

REPRODUTIBILIDADE E RESPONSABILIDADE DO TORQUE ESTIMADO DOS EXTENSORES DE JOELHO PARA DIFERENTES VALÊNCIAS DE FORÇA COM DINAMÔMETRO DE TRAÇÃO

Joana Anair Eckert¹, Fernanda Serighelli², Bruna Lehmkuhl Poci³
Dennis Damian Vieira³, Giovana Aita Reginato³, Alberito Rodrigo de Carvalho⁴

RESUMO

Introdução: Embora medidas de força muscular façam parte da avaliação de pacientes e praticantes de exercício físico, há carência de informações de reprodutibilidade e responsividade dessas medidas obtidas pelo dinamômetro de tração E-elastic. **Objetivo:** Verificar a reprodutibilidade e responsividade de estimativas de torque extensor de joelho para as valências de força isométrica máxima e resistência de força pelo dinamômetro E-elastic. **Métodos:** Estudo observacional transversal com 64 voluntários fisicamente inativos, entre 18 e 35 anos, de ambos os sexos. Os voluntários foram avaliados pela abordagem teste-reteste, com intervalo de 72 a 120 h. A força isométrica máxima foi mensurada em oito ângulos de extensão do joelho (40°, 45°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90° e 100°). A resistência de força foi quantificada por um protocolo de repetições de extensão/flexão de joelho contra uma resistência elástica. As forças registradas em ambos os testes foram convertidas para torque multiplicando-as pelo braço de alavanca medido previamente. Calculou-se as reprodutibilidades relativa e absoluta, respectivamente, pelo coeficiente de correlação intraclass e pelo erro padrão de medida. A responsividade foi medida pela mínima mudança detectável. **Resultados:** Os torques tiveram coeficiente de correlação intraclass variando entre moderada e boa; o erro padrão de medida grande variabilidade (17 e 30% em torno da média); e a mínima mudança detectável sugere que para haver mudanças reais nos torques, aumentos médios de 50 a 85% em relação às medidas basais são necessárias. **Conclusões:** As estimativas de torque pelo E-elastic apresentam reprodutibilidade relativa de moderada à boa, mas pobre reprodutibilidade absoluta e responsividade.

Palavras-chave: Reprodutibilidade dos testes. Dinamômetro de Força Muscular. Torque.

ABSTRACT

Reproducibility and responsiveness of the estimated torque of the knee extensors for different strength values with a traction dynamometer

Introduction: Although muscle strength measurements are part of the assessment of patients and exercisers, there is a lack of information on the reproducibility and responsiveness of these measurements obtained by the E-elastic traction dynamometer. **Objective:** To verify the reproducibility and responsiveness of knee extensor torque estimates for the valences of maximal isometric strength and strength endurance using the E-elastic dynamometer. **Methods:** A cross-sectional observational study of 64 physically inactive volunteers, aged 18-35 years, of both sexes. Volunteers were assessed using a test-retest approach with an interval of 72 to 120 h. Maximum isometric strength was measured at eight knee extension angles (40°, 45°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, and 100°). Strength endurance was quantified using a protocol of knee extension/flexion repetitions against an elastic resistance. The forces recorded in both tests were converted to torque by multiplying them by the previously measured lever arm. Relative and absolute reproducibility were calculated using intraclass correlation coefficient and standard error of measurement, respectively. Responsiveness was measured by the minimum detectable change. **Results:** The torques had an intraclass correlation coefficient ranging from moderate to good; the standard error of measurement showed large variability (17 and 30% around the mean); and the minimum detectable change suggests that for there to be real changes in the torques, average increases of 50 to 85% with respect to baseline measurements are required. **Conclusions:** E-elastic torque estimates have moderate to good relative reproducibility, but poor absolute reproducibility and responsiveness.

Key words: Reproducibility of results. Muscle Strength Dynamometer. Torque.

INTRODUÇÃO

A força muscular é uma medida complexa e é influenciada por fatores como sexo, idade, motivação e condicionamento muscular (Barbosa e colaboradores, 2015).

A capacidade de um músculo gerar tensão varia de acordo com a maneira como a produção de força ocorre, se de forma estática ou dinâmica (Fleck e Kraemer, 2017).

No regime estático, a manifestação da tensão produzida é a força isométrica que emerge quando um músculo é ativado e desenvolve força, mas sem movimento articular (Fleck e Kraemer, 2017).

Já no regime dinâmico, a produção de força se dá às custas da alteração do comprimento muscular. As diferentes manifestações guardam relação com a especificidade da tarefa e são classificadas como força máxima, força rápida e resistência de força (Gobbi, Villar e Zago, 2005).

A resistência de força é a capacidade de resistir à fadiga em condições de manutenção prolongada da força (Gobbi, Villar e Zago, 2005).

A fadiga muscular é definida como um declínio na capacidade do sistema neuromuscular em produzir força (Taylor, Gandevia, 2008). Em complemento, a resistência à fadiga é considerada uma importante capacidade para inúmeras modalidades esportivas, atividades diárias e para a realização de diferentes tipos de exercícios (Barquilha e colaboradores, 2013).

Os testes destinados a medir as forças isométrica e de resistência quantificam a força motora produzida, cada qual nas suas respectivas manifestações. São testes comumente usados no ambiente esportivo e na prática clínica, tanto para conhecimento das condições musculares dos pacientes, como para avaliação dos resultados consequentes à aplicação de alguma intervenção/treinamento (Roschel, Tricoli e Ugrinowitsch, 2011).

Para a quantificação objetiva da força muscular podem ser utilizados dinamômetros portáteis, que permitem quantificar a intensidade da tensão muscular produzida. Um exemplo é o dinamômetro E-lastic, que é um dinamômetro digital portátil que mensura as forças de tração exercidas sobre ele; e que já foi utilizado em estudo prévio (Reis, 2022).

Entretanto, esse equipamento faz o registro da força muscular produzida nas unidades de kg, kgf ou N. Considerando que a

produção de força é dependente do braço de alavanca (Hall, 2022), medidas de torque são mais adequadas para comparar a tensão muscular produzida entre diferentes pessoas, já que pessoas com braços de alavancas maiores, por conta de características antropométricas, podem se beneficiar dessa vantagem mecânica na força registrada em comparação àquelas com braços de alavancas menores. Ao se usar os dados de força do dinamômetro E-lastic entre diferentes pessoas, o que é comum em pesquisas científicas, faz-se então necessário estimar o torque pela medida do braço de alavanca. Conseqüentemente, medidas de reprodutibilidade e responsividade se fazem necessárias.

A reprodutibilidade é uma medida de teste-reteste com a capacidade de medir atributos de forma consistente, e os mesmos resultados são obtidos com a avaliação repetida do mesmo instrumento quando nenhuma mudança real aconteceu (Hopkins, 2000).

A reprodutibilidade pode ser determinada pelo coeficiente de correlação interclasse (ICC), expressando a consistência relativa da posição ou classificação dos indivíduos no grupo em relação a outros, e pelo erro padrão de medição (EPM), expressando a consistência absoluta das pontuações individuais (Weir, 2005). Assim, a reprodutibilidade valida os testes físicos.

A responsividade é a capacidade de um instrumento produzir medidas, em diferentes momentos de quantificação, com variabilidade para além do que é intrínseco à medida (Beckerman e colaboradores, 2001; Vet e colaboradores, 2001).

A mínima mudança detectável (MMD), definida como a menor alteração detectada pelo instrumento além do erro de medição, se apresenta como um limite estatístico. Se a magnitude da mudança for abaixo da MMD, há mais de 95% de chance de que nenhuma mudança real tenha acontecido, especialmente frente a alguma intervenção, (Vet e Terwee, 2010; Kovacs e colaboradores, 2008).

Segundo Teles e colaboradores, (2016), a utilização do dispositivo de controle de carga e biofeedback em implementos de resistência elástica permite equiparar a intensidade e nível de ativação muscular com exercícios feitos com resistência constante.

Contudo, para tais ferramentas, ainda se faz necessário a proposição de métricas de

reprodutibilidade e responsividade. Ademais, em relação a ferramenta de medição da célula de carga da E-lastic, há poucos estudos científicos que empregaram essa metodologia para quantificar tanto a resistência de força quanto a força isométrica. Por conseguinte, as medidas de MMD e reprodutibilidade desse instrumento para as medidas de torque ainda é limitada.

O objetivo geral do presente estudo foi verificar a reprodutibilidade e responsividade de medidas estimadas de torque extensor de joelho para as valências de força isométrica máxima (TI) e resistência de força (TRES) com o uso do dinamômetro E-lastic. O objetivo específico foi determinar o padrão de aninhamento dos desfechos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Considerações éticas e amostra

Este é um estudo observacional de teste-reteste. Compuseram a amostra voluntários jovens, selecionados de forma não probabilística e consecutiva, não praticantes de atividades físicas sistematizadas, com idades entre 18 e 35 anos, de ambos os sexos.

Os participantes que apresentaram acometimentos neurológicos e/ou cognitivos, doenças cardiorrespiratórias e/ou histórico de lesão articular e/ou muscular nos últimos seis meses não participaram do estudo. Ainda, os participantes que apresentaram qualquer tipo de lesão muscular e/ou articular durante o período de coleta ou que desistiram da participação da pesquisa foram excluídos da análise.

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) com número de parecer 4.042.935. Todos os participantes foram esclarecidos quanto aos objetivos e procedimentos da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) em duas vias, ficando uma de posse do mesmo e outra do pesquisador.

Procedimentos

As coletas aconteceram no Laboratório de Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI) do curso de Fisioterapia da UNIOESTE - campus Cascavel-PR.

Inicialmente os voluntários passaram por uma triagem na qual foram esclarecidos quanto aos objetivos e procedimentos da pesquisa. Na sequência foi realizada uma entrevista para registrar o histórico físico e funcional dos voluntários, bem como suas medidas antropométricas. Foram registrados os seguintes dados de caracterização da amostra: idade (anos), massa corporal (kg), estatura (m), comprimento dos membros inferiores (m), sexo e índice de massa corporal (IMC).

Os voluntários foram avaliados quanto aos desfechos de TI e TRES pela abordagem teste-reteste, sendo o intervalo entre ambas as sessões entre 72 e 120 h, e os procedimentos avaliativos foram idênticos em ambas as sessões.

Todos os testes foram realizados unilateralmente no membro dominante. As medidas de força foram obtidas por meio do dinamômetro eletrônico portátil (E-lastic modelo 200 kg, W-sporte SE, Brasília, Brasil). Acoplado ao dinamômetro havia uma interface digital em formato de aplicativo da E-lastic para smartphone, compatível para sistemas operacionais Android e iOS, que captava os registros do sensor de força e transmitia as informações para o aplicativo via tecnologia Bluetooth (frequência de amostragem de 10 Hz). Todas as informações enviadas ao aplicativo foram armazenadas no cadastro do voluntário com identificação do dia e horário do registro.

Testes de força isométrica do quadríceps: O voluntário permaneceu sentado em uma cadeira alta, com o tronco inclinado para trás em aproximadamente 10° sustentado pelo apoio dos membros superiores nas bordas da cadeira, de forma que o ângulo de flexão do quadril manteve-se em torno de 100°. As coxas do voluntário foram presas à cadeira por meio de fitas de velcro para evitar movimentos compensatórios durante os testes. De maneira aleatória, os ângulos de joelho avaliados neste teste foram 100°, 90°, 80°, 70°, 60°, 50°, 40° e 45°. Para cada ângulo de interesse de posicionamento do joelho o voluntário foi orientado a realizar o máximo de força possível para estender o joelho durante 5 s.

A determinação do ângulo do joelho, que era controlado por medidas goniométricas, se dava por uma corrente inextensível conectada ao dinamômetro eletrônico portátil que era fixada na estrutura da cadeira, sendo

que a altura da fixação na cadeira era sempre ajustada para que o ângulo entre o dinamômetro e a fixação na cadeira ficasse sempre em 90°. A outra extremidade da corrente foi enganchada em uma tornozeleira vestida pelo voluntário.

Considerando que o comprimento da perna do voluntário era invariável, a força correspondente ao braço de alavanca criado, expressa em Kgf, era diretamente relacionada ao ângulo de joelho avaliado (Dufour e Pillu, 2016). Respeitou-se um intervalo mínimo de 60 s entre as repetições.

Para o cálculo de estimativa do torque, mensurou-se o braço de alavanca pela

distância entre a interlinha articular do joelho até o ponto da tornozeleira onde a corrente estava fixada. Os valores de força registrados pelo aplicativo E-lastic, normalizados pela massa corporal dos voluntários, a partir do teste, foram transformados em valores de torque estimados pela equação:

$$\text{Torque} = \text{força} \times \text{braço de alavanca}$$

O posicionamento do teste para um ângulo específico, e a representação esquemática da medida do braço de alavanca, podem ser visualizados na Figura 1.

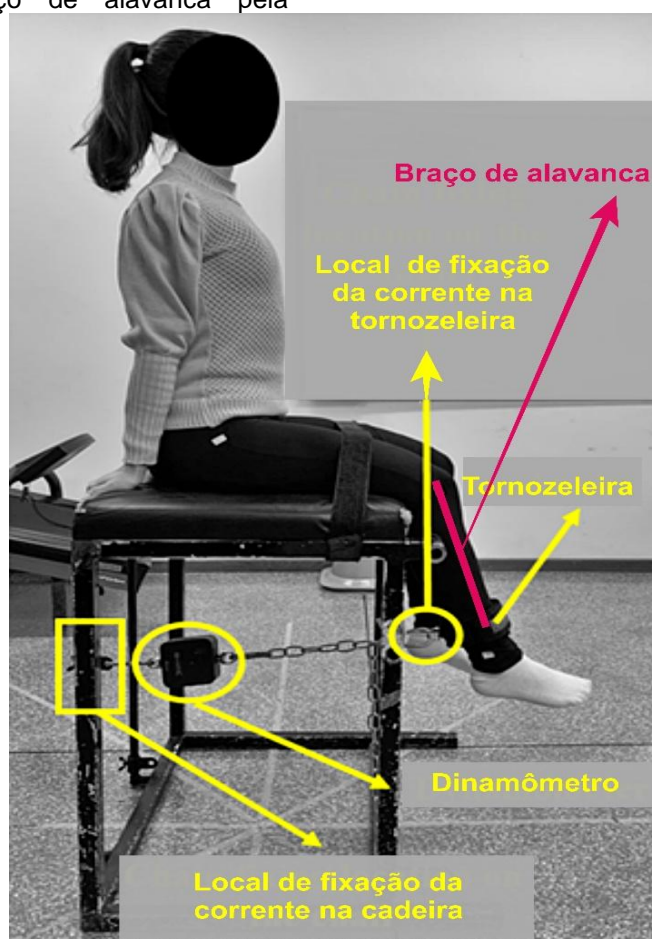


Figura 1 - Exemplo de método de configuração de teste.

Teste de resistência do quadríceps: O voluntário manteve a posição sentada na cadeira, como previamente descrita. A carga deste teste era a mesma para todos os voluntários e composta por um exercitador tubing de látex da cor vermelha, que corresponde à uma intensidade forte de acordo com o fabricante (Arktus, Santa Tereza

do Oeste, Brasil). Uma das extremidades do exercitador tubing elástico era enganchada à célula de carga, que por sua vez estava presa à estrutura da cadeira; e a outra extremidade enganchada a uma tornozeleira vestida pelo voluntário. Partindo de uma flexão de 90° de joelho, a tensão do exercitador aumentava progressivamente à medida que o joelho se

estendia até o ângulo de 40°, sendo este trecho angular demarcado por linhas de barbante para guiar o voluntário a realizar o movimento dentro intervalo angular proposto.

A força muscular necessária para vencer a resistência elástica do exercitador era quantificada pelo dinamômetro a cada movimento de extensão, que era representado por um único valor correspondente a cada movimento completo.

Tanto a força, registrada em kgf, quanto o número de repetições do movimento de extensão era registrado por meio de um aplicativo para smartphone do sistema E-lastic, que forneceu os registros de força expressos tanto por valores médios (força média representativa dos valores de força produzidos em todos os movimentos realizados no teste) quanto máximos (maior valor obtido dentre todos os valores produzidos).

O voluntário foi instruído a realizar o máximo de repetições possíveis de extensões de joelho até a fadiga muscular em quatro séries com intervalos de 45 s entre elas. O ponto de fadiga foi considerado pela própria percepção do voluntário ou quando este não atingisse a linha de barbante correspondente ao ângulo de 40° por três repetições consecutivas. A cadência das repetições foi padronizada por meio de metrônomo em 50 bpm, com 100 Hz, para minimizar a influência da velocidade no teste. Ao final de cada série foi coletada o nível de percepção de esforço (PSE) pela escala de Borg de 6 a 20 (Borg, 1982).

No caso do teste de resistência, para calcular os torques médio e máximo, pela mesma equação utilizada para quantificar o torque isométrico, calculou-se a média dos registros de força média e força máxima das quatro séries. O braço de alavanca considerado no teste de resistência, de forma arbitrária, foi o mesmo usado no teste isométrico, já que não é possível verificar as variações angulares instante a instante com o dinamômetro E-lastic.

Também foram registrados o número de repetições realizadas durante o teste e o tempo de duração de cada série. Para o TRES, calculamos o torque médio (TRESmed) e o torque máximo (TRESmax).

Análise estatística

Para análise estatística, foram utilizados os softwares XLStat e SPSS 20. O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$).

A análise estatística foi feita em duas partes. Na primeira parte aplicamos um teste de interdependência usando análise de componentes principais (PCA) visando observar o padrão de aninhamento das variáveis e, em seguida, separamos essas variáveis com base em suas cargas fatoriais para utilizá-las na segunda parte. Os dados para análise de PCA foram normalizados subtraindo cada escore bruto pelo valor médio e dividindo a diferença pelo desvio padrão. Na segunda parte fizemos as análises de reprodutibilidade e responsividade.

A reprodutibilidade relativa foi testada pelo coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e a reprodutibilidade absoluta pelo erro padrão de medida (EPM). Aplicou-se o ICC2,k (modelo aleatório bidirecional) (Weir, 2005), sendo a força das confiabilidades descritas como: 0-0,50 pobre; 0,51-0,75 moderada; 0,76-0,90 boa; maior que 0,91 excelente (Koo e Li, 2016). O EPM foi determinado pela raiz quadrada da variância do erro. A responsividade foi avaliada pela MMD determinada pela equação: $MMD = EPM \cdot 1,96 \cdot \sqrt{2}$ (Mathur, Eng e MacIntyre, 2005; Weir, 2005).

RESULTADOS

O estudo foi composto por 64 voluntários saudáveis (32♀/32♂). A caracterização da amostra está demonstrada na Tabela 1.

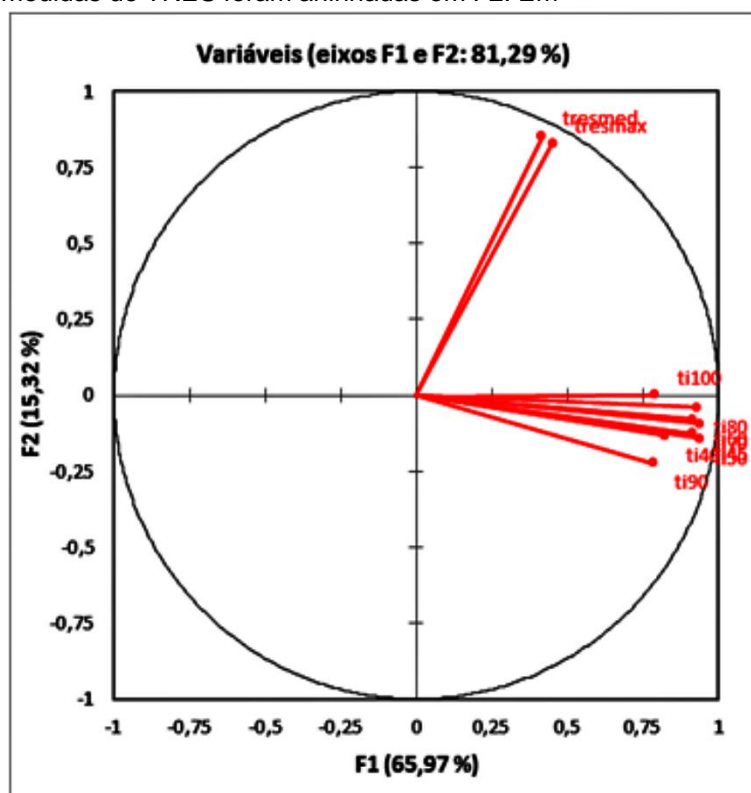
Tabela 1 - Estatística descritiva para os dados de caracterização da amostra.

Características	Média ± DP
Idade (anos)	21,4 ± 1,7
Massa corporal (kg)	72,9 ± 17,4
Estatura (m)	169,9 ± 23,4
Comprimento do MID (m)	90,3 ± 5,9
Comprimento do MIE (m)	90,0 ± 5,9
IMC	24,2 ± 4,6

Legenda: desvio padrão (DP); membro inferior direito (MID); membro inferior esquerdo (MIE); índice de massa corporal (IMC).

A análise de PCA retornou as variáveis aninhadas em dois fatores explicando, no total, 81,29% da variabilidade dos dados, sendo 65,9% no primeiro componente (F1) e 15,3% no segundo componente (F2). Todas as medidas de TI foram aninhadas em F1 e as duas medidas de TRES foram aninhadas em F2. Em

F1, os TI produzidos a 50°, 60°, 70° e 80° apresentaram a maior carga fatorial. Em F2, TRESmed produziu a maior carga fatorial. A análise do PCA e as cargas fatoriais podem ser visualizadas na figura 2.



	F1	F2
ti40	0,8217	-0,1321
ti45	0,9157	-0,1267
ti50	0,9382	-0,1415
ti60	0,9164	-0,0790
ti70	0,9405	-0,0938
ti80	0,9287	-0,0392
ti90	0,7843	-0,2229
ti100	0,7895	0,0005
tresmax	0,4519	0,8292
tresmed	0,4160	0,8513

Figura 2 - Círculo de correlações da Análise de Componentes Principais (PCA) e as cargas fatoriais correspondentes a todas as variáveis no primeiro (F1) e segundo (F2) fatores.

Legenda: torque isométrico a 40° (TI40); torque isométrico a 45° (TI45); torque isométrico a 50° (TI50); torque isométrico a 60° (TI60); torque isométrico a 70° (TI70); torque isométrico a 80° (TI80); torque isométrico a 90° (TI90); torque isométrico a 100° (TI100); máximo de torque produzido durante o teste de resistência (TRESmax); torque médio produzido durante o teste de resistência (TRESmed).

As medidas de TI tiveram reprodutibilidade (ICC) classificadas como boas, embora os intervalos de confiança (LI e LS) tenham sido largos em alguns casos. Já as medidas de reprodutibilidade (ICC) dos TRES variaram de boa e moderada.

Os resultados relativos ao TI estão apresentados na Tabela 2, enquanto os

resultados do TRES estão apresentados na Tabela 3.

Observa-se que o EPM revelou variabilidade entre 17 e 30% em torno da média. Com base na MMD, para haver mudanças reais nos torques, aumentos médios de 50 a 85% em relação às medidas basais são necessárias.

Tabela 2 - Estatísticas descritiva e inferencial para as estimativas de torque isométrico máximo produzidos em cada ângulo testado.

Ângulo	Média±DP Teste (Nm·kg ⁻¹)	Média±DP ReTeste (Nm·kg ⁻¹)	ICC	LI	LS	p-valor	EPM (Nm·kg ⁻¹)	MMD (Nm·kg ⁻¹)
40°	1,88 ± 0,98	1,97 ± 0,89	0,76	0,61	0,85	<0,001	0,57	1,60
45°	2,09 ± 1,02	2,19 ± 1,01	0,88	0,8	0,92	<0,001	0,46	1,30
50°	2,23 ± 1,05	2,29 ± 1,09	0,85	0,76	0,91	<0,001	0,53	1,49
60°	2,34 ± 1,11	2,21 ± 1,12	0,77	0,62	0,86	<0,001	0,68	1,89
70°	2,25 ± 1,05	2,36 ± 1,03	0,85	0,76	0,91	<0,001	0,52	1,44
80°	2,23 ± 0,91	2,27 ± 0,87	0,80	0,67	0,88	<0,001	0,51	1,42
90°	2,12 ± 0,87	2,11 ± 0,71	0,83	0,73	0,90	<0,001	0,42	1,16
100°	2,05 ± 0,70	1,92 ± 0,64	0,77	0,63	0,86	<0,001	0,40	1,12

Legenda: torque isométrico (TI); desvio padrão (DP); coeficiente de correlação intraclassa (ICC); limite inferior a ICC 95% (LI); limite superior a ICC 95% (LS); erro padrão de medida (EPM); mínima mudança detectável (MMD); p valor < 0,001 é estatisticamente significativa.

Tabela 3 - Estatísticas descritiva e inferencial para as estimativas de torque de resistência de força.

Teste TRES	Média±DP Teste (Nm·kg ⁻¹)	Média±DP ReTeste (Nm·kg ⁻¹)	ICC	LI	LS	p-valor	EPM (Nm·kg ⁻¹)	MMD (Nm·kg ⁻¹)
max	0,80 ± 0,20	0,76 ± 0,24	0,75	0,60	0,85	<0,001	0,14	0,39
med	0,62 ± 0,02	0,60 ± 0,27	0,56	0,28	0,73	0,001	0,18	0,51

Legenda: torque produzido no teste de resistência (TRES); máximo (max); médio (med); desvio padrão (DP); coeficiente de correlação intraclassa (ICC); limite inferior a ICC 95% (LI); limite superior a ICC 95% (LS); erro padrão de medida (EPM); mínima mudança detectável (MMD); p valor < 0,001 é estatisticamente significativa.

DISCUSSÃO

O objetivo geral desse estudo foi o de determinar medidas de reprodutibilidade e responsividade para estimativas de torque obtidas por meio do uso do dinamômetro Elastic.

Os principais achados desse estudo é que as estimativas de torque tiveram reprodutibilidade variando entre moderada e boa, respectivamente, nas medidas de TRES e TI; porém o EPM revelou grande variabilidade. Além disso, para haver mudanças reais no torque deve haver aumentos médios de 50 a 85% dos valores médios basais.

No PCA, como o critério para criação dos fatores é que não haja correlação nas variáveis alocadas em cada fator (Espírito

Santo, 2012), a observação de que as medidas de TI foram alocadas em um fator diferente daquelas oriundas do TRES confirma que estas duas variáveis são manifestações de força distintas.

Ainda pela análise da PCA, os ângulos com relevância clínica, para o TI, ficaram entre 50° a 80°. Faz sentido considerar que nessa faixa de ângulo o quadríceps está em seu melhor comprimento e, conseqüentemente, com maior capacidade de produzir força, enquanto nesses ângulos o músculo quadríceps há uma maior sobreposição dos filamentos de actina e miosina, gerando uma maior produção de tensão (Neumann, 2022).

Nesse estudo, buscamos analisar, por meio do ICC relativo, o quão próximos eram as posições de ranqueamento dos valores de duas

tentativas, tanto do teste isométrico quanto do teste de resistência de força. Assim, caso as posições de ranqueamento fossem idênticas nas duas tentativas, seria atribuído um ICC de 1 (Hopkins, 2000).

O valor do ICC, desta maneira, está relacionado com a reprodutibilidade relativa, a qual diz respeito à consistência da pontuação ou classificação no grupo em relação aos outros (Weir, 2005). Segundo nossos achados, as medidas de TI tiveram valores iguais ou maiores à 0,76, o que representa boa reprodutibilidade.

Contudo, as medidas de TRES variaram entre o intervalo de 0,51 a 0,75 e, assim, classificados como moderada reprodutibilidade. Sugere-se, assim, que as medidas de TI obtidas a partir dos dados de força do E-lastic são mais reprodutíveis que aquelas do TRES.

Corroborando nossos achados, em um estudo que objetivou avaliar o efeito da fotobiomodulação nas medidas de TI e TRES também encontrou medidas de reprodutibilidade e responsividade próximas aquelas encontradas no presente estudo (Serighelli e colaboradores, 2024).

Especulamos, a partir dos nossos achados, que o efeito da menor reprodutibilidade no ambiente clínico seja menos impactante que no contexto de pesquisa científica. Contudo, estudos que confirmem ou refugem tal premissa são necessários.

O EPM está relacionado à reprodutibilidade absoluta e quantifica a precisão das pontuações individuais em um teste, relacionada como o desvio padrão dos valores individuais (Hopkins, 2000; Weir, 2005). Esse valor também pode ser afetado por erros sistemático (erro constante e viés) e erros aleatórios (fatores casuais) (Hopkins, 2000; Weir, 2005).

A variação dessa medida pode ser dada por diversos fatores, sendo o principal os erros de caráter biológico, o qual inclui alterações no estado mental e físico, que é considerado erro aleatório (Hopkins, 2000).

Além disso, fatores como aprendizagem do teste ou fadiga também podem afetar as pontuações nos testes, considerado como erro sistemático (Weir, 2005).

Isso poderia explicar a grande variabilidade do EPM apresentada neste estudo, já que não foi possível controlar as diferenças, entre as duas tentativas no estado

mental e no nível de recuperação da demanda de vida diária dos voluntários. E isso pode ser apontado como uma limitação do presente estudo.

Em um estudo similar à presente pesquisa (Oliveira, 2021), que buscou verificar a reprodutibilidade das medidas de força muscular isométrica medido pelo E-lastic, foram realizados, em três dias de teste, três séries de contrações isométricas máximas nos movimentos de rotação externa do ombro, flexão de cotovelo e extensão de quadril. Obteve como resultado um ICC >0,90, sendo classificado como excelente e EPM menores que 5%, chegando à conclusão de que o E-lastic é um instrumento preciso com alta reprodutibilidade intra-avaliadores e inter-dias para esses movimentos.

Contudo, neste último estudo, os achados são válidos para os dados de força e não para o torque, considerando que os dados de torque podem variar a depender do tamanho do braço de alavanca.

Outro estudo (Silva, 2019) que avaliou a concordância do TI de rotadores de ombro comparando o E-lastic com um dinamômetro isocinético, o qual é considerado método padrão-ouro para avaliar força muscular (Oliveira, 2021), chegou ao ICC correspondente classificado como moderado. Nesse estudo, o pico de torque médio se apresentou maior no dinamômetro isocinético do que no portátil, o que foi justificado pelo autor pelo posicionamento de maior estabilização articular para a contração proporcionada pelo dinamômetro isocinético. Isso reforça a necessidade de realizar uma boa familiarização dos testes, já que está relacionada com os erros sistemáticos (Weir, 2005), o que pode interferir diretamente nos valores de força adquiridos nos testes e alterar de maneira negativa o ICC.

A confiabilidade é integrada pela consistência relativa e absoluta (Weir, 2005). Dessa forma, para determinar a confiabilidade é necessário fazer a análise em conjunto do ICC e do EPM, a qual nesse caso, respectivamente, tiveram o resultado bom e pobre.

A justificativa pode ser a heterogeneidade na capacidade daqueles que compuseram a amostra (Weir, 2005), o que aumenta o EPM, ainda que o ICC, que representa apenas a ordem de ranqueamento do voluntário em um conjunto de dados, tenha sido adequado.

O E-elastic é um instrumento de tecnologia portátil associada a um aplicativo de smartphone (Oliveira, 2021), o que permite uma avaliação de força muscular eficiente na prática clínica. A partir dos resultados encontrados neste e em outros estudos, pode-se afirmar que, embora haja vantagens como facilidade de uso e menor custo dos dinamômetros portáteis, o E-elastic possui uma boa reprodutibilidade relativa para estimativas de TI e moderada para estimativas de TRES, mas reprodutibilidade absoluta e responsividade com alta variabilidade.

Consequentemente, especialmente em pesquisas, é necessário usar os dados com parcimônia, pois os dados coletados parecem muito influenciados por variabilidades individuais.

Também se destaca como limitação o fato do software do E-elastic entregar os resultados somente para as medidas de força, já que, para transformar esses dados de força em toque, cálculos manuais foram necessários. Assim, para o mesmo valor de força, um braço de alavanca diferente pode influenciar diretamente o resultado.

Embora todos os cuidados para evitar erros tivessem sido tomados, essa transformação não está livre de viés.

Dessa forma, sugere-se que para futuras atualizações do software, essas medidas de torque pudessem ser calculadas pelo próprio equipamento.

CONCLUSÃO

Observamos que as estimativas de TI e TRES pelo E-elastic apresentam reprodutibilidade relativa, respectivamente, boa e moderada, mas pobre reprodutibilidade absoluta e responsividade.

Fonte de financiamento

Bolsa de pesquisa fornecida pela Fundação Araucária-Brasil (número 06/2021-PIC-Ações Afirmativas) usufruída pela primeira autora.

Conflitos de interesse

Não há conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- 1-Barbosa, A.M.; Camassuti, P.A.S.; Tamanini, G.; Marcolino, A.M.; Barbosa, R.I.; Fonseca, M.C.R. Confiabilidade e validade de um dispositivo de célula de carga para avaliação da força de preensão palmar. *Fisioterapia e Pesquisa*. Vol. 22. Num. 4. 2015. p. 378-385.
- 2-Barquilha, G.; Ribeiro, A.S.; Silva, D.R.P.; Oliveira, J.C.; Azevedo, P.H.S.M.; Silva, D.; Oliveira, J.C.; Azevedo, P.H.; Cyrino, E. S. Efeito de diferentes intervalos de recuperação sobre a resistência de força em indivíduos de ambos os sexos. *Revista da Educação Física/UEM*. Vol. 24. Num. 2. 2013. p. 261-268.
- 3-Beckerman, H.; Roebroek, M.E.; Lankhorst, G.J.; Becher, J.G.; Bezemer, P.D.; Verbeek, A.L.M. Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness. *Quality of Life Research*. Vol. 10. Num. 7. 2001. p. 571-578.
- 4-Borg, G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 14. Num. 5. 1982. p. 377-381.
- 5-Dufour, M.; Pillu, M. Biomecânica funcional. *Manole*. 2016. p. 568.
- 6-Espírito Santo, R. Utilização da Análise de Componentes Principais na compressão de imagens digitais. *Einstein*. Vol. 10. Num. 11. 2012. p. 135-139.
- 7-Fleck, S.J.; Kraemer, W.J. Fundamentos do treinamento de força muscular. *Porto Alegre. Artmed*. 2017. p. 472.
- 8-Gobbi, S.; Villar, R.; Zago, A. S. Bases teórico-práticas do condicionamento físico. *Rio de Janeiro. Guanabara Koogan*. 2005. p. 284.
- 9-Hall, S.J. Biomecânica básica. *Rio de Janeiro/RJ. Guanabara Koogan*. 2022. p. 432.
- 10-Hopkins, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*. Vol. 30. Num. 5. 2000. p. 375-381.
- 11-Koo, T.K.; Li, M.Y.A Guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*. Vol. 15. Num. 2. 2016. p. 155-163.

12-Kovacs, F.M.; Abraira, V.; Royuela, A.; Corcoll, J.; Alegre, L.; Tomás, M.; Mir, M.A.; Cano, A.; Muriel, A.; Zamora, J.; Del Real, M.T.G.; Gestoso, M.; Mufraggi, N. Minimum detectable and minimal clinically important changes for pain in patients with nonspecific neck pain. *BMC Musculoskeletal Disorders*. Vol. 9. Num. 43. 2008.

13-Mathur, S.; Eng, J.J.; Macintyre, D.L. Reliability of surface EMG during sustained contractions of the quadriceps. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol. 15. Num. 1. 2005. p. 102-110.

14-Neumann, D. A. Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para a reabilitação. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2022. p. 4754.

15-Oliveira, E.B. Reprodutibilidade das medidas de força muscular isométrica máxima obtidas através de um dinamômetro portátil de tração. TCC. Universidade de Brasília. Brasília. 2021.

16-Reis, A.L. Efeitos agudos do treinamento resistido com elástico sobre o estresse oxidativo em pessoas com Síndrome de Down e determinação do módulo de elasticidade de tubos elásticos. Tese. Universidade Católica de Brasília. Brasília. 2022.

17-Roschel, H.; Tricoli, V.; Ugrinowitsch, C. Treinamento físico: considerações práticas e científicas. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*. Vol. 25. Num. Esp. 2011. p. 53-65.

18-Serighelli, F.; Silva, D.D.O.; Reginato, G.A.; Pocaí, B.L.; Vieira, D.D.; Carvalho, A.R. Can photobiomodulation improve quadriceps strength and endurance outcomes in asymptomatic adults? a double-blind randomized controlled trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. Vol. 37. 2024. p. 94-100.

19-Silva, F.G. Avaliação de concordância entre a força isométrica de rotadores de ombro determinada por dinamômetro portátil de tração e dinamômetro isocinético. TCC. Escola de Educação Física do Exército. Rio de Janeiro. 2019.

20-Taylor, J.L.; Gandevia, S.C. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 104. Num. 2. 2008. p. 542-550.

21-Teles, F.S.; Pereira, M.C.; Rocha-Júnior, V.D. A.; Carmo, J.C.; Andrade, M.M. Parâmetros eletromiográficos em exercícios fatigantes realizados com diferentes tipos de resistência. *Fisioterapia e Pesquisa*. Vol. 23. Num. 3. 2016. p. 257-262.

22-Vet, H.C.W.; Bouter, L.M.; Bezemer, P.D.; Beurskens, A.J. Reproducibility and responsiveness of evaluative outcome measures. Theoretical considerations illustrated by an empirical example. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*. Vol. 17. Num. 4. 2001. p. 479-87.

23-Vet, H.C.W.; Terwee, C.B. The minimal detectable change should not replace the minimal important difference. *Journal of Clinical Epidemiology*. Vol. 63. Num. 7. 2010. p. 804-805.

24-Weir, J.P. Quantifying Test -Retest reliability using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 19. Num. 1. 2005. p. 231-240.

1 - Laboratório de Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus Cascavel-PR, Brasil.

2 - La Trobe University, La Trobe Sport and Exercise Medicine Research Centre, Melbourne, Victoria, Australia; Laboratório de Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus Cascavel-PR, Brasil.

3 - Laboratório de Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus Cascavel-PR, Brasil.

4 - Programa de Pós-Graduação em Biociências e Saúde e Laboratório de Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus Cascavel-PR, Brasil.

E-mail dos autores:

joanaanair@hotmail.com

F.Serighelli@latrobe.edu.au

bruna.pocai@gmail.com

dennisdamianvieira@gmail.com

giovana11aita@gmail.com

alberitorodrigo@gmail.com

Autor correspondente

Alberito Rodrigo de Carvalho.

alberitorodrigo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5520-441X>Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE).

Rua Universitária, 1619, Cascavel-PR, Brasil.

CEP: 85819-110,

Recebido para publicação em 14/01/2024

Aceito em 06/02/2024