

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 12/03/2023.

**RAFAEL MOREIRA DE CASTRO PEREIRA PEREZ ESPINOZA**

**CONFIABILIDADE DA MIOTONOMETRIA EM ATLETAS DE NATAÇÃO**



**Presidente Prudente**

**2021**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

**RAFAEL MOREIRA DE CASTRO PEREIRA PEREZ ESPINOZA**

## **CONFIABILIDADE DA MIOTONOMETRIA EM ATLETAS DE NATAÇÃO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCT/UNESP) – Presidente Prudente, para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Fisioterapia

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre

**Presidente Prudente**

**2021**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

E77c

Espinoza, Rafael Moreira de Castro Pereira Perez

Confiabilidade da miotonometria em atletas de natação / Rafael Moreira de Castro Pereira Perez Espinoza. -- Presidente Prudente, 2021

147 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: Carlos Marcelo Pastre

1. Reprodutibilidade dos testes. 2. Natação. 3. Atletas. 4. Sistema musculoesquelético. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Confiabilidade da miotonometria em atletas de natação.

AUTOR: RAFAEL MOREIRA DE CASTRO PEREIRA PEREZ ESPINOZA

ORIENTADOR: CARLOS MARCELO PASTRE

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

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

Profª Drª ARYANE FLAUZINO MACHADO (Participação Virtual)  
Fisioterapia / Faculdade Dom Bosco

**VIDEOCONFERÊNCIA**

Prof. Dr. DIEGO GIULLIANO DESTRO CHRISTÓFARO (Participação Virtual)  
Educação Física / FCT/UNESP - Presidente Prudente

**VIDEOCONFERÊNCIA**

Presidente Prudente, 12 de março de 2021

# *Dedicatória*

---

*À minha mãe, Maria Izabel  
Pereira. Esta conquista é nossa!*

# *Agradecimentos*

---

*Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pelo caminho que percorri até o presente momento, sei que tudo foi, é e sempre será para o meu crescimento, sou extremamente grato pelo o que me proporcionou, obrigado por tudo.*

*Agradeço do fundo do meu coração a minha mãe, Maria Izabel Pereira. Por simplesmente tudo nessa vida, obrigado por todo o carinho, amor, conselhos e conhecimento. Obrigado por sempre estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida, por nunca desistir de mim e por sempre me fazer ser uma pessoa cada vez melhor. Obrigado por além de ser minha mãe, exercer o papel de pai também, por todo o esforço que a senhora faz todos os dias para me proporcionar as melhores coisas, tu és o meu maior espelho na vida, sou eternamente grato por tudo e tenho muito orgulho em ser seu filho. Te amo muito mãe!*

*Agradeço à minha família, em especial as minhas tias e tio: Marisa, Margarethe, Lucília, Rita e Nivaldo. Por todo o amor, carinho e cuidado que sempre tiveram comigo. Acredito que nunca conseguirei agradecer o suficiente tudo o que vocês fizeram por mim e pela mãe, mas saibam que amo muito cada um de vocês e desejo as melhores coisas da vida.*

*Agradeço as minhas irmãs, Karina, Sabrina e Karen. Independentemente da distância em que nos encontramos no momento, agradeço imensamente por ter tido a oportunidade de conhecer vocês, infelizmente nosso pai não pode presenciar esse momento tão feliz que foi o nosso encontro, mas quero agradecer por tudo que fizeram por mim e por me acolherem, tenho muito orgulho de ser irmão de vocês.*

*Aos meus amigos de Pelotas, em especial: Alemão, Bruno e Marcelo. Obrigado por tudo meus irmãos, por sempre me apoiarem nas decisões mais difíceis que passei na vida e pelos momentos de alegria que sempre me proporcionam. Amo muito vocês!*

*Agradeço a Carol, serei eternamente grato por tudo o que fizeste por mim. Por ter sempre me apoiado nas minhas decisões e por ter me incentivado a continuar e nunca desistir do meu sonho mesmo implicando em milhares de quilômetros de distância. Saiba que sem você naquele momento no início da graduação eu nunca teria conseguido e não estaria hoje aqui. O carinho e amor será para sempre, te desejo tudo de bom nesse mundo. Te amo!*

*Agradeço a minha psicóloga Camila, por tudo que tem feito por mim nesses últimos meses. Sua ajuda nesses momentos finais do mestrado foi muito importante para que eu nunca desistisse do meu sonho. Muito obrigado!*

*Agradeço ao time de futsal da Unesp. A todos os atletas, gerentes e treinadores que tive o prazer de jogar e conhecer. Quando tudo estava complicado na graduação e depois no mestrado, os treinos e as resenhas com vocês eram a melhor coisa do dia, ali eu conseguia esquecer de tudo e relaxar, ser feliz. Aproveitei cada segundo com vocês desde o primeiro treino em 2015 até o último jogo em 2019. Levarei cada jogo, títulos, viagens e histórias no fundo do meu coração, foi uma época muito especial que nunca esquecerei. Amo vocês!*

*Agradeço ao pessoal da 12 e 67, Ítalo, Natan, Gabi, Helo, Jéssica, Flávia, Lysie e Leozera. Obrigado pelo convívio especialmente em 2019, por toda a ajuda e atenção que sempre tiveram comigo e também pelos momentos de descontração e risadas que faziam o dia mais alegre.*

*Agradeço a Flávia, por toda a ajuda que sempre me deu durante todo o processo do mestrado, nunca esquecerei tudo que fez por mim.*

*Agradeço a Jéssica, a primeira pessoa do LAFIDE que conversei para tentar ingressar no laboratório e que me proporcionou a oportunidade de ministrar pela primeira vez uma aula para graduação. Obrigado por toda a ajuda, conselhos e ensinamentos ao longo desses anos.*

*Agradeço a Ary, por ser a pessoa que mais me ajudou e a que eu mais me espelhei dentro do LAFIDE. Obrigado pelos conselhos, ajudas e direcionamentos ao longo da minha*

*graduação principalmente no período de coletas da fototerapia, onde fizeram eu abrir meu horizonte e ajudar a tomar a decisão de ingressar no mestrado, te considero uma pessoa muito importante na minha evolução desde a graduação até o presente momento. Mais uma vez muito obrigado!*

*Agradeço a Gabi e Helo, sem vocês nada desse trabalho seria possível. Passamos por momentos de incertezas, angústias, sofrimentos, tristezas, mas também muitos momentos de alegria e felicidade, sempre juntos e unidos a cada passo, a cada momento. Obrigado por toda força que me deram nesses dois anos, vocês são muito especiais na minha vida e vou sentir muita saudade de vocês duas, contem comigo para tudo. Amo vocês!*

*Agradeço ao LAFIDE, a todos os membros do laboratório que eu tive o prazer de conhecer ao longo dos anos, a troca de experiências foi de extrema importância para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Também nunca esquecerei de cada coleta extensa e dos churrascos que tivemos, foi um período sensacional!*

*Agradeço aos meus companheiros de república ao longo desses anos, Henrique, Teo, Aragog, Rodolfo, Natan, Curumim, Heitor e Da Hora. Obrigado por toda ajuda, amizade e pelos momentos de alegria que me proporcionaram durante todo esse período na casa.*

*Agradeço ao Teo e o Codo, irmãos que a Unesp me deu. Obrigado por serem essas pessoas sensacionais que sempre me ajudaram e estiveram nos bons e maus momentos, pelos conselhos e pelas várias risadas. Independentemente da distância, levarei a amizade de vocês para sempre no meu coração. Amo vocês!*

*Agradeço a Mari, minha “mãe” da FCT/UNESP. Obrigado por sempre me ajudar, por me proteger, aconselhar e principalmente pelo carinho que sempre teve por mim. Tu, assim como a Gabi e Helo, foi uma pessoa muito importante nessa fase da minha vida e levarei sua amizade para sempre. Obrigado por tudo!*

*Agradeço aos treinadores das equipes de natação e também aos atletas que participaram do estudo. Agradeço a família Pastre, em especial a Eliane, por todo carinho e disponibilidade para nos hospedar em São José do Rio Preto para realização da coleta. Sem vocês nada disso seria possível!*

*Agradeço a todos os funcionários da FCT/UNESP, em especial ao Guilherme, Lincoln e Tamae que sempre estiveram à disposição para nos ajudar.*

*Agradeço aos membros da banca, Prof. Diego e Prof<sup>a</sup>. Ary, por todos os apontamentos para melhora da dissertação final.*

*Por fim, agradeço ao professor Carlos Marcelo Pastre, primeiramente pela oportunidade de ingressar no LAFIDE e depois de ser seu aluno de mestrado. Obrigado por todos os ensinamentos ao longo desse tempo, foi uma oportunidade ímpar na minha vida. Muito Obrigado!*

*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.*

# *Epígrafe*

---

*“Quando todos os esforços  
são coordenados, não há  
obstáculos intransponíveis”*

*(Autor desconhecido)*

# Resumo

---

**Introdução:** A miotonometria, é uma avaliação capaz de medir quantitativamente o tônus, rigidez, elasticidade, tempo de relaxamento do estresse mecânico e creep. Sua confiabilidade tem sido testada em várias populações mostrando variações nos resultados, além dos valores da miotonometria diferirem de acordo com a especificidade da amostra e das propriedades biomecânicas de cada músculo. **Objetivo:** Avaliar a confiabilidade intra- e inter-avaliadores da miotonometria em atletas de natação e caracterizar o perfil do estado de tensão e das propriedades biomecânicas e viscoelásticas dos músculos nesta amostra associando por subgrupos como sexo, categoria, tempo de prática e estilo do nado. **Métodos:** Estudo teste e reteste composto por 48 jovens atletas de natação do sexo masculino e feminino, com idade entre 12 e 20 anos. A miotonometria foi realizada de forma randomizada por dois avaliadores e os parâmetros medidos foram: tônus, rigidez, elasticidade, tempo de relaxamento do estresse mecânico e creep. Na etapa teste, o primeiro avaliador realizou as mensurações de forma bilateral nos músculos deltoide médio, trapézio superior, peitoral maior, bíceps braquial, reto femoral, tibial anterior, tríceps braquial, multífido lombar, bíceps femoral e sóleo, o segundo avaliador realizou o mesmo processo na mesma ordem imediatamente após o primeiro. Após 15 minutos de intervalo, realizou-se o reteste seguindo a mesma ordem dos avaliadores da etapa teste. Para caracterização da amostra foi utilizada estatística descritiva por meio de tendência central e variabilidade, para todas as variáveis coletadas. A confiabilidade relativa foi testada pelo Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI). A confiabilidade absoluta foi verificada por meio do erro padrão da medida (EPM), valores de mínima mudança detectável (MMD) e coeficiente de variação (CV). **Resultados:** Os valores CCI para confiabilidade intra-avaliador de todos os músculos analisados, variaram entre moderado a excelente no tônus (CCI: 0,643-0,934), rigidez (CCI: 0,611-0,969), elasticidade (CCI: 0,557-0,954) e baixo a excelente no tempo de relaxamento do estresse mecânico (CCI: 0,412-0,962) e creep (CCI: 0,466-0,917), apenas o músculo tibial anterior direito (tempo de relaxamento e creep) apresentaram baixa confiabilidade para o avaliador 2. Para confiabilidade inter-avaliadores, os valores variam entre moderada a excelente no tônus (CCI: 0,513-0,915), baixa a excelente na rigidez (CCI: 0,425-0,935), tempo de relaxamento (CCI: 0,419-0,951), creep (CCI: 0,289-0,933) e baixa a boa para elasticidade (CCI: 0,386-0,868), apenas os músculos deltoide médio direito, tibial anterior direito e tríceps braquial bilateral apresentaram baixa confiabilidade. Com relação às

características da amostra, meninos apresentaram maior tônus, rigidez e menor tempo de relaxamento e creep do que meninas na maioria dos músculos do membro superior, inferior e tronco. **Conclusão:** O MyotonPRO<sup>®</sup> é uma ferramenta confiável e aceitável para avaliação em jovens atletas de natação, respaldando o uso do equipamento no ambiente clínico esportivo. Recomendamos cautela ao generalizar os resultados, devido as variações de CCI em relação ao músculo e parâmetro analisado. Além disso, meninos possuem maior tônus, rigidez e menor tempo de relaxamento e creep do que meninas na maioria dos músculos analisados. Para os subgrupos categoria, estilo de nado e tempo de prática, a maioria dos músculos e parâmetros não apresentaram diferenças.

**Palavras-chave:** Tônus muscular; elasticidade; rigidez; natação; confiabilidade.

# *Abstract*

---

**Background:** Myotonometry is an assessment capable of quantitatively measuring tone, stiffness, elasticity, mechanical stress relaxation time and creep. Its reliability has been tested in several populations showing variations in the results, in addition to the values of myotonometry differ according to the specificity of the sample and the biomechanical properties of each muscle. **Aims:** To evaluate the intra- and inter-rater reliability of myotonometry in swimming athletes and to characterize the profile of the state of tension and biomechanical and viscoelastic properties of the muscles in this sample, associating by subgroups such sex, category, practice time and swimming stroke. **Methods:** Test and retest study composed of 48 young male and female swimming athletes, aged between 12 and 20 years. Myotonometry was performed randomly by two evaluators and the parameters measured were: tone, stiffness, elasticity, mechanical stress relaxation time and creep. In the test stage, the first evaluator performed the measurements bilaterally in the middle deltoid, upper trapezius, pectoralis major, biceps brachii, rectus femoris, anterior tibialis, triceps brachii, lumbar multifidus, biceps femoris and soleus muscles, the second evaluator performed the same process in the same order immediately after the first one. After 15 minutes interval, the retest was carried out following the same order of evaluators in the test. To characterization of sample were used descriptive statistic through central tendency and variability for all variables collected. Relative reliability was tested by the Intraclass Correlation Coefficient (ICC). Absolute reliability was verified by means of standard error of measurement (SEM), values of minimal detectable change (MDC) and coefficient of variation (CV). **Results:** The ICC values for intra-rater reliability for all muscles analyzed, ranged from moderate to excellent in tone (ICC: 0.643-0.934), stiffness (ICC: 0.611-0.969), elasticity (ICC: 0.557- 0.954) and low to excellent in the mechanical stress relaxation time (ICC: 0.412-0.962) and creep (ICC: 0.466-0.917), only the right anterior tibial muscle (time of relaxation and creep) showed low reliability for rater 2. For inter-rater reliability, values range from moderate to excellent in tone (ICC: 0.513-0.915), low to excellent in stiffness (ICC: 0.425-0.935), mechanical stress relaxation time (ICC: 0.419-0.951), creep (ICC: 0.289-0.933) and low to good for elasticity (ICC: 0.386-0.868), only the right middle deltoid, right anterior tibialis and bilateral brachial triceps muscles showed low reliability. Regarding the characteristics of the sample, boys have greater tone, stiffness and shorter time of relaxation and creep than girls in most of the muscles of the upper, lower

and trunk. **Conclusion:** MyotonPRO® is a reliable and acceptable tool for evaluation in young swimming athletes, supporting the use of the equipment in the clinical sports environment. We recommend caution when generalizing the results, due to the variations of ICC in relation to the muscle and parameter analyzed. Moreover, boys have greater tone, stiffness and shorter time of relaxation and creep than girls in most of the analyzed muscles. For the subgroups category, swimming stroke and practice time, most muscles and parameters did not differ.

**Keywords:** *Muscle tone; elasticity; stiffness; swimming; reliability.*

# *Lista de Figuras, Quadros e Tabelas*

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 1.</b> Delineamento do estudo .....  | 30  |
| <b>Figura 2.</b> Dispositivo MyotonPRO® .....  | 32  |
| <b>Figura 3.</b> Músculos selecionados para avaliação da miotonometria .....   | 32  |
| <b>Figura 4.</b> Gráfico de oscilação ilustrando o cálculo de cada parâmetro da miotonometria ....   | 36  |
| <b>Figura 5.</b> Fluxograma das perdas amostrais e distribuição da amostra em relação as equipes participantes .....   | 40  |
| <br>   |     |
| <b>Quadro 1.</b> Legenda das variáveis da figura 4 .....   | 36  |
| <br>   |     |
| <b>Tabela 1.</b> Número de participantes em cada subgrupo avaliado .....   | 40  |
| <b>Tabela 2.</b> Confiabilidade relativa e absoluta intra-avaliador da avaliação da miotonometria nos músculos do membro superior e tronco .....                               | 43  |
| <b>Tabela 3.</b> Confiabilidade relativa e absoluta intra-avaliador da avaliação da miotonometria nos músculos do membro inferior .....  | 46  |
| <b>Tabela 4.</b> Confiabilidade relativa e absoluta inter-avaliadores da avaliação da miotonometria nos músculos do membro superior e tronco das sessões teste e reteste ..... | 50  |
| <b>Tabela 5.</b> Confiabilidade relativa e absoluta inter-avaliadores da avaliação da miotonometria nos músculos do membro inferior das sessões teste e reteste .....          | 53  |
| <b>Tabela 6.</b> Valores descritivos e comparações intra-avaliador da avaliação da miotonometria nos músculos do membro superior e tronco .....                                | 104 |
| <b>Tabela 7.</b> Valores descritivos e comparações intra-avaliador da avaliação da miotonometria nos músculos do membro inferior .....   | 108 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabela 8.</b> Valores descritivos e comparações inter-avaliadores da avaliação da miotonometria nos músculos do membro superior e tronco .....                                    | 111 |
| <b>Tabela 9.</b> Valores descritivos e comparações inter-avaliadores da avaliação da miotonometria nos músculos do membro inferior .....   | 115 |
| <b>Tabela 10.</b> Caracterização e comparações entre os sexos da avaliação da miotonometria nos músculos do membro superior e tronco .....   | 118 |
| <b>Tabela 11.</b> Caracterização e comparações entre os sexos da avaliação da miotonometria nos músculos do membro inferior .....  | 120 |
| <b>Tabela 12.</b> Caracterização e comparações entre o tempo de prática da avaliação da miotonometria nos músculos do membro superior e tronco .....                                 | 122 |
| <b>Tabela 13.</b> Caracterização e comparações entre o tempo de prática da avaliação da miotonometria nos músculos do membro inferior .....  | 124 |
| <b>Tabela 14.</b> Caracterização e comparações entre as categorias da avaliação da miotonometria nos músculos do membro superior e tronco .....                                      | 126 |
| <b>Tabela 15.</b> Caracterização e comparações entre as categorias da avaliação da miotonometria nos músculos do membro inferior .....   | 130 |
| <b>Tabela 16.</b> Caracterização e comparações entre a lateralidade dos músculos em cada estilo de nado da avaliação da miotonometria nos músculos do membro superior e tronco ..... | 133 |
| <b>Tabela 17.</b> Caracterização e comparações entre a lateralidade dos músculos em cada estilo de nado da avaliação da miotonometria nos músculos do membro inferior .....          | 136 |
| <b>Tabela 18.</b> Caracterização e comparações entre os estilos de nado da avaliação da miotonometria nos músculos do membro superior e tronco .....                                 | 138 |
| <b>Tabela 19.</b> Caracterização e comparações entre os estilos de nado da avaliação da miotonometria nos músculos do membro inferior .....  | 142 |

## *Lista de Anexos*

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>ANEXO I</b> – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participantes com 18 anos ou mais .....   | 76  |
| <b>ANEXO II</b> – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participantes com menos de 18 anos ..... | 79  |
| <b>ANEXO III</b> – Termo de Assentimento .....   | 82  |
| <b>ANEXO IV</b> – Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa da FCT/UNESP .....                                 | 85  |
| <b>ANEXO V</b> – <i>Clinical Trials</i> .....  | 89  |
| <b>ANEXO VI</b> – Inquérito de Morbidade Referida .....  | 93  |
| <b>ANEXO VII</b> – Checklist da avaliação da miotonometria dos músculos avaliados .....                    | 94  |
| <b>ANEXO VIII</b> – Dados descritivos da avaliação da miotonometria e comparações intra-avaliador .....    | 104 |
| <b>ANEXO IX</b> – Dados descritivos da avaliação da miotonometria e comparações inter-avaliadores .....    | 111 |
| <b>ANEXO X</b> – Comparações entre subgrupos: Sexo .....   | 118 |
| <b>ANEXO XI</b> – Comparações entre subgrupos: Tempo de prática .....                                      | 122 |
| <b>ANEXO XII</b> – Comparações entre subgrupos: Categoria .....  | 126 |
| <b>ANEXO XIII</b> – Comparações entre lateralidade dentro do estilo de nado .....                          | 133 |
| <b>ANEXO XIV</b> – Comparações entre subgrupos: Estilo de nado .....                                       | 138 |

# *Lista de Abreviaturas*

---

**CCI:** Coeficiente de correlação intraclasse

**EPM:** Erro padrão da medida

**MMD:** Mínima mudança detectável

**CV:** Coeficiente de variação

**FCT/UNESP:** Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

**FAP:** Federação Aquática Paulista

**APEA:** Associação Prudentina de Esportes Atléticos

**IMC:** Índice de massa corporal

**IMR:** Inquérito de Morbidade Referida

**LAFIDE:** Laboratório de Fisioterapia Desportiva

**cm:** Centímetro

**kg:** Quilograma

**kg/cm<sup>2</sup>** - Quilograma por Centímetros ao quadrado

**N:** Newton

**ms:** Milissegundo

**Hz:** Hertz

**N/m:** Newton metro

**IC95%:** Intervalo de confiança de 95%

**DP:** Desvio Padrão

**M:** Média

**ANOVA:** Análise de variância

# Sumário

---

|  |      |
|--|------|
| Resumo .....   | x    |
| Sumário .....  | xii  |
| Lista de Figuras e Tabelas .....   | xiv  |
| Lista de Anexos .....  | xvi  |
| Lista de Abreviaturas e Símbolos .....   | xvii |
| Apresentação .....   | xx   |
| Dissertação .....  | xxi  |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 22   |
| 2. OBJETIVOS .....   | 27   |
| 3. MÉTODOS .....   | 27   |
| 3.1 Caracterização da amostra .....  | 27   |
| 3.2 Aprovação de ética e Registro do Ensaio Clínico .....                          | 28   |
| 3.3 Delineamento do estudo .....   | 29   |
| 3.4 Procedimentos .....  | 30   |
| 3.4.1 Avaliação antropométrica .....   | 30   |
| 3.4.2 Inquérito de Morbidade Referida .....  | 30   |
| 3.4.3 Avaliação da miotonometria .....   | 31   |
| 3.4.4 Posicionamento e localização dos músculos .....                              | 32   |
| 3.4.5 Parâmetros da miotonometria .....  | 34   |
| 3.4.6 Caracterização do perfil dos parâmetros da miotonometria por subgrupos ..... | 37   |
| 3.5. Análise estatística .....   | 37   |
| 4. RESULTADOS .....  | 39   |

|  |     |
|--|-----|
| 4.1 Confiabilidade relativa e absoluta intra-avaliador .....   | 41  |
| 4.2 Confiabilidade relativa e absoluta inter-avaliadores .....   | 47  |
| 4.3 Quantificação dos parâmetros da miotonometria em atletas de natação .....  | 54  |
| 4.4 Comparações subgrupo sexo: Feminino vs masculino .....   | 55  |
| 4.5 Comparações subgrupo tempo de prática: < 72 meses vs ≥ 72 meses de prática .....                                   | 55  |
| 4.6 Comparações subgrupo categoria: Petiz II + Infantil (I e II) vs Juvenil (I e II) vs Júnior (I e II) + Sênior ..... | 55  |
| 4.7 Comparações entre lateralidade em cada estilo de nado .....  | 56  |
| 4.8 Comparações subgrupo estilo do nado: <i>Crawl</i> vs Borboleta vs Costas vs Peito .....                            | 56  |
| 5. DISCUSSÃO .....   | 56  |
| 5.1 Confiabilidade relativa e absoluta intra-avaliador e inter-avaliadores .....                                       | 57  |
| 5.2 Caracterização e comparações por subgrupo: Sexo .....  | 62  |
| 5.3 Caracterização e comparações por subgrupo: Categorias .....  | 63  |
| 5.4 Caracterização e comparações por subgrupo: Estilo de nado e lateralidade em cada estilo de nado .....              | 65  |
| 5.5 Caracterização e comparações por subgrupo: Tempo de prática .....  | 66  |
| 5.6 Limitações do estudo .....   | 66  |
| 5.7 Perspectivas futuras .....   | 67  |
| 6. CONCLUSÃO .....   | 68  |
| REFERÊNCIAS .....  | 69  |
| LISTA DE ANEXOS .....  | 75  |
| ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....   | 145 |

# *Apresentação*

---

Essa dissertação está apresentada em consonância com as normas do modelo de dissertação do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. O conteúdo desse trabalho contempla o material originado a partir da pesquisa intitulada “*Confiabilidade da miotonometria em atletas de natação*”.

Fez-se a opção por expor o texto elaborado da dissertação e posteriormente as atividades desenvolvidas pelo candidato durante o curso de mestrado.

# *Dissertação*

---

## 1. INTRODUÇÃO

A fisioterapia tornou-se um recurso importante nas equipes esportivas (1) visto seu papel na prevenção e reabilitação de lesões além dos esforços para auxiliar na melhora da performance (2,3). Deste modo, a análise clínica tem sido exercida com intuito de obter parâmetros que servem de base para avaliação do estado de saúde do atleta, das repercussões do treinamento além de auxiliar a prescrição de técnicas recuperativas (4,5).

A natação é caracterizada por movimentos coordenados e rítmicos do corpo humano dentro de um espaço líquido por ação conjunta dos membros superiores, inferiores e tronco (6). Esta modalidade possui variados estilos de nado e distâncias, e diante disso exigem diferentes habilidades e demandas metabólicas para sua realização (7). Essas singularidades requerem treinamentos específicos e, deste modo, faz-se necessária a compreensão da representatividade do estresse dos estímulos recebidos pelos atletas de acordo com as cargas implementadas.

O monitoramento de carga é dividido em variáveis internas e externas. Enquanto a carga interna representa os estresses biológicos e bioquímicos impostos em uma sessão de treino como frequência cardíaca, consumo de oxigênio e percepção de esforço, a carga externa é representada pelo trabalho realizado em uma sessão de treino, como potência e velocidade (8–10). Na natação especificamente, os treinamentos são realizados de acordo com as medidas externas pré-determinadas pelos treinadores como número de séries ou distância percorrida, entretanto são os estresses fisiológicos do atleta que determinarão a adaptação frente aos estímulos exigidos pelo treino (10).

Atletas em níveis mais elevados geralmente treinam entre seis a sete dias por semana e nadam cerca de 10.000 a 14.000 metros por dia, estes números equivalem aproximadamente a 2.500 braçadas em um único dia (11). Diante das variações no volume de carga estabelecidos durante os treinamentos, acúmulo contínuo dos estresses a que os atletas são submetidos e movimentos altamente repetitivos, podem ocorrer lesões nos membros superiores, inferiores e

tronco (12–15). Ainda, fatores como desequilíbrio muscular, fraqueza, déficit de flexibilidade e técnica inadequada da modalidade podem levar a lesões de tecidos sobrecarregados (11,16–18) podendo modificar o tônus e propriedades biomecânicas do músculo, com isso, interferindo no treinamento adequado e deste modo refletindo na diminuição da performance do atleta.

O tônus muscular pode ser definido como o estado mínimo de tensão contínua que o músculo apresenta em repouso sem qualquer contração voluntária ou em resistência a reposta ao alongamento (19). Em uma musculatura saudável, o tônus é uma característica fundamental para manter o equilíbrio, a estabilidade postural e para promover contrações musculares energeticamente eficientes (19). A avaliação é frequentemente mensurada de modo subjetivo seja por escalas ou pela palpação manual (20). Contudo, essas escalas possuem limitações subjetivas do examinador como no momento da palpação na avaliação, além da falta de validade e confiabilidade (21,22).

Dentre as propriedades biomecânicas supracitadas, a rigidez é uma propriedade mecânica do músculo caracterizada como a resistência a uma contração ou força externa que deforma sua forma inicial (23), sendo esta, considerada uma variável neuromuscular aparentemente modificada de acordo com o treinamento apropriado (24,25). Ademais, bons níveis de rigidez muscular estão correlacionados com melhora no desempenho funcional (26–28). Entretanto, altos níveis de rigidez levam a riscos mais elevados de lesões do mesmo modo que baixos níveis de rigidez podem aumentar a chance de lesão devido ao movimento articular excessivo (29–31). Assim, incluir ferramentas de monitoramento para avaliar as características da rigidez de um atleta pode ser benéfico para o gerenciamento de riscos de lesões.

Outra propriedade biomecânica importante é a elasticidade que é definida como a capacidade de um material recuperar sua forma inicial após uma contração ou remoção de uma força externa de deformação (32). Estudos com atletas, demonstram que déficits de elasticidade podem diminuir a amplitude da mobilidade articular refletindo sobre o sistema postural (33),

além disso, a falta de elasticidade e flexibilidade muscular são consideradas fatores de risco para lesões musculoesqueléticas (33,34).

Sabendo que o tônus e as propriedades biomecânicas supracitadas são classificados como critérios relevantes para função muscular, torna-se importante a utilização de equipamentos capazes de quantificar estas propriedades mecânicas de forma rápida e confiável, que necessite de pouca expertise técnica para um fácil uso do equipamento para aplicação na pesquisa e principalmente na clínica. O MyotonPRO<sup>®</sup> aparece como uma ferramenta portátil, fácil manuseio, não invasiva que fornece medidas quantitativas das propriedades biomecânicas além do estado de tensão do músculo por meio de um sensor baseado em um acelerômetro de oscilações musculares amortecidas (35,36).

Diante de um cenário clínico esportivo da natação, onde atletas apresentam incidência significativa de dor (37,38) assim como lesões no membro superior, inferior e coluna (14,39), a medição objetiva e confiável de variáveis como tônus (40), rigidez e elasticidade permitiria uma possível detecção de risco de lesões bem como efeitos de intervenções fisioterapêuticas. Para isso, a confiabilidade deste instrumento tem sido investigada em diversas populações (36,41,50–53,42–49) mostrando valores de baixo a excelente com alta variabilidade. Observa-se que estudos dentro de uma mesma população e mesmo músculo apresentam variações entre os parâmetros da miotonometria, além disso, nota-se que a confiabilidade varia em relação ao músculo analisado e as diferentes populações, como podem ser vistos nos estudos a seguir. Van Deun et al. (43) investigaram a reprodutibilidade da miotonometria no bíceps braquial de 18 jovens adultos, 20 idosos saudáveis e 16 idosos com paratonia. Os autores encontraram confiabilidade intra-avaliador alta para rigidez (CCI 0.84 (IC95% 0.615 - 0.941)), tônus (CCI 0.89 (IC95% 0.73 - 0.96)) e moderada para elasticidade (CCI 0.64 (IC95% 0.24 -0.85)) em jovens adultos, enquanto que no grupo de idosos saudáveis verificaram confiabilidade moderada para tônus (CCI 0.59 (IC95% 0.19 - 0.82)) e baixa para rigidez (CCI 0.39 (IC95% -

0.04 - 0.71)) e elasticidade (CCI 0.36 (IC95% -0.10 - 0.70)). Por fim, no grupo paratonia, encontraram confiabilidade baixa na rigidez (CCI 0.46 (IC95% -0.04 - 0.78)), elasticidade (CCI 0.34 (IC95% -0.19 - 0.72)) e pobre (CCI 0.22 (IC95% -0.31 - 0.65)) no tônus muscular. Agyapong-Badu et al. (36) encontraram confiabilidade intra-avaliador boa a justa na variável elasticidade (CCI 0.68 (IC95% 0.4 - 0.83)) no reto femoral de jovens adultos saudáveis enquanto que em idosos saudáveis a confiabilidade desta mesma variável foi excelente (CCI 0.76 (IC95% 0.58 - 0.87)).

Além disso, os valores quantitativos da miotonometria também podem variar em virtude das especificidades da amostra, estado de tensão e das propriedades biomecânicas de cada músculo. Quando comparado o sexo, Zinder et al. (54) encontraram maior rigidez no músculo reto femoral em contração em homens do que em mulheres. Resultados similares foram encontrados no estudo de Agyapong-Badu et al. (36) que observaram que homens possuem maior rigidez, tônus e menor elasticidade do que mulheres no mesmo músculo, porém em estado de relaxamento. No entanto, quando analisado o músculo bíceps braquial, os autores (36) não encontraram diferenças entre os sexos em nenhum parâmetro da miotonometria. A idade também é um fator que parece estar relacionado com as propriedades musculares. Os achados na literatura mostram que os resultados encontrados diferem de acordo com a idade quando comparado em uma população específica. O estudo de Van Deun et al. (43) observaram que o bíceps braquial de jovens possui menor tônus e rigidez porém uma maior elasticidade em comparação com adultos mais velhos. Agyapong-Badu et al. (36) encontraram maior rigidez e menor elasticidade no reto femoral de idosos quando comparado com adultos enquanto valores de tônus não tiveram diferenças significativas.

A prática esportiva é outro fator que aparenta possibilitar mudanças no estado de tensão e das propriedades biomecânicas do músculo. Ao comparar valores quantitativos de rigidez muscular do trapézio de jogadores de basquete (44) e de não atletas (46), observou-se que a

amostra de atletas apresentou menor valor de rigidez. Gervasi et al. (55) identificaram que em homens adultos corredores a elasticidade e o tônus no bíceps braquial são menores do que em sedentários, enquanto que em mulheres adultas corredoras, a elasticidade do reto femoral é menor quando comparadas às mulheres sedentárias. Volume e nível de treinamento são condições importantes que podem estar relacionadas com variações importantes no músculo. Pruyn et al. (56) analisaram 46 atletas de netball de diferentes níveis de competitividade e treinamento, e observaram maior rigidez muscular ativa de membros inferiores por meio do salto vertical em uma plataforma de força e tamanho de efeito grande a moderado na rigidez passiva por meio da avaliação da miotonometria dos músculos gastrocnêmio, sóleo e o tendão de aquiles de atletas de elite em relação a atletas recreacionais. Diante disso, torna-se importante investigar se essas diferenças persistem ou não em populações, condições físicas e músculos diferentes.

Portanto, fatores como a idade, sexo, população, prática esportiva, nível de atividade física e os diferentes músculos são fatores que merecem destaque quanto a análise da miotonometria. Além das diferenças populacionais, o registro das variáveis pode sofrer interferências decorrentes da forma de avaliação, do equipamento e dos próprios avaliadores. Em vista disso, a busca pela autêntica representatividade das medidas observadas em avaliações com o objetivo de estabelecer parâmetros em situações de campo no esporte parece pertinente levando-se em conta a especificidade do cenário no qual o atleta está inserido (8) como no caso da natação.

Além disto, observa-se na literatura que o baixo valor amostral, variação nos resultados, grande intervalo de confiança de alguns estudos, pequeno número de músculos analisados dentro da mesma amostra e a não avaliação de todos os parâmetros do MyotonPRO® (41,43,45-47,49,51,52,57) pelos estudos são fatores limitantes que não permitem extrapolar estes resultados de maneira generalizada.

## REFERÊNCIAS

1. Hahn A. Sports medicine , sports science : the multidisciplinary road to sports success. *J Sci Med Sport*. 2004;7:275–7.
2. Grant ME, Steffen K, Glasgow P, Phillips N, Booth L, Galligan M. The role of sports physiotherapy at the London 2012 Olympic Games. *Br J Sports Med*. 2014;48(1):63–70.
3. Athanasopoulos S, Kapreli E, Tsakoniti A, Karatsolis K, Diamantopoulos K, Kalampakas K, et al. The 2004 olympic games: Physiotherapy services in the olympic village polyclinic. *Br J Sports Med*. 2007;41(9):603–9.
4. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687–708.
5. Thorpe RT, Strudwick AJ, Buchheit M, Atkinson G, Drust B GW. Tracking Morning Fatigue Status Across In-Season Training Weeks in Elite Soccer Players. *Int J Sport Physiol Perform*. 2016;11(7):947–52.
6. Conti AA. Swimming, physical activity and health: a historical perspective. *Clin Ter*. 2015;166(4):179–82.
7. Koenig J, Jarczok MN, Wasner M, Hillecke TK, Thayer JF. Heart Rate Variability and Swimming. *Sport Med*. 2014;44(10):1377–91.
8. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gastin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12:S2161–70.
9. McLaren SJ, Macpherson TW, Coutts AJ, Hurst C, Spears IR, Weston M. The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. *Sport Med*. 2018;48(3):641–58.
10. Wallace LK, Slattery KM CA. The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *J Strength Cond Res*. 2009;23(1):33–8.
11. Pink MM, Tibone JE. The painful shoulder in the swimming athlete. *Orthop Clin North Am*. 2000;31(2):247–61.
12. Aguiar PRC, Bastos FN, Netto Júnior J, Vanderlei LCM, Pastre CM. Sports injuries in swimming. *Rev Bras Med do Esporte*. 2010;16(4):273–7.
13. Nyska M, Constantini N, Calé-Benzoor M, Back Z, Kahn G, Mann G. Spondylolysis as a cause of low back pain in swimmers. *Int J Sports Med*. 2000;21(5):375–9.
14. Wanivenhaus F, Fox AJS, Chaudhury S, Rodeo SA. Epidemiology of Injuries and Prevention Strategies in Competitive Swimmers. *Sports Health*. 2012;4(3):246–51.
15. Chase KI, Caine DJ, Goodwin BJ, Whitehead JR, Romanick MA. A prospective study of injury affecting competitive collegiate swimmers. *Res Sport Med*. 2013;21(2):111–23.
16. Carson PA. The rehabilitation of a competitive swimmer with an asymmetrical breaststroke movement pattern. *Man Ther*. 1999;4(2):100–6.
17. McMaster WC, Long SC, Caiozzo VJ. Shoulder torque changes in the swimming athlete. *Am J Sports Med*. 1992;20(3):323–7.
18. Yanai T, Hay JG. swimming : II . analysis of. *Med Sci Sport Exerc*. 2000;32(December 1998):30–40.
19. Masi AT, Hannon JC. Human resting muscle tone (HRMT): Narrative introduction and modern concepts. *J Bodyw Mov Ther*. 2008;12(4):320–32.
20. Platz T, Eickhof C, Nuyens G, Vuadens P. Clinical scales for the assessment of spasticity, associated phenomena, and function: A systematic review of the literature. *Disabil Rehabil*. 2005;27(1–2):7–18.

21. Fleuren JFM, Voerman GE, Erren-Wolters C V., Snoek GJ, Rietman JS, Hermens HJ, et al. Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2010;81(1):46–52.
22. Pandyan AD, Johnson GR, Price CIM, Curless RH, Barnes MP, Rodgers H. A review of the properties and limitations of the Ashworth and modified Ashworth Scales as measures of spasticity. *Clin Rehabil*. 1999;13(5):373–83.
23. Schneider S, Peipsi A, Stokes M, Knicker A, Abeln V. Feasibility of monitoring muscle health in microgravity environments using Myoton technology. *Med Biol Eng Comput*. 2015;53(1):57–66.
24. Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Yata H, Tsunoda N, Kanehisa H, et al. Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(10):1801–10.
25. Spurrs RW, Murphy AJ, Watsford ML. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol*. 2003;89(1):1–7.
26. Bourdin M, Rambaud O, Dorel S, Lacour JR, Moyen B, Rahmani A. Throwing performance is associated with muscular power. *Int J Sports Med*. 2010;31(7):505–10.
27. Kalkhoven JT, Watsford ML. The relationship between mechanical stiffness and athletic performance markers in sub-elite footballers. *J Sports Sci*. 2018;36(9):1022–9.
28. Wilson GJ, Wood GA, Elliott BC. Optimal stiffness of series elastic component in a stretch-shorten cycle activity. *J Appl Physiol*. 1991;70(2):825–33.
29. Watsford ML, Murphy AJ, McLachlan KA, Bryant AL, Cameron ML, Crossley KM, et al. A prospective study of the relationship between lower body stiffness and hamstring injury in professional Australian rules footballers. *Am J Sports Med*. 2010;38(10):2058–64.
30. Butler RJ, Crowell HP, Davis IMC. Lower extremity stiffness: Implications for performance and injury. *Clin Biomech*. 2003;18(6):511–7.
31. Pickering Rodriguez EC, Watsford ML, Bower RG, Murphy AJ. The relationship between lower body stiffness and injury incidence in female netballers. *Sport Biomech*. 2017;16(3):361–73.
32. Hamill J. Bases biomecânicas do movimento humano. Editora Manole. São Paulo; 1999.
33. Sendín NL, Sendín FA, del Rey MS, Aparício EQ, Rebelatto JR. Influência da prática regular de futebol sobre a elasticidade da cadeia muscular cinética reta posterior de jovens. *Fisioter Bras*. 2005;6:444–9.
34. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D’Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players: A prospective study. *Am J Sports Med*. 2003;31(1):41–6.
35. Viir R, Laiho K, Kramarenko J, Mikkelsen M. Repeatability of Trapezius Muscle Tone Assessment By a Myometric Method. *J Mech Med Biol*. 2006;06(02):215–28.
36. Agyapong-Badu S, Warner M, Samuel D, Stokes M. Measurement of ageing effects on muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps brachii in healthy males and females using a novel hand-held myometric device. *Arch Gerontol Geriatr*. 2016;62:59–67.
37. Capaci K, Ozcaldiran B, Durmaz B. Musculoskeletal pain in elite competitive male swimmers. *Pain Clin*. 2002;14(3):229–34.
38. Venâncio BO, Tacani PM, Deliberato PCP. Pain prevalence in swimming athletes of São Caetano do Sul. *Rev Bras Med do Esporte*. 2012;18(6):394–9.
39. Matsuura Y, Hangai M, Koizumi K, Ueno K, Hirai N, Akuzawa H, et al. Injury trend analysis in the Japan national swim team from 2002 to 2016: Effect of the lumbar injury prevention project. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019;5(1):1–8.
40. Masi AT, Nair K, Evans T, Ghandour Y. Clinical, Biomechanical, and Physiological

- Translational Interpretations of Human Resting Myofascial Tone or Tension. *Int J Ther Massage Bodyw Res Educ Pract.* 2010;3(4):16–28.
41. Agyapong-Badu S, Aird L, Bailey L, Mooney K, Mullix J, Samuel D et al. Interrater reliability of muscle tone, stiffness and elasticity measurements of rectus femoris and biceps brachii in healthy young and older males. *Work Pap Heal Sci.* 2013;1(4):1–11.
  42. Mullix J, Warner M, Stokes M. Testing muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps femoris using a novel hand held MyotonPRO device: relative ratios and reliability. *Work Pap Heal Sci.* 2013;1(1):1–8.
  43. Van Deun B, Hobbelen JSM, Cagnie B, Van Eetvelde B, Van Den Noortgate N, Cambier D. Reproducible Measurements of Muscle Characteristics Using the MyotonPRO Device. *J Geriatr Phys Ther.* 2018;41(4):194–203.
  44. Kisilewicz A, Janusiak M, Szafraniec R, Smoter M, Ciszek B, Madeleine P, et al. Changes in Muscle Stiffness of the Trapezius Muscle after Application of Ischemic Compression into Myofascial Trigger Points in Professional Basketball Players. *J Hum Kinet.* 2018;64(1):35–45.
  45. Dellalana LE, Chen F, Vain A, Gandelman JS, Pöldemaa M, Chen H, et al. Reproducibility of the durometer and myoton devices for skin stiffness measurement in healthy subjects. *Ski Res Technol.* 2019;25(3):289–93.
  46. Liu CL, Feng YN, Zhang HQ, Li YP, Zhu Y, Zhang ZJ. Assessing the viscoelastic properties of upper trapezius muscle: Intra- and inter-tester reliability and the effect of shoulder elevation. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018;43:226–9.
  47. Fröhlich-Zwahlen AK, Casartelli NC, Item-Glatthorn JF, Maffiuletti NA. Validity of resting myotonometric assessment of lower extremity muscles in chronic stroke patients with limited hypertonia: A preliminary study. *J Electromyogr Kinesiol.* 2014;24(5):762–9.
  48. Jiménez-Sánchez C, Ortiz-Lucas M, Bravo-Esteban E, Mayoral-Del Moral O, Herrero-Gállego P, Gómez-Soriano J. Myotonometry as a measure to detect myofascial trigger points: An inter-rater reliability study. *Physiol Meas.* 2018;39(11):115004.
  49. Feng YN, Li YP, Liu CL, Zhang ZJ. Assessing the elastic properties of skeletal muscle and tendon using shearwave ultrasound elastography and MyotonPRO. *Sci Rep.* 2018;8(1):1–9.
  50. Hu X, Lei D, Li L, Leng Y, Yu Q, Wei X, et al. Quantifying paraspinal muscle tone and stiffness in young adults with chronic low back pain: a reliability study. *Sci Rep.* 2018;8(1):1–10.
  51. Lo WLA, Zhao JL, Li L, Mao YR, Huang DF. Relative and Absolute Interrater Reliabilities of a Hand-Held Myotonometer to Quantify Mechanical Muscle Properties in Patients with Acute Stroke in an Inpatient Ward. *Biomed Res Int.* 2017;2017.
  52. Ko CY, Choi HJ, Ryu J, Kim G. Between-day reliability of MyotonPRO for the non-invasive measurement of muscle material properties in the lower extremities of patients with a chronic spinal cord injury. *J Biomech.* 2018;73:60–5.
  53. Colomar J, Baiget E, Corbi F. Influence of Strength, Power, and Muscular Stiffness on Stroke Velocity in Junior Tennis Players. *Front Physiol.* 2020;11:1–9.
  54. Zinder SM, Padua DA. Reliability, validity, and precision of a handheld myometer for assessing in vivo muscle stiffness. *J Sport Rehabil.* 2011;20(3):2010\_0051.
  55. Gervasi M, Sisti D, Amatori S, Andreatza M, Benelli P, Sestili P, et al. Muscular viscoelastic characteristics of athletes participating in the European Master Indoor Athletics Championship. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117(8):1739–46.
  56. Pruyn EC, Watsford ML, Murphy AJ. Differences in lower-body stiffness between levels of netball competition. *J Strength Cond Res.* 2015;29(5):1197–202.
  57. Drenth H, Zuidema SU, Krijnen WP, Bautmans I, Van Der Schans C, Hobbelen H.

- Psychometric properties of the MyotonPRO in dementia patients with paratonia. *Gerontology*. 2018;64(4):401–12.
58. Terwee CB, Bot SDM, de Boer MR, van der Windt DAWM, Knol DL, Dekker J, et al. Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *J Clin Epidemiol*. 2007;60(1):34–42.
  59. Pastre CM, Filho GC, Monteiro HL, Netto J, Padovani CR. Sports injuries in track and field: Comparison between information obtained in medical records and reported morbidity inquires. *Rev Bras Med do Esporte*. 2004;10(1):1–15.
  60. Kelly JP, Koppenhaver SL, Michener LA, Proulx L, Bisagni F, Cleland JA. Characterization of tissue stiffness of the infraspinatus, erector spinae, and gastrocnemius muscle using ultrasound shear wave elastography and superficial mechanical deformation. *J Electromyogr Kinesiol*. 2018;38:73–80.
  61. Ahad NA, Yin TS, Othman AR, Yaacob CR. Sensitivity of normality tests to non-normal data. *Sains Malaysiana*. 2011;40(6):637–41.
  62. Hopkins WG. Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. *Sport Med*. 2014;30(1):1–15.
  63. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull*. 1979;86(2):420–8.
  64. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*. 2016;15(2):155–63.
  65. de Vet HC, Terwee CB, Ostelo RW, Beckerman H, Knol DL, Bouter LM. Minimal changes in health status questionnaires: Distinction between minimally detectable change and minimally important change. *Health Qual Life Outcomes*. 2006;4:54.
  66. Haley SM, Fragala-pinkham MA. Interpreting Change Scores of Tests and Measures Used in Physical Therapy. *Phys Ther*. 2017;86(5):735–43.
  67. Flansbjerg UB, Holmbäck AM, Downham D, Patten C, Lexell J. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med*. 2005;37(2):75–82.
  68. Colado JC, Garcia-Masso X, Triplett TN, Flandez J, Borreani S, Tella V. Concurrent validation of the omni-resistance exercise scale of perceived exertion with theraband resistance bands. *J Strength Cond Res*. 2012;26(11):3018–24.
  69. Chuang LL, Lin KC, Wu CY, Chang CW, Chen HC, Yin HP, et al. Relative and absolute reliabilities of the myotonometric measurements of hemiparetic arms in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94(3):459–66.
  70. Smidt N, Van der Windt DA, Assendelft WJ, Mourits AJ, Devill WL, De Winter AF, et al. Interobserver reproducibility of the assessment of severity of complaints, grip strength, and pressure pain threshold in patients with lateral epicondylitis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(8):1145–50.
  71. Andersen LL, Vinstrup J, Jakobsen MD, Sundstrup E. Validity and reliability of elastic resistance bands for measuring shoulder muscle strength. *Scand J Med Sci Sport*. 2017;27(8):887–94.
  72. Bruton A, Conway JH, Holgate ST. Reliability: What is it, and how is it measured? *Physiotherapy*. 2000;86(2):94–9.
  73. Sakkool T, Meerits T, Gapeyeva H. Intrarater and Interrater Reliability of Muscle Tone, Elasticity and Stiffness Characteristics Measurements By Myoton-3 in Healthy Children Aged 5–7 Years. *Balt J Sport Heal Sci*. 2016;1(100):38–46.
  74. Bizzini M, Mannion AF. Reliability of a new, hand-held device for assessing skeletal muscle stiffness. *Clin Biomech*. 2003;18(5):459–61.
  75. Aird L, Samuel D, Stokes M. Quadriceps muscle tone, elasticity and stiffness in older males: Reliability and symmetry using the MyotonPRO. *Arch Gerontol Geriatr*.

- 2012;55(2):e31–9.
76. Chen G, Wu J, Chen G, Lu Y, Ren W, Xu W, et al. Reliability of a portable device for quantifying tone and stiffness of quadriceps femoris and patellar tendon at different knee flexion angles. *PLoS One*. 2019;14(7):1–17.
  77. Lohr C, Braumann KM, Reer R, Schroeder J, Schmidt T. Reliability of tensiomyography and myotonometry in detecting mechanical and contractile characteristics of the lumbar erector spinae in healthy volunteers. *Eur J Appl Physiol*. 2018;118(7):1349–59.
  78. Wu Z, Zhu Y, Xu W, Liang J, Guan Y, Xu X. Analysis of Biomechanical Properties of the Lumbar Extensor Myofascia in Elderly Patients with Chronic Low Back Pain and That in Healthy People. *Biomed Res Int*. 2020;2020:7649157.
  79. Pruyt EC, Watsford ML, Murphy AJ. Validity and reliability of three methods of stiffness assessment. *J Sport Heal Sci*. 2016;5(4):476–83.
  80. Martens J, Figueiredo P, Daly D. Electromyography in the four competitive swimming strokes: A systematic review. *J Electromyogr Kinesiol*. 2015;25(2):273–91.
  81. McLeod I. *Swimming Anatomy*. Hum Kinet. 2010;
  82. de Almeida MO, Hespanhol LC, Lopes AD. Prevalence of Musculoskeletal Pain Among Swimmers in an Elite National Tournament. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10(7):1026–34.
  83. Lo WLA, Zhao JL, Chen L, Lei D, Huang DF, Tong KF. Between-days intra-rater reliability with a hand held myotonometer to quantify muscle tone in the acute stroke population. *Sci Rep*. 2017;7(1):1–8.
  84. Lo WLA, Yu Q, Mao Y, Li W, Hu C, Li L. Lumbar muscles biomechanical characteristics in young people with chronic spinal pain. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):1–9.
  85. Price PDB, Gissane C, Cleather DJ. Reliability and minimal detectable change values for predictions of knee forces during gait and stair ascent derived from the FreeBody musculoskeletal model of the lower limb. *Front Bioeng Biotechnol*. 2017;5:1–14.
  86. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*. 2005;19(1):231–40.
  87. Negrete RJ, Hanney WJ, Kolber MJ et al. Reliability, minimal detectable change, and normative values for tests of upper extremity function and power. *J Strength Cond Res*. 2010;24(2):3318–25.
  88. Ilahi S, T. Masi A, White A, Devos A, Henderson J, Nair K. Quantified biomechanical properties of lower lumbar myofascia in younger adults with chronic idiopathic low back pain and matched healthy controls. *Clin Biomech*. 2020;73:78–85.
  89. Taş S, Salkın Y. An investigation of the sex-related differences in the stiffness of the Achilles tendon and gastrocnemius muscle: Inter-observer reliability and inter-day repeatability and the effect of ankle joint motion. *Foot*. 2019;41:44–50.
  90. Blackburn JT, Riemann BL, Padua DA, Guskiewicz KM. Sex comparison of extensibility, passive, and active stiffness of the knee flexors. *Clin Biomech*. 2004;19(1):36–43.
  91. Blackburn JT, Padua DA, Weinhold PS, Guskiewicz KM. Comparison of triceps surae structural stiffness and material modulus across sex. *Clin Biomech*. 2006;21(2):159–67.
  92. Granata KP, Padua DA, Wilson SE. Gender differences in active musculoskeletal stiffness. Part II. Quantification of leg stiffness during functional hopping tasks. *J Electromyogr Kinesiol*. 2002;12(2):127–35.
  93. Narici M V., Maffulli N. Sarcopenia: Characteristics, mechanisms and functional significance. *Br Med Bull*. 2010;95(1):139–59.
  94. Wüst RCI, Morse CI, De Haan A, Jones DA, Degens H. Sex differences in contractile properties and fatigue resistance of human skeletal muscle. *Exp Physiol*.

- 2008;93(7):843–50.
95. Wentorf FA, Sudoh K, Moses C, Arendt EA, Carlson CS. The effects of estrogen on material and mechanical properties of the intra- and extra-articular knee structures. *Am J Sports Med.* 2006;34(12):1948–52.
  96. White A, Abbott H, Masi AT, Henderson J, Nair K. Biomechanical properties of low back myofascial tissue in younger adult ankylosing spondylitis patients and matched healthy control subjects. *Clin Biomech.* 2018;57:67–73.
  97. Andonian BJ, Masi AT, Aldag JC, Barry AJ, Coates BA, Emrich K, et al. Greater Resting Lumbar Extensor Myofascial Stiffness in Younger Ankylosing Spondylitis Patients Than Age-Comparable Healthy Volunteers Quantified by Myotonometry. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015;96(11):2041–7.
  98. Kubo K, Teshima T, Ikebukuro T, Hirose N, Tsunoda N. Tendon properties and muscle architecture for knee extensors and plantar flexors in boys and men. *Clin Biomech.* 2014;29(5):506–11.
  99. Kubo K, Teshima T, Hirose N, Tsunoda N. Growth changes in morphological and mechanical properties of human patellar tendon in vivo. *J Appl Biomech.* 2014;30(3):415–22.
  100. Kubo K, Teshima T, Hirose N, Tsunoda N. A cross-sectional study of the plantar flexor muscle and tendon during growth. *Int J Sports Med.* 2014;35(10):828–34.
  101. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukanaga T. Growth changes in the elastic properties of human tendon structures. *Int J Sports Med.* 2001;22(2):138–43.
  102. O'Brien TD, Reeves ND, Baltzopoulos V, Jones DA, Maganaris CN. Muscle-tendon structure and dimensions in adults and children. *J Anat.* 2010;216(5):631–42.
  103. O'Brien TD, Reeves ND, Baltzopoulos V, Jones DA, Maganaris CN. Mechanical properties of the patellar tendon in adults and children. *J Biomech.* 2010;43(6):1190–5.
  104. Binzoni T, Bianchi S, Hanquinet S, Kaelin A, Sayegh Y, Dumont M, et al. Human gastrocnemius medialis pennation angle as a function of age: From newborn to the elderly. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2001;20(5):293–8.
  105. O'Brien TD, Reeves ND, Baltzopoulos V, Jones DA, Maganaris CN. In vivo measurements of muscle specific tension in adults and children. *Exp Physiol.* 2010;95(1):202–10.
  106. Charcharis G, Mersmann F, Bohm S, Arampatzis A. Morphological and Mechanical Properties of the Quadriceps Femoris Muscle-Tendon Unit From Adolescence to Adulthood: Effects of Age and Athletic Training. *Front Physiol.* 2019;10:1–12.
  107. Degache F, Richard R, Edouard P, Oullion R, Calmels P. The relationship between muscle strength and physiological age: A cross-sectional study in boys aged from 11 to 15. *Ann Phys Rehabil Med.* 2010;53(3):180–8.