



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ENZOPHELIPE BRENO DE OLIVEIRA

**REPRODUTIBILIDADE DAS MEDIDAS DE FORÇA MUSCULAR
ISOMÉTRICA MÁXIMA OBTIDAS ATRAVÉS DE UM
DINAMÔMETRO PORTÁTIL DE TRAÇÃO**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Lauro Casqueiro Vianna

Brasília - DF, Brasil.

2021

**Reprodutibilidade das medidas de força muscular isométrica máxima
obtidas através de um dinamômetro portátil de tração**

ENZOPHELIPE BRENO DE OLIVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção de Título de Bacharel em Educação Física pela Universidade de Brasília desenvolvido no Laboratório de Fisiologia Integrativa NeuroVASQ da Faculdade de Educação Física, Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Lauro Casqueiro Vianna

Brasília - DF, Brasil.

2021

Reprodutibilidade das medidas de força muscular isométrica máxima obtidas através de um dinamômetro portátil de tração

RESUMO

A importância de se avaliar força muscular tem sido descrita tanto no ambiente esportivo como na saúde, as contrações isométricas têm sido utilizadas como uma forma mais rápida e mais acessível de avaliação, desta forma o objetivo principal do estudo é o de verificar a reprodutibilidade das medidas de força muscular isométrica do dinamômetro de tração – E-lastic. **Métodos:** O estudo é caracterizado como do tipo descritivo. Foram recrutados 29 voluntários, sem doenças crônicas ou osteomioarticulares. Foram realizadas 3 dias de testes, sendo 1 dia de familiarização, entre as sessões de teste e reteste tiveram um intervalo de 24 horas. Os sujeitos tiveram que realizar 3 séries de contração isométrica máxima, de 3 a 5 segundos de forma contrabalanceada, utilizando um dinamômetro de tração. Onde executaram os seguintes movimentos: Rotação externa do ombro (REXT), flexão de cotovelo (FLEXC) e extensão de quadril (EXTQ). **Resultados:** O coeficiente de correlação intraclasse pra todas as medidas foi $> 0,90$ e o erros típicos das medidas foram abaixo de 5%, classificando a reprodutibilidade do dinamômetro como excelente. **Conclusão:** O estudo concluiu que o dinamômetro de tração E-lastic é um instrumento preciso para a avaliação da força muscular isométrica máxima e apresentou altíssima reprodutibilidade intra avaliador e inter dias para os movimentos de rotação externa do ombro, flexão de cotovelo e extensão de quadril

Palavras-chave: força isométrica, confiabilidade, reprodutibilidade, dinamômetro

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
OBJETIVO GERAL.....	8
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	8
HIPÓTESE	8
JUSTIFICATIVA	9
MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
Instrumentos de coletas de dados Avaliação Antropométrica.....	11
Avaliação da Força Muscular Isométrica	11
Procedimentos para coleta de dados	11
Análise Estatística.....	14
RESULTADOS	15
DISCUSSÃO	18
CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

INTRODUÇÃO

Atualmente estuda-se a manifestação da força muscular de forma multifatorial, uma vez que, fatores neurais e morfológicos influenciam a força máxima do indivíduo. Dentre as variáveis fisiológicas que interferem diretamente na força muscular temos: Área de secção transversa do músculo esquelético, arquitetura muscular, rigidez músculotendínea, recrutamento e sincronização das unidades motoras, frequência de disparo das fibras musculares e inibição neuromuscular (SUCHOMEL et al., 2018).

Revisões recentes têm relatado a importância da força muscular no ambiente da performance atlética (SUCHOMEL; NIMPHIUS; STONE, 2016) e também na saúde durante o envelhecimento (MCLEOD et al., 2016). Hoje já se tem ideia de que a força não é apenas mais uma das formas de manifestação da aptidão física, e suas adaptações ao treinamento tem relação com a saúde sistêmica das pessoas e a fraqueza pode trazer prejuízos ao longo da vida (MAESTRONI et al., 2020)

Inclusive procuraram investigar a relação entre a força máxima e o risco de mortalidade por todas as causas e câncer. Nesse estudo de coorte prospectivo foram analisados mais de 8000 homens com idades entre 20 e 80 anos acompanhados por um período de aproximadamente 18 anos, onde foram realizados testes de força máxima de membros inferiores e membros superiores. Acredita-se que este tenha sido o primeiro estudo a analisar grupamentos musculares diferentes, com testes padronizados, e que tenha estabelecido uma relação inversa entre a força muscular e mortalidade por todas as causas e câncer, e isso foi verificado tanto em homens com obesidade e sobrepeso, como em homens com o peso corporal normal (RUIZ et al., 2008). Estudos subsequentes, desde então, vem confirmando essa associação (GARCÍA-HERMOSO et al., 2018; VOLAKLIS; HALLE; MEISINGER, 2015). No estudo de Meta-Análise de Garcia-Hermoso et al. (2018) que analisaram um total de 38 estudos e aproximadamente 2 milhões de participantes, foi demonstrado que essa relação foi mais impactante nas mulheres do que nos homens. Sugerindo que valores mais baixos de força sejam mais prejudiciais nas mulheres, relacionando a diversos mecanismos relacionados a força absoluta mais baixa e hormônios na pós menopausa (GARCÍA-HERMOSO et al., 2018).

Em um posicionamento recente a National Strength and Conditioning Research, elaboraram uma série de recomendações relacionados ao trabalho da força muscular como parte principal na intervenção com idosos, já que, estes sofrem de uma série de consequências relacionadas a perda de força muscular ao longo dos anos que podem acarretar em perda de funcionalidade e dependência nas atividades da vida diária (FRAGALA et al., 2019)

A baixa força muscular também foi associada ao risco de desenvolver diabetes tipo 2. O estudo de Peterson et al. (2016) demonstrou que, para cada decréscimo de 0,05 normalizada de acordo com o peso corporal, houve um aumento de 1,26 vezes nas chances de ter diabetes, tanto em homens quanto mulheres, além de fornecer limiares de risco associados aos valores de força muscular, que segundo os autores, poderiam ser usados na prática clínica para se saber o momento ideal de se aplicar uma intervenção de treinamento baseado na categoria de grau de risco (PETERSON et al., 2016).

Portanto, parece ser bem descrito na literatura a relevância de se avaliar a força muscular. Dentre os métodos de avaliação da força, é possível avaliar por meio de contrações dinâmicas ou isométricas, visto que, os ganhos de força máxima podem ser medidos de diferentes formas, tanto por escalas mais subjetivas e indiretas, como por meio de aparelhos com uma tecnologia mais avançada e medidas mais objetivas. O dinamômetro Isocinético é considerado o método padrão ouro de avaliação da força muscular, uma vez que, ele é o melhor método e o que mais atende os critérios de autenticidade científica em relação a medida de força. Porém, por ser o melhor método de avaliação com maior validade e reprodutibilidade, das suas principais desvantagens temos: Um custo muito elevado, tanto para se adquirir um em laboratório como para sua manutenção, tempo de avaliação longo e falta de portabilidade. Com isso por muitas vezes fica inviável sua utilização fora do ambiente laboratorial.

Na prática clínica, esportiva e dentro das academias, tem-se buscado formas mais baratas e práticas para se avaliar a força muscular. Um teste muito usado no contexto da reabilitação de pessoas frágeis que estão acamadas ou hospitalizadas é o Manual Muscle Testing (MMT) que acaba utilizando diferentes protocolos de escala gradual. O teste consiste em o avaliador aplicar um nível de pressão e por meio de uma escala avaliar o nível de força. Acredita-se que esse teste seja um dos mais baratos e práticos, porém, utiliza-se de escalas graduais e subjetivas e sua validade e confiabilidade são discutíveis, uma vez que, a maioria dos estudos não relatam de forma consistente seus parâmetros de avaliação (CONABLE; ROSNER, 2011). O teste de preensão manual também é bastante usado e já existem diversos estudos comprovando sua eficácia, porém ele tem a desvantagem de se avaliar somente um grupamento muscular. O dinamômetro portátil de compressão é possível avaliar grupos musculares diferentes, mas tem a desvantagem de que a avaliação fica comprometida caso o avaliado seja mais forte que o avaliador.

Com isso empresas tem desenvolvido dinamômetros portáteis e de baixo custo comparado com outros métodos mais renomados, para se avaliar a força muscular. Em 2017 testaram a reprodutibilidade de um dinamômetro digital portátil para medir a força isométrica

dos membros inferiores. O aparelho demonstrou excelente validade e confiabilidade intra e inter avaliadores (ROMERO-FRANCO; JIMÉNEZ-REYES; MONTAÑO-MUNUERA, 2017). Romero- Franco et al. (2019), testaram o mesmo aparelho para diferentes grupamentos dos membros superiores com um protocolo diferente, e os resultados se repetiram mas uma limitação do aparelho consiste em ter uma faixa de medição de 0 a 50 kg, também não sendo aplicável a indivíduos mais fortes (ROMERO-FRANCO et al., 2019)

Desta forma o objetivo do estudo consiste em verificar os critérios de autenticidade científica, mais precisamente a reprodutibilidade das medidas de força muscular do dinamômetro de tração – E-lastic.

OBJETIVO GERAL

Verificar os critérios de autenticidade científica das medidas de força muscular isométrica máxima obtidas através do dinamômetro digital portátil de tração (E-lastict).

OBJETIVO ESPECÍFICO

Verificar a reprodutibilidade das medidas de força muscular isométrica máxima obtidas através do dinamômetro digital portátil intra avaliador e inter dias, em relação a 3 movimentos articulares diferentes.

HIPÓTESE

A hipótese é de que o dinamômetro E-lastict iria ser reprodutível para as medidas de força muscular isométrica máxima dos 3 movimentos articulares avaliados.

JUSTIFICATIVA

As formas mais objetivas para avaliação da força máxima, tem grandes limitações. O melhor método de avaliação é praticamente inacessível, na prática clínica, esportiva e nas academias. Portanto desde então foram estudados uma série de tecnologias portáteis, para facilitar a forma de se avaliar, o acesso e o custo de avaliação mais objetivas. O dinamômetro E-lastic permite que você avalie a força por meio de um smartphone, armazenamento de dados na nuvem e ainda pode avaliar diferentes movimentos articulares com uma faixa de medição mais alta. Por isso é de grande relevância analisar os critérios de autenticidade científica do aparelho, uma vez que, ele preenche uma série de lacunas relacionadas a medida da força, custo e acessibilidade, unindo isso com uma alta tecnologia e capacidade de armazenamento de dados de avaliação de forma organizada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Critérios de Inclusão e Exclusão

O estudo é caracterizado como do tipo Descritivo. Foram recrutados para participar do estudo um total de 29 voluntários. Cada indivíduo foi orientado quanto aos métodos adotados na pesquisa, seus riscos, benefícios e medidas de prevenção, e tiveram que assinar um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo comitê de ética em pesquisa.

A amostragem foi por conveniência, uma vez que, o recrutamento se deu através de convites verbais e folhetos distribuídos nas comunidades próximas à Universidade de Brasília, isso porque o fácil acesso ao Centro Olímpico da universidade, onde ocorrem parte dos projetos de extensão da Faculdade de Educação Física, auxiliou no recrutamento dos estudantes que transitavam pelo local e também pessoas que usufruíam dos projetos que incentivam a prática de atividade física.

Todos os indivíduos selecionados para o estudo deviam ser maiores de 18 anos e não possuírem doenças crônicas e osteomioarticulares, assim como, não terem feito cirurgia articular nos últimos 5 anos na data de aplicação dos testes. No dia dos testes de força muscular, os voluntários foram orientados a comparecer bem hidratados, aproximadamente 2 horas após a última refeição, para participarem dos protocolos. Além disso os participantes não deveriam ter praticado exercícios físicos por pelo menos 24 horas antes dos experimentos e nem ingerir bebidas estimulantes como: café, chás pretos ou qualquer outra bebida que contenha cafeína.

Os critérios de inclusão foram não possuírem doenças osteomioarticulares, assim como, não terem nenhuma cirurgia articular nos últimos cinco anos da data de aplicação dos testes.

Instrumentos de coletas de dados

Avaliação Antropométrica

Para a antropometria, foram utilizadas as medidas de massa corporal e estatura, definidas da seguinte forma:

- Massa corporal: Foi utilizada uma balança eletrônica digital (Be Emotion®, modelo Easy Compact) com resolução de 100 gramas.
- Estatura: Foi auto reportada pelo voluntário da pesquisa (DAVIES et al., 2020).

Avaliação da Força Muscular Isométrica

Para avaliação da força muscular isométrica dos membros superiores e inferiores, foi utilizado um dinamômetro digital portátil (E-lastic modelo 200kg, E-lastic Equipamentos e Serviços de Medição Ltda., Brasil) capaz de medir as forças de tração exercidas sobre o mesmo, permitindo o teste da força isométrica máxima. Tal medição foi feita por meio de uma célula de carga devidamente calibrada (AEPH do Brasil®, modelo *TS 200*) e acoplada à acessórios que permitiam a execução do teste como alça de mão, alça de tornozelo e extensor metálico (corrente). Juntamente à célula de carga, existe uma interface digital em formato de aplicativo de celular (E-lastic 5.0, compatível para sistemas operacionais Android e iOS) na qual capta os dados do sensor de força e transmite através da tecnologia *Bluetooth®* (BLE, 4.0) as informações de força na unidade quilos (kg) para o aplicativo. Todas as informações, transmitidas para o *app*, são armazenadas dentro da ficha de cadastro de cada participante da pesquisa e os valores, tanto da força média quanto da força máxima, apresentados em um formato de gráfico com a data de realização.

Procedimentos para coleta de dados

O foco dos procedimentos foi de verificar se as medidas de força muscular isométrica, seria reprodutível intra avaliador e inter dias. Nesse contexto, o avaliador foi o mesmo, este foi treinado, instrumentalizado e familiarizado com a prática de avaliação de força utilizando o dinamômetro e seu respectivo software para dispositivos móveis.

Para familiarização de todos os testes, os voluntários executaram todos os movimentos propostos na angulação pré-determinada para cada articulação. O avaliador

responsável pelo procedimento de familiarização consultou as imagens de cada movimento (disponíveis no aplicativo para coleta de dados), posicionou o avaliado na angulação correta e repassou um feedback sobre a execução de cada movimento sobre compensações ou correções a serem feitas antes de iniciar a coleta de dados, além de facilitar a aprendizagem por parte do sujeito. As repetições foram realizadas do lado direito e esquerdo do corpo.

Análise dos dados de força isométrica máxima intra avaliador e inter dias. O voluntário da pesquisa teve que realizar 3 visitas ao laboratório. A primeira visita consistiu na familiarização do voluntário com protocolo de força isométrica máxima dos movimentos de rotação externa de ombros (REXT), flexão de cotovelos (FLEXC) e extensão de quadris (EXTQ), representados nas figuras 1, 2 e 3. No entanto, após a familiarização, o voluntário teve que comparecer em dois dias consecutivos, com no mínimo 24 horas de intervalo, para a coleta de dados. O avaliador foi o mesmo durante os encontros e a ordem dos exercícios foi contrabalanceada, o protocolo realizado foi de três séries de contrações isométricas máximas que tiveram duração de três a cinco segundos, para cada um dos movimentos, tanto do lado esquerdo, como direito e todas as tentativas contaram com incentivo verbal padronizado feito pelo avaliador.

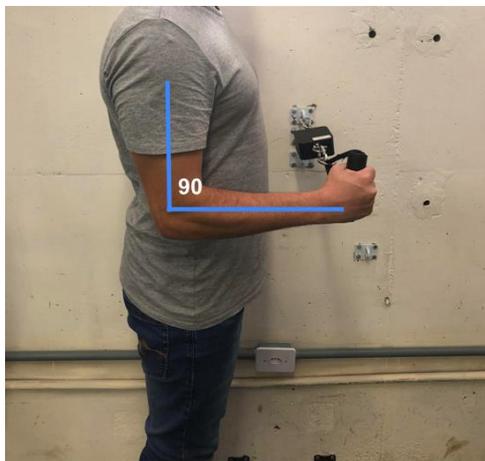


Figura 1 - Exercício de Rotação Externa do Ombro (REXT).



Figura 2 - Exercício flexão de cotovelo (FLEXC).



Figura 3 – Exercício extensão de quadril (EXTQ).

Os ângulos que foram utilizados para cada movimento, em sua maioria, coincidiram com o ângulo de desvantagem mecânica para a articulação a ser analisada. Baseado nas figuras referentes aos exercícios do protocolo de força, os sujeitos se posicionaram em pé, e a altura do dinamômetro eletrônico portátil, variava de acordo com a angulação em que o exercício era executado. Para isso as coletas foram realizadas em locais que permitiam esse deslocamento, para cima e para baixo, do ponto de fixação. Assim, recomenda-se que os testes sejam aplicados em instrumentos como espaldares, polias ou ganchos acoplados nas paredes.

A interface de captação e armazenamento dos dados, ou seja, o aplicativo E-lastic 5.0, armazenou a média das três tentativas assim como a de maior valor para cada exercício realizado organizado por data e indivíduo. Além disso, a célula de carga utilizada tem uma sensibilidade de $2,00 \text{ mV/V} \pm 10\%$, não linearidade $<0,02\%$, histerese $<0,02\%$ e compensação de temperatura que atendem a portaria 236/94 da certificação do INMETRO pois também pode ser usada para pesagem industrial na qual exige um bom nível de precisão das medidas. A confiabilidade e erros técnicos de medida serão obtidos nas etapas iniciais do projeto através dos testes intra e inter dias.

Análise Estatística

A distribuição dos dados foi analisada com o teste de Shapiro-Wilk. Para verificar os efeitos intra avaliador e interdias, foi utilizado um Teste-T de Student para amostras dependentes. Para analisar a reprodutibilidade das medidas da variável dependente (força muscular isométrica máxima) foi utilizado o coeficiente de correlação intraclassa (CCI). Os valores foram considerados seguindo a correlação da seguinte escala: valores menores que 0,5 são considerados ruins, valores entre 0,5 e 0,75 são moderados, valores entre 0,75 e 0,9 são considerados bons e valores maiores que 0,90 indicam reprodutibilidade excelente (KOO; LI, 2016).

Além disso foi calculado o erro típico da medida (ETM), usando o desvio padrão das diferenças, entre as médias de cada um dos indivíduos do dia 1 e dia 2, dividido pela raiz quadrada de 2, $(DP_{dif 1 e 2} / \sqrt{2})$ e o ETM relativo, que é o ETM absoluto dividido pela média dos dois dias, multiplicado por 100, $(média 1 e 2 / ETM \cdot 100)$ (HOPKINS, 2000).

Um nível de significância estatístico estabelecido foi de 5% e um intervalo de confiança de 95% foram utilizados para todos os testes estatísticos. Para todos os cálculos envolvidos no presente estudo foram utilizados os seguintes softwares: Microsoft Excel 2016 do pacote Office e pelo software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 23.0 – IBM).

RESULTADOS

A amostra foi composta por 29 participantes, sendo 12 homens e 17 mulheres, em média eutróficos com a faixa de idade entre 18 e 30 anos, O teste de Shapiro- Wilk constatou que a amostra representa uma distribuição normal. Na Tabela 1 está descrita as características dos participantes:

Tabela 1:Características dos participantes (n = 29)

	Média ± DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos):	23,14 ±3,16	18	30
Massa Corporal (kg)	69,81 ± 13,18	50,2	104,9
Estatura (m)	1,68 ± 0,09	1,57	1,86
IMC (kg/m ²)	24,49 ± 3,44	18,93	35,05

Média ± DP (Desvio Padrão), valor mínimo e valor máximo.

Na Tabela 2, temos a média e desvio padrão, para cada um dos movimentos, no dia 1 e no dia 2, além dos valores de erro típico da medida absoluto (ETM) e (ETM%) relativo, a unidade de medida do dinamômetro E-elastic representa a medida de força muscular isométrica máxima em quilogramas (kg).

Tabela 2: Resultados das Medidas de força isométrica máxima, intravaliador e interdias, com o dinamômetro E-lastie.

Movimentos	Média ± DP(kg)	ETM(kg)	ETM (%)	p valor
Rotação Externa do Ombro Direito				
Dia 1	7,79 ± 2,18	0,34718	4,459	0,881
Dia 2	7,78 ± 2,17			
Rotação Externa do Ombro Esquerdo				
Dia 1	7,57 ± 2,33	0,37089	4,885	0,726
Dia 2	7,61 ± 2,25			
Flexão de Cotovelo Direito				
Dia 1	17,25 ± 5,68	0,4807	2,78	0,517
Dia 2	17,33 ± 5,79			
Flexão de Cotovelo Esquerdo				
Dia 1	16,73 ± 5,87	0,4724	2,817	0,487
Dia 2	16,82 ± 5,86			
Extensão de Quadril Direito				
Dia 1	14,97 ± 4,92	0,519473	3,425	*0,008
Dia 2	15,36 ± 5,11			
Extensão de Quadril Esquerdo				
Dia 1	14,62 ± 4,69	0,572256	3,894	0,314
Dia 2	14,77 ± 4,79			

*Média ±DP (Desvio Padrão), ETM (Erro Típico da Medida), ETM Relativo (%), quilogramas (kg) * p valor < 0,05 para diferença significativa.*

Em relação a todos os movimentos é possível observar pouca diferença nas médias entre os dias, não houve diferença significativa entre os dias, exceto para o movimento de Extensão de Quadril Direito, que curiosamente apresentou valor de p (0,008), sendo p valor < (0,05), apresentando uma diferença significativa entre as médias do dia 1 e dia 2. Entretanto interpretamos isso como uma diferença biológica irrelevante, apesar de estatisticamente ter apresentado diferença, na prática esse valor não é representativo, ainda mais quando analisamos os valores baixos de ETM absoluto e relativo, cujo a única medida próxima de 5% foi a do movimento de Rotação Externa do Ombro, tanto direito, como esquerdo. Aliás esses mesmos movimentos foram o que apresentaram menor ETM absoluto, em contrapartida, os valores de Extensão de Quadril apresentaram maior ETM absoluto, mas ainda sim baixo do ponto de vista biológico.

Tabela 3: Resultados do Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI), intravaliador e interdias, medido pelo dinamômetro E-lastic.

Movimentos	CCI	IC 95%		p valor
		LI	LS	
Rotação Externa do Ombro Direito	0,988	0,973	0,994	0,000
Rotação Externa do Ombro Esquerdo	0,987	0,973	0,994	0,000
Flexão de Cotovelo Direito	0,997	0,993	0,998	0,000
Flexão de Cotovelo Esquerdo	0,997	0,993	0,998	0,000
Extensão de Quadril Direito	0,993	0,982	0,997	0,000
Extensão de Quadril Esquerdo	0,993	0,984	0,997	0,000

Os valores estão apresentados como: CCI (Coeficiente de Correlação Intraclasse), IC (Intervalo de Confiança), LI (Limite Inferior) e LS (Limite Superior), p valor < 0,001 estatisticamente significativa.

De acordo com o Coeficiente de Correlação Intraclasse, descrito na Tabela 3. A reprodutibilidade da medida para todos os movimentos, foi classificada como excelente, pois, todos os valores de CCI > 0,90, incluindo os valores de intervalo de confiança, tanto o LI (Limite Inferior), como o LS (Limite Superior), para todos os movimentos, ficaram á cima de 0,90. Os maiores valores foram os de Flexão de Cotovelo, e os menores foram o de Rotação Externa do Ombro, seguindo a mesma ordem em relação ao ETM % relativo, porém todos foram classificados como excelentes, independente das diferenças mínimas entre valores.

DISCUSSÃO

A contração isométrica tem sido usada como forma de avaliar a força máxima do indivíduo, pois tem como vantagem sua baixa complexidade na avaliação e em comparação com outros testes dinâmicos, é menos desgastante e inclusive foi demonstrado que há uma correlação moderada a alta com o desempenho em tarefas dinâmicas (LUM; HAFF; BARBOSA, 2020). Logo o objetivo principal desse estudo, foi de verificar a reprodutibilidade das medidas de força muscular isométrica máxima do dinamômetro portátil de tração E-lastic, com um mesmo avaliador e em dias diferentes, realizando 3 movimentos articulares: rotação externa do ombro, flexão de cotovelo e extensão de quadril.

Os principais achados desse estudo foram que para todos os 3 movimentos, houve altíssima reprodutibilidade nas medidas de força isométrica máxima feitas por um mesmo avaliador e em dias diferentes em 29 voluntários saudáveis, sem doenças crônicas ou lesões osteomioarticulares. Que foram mensuradas por meio de comparações das médias, erro típico da medida e o coeficiente de correlação intraclasse.

O movimento de extensão de quadril direito apresentou uma diferença significativa em relação as médias do dia 1 e dia 2, p valor ($<0,05$), interpretamos essa diferença como irrelevante e que pode ser explicada por meio de uma variação biológica normal, o que pode ser influenciada pelo seu estado mental ou físico (HOPKINS, 2000) (reduções na força podem ser fadiga, ou o indivíduo pode ter ficado mais motivado em superar os valores da tentativa anterior, algo que vai além da interferência do avaliador e da capacidade do dispositivo de medir força de forma precisa), também chamado de erro não sistemático (PERINI et al., 2005), pois apesar de apresentar diferença matemática, considerando os valores de força na prática a diferença estatística não tem relevância porque é muito baixa, os valores de erro típico da medida foram baixos e valores obtidos através do coeficiente de correlação intraclasse, entre os dias foram altos, mostrando uma alta precisão das medidas para todos os movimentos inclusive a extensão de quadril direito. Porém, mesmo sendo um valor irrelevante na prática, é importante salientar a importância de uma boa familiarização para minimizar os fatores de confusão que afetam o erro sistemático (CHAN et al., 2020), que poderia ter ocorrido de forma relevante, por dificuldade na técnica no dia dos testes em qualquer um dos movimentos escolhidos, pois sabe-se que a instabilidade e a compensação durante os movimentos, pode afetar a produção de força máxima, como demonstrado por Meyer et al. (2013) , que em seu estudo mencionaram que a falta de estabilização afetaram as medidas do pico de torque isocinético para os movimentos de extensão e adução de

quadril, o que pode ter gerado mais compensações e interferido nos valores baixos de CCI obtidos entre os dias no dinamômetro isocinético (MEYER et al., 2013).

Outros estudos testaram a reprodutibilidade das medidas de força isométrica máxima de diferentes movimentos em diferentes dinamômetros de força e encontraram resultados semelhantes assim como feitos neste estudo.

Chamorro et al. (2019), investigaram a confiabilidade e a validade de um dinamômetro eletromecânico de polias, cujo semelhante ao E-lastic, obtinha seus valores de força por meio da tração exercida no cabo, que ficava acoplado no próprio aparelho, tendo como vantagem sendo baixo custo em relação ao isocinético, porém, não portátil. Os valores obtidos por esse dinamômetro foram registrados como pico máximo de torque, e os movimentos avaliados foram a rotação interna e externa do ombro e o dinamômetro foi considerado confiável, considerando que não houve diferença significativa entre as médias e o erro aleatório, considerando o movimento de rotação externa, os valores de ETM relativo foram mais altos 10,1 %, do que nesse estudo, contudo o dispositivo foi classificado como confiável, considerando também a comparação das medidas de CCI com o dinamômetro isocinético, que foi classificado como boa (CHAMORRO et al., 2019).

Brookshaw et al. (2020) testaram um dinamômetro com uma nova tecnologia vestível, que se auto ajustava ao corpo do avaliado, cujo era possível realizar flexão e extensão de cotovelo, compararam sua reprodutibilidade entre dias, e entre avaliadores com o dinamômetro isocinético e o dinamômetro de compressão portátil. A intenção foi comparar o novo dispositivo, com o padrão ouro de avaliação e o método quantitativo de baixo custo mais utilizado. O dispositivo apresentou uma excelente confiabilidade, mas ao comparar com as medidas do isocinético, houve uma tendência a subestimar os valores de força em indivíduos mais fortes, devido a mecânica do equipamento. O dinamômetro de compressão apresentou diferenças significativas entre dias para o movimento de flexão de cotovelo (BROOKSHAW; SEXTON; MCGIBBON, 2020)

Baseado nos resultados de ETM, tanto absoluto como relativo e nos valores do CCI, no presente estudo a reprodutibilidade do dinamômetro foi classificada como excelente, tendo em vista, que os valores de CCI tiveram classificação maior que 0,90 p valor (<0,001) e os valores de ETM da medida foram baixos, para todos os movimentos avaliados, para um mesmo avaliador e comparando as medidas de dois dias diferentes, é possível afirmar que o dinamômetro E-lastic é reprodutível para um mesmo avaliador e inter dias.

Desta forma, esses resultados vão de encontro com os dispositivos atuais descritos na literatura e incluem o E-lastic como uma ferramenta de avaliação precisa, que preenche algumas lacunas relacionadas aos dinamômetros da atualidade.

Aplicações práticas

O uso de tecnologias portáteis e aplicativos de smartphone tem aumentado cada vez mais, Shaw et al. (2020) demonstraram por meio de um questionário eletrônico, em uma amostra de 335 entrevistados, que 204 utilizavam aplicativos de smartphone para coletar dados e executarem avaliações de força, potência e velocidade e determinou que a acessibilidade as evidências estava significativamente relacionada ao uso de aplicativos e dispositivos confiáveis por meio de evidências científicas (SHAW et al., 2020). O E-lastic possui um aplicativo de smartphone cujo é possível gerar relatórios na nuvem e elaborar diversos protocolos de avaliações diferentes, e utiliza dos sistemas operacionais, Android e IOS. Isso já facilita o acesso as avaliações e o compartilhamento de informações de forma multidisciplinar entre profissionais da área da saúde.

Apesar de terem sido testados 3 movimentos, com esse dinamômetro é possível medir até 18 movimentos, com uma grande faixa de medição: 200Kg, o que para a prática clínica é de grande valia, pois seria possível avaliar pessoas de diferentes níveis de força de forma simples e em pouquíssimo tempo, em comparação as ferramentas quantitativas atuais para medição de força até o momento. Permitindo monitorar a força de diferentes articulações e grupamentos musculares detectando assimetrias e controlando a carga de treinamento de forma específica. Visto que, parece haver uma relação da força isométrica máxima com o desempenho e contrações dinâmicas (LUM; HAFF; BARBOSA, 2020), facilitando assim o acesso há uma ferramenta com rigor científico e precisa para a medida quantitativa da força isométrica máxima para diversos profissionais cujo o monitoramento da força é primordial.

CONCLUSÃO

Portanto, por meio desse trabalho de conclusão de curso e nos parâmetros relatados anteriormente neste estudo, concluímos que o dinamômetro de tração E-lastic é um instrumento preciso para a avaliação da força muscular isométrica máxima e apresentou altíssima reprodutibilidade intra avaliador e inter dias para os movimentos de rotação externa do ombro, flexão de cotovelo e extensão de quadril, e pode ser utilizado como uma opção mais econômica, portátil, de fácil manuseio e acessibilidade sendo possível executar avaliações por uma interface integrada a um smartphone em clínicas de fisioterapias, academias e parques onde tenha-se um espaldar, centros esportivos e laboratoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROOKSHAW, M.; SEXTON, A.; MCGIBBON, C. A. Reliability and validity of a novel wearable device for measuring elbow strength. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 12, p. 1–16, 2020.

CHAMORRO, C. et al. Absolute reliability and concurrent validity of a novel electromechanical pulley dynamometer for measuring shoulder rotation isometric strength in asymptomatic subjects. Study conducted at Pontificia Universidad Católica, Santiago, Chile. **Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 69, n. 7, p. 1000–1005, 2019.

CHAN, J. P. Y. et al. Maximum isokinetic familiarization of the knee: Implication on bilateral assessment. **Human Movement Science**, v. 71, n. May, p. 102629, 2020.

CONABLE, K. M.; ROSNER, A. L. A narrative review of manual muscle testing and implications for muscle testing research. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 10, n. 3, p. 157–165, 2011.

DAVIES, A. et al. Validity of self-reported weight and height for BMI classification: A cross-sectional study among young adults. **Nutrition**, v. 71, 1 mar. 2020.

FRAGALA, M. S. et al. Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, n. 8, p. 2019–2052, 2019.

GARCÍA-HERMOSO, A. et al. Muscular Strength as a Predictor of All-Cause Mortality in an Apparently Healthy Population: A Systematic Review and Meta-Analysis of Data From Approximately 2 Million Men and Women. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 99, n. 10, p. 2100- 2113.e5, 2018.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine**, v. 30, n. 1, p. 1–15, 2000.

KOO, T. K.; LI, M. Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 15, n. 2, p. 155–163, 2016.

LUM, D.; HAFF, G. G.; BARBOSA, T. M. The Relationship between Isometric Force-Time Characteristics and Dynamic Performance: A Systematic Review. **Sports**, v. 8, n. 5, p. 63, 2020.

MAESTRONI, L. et al. The Benefits of Strength Training on Musculoskeletal System Health: Practical Applications for Interdisciplinary Care. **Sports Medicine**, v. 50, n. 8, p. 1431–1450, 2020.

MCLEOD, M. et al. Live strong and prosper: the importance of skeletal muscle strength for healthy ageing. **Biogerontology**, v. 17, n. 3, p. 497–510, 2016.

MEYER, C. et al. Test-retest reliability of innovated strength tests for hip muscles. **PLoS ONE**, v. 8, n. 11, p. 1–8, 2013.

PERINI, T. A. et al. Antropometria - cálculo de erro da medida. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 21, p. 81–85, 2005.

PETERSON, M. D. et al. Muscle Weakness Thresholds for Prediction of Diabetes in Adults. **Sports Medicine**, v. 46, n. 5, p. 619–628, 2016.

ROMERO-FRANCO, N. et al. Validity and reliability of a low-cost dynamometer to assess maximal isometric strength of upper limb: Low cost dynamometry and isometric strength of upper limb. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 15, p. 1787–1793, 2019.

ROMERO-FRANCO, N.; JIMÉNEZ-REYES, P.; MONTAÑO-MUNUERA, J. A. Validity and reliability of a low-cost digital dynamometer for measuring isometric strength of lower limb. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 22, p. 2179–2184, 2017.

RUIZ, J. R. et al. Association between muscular strength and mortality in men: Prospective cohort study. **Bmj**, v. 337, n. 7661, p. 92–95, 2008.

SHAW, M. P. et al. Smartphone and Tablet Software Applications to Collect Data in Sport and Exercise Settings: Cross-sectional International Survey (Preprint). **JMIR mHealth and uHealth**, v. 9, p. 1–12, 2020.

SUCHOMEL, T. J. et al. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 765–785, 2018.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPHIUS, S.; STONE, M. H. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. **Sports Medicine**, v. 46, n. 10, p. 1419–1449, 2016.

VOLAKLIS, K. A.; HALLE, M.; MEISINGER, C. Muscular strength as a strong predictor of mortality: A narrative review. **European Journal of Internal Medicine**, v. 26, n. 5, p. 303–310, 2015.