UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

Luiza Zuchetto Fanti

Abdominal viscoelastic and biomechanical properties assessment in late post-partum women: intra- and inter-rater reliability

Porto Alegre

2025

Luiza Zuchetto Fanti

Abdominal viscoelastic and biomechanical properties assessment in late post-partum women: intra- and inter-rater reliability

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Faria da Silva

Coorientadora: Ms. Fabiana Cristina da Silva

Porto Alegre
2025

Catalogação na Publicação

Fanti, Luiza Zuchetto
Abdominal viscoelastic and biomechanical properties assessment in late post-partum women: intra- and inter-rater reliability / Luiza Zuchetto Fanti. -- 2025.
47 f. : il., graf., tab. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, 2025.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcelo Faria Silva.

1. Período pós-parto. 2. Fáscia. 3. Reprodutibilidade dos Testes. 4. Abdome. 5. Diástase muscular. I. Título.

Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFCSPA com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Abdominal viscoelastic and biomechanical properties assessment in late post-partum women: intra- and inter-rater reliability

BANCA AVALIADORA

_____

Dr. Gilmar Moraes Santos

Departamento de Fisioterapia (*CEFID*)

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

_____

Dr. Bruno Manfredini Baroni

Departamento de Fisioterapia *(UFCSPA)*

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)

_____

Dra. Gabriela Tomedi Leites

Departamento de Fisioterapia *(UFCSPA)*

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)

Porto Alegre

2025

Os maiores desafios da vida são muitas vezes abdicar de si para dedicar-se aos outros.

Logo, dedico esse trabalho a todos que fizeram isso por mim: meus pais, meu marido, minhas colegas de jornada em dias de lutas e, agora glórias, meus professores orientadores. E a Deus, porque Ele é bom sempre.

AGRADECIMENTO

Estou pensando agora e ressignificando o agradecer. Pois agradecer é manifestar e, principalmente, reconhecer o quanto fui/sou sortuda por ter tantas pessoas que confiaram em mim, no meu potencial, na minha proposta, na minha ideia para que esse trabalho saísse do papel e se materializasse.

E ele só aconteceu porque temos uma motivação: ressignificar o que eu vejo na prática clínica, ressignificar conceitos ultrapassados que não englobam o tecido fascial, ressignificar o negacionismo acerca disso, ressignificar tratamentos e por que não, começar a deixar um legado. E deixar um legado é agradecer a todas as minhas clientes, todas as mulheres que participaram do estudo, todas as minhas futuras clientes que confiam no caminho do novo e das descobertas. Elas são a motivação, elas são o motivo pelo qual esse caminho se inicia aqui.

E se tudo tem um início, porque não lembrar do meu começo. Ser “filha” da UFCSPA é uma grande honra. Há 10 anos atrás, quando dali sai, jamais imaginei que iria voltar. Mas ali estava ela, pronta para me receber novamente. Assim como meu professor orientador, Prof. Dr. Marcelo Faria, que na primeira oportunidade já me deixou claro: “Não sei o que tu pretendes fazer, mas tens carta branca para o que quiseres. Estarei contigo.” Isso não tem preço e serei muito grata a essa oportunidade!

Agradeço também aos outros autores do artigo, que estiveram junto comigo pensando, discutindo, renunciando ao seu tempo para me ajudar. Chiara, minha colega querida, minha companheira de coletas, meu braço direito e esquerdo, que sempre estava pronta e disposta para me escutar, divagar/me aguentar, concordar comigo e muitas vezes me fazer pensar. Eu sempre disse a ela e repito, que ela é muito especial e a frente do seu tempo, uma grande fisioterapeuta que está sendo formada com uma humanidade e inteligência perspicaz. Agradeço muitíssimo a minha amiga e Dra. Renata Salomão, por ter abraçado a minha ideia, não desistido e ter facilitado o contato com a clínica incrível Medicina Diagnóstica, onde sempre fomos extremamente bem recebidos por toda a equipe, bem como todas as participantes, e muitas viraram pacientes de lá depois. Agradeço ao Léo Sette por ter nos salvado nos últimos dias de coleta com o empréstimo do seu MyotonPRO diretamente de MG. E também ao

Prof. Dr. Robert Schleip pela sua generosidade e pelo seu tempo em se dedicar a nossa ideia.

Dentre ainda os autores, não posso deixar de mencionar quem sempre me empurrou e me faz ver na beira do precipício o tamanho das minhas asas: minha co-orientadora, Dra. Fabiana Silva. E é sim Dra. já porque ela possui todas as qualidades infinitas de um grande exemplo de profissional, amiga, com total humanidade e integridade. Lembro do dia que eu disse para ela, ainda sem a gente se conhecer direito, indo a SC para ver a possibilidade do mestrado iniciar lá: “Não sei como tu pode confiar em mim sem me conhecer antes.” E ela disse: “Os anos de professora fazem sempre reconhecer bons alunos.” E assim começou, a nossa saga até 2023 chegarmos a UFCSPA e iniciarmos as nossas respectivas jornadas. E desde então vieram muitas comemorações, muitos desafios da vida, um congresso internacional para a melhor presidenta do mundo, muitas emoções, Nova York e o que mais a vida nos propor. E parecem muitos anos, mas verdadeiras amizades se reconhecem com poucas palavras, pouco tempo, mas de intensidade imensurável. Love you, baby.

Queria agradecer também a um grande amigo, Zenon Vieira Rios, que sempre me apoiou e quando eu estava decidindo se ia entrar ou não nessa jornada ele me disse: “O tempo vai passar igual para ti e para todos. Enquanto os outros estão fazendo o que eles fazem sempre, tu estarás vivendo o que ninguém mais pode fazer por ti – estudar e te destacar.” Ele é um dos caras mais inteligentes e incríveis que tenho a honra de ter na vida com sua amizade.

Não menos importante, agradeço hoje e sempre pela minha família. Meus pais orgulhosos, que jamais mediram esforços para me apoiarem no que for, seja me levando para faculdade, me cuidando, me alimentando, me ajudando com os cães e a casa nos momentos de sobrecarga. Os pais são a extensão divina de Deus, e sou muito grata a ter eles com saúde do meu lado em mais essa fase da minha vida.

Meu marido Alexandre, que sempre me apoiou e nunca me cobrou das minhas escolhas, mesmo que elas exigissem que os meus finais de semana fossem uma boa parte no computador estudando. Obrigada por sempre me empurrar, me fazer ver a vida e compartilhar a vida comigo e com nossos 6 peludos.

E nem sei como agradecer a ele ou ela, mas tem um coração que bate na minha barriga segundo as ecografias da Dra Renata, que vai fazer eu ter diástase obviamente, mas que dizem que vai fazer eu sentir o maior amor do mundo. Esse coração vai me deixar sentir experiências novas, mudanças no meu corpo, mudanças na linha alba, usar tudo o que eu sei para me cuidar e, principalmente, sentir o que as minhas clientes sentem. E a empatia é um dos sentimentos mais nobres que a gente pode ter. E tu vai fazer eu sentir isso, filhote. Mesmo às vezes difícil ainda de acreditar que tu estás aí - e ainda bem que tu conheces a tua mãe e me escolheu assim - obrigada pela nova vida que está por vir.

E a melhor frase que eu sempre digo, que resume tudo; as pessoas, os encontros, as oportunidades e o agradecer pela nossa vida: Deus é bom o tempo todo.

“Não é curto o tempo que temos, mas dele muito perdemos. A vida é suficientemente longa e com generosidade nos foi dada, para a realização das maiores coisas, se a empregamos bem.” **Sêneca**

RESUMO

Introdução: durante a gestação, alterações hormonais e o aumento da pressão intra-abdominal contribuem para o estiramento e separação dos músculos retos abdominais, o que pode causar diástase dos retos abdominais (DRA). Envolvida nesse processo, a linha alba (LA) é formada por tecido miofascial e se apresenta mais fina e alargada no pós-parto, caracterizando modificações nas suas propriedades viscoelásticas. Propriedades essas que predizem a funcionalidade. Todavia, há uma carência de métodos de avaliação clínica com instrumentos portáteis e confiáveis no âmbito científico que possam verificar objetivamente as propriedades viscoelásticas desse tecido nessa população. Portanto, essa pesquisa analisou 2 instrumentos capazes de mensurar essas propriedades na parede abdominal para, possivelmente, serem utilizados dentro da prática científica e clínica, a fim de contextualizar melhor o tratamento clínico e direcionado para mulheres pós-parto. **Objetivo:** conduzir a validação de 2 instrumentos portáteis de análise de propriedades viscoelásticas da região abdominal de mulheres em um determinado período do pós-parto tardio. **Delineamento:** estudo exploratório transversal observacional. **Métodos:** sessenta e duas mulheres com pós-parto tardio foram submetidas a avaliação ultrassonográfica para analisar a presença ou não da DRA, bem como a presença da protrusão abdominal durante a flexão do tronco. Dois avaliadores realizaram as medições da parede abdominal com os 2 instrumentos (MyotonPRO® e IndentoPRO) em um único momento. **Desfechos:** os desfechos para o MyotonPRO® foram a tonicidade, rigidez, elasticidade, tempo de repouso e fluidez da parede abdominal. Já o desfecho para o IndentoPRO foi a rigidez da parede abdominal. **Resultados e conclusão:**

Palavras-chave: Propriedades viscoelásticas; Pós-parto; Diástase abdominal; MyotonPRO; IndentoPRO

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): 3 - Saúde e bem estar

ABSTRACT

Introduction: during pregnancy, hormonal changes and increased intra-abdominal pressure contribute to the stretching and separation of the rectus abdominis muscles, which can cause diastasis rectus abdominis (DRA). Involved in this process, linea alba (LA) is formed by myofascial tissue and becomes thinner and wider in postpartum, resulting in changes in its viscoelastic properties. These properties can be a good predictor of functionality, and it is possible to be used within clinical and scientific practice. However, there is a lack of portable and reliable instruments in the scientific field that can objectively assess the viscoelastic properties of this tissue. Therefore, this research analyzed two instruments capable of measuring these properties in the abdominal wall for future use in scientific and clinical practice, aiming to better contextualize clinical physiotherapy treatment for postpartum rehabilitation. **Objective:** to assess the intra-rater and inter-rater reliability of two instruments for analyzing the viscoelastic properties of women's abdominal wall in a specific postpartum period. **Design:** reliability study. **Methods:** sixty-two women in the late postpartum period were assessed and diagnosed for DRA with Ultrasound and for the bulge of LA during the flexion of the trunk. Two researchers performed measurements of the abdominal wall with two portable devices - MyotonPRO® and IndentoPRO - in one single moment. **Outcomes:** the outcomes for MyotonPRO® were the tone, stiffness, elasticity, mechanical relaxation and creep of the abdominal wall. The outcome for IndentoPRO was the stiffness of the abdominal wall. **Results and conclusion:**

Keywords: viscoelastic properties; postpartum; diastasis rectus abdominis; MyotonPRO; IndentoPRO

Sustainable Development Goals: 3 - Good Health and Well-being

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Flow diagram of study participants..... 45
Figura 2 – Chart displaying the workflow of reliability testing..... 46
Figura 3 - AI-generated image of the three measurement points of the abdomen, edited by authors (2025)……..47
Figura 4 – Bland–Altman plots showing agreement of measurements inter-raters..... 48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Data on anthropometrical characteristics of 62 Women 50
Tabela 2 – Intra-rater reliability for MyotonPRO and IndentoPRO..... 52
Tabela 3 – Inter-rater reliability for MyotonPRO and IndentoPRO..... 53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DIR	Distância entre retos
DRA	Diastasis rectus abdominis/ Diástase retos abdominais
ICC	Intraclass correlation coefficient
IRD	Inter rectus distance
IU	Infra-umbilical
GRRAS	Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies
LA	Linea alba/ Linha alba
SEM	Standard error of measurement
SU	Supra-umbilical
T	Transversus abdominis

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO 15
2 OBJETIVOS 23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 23
3 ARTIGO 1 24
INTRODUCTION 25
METHODS 26
RESULTS 33
DISCUSSION 34
CONCLUSION 38
REFERENCES 40
FIGURES 45
TABLES 50
4 CONCLUSÃO GERAL 54
5 IMPACTOS DO TRABALHO 55
APÊNDICES 57
APÊNDICE A 57
ANEXOS 58
ANEXO A 58

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As mudanças hormonais e o aumento da pressão intra-abdominal durante o período gestacional são fatores que resultam no estiramento e separação dos músculos retos abdominais pela linha alba (LA).(1,2) Essa separação é avaliada pela distância entre os retos abdominais (DIR) que, se aumentada, caracteriza, então, a diástase dos retos abdominais (DRA).(1,3–6) A classificação da DRA através da medida da DIR não é padronizada, sendo o ponto de corte dependente de cada critério do autor(7,8). Um fato que irrefutável e comprovado, é que na 37ª semana gestacional, 100% das mulheres apresentam uma DIR superior aos critérios reportados em artigos que caracterizam a DRA.(7,8) Sendo assim, todas as mulheres gestantes apresentam mudanças estruturais na sua parede abdominal, tanto nos músculos quanto na LA.(2,9)

Após o parto, a prevalência da DRA é de 60% nas primeiras seis semanas, 45,5% após seis meses e 32,6% após doze meses,(10) sendo este considerado um pós-parto tardio.(11) Em alguns casos, a DIR é mantida após esse período(1,3,12) e precisa de maiores investigações.(5) Alguns fatores, tais como peso materno e do recém-nascido, índice de massa corporal, paridade, tipo de parto e DIR aumentada desde o início da gestação podem ser fatores que contribuem para a permanência da DRA.(9,13,14) Além de apresentar uma consequência estrutural na parede abdominal, mulheres com DRA comumente apresentam uma protrusão abdominal, como se elas estivessem “ainda grávidas”(1,6) e isso pode afetar a percepção física, a imagem corporal, funcionalidade e qualidade de vida.(1,3–5,15)

A aparência estética da DRA oferece uma preocupação constante entre as mulheres após o parto.(4,16,17) Estudos recentes mostram que essa consequência estética oferecida pela DRA talvez possa não ser atribuída exclusivamente à DIR.(18,19) A frouxidão da LA também é um fator a ser considerado nessa população.(1,18) A LA é formada por componentes musculares e colagenosos.(20) Os músculos oblíquo externo, oblíquo interno e transverso do abdome constituem os músculos abdominais ventrolaterais, enquanto o reto abdominal e os músculos piramidais formam a parte muscular ventroanterior.(20) As partes colágenas na linha média abdominal contêm a LA e as bainhas do reto abdominal.(20) Sendo assim, podemos caracterizar a LA

como um tecido miofascial, composto pela fáscia superficial, pela fáscia profunda e pelo músculo esquelético com seu tecido conectivo.(21)

A LA se mostra mais frouxa na gestação devido as modificações hormonais e ao impacto mecânico propiciado pelo feto em constante crescimento,(1,3) aumentando a sua largura.(19) Com esse alargamento, as propriedades dos tecidos miofasciais se modificam, bem como a sua capacidade de transmitir força entre a bainha dos retos abdominais.(19,22) Essa frouxidão tem sido descrita como índice de distorção da LA, sendo uma possível medida que avalia a deformação desse tecido.(18,19)

O índice de distorção foi desenvolvido para pressupor a distorção da LA a fim de estimar uma tensão.(19) Ele verifica a quantidade média de desvio do trajeto da LA em relação ao menor trajeto entre suas inserções dos bordos mediais dos retos abdominais. A premissa dessa medida é que o desvio da LA em relação ao menor trajeto depende da tensão ou rigidez da LA, ou seja, vai oferecer maior distorção se a LA estiver menos tensionada/rígida. Todavia, esse índice é uma medida não validada,(19) além de que o tecido miofascial oferece mais propriedades viscoelásticas do que apenas tensão.(22–24)

A rigidez ou tensão na LA, sendo uma propriedade dos tecidos miofasciais,(21) é composta pela tensão de fibras de colágeno dos dois lados da parede abdominal que se cruzam e se entrelaçam na LA.(6) Mulheres com DRA demonstraram baixo grau de rigidez comparado a mulheres sem DRA.(18) Estratégias de ativação abdominal que aumentam a rigidez da LA estão sendo exploradas na literatura científica a fim de oferecerem uma opção para desfechos funcionais e estéticos do abdômen.(19,25–27) Corriqueiramente, a palpação é a forma mais utilizada para avaliação da rigidez da LA na rotina clínica, embora seja uma medida subjetiva e pouco confiável.(28–30) Logo, um método para avaliar essa tensão ou rigidez da LA é necessário, requerendo uma confiabilidade com medidas diretas dessas propriedades,(19) bem como a possibilidade de verificar as demais propriedades viscoelásticas dessa região.

A avaliação das propriedades dos tecidos miofasciais em mulheres com DRA foi já demonstrada,(2,18,19,25,31) o que deixa claro um interesse em explorar esse campo. Todavia, o método utilizado nestes estudos era a *Shear Wave Elastography* (ou Elastografia) sendo um sistema de alto custo, alta complexidade de manejo e pouco recorrente na prática clínica. A Elastografia já

possui uma excelente confiabilidade entre e intra-avaliadores,(18) no entanto, há carência de dispositivos que sejam portáteis e que façam a medida objetiva das propriedades viscoelásticas da LA a fim de acessibilizar o uso na prática clínica.

Em um estudo de 2023,(32) a tonometria – método utilizado para quantificar as propriedades biomecânicas e viscoelásticas de estruturas musculotendíneas, como o tecido fascial – foi utilizada para avaliar a parede abdominal de mulheres no pós-parto. Por ser, até então, inédito o uso desse instrumento nesta localização, não estão disponíveis estudos que comprovem sua a confiabilidade. Contudo, nesse mesmo estudo(32) foi realizado um cálculo de coeficiente de correlação intraclasse que sugeriu uma confiabilidade adequada para o instrumento.

A tonometria e a Elastografia parecem ser capazes de verificar as propriedades viscoelásticas dos tecidos miofasciais, incluindo tensão e elasticidade.(21,32) Ao utilizar a tonometria, os equipamentos são de mais baixo custo, de fácil manejo e portáteis, fornecendo resultados objetivos, de fácil interpretação e plausíveis de serem incorporados na rotina clínica a fim de verificar a evolução de tratamentos para a reabilitação pós-parto.

Se enquadram nos conceitos supracitados 2 equipamentos: MyotonPRO® e IndentoPRO. O MyotonPRO® (Myoton AS, Estonia) é um instrumento digital, não-invasivo, que através de impulsos mecânicos na pele, avalia as propriedades biomecânicas dos tecidos, incluindo a rigidez, a elasticidade, o grau de tônus muscular, a fluidez e o tempo de repouso.(33) Ele possui excelente confiabilidade,(33–35) sendo inclusive validado para vários locais do corpo, inclusive para cicatrizes abdominais provenientes de cesarianas.(35) Entretanto, não encontramos nenhum estudo de confiabilidade para a parede abdominal. Já o IndentoPRO (*Technical University of Chemnitz*, Alemanha and *Fascia Research Project of Technical University of Munich*, Alemanha) foi desenvolvido a fim de calcular a rigidez tecidual através da aplicação de pressão, que pode variar de 2 a 15mm.(21) No entanto, este dispositivo somente foi utilizado em um estudo de confiabilidade para a região das panturrilhas,(21) oferecendo uma moderada confiabilidade entre avaliadores e uma excelente confiabilidade intra-avaliadores.

Na prática clínica, a reabilitação após o parto usualmente utiliza exercícios que procuram reduzir a DIR.(19) Todavia, como as mulheres com DRA também

apresentam uma mudança nas propriedades da LA,(1) restabelecer a tensão e as demais propriedades viscoelásticas na LA poderia ser também ser importante além do que apenas reduzir a DIR.(1,19) Pensando nesse pressuposto, considerar a incorporação de estratégias que possam ser capazes de aumentar a rigidez da LA, poderia ser um bom preditor de função e um passo importante para a prática clínica.(18,19)

Sendo assim, essa pesquisa visa verificar a confiabilidade de 2 instrumentos, MyotonPRO® e IndentoPRO, para avaliar as propriedades viscoelásticas da LA e da parede abdominal de mulheres pós-parto, desenvolvendo um protocolo de avaliação. Até o momento, não foi encontrado na literatura científica nenhum estudo de confiabilidade que tenha utilizado estes instrumentos para esta população específica.

Essa pesquisa parece ser inovadora uma vez que não há na literatura estudos similares conduzidos até o momento. Também é clinicamente relevante pois, consegue verificar de uma forma objetiva, propriedades teciduais que são avaliadas de uma forma subjetiva na prática clínica. Dispor de instrumentos de verificação confiáveis, portáteis e de fácil utilização significa, futuramente, estruturar melhores tratamentos e conseguir oferecer uma melhor tomada de decisão clínica. Isso será fundamental, uma vez que, atualmente, não existe consenso para a melhor forma de abordagem para tratamento da DRA,(15,36) sendo ainda uma lacuna a ser preenchida.

REFERÊNCIAS

1. Radhakrishnan M, Ramamurthy K. Efficacy and Challenges in the Treatment of Diastasis Recti Abdominis—A Scoping Review on the Current Trends and Future Perspectives. Vol. 12, Diagnostics. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2022.

2. Wang L, Yun T, Zhang D, Zhong J, Yi D, Fu W, et al. A prospective study of two-dimensional ultrasonography combined with shear wave elastography for pregnancy-related diastasis recti abdominis. Front Physiol. 2024;15.

3. Corvino A, De Rosa D, Sbordone C, Nunziata A, Corvino F, Varelli C, et al. Diastasis of rectus abdominis muscles: Patterns of anatomical variation as demonstrated by ultrasound. Pol J Radiol. 2019;84:e542–8.

4. Cardaillac C, Vieillefosse S, Oppenheimer A, Joueidi Y, Thubert T, Deffieux X. Diastasis of the rectus abdominis muscles in postpartum: Concordance of patient and clinician evaluations, prevalence, associated pelvic floor symptoms and quality of life. European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology. 2020 Sep 1;252:228–32.

5. Gluppe S, Ellström Engh M, Bø K. Primiparous women's knowledge of diastasis recti abdominis, concerns about abdominal appearance, treatments, and perceived abdominal muscle strength 6–8 months postpartum. A cross sectional comparison study. BMC Womens Health. 2022 Dec 1;22(1).

6. Kaufmann RL, Reiner CS, Dietz UA, Clavien PA, Vonlanthen R, Käser SA. Normal width of the linea alba, prevalence, and risk factors for diastasis recti abdominis in adults, a cross-sectional study. Hernia. 2022 Apr 1;26(2):609–18.

7. Beer GM, Schuster A, Seifert B, Manestar M, Mihic-Probst D, Weber SA. The normal width of the linea alba in nulliparous women. Clinical Anatomy. 2009 Sep;22(6):706–11.

8. Rath AM, Attali P, Dumas JL, Goldlust D, Zhang J, Chevrel JP. The abdominal linea alba: an anatomo-radiologic and biomechanical study. Vol. 18, Journal of Clinical Anatomy. Springer-Verlag; 1996.

9. Theodorsen NM, Moe-Nilssen R, Bø K, Haukenes I. Associations with the inter-recti distance at gestation week 37: a prospective cohort study among healthy pregnant women. BMC Pregnancy Childbirth [Internet]. 2025 May 29;25(1):630. Available from: https://bmcpregnancychildbirth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12884-025-07741-7

10. Sperstad JB, Tennfjord MK, Hilde G, Ellström-Engh M, Bø K. Diastasis recti abdominis during pregnancy and 12 months after childbirth: Prevalence, risk factors and report of lumbopelvic pain. Br J Sports Med. 2016 Sep 1;50(17):1092–6.

11. WHO recommendations on maternal and newborn care for a positive postnatal experience. World Health Organization; 2022. 242 p.

12. Coldron Y, Stokes MJ, Newham DJ, Cook K. Postpartum characteristics of rectus abdominis on ultrasound imaging. Man Ther. 2008 Apr;13(2):112–21.

13. Lin S, Lu J, Wang L, Zhang Y, Zhu C, Qian S, et al. Prevalence and risk factors of diastasis recti abdominis in the long-term postpartum: a cross-sectional study. Sci Rep. 2024 Dec 1;14(1):25640.

14. Cavalli M, Aiolfi A, Bruni PG, Manfredini L, Lombardo F, Bonfanti MT, et al. Prevalence and risk factors for diastasis recti abdominis: a review and proposal of a new anatomical variation. Vol. 25, Hernia. Springer-Verlag Italia s.r.l.; 2021. p. 883–90.

15. Benjamin DR, Frawley HC, Shields N, Peiris CL, van de Water ATM, Bruder AM, et al. Conservative interventions may have little effect on reducing diastasis of the rectus abdominis in postnatal women – A systematic review and meta-analysis. Vol. 119, Physiotherapy (United Kingdom). Elsevier Ltd; 2023. p. 54–71.

16. Benjamin DR, Frawley HC, Shields N, van de Water ATM, Taylor NF. Relationship between diastasis of the rectus abdominis muscle (DRAM) and musculoskeletal dysfunctions, pain and quality of life: a systematic review. Vol. 105, Physiotherapy (United Kingdom). Elsevier Ltd; 2019. p. 24–34.

17. Marander V, Råheim M, Haukenes I, Theodorsen NM. Mothers' experiences living with diastasis recti abdominis – an interview study. BMC Womens Health. 2024 May 17;24(1).

18. Beamish N, Green N, Nieuwold E, McLean L. Differences in linea alba stiffness and linea alba distortion between women with and without diastasis recti abdominis: The impact of measurement site and task. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2019 Sep 1;49(9):656–65.

19. Lee D, Hodges PW. Behavior of the linea alba during a curl-up task in diastasis rectus abdominis: An observational study. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2016 Jul 1;46(7):580–9.

20. Gräßel D, Prescher A, Fitzek S, Keyserlingk DG V., Axer H. Anisotropy of human linea alba: A biomechanical study. Journal of Surgical Research. 2005;124(1):118–25.

21. Koch V, Wilke J. Reliability of a New Indentometer Device for Measuring Myofascial Tissue Stiffness. J Clin Med. 2022 Sep 1;11(17).

22. Lee DG, Lee LJ, McLaughlin L. Stability, continence and breathing: The role of fascia following pregnancy and delivery. J Bodyw Mov Ther. 2008 Oct;12(4):333–48.

23. Kodama Y, Masuda S, Ohmori T, Kanamaru A, Tanaka M, Sakaguchi T, et al. Response to Mechanical Properties and Physiological Challenges of Fascia:

Diagnosis and Rehabilitative Therapeutic Intervention for Myofascial System Disorders. Vol. 10, Bioengineering. MDPI; 2023.

24. Peipsi A, Kerpe R, Jäger H, Soeder S, Gordon C, Schleip R. Myoton Pro: A Novel Tool for the Assessment of Mechanical Properties of Fascial Tissues. J Bodyw Mov Ther. 2012 Oct;16(4):527.

25. MacDonald D, Wan A, McPhee M, Tucker K, Hug F. Reliability of Abdominal Muscle Stiffness Measured Using Elastography during Trunk Rehabilitation Exercises. Ultrasound Med Biol. 2016 Apr 1;42(4):1018–25.

26. van Wingerden JP, Ronchetti I, Sneiders D, Lange JF, Kleinrensink GJ. Anterior and posterior rectus abdominis sheath stiffness in relation to diastasis recti: Abdominal wall training or not? J Bodyw Mov Ther. 2020 Jan 1;24(1):147–53.

27. Pirri C, Todros S, Fede C, Pianigiani S, Fan C, Foti C, et al. Inter-rater reliability and variability of ultrasound measurements of abdominal muscles and fasciae thickness. Clinical Anatomy. 2019 Oct 1;32(7):948–60.

28. Chiarello CM, McAuley JA. Concurrent validity of calipers and ultrasound imaging to measure interrecti distance. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2013;43(7):495–503.

29. Keshwani N, Mathur S, McLean L. Validity of inter-rectus distance measurement in postpartum women using extended field-of-view ultrasound imaging techniques. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2015 Oct 1;45(10):808–13.

30. van de Water ATM, Benjamin DR. Measurement methods to assess diastasis of the rectus abdominis muscle (DRAM): A systematic review of their measurement properties and meta-analytic reliability generalisation. Vol. 21, Manual Therapy. Churchill Livingstone; 2016. p. 41–53.

31. He K, Zhou X, Zhu Y, Wang B, Fu X, Yao Q, et al. Muscle elasticity is different in individuals with diastasis recti abdominis than healthy volunteers. Insights Imaging. 2021 Dec 1;12(1).

32. Ramírez-Jiménez M, Alburquerque-Sendín F, Garrido-Castro JL, Rodrigues-de-Souza D. Effects of hypopressive exercises on post-partum abdominal diastasis, trunk circumference, and mechanical properties of abdominopelvic tissues: a case series. Physiother Theory Pract. 2023;39(1):49–60.

33. Muckelt PE, Warner MB, Cheliotis-James T, Muckelt R, Hastermann M, Schoenrock B, et al. Protocol and reference values for minimal detectable change of MyotonPRO and ultrasound imaging measurements of muscle and subcutaneous tissue. Sci Rep. 2022 Dec 1;12(1).

34. Kopecká B, Ravnik D, Jelen K, Bittner V. Objective Methods of Muscle Tone Diagnosis and Their Application—A Critical Review. Vol. 23, Sensors. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2023.

35. Gilbert I, Gaudreault N, Gaboury I. Intra- and inter-evaluator reliability of the MyotonPRO for the assessment of the viscoelastic properties of caesarean section scar and unscarred skin. Skin Research and Technology. 2021 May 1;27(3):370–5.

36. Gluppe S, Engh ME, Bø K. What is the evidence for abdominal and pelvic floor muscle training to treat diastasis recti abdominis postpartum? A systematic review with meta-analysis. Vol. 25, Brazilian Journal of Physical Therapy. Revista Brasileira de Fisioterapia; 2021. p. 664–75.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a confiabilidade de 2 instrumentos de análise de propriedades viscoelásticas e biomecânicas da região abdominal de mulheres em um determinado período pós-parto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a confiabilidade intra e inter-avaliador do instrumento MyotonPRO® perante o grau de rigidez, tônus, elasticidade, fluidez e tempo de repouso muscular abdominal;
- Verificar a confiabilidade intra e inter-avaliador do instrumento IndentoPRO perante o grau de rigidez muscular da parede abdominal.

3 ARTIGO 1

Abdominal viscoelastic and biomechanical properties assessment in late post-partum women: intra- and inter-rater reliability

(Formatado conforme normas do Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy– *Qualis A1, Fator de Impacto 6,1*)

ABSTRACT

Pregnancy-related hormonal changes and increased intra-abdominal pressure can lead to diastasis rectus abdominis (DRA). The linea alba (LA), composed of myofascial tissue, becomes thinner and wider postpartum, altering its viscoelastic properties. These characteristics may predict functionality; however, reliable portable instruments to assess them are still lacking. **Objective:** To evaluate the intra- and inter-rater reliability of two instruments – MyotonPRO® and IndentoPRO – for assessing the viscoelastic properties of the abdominal wall in postpartum women. **Methods:** A reliability study was conducted with 62 women in the late postpartum period. DRA was diagnosed by ultrasound and LA bulging during trunk flexion. Two researchers performed abdominal wall measurements using MyotonPRO® (tone, stiffness, elasticity, mechanical relaxation, and creep) and IndentoPRO (stiffness) in a single session.

. **Key Words:** viscoelastic properties; postpartum; diastasis rectus abdominis; MyotonPRO; IndentoPRO

INTRODUCTION

In the postpartum period, diastasis recti abdominis (DRA) is a common condition in women.[4,5,8,9,18,25,37,44,49] The increase of inter-rectus distance (IRD)[2,4,17,24] is the standard diagnostic definition for DRA, caused by the laxity of the linea alba (LA).[31] The prevalence of DRA is 60% in six weeks postpartum to around 33% in twelve months.[49] Even after 12 months postpartum, one-third of women remain with IRD and they claim a bulging abdomen, as if they were "still pregnant".[2,24] This condition can affect physical perception, body image, functioning, and quality of life.[4,8,17,24,31,37] Currently, DRA rehabilitation clinical practices focus on exercises to reduce IRD.[4,8,18,20,52] However, reducing the IRD may not be the only clinical choice for reducing women's claims and for restoring the tension of LA.[20,31]

The postpartum period and the presence of IRD modify the tensile properties of soft tissue,[27] including stiffness. In LA, stiffness is a tension in collagen fibers from both sides of the abdominal wall muscle sheets, crossed in a mixed pattern.[27] The capability to transfer force between opposing abdominal muscles was reduced once the LA was widened.[20] According to Beamish *et al*.,[2] women with DRA demonstrated lower LA stiffness compared to women without DRA. Elastography was used to evaluate this muscle property objectively,[14,34,36] but it is an expensive and complex device, and most rehabilitative practitioners do not have access. Hence, in clinical practice, palpation is the nearest form to assess stiffness in LA, although it is a subjective measure and is not reliable.[10,26,52]

Feasible, reliable, and easy devices could be an option to assess the soft tissue's viscoelastic properties objectively.[27] MyotonPRO® is a portable, handheld and non-invasive device to assess the properties of soft tissues, such as stiffness, elasticity, tone, creep, and mechanical stress relaxation time. Several studies investigated the reliability of MyotonPRO® in different populations and presented high concordance regarding quantitative measurements.[11,16,29,35,38,42,43,47] Another similar device, IndentoPRO, can evaluate the stiffness of soft tissues and has been well-received in a reliability study conducted on human calves.[27] As MyotonPRO®, IndentoPRO is affordable, time- and cost-efficient to evaluate objective measures.

The primary goal of this study was to evaluate the intra-rater and inter-rater reliability of MyotonPRO® and IndentoPRO in measuring viscoelastic properties in the abdominal wall and in LA in postpartum women.

METHODS

Design and ethics

This was a repeated-measure reliability study. This paper was written following the Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS).[30] This study was approved by the National Research Ethics Committee (Certificate of Presentation for Ethical Assessment number 76196523.9.0000.5345). All procedures were aligned with the principles of the Declaration of Helsinki and its recent modifications. All participants signed the written informed consent prior to enrollment.

Participants

A convenience sample of 62 postpartum women was invited to participate through flyers posted on social media by the main researcher.

Women were eligible to participate if they: (1) were 18 to 45 years old, (2) had delivered their most recent baby between 8 months to 24 months prior to the study. Exclusion criteria were if women: (1) reported being pregnant at the time of enrollment, (2) had a history of abdominal, gynecological, or urological surgery, except cesarean surgery, (3) presented any condition that could affect muscle contractility or lumbopelvic function, (4) had any respiratory dysfunction, (5) had a history of any pathology (e.g., fracture, surgery, neoplasm) that could interfere in the abdominal wall, (6) received some abdominal rehabilitation through exercises and/or aesthetic intervention after the delivery until before the enrollment, or (7) presented subcutaneous fat over >20mm measured by ultrasound.

The flow diagram is presented in **FIGURE 1.**

Data collection procedure

Participants provided previous information by an online questionnaire about height and weight, number of pregnancies and abortions, date of the last delivery, kind of deliveries, habitual weekly amount of physical activity, working habits and smoking habits.

All measurements were conducted in a standardized way and under constant environmental conditions (room temperature between 20° and 24° Celsius). Participants were examined in a private investigation room. All

assessments were made on the same day at Medicina Diagnostica Clinic, in Porto Alegre, Brazil.

During the data collection, women were positioned in supine lying with an elevation of 15º, with the head supported by a pillow, hips and knees relaxed with a pillow under the knees, and the arms by the sides.[3,41] Canon Toshiba Aplio 300 ultrasound system was used to capture the images to assess (1) subcutaneous fat and (2) diagnose DRA. All imaging was performed by a medical doctor specialist in Radiology and Ultrasonography with more than 15 years of experience, who did not participate in any other part of the study. Three locations in the abdominal wall were measured to diagnose DRA: inferior to the xiphoid, 3 cm superior border of the umbilicus, and 2 cm above this site.[3] All images were captured at the end of exhalation, with breathing paused until after the images were captured.[41] DRA was defined as IRD greater than 1.5cm inferior to the xiphoid, greater than 2.2cm above the umbilicus, or greater than 1.6cm below the umbilicus.[3] Furthermore, the presence of an abdominal bulge was noticed. This functional test has also been used for the diagnosis of DRA and consists of having patients lie in a supine position and slightly lift their head and shoulders, like doing a crunch. If the bulge of LA is present, DRA is considered.[53] The medical doctor also executed this evaluation.

Two raters received training on the use of MyotonPRO® and IndentoPRO standardization of the measurement procedure before data collection (**FIGURE 2**). One rater is a physiotherapist with ten years of experience in the area, and the other has one year of experience. All raters (Rater 1 - R1 and Rater 2 - R2) performed three repeated measurements (M1, M2 and M3) for each abdominal point with each device. When entering the evaluation room, R1 found the

participant lying supine after the DRA diagnosis and stood on the right side of the participant, at the level of the abdomen. Two points used for DRA diagnosis were also assessed for the devices, the points above and below the umbilicus. These two points were marked by R1 with a water-soluble marker. The third point evaluated only for the devices was the muscle transversus abdominis. It was measured 2 cm proximal to the midpoint on the line between the anterior superior iliac crest and the pubic symphysis.[45] To confirm exactly, women were asked to contract the transversus, and R1 marked the point at this time. So, all three points were marked by R1 with to ensure consistency between the measures and the evaluators (**FIGURE 3**).

R1 took three repeated measurements of each three points on the abdominal wall predefined using MyotonPRO®, starting in this order: (1) supra-umbilical - above the umbilicus, (2) infra-umbilical - below the umbilicus and (3) transversus abdominis. When one round of all the sites was finished, two more rounds were done to complete three in total. A 1-minute break was used to change to the next device. Previous explorations confirmed that this amount of time between measurements was sufficient to avoid any noticeable viscoelastic adaptation processes (such as creep or hysteresis) due to repeated mechanical compression in this tissue region.[27] Then, using the same protocol, R1 took three measurements for each of the three predefined points using the IndentoPRO. After all devices were assessed by the R1, there was only a short break (around 2 minutes) allowing for the change of raters. R2 performed the same measurements over the same points using the same procedure done by R1. Each rater was blinded to the results obtained by the other, even to referring to the DRA diagnosis and the previous women's history.

MyotonPRO® outcomes

MyotonPRO® is the most reliable device described in current literature.[11,16,29,35,38,42,43,47] Five measured viscoelastic properties were described in prior studies: (a) resting tone (Hz), (b) elasticity (damping of oscillation frequency), (c) stiffness (Newton/meter [N/m]), (d) creep (or the ratio of relaxation and deformation time) and (e) mechanical stress relaxation time (ms). The MyotonPRO® was placed and held stable on the skin over the points that were marked on the abdominal wall and LA. The tip of the mechanical lever arm situated at one end of the MyotonPRO® was positioned normal to the plane of the skin, so that both the surface of the lever arm and the surface of the skin were perfectly parallel. When the device was perfectly positioned, a green light turned on and the device was preset to deliver five gentle mechanical impulses to the skin. The tissue response to each impulse was recorded using an acceleration graph, depicting oscillation frequency, decrement, and stiffness parameters. The oscillation frequency (Hz) determines the tone at rest: the higher the oscillation frequency, the greater the tone. The logarithmic decrement damping of the oscillations quantifies the elasticity, the elasticity being inversely proportional to the decrement of the oscillations. Stiffness (N/m) is defined as the resistance of the tissue to the force that attempts to deform it. The tissue mechanical stress relaxation time (ms) is defined as the time taken for the tissue to return to its initial state following the removal of the strain. Finally, creep defines the tissue strain under constant stress. The MyotonPRO® is programmed to be recorded, presenting the coefficient of variation (CV) estimated from the mean data of the five impulses must be <3%. If the CV of one of the parameters was >3%, a red light indicates that the measurements must be repeated. Even for the best reliable

measurements, the device cannot measure tissues covered by subcutaneous fat over >20mm of thickness as described in the user's manual. [39]

IndentoPRO outcomes

IndentoPRO is a new portable device and presents reliability.[27] Stiffness is the only viscoelastic property measured. It offers a variation of indentation depth from 2mm to 15mm. For our study, 15mm of indentation depth was chosen based on the possible thickness of the skin and subcutaneous connective tissue in the abdominal wall and LA. [1,19] The IndentoPRO was placed and held stable on the skin over the points that were marked on the abdominal wall and LA previously. The tip of the mechanical lever arm is situated at one end of the IndentoPRO, but it is hidden. So, IndentoPRO was positioned normally to the plane of the skin, ensuring both the surface of the lever arm and the surface of the skin were parallel. When the device was perfectly positioned, by applying a compressive force on top of the device, the indentation probe came out of the indentometer body, indenting the soft tissue.[27] A double sound "beep-beep" is heard when the indentation depth is successfully achieved, and a single sound "beep" is heard when the device is ready for the next measure. Each measurement set comprised three repetitions performed at 5s intervals. After these consecutive measures, the mean of stiffness (N/mm), the applied force (N), and the resulting indentation depth (mm) are shown on the display. A maximal coefficient of variation of 15% (calculated and displayed by the device itself) between the trials of each 3 measurements was used as a cut-off score to determine a valid measurement based on the guidelines of the tool producer. No measurement had to be excluded during the study based on that cut-off score.

Statistical Analysis

Statistical analyses were performed in consultation with the Research and Graduate Support Center from Federal University of Health Sciences of Porto Alegre, using software *Statistical Package for the Social Sciences for Windows* (SPSS - version 21). The expected intraclass correlation coefficients of 0.74 and 0.84, as reported by Koch et al.,[27] were used for the sample calculation. With an amplitude of 0.35 for the 95% confidence interval, 62 women were estimated to compose the sample. This calculation was performed using the PSS Health online tool. The sample characterization information, baseline and final evaluation data were recorded in duplicate in *Microsoft Excel Software* and the entire statistical process was analyzed by a professional who was not part of the data collection.

Categorical variables were presented as absolute and relative frequencies, while quantitative variables were presented as means and standard deviations (SD). Normality was assessed using the Shapiro-Wilk test.

Intra-rater reliability was determined by comparing the three measures themselves, assessed by the same rater. And inter-rater reliability was examined by comparing the measurements from R1 with R2. To assess intra-rater reliability, the Intraclass Correlation Coefficient (ICC) was used, and for repeated measures, ANOVA with Sidak's test were used for multiple comparisons. For inter-rater reliability, ICC and Student's t-test were used for paired data. The intra- and inter-rater standard error of measurement (SEM) and Cohen's *d* effect size for inter-rater difference/bias were also calculated. ICC values below 0.40 are considered low/poor reliability, between 0.40 and 0.59 are reasonable/fair reliability, between 0.60 and 0.74 represent good reliability, and ≥0.75 suggest

excellent reliability.[12] The effect size of Cohen's *d* will be negligible if d<0.20, small if d<0.50, medium if d<0.80, and large when d>0.80.[13] Statistical analyses were performed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS - version 25). The significance level adopted was 0.05.

Bland–Altman values of bias were described and the plots provided visual information on how widely scores deviated from the mean and the extent of agreement.

REFERENCES

1. Axer H, Keyserlingk DG V., Prescher A. Collagen fibers in linea alba and rectus sheaths: I. General scheme and morphological aspects. *Journal of Surgical Research*. 2001;96(1):127-134. doi:10.1006/jsre.2000.6070

2. Beamish N, Green N, Nieuwold E, McLean L. Differences in linea alba stiffness and linea alba distortion between women with and without diastasis recti abdominis: The impact of measurement site and task. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2019;49(9):656-665. doi:10.2519/jospt.2019.8543

3. Beer GM, Schuster A, Seifert B, Manestar M, Mihic-Probst D, Weber SA. The normal width of the linea alba in nulliparous women. *Clinical Anatomy*. 2009;22(6):706-711. doi:10.1002/ca.20836

4. Benjamin DR, Frawley HC, Shields N, et al. Conservative interventions may have little effect on reducing diastasis of the rectus abdominis in postnatal women – A systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy (United Kingdom)*.*Elsevier Ltd*. 2023;119:54-71. doi:10.1016/j.physio.2023.02.002

5. Benjamin DR, Frawley HC, Shields N, van de Water ATM, Taylor NF. Relationship between diastasis of the rectus abdominis muscle (DRAM) and musculoskeletal dysfunctions, pain and quality of life: a systematic review. *Physiotherapy (United Kingdom)*.*Elsevier Ltd*. 2019;105(1):24-34. doi:10.1016/j.physio.2018.07.002

6. Berardo A, Bonaldi L, Stecco C, Fontanella CG. Biomechanical properties of the human superficial fascia: Site-specific variability and anisotropy of abdominal and thoracic regions. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2024;157. doi:10.1016/j.jmbbm.2024.106637

7. Blotta RM, Costa S dos S, Trindade EN, Meurer L, Maciel-Trindade MR. Collagen I and III in women with diastasis recti. *Clinics*. 2018;73. doi:10.6061/clinics/2018/e319

8. Cardaillac C, Vieillefosse S, Oppenheimer A, Joueidi Y, Thubert T, Deffieux X. Diastasis of the rectus abdominis muscles in postpartum: Concordance of patient and clinician evaluations, prevalence, associated pelvic floor symptoms and quality of life. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*. 2020;252:228-232. doi:10.1016/j.ejogrb.2020.06.038

9. Cavalli M, Aiolfi A, Bruni PG, et al. Prevalence and risk factors for diastasis recti abdominis: a review and proposal of a new anatomical variation. *Hernia*.*Springer-Verlag Italia s.r.l.* 2021;25(4):883-890. doi:10.1007/s10029-021-02468-8

10. Chiarello CM, McAuley JA. Concurrent validity of calipers and ultrasound imaging to measure interrecti distance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2013;43(7):495-503. doi:10.2519/jospt.2013.4449

11. Chojowski K, Strzelczyk K, Kuszewski M. Assessment of selected muscles reactivity in the lower spinal segment. *Medical Science Pulse*. 2022;15(SUPPLEMENT 2):51-56. doi:10.5604/01.3001.0015.8246

12. Cicchetti D V. *Guidelines, Criteria, and Rules of Thumb for Evaluating Normed and Standardized Assessment Instruments in Psychology.* Vol 6. 4th ed. Psychological Assessment; 1994.

13. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Lawrence Erlbaum Associates; 1988.

14. Davis LC, Baumer TG, Bey MJ, Holsbeeck M van. Clinical utilization of shear wave elastography in the musculoskeletal system. *Ultrasonography*. 2019;38(1):2-12. doi:10.14366/usg.18039

15. Espinoza-Bravo C, Rejano-Campo M, Domínguez-Navarro F, de Gasquet B, Fuentes-Aparicio L. Intraobserver Reliability of Two-Dimensional Ultrasound Measurements of the Linea Alba in Parous Women During Different Abdominopelvic Exercises. *Journal of Ultrasound in Medicine*. Published online 2025. doi:10.1002/jum.16697

16. Gilbert I, Gaudreault N, Gaboury I. Intra- and inter-evaluator reliability of the MyotonPRO for the assessment of the viscoelastic properties of caesarean section scar and unscarred skin. *Skin Research and Technology*. 2021;27(3):370-375. doi:10.1111/srt.12956

17. Gluppe S, Ellström Engh M, Bø K. Primiparous women's knowledge of diastasis recti abdominis, concerns about abdominal appearance, treatments, and perceived abdominal muscle strength 6–8 months postpartum. A cross sectional comparison study. *BMC Womens Health*. 2022;22(1). doi:10.1186/s12905-022-02009-0

18. Gluppe S, Engh ME, Bø K. What is the evidence for abdominal and pelvic floor muscle training to treat diastasis recti abdominis postpartum? A systematic review with meta-analysis. *Braz J Phys Ther.Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2021;25(6):664-675. doi:10.1016/j.bjpt.2021.06.006

19. Gräßel D, Prescher A, Fitzek S, Keyserlingk DG V., Axer H. Anisotropy of human linea alba: A biomechanical study. *Journal of Surgical Research*. 2005;124(1):118-125. doi:10.1016/j.jss.2004.10.010

20. He K, Zhou X, Zhu Y, et al. Muscle elasticity is different in individuals with diastasis recti abdominis than healthy volunteers. *Insights Imaging*. 2021;12(1). doi:10.1186/s13244-021-01021-6

21. Hubner PNV, Alberti LR, Carvalho AC, Soares VC, Neto CS, Garcia DPC. Morphometric evaluation of the linea alba in fresh corpses. *JPRAS Open*. 2024;40:238-244. doi:10.1016/j.jpra.2024.03.005

22. John AJUK, Galdo F Del, Gush R, Worsley PR. An evaluation of mechanical and biophysical skin parameters at different body locations. *Skin Research and Technology*. 2023;29(2). doi:10.1111/srt.13292

23. Kamper SJ. Reliability and validity: Linking evidence to practice. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*.*Movement Science Media*. 2019;49(4):286-287. doi:10.2519/jospt.2019.0702

24. Kaufmann RL, Reiner CS, Dietz UA, Clavien PA, Vonlanthen R, Käser SA. Normal width of the linea alba, prevalence, and risk factors for diastasis recti abdominis in adults, a cross-sectional study. *Hernia*. 2022;26(2):609-618. doi:10.1007/s10029-021-02493-7

25. Keshwani N, Mathur S, Mclean L. *Relationship Between Interrectus Distance and Symptom Severity in Women With Diastasis Recti Abdominis in the Early Postpartum Period*. Vol 98.; 2018. https://academic.oup.com/ptj

26. Keshwani N, Mathur S, McLean L. Validity of inter-rectus distance measurement in postpartum women using extended field-of-view ultrasound imaging techniques. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2015;45(10):808-813. doi:10.2519/jospt.2015.6143

27. Koch V, Wilke J. Reliability of a New Indentometer Device for Measuring Myofascial Tissue Stiffness. *J Clin Med*. 2022;11(17). doi:10.3390/jcm11175194

28. Kodama Y, Masuda S, Ohmori T, et al. Response to Mechanical Properties and Physiological Challenges of Fascia: Diagnosis and Rehabilitative Therapeutic Intervention for Myofascial System Disorders. *Bioengineering*.*MDPI*. 2023;10(4). doi:10.3390/bioengineering10040474

29. Kopecká B, Ravnik D, Jelen K, Bittner V. Objective Methods of Muscle Tone Diagnosis and Their Application—A Critical Review. *Sensors*.*Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. 2023;23(16). doi:10.3390/s23167189

30. Kottner J, Audigé L, Brorson S, et al. Guidelines for reporting reliability and agreement studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol*. 2011;64(1):96-106. doi:10.1016/j.jclinepi.2010.03.002

31. Lee D, Hodges PW. Behavior of the linea alba during a curl-up task in diastasis rectus abdominis: An observational study. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2016;46(7):580-589. doi:10.2519/jospt.2016.6536

32. Ley CD, Valdes EM, Murtagh CF, Power J, Nobes L, Drust B. MyotonPRO Is Not Comparable to Shear Wave Elastography in the Measurement of Rectus Femoris Muscle Stiffness due to Interference of Subcutaneous Adipose Tissue. *Scand J Med Sci Sports*. 2025;35(8). doi:10.1111/sms.70095

33. Lin S, Lu J, Wang L, et al. Prevalence and risk factors of diastasis recti abdominis in the long-term postpartum: a cross-sectional study. *Sci Rep*. 2024;14(1):25640. doi:10.1038/S41598-024-76974-X,

34. Linek P, Wolny T, Sikora D, Klepek A. Intrarater Reliability of Shear Wave Elastography for the Quantification of Lateral Abdominal Muscle Elasticity in Idiopathic Scoliosis Patients. *J Manipulative Physiol Ther*. 2020;43(4):303-310. doi:10.1016/j.jmpt.2018.11.034

35. Lukas K, Gutschmidt K, Schoser B, Wenninger S. Evaluation of myotonometry for myotonia, muscle stiffness and elasticity in neuromuscular disorders. *J Neurol*. 2023;270(11):5398-5407. doi:10.1007/s00415-023-11867-z

36. MacDonald D, Wan A, McPhee M, Tucker K, Hug F. Reliability of Abdominal Muscle Stiffness Measured Using Elastography during Trunk Rehabilitation Exercises. *Ultrasound Med Biol*. 2016;42(4):1018-1025. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2015.12.002

37. Marander V, Råheim M, Haukenes I, Theodorsen NM. Mothers' experiences living with diastasis recti abdominis – an interview study. *BMC Womens Health*. 2024;24(1). doi:10.1186/s12905-024-03131-x

38. Muckelt PE, Warner MB, Cheliotis-James T, et al. Protocol and reference values for minimal detectable change of MyotonPRO and ultrasound imaging measurements of muscle and subcutaneous tissue. *Sci Rep*. 2022;12(1). doi:10.1038/s41598-022-17507-2

39. *MyotonPRO Digital Palpation Device USER MANUAL Device Model: 1B, Device Firmware v.1.7.3 Myoton Desktop Software v.5.0.0.257 For Research Use Only*.; 2010. www.myoton.com;

40. Nguyen AP, Detrembleur C, Fisette P, Selves C, Mahaudens P. MyotonPro Is a Valid Device for Assessing Wrist Biomechanical Stiffness in Healthy Young Adults. *Front Sports Act Living*. 2022;4. doi:10.3389/fspor.2022.797975

41. Opala-Berdzik A, Rudek-Zeprzałka M, Niesporek J, et al. Technical aspects of inter-recti distance measurement with ultrasonographic imaging for physiotherapy purposes: the scoping review. *Insights Imaging*.*Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*. 2023;14(1). doi:10.1186/s13244-023-01443-4

42. Peipsi A, Kerpe R, Jäger H, Soeder S, Gordon C, Schleip R. Myoton Pro: A Novel Tool for the Assessment of Mechanical Properties of Fascial Tissues. *J Bodyw Mov Ther*. 2012;16(4):527. doi:10.1016/j.jbmt.2012.01.015

43. Peña M, Oliva-Pascual J, Lérida MA. *Muscle Tone: General Considerations. Review*. Vol 7.; 2012. www.europeanjournalosteopathy.com

44. Radhakrishnan M, Ramamurthy K. Efficacy and Challenges in the Treatment of Diastasis Recti Abdominis—A Scoping Review on the Current Trends and Future Perspectives. *Diagnostics*.*Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. 2022;12(9). doi:10.3390/diagnostics12092044

45. Ramírez-Jiménez M, Alburquerque-Sendín F, Garrido-Castro JL, Rodrigues-de-Souza D. Effects of hypopressive exercises on post-partum abdominal diastasis, trunk circumference, and mechanical properties of abdominopelvic tissues: a case

series. *Physiother Theory Pract*. 2023;39(1):49-60. doi:10.1080/09593985.2021.2004630

46. Rath AM, Attali P, Dumas JL, Goldlust D, Zhang J, Chevrel JP. *The Abdominal Linea Alba: An Anatomo-Radiologic and Biomechanical Study*. Vol 18. Springer-Verlag; 1996.

47. Rosicka K, Mierzejewska-Krzyżowska B, Mrówczyński W. Skin biomechanical and viscoelastic properties measured with MyotonPRO in different areas of human body. *Skin Research and Technology*. 2022;28(2):236-245. doi:10.1111/srt.13116

48. Skoura A, Billis E, Papanikolaou DT, et al. Diastasis Recti Abdominis Rehabilitation in the Postpartum Period: A Scoping Review of Current Clinical Practice. *Int Urogynecol J.Springer Nature*. 2024;35(3):491-520. doi:10.1007/s00192-024-05727-1

49. Sperstad JB, Tennfjord MK, Hilde G, Ellström-Engh M, Bø K. Diastasis recti abdominis during pregnancy and 12 months after childbirth: Prevalence, risk factors and report of lumbopelvic pain. *Br J Sports Med*. 2016;50(17):1092-1096. doi:10.1136/bjsports-2016-096065

50. Usgu S, Ramazanoğlu E, Yakut Y. The relation of body mass index to muscular viscoelastic properties in normal and overweight individuals. *Medicina (Lithuania)*. 2021;57(10). doi:10.3390/medicina57101022

51. Wang L, Yun T, Zhang D, et al. A prospective study of two-dimensional ultrasonography combined with shear wave elastography for pregnancy-related diastasis recti abdominis. *Front Physiol*. 2024;15. doi:10.3389/fphys.2024.1382982

52. van de Water ATM, Benjamin DR. Measurement methods to assess diastasis of the rectus abdominis muscle (DRAM): A systematic review of their measurement properties and meta-analytic reliability generalisation. *Man Ther.Churchill Livingstone*. 2016;21:41-53. doi:10.1016/j.math.2015.09.013

53. van Wingerden JP, Ronchetti I, Kleinrensink GJ. Gender Equality in Diastasis Rectus Abdominis in Chronic Back Pain: A Model of M. Transversus Abdominis Motor Control Impairment. *Journal of Abdominal Wall Surgery*. 2024;3. doi:10.3389/jaws.2024.12314

54. van Wingerden JP, Ronchetti I, Sneiders D, Lange JF, Kleinrensink GJ. Anterior and posterior rectus abdominis sheath stiffness in relation to diastasis recti: Abdominal wall training or not? *J Bodyw Mov Ther*. 2020;24(1):147-153. doi:10.1016/j.jbmt.2019.10.015

FIGURES

FIGURE 1

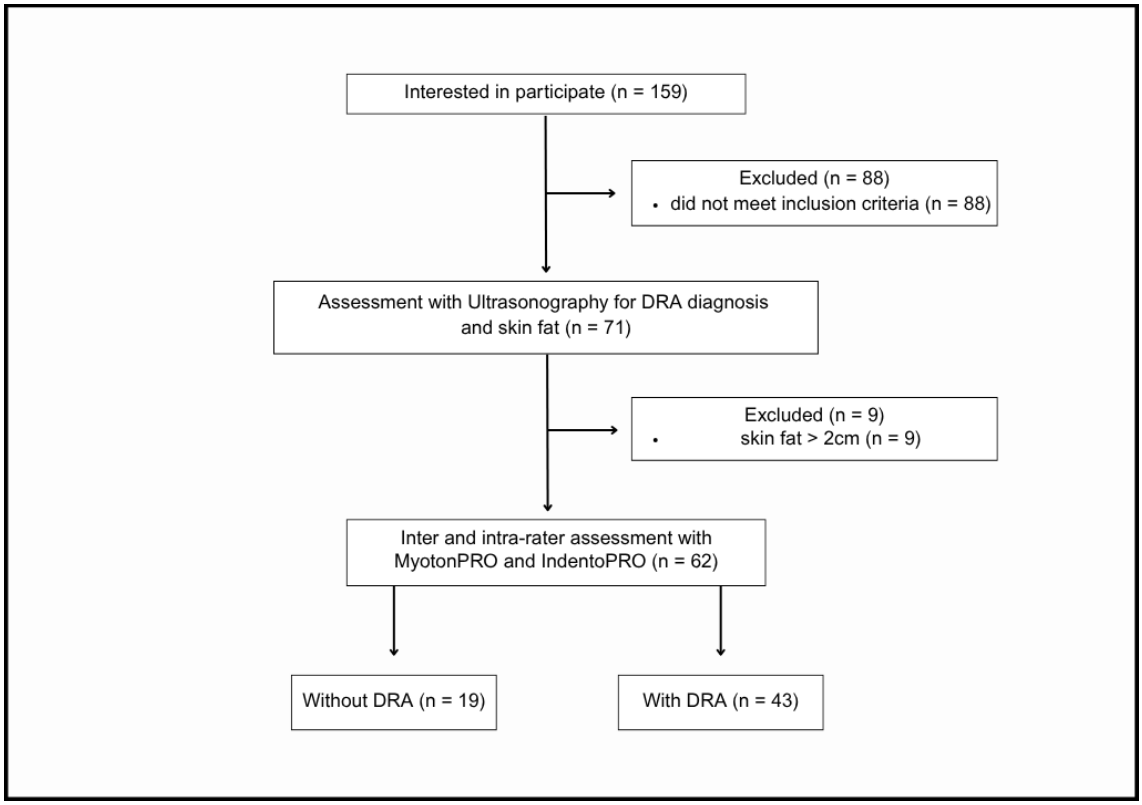


FIGURE 1. Flow diagram of study participants

Abbreviations: M1, Measurement 1; M2, Measurement 2; M3, Measurement 3

FIGURE 2

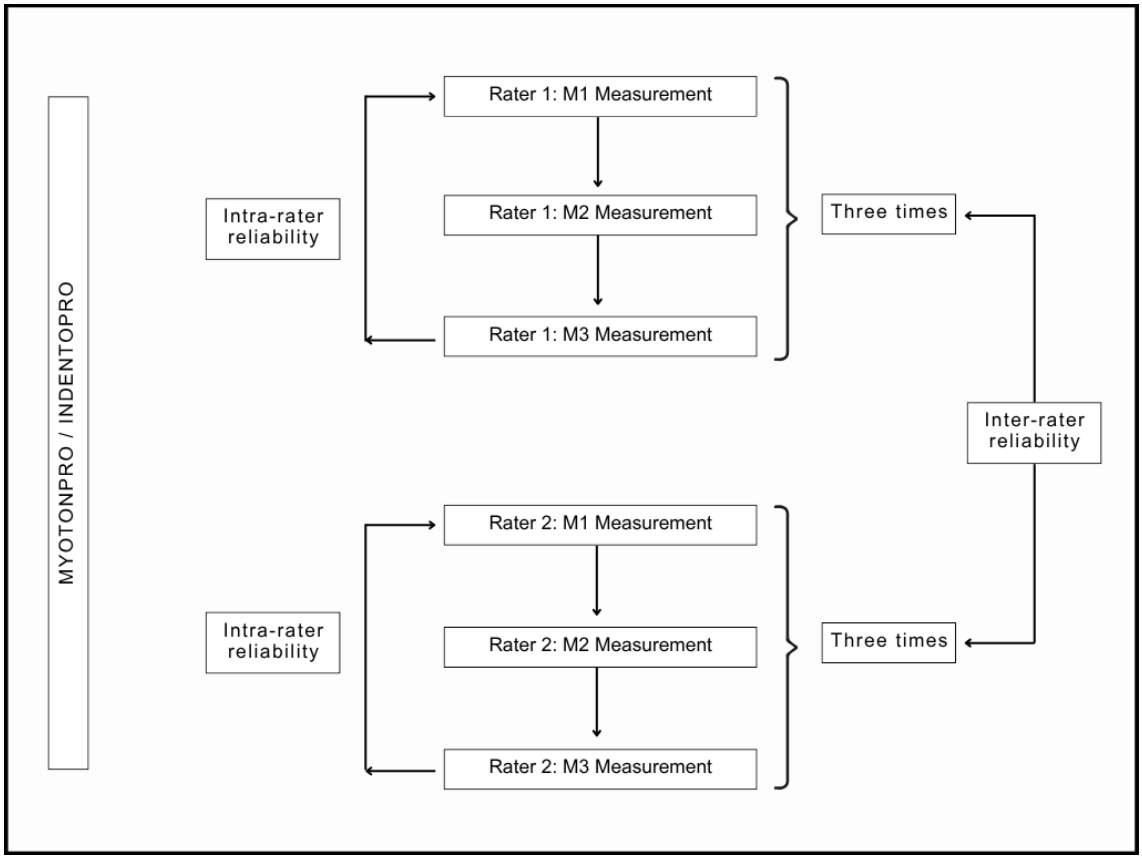


FIGURE 2. Chart displaying the workflow of reliability testing

Abbreviations: M1, Measurement 1; M2, Measurement 2; M3, Measurement 3

FIGURE 3

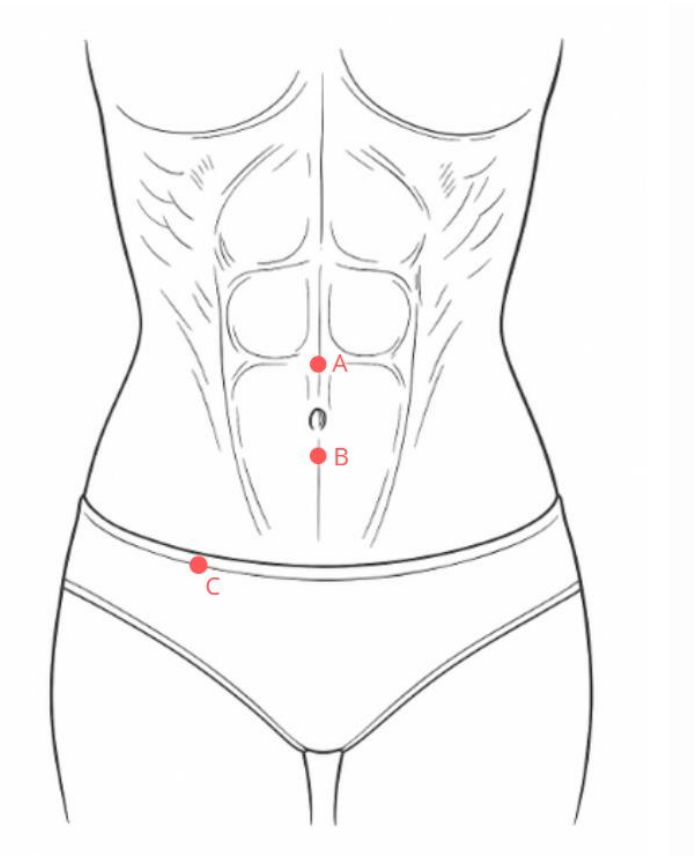


FIGURE 3. AI-generated image of the three measurement points of the abdomen, edited by authors (2025).

Abbreviations: A, Supra-umbilical point (3cm above umbilicus); B, Infra-umbilical point (2cm below umbilicus); C, Transversus abdominis point (2 cm proximal to the midpoint on the line between the anterior superior iliac crest and the pubic symphysis).

5 IMPACTOS DO TRABALHO

Os resultados deste estudo podem gerar impactos significativos em diferentes dimensões da prática profissional e da pesquisa aplicada à saúde da mulher, especialmente na área de reabilitação após o parto.

Impacto clínico: A validação da confiabilidade dos dispositivos MyotonPRO® e IndentoPRO para mensuração das propriedades viscoelásticas da parede abdominal e da linha alba possibilita uma abordagem mais precisa e individualizada na avaliação de mulheres no pós-parto. Isso promove avanços na tomada de decisão clínica, na definição de condutas terapêuticas mais eficazes e no monitoramento da resposta ao tratamento com base em parâmetros objetivos e funcionais, e não apenas morfológicos.

Impacto tecnológico: Este estudo contribui para a incorporação de novas tecnologias portáteis na prática fisioterapêutica e no Brasil, promovendo a modernização das ferramentas de avaliação e a introdução de métricas quantitativas mais sensíveis às alterações dos tecidos conjuntivos. A utilização de dispositivos confiáveis amplia o repertório de instrumentos clínicos e favorece a construção de protocolos padronizados.

Impacto social: Ao propor um novo paradigma para a avaliação e reabilitação da DRA — uma condição altamente prevalente e muitas vezes negligenciada — este trabalho contribui para o reconhecimento e valorização das necessidades de saúde da mulher no período pós-parto. A melhora da função abdominal tem repercussões diretas na qualidade de vida, autonomia e saúde global dessas mulheres.

Impacto educacional: Os achados desta pesquisa também têm potencial para enriquecer os processos de formação e atualização de profissionais da área da saúde, especialmente fisioterapeutas, ao introduzir novos conceitos e instrumentos de avaliação funcional. Isso estimula a prática baseada em evidências e fomenta a reflexão crítica sobre os desfechos tradicionalmente utilizados na reabilitação.

Em conjunto, esses impactos apontam para uma mudança no modelo de avaliação da DRA, com maior ênfase na funcionalidade tecidual e na

individualização do cuidado, com potencial de transformar a prática clínica e influenciar futuras diretrizes na área da saúde da mulher.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Ficha de dados sociodemográficos

ANAMNESE

Nome: _____

Telefone: ( ) _____ Idade: _____

Data de nascimento: ___ / ___ / _____

E-mail: _____ Nível Educacional: _____

Peso (kg): _____ Altura (m): _____

Está trabalhando? _____ Se sim, qual tipo de ocupação? _____

Faz atividade física regularmente? _____

Se faz atividade física, qual o tipo e frequência? _____

Fumante: ( ) Sim ( ) Não Se sim, qual número de cigarros/dia? _____

FICHA GESTACIONAL

Quantos gestações teve? _____

Algum aborto? _____

Quantos filhos tem? _____

Qual o tipo de parto? Se tem mais de 1 filho, coloque o número de filho para cada tipo de parto: ( ) Normal/Vaginal ( ) Cesariana

Tempo após o parto da última gestação? _____

Já tinha desconfiado que tinha diástase? _____

Já tinha feito um exame específico para diagnosticar a diástase? _____

Já fez algum tratamento para o abdômen, seja estético ou de reabilitação muscular? _____.

ANEXOS

ANEXO A

Parecer de aprovação ética do projeto

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA

Plataforma Brasil

PARECER CONSUBSTANCIADO DA CONEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Confiabilidade intra e inter-avaliador de indentômetros para avaliação de propriedades viscoelásticas do abdômen em mulheres com diástase dos retos abdominais em um pós-parto tardio

Pesquisador: Marcelo Faria Silva

Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

Versão: 2

CAAE: 76196523.9.0000.5345

Instituição Proponente: Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.777.423

Apresentação do Projeto:

Trata-se de protocolo de pesquisa enquadrado na Plataforma Brasil, como área temática "Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País". Ao analisar os documentos submetidos para apreciação ética, observou-se que a pesquisa não se enquadra nas áreas temáticas previstas no item IX.4 da Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Carta Circular nº 172/2017/CONEP/CNS/MS e, portanto, não deve ser apreciado pela Conep, cabendo essa análise somente ao CEP. O projeto está sendo liberado ao pesquisador por meio de parecer consubstanciado devido à instabilidade do sistema Plataforma Brasil, que impossibilita a devolução pelo botão. Ressalta-se que não houve análise ética adicional por parte da Comissão.

Objetivo da Pesquisa:

Trata-se de protocolo de pesquisa enquadrado na Plataforma Brasil, como área temática "Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País". Ao analisar os documentos submetidos para apreciação ética, observou-se que a pesquisa não se enquadra nas áreas temáticas previstas no item IX.4 da Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Carta Circular nº 172/2017/CONEP/CNS/MS e, portanto, não deve ser apreciado pela Conep, cabendo essa análise somente ao CEP. O projeto está sendo liberado ao pesquisador por meio de parecer consubstanciado devido à instabilidade do sistema Plataforma Brasil, que impossibilita

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br



a devolução pelo botão. Ressalta-se que não houve análise ética adicional por parte da Comissão.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Trata-se de protocolo de pesquisa enquadrado na Plataforma Brasil, como área temática "Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País". Ao analisar os documentos submetidos para apreciação ética, observou-se que a pesquisa não se enquadra nas áreas temáticas previstas no item IX.4 da Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Carta Circular nº 172/2017/CONEP/CNS/MS e, portanto, não deve ser apreciado pela Conep, cabendo essa análise somente ao CEP. O projeto está sendo liberado ao pesquisador por meio de parecer consubstanciado devido à instabilidade do sistema Plataforma Brasil, que impossibilita a devolução pelo botão. Ressalta-se que não houve análise ética adicional por parte da Comissão.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de protocolo de pesquisa enquadrado na Plataforma Brasil, como área temática "Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País". Ao analisar os documentos submetidos para apreciação ética, observou-se que a pesquisa não se enquadra nas áreas temáticas previstas no item IX.4 da Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Carta Circular nº 172/2017/CONEP/CNS/MS e, portanto, não deve ser apreciado pela Conep, cabendo essa análise somente ao CEP. O projeto está sendo liberado ao pesquisador por meio de parecer consubstanciado devido à instabilidade do sistema Plataforma Brasil, que impossibilita a devolução pelo botão. Ressalta-se que não houve análise ética adicional por parte da Comissão.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Trata-se de protocolo de pesquisa enquadrado na Plataforma Brasil, como área temática "Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País". Ao analisar os documentos submetidos para apreciação ética, observou-se que a pesquisa não se enquadra nas áreas temáticas previstas no item IX.4 da Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Carta Circular nº 172/2017/CONEP/CNS/MS e, portanto, não deve ser apreciado pela Conep, cabendo essa análise somente ao CEP. O projeto está sendo liberado ao pesquisador por meio de parecer consubstanciado devido à instabilidade do sistema Plataforma Brasil, que impossibilita a devolução pelo botão. Ressalta-se que não houve análise ética adicional por parte da Comissão.

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA

Plataforma Brasil

Continuação do Parecer: 6.777.423

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Trata-se de protocolo de pesquisa enquadrado na Plataforma Brasil, como área temática "Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País". Ao analisar os documentos submetidos para apreciação ética, observou-se que a pesquisa não se enquadra nas áreas temáticas previstas no item IX.4 da Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Carta Circular nº 172/2017/CONEP/CNS/MS e, portanto, não deve ser apreciado pela Conep, cabendo essa análise somente ao CEP. O projeto está sendo liberado ao pesquisador por meio de parecer consubstanciado devido à instabilidade do sistema Plataforma Brasil, que impossibilita a devolução pelo botão. Ressalta-se que não houve análise ética adicional por parte da Comissão.

Considerações Finais a critério da CONEP:

Diante do exposto, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - Conep, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela liberação do projeto ao pesquisador por meio de parecer consubstanciado devido à instabilidade do sistema Plataforma Brasil, que impossibilita a devolução pelo botão. Ressalta-se que não houve análise ética adicional por parte da Comissão.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2256742.pdf	10/01/2024 14:53:58		Aceito
Outros	Cartaresposta.pdf	10/01/2024 14:52:37	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	Termocompromissocorrigido.pdf	10/01/2024 14:52:25	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoLZFcorrigido.docx	10/01/2024 14:50:29	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLELZFcorrigido.pdf	10/01/2024 14:49:41	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito
Folha de Rosto	FolharostoLZFassinada.pdf	30/11/2023 14:53:55	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito
Declaração de Instituição e	AnuenciaLZF.pdf	29/11/2023 17:55:01	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 6.777.423

Infraestrutura	AnuenciaLZF.pdf	29/11/2023 17:55:01	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito
Declaração de concordância	TermocompromissoLZF.pdf	29/11/2023 17:53:55	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLELZF.pdf	29/11/2023 17:48:48	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoLZF.docx	29/11/2023 17:48:12	Luiza Zuchetto Fanti	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

BRASILIA, 02 de Maio de 2024

Assinado por:
Lais Alves de Souza Bonilha
(Coordenador(a))