

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
dissertação será
disponibilizado somente a
partir de 28/06/2020.

LARISSA RODRIGUES SOUTO

**CONFIABILIDADE E ANÁLISE FISIOLÓGICA DE UM TESTE ISOMÉTRICO
DE FADIGA MUSCULAR LOCALIZADA**

PRESIDENTE PRUDENTE

2018

FISIOTERAPIA

LARISSA RODRIGUES SOUTO

**CONFIABILIDADE E ANÁLISE FISIOLÓGICA DE UM TESTE ISOMÉTRICO
DE FADIGA MUSCULAR LOCALIZADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCT/UNESP) – Campus de Presidente Prudente, para obtenção do título de mestre.
Orientador: Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre

PRESIDENTE PRUDENTE

2018

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Presidente Prudente

S71c Souto, Larissa Rodrigues.
Confiabilidade e análise fisiológica de um teste isométrico de fadiga muscular localizada / Larissa Rodrigues Souto. - 2018
76 f.

Orientador: Carlos Marcelo Pastre
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2018
Inclui bibliografia

1. Confiabilidade dos dados. 2. Dinamômetro de força muscular. 3. Fadiga. I. Pastre, Carlos Marcelo. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

Alessandra Kuba Oshiro Assunção
CRB-8/9013

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – UNESP, Campus de Presidente Prudente.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CONFIABILIDADE E ANÁLISE FISIOLÓGICA DE UM TESTE DE RESISTÊNCIA MUSCULAR ISOMÉTRICA LOCALIZADA À FADIGA NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO

AUTORA: LARISSA RODRIGUES SOUTO

ORIENTADOR: CARLOS MARCELO PASTRE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em FISIOTERAPIA, área: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CARLOS MARCELO PASTRE
Departamento de Fisioterapia / Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP

Prof. Dr. FABIO MICOLIS DE AZEVEDO
Departamento de Fisioterapia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP



Prof. Dr. MARCELO PAPOTI
USP / Universidade de São Paulo - Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto - SP

Presidente Prudente, 28 de junho de 2018

Conforme sugerido pela banca o título da dissertação foi alterado para: "Confiabilidade e análise fisiológica de um teste isométrico de fadiga muscular localizada".



Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre

Dedicatória

A ciência do esporte. Que este trabalho contribua para a melhor compreensão da prescrição de testes físicos. E aos meus pais, Antonio e Estelmar, por todo apoio e amor incondicional em todas as etapas da minha vida, inclusive nessa.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente as duas pessoas responsáveis por esta conquista e por todas outras que tive até o momento e ainda terei, meus pais Estelmar Ferreira Souto e Antonio Rodrigues Souto. A vocês minha eterna gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre por todos os ensinamentos até o presente momento. Com você aprendi tanto por meio de conversas e discussões quanto por meio de suas ações. Posso dizer que estou finalizando um ciclo totalmente diferente de quando o comecei. Muito obrigada por tudo!

Agradeço ao LAFIDE por todos esses anos em que estive no laboratório. Sem dúvidas estar aqui me proporcionou oportunidades únicas. Sou grata por todos que aqui conheci e pude aprender. Gostaria de não citar nomes para não incorrer no erro de esquecer alguém, mas não tem como... Agradeço em especial as pessoas que fizeram parte desse trabalho e o tornaram possível: Gabriela Carrion, Leonardo Chossani, Luan de Toledo, Jhenifer Moterani, Fernanda Diniz, Amanda Letícia, Guilherme Yuji, Maurício Teobaldo e todos os outros que se disponibilizaram em me ajudar nos períodos de coleta. Agradeço também ao Rodolfo Hidalgo por toda ajuda e companheirismo dentro e fora do LAFIDE.

Agradeço a Prof^ª. Dr^ª. Franciele Marques Vanderlei, por toda a disponibilidade e paciência comigo durante todo o processo. Sem dúvidas me ensinou bastante! Agradeço também a Aryane por sempre se disponibilizar em me ajudar com as diversas correções de texto e a Malu por todo o companheirismo, que foi fundamental em diversos momentos.

Agradeço a todos os voluntários. Sem essas pessoas que se disponibilizaram em participar este trabalho não seria possível! Muito obrigada a todos que participaram.

Agradeço também ao pessoal da seção técnica da pós-graduação, sempre prontos a ajudar.

Agradeço ao Prof. Dr. Fábio Micolis pela disponibilidade em me ajudar com todas as dúvidas metodológicas a respeito da eletromiografia e por aceitar ser banca deste trabalho.

Agradeço também ao Prof. Dr. Fernando Henrique Magalhães, por toda a disponibilidade em me ajudar em relação aos aspectos metodológicos da eletromiografia.

Agradeço ao Prof. Dr. Marcelo Papoti por abrir as portas de seu laboratório durante uma visita técnica, onde pude aprender um pouco da rotina de coletas com seu grupo de pesquisa, sendo essencial para a execução da segunda parte desse trabalho. Agradeço também por aceitar ser banca deste trabalho.

Agradeço também ao Prof. Dr. Lars Louis Andersen por ter me acolhido por quatro meses dentro de seu laboratório durante meu estágio de pesquisa no exterior, tornando realidade essa tão sonhada oportunidade.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte do processo, seja positivamente ou negativamente. Sem dúvidas aprendi com ambos.

Em especial fica registrado o agradecimento público ao CONVÊNIO FAPESP/CAPES amparado no termo de outorga processo nº 2016/11785-7, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro destinado a essa pesquisa, que foi de vital importância para a consecução dos resultados alcançados.

Epigrafe

“Acredite que você pode, assim você já está no meio do caminho”
Theodore Roosevelt

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	23
3. MÉTODOS.....	23
3.1. População do estudo.....	233
3.2 Aprovação ética e registro do ensaio clínico.....	24
3.3. Delineamento do estudo.....	25
3.3.1. Etapa 1 (Confiabilidade intra e inter-avaliadores).....	25
3.3.2. Etapa 2 (demanda metabólica).....	27
3.4. Procedimentos.....	29
3.4.1. Teste isométrico de fadiga muscular (TIFM).....	29
3.4.2. Avaliação antropométrica.....	30
3.4.3. Questionário do nível de atividade física habitual de Baecke.....	30
3.4.4. Questionário Psicológico.....	31
3.4.5. Escala de Borg Modificada (Borg CR-10).....	31
3.4.6. Escala de Percepção de Recuperação do tipo Likert.....	31
3.4.7. Análises fisiológicas.....	31
3.4.7.1 Contribuição aeróbia total.....	32
3.4.7.2. Contribuição anaeróbia total.....	32
3.4.8. Análise da ativação muscular.....	33

4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	35
5. RESULTADOS	36
6. DISCUSSÃO	43
7. CONCLUSÃO.....	50
8. REFERÊNCIAS	51
ANEXO I - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	59
ANEXO II – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	62
ANEXO III – COMPROVANTE DE REGISTRO NO CLÍNICAL TRIALS	66
ANEXO IV – QUESTIONÁRIO DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA HABITUAL DE BAECKE.....	67
ANEXO V – QUESTIONÁRIO PSICOLÓGICO	68
ANEXO VI – ESCALA DE BORG MODIFICADA (CR-10)	69
ANEXO VII – ESCALA DE PERCEPÇÃO DE RECUPERAÇÃO DO TIPO LIKERT	70

Apresentação

Esta dissertação está apresentada em concordância com as normas do programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente. O conteúdo do texto contempla o trabalho originado a partir da pesquisa intitulada “*Confiabilidade e análise fisiológica de um teste de resistência muscular isométrica localizada à fadiga no dinamômetro isocinético*” elaborada durante o curso de mestrado.

O desenvolvimento de todas as etapas do estudo aconteceu no Laboratório de Fisioterapia Desportiva (LAFIDE) e no Centro de Estudos e Atendimento em Fisioterapia (CEAFIr) da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, campus de Presidente Prudente. Houve financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP processo nº 2016/11785-7), ambas durante um período de 12 meses.

Assim sendo, o conteúdo do material está dividido em duas sessões:

- i) Dissertação de mestrado;
- ii) Atividades desenvolvidas durante o curso de mestrado.

As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP e da CAPES.

Dissertação

Lista de figuras

Figura 1. Delineamento da primeira etapa do estudo.....	26
Figura 2. Delineamento da segunda etapa do estudo.....	29
Figura 3. Representação gráfica do TIFM em que houve a análise da contribuição anaeróbica.....	40
Figura 4. Avaliação dos três sistemas energéticos durante o TIFM.....	41
Figura 5. Representação gráfica do TIFM em que houve a análise da ativação muscular.....	41
Figura 6.(a) Representação gráfica da técnica de ativação muscular anterior ao TIFM com os valores observados e exemplificação de seu cálculo.....	43
Figura 6 (b). Representação gráfica da técnica de ativação muscular posterior ao TIFM com os valores observados e exemplificação de seu cálculo.....	43

Lista de tabelas

Tabela 1. Tabela com valores de média e desvio-padrão da idade, massa corporal, estatura, IMC e nível de atividade física.....	36
Tabela 2. Valores de média, DP e p-valor para todos os domínios do questionário psicológico.....	37
Tabela 3. Média, desvio padrão e p-valor para as variáveis de performance do TIFM para ambos os avaliadores em ambos os momentos teste e reteste.....	38
Tabela 4. Valores de confiabilidade intra e inter-avaliadores para as variáveis de performance do TIFM.....	39
Tabela 5. Valores de média e desvio-padrão para a porcentagem de energia gasta e para o decréscimo de energia em relação a máxima energia prevista.....	39
Tabela 6. Valores das variáveis de desempenho do TIFM em que foi realizada a análise da contribuição anaeróbica.....	41
Tabela 7. Valores das variáveis de desempenho do TIFM em foi realizada a análise da ativação muscular.....	42

Lista de quadros

Quadro 1. Modelo utilizado para determinação da contribuição alática.....33

Quadro 2. Mensuração do percentual de ativação voluntária.....35

Listas de abreviaturas

IF – Índice de fadiga

DERL – Decréscimo da equação de regressão linear

DPD – Diminuição da porcentagem de desempenho

RMS – *Root Mean Square*

DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crônica

SDFP – Síndrome da dor femoropatelar

IFT – Instabilidade funcional do tornozelo

DAP – Doença arterial periférica

CCI – Coeficiente de correlação intraclasse

CV – Coeficiente de variação

EPM – Erro padrão de medição

CIVM – Contração voluntária isométrica máxima

EPOC – Consumo máximo de oxigênio pós-esforço

mA – Miliampere

PT – Pico de torque

Kcal – Quilocaloria

TIFM – Teste isométrico de fadiga muscular

VL – Vasto lateral

ST - *Superimposed twitch*

CT – *Control Twitch*

Introdução: Testes físicos confiáveis, capazes de identificar uma mudança real no desempenho proveniente de intervenções fisioterapêuticas e/ou do treinamento físico, são de extrema importância para a prescrição de exercícios físicos. Sua aplicação fornece parâmetros individualizados da performance muscular, permitindo uma adequada implementação de cargas durante a dinâmica de treinamento e/ou reabilitação. Além da aplicação de tais testes, avaliar a demanda metabólica durante sua execução é de extrema importância na prática clínica proporcionando parâmetros fisiológicos tanto para a avaliação como para a implementação da dinâmica de cargas. **Objetivos:** Verificar a confiabilidade intra e inter-avaliadores de um teste isométrico de fadiga muscular (TIFM) do quadríceps do membro inferior dominante realizado no dinamômetro isocinético e analisar a demanda metabólica exigida durante a sua execução. **Métodos:** O estudo foi dividido em duas etapas, sendo a primeira referente a análise da confiabilidade intra e inter-avaliadores do TIFM e a segunda em relação a análise da sua demanda metabólica. A primeira etapa do estudo consistiu em três sessões: familiarização, teste e reteste. Nessa etapa foi verificada a confiabilidade em relação as variáveis de desempenho tempo, energia e pico de torque (PT). Para a realização da segunda etapa o participante foi submetido a duas sessões: familiarização e teste. Na sessão de teste, houve análise de gases e da concentração sanguínea de lactato para determinação da contribuição energética e, análise da ativação muscular para caracterização da fadiga muscular. **Resultados:** Em relação a confiabilidade relativa apenas as variáveis de desempenho tempo para um dos avaliadores e, a variável de desempenho energia para ambos os avaliadores apresentaram confiabilidade intra-avaliador moderada. As demais variáveis nos demais momentos apresentaram boa confiabilidade relativa. Em relação a confiabilidade absoluta as variáveis de desempenho tempo e energia apresentaram coeficiente de variação (CV) maior que 15% e, para a variável PT seu valor foi até 12,36% com mínima mudança detectável (MMD) maior que 20% para todas as variáveis. No que diz respeito a contribuição dos sistemas energéticos houve uma contribuição anaeróbica alática de 50,5% e láctica de 43,7% e aeróbica de 5,8%. Para a análise ativação voluntária foi observado queda de apenas 1% em seu valor. **Conclusão:** Conclui-se que o TIFM apresenta de moderada a boa confiabilidade para todas as variáveis de desempenho analisadas tanto intra-avaliador como inter-avaliadores, com alta aplicabilidade clínica. Sua demanda metabólica demonstrou predominância de contribuição anaeróbica com equivalência láctica e alática, não sendo possível a identificação de quaisquer causas neuromusculares para a instalação da fadiga muscular.

Palavras-chave: confiabilidade dos dados; dinamômetro de força muscular; fadiga

Introduction: Reliable physical tests, capable of identifying a real change in performance from physiotherapeutic interventions and/or physical training, are extremely important for the prescription of physical exercises. Its application provides individualized parameters of muscular performance, allowing an adequate implementation of loads during training and/or rehabilitation dynamics. In addition to the application of such tests, evaluating the metabolic demand during its execution is extremely important in clinical practice, providing physiological parameters for both evaluation and implementation of load dynamics. **Objectives:** To verify the intra- and inter-rater reliability of an isometric muscle fatigue test (IMFT) of the dominant lower limb quadriceps performed on the isokinetic dynamometer and to analyze the metabolic demand required during its execution. **Methods:** The study was divided in two phases, the first one referring to the analysis of intra- and inter-rater reliability of the IMFT and the second one in relation to the analysis of its metabolic demand. The first phase of the study consisted of three sessions: familiarization, test and retest. In this phase the reliability of the time, energy and peak torque (PT) variables was verified. For the second phase the participant was submitted to two sessions: familiarization and test. In the test session, there was gas analysis and blood lactate concentration to determine the energy contribution and analysis of muscle activation to characterize muscle fatigue. **Results:** In relation to relative reliability only the time performance variables for one of the evaluators and the energy performance variable for both evaluators presented moderate intra-rater reliability. The other variables in the other moments presented good relative reliability. Regarding absolute reliability, the variables of time and energy performance presented a coefficient of variation (CV) greater than 15% and, for the variable PT, its value was up to 12.36% with a minimum detectable change (MMD) greater than 20% for all the variables. Regarding the contribution of the energy systems, there was an alpha anaerobic contribution of 50.5% and lactic acid of 43.7% and aerobic of 5.8%. For the voluntary activation analysis, a decrease of only 1% in its value was observed. **Conclusion:** It is concluded that IMFT presents moderate to good reliability for all performance variables analyzed both intra-rater and inter-rater, with high clinical applicability. Its metabolic demand demonstrated a predominance of anaerobic contribution with lactic and allematic equivalence, and it is not possible to identify any neuromuscular causes for the installation of muscular fatigue.

Key words: data acuracy; muscle strength dynamometer; fatigue

1. INTRODUÇÃO

Testes físicos confiáveis, capazes de identificar uma mudança real no desempenho proveniente de intervenções fisioterapêuticas e/ou do treinamento físico, são de extrema importância para a prescrição de exercícios físicos ⁽¹⁾. Sua aplicação fornece parâmetros individualizados da performance muscular, permitindo uma adequada implementação de cargas durante a dinâmica de treinamento e/ou reabilitação.

A compreensão da performance em tais testes físicos envolve a análise de cargas externas e internas ⁽²⁾. As cargas externas estão relacionadas a variáveis clínicas como trabalho, força, potência, velocidade e aceleração ⁽²⁾. E as cargas internas estão relacionadas a variáveis fisiológicas como consumo de oxigênio, concentração sanguínea de lactato e frequência cardíaca ⁽²⁾. No entanto, os testes físicos aplicados na prática clínica, em sua maioria, fornecem apenas variáveis clínicas como parâmetro avaliativo, sem explorar as variáveis fisiológicas envolvidas durante a sua execução.

Dentre as ferramentas de avaliação física descritas na literatura, destaca-se o dinamômetro isocinético, considerado o método padrão ouro para a avaliação da função muscular ⁽³⁾. Essa ferramenta é amplamente empregada em estudos de confiabilidade de testes localizados de fadiga muscular ^(1,3-15).

Na literatura sobre o tema encontram-se diversos estudos de confiabilidade teste-reteste de tais protocolos, no entanto, não há um protocolo padrão para a avaliação da fadiga muscular, sobretudo dos extensores de joelho. Dessa forma, o estado da arte sobre testes de confiabilidade mostra o uso variado da ferramenta descrita bem como das variáveis utilizadas para avaliar a confiabilidade de testes físicos que avaliam a fadiga muscular.

Nesse cenário, apenas uma pequena parcela desses estudos enfoca em populações específicas assim como em participantes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) ⁽⁴⁾, osteoartrite de joelho ^(5,6), síndrome da dor femoropatelar (SDFP)

(5), instabilidade funcional do tornozelo (IFT) (7) e pacientes com doença arterial periférica (DAP) (8). Em sua maioria, os estudos de confiabilidade de protocolos de fadiga muscular se concentra em participantes saudáveis sem disfunções ortopédicas (1,3,9-15), avaliando diferentes grupos musculares, assim como os músculos do tornozelo (9), do ombro (10), das costas (11), do quadril (13) e do joelho (1,3,12,14,15).

Estes protocolos avaliam a confiabilidade teste-reteste de diversas medidas de caracterização da fadiga muscular. Dentre elas, encontram-se os indicadores de fadiga muscular obtidos por meio do cálculo do índice de fadiga (IF) (16), do decréscimo da equação de regressão linear (DERL) (14) e da diminuição da porcentagem de desempenho (DPD) (17) calculados a partir do pico de torque e trabalho isocinético total. Ainda, a eletromiografia de superfície é usada em alguns estudos para a avaliação da confiabilidade do *Root Mean Square* (RMS) (9,12) e da frequência mediana do sinal (5,6,12,13) em tais testes.

Em relação aos estudos que avaliam a confiabilidade teste-reteste dos indicadores de fadiga muscular, são observados valores de confiabilidade relativa variando de fraca a excelente confiabilidade (18). Gautrey *et al.* (7), observaram valores de moderada a excelente confiabilidade (18) (CCI 0,60 a 0,92) para os três indicadores de fadiga muscular em um protocolo de fadiga dos músculos abdutores do quadril, sendo o DERL o método mais confiável a uma velocidade angular de 120°/s tanto em participantes com e sem histórico de IFT (CCI 0,92). Em estudo com participantes saudáveis sem disfunções ortopédicas Maffioletti *et al.* (1), ao analisarem os indicadores de fadiga muscular IF e DPD observaram boa confiabilidade (18) tanto para os músculos extensores de joelho (CCI 0,84 a 0,89, respectivamente) como para os flexores (CCI 0,78 a 0,81, respectivamente) em um protocolos de 20 contrações concêntricas máximas.

Por fim, Pincivero *et al.*⁽¹⁴⁾, ao examinarem a confiabilidade teste-reteste dos indicadores de fadiga IF e DERL em um protocolo composto por 30 contrações concêntricas máximas do músculo quadríceps a uma velocidade angular de 180°/s, em ambas as pernas dominante e não dominante observaram boa confiabilidade⁽¹⁸⁾ (CCI 0,82 a 0,78, respectivamente) e, fraca a boa confiabilidade⁽¹⁸⁾ para a perna dominante (CCI 0,26 a 0,82, respectivamente).

No que se refere aos estudos que avaliam a confiabilidade teste-reteste em relação as variáveis pico de torque e trabalho total, estes encontram valores variando de boa a excelente confiabilidade⁽¹⁸⁾. Este achado vai desde protocolos aplicados em participantes com DPOC⁽⁴⁾ (CCI 0,93 a 0,98) e com DAP⁽⁷⁾ (CCI 0,77 a 0,96) até em protocolos aplicados em participantes saudáveis sem disfunções ortopédicas, tanto para o ombro (CCI 0,90 a 0,96)⁽¹⁰⁾ e tornozelo (CCI 0,85 a 0,97)⁽⁹⁾ como para o joelho (CCI 0,85 a 0,99)^(3,12,13).

Em relação aos valores de confiabilidade teste-reteste das variáveis obtidas por meio do registro eletromiográfico de superfície, estes apresentam valores de moderada a boa confiabilidade⁽¹⁸⁾ (CCI 0,60 a 0,90) quando aplicados durante testes isométricos^(5,6) e dinâmicos⁽¹²⁾ da articulação do joelho, bem como durante testes dinâmicos da articulação do tornozelo⁽⁹⁾ e do quadril⁽¹³⁾.

Embora tais estudos apresentem bons valores de confiabilidade, não há um protocolo padrão, sobretudo para os músculos extensores do joelho. Ainda, os protocolos identificados exploram somente as cargas externa relacionadas ao esforço físico, sem levar em consideração a influência das cargas internas para a determinação da performance muscular. O protocolo típico geralmente envolve a realização de um número pré-determinado de contrações concêntricas máximas, variando de 15 a 100

repetições ^(1,3,8-11,14,15,19) a uma velocidade angular que na maioria das vezes é 180°/s ^(1,3,4,7,14,19), com uma carga previamente estabelecida.

Dessa forma, levando em consideração a heterogeneidade do cenário descrito acima e o conceito de fadiga muscular como a redução da contração máxima induzida pelo exercício ⁽²⁰⁾, avaliar a fadiga muscular por meio de uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM) até a exaustão tendo como desfecho o tempo final em que cada sujeito leva até a fadiga parece pertinente no que diz respeito a individualização do teste.

Assim, o presente estudo se justifica pela necessidade de testes mais precisos sem pré-estabelecer tempo ou número de repetições bem como a carga, evitando subestimar ou superestimar a capacidade física de resistência real do avaliado. Além disso, estabelecer a demanda metabólica desses teste, por meio da análise da capacidade anaeróbica utilizando a soma entre a fase rápida do consumo máximo de oxigênio pós-exercício (EPOC) e a concentração sanguínea de lactato ([lac]) ⁽²¹⁾ bem como caracterizar a fadiga por meio da quantificação da porcentagem de ativação voluntária, possibilita a compreensão dos parâmetros fisiológicos envolvidos na execução do teste, permitindo sua extrapolação para a dinâmica de treinamento na prática clínica.

A hipótese deste estudo é de que a execução de um teste de fadiga muscular isométrica que respeite a capacidade real de cada participante em suportar a fadiga será confiável, com representação fisiológica predominantemente anaeróbica, principalmente alática por se tratar de um teste localizado, com fadiga muscular de caráter periférico.

8. REFERÊNCIAS

1. Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U. Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clin PhysiolFunct Imaging*. 2007 Nov;27(6):346-53.7.
2. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gastin P, Kellmann M, Varley MC, Gabbett TJ, Coutts AJ, Burgess DJ, Gregson W, Cable NT. Monitoring athlete training loads: consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12(Suppl 2):S2161-S2170.
3. Gleeson NP, Mercer TH. Reproducibility of isokinetic leg strength and endurance characteristics of adult men and woman. *Eur J Appl Physiol*. 1992; 65:221-228.
4. Ribeiro F, Lépine PA, Garceau-Bolduc C, Coats V, Allard É, Maltais F, Saey D. Test-retest reliability of lower limb isokinetic endurance in COPD: a comparison of angular velocities. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2015 Jun 18; 10:1163-72.
5. Callaghan MJ, McCarthy CJ, Oldham JA. The reliability of surface electromyography to assess quadriceps fatigue during multi joint tasks in healthy and painful knees. *J ElectromyogrKinesiol*. 2009 Feb;19(1):172-80.
6. McCarthy CJ, Callaghan MJ, Oldham JA. The reliability of isometric strength and fatigue measures in patients with knee osteoarthritis. *Man Ther*. 2008 May;13(2):159-64.
7. Gautrey CN, Watson T, Mitchell A. The Effect of Isokinetic Testing Speed on the Reliability of Muscle Fatigue Indicators During a Hip Abductor- Adductor Fatigue Protocol. *Int J Sports Med*. 2013 Jul;34(7):646-53.

8. Ritti-Dias RM, Basyches M, Câmara L, Puech-Leao P, Battistella L, Wolosker N. Test–retest reliability of isokinetic strength and endurance tests in patients with intermittent claudication. *Vasc Med.* 2010 Aug;15(4):275-8.
9. Brouner J, Ramdharry G, Swann N. An isokinetic method for inducing a localised fatigue effect in the plantarflexors and dorsiflexors of the ankle. *J ElectromyogrKinesiol.* 2014 Dec;24(6):841-7.
10. Roy JS, Ma B, Macdermid JC, Woodhouse LJ. Shoulder muscle endurance: the development of a standardized and reliable protocol. *Sports Med ArthroscRehabilTher Technol.* 2011 Jan 11;3(1):1.
11. Juan-Recio C, López-Plaza D, Barbado Murillo D, García-Vaquero MP, Vera-García FJ. Reliability assessment and correlation analysis of 3 protocols to measure trunk muscle strength and endurance. *J Sports Sci.* 2018 Feb;36(4):357-364.
12. Larsson B, Karlsson S, Eriksson M, Gerdle B. Test–retest reliability of EMG and peak torque during repetitive maximum concentric knee extensions. *J ElectromyogrKinesiol.* 2003 Jun;13(3):281-7.
13. Mutchler JA, Weinhandl JT, Hoch MC, Van Lunen BL. Reliability and fatigue characteristics of a standing hip isometric endurance protocol. *J ElectromyogrKinesiol.* 2015 Aug;25(4):667-74.
14. Pincivero DM, Gear WS, Sterner RL. Assessment of the reliability of high-intensity quadriceps femoris muscle fatigue. *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Feb;33(2):334-8.
15. Saenz A1, Avellanet M, Hijos E, Chaler J, Garreta R, Pujol E, Sandoval B, Buen C, Farreny A. Knee isokinetic test-retest: a multicentre knee isokinetic test-retest study of a fatigue protocol. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010 Mar;46(1):81-8.

16. Thorstensson A, Karlsson J. Fatiguability and fibre composition of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand.* 1976 Nov;98(3):318-22.
17. Glaister M, Stone MH, Stewart AM, Hughes M, Moir GL. The reliability and validity of fatigue measures during short-duration maximal-intensity intermittent cycling. *J Strength Cond Res.* 2004 Aug;18(3):459-62.
18. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med.* 2016 Jun; 15(2): 155–163.
19. Bosquet L, Maquet D, Forthomme B, Nowak N, Lehance C, Croisier JL. Effect of the Lengthening of the Protocol on the Reliability of Muscle Fatigue Indicators. *Int J Sports Med.* 2010 Feb;31(2):82-8.
20. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001 Oct;81(4):1725-89.
21. Bertuzzi RC, Franchini E, Ugrinowitsch C, Kokubun E, Lima-Silva AE, Pires FO, Nakamura FY, Kiss MA. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. *Int J Sports Med.* 2010 Jul;31(7):477-81.
22. Terwee CB, Bot SD, de Boer MR, van der Windt DA, Knol DL, Dekker J, Bouter LM, de Vet HC. Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *J Clin Epidemiol.* 2007 Jan;60(1):34-42.
23. Mokkink LB, Terwee CB, Patrick DL, Alonso J, Stratford PW, Knol DL, Bouter LM, de Vet HC. The COSMIN checklist for assessing the methodological quality of studies on measurement properties of health status measurement instruments: an international Delphi study. *Qual Life Res.* 2010 May;19(4):539-49.
24. Kottner J, Audigé L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hróbjartsson A, Roberts C, Shoukri M, Streiner DL. Guidelines for Reporting Reliability and

- Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol.* 2011 Jan;64(1):96-106.
25. Treweek S, Lockhart P, Pitkethly M, et al. Methods to improve recruitment to randomised controlled trials: Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2013;3(2).
26. Machado AF, Almeida AC, Micheletti JK, et al. Dosages of cold-water immersion post exercise on functional and clinical responses: a randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2016, <http://dx.doi.org/10.1111/sms.12734> [ahead of print]
27. Neyroud D, Vallotton A, Millet GY, Kayser B, Place N. The effect of muscle fatigue on stimulus intensity requirements for central and peripheral fatigue quantification. *Eur J Appl Physiol.* 2014 Jan;114(1):205-15.
28. Florindo A, Latorre MRDO. Validação e reprodutibilidade do questionário de Baeck de avaliação da atividade física habitual em homens adultos. *Rev Bras Med Esporte.* 2013;9(3).
29. Broatch JR, Petersen A, Bishop DJ. Postexercise cold water immersion benefits are not greater than the placebo effect. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(11):2139-47. 29.
30. Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Illinois, USA: Human Kinetics Publishers; 1998.
31. Montpetit RR, Leger LA, Lavoie JM, Cazorla G. VO₂ peak during free swimming using the backward extrapolation of the O₂ recovery curve. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1981;47(4):385-391.

32. Bertuzzi R, Melegati J, Bueno S, Ghiarone T, Pasqua LA, Gáspari AF, Lima-Silva AE, Goldman A. GEDAE-LaB: A Free Software to Calculate the Energy System Contributions during Exercise. *PLoS One*. 2016 Jan 4;11(1):e0145733.
33. Kalva-Filho CA, Zagatto AM, Araújo MI, Santiago PR, da Silva AS, Gobatto CA, Papoti M. Relationship between aerobic and anaerobic parameters from 3-minute all-out tethered swimming and 400-m maximal front crawl effort. *J Strength Cond Res*. 2015;29(1):238-45.
34. di Prampero PE. Energetics of muscular exercise. *Rev PhysiolBiochemPharmacol*. 1981; 89:143-222.
35. Merton PA. (1954) Voluntary strength and fatigue. *J Physiol* 123(3):553-564.
36. Neyroud D, Maffiuletti NA, Kayser B, Place N. Mechanisms of fatigue and task failure induced by sustained submaximal contractions. *MedSci Sports Exerc*. 2012 Jul;44(7):1243-51.
37. Shield A, Zhou S. Assessing voluntary muscle activation with the twitch interpolation technique. *Sports Med*. 2004;34(4):253-67.
38. SENIAM (1999) In: Hermens H, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, Disselhorst-Klug C, Hägg G (eds). *European Recommendations for surface electromyography*. RRD, The Netherlands, ISBN 90-75452-15-2.
39. Taylor JL, Gandevia SC. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *J Appl Physiol* (1985). 2008 Feb;104(2):542-50.
40. Dimitrova NA, Dimitrov GV. Amplitude-related characteristics of motor unit and M-wave potentials during fatigue. A simulation study using literature data on intracellular potential changes found in vitro. *J ElectromyogrKinesiol*. 2002 Oct;12(5):339-49.

41. Jubeau M, Rupp T, Perrey S, Temesi J, Wuyam B, Levy P, Verges S, Millet GY. Changes in voluntary activation assessed by transcranial magnetic stimulation during prolonged cycling exercise. *PLoS One*. 2014 Feb 21;9(2):e89157.
42. Currell K, Jeukendrup AE. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med*. 2008;38(4):297-316.
43. Jeukendrup A, Saris WH, Brouns F, Kester AD. A new validated endurance performance test. *MedSci Sports Exerc*. 1996 Feb;28(2):266-70.
44. Maughan RJ, Fenn CE, Leiper JB. Effects of fluid, electrolyte and substrate ingestion on endurance capacity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1989;58(5):481-6.
45. Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztejn JP. Reproducibility of running time to exhaustion at VO₂max in subelite runners. *MedSci Sports Exerc*. 1994 Feb;26(2):254-7.
46. Hopkins WG, Schabort EJ, Hawley JA. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med*. 2001;31(3):211-34.
47. Denadai BS, Denadai ML. Effects of caffeine on time to exhaustion in exercise performed below and above the anaerobic threshold. *Braz J Med Biol Res*. 1998 Apr;31(4):581-5.
48. Wilber RL, Moffatt RJ. Influence of carbohydrate ingestion on blood glucose and performance in runners. *Int J Sport Nutr*. 1992 Dec;2(4):317-27.
49. Laursen PBGT, Francis CR, Abbiss MJ, Newton K. Reliability of Time-to-Exhaustion versus Time-Trial Running Tests in Runners. *MedSci Sports Exerc* 2007; 39 (8):1374–1379.

50. Pageaux B, Lepers R, Marcora SM. Reliability of a Novel High Intensity One Leg Dynamic Exercise Protocol to Measure Muscle Endurance. *PLoS ONE* 2016; 11(10): e0163979. DOI: 10.1371/journal.pone.0163979.
51. Hinckson EA, Hopkins WG. Reliability of time to exhaustion analyzed with critical-power and log-log modeling. *MedSci Sports Exerc.* 2005 Apr;37(4):696-701.
52. Zech A, Witte K, Pfeifer K. Reliability and performance-dependent variations of muscle function variables during isometric knee extension. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008 Apr;18(2):262-9. Epub 2006 Nov 28.
53. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res.* 2005 Feb;19(1):231-40.
54. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med.* 2001;31(10):725-41.
55. Lakomy HKA. Physiology and biochemistry of sprinting. In: Hawley JA, editor. *Running: handbook of sports medicine and science.* Oxford: Blackwell Science, 2000: 1-13.
56. Maughan RJ, Gleeson M, Greenhaff PL. *Biochemistry of exercise and training.* Oxford: Oxford University Press, 1997
57. Hermansen L. Muscular fatigue during maximal exercise of short duration. *Med Sport Sci* 1981; 13: 45-52.
58. Hultman E, Bergström M, Spriet LL, et al. Energy metabolism and fatigue. In: Taylor AW, editor. *Biochemistry of exercise VII: international series on sport sciences.* Champaign (IL): Human Kinetics, 1990: 73-92.
59. Jacobs I, Kaiser P. Lactate in blood, mixed skeletal muscle, and FT or ST fibres during cycle exercise in man. *Acta Physiol Scand* 1982; 114: 461-6.

60. Tesch PA, Daniels WL, Sharp DS. Lactate accumulation in muscle and blood during submaximal exercise. *Acta PhysiolScand* 1982; 114: 441-6.
61. Gollnick PD, Bayly WM, Hodgson DR. Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18 (3): 334-40.
62. Margaria R, Edwards HT, Dill DB. The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contractin. *Am J Physiol* 1933; 106: 689-715.
63. Bangsbo J, Gollnick PD, Graham TE ,Juel C , Kiens B , Mizuno M , Saltin B. Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship duringexhaustive exercise in humans . *J Physiol* 1990; 422: 539 – 559.