pela obtenção do VO_{2max} utilizando um TECP, o que pode comprometer a validade da equação em prever o VO_{2max} . Além disso, foram utilizadas variáveis de testes que não são comumente utilizados na prática clínica com indivíduos pós-AVE, o que limita sua aplicabilidade neste grupo específico.

Ross *et al.* (2010) elaboraram uma equação de predição do VO_{2max} baseada na distância caminhada no Teste de caminhada de 6 minutos (TC6) (única variável retida na equação) para pacientes com diversas condições cardiopulmonares. A amostra do estudo foi composta por 1083 indivíduos (ROSS *et al.*, 2010). Os resultados mostraram uma baixa precisão para uso da equação quando se tem como objetivo avaliar um indivíduo, e os autores recomendaram o uso da equação apenas para grupos de indivíduos que apresentam doenças cardiopulmonares (ROSS *et al.*, 2010). Desta forma, a aplicabilidade clínica da equação é limitada quando se tem o objetivo de avaliar a ACR específica de cada indivíduo pós-AVE.

Foram encontrados seis estudos que tiveram o propósito de elaborar equações de predição do VO_{2max} para indivíduos sedentários (NEVES *et al.*, 2015, LIMA *et al.*, 2019, BRUCE; KUSUMI; HOSMER, 1973, WASSERMAN *et al.*, 2005, ALMEIDA *et al.*, 2014, SILVA *et al.*, 2018). Neves *et al.* (2015) e Lima *et al.* (2019), no Brasil, desenvolveram equações de predição do VO_{2max} para homens e mulheres, com idade entre 18 e 45 anos. Neves *et al.* (2015) utilizaram as variáveis idade, IMC, distância percorrida no *Incremental Shuttle Walk Test* (ISWT) e velocidade de marcha referente ao último nível concluído do ISWT, e as variáveis retidas foram IMC e velocidade de marcha. Lima *et al.* (2019) utilizaram as variáveis idade, peso, altura e distância percorrida no ISWT, e as variáveis retidas foram idade e distância percorrida no ISWT. Ambas as equações apresentam limitações em relação à aplicabilidade, pois incluíram somente indivíduos com idade entre 18 e 45 anos.

Bruce, Kusumi e Hosmer (1973), nos Estados Unidos, consideraram as variáveis sexo, idade, atividade física, peso corporal, altura e histórico de tabagismo para desenvolver a equação, e a única variável retida foi idade. Wasserman *et al.* (2005), nos Estados Unidos, consideraram as variáveis idade, peso e altura para desenvolver a equação, e a única variável retida na equação foi a idade. Almeida *et al.* (2014), no Brasil, consideraram as variáveis sexo, idade, IMC e nível de atividade física para desenvolver a equação, e todas as variáveis ficaram

retidas. Silva *et al.* (2018), nos Estados Unidos, não informaram sobre o processo de determinação das variáveis incluídas na elaboração da equação, mas as variáveis retidas foram idade, sexo, peso, altura e modalidade de exercício (esteira ou ciclo ergômetro). Essas equações (BRUCE; KUSUMI; HOSMER, 1973, WASSERMAN *et al.*, 2005, ALMEIDA *et al.*, 2014, SILVA *et al.*, 2018) apresentam variáveis que as tornam potencialmente aplicáveis para prever o VO_{2max} de diferentes populações, como por exemplo, de indivíduos pós-AVE.

Apesar disso, é importante considerar que um instrumento ou método desenvolvido para uma população específica pode não ser válido para outras populações (PORTNEY; WATKINS, 2015). Portanto, antes de utilizar um instrumento ou método com uma amostra diferente para a qual ele foi desenvolvido é importante investigar a sua validade (PORTNEY; WATKINS, 2015). Almeida *et al.* (2014) investigaram a validade de duas equações desenvolvidas previamente para prever o VO_{2max} de indivíduos sedentários, ativos ou atletas, e que não tinham alterações patológicas no TECP. Uma das equações selecionadas foi desenvolvida por Wasserman *et al.* (2005), com o propósito de prever o VO_{2max} de indivíduos sedentários. A outra equação selecionada foi desenvolvida por Jones e Campbel (1982), e não foram encontradas informações na literatura sobre as características da amostra envolvida na elaboração da equação. Os resultados encontrados por Almeida *et al.* (2014) mostraram que as duas equações selecionadas não apresentaram adequada validade para prever o VO_{2max} dos indivíduos sedentários, ativos ou atletas, e que não tinham alterações patológicas no TECP.

Ribeiro-Samora *et al.* (2017) investigaram a validade de quatro equações desenvolvidas previamente para prever o VO_{2max} de indivíduos com insuficiência cardíaca crônica. Três das equações selecionadas foram desenvolvidas para prever o VO_{2max} de indivíduos com insuficiência cardíaca crônica (CAHALIN *et al.*, 1996, ADEDOYIN *et al.*, 2010), e a outra equação foi desenvolvida para prever o VO_{2max} de indivíduos que apresentavam diversas doenças cardiopulmonares (ROSS *et al.*, 2010). Os resultados encontrados por Ribeiro-Samora *et al.* (2017) mostraram que as quatro equações selecionadas não apresentaram adequada validade para prever o VO_{2max} de indivíduos com insuficiência cardíaca crônica.

Considerando estes resultados, apesar das equações desenvolvidas para indivíduos sedentários (BRUCE; KUSUMI; HOSMER, 1973, WASSERMAN *et al.*, 2005, ALMEIDA *et al.*, 2014, SILVA *et al.*, 2018) apresentarem variáveis possíveis de serem obtidas com indivíduos pós-AVE, elas podem não ser válidas para prever o VO_{2max} desses indivíduos. Portanto, antes de serem utilizadas, é preciso investigar a validade nesta população específica.

A ACR é influenciada por fatores como idade, sexo, composição corporal e presença de doença crônica (ACSM, 2018, WASSERMAN *et al.*, 2005). Por essa razão, essas variáveis têm

sido utilizadas para desenvolver equações de predição do VO_{2max} (NEVES *et al.*, 2015, LIMA *et al.*, 2019, VINET *et al.*, 2002). Variáveis de testes clínicos também têm sido utilizadas para desenvolver equações de predição do VO_{2max} (NEVES *et al.*, 2015, LIMA *et al.*, 2019, VINET *et al.*, 2002). O IMC e a deambulação funcional são determinantes da ACR de indivíduos pós-AVE (BAERT *et al.*, 2012). Em relação à deambulação funcional, correlação significativa foi encontrada entre a distância caminhada em dois testes clínicos frequentemente realizados com indivíduos pós-AVE na fase crônica e o VO_{2max} : TC6 ($r=0,4$; $p<0,005$) (PANG; ENG; DAWSON, 2005) e ISWT ($r=0,42$; $p=0,002$) (QUINTINO *et al.*, 2020). Este conjunto de variáveis (idade, sexo, IMC, e distância caminha nos testes clínicos) é fácil de ser obtido na prática clínica, pois exige pouco tempo para obtenção e interpretação dos resultados, apresenta baixo custo e não necessita de equipamentos ou treinamento especializado (TYSON; CONNELL, 2009). Portanto, estas variáveis poderiam ser utilizadas para desenvolver uma equação com aplicabilidade clínica específica para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE.

Em síntese, considerando que os indivíduos pós-AVE apresentam baixos níveis de ACR (FAN; JIA, 2020), que a ACR tem sido considerada como um sinal vital que deve ser rotineiramente avaliado na prática clínica (ROSS *et al.*, 2016), e que diretrizes têm recomendado o aumento dos níveis de ACR desses indivíduos para melhora da saúde e funcionalidade (BILLINGER *et al.*, 2014), torna-se necessário avaliar cuidadosamente e sistematicamente este desfecho. Porém, o TECP, que é considerado critério de referência para obtenção do VO_{2max} , apresenta aplicabilidade clínica limitada (MENEGHELO *et al.*, 2010, NEDER; NERY, 2002, WASSERMAN *et al.*, 2005). Como alternativa, equações de predição do VO_{2max} são descritas na literatura (ACSM, 2018). Porém, não foram encontrados estudos que investigaram a validade dessas equações para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE na fase crônica. Além disso, também não foram encontrados estudos que elaboraram uma equação específica para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE na fase crônica. Desta forma, é importante investigar a validade das equações já desenvolvidas para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE na fase crônica e elaborar uma equação específica para esta população.

1.1 Objetivos

A presente dissertação apresentou dois objetivos que foram abordados com o desenvolvimento de dois artigos distintos:

1. Objetivo-1 (artigo-1): investigar a validade das equações de predição do VO_{2max} já disponíveis na literatura para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE na fase crônica.

2. Objetivo-2 (artigo-2): desenvolver uma equação com aplicabilidade clínica e adequada validade para prever o VO_{2max} para indivíduos pós-AVE na fase crônica.

2 Artigo-1

Periódico: *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (ISSN: 1877-0657)

Tipo de artigo: carta ao editor

TITLE: Investigation into the validity of four equations to predict the maximum oxygen consumption of individuals after stroke

Paula da Cruz Peniche^a, Larissa Tavares Aguiar^{a,b}, Maria Teresa Ferreira dos Reis^a, Christina Danielli Coelho de Moraes Faria^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, 6627 Presidente Antônio Carlos Avenue, Campus Pampulha, ZIP code 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

^b Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCM-MG), 275 Alameda Ezequiel Dias Street, Centro, ZIP code 30130-110, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

Corresponding Author: Prof. Christina Danielli Coelho de Moraes Faria - Department of Physiotherapy, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais. Address: Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 Campus Pampulha - Belo Horizonte, CEP 31270-901, Minas Gerais, Brazil. E-mail: cdcmf@ufmg.br. Phone: 55/31/3409-7448. Fax: 55/31/3409-4783.

Authors Contributions: All authors contributed to the conception and design of the work and drafted the manuscript. PCP, LTA and MTFR contributed to the acquisition, analysis, and interpretation of data for the work. CDCMF contributed to the analysis and interpretation of data for the work. All authors critically revised the manuscript, gave final approval and agree to be accountable for all aspects of work ensuring integrity and accuracy.

Manuscript extension:

Word count: 1654

Number of tables: 2

Number of figures: 1

Supplementary file: 1

Number of references: 20

Dear Editor,

The cardiorespiratory fitness (CRF) is considered a clinical vital sign that should be routinely evaluated [1]. Individuals after stroke have low levels of CRF, which are associated with limitations to perform activities of daily living and increased risk of death [2,3]. Therefore, individuals after stroke should perform aerobic exercise to increase the levels of CRF [4]. The cardiopulmonary exercise test (CPET) is considered the criterion standard for assessing the CRF by measuring the maximum oxygen consumption (VO_{2max}) [5]. However, it has limited

clinical applicability since it requires specific physical environment, expensive equipment, and trained staff [5,6]. This may explain why the CRF of individuals after stroke has not been routinely evaluated, even in developed countries [7].

Using equations to predict the VO_{2max} has been suggested as an alternative to the CPET [3]. However, no equation has been developed to individuals after stroke. Using equations already developed for other subjects could be an alternative to obtain the VO_{2max} of individuals with stroke. However, equations developed for one population might not be adequate for others [8-10], and it is recommended to investigate the validity of an instrument or method before using it with a different sample from that it was developed [8]. Thus, the objective of the present study was to investigate whether equations to predict the VO_{2max} previously developed are valid to predict the VO_{2max} of individuals after chronic stroke.

A cross-sectional study approved by the ethics committee was performed. Individuals were invited to voluntarily participate, were informed that there would be no compensation, and signed the written informed consent. The inclusion criteria were: age ≥ 20 years old; diagnosis of chronic stroke (\geq six months) [11]; and ability to walk independently for at least 10 minutes (this information was obtained during telephone calls), with or without walking device. The exclusion criteria were: cognitive deficit, evaluated by the Mini Mental State Examination [12], or inability to respond to the following verbal commands: “raise your unaffected arm and open your hand” [13]; pain or other neurological, cardiopulmonary or musculoskeletal conditions that could compromise the performance of the test (i.e. Parkinson’s disease, arthritis). Considering the Consensus-based Standards for the Selection of Health Measurement Instruments (COSMIN) a sample of 50 individuals was determined [14].

The participants performed the CPET on the treadmill with gas analyzer (CPX Ultima Medical Graphics®, USA) and 12-lead electrocardiographic records [3]. A ramp protocol was performed: 3 minutes warm-up; increments were applied at each one-minute (increments were determined for each participant); after the end of the test, 3 minutes of walking without incline and a further 3 minutes of sitting rest [15]. The CPET was considered maximum if an $RER > 1.00$ was reached [16]. The CPET was interrupted if the participant requested it or if the professionals detect any adverse signs or symptoms [3]. The VO_{2max} was obtained considering the highest value averaged of the three last blocks of 10 seconds’ measures at peak exercise [6]. Data collection were carried out by experienced staff in one day in a research laboratory.

The following criteria to select the equations were established: including variables that could be obtained with individuals after stroke (to ensure clinical applicability); the VO_{2max} used to develop the equation should have been obtained through the CPET performed on a

treadmill (considering the attainment of the VO_{2max} is influenced by the modality of the CPET); and equations to predict the VO_{2max} for male and female individuals should have been elaborated in the same study.

Four equations were selected [6,9,17,18], as shown in the Table 2. The equations were developed considering the following samples: Equation-1-295 sedentary individuals; 138 men: 48.6 ± 11.1 years, and 157 women: 41.4 ± 11.2 years [17]; Equation-2-1000 sedentary individuals [6]; Equation-3-2495 individuals: 43 ± 15 years [9]; Equation-4-7617 able-bodied individuals: 42.8 ± 13 years [18].

Shapiro-Wilk test was used to verify the normality of the data. Descriptive statistics were used. The agreement between the VO_{2max} obtained in the CPET and the VO_{2max} predicted by the equations was evaluated utilizing the intraclass correlation coefficient (ICC) with a 95% confidence interval (CI), the Bland-Altman method (mean bias, 95% limits of agreement (LoA), root mean squared error (RSME)) and repeated measures ANOVA. The magnitude of the significant correlations was classified following the criteria of Munro [19]. The Bonferroni test was used as the post hoc analysis. All data were analyzed in SPSS version 19 (SPSS Inc., Chicago, IL, United States) ($\alpha=5\%$).

A total of 184 individuals were recruited by telephone, but 123 were excluded mainly due to unavailability to attend the assessment ($n=42/34\%$) and due to difficulties related to transportation ($n=35/29\%$). Sixty-one individuals were assessed and 11 were excluded, mainly because they were unable to perform CPET ($n=6/55\%$). Thus, 50 individuals were included in the study. The flowchart of the present study is available as a supplementary file. The descriptive characteristics of the sample are described in Table 1. There was no missing data.

[Insert Table 1 about here]

The average VO_{2max} obtained in the CPET and predicted by the four selected equations [6,9,17,18] are described in Table 2. Significant and positive agreement ($p<0.05$) was found only between the VO_{2max} predicted by the Equations-1 [17] and Equation-2 [6] and the VO_{2max} measured in the CPET. However, the magnitude of the correlation was low (0.35 and 0.42, respectively). Furthermore, the 95%CI for all correlations included the zero value, which compromises the agreement between the measured values.

[Insert Table 2 about here]

The Bland-Altman method (Figure 1 and Table 2) showed that the four selected equations [6,9,17,18] overestimated the VO_{2max} between 9% and 45%. The RMSE ranged between 6.7 and 10.7 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. The results showed that the mean bias (mean difference between the VO_{2max} measured in the CPET and VO_{2max} predicted by the equations) was not close to the central axis. Therefore, it showed that the mean bias distribution was related to the mean value of the VO_{2max} measured in the CPET and the VO_{2max} predicted by the equations. Furthermore, for the four equations [6,9,17,18], the 95%LoA (difference between the upper limit of agreement (ULA) and lower limit of agreement (LLA)) in the graphs showed great amplitude. Finally, the analysis of repeated measures ANOVA showed that only the average of the VO_{2max} predicted by Equation-3 [9] was not statistically different from the average of the VO_{2max} obtained in the CPET ($p=0.446$). For the other equations (1, 2 and 4) [6,17,18] there was statistically difference between the average of the VO_{2max} predicted and the VO_{2max} obtained in the CPET ($p<0.0001$).

[Insert Figure 1 about here]

The three analyzes together showed that the Equations-1 [17], 2 [6] and 4 [18] were not able to accurately estimate the VO_{2max} of individuals after chronic stroke. The average of the VO_{2max} predicted by the Equation-3 [9] was not statistically different from the average VO_{2max} measured in the CPET according to the repeated measures ANOVA complementary analysis. However, the ICC with 95%CI and Bland-Altman method showed that there was no agreement between the values of the VO_{2max} measured in the CPET and the VO_{2max} predicted by the Equation-3 [9]. These analyzes (ICC with 95%CI and Bland-Altman method) consider the value of the individual and not the average of the values [8]. This is important in clinical practice, since we must develop the intervention plan through the assessment made individually. Therefore, none of the selected equations [6,9,17,18] showed adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals after chronic stroke.

To estimate the VO_{2max} using prediction equations already developed, it is important to ensure that the characteristics of the individuals are similar to the characteristics of the sample used to develop these equations to avoid estimating values of the VO_{2max} that are not close to the real value [6]. This fact might explain why the prediction equations selected [6,9,17,18] did not show adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals after chronic stroke. Individuals after stroke have compromised CRF when compared to healthy individuals [2]. And possibly they also have lower CRF when compared to able-bodied and sedentary individuals.

The variables presented in the selected equations [6,9,17,18] may not be those more responsible for explaining the variability of the VO_{2max} of individuals after stroke, what can also explain the results of the present study. Baert et al. [20] investigated the determinants of CRF considering 3, 6 and 12 months after stroke. Considering only individuals after chronic stroke, the determinants found were: knee extensors muscle strength of the nonparetic leg, functional ambulation, body mass index (BMI) and health-related quality of life [20]. Therefore, these variables might better explain the variability of the VO_{2max} of individuals after stroke.

Finally, it is important to consider that individuals with chronic diseases, such as stroke, rarely reach the VO_{2max} plateau in the CPET, even though they really make a maximum effort during the test [3]. Generally, the CPET of these individuals is limited by local muscle factors or fatigue rather than central circulatory dynamics [3]. In the present study, a ramp protocol was used, as recommended, and an $RER > 1.00$ was reached (Table 1). Therefore, the participants performed maximal effort. These low RER values can be explained by the fact that individuals have low levels of CRF, which justifies the overestimation of VO_{2max} by the equations selected.

The results of the present study cannot be generalized for individuals in the acute or subacute phase after stroke. Furthermore, the sample of the present study included only individuals who were able to walk independently. Future research should address these limitations. In conclusion, none of the selected equations [6,9,17,18] showed adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals after chronic stroke and should not be used. The results of this study will contribute to avoid errors in the rehabilitation process of these individuals. Since the equations overestimated the VO_{2max} by up to 45%, an individual with a low CRF could be assessed incorrectly as having an adequate level of CRF, which can compromise rehabilitation care. Future studies should develop an equation to predict the VO_{2max} of individuals after stroke.

References

- [1] Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Després JP, Franklin BA, et al. Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation* 2016;134:e653–99. <http://dx.doi.org/10.1161/CIR.0000000000000461>.
- [2] Smith AC, Saunders DH, Mead G. Cardiorespiratory fitness after stroke: a systematic review. *Int J Stroke* 2012;7:499–510. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-4949.2012.00791.x>.
- [3] American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2018.
- [4] Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, Eng JJ, Franklin BA, Johnson CM, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: A statement for healthcare

- professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2014;45:2532–53. <http://dx.doi.org/10.1161/STR.0000000000000022>.
- [5] Meneghelo RS, Araújo CGS, Stein R, Mastrocolla LE, Albuquerque PF, Serra SM. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. *Arq Bras Cardiol* 2010;95:1-26. <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2010000800001>.
- [6] Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
- [7] Boyne P, Billinger S, MacKay-Lyons M, Barney B, Khoury J, Dunning K. Aerobic exercise prescription in stroke rehabilitation: A web-based survey of US physical therapists. *J Neurol Phys Ther* 2017;41:119-28. <http://dx.doi.org/10.1097/NPT.0000000000000177>.
- [8] Portney LG, Watkins MP. Foundations of Clinical Research: Applications to Practice. 3rd ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2015.
- [9] Almeida AE, Stefani CM, Nascimento JA, Almeida NM, Santos AC, Ribeiro JP, et al. An equation for the prediction of oxygen consumption in a Brazilian population. *Arq Bras Cardiol* 2014;103:299-307. <http://dx.doi.org/10.5935/abc.20140137>.
- [10] Ribeiro-Samora GA, Montemezzo D, Pereira DAG, Tagliaferri TL, Vieira OA, Britto RR. Could peak oxygen uptake be estimated from proposed equations based on the six-minute walk test in chronic heart failure subjects? *Braz J Phys Ther* 2017;21:100-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjpt.2017.03.004>.
- [11] Bernhardt J, Hayward KS, Kwakkel G, Ward NS, Wolf SL, Borschmann K, et al. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: The Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable taskforce. *Int J Stroke* 2017;12:444-50. <http://dx.doi.org/10.1177/1747493017711816>.
- [12] Bertolucci PHF, Brucki SMD, Campacci SR, Juliano Y. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arq Neuro Psiquiatr* 1994;52:1–7. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X1994000100001>.
- [13] Teixeira-Salmela LF, Devaraj R, Olney SJ. Validation of the human activity profile in stroke: A comparison of observed, proxy and self-reported scores. *Disabil Rehabil* 2007;29:1518–24. <http://dx.doi.org/10.1080/09638280601055733>.
- [14] Terwee CB, Mokkink LB, Knol DL, Ostelo RWJG, Bouter LM, Vet HCW. Rating the methodological quality in systematic reviews of studies on measurement properties: A scoring system for the COSMIN checklist. *Qual Life Res* 2012;21:651–7.

- <http://dx.doi.org/10.1007/s11136-011-9960-1>.
- [15] Pereira DAG, Samora GAR, Alencar MCN, Vieira DSR, Parreira VF, Pereira LSM, et al. Cardiopulmonary exercise test with ramp protocol in adults with heart failure. *Rev Bras Med Esporte* 2012;18:369–72. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922012000600004>.
- [16] Van de Port IG, Kwakkel G, Wittink H. Systematic review of cardiopulmonary exercise testing post stroke: Are we adhering to practice recommendations? *J Rehabil Med* 2015;47:881-900. <http://dx.doi.org/10.2340/16501977-2031>.
- [17] Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J* 1973;85:546–62. [http://dx.doi.org/10.1016/0002-8703\(73\)90502-4](http://dx.doi.org/10.1016/0002-8703(73)90502-4).
- [18] Silva CGS, Kaminsky LA, Arena R, Christle JW, Araújo CGS, Lima RM, et al. A reference equation for maximal aerobic power for treadmill and cycle ergometer exercise testing: Analysis from the FRIEND registry. *Eur J Prev Cardiol* 2018;25:742–50. <http://dx.doi.org/10.1177/2047487318763958>.
- [19] Munro BH. *Statistical Methods for Health Care Research*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
- [20] Baert I, Vanlandewijck Y, Feys H, Vanhees L, Beyens H, Daly D. Determinants of cardiorespiratory fitness at 3, 6 and 12 months poststroke. *Disabil Rehabil* 2012;34:1835–42. <http://dx.doi.org/10.3109/09638288.2012.665130>.

Table 1. Descriptive characteristics of individuals after chronic stroke (n=50)

Variable	Measures
Age, years, mean (SD); [min-max]	55 (12); [28-82]
Sex, n men (%)	33 (66)
Body mass index (kg/m ²), mean (SD); [min-max]	28 (4); [21-35]
Stroke type, n ischemic (%)	41 (82)
Paretic side, n (%)	
Right	27 (54)
Left	21 (42)
Absent hemiparesis	2 (4)
Time after stroke, months, mean (SD); [min-max]	67 (74); [6-370]
Fugl-Meyer Upper Extremity Assessment (score: 0–66), n (%)	

Mild motor impairments	35 (70)
Moderate motor impairments	5 (10)
Severe motor impairments	10 (20)
Fugl-Meyer Lower Extremity Assessment (score: 0–34), n (%)	
Mild motor impairments	32 (64)
Moderate motor impairments	14 (28)
Severe motor impairments	4 (8)
Comfortable gait speed, m/s, mean (SD); [min-max]	1.01 (0.29); [0.46-1.68]
VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹), mean (SD); [min-max]	20.3 (3.9); [12.5-33.9]
RER, mean (SD); [min-max]	1.1 (0.1); [1.0-1.4]

Legend: SD, standard deviation; kg/m², kilogram per square meter; m/s, meters per second; ml.kg⁻¹.min⁻¹, milliliter per kilogram per minute; VO_{2max}, maximum oxygen consumption; RER, respiratory exchange ratio; cardiopulmonary exercise test, CPET.

Table 2. Equations selected and the agreement between the VO_{2max} measured in the CPET and the VO_{2max} predicted by the equations (ICC with 95%CI and Bland-Altman method (mean bias, 95%LoA, RSME)) (n = 50)

Equations selected		VO_{2max} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$), mean (SD); [min-max]	ICC	p	95%CI of the ICC	Mean bias (%)	95%LoA	RSME ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)
CPET	-	20.3 (3.9); [12.5-33.9]	-	-	-	-	-	-
Equation-1 [17]	$VO_{2max (male)}=57.8-0.445*age \text{ in years}$ $VO_{2max (female)}=41.2-0.343*age \text{ in years}$	29.6 (6.0); [17.9-44.5]	0.35	<0.001	-0.19, 0.70	-9.2 (45%)	0.2, -18.7	10.4
Equation-2 [6]	$VO_{2max (male)}=(50.72-0.372*age \text{ in years})*1.1$ $VO_{2max (female)}=(22.78-0.17*age \text{ in years})*1.1$	26.8 (8.9); [12.3-43.5]	0.42	0.003	-0.08, 0.69	-6.4 (32%)	8.6, -21.4	9.9
Equation-3 [9]	$VO_{2max} =53.478+(-7.518*sex_{1 \text{ for male, 2 for female}})+(-0.254*age \text{ in years})+(-0.430*BMI)+(6.132*physical \text{ activity}_{1 \text{ sedentary; 2 active; 3 athletes}})$	22.3 (5.8); [13.9-41.9]	0.20	0.213	-0.37, 0.52	-1.9 (9%)	11, -14.8	6.7
Equation-4 [18]	$VO_{2max} =45.2-(0.35*age \text{ in years})-(10.9*sex_{1 \text{ male; 2 female}})-(0.15*weight \text{ in pounds})+(0.68*height \text{ in inches})-(0.46*test \text{ mode}_{1 \text{ treadmill; 2 cycle ergometer}})$	26.7 (8.0); [16.1-48.9]	0.06	0.374	-0.33, 0.38	-6.3 (31%)	10.7, -23.4	10.7

Legend: CPET, cardiopulmonary exercise test; VO_{2max} , maximum oxygen consumption; $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, milliliter per kilogram per minute; LoA, limits of agreement; RSME, root mean squared error; SD, standard deviation; ICC, intraclass correlation coefficient; CI, confidence interval; mean bias (%), ratio between mean bias and VO_{2max} measured in the CPET.

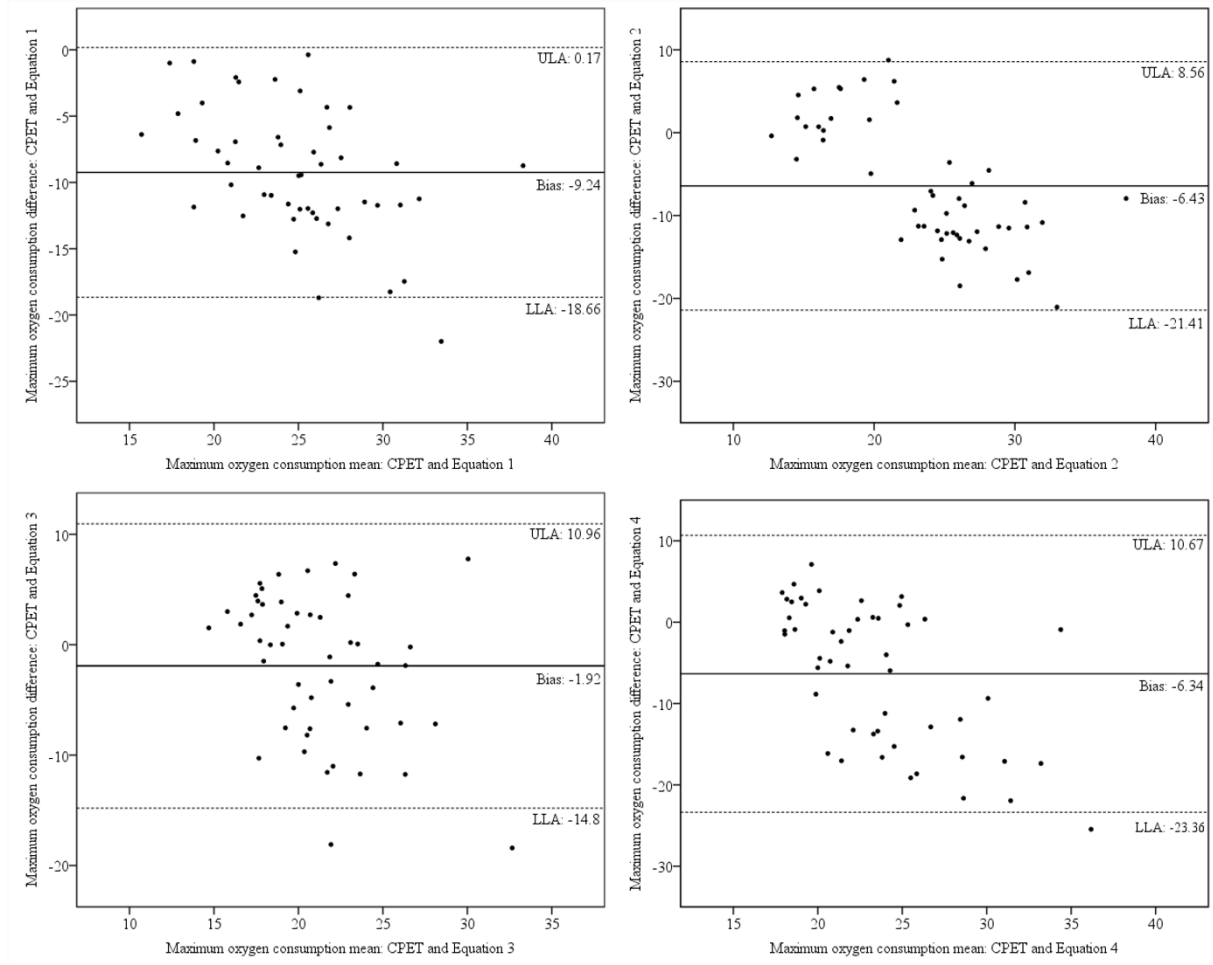


Figure 1. Bland-Altman method of the VO_{2max} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) measured in the CPET and estimated by Equations 1-4. Legend: VO_{2max} , maximum oxygen consumption; $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, milliliter per kilogram per minute; CPET, cardiopulmonary exercise testing; ULA, upper limit of agreement; LLA, lower limit of agreement.

Supplementary material

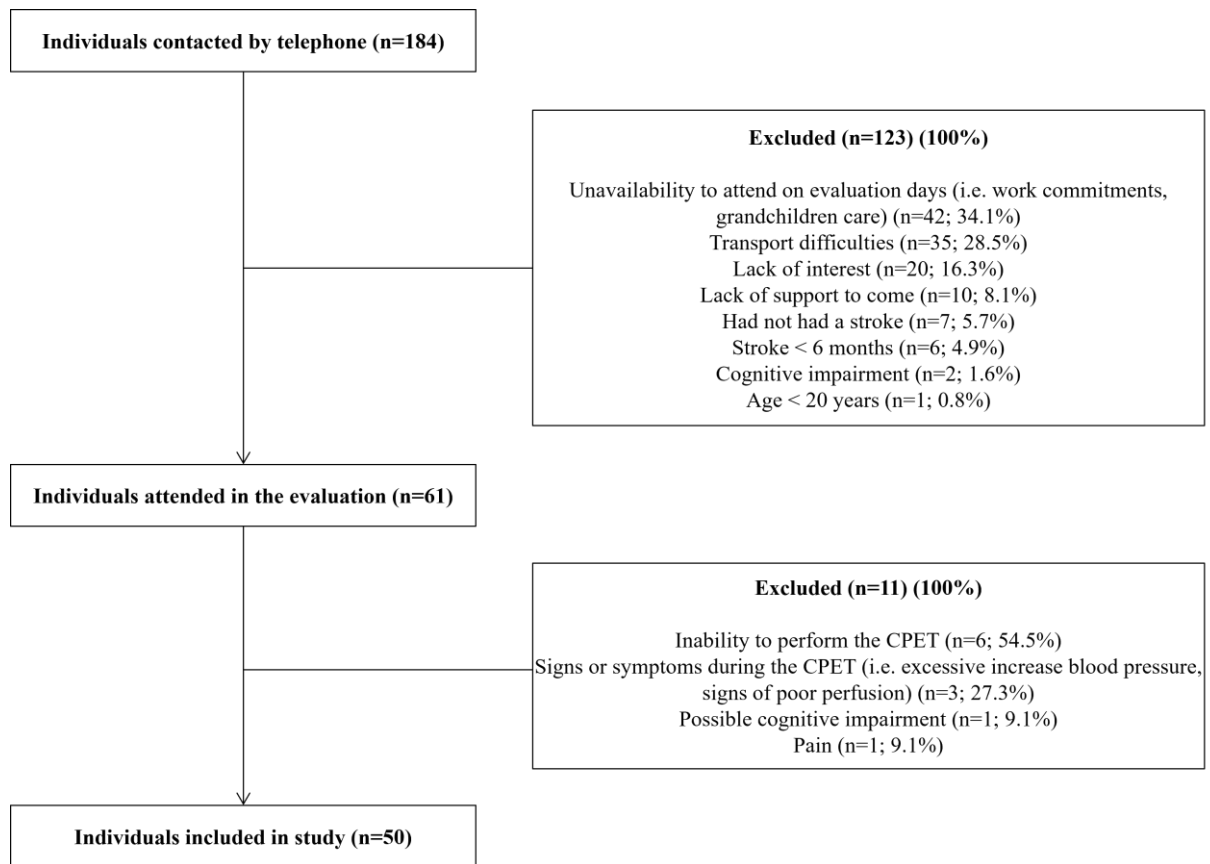


Figure 2. Participant recruitment flowchart.

3 Artigo-2

Periódico: *Clinical Rehabilitation* (ISSN: 1477-0873)

Tipo de artigo: Artigo original

TITLE: An equation with clinical applicability and adequate validity to predict the maximum oxygen consumption of individuals with stroke

Paula da Cruz Peniche¹, Larissa Tavares Aguiar², Maria Teresa Ferreira dos Reis¹, Christina Danielli Coelho de Moraes Faria³

¹ Physiotherapist; Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

² PhD; Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil; Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCM-MG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

³ PhD; Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

ORCID; professional email; phone number:

PCP: 0000-0001-8326-8974; penichepaula@yahoo.com.br; 55 31 987551802

LTA: 0000-0002-6503-774X; larissatavaresaguiar@gmail.com; 55 31 993132076

MTFR: 0000-0001-5332-367X; mariateresafdr@gmail.com; 55 31 95745156

CDCMF: 0000-0001-9784-9729; cdcmf@ufmg.br; 55 31 3409-7448

Corresponding Author: Prof. Christina Danielli Coelho de Moraes Faria - Department of Physiotherapy, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais. Address: Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 Campus Pampulha - Belo Horizonte, CEP 31270-901, Minas Gerais, Brazil. E-mail: cdcmf@ufmg.br. Phone: 55/31/3409-7448. Fax: 55/31/3409-4783.

Author contributions: PCP, LTA and CDCMF drafted the article and contributed substantially to the concept and design of this study. PCP, LTA and MTFR contributed to the acquisition, analysis or interpretation of data. All authors critically reviewed important intellectual content and approved the version to be published.

ABSTRACT:

Background and Purpose: There is no equation to predict the maximum oxygen consumption (VO_{2max}) of individuals with stroke. Equations developed for sedentary individuals were not valid to predict the VO_{2max} of these individuals. Therefore, the objective of this study was to develop an equation with clinical applicability and adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals with stroke.

Methods: In this cross-sectional study, individuals with chronic stroke able to walk independently were included. Step-1: to develop the equation multiple regressions analysis were performed. Dependent variable: VO_{2max} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) obtained by the cardiopulmonary exercise test (CPET). Independent variables: age (years), sex (1-female, 2-male), body mass index (BMI) (kg/m^2), and distance (meters) in the Six-Minute Walk Test (6MWT) (Equation-1) or in the Incremental Shuttle Walk Test (ISWT) (Equation-2). Step-2: to investigate the validity, the agreement between the VO_{2max} measured and predicted was evaluated with the intraclass correlation coefficient (ICC) with 95% confidence interval (95%CI) and the Bland-Altman method ($\alpha=5\%$).

Results: Step-1: 50 individuals (55 ± 12 years) assessed. All the four independent variables for each equation were retained (Equation-1: $R^2=0.68$, $p<0.001$; Equation-2: $R^2=0.58$, $p<0.001$). Step-2: 20 individuals (58 ± 8 years) assessed. Equation-1: $ICC=0.73$ (95%CI=0.30, 0.89; $p=0.004$), mean bias= $0.003 ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Equation-2: imprecise ICC (95%CI=-0.12, 0.82), mean bias= $0.971 ml.kg^{-1}.min^{-1}$. The Equation-1 ($VO_{2max}=22.239+0.02*distance$ in the 6MWT+ $4.039*sex-0.157*age-0.265*BMI$) showed adequate validity.

Discussion and Conclusions: An equation with clinical applicability and adequate validity was developed to predict the VO_{2max} of individuals with stroke and it should be used when it is impossible to perform the CPET.

Keywords: Oxygen Consumption; Cardiorespiratory Fitness; Walk Test; Stroke.

Introduction

Individuals with stroke have impaired cardiorespiratory fitness.¹ The cardiorespiratory fitness, commonly expressed by maximum oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{max}}$; $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{ml}^{-1}$), informs about the ability of the cardiovascular and respiratory systems to provide oxygen-rich blood.^{2,3} The cardiorespiratory fitness also informs about the neuromusculoskeletal system to use this oxygen during an activity performed for a long time.^{2,3} Low levels of cardiorespiratory fitness of individuals with stroke are associated with an increased risk of cardiovascular diseases (including stroke) and limitations to perform activities.^{1,3} Therefore, clinical guidelines have recommended that individuals with stroke perform aerobic exercise to increase cardiorespiratory fitness levels.⁴⁻⁶ In addition, the cardiorespiratory fitness has been considered a vital clinical sign that must be frequently evaluated in clinical practice for health and functionality care of individual.⁷ Thus, the assessment of cardiorespiratory fitness is important for the rehabilitation process of individuals with stroke.

The cardiopulmonary exercise test (CPET) is the criterion reference for the evaluation of the cardiorespiratory fitness.^{8,9} However, the CPET has limited clinical applicability due to a demand for a physical environment with specific temperature and humidity, expensive equipment and materials, and specialized and trained staff.^{8,9} As an alternative, studies have developed equations to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ of different populations, such as able-bodied and sedentary individuals.^{10,11} Silva et al.¹⁰ developed one equation to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ based on age, sex, weight, height, and test mode (treadmill or cycle ergometer), with a coefficient of determination (R^2) of 0.62 ($p < 0.01$). Almeida et al.¹¹ developed one equation to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ based on sex, age, body mass index (BMI) and level of physical activity (sedentary, active or athletes), with a R^2 of 0.68 ($p < 0.001$). These previous equations have variables that are easily obtained in clinical practice with individuals with stroke.^{10,11} However, these equations developed for able-bodied and sedentary individuals are not valid to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ of individuals with stroke.¹² In addition, it was not found a specifically developed equation to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ of individuals with stroke.

The cardiorespiratory fitness is influenced by factors such as age, sex, body composition and presence of chronic disease.^{3,13} Therefore, these variables are often used to develop equations to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$. The BMI and functional ambulation are determinants of the cardiorespiratory fitness of individuals with stroke.¹⁴ Age, sex and BMI are variables that should be considered to develop an equation to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ of individuals with stroke, but variables related to functional ambulation should also be considered. In individuals with stroke, the $\text{VO}_{2\text{max}}$ is significantly correlated with the distance covered in field walk tests, such

as the Six-Minute Walk Test (6MWT) ($r=0.40$; $p<0.005$)¹⁵ and the Incremental Shuttle Walk Test (ISWT) ($r=0.42$; $p=0.002$).¹⁶ These set of variables (age, sex, BMI, and distance covered in field walk tests) are easy to obtain in clinical practice since they require a short time for data collection and interpretation of the results, present low cost, and do not require specialized equipment or training.¹⁷ Therefore, the objective of the present study was to develop an equation with clinical applicability and adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals with stroke.

Methods

Design

This is a cross-sectional study that was approved by the ethics committee [*the information will be inserted in the final version*]. All participants signed an informed consent form. This study followed the STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology (STROBE) guidelines for cross-sectional studies.¹⁸

Participants

Individuals were recruited in the city of [*the information will be inserted in the final version*]. The recruitment strategies were: dissemination of the project on social networks and public places, contact with individuals who have participated in previous research projects, and active search in outpatient clinics and hospitals. The inclusion criteria were: age of at least 20 years old; diagnosis of chronic stroke (at least six months with stroke);¹⁹ and ability to walk independently for at least 10 minutes, with or without the aid of a walking device. The exclusion criteria were: possible cognitive deficit, evaluated by Mini Mental State Examination (determined by the education-adjusted cut-off scores: 13 points for those participants who were illiterate; 18 points for those with elementary and middle school; and 26 points for those with high-school),²⁰ or inability to respond to the following verbal commands: “raise your unaffected arm and open your hand”;²¹ pain or other neurological, cardiopulmonary or musculoskeletal conditions that could compromise the performance of the test (i.e. Parkinson’s disease, multiple sclerosis, arthritis).

Dependent and independent variables

Dependent variable: maximum oxygen consumption (VO_{2max})

The VO_{2max} was obtained by the CPET, considered the criterion reference test to evaluate the cardiorespiratory fitness, and was operationalized considering the highest value averaged of the three last blocks of 10 seconds’ measures at peak exercise.³

The CPET is safe to be performed with individuals with chronic stroke.²² The recommendations of the American College of Sports Medicine (ACSM) were followed.³ The test was performed on the treadmill with gas analyzer (CPX Ultima Medical Graphics®, USA)

and 12-lead electrocardiographic records following the incremental ramp protocol.^{3,23} A three-minute warm-up period was performed. Increments were applied at each one-minute interval (the increment was determined individually for each participant). After the end of the test, participants performed three minutes of walking without slope and had a further three minutes of sitting rest.²³ The test was considered maximum if a value of respiratory exchange ratio (RER) ≥ 1.00 was reached.²⁴ The CPET was interrupted if the participant requested it or if the professionals detected any adverse signs or symptoms that indicated the need to interrupt the test.³ Blood pressure was measured, and a scale of perceived exertion was used, with a score ranging from 0 to 10.^{3,25} The $\text{VO}_{2\text{max}}$ was obtained considering the highest value averaged of the three last blocks of 10 seconds' measures at peak exercise.^{3,13}

Independent variables: age, sex, BMI and functional ambulation

Four independent variables were determined: age (in years), sex (1 for female, 2 for male), BMI (in kg/m^2), and functional ambulation (in meters). Equation-1: age, sex, BMI and the distance in the 6MWT and Equation-2: age, sex, BMI and the distance in the ISWT.

Functional ambulation was evaluated by the 6MWT and the ISWT and operationalized considering the distance covered in both tests in meters. The 6MWT was performed according to the American Thoracic Society recommendations.²⁶ Only one trial was performed following recommendations for individuals with stroke.²⁷ The participant was instructed to walk as far as possible in the 30-meter corridor for six minutes.²⁶ The gait speed was determined by the participant.²⁶ During the test, an examiner was behind the participant verbally encouraging him every minute with standardized phrases.²⁶ A second examiner recorded vital signs, the subjective perception of effort and the distance covered.²⁶ The 6MWT presents adequate test-retest reliability and concurrent validity to estimate the cardiorespiratory fitness of individuals with chronic stroke.^{28,29} The ISWT is an incremental test, and has 12 stages, with duration of one minute each.²⁶ Two cones were positioned with 9 meters apart them and participants were asked to walk making the round trip, surrounding the cones (the turn in the cone is considered to have 0.50 meters).²⁶ The test speed is determined by an external sound stimulus, and it increases 0.17 m/s at each stage (the initial speed is 0.50 m/s).²⁶ The vital signs and the subjective perception of effort were evaluated.²² The number of stages that the participant performed was multiplied by 10 meters and the distance (in meters) was obtained.²⁶ The ISWT presents adequate test-retest and inter-rater reliabilities, construct validity to assess exercise capacity and concurrent validity to estimate the cardiorespiratory fitness of individuals with chronic stroke.¹⁶

Procedures

The evaluations were performed in two days with a maximum interval of 14 days between them.¹⁵ On the first day, participants were informed about the research objective, were invited to voluntarily participate, were informed that there would be no compensation, and signed the written informed consent. In addition, the variables age, sex, BMI, stroke type, paretic side, time since the onset of stroke, and comfortable gait speed (measured by the 10-meter walk test (10mWT)³⁰) were collected and, then, the CPET was performed. On the second day, participants performed the field tests (6MWT and ISWT), with an interval between them that guaranteed that the participant's heart rate and blood pressure had returned to the rest value. The CPET was carried out in a university laboratory and the other tests (6MWT and ISWT) were carried out in an indoor corridor that had the distance marked every meter on the ground. Data collection was carried out by a staff with experience.

Sample size calculation

In the step-1, regression analyzes were performed to develop the two equations to predict the VO_{2max} and the sample size was calculated considering the following formula: $n=10*(P+1)$, where P is the number of independent variables.³¹ Four independent variables were used in the present study to elaborate each VO_{2max} prediction equation: age, sex, BMI, distance in the 6MWT or in the ISWT. Therefore, at least 50 individuals were needed to elaborate each VO_{2max} prediction equation. A sample of 20 individuals was planned to perform the step-2, considering previous studies that had similar objectives to the present study.^{32,33}

Statistical analyzes

The normality of the data was verified, and descriptive analyses were performed. In the step-1, two equations to predict the VO_{2max} were developed through the stepwise multiple linear regression analysis. The assumptions for the elaboration of the multiple linear regression analysis were evaluated. In the step-2, the validity of the equations developed was investigated. For this, the means of measured and predicted VO_{2max} were compared using the paired t-test and the agreement between the measured and predicted VO_{2max} was investigated using the intraclass correlation coefficient (ICC) with 95% confidence interval (95%CI) and the Bland-Altman method (mean bias: the mean of the difference between the VO_{2max} predicted by the equations and the VO_{2max} measured by the CPET; it is expected that the bias will show a value close to zero). The magnitude of the significant correlations was classified as follows: 0.00-0.25 very low; 0.26-0.49 low; 0.50-0.69 moderate; 0.70-0.89 high; 0.90-1.00 very high.³⁴ The equations should have an adequate result in the three statistical analyzes to be considered as having adequate validity. All data were analyzed in SPSS version 19 (SPSS Inc., Chicago, IL,

United States). The level of significance established for inferential statistical analysis was $\alpha=5\%$.

Results

Participants

Two hundred and sixty individuals were recruited by telephone. A total of 85 individuals were assessed and 70 individuals were included in the study. There was no missing data. The reasons for exclusion of participants are described in Figure 1. The first 50 participants were part of the step-1 of the study and the remaining 20 participants were part of the step-2 of the study. The descriptive characteristics of the sample are described in Table 1.

[Insert Figure 1 here]

[Insert Table 1 here]

Step-1: development of the equations to predict the VO_{2max} of individuals with stroke

Equation-1 (sex, age, BMI, distance in the 6MWT) showed an adjusted R^2 of 0.65 and a R^2 of 0.68 ($p<0.001$). Equation-2 (sex, age, BMI, distance in the ISWT) showed an adjusted R^2 of 0.54 and a R^2 of 0.58 ($p<0.001$). As shown in Table 2, all the four independent variables for each equation were retained in the models generated in the regression analyses.

Equation-1:

$$VO_{2max}=22.239+0.020*\text{distance in the 6MWT}+4.039*\text{sex}-0.157*\text{age}-0.265*\text{BMI}.$$

Equation-2:

$$VO_{2max}=26.782-0.180*\text{age}+4.096*\text{sex}+0.008*\text{distance in the ISWT}-0.210*\text{BMI}.$$

The measures and codes of the variables were: age in years, sex (1 for female and 2 for male), BMI in kg/m^2 , and the distance in the 6MWT for Equation-1 or the ISWT for Equation-2 in meters. As shown in Table 2, for both equations, the sex variable had a higher beta weight.

[Insert Table 2 here]

Step-2: investigation of the validity of the developed equations

The paired t-test showed that there was not significance statistically difference between the means of the VO_{2max} measured by the CPET and the VO_{2max} predicted by both Equation-1 ($p=0.997$) and Equation-2 ($p=0.354$).

The agreement between the VO_{2max} predicted by the equations and the VO_{2max} obtained by the CPET are shown in the Table 3. The agreement between the VO_{2max} predicted by the Equation-1 and the VO_{2max} obtained by the CPET showed an ICC of 0.73 (95% CI=0.30, 0.89; $p=0.004$). The agreement between the VO_{2max} predicted by the Equation-2 and the VO_{2max} obtained by the CPET showed an imprecise ICC (95% CI=-0.12, 0.82), since the zero value was included in the 95% CI.

[Insert Table 3 here]

The Bland-Altman method showed a mean bias of $0.003 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ for Equation-1 and of $0.971 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ for Equation-2, as showed in Figure 2.

[Insert Figure 2 here]

Discussion

This is the first study that developed equations to predict the VO_{2max} of individuals with stroke. Two equations were developed, however, only the Equation-1 showed an adequate result in the three statistical analyzes used to investigate validity. The development of an equation with clinical applicability and adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals with stroke has an important clinical relevance. It will allow the cardiorespiratory fitness of these individuals to be predicted using a set of variables (age, sex, BMI, and distance in the 6MWT) that are easy to obtain in clinical practice, because they require a short time for data collection and interpretation of the results, present low cost, and do not require specialized equipment or training.¹⁷

The variables sex, age and BMI were retained in the multiple linear regression model, showing that they contribute to explain the variability of the VO_{2max} of individuals with stroke. This confirms data already described in the literature that showed that there is a relationship between age, sex, and BMI with cardiorespiratory fitness, both for healthy individuals and for individuals with stroke.^{13,14} The distance covered in the field tests were also used to develop the equations to predict the VO_{2max} for other populations.^{32,33} Significant correlations between the VO_{2max} and the distance covered in the field tests (6MWT and ISWT) by individuals with

stroke have also been described in the literature.^{15,16} In the present study, these variables also contributed to explain the variability of VO_{2max} of individuals with stroke and, therefore, were retained in the developed equations. However, only the equation developed with the distance covered in the 6MWT (Equation-1) had adequate validity.

To correctly use the Equation-1 in clinical practice, it is important to analyze the variability of the variables included in the equation developed. As shown in the Table 2, the sample included individuals with stroke: with different age (ranging from 28 to 82 years), of both sexes (female and male), with BMI including normal weight, overweight and obese individuals (ranging from 19 to 35 kg/m²),³⁵ and with different values in the distance in the 6MWT (ranging from 159 to 548 meters). Therefore, there was variability in the sample regarding the set of variables used to develop the equation (Equation-1) and it can predict the VO_{2max} of individuals with stroke who have different ages, of both sexes, considered normal weight, overweight and obese in relation to BMI, and who are able to walk different distances in the 6MWT.

For the use of the Equation-1, it is important to analyze the R^2 of the equations. As previously described, Silva et al.¹⁰ and Almeida et al.¹¹ developed equation to predict the VO_{2max} of able-bodied and sedentary individuals and showed an R^2 of 0.62 ($p < 0.01$) and 0.68 ($p < 0.001$), respectively. In the present study, Equation-1 showed a R^2 of 0.68 ($p < 0.001$). Therefore, this equation showed a R^2 value similar to that previously described in the literature. Equation-1 is able of explaining 68% of the variability of the VO_{2max} of individuals with stroke.

In addition, for the use of Equation-1 it is important to analyze its validity. Silva et al.¹⁰ and Almeida et al.¹¹ also investigated the validity of the equations developed in their studies. Silva et al.¹⁰ reported that the equation developed was able to predict the VO_{2max} close to the measured value in the CPET (35.3 ± 8.5 ml.kg⁻¹.min⁻¹ and 36.0 ± 10.5 ml.kg⁻¹.min⁻¹, respectively). In addition, using the Bland-Altman method, Silva et al.¹⁰ showed a mean bias of 0.547 ml.kg⁻¹.min⁻¹ for men and a bias of 0.900 ml.kg⁻¹.min⁻¹ for woman. Almeida et al.¹¹ showed that there was no significant difference between the VO_{2max} measured by the CPET and the VO_{2max} predicted by the equation developed (29.9 ml.kg⁻¹.min⁻¹ and 29.8 ml.kg⁻¹.min⁻¹, respectively). In addition, Almeida et al.¹¹ showed a correlation coefficient of 0.90 between the VO_{2max} measured by the CPET and the VO_{2max} predicted by the equation developed. In the present study, the Equation-1 showed adequate validity to predict the VO_{2max} of individuals with stroke. There was no significant difference between the VO_{2max} measured by the CPET and the VO_{2max} predicted by the developed equation. Furthermore, the agreement between the VO_{2max} measured by the CPET and the VO_{2max} predicted by the developed equation showed an

ICC of 0.73 (95%CI=0.30, 0.89; $p=0.004$), and the bias was of $0.003 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ according to the Bland-Altman method. Therefore, the use of the Equation-1 with individuals with stroke to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ of this population is recommended.

On the other hand, the Equation-2 did not show adequate validity, since the 95%CI of the ICC between the $\text{VO}_{2\text{max}}$ measured by the CPET and the $\text{VO}_{2\text{max}}$ predicted by the equation included the zero value. Why did the Equation-2 not have adequate validity to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ of individuals with stroke? Beta weights is an important measure that informs about how much each independent variable contributed to explain the dependent variable. The module of the beta weights values, showed in the Table 2, for the variables age, sex and BMI were similar in both equations: age (0.46 in the Equation-1 and 0.53 in the Equation-2), sex (0.49 in the Equation-1 and 0.50 in the Equation-2), and BMI (0.26 in the Equation-1 and 0.21 in the Equation-2). However, when the modules of the beta weight values of the distance covered in the field tests are compared, it is possible to notice that the distance in the 6MWT (beta weight=0.49) contributed more to explain the dependent variable ($\text{VO}_{2\text{max}}$) than the distance covered in the ISWT (beta weight=0.36). Consequently, this variable (distance in the 6MWT) contributed more to the R^2 of the Equation-1, being greater than the R^2 of the Equation-2. The smaller predictive power of the Equation-2 ($R^2=0.58$) results in a lower capacity to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ of individuals with stroke and this is confirmed when its validity was investigated.

The present study had some limitations: a small sample size was used to investigate the validity of the developed equations and approximately 30% of the variability of the $\text{VO}_{2\text{max}}$ of individuals with stroke were not explained. Future studies should meet these limitations previously pointed out, investigate the validity of the Equation-1 to predict the $\text{VO}_{2\text{max}}$ of individuals with acute and subacute stroke, and if positive results are not found, a specific equation for these individuals must be developed. In addition, future studies should investigate alternatives to assess the cardiorespiratory fitness of individuals with stroke who do not walk independently and investigate other measurement properties of Equation-1, such as responsiveness. The aim was to develop an equation for individuals with chronic stroke able to walk independently. Therefore, the use of the Equation-1 with individuals with acute and subacute stroke or with individuals with stroke that are not able to walk independently should be done with caution.

The use of Equation-1 developed in this study for individuals with chronic stroke able to walk independently should be encouraged in the clinical practice. As oriented by clinical guidelines, the rehabilitation process of individuals with stroke should include the routine assessment of cardiorespiratory fitness, as well as the prescription of aerobic exercise to

increase the cardiorespiratory fitness levels of these individuals.⁴⁻⁷ So far, a method with clinical applicability and adequate validity to assess this outcome has not been described in the literature. Equation-1 developed in this study meets these criteria: it has clinical applicability since it presents a set of variables (age, sex, BMI, and distance in the 6MWT) that require a short time for data collection and interpretation of the results, present low cost, and do not require specialized equipment or training;¹³ and it has adequate validity as shown in the results presented. Therefore, the use of this equation is recommended when the objective is to evaluate the cardiorespiratory fitness of individuals with stroke when it is not possible to perform the CPET. The results of the present study have important relevance for the rehabilitation process of these individuals, mainly in the evaluation process.

Clinical Messages:

- An equation with clinical applicability and adequate validity was developed to predict the VO_{2max} of individuals with chronic stroke.
- $VO_{2max}=22.239+0.020*\text{distance in the Six-minute walk test}+4.039*\text{sex}-0.157*\text{age}-0.265*\text{body mass index}$.
- The equation should be used in individuals with chronic stroke when it is impossible to perform the cardiopulmonary exercise test.

References

1. Fan Q and Jia J. Translating Research Into Clinical Practice: Importance of Improving Cardiorespiratory Fitness in Stroke Population. *Stroke* 2020; 51: 361-367.

2. Caspersen CJ, Powell KE and Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 1985; 100: 126-131.
3. American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. 1st ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2018.
4. Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2014; 45:2532-2553.
5. MacKay-Lyons M, Billinger SA, Eng JJ, et al. Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care After Stroke: AEROBICS 2019 Update. *Phys Ther* 2020; 100:149-156.
6. Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, et al. Physical fitness training for stroke patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2020; 3:CD003316.
7. Ross R, Blair SN, Arena R, et al. Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2016; 134:e653-e699.
8. Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico [III Guidelines of Sociedade Brasileira de Cardiologia on the exercise test]. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95: 1-26.
9. Neder JA and Nery LE. Teste de exercício cardiopulmonar [Cardiopulmonary Exercise Test]. *J Pneumol* 2002; 28: 166-206.
10. Silva CGS, Kaminsky LA, Arena R, et al. A reference equation for maximal aerobic power for treadmill and cycle ergometer exercise testing: Analysis from the FRIEND registry. *Eur J Prev Cardiol* 2018; 25(7): 742-750.
11. Almeida AE, Stefani CM, Nascimento JA, et al. An equation for the prediction of oxygen consumption in a Brazilian population. *Arq Bras Cardiol* 2014; 103: 299-307.
12. Peniche PC, Aguiar LT, Reis MTF, et al. Investigation into the validity of four equations to predict the maximum oxygen consumption of individuals after stroke. *Ann Phys Rehabil Med* (in press). 2021.
13. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. *Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
14. Baert I, Vanlandewijck Y, Feys H, et al. Determinants of cardiorespiratory fitness at 3, 6 and 12 months poststroke. *Disabil Rehabil* 2012; 34: 1835-1842.

15. Pang MY, Eng JJ and Dawson AS. Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke: influence of stroke-specific impairments. *Ches*. 2005; 127: 495-501.
16. Quintino LF, Aguiar LT, Brito SAF, et al. Reliability and validity of the incremental shuttle walking test in individuals after stroke. *Top Stroke Rehabil* 2020; 14: 1-9.
17. Tyson S and Connell L. The psychometric properties and clinical utility of measures of walking and mobility in neurological conditions: a systematic review. *Clin Rehabil* 2009; 23: 1018-1033.
18. Malta M, Cardoso LO, Bastos IF, et al. STROBE initiative: guidelines on reporting observational studies. *Rev Saude Publica* 2010; 44: 559-565.
19. Bernhardt J, Hayward KS, Kwakkel G, et al. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: The Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable taskforce. *Int J Stroke* 2017; 12: 444-450.
20. Bertolucci PHF, Brucki SMD, Campacci SR, et al. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade [The Mini-Mental State Examination in an outpatient population: influence of literacy]. *Arq Neuro Psiquiatr* 1994; 52: 1-7.
21. Teixeira-Salmela LF, Devaraj R and Olney SJ. Validation of the human activity profile in stroke: a comparison of observed, proxy and self-reported scores. *Disabil Rehabil* 2007; 29: 1518-1524.
22. Billinger SA, Taylor JM and Quaney BM. Cardiopulmonary response to exercise testing in people with chronic stroke: a retrospective study. *Stroke Res Treat* 2012; 2012: 987637.
23. Pereira DAG, Ribeiro-Samora GA, Alencar MCN, et al. Teste de esforço cardiopulmonar com protocolo de rampa em adultos com insuficiência cardíaca [Cardiopulmonary exercise test with ramp protocol in adults with heart failure]. *Rev Bras Med Esporte* 2012; 18: 369-372.
24. Van de Port IGL, Kwakkel G and Wittink H. Systematic review of cardiopulmonary exercise testing post stroke: are we adhering to practice recommendations? *J Rehabil Med* 2015; 47: 881–900.
25. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377-381.
26. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J* 2014; 44: 1428-1446.

27. Salbach NM, O'Brien KK, Brooks D, et al. Considerations for the Selection of Time-Limited Walk Tests Poststroke: A Systematic Review of Test Protocols and Measurement Properties. *J Neurol Phys Ther* 2017; 41: 3-17.
28. Flansbjerg UB, Holmbäck AM, Downham D, et al. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med* 2005; 37: 75-82.
29. Eng JJ, Dawson AS and Chu KS. Submaximal exercise in persons with stroke: test-retest reliability and concurrent validity with maximal oxygen consumption. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 113-118.
30. Faria CD, Teixeira-Salmela LF, Neto MG, et al. Performance-based tests in subjects with stroke: outcome scores, reliability and measurement errors. *Clin Rehabil* 2012; 26: 460-469.
31. Dohoo I, Martin W and Stryhn H. *Veterinary Epidemiologic Research*. 1st ed. Charlottetown: University of Prince Edward Island, 2003.
32. Neves CD, Lacerda AC, Lage VK, et al. Cardiorespiratory responses and prediction of peak oxygen uptake during the shuttle walking test in healthy sedentary adult men. *PLoS One* 2015; 10: e0117563.
33. Lima LP, Leite HR, Matos MA, et al. Cardiorespiratory fitness assessment and prediction of peak oxygen consumption by Incremental Shuttle Walking Test in healthy women. *PLoS One* 2019; 14: e0211327.
34. Munro B. *Statistical Methods for Health Care Research*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
35. Kokkinos P, Faselis C, Franklin B, et al. Cardiorespiratory fitness, body mass index and heart failure incidence. *Eur J Heart Fail* 2019; 21: 436-444.

Table 1. Descriptive characteristics of individuals after stroke.

Variables	Step-1 (n=50)	Step-2 (n=20)
Age, years, mean (SD); [min-max]	55 (12); [28-82]	58 (8); [41-70]
Sex, n men (%)	33 (66)	14 (70)
Body mass index (kg/m ²), mean (SD); [min-max]	28 (4); [21-35]	27 (4); [19-33]
Stroke type, n ischemic (%)	41 (82)	17 (85)
Paretic side, n (%)		

Right	27 (54)	6 (30)
Left	23 (46)	14 (70)
Time after stroke, months, mean (SD); [min-max]	67 (74); [6-370]	60 (46); [11-187]
Comfortable gait speed, m/s, mean (SD); [min-max]	1.0 (0.3); [0.5-1.7]	1.1 (0.2); [0.7-1.4]
Distance in the 6MWT, m, mean (SD); [min-max]	364 (95); [159-548]	410 (93); [214-542]
Distance in the ISWT, m, mean (SD); [min-max]	290 (169); [50-710]	307 (133); [100-560]
VO _{2max} , ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹ , mean (SD); [min-max]	20.3 (3.9); [12.5-33.9]	21.1 (5.1); [13.6-30.0]
RER, mean (SD); [min-max]	1.1 (0.1); [1.0-1.4]	1.1 (0.1); [1.0-1.3]

Legend: SD, standard deviation; kg/m², kilogram per square meter; m/s, meters per second; m, meter; ml.kg⁻¹.min⁻¹, milliliter per kilogram per minute; 6MWT, Six-Minute Walk Test; ISWT, Incremental Shuttle Walk Test; VO_{2max}, maximum oxygen consumption; RER, respiratory exchange ratio; CPET, cardiopulmonary exercise test.

Table 2. Coefficients of the variables included in the Equation-1 and Equation-2.

Coefficients					
Equation-1					
	Constant	Age	Sex	BMI	Distance in the 6MWT
Unstandardized coefficients	22.239	-0.157	4.039	-0.265	0.020
Beta weights	-	-0.461	0.493	-0.258	0.491

Equation-2					
	Constant	Age	Sex	BMI	Distance in the ISWT
Unstandardized coefficients	26.782	-0.180	4.096	-0.210	0.008
Beta weights	-	-0.526	0.500	-0.205	0.363

Legend: BMI, body mass index; 6MWT, Six-Minute Walk Test; ISWT, Incremental Shuttle Walk Test.

Table 3. Agreement between the VO_{2max} measured by the CPET and predicted by the equations (n=20).

	VO_{2max} (ml.kg⁻¹.min⁻¹), mean (SD); [min-max]	ICC	p	95%CI
VO_{2max} measured by the CPET	21.1 (5.1); [13.6-30.0]	-	-	-

VO _{2max} predicted by the Equation-1	21.1 (3.1); [16.5-27.8]	0.73	0.004	0.30, 0.89
VO _{2max} predicted by the Equation-2	20.2 (2.8); [15.9-26.1]	0.55	0.045	-0.12, 0.82

Legend: VO_{2max}, maximum oxygen consumption; SD, standard deviation; ICC, intraclass correlation coefficient; CI, confidence interval; CPET, cardiopulmonary exercise test; Equation-1: sex, age, body mass index, distance in the Six-Minute Walk Test; Equation-2: sex, age, body mass index, distance in the Incremental Shuttle Walk Test.

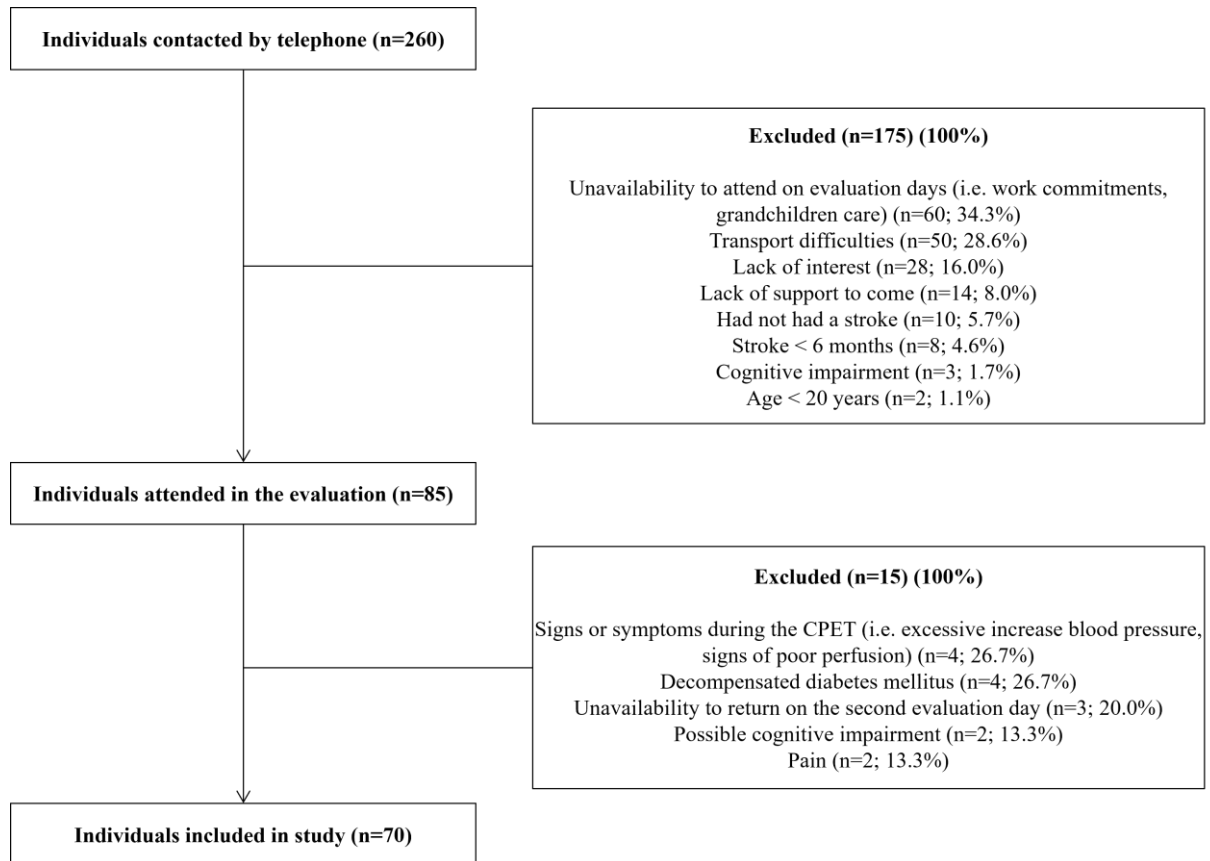


Figure 1. Participant recruitment flowchart.

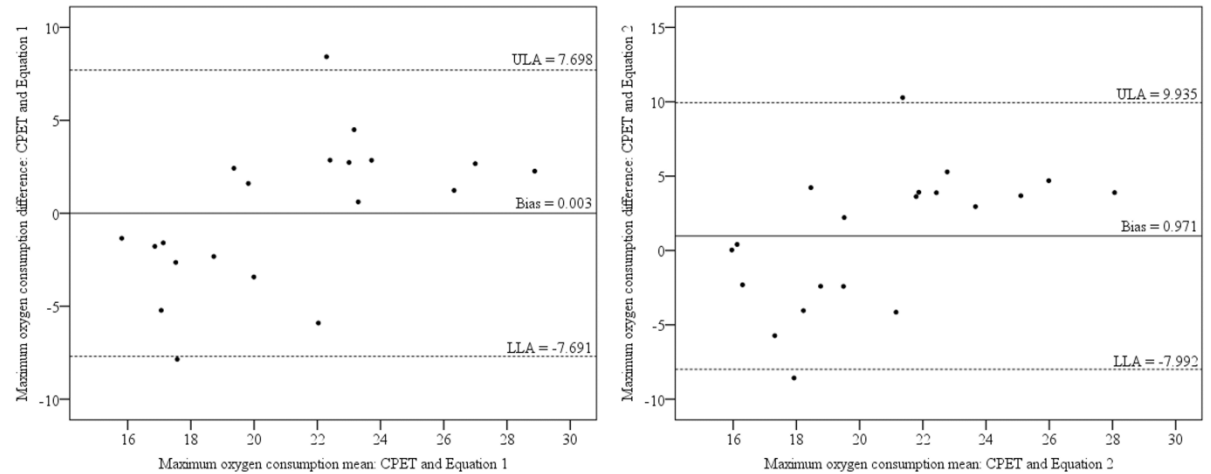


Figure 2. Bland-Altman method of VO_{2max} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) measured in the CPET and predicted by Equation-1 and 2. Legend: VO_{2max} - maximum oxygen consumption; CPET - cardiopulmonary exercise testing; Equation-1: sex, age, body mass index, distance in the Six-Minute Walk Test; Equation-2: sex, age, body mass index, distance in the Incremental Shuttle Walk Test; ULA - upper limit of agreement; LLA - lower limit of agreement.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objetivo: investigar a validade das equações de predição do VO_{2max} já disponíveis na literatura para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE na fase crônica e desenvolver uma equação com aplicabilidade clínica e adequada validade para prever o VO_{2max} para indivíduos pós-AVE na fase crônica. Pelo nosso conhecimento, este foi o primeiro estudo desenvolvido com estes objetivos. Os resultados mostraram que as equações já desenvolvidas para indivíduos sedentários e disponíveis na literatura não são válidas para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE na fase crônica. Portanto, essas equações não podem ser utilizadas com esses indivíduos. Além disso, foi desenvolvida uma equação específica, com aplicabilidade clínica e adequada validade para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE. Portanto, essa equação deve ser utilizada com esses indivíduos na impossibilidade da realização do TECP. Nesse sentido, os resultados do presente estudo contribuirão para a reabilitação de indivíduos pós-AVE, principalmente no processo de avaliação da ACR desses indivíduos.

A presente dissertação também contribui para o direcionamento de futuras pesquisas. Nos dois estudos transversais realizados para responder aos objetivos propostos na presente dissertação, foram incluídos somente indivíduos pós-AVE na fase crônica e que fossem capazes de deambular independentemente. Portanto, é importante investigar se as equações já desenvolvidas para prever o VO_{2max} de indivíduos sedentários são válidas para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE nas fases aguda e subaguda e se a equação desenvolvida no presente estudo é válida para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE nas fases aguda e subaguda, determinando se há a necessidade de desenvolver uma equação específica para prever o VO_{2max} de indivíduos pós-AVE nessas fases. Indivíduos pós-AVE que não deambulam independentemente devem ser considerados para a realização de futuros estudos sobre esta temática. Embora a Equação-1 desenvolvida na presente dissertação tenha sido capaz de explicar 68% da variabilidade do VO_{2max} de indivíduos pós-AVE na fase crônica, e que este valor é semelhante ao de outras equações já desenvolvidas para outros grupos populacionais, é importante considerar que aproximadamente 30% da variabilidade do VO_{2max} de indivíduos pós-AVE não foi explicada. Portanto, estudos futuros devem investigar se outras variáveis que podem contribuir para explicar a variabilidade do VO_{2max} de indivíduos pós-AVE aumentaria o poder preditivo da equação, sem reduzir a sua aplicabilidade clínica. Além disso, é importante que a validade da Equação-1 seja investigada utilizando um tamanho amostral que atenda as recomendações literaturas.

Por fim, o presente estudo está de acordo com a linha de pesquisa “Estudos em reabilitação neurológica no adulto” do programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação. A proposta do presente estudo baseou-se modelo conceitual da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2001). O desfecho ACR, que é uma categoria relacionada ao domínio de estrutura e função do corpo da CIF, foi abordado e ele apresenta importante relação com a atividade e participação dos indivíduos pós-AVE. Neste sentido, os resultados do presente estudo contribuirão positivamente para abordagens relacionadas à funcionalidade desses indivíduos.

REFERÊNCIAS

- ADEDOYIN, R. *et al.* Prediction of functional capacity during six - Minute walk among patients with chronic heart failure. **Nigerian Journal of Clinical Practice**, v. 13, n. 4, p. 379-381, 2010.
- ALMEIDA, A.E.M. *et al.* An Equation for the Prediction of Oxygen Consumption in a Brazilian Population. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 4, n. 103, p. 299-307, 2014.
- American College of Sports Medicine (ACSM). **ACSM's exercise testing and prescription**. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2018.
- BAERT, I. *et al.* Determinants of cardiorespiratory fitness at 3, 6 and 12 months poststroke. **Disability and Rehabilitation**, v. 34, n. 21, p. 1835-1842, 2012.
- BENSENOR, I.M. *et al.* Prevalence of stroke and associated disability in Brazil: national health survey - 2013. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 73, n. 9, p. 746-750, 2015.
- BILLINGER, S.A. *et al.* Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors. **Stroke**, v. 45, n. 8, p. 2532-2553, 2014.
- BOYNE, P. *et al.* Aerobic Exercise Prescription in Stroke Rehabilitation: a web-based survey of us physical therapists. **Journal Of Neurologic Physical Therapy**, v. 41, n. 2, p. 119-128, 2017.
- BRUCE, R.A.; KUSUMI, F.; HOSMER, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. **American Heart Journal**, v. 85, n. 4, p. 546-562, 1973.
- CAHALIN, L.P. *et al.* The Six-Minute Walk Test Predicts Peak Oxygen Uptake and Survival in Patients With Advanced Heart Failure. **Chest**, v. 110, n. 2, p. 325-332, 1996.
- CASPERSEN, C.J., POWELL, K.E., CHRISTENSON, G.M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports**, v. 100, n. 2, p. 126-131, 1985.
- DOYLE, L.; MACKAY-LYONS, M. Utilization of Aerobic Exercise in Adult Neurological Rehabilitation by Physical Therapists in Canada. **Journal of Neurologic Physical Therapy**, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2013.
- JONES, N.L.; CAMPBELL, E.J. **Clinical exercise testing**. Philadelphia: Saunders, 1982.
- LIMA, L.P. *et al.* Cardiorespiratory fitness assessment and prediction of peak oxygen consumption by Incremental Shuttle Walking Test in healthy women. **Plos One**, v. 14, n. 2, p. 1-11, 2019.
- MACKAY-LYONS, M. *et al.* Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care After Stroke: aerobics 2019 update. **Physical Therapy**, v. 100, n. 1, p. 149-156, 2019.
- MENEGHELO, R.S. *et al.* III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 5. P. 1-26, 2010.
- NEDER, J.A., NERY, L.E. Teste de exercício cardiopulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 28, n. 1, p. 166-206, 2002.

- NEVES, C.D.C. *et al.* Cardiorespiratory Responses and Prediction of Peak Oxygen Uptake during the Shuttle Walking Test in Healthy Sedentary Adult Men. **Plos One**, v. 10, n. 2, p. 1-9, 2015.
- PANG, M.Y.C.; ENG, J.J.; DAWSON, A.S. Relationship Between Ambulatory Capacity and Cardiorespiratory Fitness in Chronic Stroke. **Chest**, v. 127, n. 2, p. 495-501, 2005.
- PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of Clinical Research: Applications to Practice**. Philadelphia: F.A. Davis Company, 2015.
- QUINTINO, L.F. *et al.* Reliability and validity of the incremental shuttle walking test in individuals after stroke. **Topics in Stroke Rehabilitation**, v. 28, n. 5, p. 331-339, 2020.
- RIBEIRO-SAMORA, G.A. *et al.* Could peak oxygen uptake be estimated from proposed equations based on the six-minute walk test in chronic heart failure subjects? **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 21, n. 2, p. 100-106, mar. 2017.
- ROSS, R.M. *et al.* Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: a case for fitness as a clinical vital sign. **Circulation**, v. 134, n. 24, p. 653-699, 2016.
- ROSS, R.M. *et al.* The six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. **Bmc Pulmonary Medicine**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2010.
- SAUNDERS, D.H. *et al.* Physical fitness training for stroke patients. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 3, n. 3, p. 1-306, 2020.
- SILVA, C.G.S. *et al.* A reference equation for maximal aerobic power for treadmill and cycle ergometer exercise testing: analysis from the friend registry. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 25, n. 7, p. 742-750, 2018.
- SMITH, A.C.; SAUNDERS, D.H.; MEAD, G. Cardiorespiratory Fitness after Stroke: a systematic review. **International Journal of Stroke**, v. 7, n. 6, p. 499-510, 2012.
- STOVNER, L.J. *et al.* Global, regional, and national burden of migraine and tension-type headache, 1990–2016: a systematic analysis for the global burden of disease study 2016. **The Lancet Neurology**, v. 17, n. 11, p. 954-976, 2018.
- TYSON, S.; CONNELL, L. The psychometric properties and clinical utility of measures of walking and mobility in neurological conditions: a systematic review. **Clinical Rehabilitation**, v. 23, n. 11, p. 1018-1033, 2009.
- VINET, A. *et al.* Prediction of VO₂peak in wheelchair-dependent athletes from the adapted Léger and Boucher test. **Spinal Cord**, v. 40, n. 10, p. 507-512, 2002.
- VIRANI, S.S. *et al.* Heart Disease and Stroke Statistics—2021 Update. **Circulation**, v. 143, n. 8, p. 254-743, 2021.
- WASSERMAN, K. *et al.* **Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
- ZEPETNEK, J.O.T. *et al.* Predicting peak oxygen uptake from submaximal exercise after spinal cord injury. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 41, n. 7, p. 775-781, 2016.

ANEXO A - APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA DA UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE – 51454115.6.0000.5149

Interessado(a): Profa. Christina Danielli Coelho de Moraes Faria
Departamento de Fisioterapia
EEFFTO- UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 09 de março de 2016, o projeto de pesquisa intitulado " **Eficácia do treino aeróbio no nível de atividade física de indivíduos acometidos pelo acidente vascular encefálico: um ensaio clínico aleatorizado**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

Prof. Dra. Telma Campos Medeiros Lorentz
Coordenadora do COEP-UFMG

APÊNDICE I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO N° _____

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: “Eficácia do treino aeróbico no nível de atividade física de indivíduos acometidos pelo Acidente Vascular Encefálico: um ensaio clínico aleatorizado”

INVESTIGADORAS:

- Prof.^a Christina Danielli Coelho de Moraes Faria, fisioterapeuta, Ph.D. Professora do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Telefone: (31) 3409-7448; (31) 3409-4783; cdcmf@ufmg.br

- Prof.^a Raquel Rodrigues Britto, fisioterapeuta, Ph.D. Professora do Departamento de Fisioterapia da UFMG. Telefone: (31) 3409-4793; rbritto@ufmg.br

- Prof.^a Paula Luciana Scalzo, fisioterapeuta, Ph.D. Professora do Departamento de Morfologia da UFMG. Telefone: (31) 3409-2796; paula.scalzo@ig.com.br

- Larissa Tavares Aguiar, fisioterapeuta, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da UFMG. Telefone: (31) 993132076; larissatavaresaguiar@gmail.com

- Júlia Caetano Martins, fisioterapeuta, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da UFMG. Telefone: (31) 983099334; julia_caetano@yahoo.com.br

INFORMAÇÕES

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa a ser desenvolvida no Departamento de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG, que tem como objetivo avaliar os efeitos do treino aeróbico em pessoas que sofreram derrame (acidente vascular cerebral - AVC).

DETALHES DO ESTUDO

Várias estratégias de reabilitação de indivíduos que sofreram AVC demonstram melhora da capacidade funcional. Contudo, não se sabe qual estratégia de tratamento determina melhores resultados relacionados ao nível de atividade física e ao condicionamento cardiorrespiratório. A partir das informações obtidas neste estudo, será possível indicar o melhor tipo de treinamento para melhora do nível de atividade física e do condicionamento cardiorrespiratório.

DESCRIÇÃO DOS TESTES E DAS INTERVENÇÕES A SEREM REALIZADOS

Avaliação inicial

A avaliação para começar o programa de exercícios será uma coleta de dados pessoais e exame físico, a ser realizada por um examinador treinado. Caso você participe, será necessário responder alguns questionários acerca da sua saúde e da sua funcionalidade. Serão realizados alguns testes e medidas, simples e facilmente realizados para se obter informações sobre as estruturas e funções do seu corpo, as atividades que você realiza com e sem dificuldades e aquelas que você não realiza, assim como sobre o seu nível de participação, comumente empregados na prática clínica dos profissionais da área da saúde. Um dos testes a ser realizado é o teste ergoespirométrico, que tem como finalidade principal avaliar as respostas cardiovasculares frente à aplicação de esforço físico progressivo. Existe a possibilidade do aparecimento de sintomas como cansaço, falta de ar e dor no peito, entretanto, são mínimas as chances de ocorrerem complicações de difícil controle clínico. O teste ergoespirométrico será realizado sob acompanhamento médico. Também será realizada uma coleta de 30ml de sangue e um pouco de saliva, por um enfermeiro com capacidade técnica, seguindo os procedimentos recomendados.

Grupos do estudo

Será realizado um sorteio para saber em qual dos grupos do estudo você fará parte. Durante os meses de participação no estudo, nenhum voluntário poderá participar de outros exercícios, como os que envolvem o fortalecimento muscular ou o treino aeróbico (por exemplo, hidroginástica e musculação).

Procedimentos

Inicialmente, será realizada uma avaliação inicial, em que algumas medidas serão realizadas, como o seu peso e altura, você responderá alguns questionários e desempenhará testes que envolvem atividades rotineiras e que comumente são utilizados na prática clínica do fisioterapeuta. Além disso, você realizará um teste ergoespirométrico sobre a esteira, que será acompanhado por um médico. Finalmente, será realizada a coleta de 30 ml de sangue e um pouco de saliva por um enfermeiro. Em seguida você irá realizar as 36 sessões de exercícios, em grupos de três a quatro participantes, supervisionados por um fisioterapeuta. As sessões serão realizadas três vezes por semana por 12 semanas. Os mesmos procedimentos da avaliação inicial, ou seja, todos os testes e medidas empregados, serão realizados novamente após 12 semanas de intervenção e 4, 12 e 24 semanas após o término da intervenção. Todos procedimentos, testes, medidas e intervenções a serem

Rubrica do Participante

Rubrica do Pesquisador
Christina Faria/Raquel Britto/ Paula Scalzo/Larissa Aguiar/Júlia Martins

realizados no presente estudo são padronizados e comumente adotados na prática clínica ou em estudos científicos já realizados anteriormente. Durante todos os procedimentos, serão considerados a sua segurança e o seu conforto.

Riscos

Os riscos associados com estes testes e com o programa de intervenção são mínimos e similares aos que você está exposto no seu dia a dia. Durante as sessões de treinamento você pode vir a sentir-se cansado. Caso isto aconteça, períodos de repouso serão permitidos. Há um risco de você sentir dor, mal-estar, ou apresentar hematoma no local da punção venosa durante a coleta de amostra de sangue por um técnico de Enfermagem, o qual recebeu o devido treinamento para realizar este procedimento. Qualquer tipo de desconforto vivenciado durante os testes ou treinamento deve ser revelado para que os pesquisadores tomem as devidas providências com o objetivo de minimizá-lo. Caso durante os testes ou treinamento você sofra alguma complicação, como queda ou evento cardiovascular, os pesquisadores irão fornecer o auxílio necessário ou o encaminharão para outros profissionais da saúde, caso seja necessário. Alguns voluntários poderão ser fotografados durante a participação no estudo, para fins de apresentações em eventos científicos. Antes de fotografar, será solicitada a permissão individual para o uso da imagem, através da assinatura de um termo de autorização. A identidade dos voluntários não será revelada.

Benefícios

Você e futuros pacientes poderão se beneficiar com os resultados desse estudo, principalmente porque o objetivo principal do mesmo é determinar a melhor abordagem de tratamento fisioterápico para indivíduos após o AVC. Se após a conclusão do estudo for observado maior benefício alcançado em um grupo em relação aos demais, a intervenção de maior benefício será ofertada para os participantes do grupo controle.

Confidencialidade

Você não será reconhecido pelo nome e receberá um código que será utilizado em todos os seus testes para preservar sua identidade. Se as informações originadas deste estudo forem publicadas em revista ou evento científico, você não será reconhecido individualmente, pois será representado pelo número.

Natureza voluntária do estudo e pagamento

Sua participação neste estudo é voluntária e você é livre para concordar ou não em participar. Caso deseje, você pode abandonar o estudo a qualquer momento, sem que isto lhe traga qualquer prejuízo pessoal. Você não receberá nenhuma forma de pagamento pela participação. Caso seja necessário gastos adicionais serão de responsabilidade dos pesquisadores.

Após ter lido as informações acima, se desejar participar, por favor, preencha e assine a declaração abaixo.

DECLARAÇÃO E ASSINATURA

Eu, _____li e entendi toda a informação repassada sobre o estudo, sendo que os objetivos, procedimentos e linguagem técnica foram satisfatoriamente explicados. Tive tempo suficiente para considerar as informações acima e tive a oportunidade de tirar todas as minhas dúvidas. Estou assinando este termo voluntariamente e tenho direito de agora, ou mais tarde, discutir qualquer dúvida ética que venha a ter com relação à pesquisa com:

- Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG: (31) 3409-4592
- Av. Antônio Carlos, 6627 Unidade Administrativa II, sala 2005. Campus Pampulha, BH/MG. CEP 31270-901
- Tenho direito de agora, ou mais tarde, discutir demais dúvidas que venha a ter com relação à pesquisa com:
 - Prof. Christina Danielli Coelho de Moraes Faria: (31) 3409-7448; (31) 3409-4783; cdcmf@ufmg.br
 - Av. Antônio Carlos, 6627, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Departamento de Fisioterapia, Sala 3109. Campus Pampulha, BH/MG. CEP: 31270-901.
 - Larissa Tavares Aguiar: (31) 93132076; larissatavaresaguiar@gmail.com
 - Júlia Caetano Martins: (31) 83099334; julia_caetano@yahoo.com.br

Assinando esse termo de consentimento, estou indicando que concordo em participar deste estudo.

Assinatura do Participante
RG: _____ CPF: _____
End.: _____
_____ Data

Assinatura da Investigadora Responsável
Christina DCM Faria/ Raquel R Britto/ Paula L Scalzo/Larissa T Aguiar/Júlia C Martins
_____ Data

APÊNDICE II - MINI CURRÍCULO (2019-2021)

ARTIGOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS CIENTÍFICOS

1. Peniche PC, Aguiar LT, Reis MTF, Oliveira DMG, Scalzo PL, Faria CDCM. The distance covered in field tests is more explained by walking capacity than by cardiorespiratory fitness after stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2021;30(9):105995.
2. Peniche PC, Silva APS, Ribeiro RLMN, Martins JC, Faria CDCM. Recrutamento, retenção, presença e adesão de um ensaio clínico aleatorizado para avaliar os efeitos do treino específico da tarefa em indivíduos pós-Acidente Vascular Encefálico. *Fisioter Pesqui.* 2021 (in press).
3. Silva SM, Diaz-Quijano FA, Cruz CF, Peniche PC, Correa JCF, Faria CDCM. Does Residing in Environments of Different Metropolises in a Developing Country have an Impact on Disability after Stroke?. *Disability, CBR and Inclusive Development.* 2021;32(2):150-167.
4. Brito SAF, Aguiar LT, Garcia LN, Peniche PDC, Reis MTFD, Faria CDCM. Cardiopulmonary exercise testing and aerobic treadmill training after stroke: Feasibility of a controlled trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2020;29(7):104854.
5. Aguiar LT, Nadeau S, Teixeira-Salmela LF, Reis MTF, Peniche PDC, Faria CDCM. Perspectives, satisfaction, self-efficacy, and barriers to aerobic exercise reported by individuals with chronic stroke in a developing country. *Disabil Rehabil.* 2020;16:1-6.
6. Cruz CF, Silva MS, Araújo EF, Peniche PC, Aguiar LT, Faria CDCM. Relação entre fatores ambientais e qualidade de vida em indivíduos com acidente vascular cerebral usuários da atenção primária do Sistema Único de Saúde. *Acta Fisiatrica.* 2019;26(2): 108-114.

OUTRAS PRODUÇÕES

1. Faria CDCM, Rodrigues AL, Silva FG, et al. Guia de aula prática da disciplina medidas clínicas e observacionais. In: Faria CDCM, Peniche PC, Brito SAF. *AVALIAÇÃO DA COORDENAÇÃO MOTORA.* Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2020.

AUXÍLIOS E PRÊMIOS

1. Bolsa de mestrado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) (Agosto, 2019).
2. Destaque de Extensão no XXII Encontro de Extensão. Pró-reitora de Extensão, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. 2019.
3. Relevância Acadêmica no XXII Encontro de Extensão. Pró-reitora de Extensão, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. 2019.

EXPERIÊNCIA DOCENTE

1. Estágio em docência. Disciplina: Fisioterapia Neurológica II. Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais. Duração: 2020/1 (Ensino Remoto Emergencial), nos meses de agosto a novembro de 2020.
2. Estágio em docência. Disciplina: Laboratório de Habilidades Clínicas (Fisiolab) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO-UFMG), na área de Neurologia Adulto e Pediatria. Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais. Duração: agosto a dezembro de 2019.

3. Auxílio na disciplina: Medidas Clínicas e Instrumentais I para os alunos do curso de graduação em Fisioterapia da UFMG. Duração: 2020/1, 2020/2, 2021/1.

FORMAÇÃO COMPLEMENTAR (WORKSHOP, CURSO DE CURTA DURAÇÃO, ATUALIZAÇÃO, APERFEIÇOAMENTO)

1. Fast-Track Escola de Idiomas. Curso de Inglês English For Life One (A1 CEFR). Abaeté, Brasil. (Carga horária: 180h). 2021.
2. II Curso de Interpretação do Teste de Exercício Cardiorrespiratório na Prática Clínica. Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP. (Carga horária: 40h). 2021.
3. Neurofisiologia. Centro Universitário 7 de Setembro. (Carga horária: 40h). 2020.
4. Excel Básico & Avançado. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Brasil. (Carga horária: 8h). 2019.
5. Data Science Curso Completo Regressão Linear (SPSS, R, Excel). Udemey. (Carga horária: 7,5h). 2020.
6. PROTOCOLOS DE MANEJO CLÍNICO DO CORONAVÍRUS (COVID-19). Ministério da Saúde, MS, Brasil. 2020.
7. AEROBICS for Stroke Training Program. e-Aerobics, E-AEROBICS. 2020.

PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS

1. 8º Congresso Internacional em Saúde: Determinantes sociais, tecnológicos e ambientais em saúde. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ. 2021.
2. XXIII Congresso Brasileiro de Fisioterapia. Edição on-line. Carga horária: 20 horas. 2021.
3. EVIDENCE - V Fórum de Prerrogativas e Práticas Científicas: Neurofuncional. 2020.
4. IX Simpósio de Neurologia e VII Simpósio de Neurocirurgia. 2020.
5. VII Seminário de Fundamentos de Fisioterapia - O papel da Fisioterapia no envelhecimento saudável. 2020.
6. Descubra um rico conteúdo de textos completos com ScienceDirect - UFMG. 2020.
7. Empodere sua pesquisa e revisão bibliográfica com Scopus - UFMG. 2020.
8. 18ª Jornada de Extensão da UFMG: Formação acadêmico-cidadão dos(as) estudantes. 2019.
9. Aprimoramento Didático para o Ensino Superior. 2019.
10. IV edição do EVIDENCE: Fórum de Prerrogativas e Práticas Científicas do CREFITO-4. 2019.
11. IX Seminário Mineiro de Comportamento Motor. 2019.
12. V FORUM DE SAÚDE FUNCIONAL: CAPACITAÇÃO PARA USO DA CIF. 2019. (Outra).

APRESENTAÇÃO DE TRABALHO EM EVENTOS CIENTÍFICOS

1. Peniche PC, Araújo EF, Viana RT, Brito SAF, Reis MTF, Faria CDCM. Determinantes da autopercepção de saúde de indivíduos pós acidente vascular cerebral na fase crônica usuários da atenção primária à saúde. 8º Congresso Internacional em Saúde: Determinantes sociais, tecnológicos e ambientais em saúde. 2021.
2. Peniche PC, Viana RT, Araújo EF, Lima LAO, Teixeira-Salmela LF, Faria CDCM. Autopercepção de saúde geral e comparativa: comparação de indivíduos pós acidente vascular cerebral quanto aos domínios mental, físico e pessoal. 8º Congresso

Internacional em Saúde: Determinantes sociais, tecnológicos e ambientais em saúde. 2021.

3. Peniche PC, Pinto APS, Ribeiro RLMN, Faria CDCM. Recrutamento, retenção, presença e adesão de indivíduos pós-Acidente Vascular Encefálico em um ensaio clínico aleatorizado envolvendo o treino específico da tarefa. XXIII Congresso Brasileiro de Fisioterapia. 2021.
4. Peniche PC, Brito SAF, Aguiar LT, Polese JC, Faria CDCM. Validade do questionário Duke Activity Status Index para avaliar a capacidade de exercício de indivíduos pós-Acidente Vascular Encefálico na fase crônica. XXIII Congresso Brasileiro de Fisioterapia. 2021.
5. Peniche PC, Reis MTF, Aguiar LT, Faria CDCM. Equações de predição do VO₂pico para indivíduos na fase crônica pós-AVE. #VisualizaUFMG2020: Tecnologia, Ciência e Arte. Diretoria de Divulgação Científica, Universidade Federal de Minas Gerais. 2020.
6. Peniche PC, Pinto APS, Ribeiro RLMN, Faria CDCM. Eficácia do treino específico da tarefa na qualidade de vida de indivíduos acometidos pelo acidente vascular encefálico: uma intervenção baseada na aprendizagem motora. IX Seminário Mineiro de Comportamento Motor. 2019.

PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA

1. Banca de defesa de trabalho de conclusão de curso. Isabelle Prudêncio Alves, Yuri Wolff Gomes Kopke. Efeitos do exercício físico no tratamento de pacientes com doença arterial obstrutiva periférica: uma revisão sistemática. Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora. 2021.
2. Banca de comissão julgadora dos trabalhos científicos submetidos. 9º CBEU - CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: REDES PARA PROMOVER E DEFENDER OS DIREITOS HUMANOS. Universidade Federal de Alfenas. 2021.
3. Banca de defesa de trabalho de conclusão de curso. Carolina Araújo de Almeida. Efeitos do treino intervalado de alta intensidade em indivíduos pós-acidente vascular encefálico: uma revisão sistemática. Curso de Especialização em Avanços Clínicos em Fisioterapia. Universidade Federal de Minas Gerais. 2021.

ORGANIZAÇÃO DE EVENTOS

1. Encontro com a Pesquisa e a Extensão na EEEFTO. Universidade Federal de Minas Gerais. 2019.

EXPERIÊNCIA COMO REVISOR

1. Revista Fisioterapia em Movimento (Julho, 2021).

EXPERIÊNCIA COMO ORIENTADOR

1. Monografia. Rosângela Alves Rocha. Quais protocolos de treino de marcha para indivíduos pós-Acidente Vascular Encefálico na fase crônica são viáveis de serem orientados nos diferentes níveis de atenção do Sistema Único de Saúde?: uma revisão narrativa de literatura. Especialização em Avanços Clínicos em Fisioterapia. Universidade Federal de Minas Gerais. 2021.