

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE CEILÂNDIA**

**ANA BEATRIZ CUSTODIO PINHEIRO TORRES**

Confiabilidade Intra e Interexaminador, concordância e mínima mudança detectável da força muscular isométrica máxima do joelho em indivíduos saudáveis utilizando um novo dinamômetro portátil.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE CEILÂNDIA**

**ANA BEATRIZ CUSTODIO PINHEIRO TORRES**

Confiabilidade Intra e Interexaminador, concordância e mínima mudança detectável da força muscular isométrica máxima do joelho em indivíduos saudáveis utilizando um novo dinamômetro portátil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade de Brasília para obtenção do Título de Mestre em Ciências da Reabilitação. Linha de pesquisa: Fundamentos da Avaliação e Intervenção em Reabilitação. Orientador: Prof. PhD. Wagner Rodrigues Martins

**Brasília – 2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Cc Custodio Pinheiro Torres, Ana Beatriz  
Confiabilidade Intra e Interexaminador, concordância e mínima mudança detectável da força muscular isométrica máxima do joelho em indivíduos saudáveis utilizando um novo dinamômetro portátil / Ana Beatriz Custodio Pinheiro Torres; orientador Wagner Rodrigues Martins. -- Brasília, 2024.  
35 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) -- Universidade de Brasília, 2024.

1. Fisioterapia. 2. Confiabilidade. 3. Teste-Reteste. I. Rodrigues Martins, Wagner, orient. II. Título.

ANA BEATRIZ CUSTODIO PINHEIRO TORRES

Confiabilidade Intra e Interexaminador, concordância e mínima mudança detectável da força muscular isométrica máxima do joelho em indivíduos saudáveis utilizando um novo dinamômetro portátil.

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade de Brasília.

---

Profa. Dra. Elaine Cristina Leite Pereira  
Universidade de Brasília  
Presidente

---

Prof. Dr. Josevan Cerqueira Leal  
Universidade de Brasília  
Membro interno

---

Prof. Dr. Jefferson Rosa Cardoso  
Universidade Estadual de Londrina  
Membro externo

---

Prof. Dra. Aline Teixeira Alves  
Universidade de Brasília  
Membro interno

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais,  
sem o apoio de vocês nada seria  
possível, aos meus irmãos por todo o  
apoio e por toda a força.

## AGRADECIMENTOS

*A minha família que sempre me apoiou e motivou a ir atrás dos meus sonhos, em especial aos meus pais Elaine Custódio e Carlos Roberto Torres, por todo o amor, carinho, sabedoria e paciência, principalmente por todos os dias que falavam ``estude Bia, estude``, esta conquista é pra vocês!*

*Aos meus irmãos Ana Luiza e Carlos Roberto Filho pela parceria e principalmente pelo apoio sempre! Sem vocês a vida não teria o mesmo valor, vocês são tudo para mim.*

*Ao Mike Wazowski, por sempre estar ao meu lado, durante os estudos, nos passeios e nos momentos difíceis. Você é o melhor cachorro que eu poderia ter.*

*A Sophia Delmondez, você foi um presente que o mestrado me deu, sem sua parceria durante esta trajetória, este momento não teria a mesma graça e felicidade. Esta conquista será a primeira de muitas da nossa dupla.*

*A todos os meus amigos, aos que me acompanham há anos e aos que conheci nesta nova jornada acadêmica, vocês proporcionaram memórias incríveis dentro e fora da universidade.*

*Ao Professor Wagner Rodrigues, por todo o aprendizado desde a graduação, por toda a paciência e parceria nestes anos.*

*A universidade de Brasília, por continuar sendo a minha segunda casa e continuar me proporcionando diversas oportunidades acadêmicas e pessoais.*

### **Epígrafe**

*``Há duas coisas que continuam sendo eternamente certas e que na minha opinião se completam entre si: não apague sua inspiração e poder de imaginação, não se torne um escravo do modelo; e a outra, escolha um modelo e estude-o, porque do contrário sua inspiração não poderá se materializar ``*

*(Theo Van Gogh)*

## SUMARIO

1 Introdução .....	12
2 Revisão da literatura .....	13
3 Justificativa .....	14
4 Objetivos e hipóteses .....	15
5 Métodos .....	15
5.1 Tipo de Estudo .....	15
5.2 Participantes .....	15
5.3 Critérios de inclusão .....	16
5.4 Critérios de exclusão .....	16
5.5 Instrumentos .....	16
5.6 Procedimentos de avaliação .....	18
5.7 Análise de dados .....	19
6 Resultados .....	21
7 Discussão .....	23
8 Conclusão .....	25
9 Conflitos de interesse .....	25
Referencias .....	26
Apêndices .....	30
Apêndice 1 .....	30
Anexos .....	34
Anexo 1 .....	34
Produtos educacionais, científicos, socioculturais e tecnológicos/econômicos desenvolvidos no período do mestrado .....	35

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 - Inclinação Digital Acumar, Lafayette Instrument Co.

FIGURA 2 - Dinamômetro Portátil, E-lastic (E-sporte Soluções Esportivas, Brasília, Brasil)

FIGURA 3 - Posicionamento adotado para realizar o teste.

## LISTA DE TABELA

TABELA 1 - Caracterização amostral.

TABELA 2 - Dados descritivos Intra-examinador.

TABELA 3 - Dados descritivos Interexaminador.

TABELA 4 - Valores Intra-examinador da Média da força isométrica, erro padrão da medida e mínima mudança detectável para movimentos de flexão e extensão da articulação do joelho.

TABELA 5 - Valores Interexaminador da Média da força isométrica, erro padrão da medida e mínima mudança detectável para movimentos de flexão e extensão da articulação do joelho.

## LISTA DE ABREVIações

MMII - Membros inferiores

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

AVD's - Atividades de vida diária

M – metros

KG – Quilograma

N - Newtons

FM - Força Muscular

CIVM - Contração Isométrica Voluntária Máxima

CCI - Coeficiente Correlação Intraclasse

IC - Intervalo de Confiança

EPM - Erro padrão da medida

MMD - mínima mudança detectável

SPPS - Statistical Package for the Social Sciences

T1 - Teste inicial

RT - Reteste

H0 - Hipótese nula

H1 - Hipótese alternativa

DP – Desvio Padrão

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a confiabilidade intra-avaliador e interexaminador do dinamômetro isométrico E-lastic pela contração isométrica voluntária máxima dos músculos flexores e extensores do joelho de indivíduos saudáveis. Foram selecionados 36 voluntários, saudáveis, do sexo feminino (n= 30) e do masculino (n=6), com idade entre 18 e 55 anos ( $21,22 \pm 2,684$ ). Utilizamos um novo dispositivo para mensurar a força isométrica dos músculos flexores e extensores do joelho. A análise estatística foi realizada utilizando coeficiente de correlação intraclassa (CCI), intervalo de confiança (IC), erro padrão da medida (EPM) e a mínima mudança detectada (MMD). Os resultados de confiabilidade intra-examinador e interexaminadores foram considerados entre alto ( $0,70 \geq CCI < 0,90$ ) a excelente ( $CCI \geq 0,90$ ) com valores de EPM baixos, os valores de CCI para as medidas intra-examinador para o movimento de flexão CCI 0,91 (IC95% de 0,77-0,96) e para o movimento de extensão 0,92 (IC95% de 0,84-0,96) e para as medidas interexaminadores para flexão de joelho de 0,86 (IC95% de 0,70-0,93) e para extensão de joelho o valor de CCI (0,95 0,91-0,97). Para as conclusões finais, foi definido com alta confiabilidade teste-reteste para os movimentos de joelho utilizando o dinamômetro.

**Palavras-chave:** Confiabilidade; intra-examinador; interexaminador; dinamômetro isométrico E-lastic; movimento do joelho.

## **ABSTRACT:**

The present study aims to evaluate the intra-rater and inter-rater reliability of the E-lastic isometric dynamometer by maximal voluntary isometric contraction of the knee flexor and extensor muscles of healthy individuals. 36 healthy female (n=30) and male (n=6) volunteers were selected, aged between 18 and 55 years ( $21.22 \pm 2.684$ ). We used a new device to measure the isometric strength of the knee flexor and extensor muscles. Statistical analysis was performed using intraclass correlation coefficient (ICC), confidence interval (CI), standard error of measurement (SEM) and minimum detected change (MMD). The intra and interexaminer reliability results were considered to range from high ( $0.70 \geq \text{ICC} < 0.90$ ) to excellent ( $\text{ICC} \geq 0.90$ ) with low EPM values, the ICC values for the intra-examiner measurements for the flexion movement ICC 0.91 (95%CI of 0.77-0.96) and for the extension movement 0.92 (95%CI of 0.84-0.96) and for the interexaminer measurements for flexion of 0.86 (95%CI of 0.70-0.93) and for knee extension the CCI value (0.95 0.91-0.97). For the final conclusions, high test-retest reliability was defined for knee movements using the dynamometer.

Keywords: Reliability; intra-examiner; interexaminer; E-lastic isometric dynamometer; knee movement.

## 1 INTRODUÇÃO

A fraqueza muscular tem se tornado um problema recorrente nas populações clínicas<sup>1</sup>, além de impactar negativamente no desempenho físico dos indivíduos, sendo a redução da força muscular (FM) um dos fatores para o desenvolvimento de diversas condições de saúde que resultam na incapacidade de realizar as atividades da vida diária (AVD's), o que pode resultar em aumento de custos para o sistema público de saúde<sup>1,2</sup>. Sabe-se que a função muscular pode ser avaliada quantitativamente por meio de dois parâmetros: pico de força e potência muscular, sendo esta última a velocidade com que essa força é executada<sup>1</sup>. Porém, durante a avaliação física, para identificar a disfunção muscular de forma qualitativa, cabe ao profissional utilizar testes adequados com ênfase na etiologia da lesão, pois fornecem informações importantes para a elaboração do plano de tratamento adequado<sup>3</sup>.

A quantificação da força isométrica máxima dos músculos do joelho por meio de dinamômetros portáteis é comumente utilizada em ambientes clínicos e acadêmicos<sup>4</sup>. Dentre os equipamentos utilizados para medir FM, destaca-se o dinamômetro isocinético. Sendo considerado padrão ouro para quantificação de força muscular, por ser altamente confiável e reprodutível, entretanto, é um dispositivo caro, que necessita de um ambiente amplo para a sua instalação e requer um treinamento especializado<sup>2,5,6</sup>. Outro dispositivo comumente utilizado é o dinamômetro isométrico portátil, com um melhor custo-benefício e um fácil manuseio<sup>2,5,7,8</sup>. Entretanto, o dinamômetro isométrico apresenta algumas limitações que influenciam nos resultados coletados e prejudicam a confiabilidade deste aparelho, como a falta de estabilização do participante e a interferência da força realizada pelo avaliador<sup>9</sup>. Sabe-se que a confiabilidade das medidas coletadas e a padronização da metodologia demonstram maior consistência e reprodutibilidade<sup>10</sup>.

Conseqüentemente, a avaliação e identificação da disfunção/fraqueza muscular por meio de testes, com ênfase na etiologia da lesão, fornece aos profissionais informações importantes para intervenções adequadas ao indivíduo<sup>3</sup>. A utilização de dispositivos baratos, acessíveis e precisos é de fundamental importância para a avaliação objetiva da força muscular isométrica. Vários dispositivos que utilizam células de carga têm sido propostos como alternativas válidas e confiáveis para uso na prática clínica<sup>11</sup>.

Portanto, os dinamômetros portáteis comerciais com sistemas de ancoragem são projetados para serem facilmente fixados às estruturas já presentes em ambientes profissionais<sup>12</sup>. Os Dinamômetros portáteis com mecanismo de tração são comercializados para medir a força muscular isométrica do joelho por oferecerem uma facilidade de execução, aquisição acessível e estabilização do sensor<sup>13,14</sup>. As células de carga são sensores que convertem a força mecânica aplicada pelo indivíduo ao equipamento em um sinal elétrico, que será amplificado e transmitido ao software, que fornecerá o resultado em Newton-metros<sup>15</sup>.

O objetivo do presente estudo foi determinar a confiabilidade intra-examinador e interexaminador, concordância e avaliação da alteração mínima detectável da força muscular isométrica máxima do joelho em indivíduos saudáveis utilizando um novo dinamômetro de tração portátil com comunicação sem fio E-lastictm®.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A força muscular dos membros inferiores está fortemente relacionada à capacidade do indivíduo de realizar as AVD's, como se sentar em uma cadeira, caminhar, descer e subir escadas. A redução significativa da FM tem sido associada a limitações de mobilidade, aumento de incapacidade e mortalidade<sup>16</sup>. A avaliação da força muscular é de extrema importância para a prática clínica em diversas especialidades<sup>17</sup>, sendo aplicada antes e depois da intervenção para poder quantificar a eficiência de um tratamento específico<sup>17</sup>, além de ser um parâmetro quantitativo para determinar o desempenho muscular esquelético<sup>3</sup>.

O declínio da força muscular na idade adulta está fortemente associado à fragilidade e mortalidade<sup>18</sup>, sendo a força muscular dos membros inferiores (MMII) de suma importância, sua redução afeta a estabilidade postural e a marcha, resultando em limitações na realização de atividades de vida diária<sup>19</sup>, além disso, a redução da força nos músculos dos membros inferiores geralmente está associada a dores e queixas na região do joelho, possivelmente resultante de mecanismos ineficazes de estabilização articular durante atividades dinâmicas<sup>20</sup>.

Atualmente, existem diversos métodos para quantificar a força muscular isométrica máxima, porém apresentam limitações de utilidade clínica. O dinamômetro isocinético é um aparelho capaz de fornecer diversos elementos para mensuração de força muscular, incluindo pico de força, resistência, potência, ângulo de força máxima,

além de gerar curvas de força, sendo considerado padrão ouro para quantificação da FM, porém seu alto valor aquisitivo, necessidade de treinamentos específicos e o espaço adequado impossibilitam a atuação na prática clínica<sup>2,21</sup>.

O dinamômetro manual é um dispositivo que geralmente fica posicionado entre o avaliador e o segmento corporal que será avaliado, adotando um posicionamento semelhante ao utilizado no teste muscular manual<sup>21</sup>, sendo um dispositivo amplamente utilizado no ambiente clínico devido ao seu menor custo aquisitivo, fácil manejo e resultados objetivos de resistência<sup>22</sup>. Porém, a precisão das medidas dos dinamômetros manuais pode ser afetada pela falta de estabilização dos participantes e do próprio dispositivo, principalmente se o examinador não aplicar força suficiente para manter o segmento avaliado em uma posição fixa, resultando em uma medida isométrica subestimada<sup>18</sup>.

Os dinamômetros portáteis fixos recentemente estão sendo utilizados e defendidos pelos profissionais como uma alternativa à dinamometria manual e à dinamometria isocinética. Por proporcionar a fixação de suas extremidades possibilitando uma maior aplicabilidade clínica. A mensuração da força utilizando os dinamômetros portáteis fixos utilizam uma célula de carga que interage com um computador onde é registrado a força muscular de acordo com a tensão que é aplicada na célula de carga<sup>23</sup>.

### **3 JUSTIFICATIVA**

É de suma importância a utilização de métodos avaliativos validados e confiáveis, a fim de fornecer dados precisos e reprodutíveis para conduta do tratamento na prática clínica, além disso dispositivos como o HHD apresentam bons resultados. Para isso, se faz necessário estudos que validem a confiabilidade do dinamômetro portátil de tração E-lastick®, mediante a escassez de estudos que comprovem tal.

Atualmente os dispositivos de avaliação da força apresentam altos custos de aquisição para a sua utilização no meio clínico. O dispositivo E-lastick®, além de ser um equipamento de menor custo monetário a sua utilização e fixação possibilita a sua utilização dentro de clínicas, laboratórios e hospitais, sem que ocorra modificações no espaço.

## **4 OBJETIVOS E HIPÓTESES**

Determinar a confiabilidade intra-examinador e interexaminador do dinamômetro portátil de tração E-lastic® na mensuração da força dos movimentos de flexão e extensão de joelho.

H0: O dinamômetro portátil de tração E-lastic®, não apresentará valores de confiabilidade intra-examinador e interexaminadores satisfatórios, na medição de força dos movimentos de flexão e extensão de joelho.

H1: O dinamômetro portátil de tração E-lastic®, apresentará valores de confiabilidade intra-examinador e interexaminadores satisfatórios, na medição de força dos movimentos de flexão e extensão de joelho, proporcionando a avaliação e o treino da força muscular de forma objetiva e precisa.

## **5 MÉTODOS**

### **5.1 TIPO DE ESTUDO**

Trata-se de um estudo metodológico de confiabilidade (teste-reteste), submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ceilândia da Universidade de Brasília - UnB, registro: CAAE n° 97587018.0.0000.8093. O padrão COSMIN (Consensus-based Standards for the Selection of Health Measurement Instruments) foi utilizado para relatar o presente artigo<sup>24</sup>. O Estudo de confiabilidade reflete a variação nos valores de medição de força medidos por 2 avaliadores em 2 ou mais tentativas<sup>25</sup>. A confiabilidade intra-avaliador e interavaliador, concordância e mudança mínima detectável foram avaliadas utilizando 3 ensaios de medidas repetidas (~50 minutos por visita), para a coleta intra-avaliador foi adotado um intervalo de 7 dias, sempre às terças-feiras e sábados de março de 2024 a maio de 2024, a coleta das medidas interavaliador foi realizada no primeiro dia. Todas as fases do estudo foram conduzidas no Laboratório de Fisiologia do Exercício Clínico da Faculdade de Ceilândia.

### **5.2 PARTICIPANTES**

A amostra será composta por indivíduos saudáveis de ambos os sexos, com idade entre 18-55 selecionados a partir de uma carta convite eletrônica. Para realizar a mensuração da força dos músculos de flexão e extensão de joelho.

### **5.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO**

Os critérios de inclusão deste estudo serão: I) Adultos saudáveis de ambos os sexos com idade entre 18-55 anos.

### **5.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO**

Serão excluídos do estudo participantes: I) Que apresente queixas de dores no joelho; II) Com sinais de infecções ou inflamações nos membros inferiores; III) Gestantes; IV) Com histórico de fratura e/ou cirurgia na região do joelho no último ano que antecede a coleta de dados; V) Com histórico de tumor ou câncer nos membros inferiores; VI) portadores de doenças neurológicas; VII) portadores de doenças musculoesqueléticas nos joelhos.

### **5.5 INSTRUMENTOS**

Para a caracterização amostral, foi aplicado um questionário a todos os participantes, o qual incluía os seguintes dados a serem coletados: nome, idade, altura, peso, sexo, membro dominante e prática de atividade física, utilizando como referência o "World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour"<sup>26</sup>.

A força isométrica dos músculos do joelho foi avaliada através do dinamômetro portátil da marca E-lastic (E-sporte Soluções Esportivas, Brasília, Brasil), desenvolvido recentemente. Este novo equipamento já está disponível comercialmente e é capaz de mensurar forças de tração aplicadas ao dispositivo, com uma célula de carga calibrada acoplada a alças e acessórios que permitam a realização do teste, incluindo tornozeleira e extensor metálico (uma corrente), utilizando a transmissão de dados via Bluetooth e licenciamento de software para recepção de dados através de aplicativo dedicado (iOS e Android). É um dispositivo projetado para registrar valores precisos de força de músculos específicos, neste

caso, capturando dados de força dos músculos flexores e extensores da articulação do joelho.

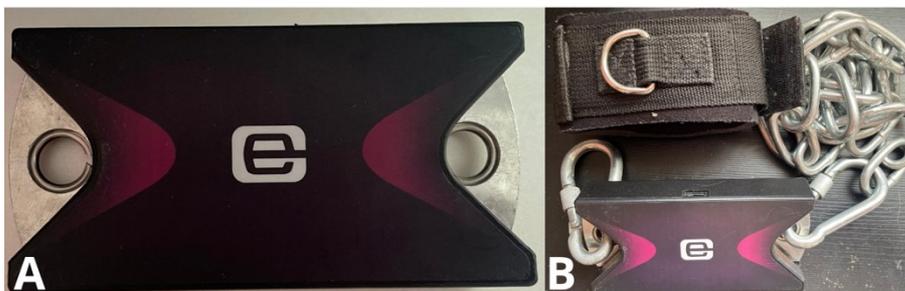
O inclinômetro (Figura 1) foi utilizado para medir o ângulo inicial de cada movimento, foi determinado o ângulo de 90 graus para extensão e flexão do joelho<sup>11</sup>. O dinamômetro (Figura 2) foi utilizado para mensurar a força de cada movimento e repetição. Para avaliação da força muscular por meio do dinamômetro E-lastic, é necessário um smartphone onde os dados coletados podem ser armazenados na nuvem. Para tanto, os valores obtidos nos testes foram registrados em planilha no programa Microsoft Excel®, versão 2023. A cadeira utilizada para o estudo (Figura 2), conhecida como "Double Bonnet Apparatus" (Carci, São Paulo, Brasil) possui um assento elevado para evitar que os participantes toquem os pés no solo. Para evitar que os participantes tocassem os pés no chão, foi utilizada fixação na região do quadril e da perna a ser avaliada.

**Figura 1.** *Inclinômetro Digital Acumar, Lafayette Instrument Co.*



**Fonte:** figura do autor

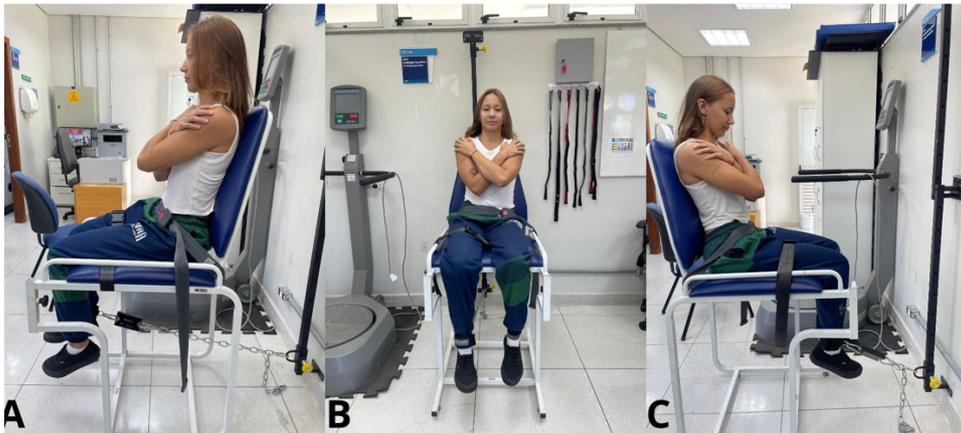
**Figura 2.** *Dinamômetro Portátil, E-lastic (E-sporte Soluções Esportivas, Brasília, Brasil).*



(A) Dinamômetro Portátil, E-lastic®. (B) Equipamento utilizado para a fixação do dinamômetro na parede e no participante.

**Fonte:** Figura do autor

**Figura 3.** Posicionamento adotado para realizar o teste.



(A) Posição para realizar a extensão do joelho em isometria. (B) Demonstração do ângulo de 90° utilizado no movimento de flexão e extensão do joelho. (C) Posição para realizar a flexão de joelho em isometria.

**Fonte:** Figura do autor

## 5.6 PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

Para a realização do estudo, foi realizado o treinamento dos dois examinadores sobre como manusear o dispositivo E-lastic durante 2 semanas. Posteriormente, os voluntários foram recrutados por meio de convites digitais contendo o link do questionário, com base em critérios de inclusão e exclusão, o que possibilitou a coleta de dados. Após o processo seletivo, os participantes foram agendados para comparecer ao Laboratório de Biofísica e Fisiologia da Universidade de Brasília - Campus Ceilândia para realização do teste inicial (T1) e reteste (RT), que foram realizados em duas sessões separadas com um intervalo de 7 dias entre eles.

No T1, os participantes receberam instruções e, em seguida, realizaram a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que incluía detalhes sobre os objetivos do estudo, traje adequado e potenciais riscos associados ao teste de força isométrica máxima. Para o procedimento foi utilizado um posicionamento semelhante ao utilizado por Macedo et al.<sup>11</sup>, os participantes estavam sentados em uma cadeira, com os quadris fixados por um cinto na altura das espinhas ilíacas ântero-superiores, com os pés sem apoio e com os braços cruzados sobre o peito. Outro cinto foi fixado nas coxas para evitar movimentos compensatórios.

Os examinadores realizaram a familiarização do teste, realizando uma tentativa de força submáxima dos movimentos, aplicando um descanso de 30 segundos, foi

realizado as orientações sobre o protocolo que seria adotado, incluindo o número de séries, contrações isométricas e a utilização de estímulos verbais para esforço máximo, como “força, força, força!”. Os participantes foram instruídos a realizar uma força isométrica máxima no joelho, de acordo com o movimento randomizado (flexão ou extensão) realizado pelo membro dominante. Em ambos os casos foram executados movimentos contínuos, seguidos de manutenção da força máxima durante 5 segundos com os membros superiores cruzados sobre a região do tórax (Figura 3). Seguindo as instruções, o examinador iniciou uma contagem regressiva de 3 a 1 em sincronização com o aplicativo do dispositivo.

O protocolo adotado utilizou o ângulo de 90 graus para flexão e extensão do joelho, conforme estudo de Macedo et al.<sup>11</sup>. Para garantir um ângulo de 90 graus para ambos os momentos, o inclinômetro (figura 1) foi posicionado com o participante sentado, garantindo o alinhamento adequado da coluna vertebral contra o encosto da cadeira. A base do inclinômetro foi posicionada paralelamente à região interóssea da tíbia. Cada participante foi instruído a não realizar treino de força de membros inferiores nos dois dias anteriores para evitar que a dor tardia do movimento interferisse na avaliação da força isométrica.

Foram realizadas três séries de contrações isométricas de 5 segundos com intervalo de 30 segundos entre cada repetição, com intervalo de descanso de 2 minutos entre os movimentos de flexão e extensão. O temporizador integrado do aplicativo E-lastic foi utilizado para cronometragem. Para avaliar a confiabilidade entre avaliadores, um segundo avaliador, após um intervalo de 4 minutos, realizou o mesmo protocolo utilizado pelo avaliador 1, sendo realizado apenas no dia T1. A ordem dos movimentos foi mantida tanto para os avaliadores quanto para o TR. Dados antropométricos também foram coletados em T1 para caracterização da amostra.

A variável desfecho analisada será a medida da contração voluntária isométrica máxima dos músculos responsáveis pelos movimentos de extensão e flexão do joelho.

## **5.7 ANÁLISE DOS DADOS**

O cálculo do tamanho da amostra do estudo foi realizado usando o programa G\*Power, considerando os parâmetros: I) teste estatístico de correlação bivariada; II) correlação  $\rho$   $H_1 = 0.98$ ; III) erro tipo I: 5%; IV) erro tipo II: 20%; V) potência do teste

estatístico: 80%; VI) correlação  $\rho H_0 = 0$ . Para o CCI de 0.89, o estudo de Sung foi considerado<sup>18</sup>. Aplicando os parâmetros descritos, determinou-se uma amostra de 4 indivíduos. Entretanto, levando em consideração a necessidade do estudo de investigar a confiabilidade intra-avaliador e interavaliador do dinamômetro E-elastic®, será priorizada uma variável de correlação mais conservadora, sendo esta de 0.5, determinando assim uma amostra de 29 indivíduos.

Foi utilizado para descrever as características sociodemográficas dos participantes (sexo, idade, massa corporal, altura e índice de massa corporal e prática de atividade física). Os principais resultados (confiabilidade, concordância e alteração mínima detectável) foram calculados pela média do pico de força (CIVM) das três repetições. A distribuição de todos os dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, que demonstrou distribuição normal ( $p > 0.05$ ).

A análise de confiabilidade relativa foi realizada através do Coeficiente de Correlação Intraclassa (CCI) com intervalo de confiança de 95% (IC 95%)<sup>27</sup> de acordo com os seguintes parâmetros: I) seleção do modelo de 2 vias efeitos mistos; II) seleção do tipo de média dos  $k$  avaliadores; e III) seleção da definição de consistência<sup>25</sup>. Os resultados do CCI foram caracterizados da seguinte forma: valores maiores que  $\geq 0.90$  indicam confiabilidade excelente; valores entre 0.75 e 0,90 indicam boa confiabilidade; valores entre 0.5 e 0.75 indicam confiabilidade moderada; valores inferiores a 0.5 são indicativos de baixa confiabilidade<sup>25</sup>.

A confiabilidade absoluta foi calculada utilizando: I) o erro padrão da medida (EPM) e seus valores percentuais relacionados (EPM%)<sup>28</sup>; e II) a mínima mudança detectável (MMD) e seus valores percentuais relacionados (MMD%).  $EPM = DP$  (das médias dos escores teste-reteste) dividido pela raiz quadrada de  $1 - CCI$ .  $EPM\% =$  pontuação absoluta do EPM dividida pela média das pontuações do teste-reteste e multiplicada por 100.  $MMD = 1.96 \times$  raiz quadrada de  $2 \times EPM$ .  $MMD\% =$  pontuação do MMD dividida pela média dos escores teste-reteste e multiplicada por 100. O MMD foi calculado considerando um limite de confiança de 95% ( $MMD_{95}$ ). O  $MMD_{95}$  fornece o nível de intervalo de confiança mais alto entre medidas repetitivas<sup>29</sup>.

Para todas as análises, o nível de significância estatística foi assumido quando  $p < 0.05$ . As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) (versão 25.0), Microsoft Excel (versão 16.84) e GraphPad Prism 9 (versão 8.2.1).

## 6 RESULTADOS

A partir da seleção inicial por meio do formulário, foram convidados 36 participantes (6 homens e 30 mulheres) que atendiam aos critérios de inclusão, sendo que durante a fase do TR 6 participantes desistiram. Com base na caracterização e análise descritiva da amostra (Tabela 1), evidencia-se que 83% da amostra era composta por participantes do sexo feminino ( $n = 30$ ).

A média de idade dos participantes foi de 21.22 anos, com desvio padrão (DP) de 2.68. O peso médio foi de 61.52 kg, a altura média foi de 1.62 m e o índice de massa corporal médio foi de 23 kg/m<sup>2</sup>. Os participantes da amostra apresentaram o membro inferior direito como membro dominante. Em relação a prática de atividade física 23 participantes se enquadram como ativos e 13 como sedentários.

**Tabela 1. Características dos participantes ( $n = 36$ ).**

Característica	Masculino ( $\pm$ DP)	Feminino ( $\pm$ DP)	Total	<i>p</i>
N (%)	6 (16.7%)	30 (83.3%)	36 (100%)	
Idade (anos)	20.33 $\pm$ 1.50	21.4 $\pm$ 2.84	21.22 $\pm$ 2.68	$p=0.48$
Massa Corporal (Kg)	68.9 $\pm$ 6.50	60.0 $\pm$ 9.64	61.52 $\pm$ 9.70	$p=0.23$
Altura (m)	1.71 $\pm$ 0.70	1.61 $\pm$ 0.56	1.62 $\pm$ 0.69	$p=0.62$
IMC (Kg.m <sup>2</sup> )	23.6 $\pm$ 2.52	23.0 $\pm$ 23.16	23.12 $\pm$ 3.04	$p=0.78$

T\*\*Teste T não pareado. Idade, massa corporal, altura e Índice de Massa Corporal (IMC) foram expressos como média (DP). Um valor de *p* abaixo de 0.05 foi considerado significativo.

**Tabela 2. Dados descritivos Intra-examinador da média de 3 picos de força provenientes de medidas repetitivas e confiabilidade, erro padrão de medição e resultados de alteração mínima detectável.**

Variável	Dia 1 Média ( $\pm$ DP)	Re-teste Média ( $\pm$ DP)	CCI (95% IC)	EPM (%EPM)	MMD (%MMD)
CIVM	311.3	323.8	0.92	25.77	14.07
extensão	$\pm$ 91.9	$\pm$ 91.1	(0.96-0.85)	(8.13)	(4.44)
CIVM Flexão	153.8	167.3	0.92	17.99	11.76
	$\pm$ 47.8	$\pm$ 48.8	(0.96-0.79)	(8.75)	(5.72)

CIVM - Contração isométrica voluntária máxima (em newtons); CCI: coeficiente de correlação de intraclass; EPM = erro padrão da medida (em newtons); MMD = mínima mudança detectada (em newtons); MMD% = porcentagem da mínima mudança detectada; EPM% = porcentagem do erro padrão da medida; IC: Intervalo de Confiança.

**Tabela 3. Dados descritivos Interexaminador da média de 3 picos de força provenientes de medidas repetitivas e confiabilidade, erro padrão de medição e resultados de alteração mínima detectável.**

Variável	Avaliador 1 Média ( $\pm$ DP)	Avaliador 2 Média ( $\pm$ DP)	CCI (95% IC)	EPM (%EPM)	MMD (%MMD)
CIVM	311.3	313.2	0.96	18.06	11.78
extensão	$\pm$ 91.9	$\pm$ 89.8	(0.98-0.92)	(5.78)	(3.77)
CIVM Flexão	153.8	168.6	0.87	19.26	12.16
	$\pm$ 47.8	$\pm$ 58.2	(0.93-0.73)	(11.95)	(7.55)

CIVM - Contração isométrica voluntária máxima (em newtons); CCI: coeficiente de correlação de intraclass; EPM = erro padrão da medida (em newtons); MMD = mínima mudança detectada (em newtons); MMD% = porcentagem da mínima mudança detectada; EPM% = porcentagem do erro padrão da medida; IC: Intervalo de Confiança.

As tabelas 2 e 3 nos apresentam valores de CIMV onde podemos observar um aumento nos valores médios do dia D1 para o RT nos movimentos de flexão ( $153.8 \pm 47.8\text{N}$  no Dia 1 para  $167.3 \pm 48.8\text{N}$  no RT) e extensão ( $311.3 \pm 91.9\text{N}$  no Dia 1 para  $323.8 \pm 91.1\text{N}$  no RT), sendo observado um aumento similar, onde as medidas do avaliador 2 apresentaram um aumento considerável comparado com o avaliador 1 no movimento de flexão ( $153.8 \pm 47.8\text{N}$  avaliador 1 para  $168.6 \pm 58.2\text{N}$  avaliador 2) e em extensão ( $311.3 \pm 91.9\text{N}$  avaliador 1 para  $313.2 \pm 89.8\text{N}$  avaliador 2).

A confiabilidade intra-examinador foi considerada de alta a excelente e demonstrou baixos valores de EPM. Na Tabela 4, a força média no movimento de flexão do joelho direito foi de 205.7 newtons (com DP de 59.97). No movimento de extensão do joelho direito, a força média foi de 406.1 newtons (com DP de 114.6). Os valores de CCI obtidos no presente estudo variaram entre classificações altas ( $0.70 \geq \text{CCI} < 0.90$ ) e muito altas ( $\text{CCI} \geq 0.90$ ). Para a flexão do joelho, obteve-se uma classificação de alta a excelente de 0.91 (IC95% de 0.77-0.96). Relativamente à extensão do joelho, a classificação foi considerada de alta a excelente para o membro inferior direito com 0.92 (IC95% de 0.84-0.96).

O EPM (EPM%) da força média de flexão para o membro inferior foi de 17.99 newtons (8.75%). Para extensão, o EPM foi de 32.41 newtons (7.98%). Em relação ao MMD, a média da força de flexão foi de 11.76 newtons (5.72%). Em extensão, o membro inferior direito apresentou MMD de 15.78 newtons (3.89%).

A confiabilidade interexaminador foi considerada de alta a excelente por demonstrar baixos valores de EPM. Na Tabela 5 a força média no movimento de flexão do joelho direito foi de 206.5 newtons (com DP de 66.1). No movimento de extensão do joelho direito, a força média foi de 400.7 newtons (com DP de 111.5). O CCI obtido variou entre as classificações altas ( $0.70 \geq \text{CCI} < 0.90$ ) e muito altas ( $\text{CCI} \geq 0.90$ ). O movimento de flexão de joelho apresentou uma classificação alta de 0.86 (IC95% de 0.70-0.93), no movimento de extensão de joelho apresentou a classificação considerada de alta a excelente com 0.95 (IC95% de 0.91-0.97).

O EPM (EPM%) da força média de flexão para o membro inferior foi de 24.76 newtons (.99%). Para extensão, o EPM para o membro inferior direito foi de 24.93 newtons (6.22%). Em relação ao MMD, a média da força de flexão foi de 13.79 newtons (6.68%). Em extensão, o membro inferior direito apresentou MMD de 13.84 newtons (3.45%).

**Tabela 4. Média da força isométrica, erro padrão da medida e mínima mudança detectável para movimentos de flexão e extensão da articulação do joelho.**

Movimento	Teste-Reteste (Média ± DP)	CCI (90% IC)	EPM (EPM%)	MMD (MMD %)
<b>Flexão</b>	205.7 ± 59.97	0.91 (0.96-0.77)	17.99 (8.75)	11.76 (5.72)
<b>Extensão</b>	406.1 ± 114.6	0.92 (0.96-0.84)	32.4 (7.98)	15.78 (3.89)

*Média ± DP: Média da força isométrica, (em newtons) com o desvio padrão; CCI: coeficiente de correlação intraclasse; IC: intervalo de confiança; EPM: erro padrão da medida; MMD: Mínima mudança detectada.*

**Tabela 5. Média da força isométrica, erro padrão da medida e mínima mudança detectável para movimentos de flexão e extensão da articulação do joelho.**

Movimento	Interexaminador (Média ± DP)	CCI (90% IC)	EPM (EPM%)	MMD (MMD %)
<b>Flexão</b>	206.5 ± 66.1	0.86 (0.70-0.93)	24.76 (11.99)	13.79 (6.68)
<b>Extensão</b>	400.7 ± 111.5	0.95 (0.91-0.97)	24.93 (6.22)	13.84 (3.45)

*Média ± DP: Média da força isométrica, (em newtons) com o desvio padrão; CCI: coeficiente de correlação intraclasse; IC: intervalo de confiança; EPM: erro padrão da medida; MMD: Mínima mudança detectada.*

## 7. DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo a avaliar a confiabilidade intra-avaliador e interavaliador, a concordância e a avaliação da alteração mínima detectável da força muscular isométrica máxima do joelho em indivíduos saudáveis utilizando um novo dinamômetro de tração portátil com comunicação sem fio E-lastic. As descobertas surpreendentes incluem a alta confiabilidade teste-reteste e a alta confiabilidade interavaliadores deste novo equipamento para avaliação do movimento do joelho, demonstrando sua utilidade e facilidade para a aplicação na prática clínica.

A força muscular é um preditor independente de resultados clínicos e funcionais em diversas patologias e distúrbios<sup>30</sup>. Os dinamômetros manuais são dispositivos portáteis e de fácil aplicabilidade, propiciando um melhor custo-benefício quando comparado com os isocinéticos. O dispositivo padrão ouro atualmente trata-se da dinamometria isocinética, onde fornece uma resistência controlada a partir de um componente motorizado<sup>31</sup>, entretanto o seu uso é relativamente menos acessível<sup>1</sup>.

O CCI avalia a confiabilidade de medidas repetidas<sup>32</sup>. No presente estudo, calculamos os valores do CCI para investigar a confiabilidade das medidas isométricas máximas da força do joelho obtidas com o dinamômetro de tração portátil E-lastic. Os valores de CCI obtidos foram indicativos de alta a excelente confiabilidade intra-examinador e interexaminador, tanto para flexão quanto para extensão do joelho, com valores entre 0.75 e 0.90 e valores superiores a 0.90<sup>25</sup>. Isto implica que as medições realizadas pelo mesmo avaliador, em dois ensaios diferentes com intervalo

de 7 dias, foram altamente consistentes, o mesmo se aplica ao compararmos os dados realizados por ambos os pesquisadores no primeiro dia<sup>25</sup>. Esses achados ressaltam a precisão e a consistência do dinamômetro E-lastic na avaliação da força isométrica máxima do joelho em nossa coorte de indivíduos saudáveis. Esses valores elevados de CCI são críticos em ambientes clínicos e de pesquisa, pois, garantem que as medições sejam confiáveis e consistentes ao longo do tempo, o que é crucial ao monitorar alterações na força muscular e avaliar a eficácia das intervenções<sup>30,33</sup>.

Para avaliar a precisão de nossas medidas, utilizamos o EPM tanto para os movimentos de flexão como também para os de extensão de joelho, o EPM nos fornece uma estimativa da variabilidade das médias amostrais em torno da média populacional<sup>32</sup>. A porcentagem obtida no estudo estava dentro da medida razoável, nos implicando que o erro de mensuração foi relativamente baixo<sup>32</sup>. O EPM baixo significa que o dispositivo E-lastic apresenta valores precisos na mensuração de força isométrica máxima do movimento do joelho.

O MMD quantifica a menor alteração em determinada mensuração<sup>32</sup>. Em nosso estudo, determinamos os valores tanto para flexão como para a extensão de joelho. Nossos achados revelaram que a porcentagem do MMD foi relativamente baixa, nos indicando que o dinamômetro E-lastic pode detectar pequenas alterações. Nos garantindo que o dispositivo é adequado para detectar alterações sutis nos auxiliando na prática clínica<sup>33</sup>.

Os valores encontrados no presente estudo (tabela 3) apresentaram valores de CCI variando entre 0.98-0.82 no movimento de flexão de joelho e de 0.93-0.73 na extensão de joelho quando comparado aos valores do avaliador 1 e avaliador 2, demonstrando uma boa confiabilidade interexaminadores, nos apresentando uma boa consistência para medidas repetidas. Os valores encontrados foram semelhantes aos encontrados no estudo de Myong et al. 2023<sup>30</sup>, onde avaliou a confiabilidade interexaminador do movimento de extensão de joelho.

A Tabela 2 nos revela um aumento nos valores médios do Dia 1 para o Dia 2, com os participantes apresentando pontuações CIVM mais altas no movimento de extensão ( $311.3 \pm 91.9$  N no Dia 1 para  $323.8 \pm 91.1$  N no Dia 2) e em flexão ( $153.8 \pm 47.8$  N no Dia 1 para  $167.3 \pm 48.8$  N no Dia 2). Esta observação nos sugere uma notável variação diária na força muscular, sendo um fenômeno comum em avaliações de força isométrica<sup>34</sup>. Os valores encontrados no presente estudo foram semelhantes a estudos anteriores<sup>35</sup>, demonstrando uma alta confiabilidade possivelmente

decorrente aos cuidados de execução da avaliação, utilizando mecanismos para eliminar problemas relacionados à força ou posicionamento corporal do participante e do avaliador.

Algumas das limitações do presente estudo, está relacionando a homogeneidade da amostra com uma predominância do sexo feminino, outra limitação foi em relação a análise realizada apenas no membro inferior predominante, cujo também apresentou uma homogeneidade.

Sugere-se para os próximos estudos a análise de outras articulações corporais, bem como a comparação com outros dinamômetros. Para aplicações práticas, o E-lastíc pode ser utilizado em clínicas e por profissionais da saúde.

## **8 CONCLUSÃO**

Os resultados mostraram uma alta confiabilidade intra-examinador e interexaminadores utilizando o dinamômetro isométrico E-lastíc para avaliação do movimento do joelho, demonstrando CCI bons a excelentes e concordância satisfatória em indivíduos saudáveis.

## **9 CONFLITOS DE INTERESSE**

Os autores declararam que não existem conflitos de interesses

## **10 IMPACTOS PRÁTICOS DOS ACHADOS PARA A SOCIEDADE**

Um novo dispositivo de avaliação de força que apresenta medidas confiáveis e com um custo aquisitivo menor e com fácil aplicabilidade, torna-se essencial na área da saúde. Ele oferece dados precisos aos profissionais, possibilitando diagnósticos exatos e intervenções direcionadas que favorecem a reabilitação dos indivíduos, além de contribuir para o monitoramento e otimização do desempenho esportivo. Este estudo visa enriquecer tanto a prática científica quanto clínica, ao disponibilizar um método de avaliação confiável

O presente estudo apresenta uma abrangência a nível nacional, com uma aplicabilidade moderada, onde apresentou uma produção de média complexidade devido a utilização de conhecimentos pré-estabelecidos e com médio teor inovativo.

## REFERÊNCIAS

1. Mentiplay, Benjamin F., et al. "Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study." *PLOS ONE*, vol. 10, no. 10, 28 Oct. 2015, p. e0140822, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140822>
2. Morin, Marika, et al. "Psychometric Properties of a Standardized Protocol of Muscle Strength Assessment by Hand-Held Dynamometry in Healthy Adults: A Reliability Study." *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 24, no. 1, 14 Apr. 2023, <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06400-2>
3. Rhodes, David, et al. "Test-Retest Reliability of the Isometric Soleus Strength Test in Elite Male Academy Footballers." *International Journal of Sports Physical Therapy*, vol. 17(2), no. 286-292, 1 Feb. 2022, <https://doi.org/10.26603/001c.31047>
4. Hibbert, Jamie E, et al. "Practice Day May Be Unnecessary prior to Testing Knee Extensor Strength in Young Healthy Adults." *International Biomechanics*, vol. 7, no. 1, 1 Jan. 2020, pp. 58–65, <https://doi.org/10.1080/23335432.2020.1766997>.
5. Grondin, Francis, et al. "Reliability and Difference in Neck Extensor Muscles Strength Measured by a Portable Dynamometer in Individuals with and without Chronic Neck Pain." *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 25 Mar. 2022, pp. 1–7, <https://doi.org/10.1080/10669817.2021.2024676>. Accessed 2 May 2022
6. Romero-Franco, Natalia, et al. "Concurrent Validity and Reliability of a Low-Cost Dynamometer to Assess Maximal Isometric Strength in Neck Movements." *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, vol. 44, no. 3, Mar. 2021, pp. 229– 235, <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2020.08.005>. Accessed 6 Jan. 2022.
7. Versteegh, Theo, et al. "Evaluating the Reliability of a Novel Neck-Strength Assessment Protocol for Healthy Adults Using Self-Generated Resistance with a Hand-Held Dynamometer." *Physiotherapy Canada. Physiotherapie Canada*, vol. 67, no. 1, 2015, pp. 58–64, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25931654/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25931654/), <https://doi.org/10.3138/ptc.2013-66>.
8. Krause, David A., et al. "A Comparison of Various Cervical Muscle Strength Testing Methods Using a Handheld Dynamometer." *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, vol. 11, no. 1, 20 Nov. 2018, pp. 59–63, <https://doi.org/10.1177/1941738118812767>
9. McBride, Lesley, et al. "Intra and Inter-Rater Reliability of a Novel Isometric Test of Neck Strength." *Sports*, vol. 11, no. 1, 21 Dec. 2022, p. 2, <https://doi.org/10.3390/sports11010002>.

10. Carvalho Froufe Andrade, Alberto César, et al. "Reliability of Concentric, Eccentric and Isometric Knee Extension and Flexion When Using the REV9000 Isokinetic Dynamometer." *Journal of Human Kinetics*, vol. 37, no. 1, 1 June 2013, pp. 47–53, <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0024>
11. Macedo, Maria de Cássia, et al. "Validity and Test-Retest Reliability of a Novel Push Low-Cost Hand-Held Dynamometer for Knee Strength Assessment during Different Force Ranges." *Diagnostics*, vol. 12, no. 1, 13 Jan. 2022, p. 186, <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010186>. Accessed 3 Nov. 2022.
12. Labott, Berit K., et al. "Validity and Reliability of a Commercial Force Sensor for the Measurement of Upper Body Strength in Sport Climbing." *Frontiers in Sports and Active Living*, vol. 4, 22 July 2022, <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.838358>. Accessed 25 Aug. 2022.
13. Garcia, Danielle, et al. "Reliability and Validity of a Portable Traction Dynamometer in Knee-Strength Extension Tests: An Isometric Strength Assessment in Recreationally Active Men." *Healthcare*, vol. 11, no. 10, 1 Jan. 2023, p. 1466, [www.mdpi.com/2227-9032/11/10/1466, https://doi.org/10.3390/healthcare11101466](https://doi.org/10.3390/healthcare11101466).
14. Hartog, Johanneke, et al. "A Portable Isometric Knee Extensor Strength Testing Device: Test-Retest Reliability and Minimal Detectable Change Scores of the Q-Force II in Healthy Adults." *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 22, no. 1, 19 Nov. 2021, <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04848-8>.
15. Barbosa, et al. *Reliability and Validity of a Load Cell Device for Hand Grip Strength Assessment* *Confiabilidade E Validade de Um Dispositivo de Célula de Carga Para Avaliação Da Força de Preensão Palmar* *Fiabilidad Y Validez de Un Dispositivo de Célula de Carga Para Evaluar La Fuerza de Preesión Palmar*. 1 Jan. 2015. Accessed 19 June 2024.
16. Ushiyama, Naoko, et al. "Validity of Maximal Isometric Knee Extension Strength Measurements Obtained via Belt-Stabilized Hand-Held Dynamometry in Healthy Adults." *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 29, no. 11, 1 Nov. 2017, pp. 1987–1992
17. Chamorro, Claudio, et al. "Absolute Reliability and Concurrent Validity of Hand Held Dynamometry and Isokinetic Dynamometry in the Hip, Knee and Ankle Joint: Systematic Review and Meta-Analysis." *Open Medicine*, vol. 12, no. 1, 17 Oct. 2017, <https://doi.org/10.1515/med-2017-0052>.
18. Sung, Kwan-Sik, et al. "Reliability and Validity of Knee Extensor Strength Measurements Using a Portable Dynamometer Anchoring System in a Supine Position." *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 20, no. 1, 8 July 2019, <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2703-0>.
19. Kim, Seong-Gil, and Yun-Seob Lee. "The Intra- and Inter-Rater Reliabilities of Lower Extremity Muscle Strength Assessment of Healthy Adults Using a Hand

- Held Dynamometer." *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 27, no. 6, 2015, pp. 1799–1801, <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1799>
20. Ruhdorfer, Anja, et al. "Reduction in Thigh Muscle Strength Occurs Concurrently but Does Not Seem to Precede Incident Knee Pain in Women." *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, vol. 99, no. 1, 23 July 2019, pp. 33–40, <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000001271>.
  21. Stark, Timothy, et al. "Hand-Held Dynamometry Correlation with the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review." *PM&R*, vol. 3, no. 5, May 2011, pp. 472–479, <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.10.025>.
  22. Martins, Jaqueline, et al. "Reliability and Validity of the Belt-Stabilized Handheld Dynamometer in Hip- and Knee-Strength Tests." *Journal of Athletic Training*, vol. 52, no. 9, 1 Sept. 2017, pp. 809–819, <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.6.04>
  23. Toonstra, Jenny, and Carl G. Mattacola. "Test-Retest Reliability and Validity of Isometric Knee-Flexion and -Extension Measurement Using 3 Methods of Assessing Muscle Strength." *Journal of Sport Rehabilitation*, vol. 22, no. 1, 1 Feb. 2013, <https://doi.org/10.1123/jsr.2013.tr7>.
  24. Mokkink, L.B., De Vet, H.C.W., Prinsen, C.A.C, Patrick, D.L., Alonso, J., Bouter, L.M., et al. COSMIN Risk of Bias checklist for systematic reviews of Patient-Reported Outcome Prinsen, C. A., Mokkink, L. B., Bouter, L. M., Alonso, J., Patrick, D. L., Vet, H. C., et al. COSMIN guideline for systematic reviews of Patient-Reported Outcome Measures. Please refer to the following studies when using the COSMIN Risk of Bias Checklist: Measures. Accepted for publication in Quality of Life Research.
  25. Koo, Terry K., and Mae Y. Li. "A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research." *Journal of Chiropractic Medicine*, vol. 15, no. 2, June 2016, pp. 155–163, <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>.
  26. Bull, Fiona C, et al. "World Health Organization 2020 Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour." *British Journal of Sports Medicine*, vol. 54, no. 24, 25 Nov. 2020, pp. 1451–1462, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7719906/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7719906/), <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>.
  27. Binu VS, Mayya SS, Dhar M. Some basic aspects of statistical methods and sample size determination in health science research. *Ayu*. 2014 Apr;35(2):119-23. doi: 10.4103/0974-8520.146202. PMID: 25558154; PMCID: PMC4279315.
  28. Bruton, Anne, et al. "Reliability: What Is It, and How Is It Measured?" *Physiotherapy*, vol. 86, no. 2, Feb. 2000, pp. 94–99, [https://doi.org/10.1016/s0031-9406\(05\)61211-4](https://doi.org/10.1016/s0031-9406(05)61211-4).

29. Chen, Hsinchun, et al. "Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact." *MIS Quarterly*, vol. 36, no. 4, Dec. 2012, pp. 1165–1188, [www.jstor.org/stable/41703503](http://www.jstor.org/stable/41703503), <https://doi.org/10.2307/41703503>.
30. Myong, Youho, et al. "Development and Validation of a Portable Articulated Dynamometry System to Assess Knee Extensor Muscle Strength." *Scientific Reports*, vol. 13, no. 1, 23 July 2023, p. 11887
31. Jackson, Steven M., et al. "Intrarater Reliability of Hand Held Dynamometry in Measuring Lower Extremity Isometric Strength Using a Portable Stabilization Device." *Musculoskeletal Science and Practice*, vol. 27, Feb. 2017, pp. 137–141, <https://doi.org/10.1016/j.math.2016.07.010>
32. Field, A. "Field, A. (2013) Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics and Sex and Drugs and Rock "N" Roll, 4th Edition, Sage, Los Angeles, London, New Delhi. - References - Scientific Research Publishing." *Www.scirp.org*, 2013
33. Ogborn, Dan I., et al. "Comparison of Common Methodologies for the Determination of Knee Flexor Muscle Strength." *International Journal of Sports Physical Therapy*, vol. 16, no. 2, 1 Apr. 2021, pp. 350–359, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33842031/](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33842031/), <https://doi.org/10.26603/001c.21311>.
34. Conable, Katharine M., and Anthony L. Rosner. "A Narrative Review of Manual Muscle Testing and Implications for Muscle Testing Research." *Journal of Chiropractic Medicine*, vol. 10, no. 3, Aug. 2011, <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2011.04.001>
35. Shigeshima K, Yamasaki H, Katayama K. Reliability, minimal detectable change and measurement errors in knee extension muscle strength measurement using a hand-held dynamometer in young children. *J Phys Ther Sci*. 2022 Sep;34(9):614-619. doi: 10.1589/jpts.34.614. Epub 2022 Sep 1. PMID: 36118657; PMCID: PMC9444515.

## APÊNDICES

### Apêndice 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE



#### ***Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE***

Convidamos o(a) Senhor(a) a participar voluntariamente do projeto de pesquisa “Confiabilidade intra-examinador da avaliação de contração isométrica voluntária máxima das principais articulações corporais em indivíduos saudáveis e com condições de saúde”, sob a responsabilidade do pesquisador Prof. Dr. Wagner Rodrigues Martins.

O projeto se propõe a investigar se um instrumento (dinamômetro) que mede a força dos músculos corporais apresenta consistência de medida para ser utilizado na prática da fisioterapia. Trata-se de um equipamento criado na própria Universidade de Brasília (UnB). Em consequência a isso, os estudos de confiabilidade que estamos propondo terão a condições de investigar se o instrumento pode ser recomendado para uso na prática. É um processo de investigação essencial para a indicação de um equipamento que mede a força muscular. A força muscular é um importante determinante de saúde (fator estudado pela fisioterapia) em pessoas normais ou com problemas de saúde. Poderão, dessa forma, participar desse estudo indivíduos considerados normais e ou com problemas no sistema musculoesquelético. Os problemas musculoesqueléticos que vamos investigar são tratados frequentemente pela fisioterapeuta (tendinites no ombro e cotovelo, osteoartrite de quadril e joelho, fraturas de fêmur e tíbia, instabilidade crônica de tornozelo, dor cervical crônica). Como é um estudo que envolve a avaliação dos músculos de articulações (juntas) do corpo, sua força muscular poderá ser avaliada nas seguintes regiões: ombro, cotovelo e punho, quadril, joelho, tornozelo e cervical (pescoço).

O(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa. Lhe asseguramos que seu nome não aparecerá no banco de dados da pesquisa (seu nome será transformado em um código numérico), sendo, portanto, mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a). A sua participação se dará por meio da avaliação de força muscular no Laboratório de Fisiologia e Biofísica da Unb (Faculdade de Ceilândia), em dois encontros (um teste e outro novo teste). Esses dois encontros (dois testes) serão separados por 7 dias. São, portanto, duas visitas ao laboratório. Os dias e horários serão previamente marcados de acordo com sua disponibilidade. O teste de força consiste em posicionar o indivíduo sentado ou deitado, a depender dos músculos avaliados, de forma estabilizada e segura. Na posição padrão será solicitado que o

participante realize uma força máxima do músculo testado contra a resistência imposta pelo dinamômetro. A resistência do dinamômetro fará a medição da força que o senhor(a) produzirá (Quilograma-força) em todos os movimentos da articulação testada. Serão realizadas 3 (três) contrações por muscular. Cada uma das 3 (três) contrações será mantida por 5 segundos. O intervalo, em repouso, entre as 3 (três) contrações será de 1 minuto. O tempo estimado para a realização das medidas é de aproximadamente 1 (uma) hora em cada dia de teste.

Os riscos decorrentes de sua participação na pesquisa, caso o senhor(a) não tenha nenhum problema de saúde no membro testado, poderá ser a manifestação de uma dor muscular tardia. Esse tipo de dor é comum quando pessoas praticam exercício de força, como em academias de musculação. Essa dor, pós exercício muscular, tem duração de 2 (dois) a 4 (quatro) dias. Ela não afeta os movimentos que a pessoa faz no seu dia a dia. É considerada uma dor adaptativa em resposta ao exercício. Com o objetivo de minimizar as chances desse evento acontecer, os testes contarão com descanso entre as 3 (três) contrações por músculo, e o intervalo de 7 (sete) dias entre a primeira avaliação (teste) e segunda avaliação (reteste). Mas no caso de não conseguir, por conta da dor, realizar a segunda avaliação de força (reteste) vamos poupá-lo de realizar a avaliação. Assim, repetiremos a reavaliação (reteste) somente com o problema resolvido. Nessa situação, a equipe responsável pela coleta dos dados estará a disposição para prestar apoio, e o pesquisador responsável pelo estudo irá examiná-lo, prestando todo o atendimento necessário à sua recuperação. Ele se aplica aos participantes com problemas os problemas musculoesqueléticos citados acima. Assim, cada participante será tratado individualmente caso a dor interfira no processo de avaliação. Em relação a aplicação dos questionários que vamos utilizar no estudo, para minimizar desconfortos com possíveis perguntas, será garantido uma sala reservada para seu preenchimento. Além disso você tem a liberdade de não responder questões constrangedoras. Visando garantir a confidencialidade dos dados dos questionários, os nomes dos participantes não serão registrados.

O pesquisador responsável estará disponível, portanto, para investigar e solucionar os casos de dor relacionados aos procedimentos do estudo. Como os problemas músculo esqueléticos citados são tratados pela fisioterapia, caso seja necessário, recursos da fisioterapia serão empregados de forma gratuita pelo pesquisador responsável. Para assegurar que dores não surjam durante ou após os testes, padronizaremos a posição do seu corpo de modo de forma a evitar que movimentos compensatórios atrapalhem a realização do teste. Isso faremos para diminuir a probabilidade da ocorrência de eventos de dor. Vale ressaltar que estudos de confiabilidade de equipamentos são realizados sempre quando novos equipamentos surgem. E o estudo com participantes com problemas músculo esqueléticos busca refletir o que acontece na realidade profissional.

---

Rubrica do participante

---

Rubrica do pesquisador responsável

Se você aceitar participar, estará contribuindo para a produção de conhecimento científico, que é de fundamental importância para que os métodos de avaliação se mostrem cada vez mais confiáveis e gerem resultados que auxiliem os profissionais de saúde a propor tratamentos mais precisos e resolutivos para a recuperação da força muscular. Outro benefício direto será a oportunidade que os participantes terão de receber uma avaliação isométrica de força muscular de ombro, cotovelo e punho, quadril, joelho, tornozelo, lombar ou cervical, envolvendo todos os movimentos das articulações. Essa avaliação é relevante pois a força muscular é fundamental para definir as funções do paciente, e no caso de alguma assimetria entre os membros, ou a percepção de uma fraqueza em algum grupamento muscular específico, o participante consegue obter um enfoque maior para a procura do tratamento. A avaliação de força muscular é um dos guias para as intervenções na área da saúde.”

O(a) Senhor(a) pode se recusar a responder ou participar de qualquer procedimento proposto pela pesquisa. Qualquer questão que lhe traga constrangimento, você pode desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a). Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada a sua participação, que será voluntária. Se existir qualquer despesa adicional relacionada diretamente à pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, alimentação no local da pesquisa) a mesma será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação nessa pesquisa, você receberá assistência integral e gratuita, pelo tempo que for necessário, obedecendo os dispositivos legais vigentes no Brasil. Caso o senhor (a) sinta algum desconforto relacionado aos procedimentos adotados durante a pesquisa, o(a) senhor(a) pode procurar o pesquisador responsável para que possamos ajudá-lo, como já citamos anteriormente.

Os resultados da pesquisa serão divulgados pela Universidade de Brasília, podendo ser publicados posteriormente como trabalhos de conclusão de curso, trabalhos de iniciação científica e dissertações de mestrado, bem como em eventos e revistas científicas. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos. Após isso serão destruídos.

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para o prof. Wagner Rodrigues Martins (responsável pela pesquisa) pelo número particular do pesquisador, que é (61) 99943-3865, disponível inclusive para ligação a cobrar, ou no e-mail: [wagnermartins@unb.br](mailto:wagnermartins@unb.br).

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ceilândia (CEP/FCE) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidos pelo telefone (61) 3107-8434 ou do e-mail [cep.fce@gmail.com](mailto:cep.fce@gmail.com), horário de atendimento de 14h:00 as 18h:00, de segunda a sexta-feira. O CEP/FCE se localiza na Faculdade de Ceilândia, Sala AT07/66 – Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED) – Universidade de Brasília - Centro Metropolitano, conjunto A, lote 01, Brasília - DF. CEP: 72220-900.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor (a).

---

Nome / assinatura do participante

---

Pesquisador Responsável  
Nome e assinatura

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Parecer aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Faculdade UnB Ceilândia - FCE)



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** CONFIABILIDADE INTRAEXAMINADOR DA AVALIAÇÃO DE CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA DAS PRINCIPAIS ARTICULAÇÕES CORPORAIS EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS E COM CONDIÇÕES DE SAÚDE.

**Pesquisador:** Wagner Rodrigues Martins

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 54190021.5.0000.8093

**Instituição Proponente:** Faculdade de Ceilândia - FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.477.814

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BRASÍLIA, 20 de Junho de 2022

---

**Assinado por:**  
**Danielle Kaiser de Souza**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66  
**Bairro:** CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA) **CEP:** 72.220-900  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3107-8434 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

# PRODUTOS EDUCACIONAIS, CIENTÍFICOS, SOCIOCULTURAIS E TECNOLÓGICOS/ECONÔMICOS DESENVOLVIDOS NO PERÍODO DO MESTRADO



## COMPROVANTE DE PRODUÇÃO DE IMPACTO SOCIOCULTURAL E EDUCACIONAL

A aluna Ana Beatriz Custódio Pinheiro Torres, matrícula: 21/0028408: de 10/2022 a 05/2023 (30H) realizou assistência a sociedade atendendo pacientes com dor crônica musculoesquelética junto ao projeto de extensão de Avaliação e Intervenção em Indivíduos com Incapacidade Neuromotora realizado na Capela Nossa Senhora de Fátima (Ceilândia-DF), projeto no qual atuou como professor e coordenador adjunto, além disso, divulgou conhecimento científico para os alunos de graduação da universidade de Brasília de 04/05/2023 a 25/05/2023 na disciplina "FISIOTERAPIA NO TRATAMENTO DA DOR CRÔNICA VERTEBRAL" código: FCE060.

Wagner Rodrigues Martins  
Matrícula: 1064011

## Portal de Conferências da UnB, 28º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNB E 19º DO DF

Portal de Conferências Da UnB Sobre Acesso Cadastro Pesquisa

Conferências Anteriores Notícias Página Do Programa De Iniciação Científica - ProIC

Portal de Conferências da UnB > Congresso de Iniciação Científica da Unb e Congresso de Iniciação Científica do DF > 28º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNB E 19º DO DF > Submissões gerais > SOARES

Tamanho da fonte:

Confiabilidade intra-examinador do dinamômetro por tração na avaliação de força muscular de extensores de tronco em indivíduos saudáveis  
MARIA MANUELA CARDOSO SOARES

Última alteração: 2023-11-23

Resumo

Instituição: UnB - PIBIC

Orientador: WAGNER RODRIGUES MARTINS

**Introdução:** A avaliação de força muscular do tronco é fundamental para a saúde e funcionalidade dos indivíduos, usada em diversas ciências. Para tal são necessários instrumentos que ofereçam dados confiáveis para a avaliação e evolução do paciente. Nesse sentido, estudos de confiabilidade são importantes, pois referem-se à estabilidade, consistência e precisão dos dados analisados. Esta propriedade pode ser obtida por meio do coeficiente de correlação intraclass (CCI), que indica quão semelhantes são os valores dos participantes do teste ao reteste. Há uma lacuna entre os instrumentos de avaliação existentes porque todos apresentam limitações. Assim, pretende-se que o dinamômetro por tração E-Lastic a preencha por ser de baixo custo, fácil acesso, portátil, conectável ao smartphone, à nuvem e com armazenamento de dados de forma organizada. Portanto, o objetivo deste estudo é verificar a confiabilidade intraexaminador para avaliação de força muscular dos extensores de tronco, na posição sentada.

**Metodologia:** A pesquisa foi realizada na Faculdade de Ceilândia, no Laboratório de Fisiologia e Biofísica. Foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Ceilândia. A variável analisada foi a contração isométrica voluntária máxima de extensores de tronco na posição sentada. Recrutaram-se, por conveniência, adultos saudáveis. Trata-se de um estudo metodológico para análise da confiabilidade intraexaminador. As medidas de força foram realizadas pelo dinamômetro E-Lastic numa cadeira alta o suficiente para estarem em cadeia aberta e com cinto inelástico na pelve. Cada voluntário participou do teste-reteste com intervalo de 7 dias. Realizaram 3 contrações por 5 segundos com intervalo de 1 minuto. Na análise estatística utilizou-se o Coeficiente de Correlação Intraclass (CCI), sendo classificado da seguinte forma: excelente,  $\geq 0,90$ ; bom,  $0,90 > CCI \geq 0,75$ ; moderado,  $0,75 > CCI \geq 0,50$ ; e ruim,  $CCI < 0,50$ .

**Resultados:** A amostra final deste estudo foi de 41 indivíduos saudáveis, sendo grande parte dos participantes do sexo feminino (68,29%), com média de idade de 21 anos, com IMC de  $22,48 \text{ kg/m}^2$ ,  $1,66 \text{ m}$  de altura e  $62 \text{ kg}$  de peso corporal. Os 13 participantes do sexo masculino tiveram melhor desempenho na força muscular média, realizando uma mediana de  $58,67 \text{ kg}$  (25%:  $54,39 \text{ kg}$  – 75%:  $68,01 \text{ kg}$ ), enquanto as 28 participantes do sexo feminino realizaram uma mediana de  $38,96 \text{ kg}$  (25%:  $33,47 \text{ kg}$  – 75%:  $45,99 \text{ kg}$ ). O valor de CCI se demonstrou com nível excelente de correlação para a confiabilidade teste-reteste da força muscular na extensão de tronco. Para a média de força, o valor de CCI foi de  $0,90$  com intervalo de confiança de 95% entre  $0,82$  –  $0,95$ .

**Discussão/Conclusão:** Tendo em mente a importância da força muscular do tronco, os clínicos necessitam saber se as alterações da força ao longo do tempo de seus pacientes são resultados de sua evolução ou de erros de medição. O dinamômetro portátil de tração E-Lastic demonstrou confiabilidade intraexaminador excelente para a força média dos músculos extensores de tronco, em indivíduos saudáveis, sendo assim, confiável para a medição de força desta musculatura. Uma vez que este é o primeiro estudo a medir a musculatura do tronco no E-Lastic, poderá contribuir como impulso para mais estudos de confiabilidade, incluindo indivíduos com dor lombar inespecífica, com o intuito de padronizar protocolos, e para a possibilidade do uso deste instrumento na prática clínica. O E-Lastic pode garantir a mensuração de dados objetivos e análise de evolução dos pacientes, sendo de baixo custo, conectável à rede e de fácil acesso.

Colaborador(a): Ana Beatriz Custódio Pinheiro Torres

Palavras-Chave

Força muscular, Confiabilidade, Dinamômetro, Músculos do tronco.