



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS MÉDICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO
COMPORTAMENTO

JOSEPHA KARINNE DE OLIVEIRA FERRO

**EFEITOS DE PADRÕES PÉLVICOS DA FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR
PROPRIOCEPTIVA NO RECRUTAMENTO DE FIBRAS MUSCULARES DO
ASSOALHO PÉLVICO**

Recife-PE

2022

JOSEPHA KARINNE DE OLIVEIRA FERRO

**EFEITOS DE PADRÕES PÉLVICOS DA FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR
PROPRIOCEPTIVA NO RECRUTAMENTO DE FIBRAS MUSCULARES DO
ASSOALHO PÉLVICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento.

Área de concentração: Neurociência

Linha de Pesquisa: Métodos Eletrofisiológicos em Medicina e Neurociência.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Daniella Araújo de Oliveira

Coorientadores: Prof. Dr. Alberto Galvão de Moura Filho; Prof.^a Dr.^a Andrea Lemos.

Recife

2022

Catálogo na Fonte
Bibliotecário: Rodrigo Leopoldino Cavalcanti I, CRB4-1855

F395e Ferro, Josepha Karinne de Oliveira.
Efeitos de padrões pélvicos da facilitação neuromuscular proprioceptiva no recrutamento de fibras musculares do assoalho pélvico / Josepha Karinne de Oliveira Ferro. – 2022.
143 f. : il. ; tab. ; 30 cm.

Orientadora : Daniella Araújo de Oliveira.
Coorientador : Alberto Galvão de Moura Filho.
Coorientadora : Andrea Lemos.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Médicas. Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento. Recife, 2022.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Eletromiografia. 2. Diafragma da Pelve. 3. Músculos Abdominais. 4. Exercícios de Alongamento Muscular. 5. Controle Motor. 6. Modalidades de Fisioterapia. I. Oliveira, Daniella Araújo de (Orientadora). II. Moura Filho, Alberto Galvão de Moura (Coorientador). III. Lemos, Andrea. (Coorientadora). IV. Título.

612.665 CDD (23.ed.) UFPE (CCS2022-051)

JOSEPHA KARINNE DE OLIVEIRA FERRO

**EFEITOS DE PADRÕES PÉLVICOS DA FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR
PROPRIOCEPTIVA NO RECRUTAMENTO DE FIBRAS MUSCULARES DO
ASSOALHO PÉLVICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento
da Universidade Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para a obtenção do título de Doutora
em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento.
Área de concentração: Neurociência

Aprovada em 26/01/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Daniella Araújo de Oliveira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Angélica da Silva Tenório (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Diego de Sousa Dantas (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Juliana Netto Maia (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Leila Maria Álvares Barbosa (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho a todos os estudantes e profissionais que valorizam a ciência brasileira e, apesar das dificuldades, conseguem alcançar títulos acadêmicos e aplicar a ciência na prática clínica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **DEUS**, por me dar saúde física e mental para concluir essa etapa tão almejada. Agradeço pelo discernimento dado nos momentos difíceis e por sempre me fortalecer.

Aos meus pais, **Maria das Neves de Oliveira Ferro** e **Edmilson de Oliveira Ferro** por sempre me apoiarem nas minhas decisões e nunca medirem esforços para que esse sonho se tornasse realidade. Sei o quanto foi difícil aceitar que ficaria longe por mais alguns anos. Agradeço pelas orações, compreensão, amor e cuidado. Amo vocês incondicionalmente.

Aos meus irmãos, **Ighor, Ingrid, Andressa, Vanessa e Júnior** por sempre estarem sempre ao meu lado dando força. A vocês, que sempre acreditaram mais em mim do que eu mesma, saibam que vocês foram a minha maior força e incentivo para que eu chegasse até o final. Ao meu filho **Victor**, meu melhor presente e força ao final dessa jornada. Mamãe te ama, filho!

Aos meus amigos, pelo apoio, pelos abraços e incentivo para seguir em frente. Ainda, agradeço pela compreensão da minha ausência em algumas ocasiões especiais. Em especial, agradeço à **família LACOM** pela parceria, amizade e acolhimento. Juntos dividimos conquistas, publicações, sorrisos, abraços, conselhos, lágrimas, planos, enfim, juntos tornávamos o ambiente mais leve e descontraído.

Aos meus orientadores Prof.^a. Dr. ^a. **Daniella Araújo de Oliveira**, Prof. Dr. **Alberto Galvão de Moura Filho** e a Prof.^a. Dr. ^a. **Andrea Lemos** que sempre estiveram presentes e dispostos a me ajudar. Agradeço por todos os ensinamentos, pela atenção, pela confiança depositada em mim e por nunca duvidar da minha capacidade. Vocês acompanharam a minha evolução e saibam que os admiro muito e os tenho como exemplos a seguir. Agradeço também a Prof.^a. Dr. ^a **Claudia Lima** por sempre estar disposta a me ajudar e me acalmar quando precisei. Aos fisioterapeutas **José Vicente Martins** e **Paulo Moté** pelas valiosas contribuições.

Agradeço aqueles que fizeram parte direta ou indiretamente do desenvolvimento desta tese. Às minhas parceiras fiéis de coleta dos dados, **Bruna, Taís e Camila**, sem vocês eu não teria conseguido. E as voluntárias que aceitaram participar do estudo, juntas fizemos ciência. Agradeço a **CAPES** pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta tese e das produções científicas.

Muito obrigada!

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, não só mínimo fará coisas admiráveis (ALENCAR, 1829 - 1877)

RESUMO

Analisar o efeito dos padrões pélvicos do conceito de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (conceito FNP) nos músculos do assoalho pélvico (MAP), bem como o comportamento eletromiográfico dos músculos sinérgicos ao assoalho pélvico em mulheres jovens e saudáveis. Estudo transversal, realizado com 31 mulheres de 18 a 35 anos, média de idade 23.3 (IC 95% 22.1–24.4) anos. O complexo muscular transverso do abdômen/oblíquo interno (TrA/OI) direito, grácil bilateral e os MAP, representados pelo músculo esfíncter anal externo (EAE) foram monitorizados por eletromiografia de superfície (sEMG) durante a execução da técnica combinação de isotônicas nos quatro padrões pélvicos do conceito FNP: ântero-elevação (AE), pósterio-depressão (PD), ântero-depressão (AD) e pósterio-elevação (PE). Foram realizadas três repetições com intervalos de dois minutos entre elas. Para análise do sinal eletromiográfico foi extraída uma época de 500ms ajustado ao valor central e analisada a amplitude *Root Mean Square*. Teste ANOVA de duas vias com medidas repetidas foi utilizado para verificar a diferença de média entre os tipos de contração da técnica, padrões pélvicos e atividade mioelétrica dos músculos TrA/OI e grácil bilateral em relação a atividade mioelétrica dos MAP, utilizando o software *Statistical Package for Social Sciences* e intervalo de confiança 95%. Não houve diferença estatística entre os padrões pélvicos em relação a atividade mioelétrica do assoalho pélvico. Porém, houve efeito da técnica combinação de isotônicas sobre os MAP quando comparado ao baseline [$F(1.6, 48.2) = 71.5$; $p < 0.000$], com grande magnitude de efeito (Partial $\eta^2 = 0.705$), mostrando que as contrações concêntricas ($22.4\mu V \pm 1.1$), isométricas ($17.3\mu V \pm 0.6$) e excêntricas ($15\mu V \pm 0.5$) da técnica combinação de isotônicas aumentam a atividade dos MAP quando comparado ao *baseline* ($10.8\mu V \pm 0.4$) em todos os padrões pélvicos. Ao analisar o comportamento eletromiográfico dos músculos sinérgicos ao assoalho pélvico, a ANOVA de duas vias com medidas repetidas mostrou que há efeito isolado do tipo de contração, padrão pélvico do conceito FNP e músculos sinérgicos sobre a atividade mioelétrica do esfíncter anal externo, bem como há efeito da interação dos três fatores anteriores sobre a atividade mioelétrica do esfíncter anal externo [$F(3.2, 96.5) = 5.6$; $p < 0.000$], com grande magnitude de efeito (Partial $\eta^2 = 0.15$). Nos quatro padrões pélvicos do conceito FNP foi observado que no padrão AE os músculos TrA/OI e grácil esquerdo apresentam

sinergia em fase com o músculo EAE em todos os tipos de contração ($p < 0,00$), sendo o maior nível de atividade encontrado nas contrações concêntricas, um comportamento que se mostrou repetitivo nos demais padrões estudados. No padrão AD observou-se uma menor atividade eletromiográfica do músculo grácil direito em relação ao EAE em todas as contrações ($p < 0,00$) e um aumento de atividade do músculo grácil esquerdo, porém sem diferença estatística em relação ao EAE. No entanto, nos padrões posteriores (PE e PD), evidenciou-se diminuição do nível de atividade de todos os músculos ($p < 0,01$), com exceção do músculo EAE que manteve o mesmo nível de atividade em todos os padrões. A atividade eletromiográfica dos músculos do assoalho pélvico aumenta em todos os padrões pélvicos, sem diferença estatística entre eles. No entanto, há efeito da técnica combinação de isotônicas sobre os MAP quando comparado ao *baseline*, sendo a contração concêntrica a que apresenta maior atividade. Porém, no padrão AE os músculos TrA/OI e grácil esquerdo apresentam sinergia em fase com os MAP e nos padrões posteriores (PE e PD) houve diminuição do nível de atividade de todos os músculos sinérgicos, sem alterar o nível de atividade dos MAP. Dessa forma, os padrões pélvicos do conceito FNP podem ser usados para aumentar o recrutamento dos MAP em mulheres jovens e saudáveis.

Palavras-chave: eletromiografia; diafragma da pelve; músculos abdominais; exercícios de alongamento muscular; facilitação neuromuscular proprioceptiva; controle motor; modalidades de fisioterapia.

ABSTRACT

To analyze the effect of pelvic patterns of the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF-concept) concept on the pelvic floor muscles (PFM), as well as the electromyographic behavior of the synergistic pelvic floor muscles in healthy young women. Cross-sectional study, carried out with 31 women aged 18 to 35 years, mean age 23.3 (22.1–24.4; 95% CI). The right transverse abdominal/internal oblique (TrA/IO) muscle complex, bilateral gracilis, and PFM, represented by the external anal sphincter (EAS) muscle, were monitored by surface electromyography (sEMG) during the performance of the combination of isotonic technique in the four PNF-concept pelvic patterns: anterior-elevation (AE), posterior-depression (PD), anterior-depression (AD) and posterior-elevation (PE). Three repetitions were performed with two-minute intervals between them. For analysis of the electromyographic signal, a time of 500ms adjusted to the central value was extracted and the Root Mean Square amplitude was analyzed. A two-way ANOVA test with repeated measures was used to verify the mean difference between the types of contraction of the technique, pelvic patterns, and myoelectric activity of the TrA/IO and bilateral gracilis muscles in relation to the myoelectric activity of the PFM, using the Statistical Package software for Social Sciences and 95% confidence interval. There was no statistical difference between pelvic patterns regarding pelvic floor myoelectric activity. However, there was an effect of the combination of isotonic technique on the PFM when compared to the baseline [$F(1.6, 48.2) = 71.5$; $p < 0.000$], with large effect magnitude (Partial $\eta^2 = 0.705$), showing that the concentric ($22.4\mu V \pm 1.1$), isometric ($17.3\mu V \pm 0.6$) and eccentric ($15\mu V \pm 0.5$) contractions of the combination of isotonic technique increase the PFM activity when compared to baseline ($10.8\mu V \pm 0.4$) in all pelvic patterns. By analyzing the electromyographic behavior of the muscles synergistic to the pelvic floor, two-way ANOVA with repeated measures showed there is the isolated effect of the type of contraction, the pelvic pattern of the PNF concept, and the synergistic muscles on the myoelectric activity of the external anal sphincter, as well as the effect of the interaction of the three above factors on the myoelectric activity of the external anal sphincter [$F(3.2, 96.5) = 5.6$; $p < 0.000$], with a large magnitude of effect (Partial $\eta^2 = 0.15$). In the four pelvic patterns of the PNF-concept, it was observed that in the AE pattern, the TrA/IO and left gracilis muscles present in-phase synergy with the EAS muscle in all types of contraction ($p < 0.00$), with the highest level of activity found in concentric

contractions, a behavior that proved to be repetitive in the other patterns studied. In the AD pattern, a lower electromyographic activity of the right gracilis muscle was observed in relation to the EAS in all contractions ($p < 0.00$) and an increase in the activity of the left gracilis muscle, but without statistical difference in relation to the EAS. However, in the posterior patterns (PE and PD), there was a decrease in the activity level of all muscles ($p < 0.01$), with the exception of the EAS muscle, which maintained the same activity level in all patterns. The electromyographic activity of the pelvic floor muscles increases in all pelvic patterns, with no statistical difference between them. However, there is an effect of the combination of isotonic technique on the PFM when compared to the baseline, with the concentric contraction being the one with the highest activity. However, in the AE pattern, the TrA/IO and left gracilis muscles present synergy in phase with the PFM, and in the posterior patterns (PE and PD) there was a decrease in the activity level of all synergistic muscles, without changing the activity level of the PFM. Thus, PNF-concept pelvic patterns can be used to increase PFM recruitment in healthy young women.

Keywords: electromyography; pelvic floor muscles; abdominal muscles; muscle stretching exercises; proprioceptive neuromuscular facilitation; motor control; physiotherapy modalities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A-D Posicionamento dos eletrodos autoadesivos ao longo das fibras musculares dos músculos avaliados. A) Posicionamento dos eletrodos no músculo esfíncter anal externo. B) Posicionamento dos eletrodos no complexo muscular transverso abdominal/oblíquo interno (TrA/OI) direito. C) Posicionamento dos eletrodos nos músculos grácil direito e grácil esquerdo. D) Posicionamento do eletrodo de referência. Fonte: Adaptado de Google Imagens.....	44
Figura 2 - Diagrama representando o protocolo utilizado durante o registro eletromiográfico.....	47
Figura 3 - Posição inicial do terapeuta e paciente para execução do padrão de ântero-elevação do conceito FNP.....	48
Figura 4 - Posição inicial do terapeuta e paciente para execução do padrão de pósterio-depressão do conceito FNP.....	49
Figura 5 - A-C Posição inicial e direção do movimento pélvico realizado durante a execução dos padrões ântero-elevação e pósterio-depressão do conceito FNP. A) Posição neutra da pelve. B) Movimento pélvico no padrão de ântero-elevação do conceito FNP. C) Movimento pélvico no padrão de pósterio-depressão do conceito FNP.	50
Figura 6 - Posição inicial do terapeuta e paciente para execução do padrão de pósterio-elevação do conceito FNP.....	51
Figura 7 - Posição inicial do terapeuta e paciente para execução do padrão de ântero-depressão do conceito FNP.....	52
Figura 8 - A-C Posição inicial e direção do movimento pélvico realizado durante a execução dos padrões ântero-depressão e pósterio-elevação do conceito FNP. A) Posição neutra da pelve. B) Movimento pélvico no padrão	

de ântero-depressão do conceito FNP. C) Movimento
pélvico no padrão de pósterio-elevação do conceito FNP.... 52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Padrão pélvico de ântero-depressão do conceito FNP
AE	Padrão pélvico de ântero-elevação do conceito FNP
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa com seres humanos
Conceito FNP	Conceito de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva
CVM	contração voluntária máxima
DD	Decúbito dorsal
DL	Decúbito lateral
EAE	esfíncter anal externo
ed.	Edição
ETAS	espinha ilíaca ântero-superior
et al.	e outro
IMC	Índice de Massa Corporal
IPNFA	<i>International Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association</i>
ISEK	<i>International Society of Electrophysiology and Kinesiology</i>
Kg	Quilogramas
Kg/m ²	quilogramas por metro quadrado
LACAF	Laboratório de Cinesiologia e Avaliação Funcional
LACOM	Laboratório de Aprendizagem e Controle Motor
M	Metros
MAP	Músculos do assoalho pélvico
OE	Músculo oblíquo externo
OI	Músculo oblíquo interno
p.	Página
PD	Padrão pélvico de pósterio-depressão do conceito FNP
PE	Padrão pélvico de pósterio-elevação do conceito FNP
PIA	pressão intra-abdominal
RA	Músculo reto abdominal
RMS	<i>Root Mean Square</i>
sEMG	Eletromiografia de superfície

SENIAM	<i>Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles</i>
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TrA/OI	Complexo muscular transverso do abdômen/Oblíquo interno
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
v.	Volume
μV	Microvolts

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	18
2	INTRODUÇÃO	22
2.1	OBJETIVOS	25
2.1.1	Objetivo geral	25
2.1.2	Objetivos específicos	25
2.2	HIPÓTESE.....	25
3	REFERENCIAL TEÓRICO	26
3.1	CONSIDERAÇÕES ANATÔMICAS E FUNCIONAIS DO ASSOALHO PÉLVICO.....	26
3.2	CONSIDERAÇÕES ANATÔMICAS E FUNCIONAIS DOS MÚSCULOS ABDOMINAIS.....	28
3.3	NEUROMECHANISMO DA SINERGIA MUSCULAR PARA POSTURA E MOVIMENTO.....	29
3.4	FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA: FILOSOFIA, PRINCÍPIOS, PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS.....	32
3.5	ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE PARA AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE MIOELÉTRICA DOS MÚSCULOS DO ASSOALHO PÉLVICO.....	35
4	MATERIAIS E MÉTODO	39
4.1	DESENHO DO ESTUDO.....	39
4.2	LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO.....	39
4.3	ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA.....	39
4.4	AMOSTRA.....	39
4.5	CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE.....	40
4.5.1	Critérios de inclusão	40
4.5.2	Critérios de exclusão	40
4.6	DELINEAMENTO METODOLÓGICO	40
4.7	ETAPAS DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS.....	41
4.7.1	Testes preliminares	41
4.7.2	Seleção de participantes	42

4.7.3	Preenchimento do formulário.....	42
4.7.4	Registro do sinal eletromiográfico.....	43
4.7.5	Protocolo da facilitação neuromuscular proprioceptiva.....	45
4.8	VARIÁVEIS DE INTERESSE.....	53
4.8.1	Variáveis dependentes.....	53
4.8.2	Variáveis independentes de interesse.....	53
4.8.3	Variáveis independentes de controle.....	54
4.9	DESFECHOS.....	54
4.9.1	Desfecho primário.....	54
4.9.2	Desfecho secundário.....	54
4.10	MÉTODOS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	55
5	RESULTADOS	56
5.1	PRODUÇÕES CIENTÍFICAS RELACIONADAS À TESE....	56
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
6.1	PERSPECTIVAS.....	58
6.1.1	Implicações na prática clínica.....	58
6.1.2	Implicações para pesquisa.....	59
	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE	68
	APÊNDICE B – FORMULÁRIO SEMIESTRUTURADO....	70
	APÊNDICE C – ARTIGO ORIGINAL 1: ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF PELVIC FLOOR MUSCLES DURING THE EXECUTION OF PELVIC PATTERNS OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION-CONCEPT: AN OBSERVATIONAL STUDY.....	71
	APÊNDICE D – REVISÃO DE ESCOPO: TECHNIQUES FOR REGISTRATION OF MYOELECTRIC ACTIVITY OF WOMEN’S PELVIC FLOOR MUSCLES: A SCOPING REVIEW.....	93
	ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA.....	138

ANEXO B – REGISTRO NO CLINICAL TRIALS.GOV.....	139
ANEXO C – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO ORIGINAL 1: ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF PELVIC FLOOR MUSCLES DURING THE EXECUTION OF PELVIC PATTERNS OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION- CONCEPT: AN OBSERVATIONAL STUDY.....	140
ANEXO D – ARTIGO ORIGINAL 2: ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF TRANSVERSUS ABDOMINIS/INTERNAL OBLIQUE MUSCLES DURING THE EXECUTION OF PELVIC PATTERNS OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION.....	141
ANEXO E – ARTIGO DE PROTOCOLO DE REVISÃO DE ESCOPO: TECHNIQUES FOR REGISTRATION OF MYOELECTRIC ACTIVITY OF WOMEN’S PELVIC FLOOR MUSCLES: A SCOPING REVIEW PROTOCOL.....	142
ANEXO F - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DA REVISÃO DE ESCOPO: TECHNIQUES FOR REGISTRATION OF MYOELECTRIC ACTIVITY OF WOMEN’S PELVIC FLOOR MUSCLES: A SCOPING REVIEW.....	143

1 APRESENTAÇÃO

Esta tese está vinculada à Área de Concentração “Neurociências” do Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e ao grupo de pesquisa “Neurofisioterapia Clínica e Experimental”.

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Aprendizagem e Controle Motor (LACOM) em parceria com o Laboratório de Cinesiologia e Avaliação Funcional (LACAF) do departamento de Fisioterapia da UFPE.

Baseando-se na neurofisiologia, na filosofia do conceito FNP e nos estudos publicados com pacientes que apresentam disfunções neurológicas e reumatológicas, diversos profissionais têm especulado que os princípios e procedimentos desse conceito podem ser aplicados em outras disfunções, como por exemplo, pacientes com disfunções uroginecológicas. No entanto, até o momento não existem evidências que comprovem essa aplicabilidade. Visto isso, o interesse pelo tema surgiu a partir da inexistência de estudos que avaliem os efeitos de padrões específicos do conceito FNP no recrutamento dos músculos do assoalho pélvico, avaliando com medidas objetivas as mudanças eletrofisiológicas que acontecem no músculo.

Este conceito de tratamento é fundamentado em princípios de controle motor e aprendizagem motora, a fim de otimizar ganhos funcionais, utilizando princípios e procedimentos em técnicas específicas. Dentre os procedimentos estão os padrões de movimentos realizados na diagonal e a irradiação (SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016).

Os padrões do conceito FNP utilizam movimentos tridimensionais, combinando movimentos nos três planos e assim se assemelhando a movimentos funcionais. Movimentos mais complexos aumentam o recrutamento neural e melhoram o controle motor e a eficiência do movimento (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014; MOREIRA; LIAL; TELES MONTEIRO; ARAGÃO *et al.*, 2017).

Outro procedimento é a irradiação, fenômeno descrito desde 1906 por Sherrington, considerando como uma deflagração de respostas reflexas em torno de um músculo alvo capaz de provocar contração de músculos sinérgicos

(SHERRINGTON, 1906). Este procedimento normalmente é usado para potencializar a força muscular em resposta a uma resistência manual oferecida, aumentando a atividade muscular e o número de unidades motoras recrutadas (HWANG; PARK, 2017; SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016). Dessa forma, supõe-se que padrões de movimento da pelve são capazes de recrutar os músculos do assoalho pélvico através de sinergia muscular.

A partir de uma revisão das evidências disponíveis sobre o conceito FNP e o estudo detalhado do conceito, este projeto foi desenvolvido com o intuito de analisar os efeitos dos padrões pélvicos do conceito FNP no recrutamento dos músculos do assoalho pélvico (MAP), bem como o comportamento eletromiográfico dos músculos considerados sinérgicos aos MAP. Por se tratar de um estudo original foram necessários vários testes preliminares para estabelecer o melhor protocolo de avaliação, testando posicionamento da voluntária, posicionamento dos eletrodos e grupos musculares que deveriam ser avaliados durante a execução da técnica. Após essa etapa de testes e treinamento, foi estabelecido o protocolo final, o qual está descrito na sessão método.

Ademais, a elaboração desta tese atendeu às normas vigentes do Programa de Pós-Graduação Strictu Sensu em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Os dados obtidos resultaram em quatro artigos relacionados a esta tese, sendo duas revisões e dois artigos originais:

- *“Techniques for registration of myoelectric activity of women’s pelvic floor muscles: a scoping review protocol”* foi publicado na revista *JB I Evidence Synthesis*.
- *“Techniques for registration of myoelectric activity of women’s pelvic floor muscles: a scoping review”*, em fase de análise pela revista *JB I Evidence Synthesis*.
- *“Electromyographic analysis of pelvic floor muscles during the execution of pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation-concept: an observational study”*, submetido ao periódico *Neurourology and Urodynamics*.

- “*Electromyographic analysis of transversus abdominis/internal oblique muscles during the execution of pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation*”, publicado na revista *Avanços em Medicina*.

Ainda, três orientações de trabalhos de conclusão de curso de discentes de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco e uma pesquisa de Iniciação Científica foram realizadas durante esse período de pesquisa, bem como resumos apresentados em eventos científicos.

Como produção científica no decorrer do doutorado, oito artigos foram produzidos e publicados em coautoria, vinculadas ao mesmo grupo de pesquisa:

- “*Cervical musculoskeletal disorders in patients with temporomandibular dysfunction: A systematic review and meta-analysis*”, publicado no periódico *Journal of Bodywork and Movement Therapies Home*, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.05.001>
- “*Physical therapeutic treatment for traumatic brachial plexus injury in adults: A scoping review*”, publicado na revista *Physical medicine and rehabilitation (PM&R)*, disponível em: <https://doi.org/10.1002/pmrj.12566>
- “*Brain changes in magnetic resonance imaging in subjects with pain catastrophizing: A systematic review*”, publicado na revista *Neurology and Neurosurgery*, disponível em: <https://doi.org/10.15761/NNS.1000117>
- “*The effect of smoking on orofacial pain and temporomandibular dysfunction: an integrative review*”, publicado no periódico *International Journal of Physiatry*, disponível em: <https://doi.org/10.23937/2572-4215.1510016>
- “*Estratégias terapêuticas na função sexual de homens com lesão medular traumática*”, publicado na revista *Cadernos de Naturologia e Terapias Complementares*, disponível em: <https://doi.org/10.19177/cntc.v7e13201829-38>
- “*Associação entre sintomas depressivos e disfunção sexual em homens com lesão medular traumática*”, publicado na revista *ABCS health sciences*, disponível em: <https://doi.org/10.7322/abcs.hs.v44i3.1147>
- “*Alterações de funcionalidade de mulheres migranosas*”, publicado na

revista *HEADACHE MEDICINE*, disponível em:
<https://doi.org/10.48208/HeadacheMed.2018.20>

- “*Categorias da CIF comprometidas na migrânea*”, publicado na revista *HEADACHE MEDICINE*, disponível em:
<https://doi.org/10.48208/HeadacheMed.2018.19>

Em anexos, disponho as produções científicas que foram relacionadas ao desenvolvimento desta tese de doutorado.

2 INTRODUÇÃO

Controle motor é definido como a habilidade de regular ou direcionar os mecanismos essenciais para o movimento humano e depende de uma estrutura de funcionamento complexo (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2014). Dois fatores são essenciais para o controle motor do movimento, o número de graus de liberdade presentes no corpo humano, ou seja, a possibilidade de realização do movimento em diferentes planos e eixos corporais a fim de realizar uma única tarefa e a ativação de vários grupos musculares para realizá-la (SHARIF RAZAVIAN; GHANNADI; MCPHEE, 2019).

A complexidade da ativação de vários músculos para cada movimento corporal é reduzida através das sinergias musculares e depende da interação de áreas espinais e supraespinais (SOECHTING; LACQUANITI, 1989). A organização do movimento pela interação desses sistemas melhora o desempenho da tarefa a ser executada e, as mudanças que acontecem nesse processo são aprendidas durante processos adaptativos, gerando comportamentos motores que ficam retidos produzindo padrões de sinergias musculares. Essa é uma estratégia para diminuir a ação do sistema nervoso, proporcionando menor gasto energético para melhorar o desempenho e deixar a resposta mais efetiva (SOECHTING; LACQUANITI, 1989; ZANDVOORT; VAN DIEËN; DOMINICI; DAFFERTSHOFER, 2019).

O comportamento motor pode ser influenciado pela experiência, o que faz com que o indivíduo desenvolva respostas antecipatórias ao estímulo como uma ação pré-programada do sistema nervoso central (BORTOLETTO; CUNNINGTON, 2010; CUNNINGTON; WINDISCHBERGER; DEECKE; MOSER, 2002; PISCITELLI; FALAKI; SOLNIK; LATASH, 2017; TING; MCKAY, 2007). Esse mecanismo antecipatório acontece também nos músculos do assoalho pélvico (MAP), sendo ativados previamente em resposta ao aumento de pressão abdominal ou para manutenção da estabilidade postural. Esse sinergismo abdomino-pélvico já está bem estabelecido na literatura (HODGES; RICHARDSON, 1997; HODGES; SAPSFORD; PENGEL, 2007; JUNGINGER; BAESSLER; SAPSFORD; HODGES, 2010).

Além de auxiliar no controle postural, os MAP, localizados na borda inferior da cavidade abdominal, exercem função importante na sustentação dos órgãos

pélvicos, manutenção da continência urinária e fecal, contribuindo também na função sexual (EICKMEYER, 2017b). Um dado importante a considerar é que a maioria das mulheres não tem conhecimento dessa musculatura e consequentemente, não tem percepção de contração, contribuindo assim para o aparecimento das disfunções do assoalho pélvico. Cerca de 60% das mulheres em algum momento da vida apresentarão disfunções relacionadas às estruturas que compõem o assoalho pélvico, provocadas pelo desequilíbrio anatômico e funcional dessas estruturas (KEPENEKCI; KESKINKILIC; AKINSU; CAKIR *et al.*, 2011).

Tendo em vista a importância para funções fisiológicas e posturais, utilizar uma avaliação clínica detalhada associada a ferramentas confiáveis para avaliar quantitativamente esse grupo muscular faz-se necessário. A eletromiografia de superfície (sEMG) é uma ferramenta que avalia a excitação de unidades motoras presentes nos músculos, sendo capaz de quantificar o comportamento do sistema neuromuscular (BOONSTRA; BREAKSPEAR, 2012; TABORRI; PALERMO; PRETE; ROSSI, 2018; VIGOTSKY; HALPERIN; LEHMAN; TRAJANO *et al.*, 2018). No assoalho pélvico, a sEMG é capaz de prever mudanças no funcionamento muscular, consistente com diagnóstico clínico referente a sintomas ou disfunções uroginecológicas. É uma ferramenta que apresenta boa confiabilidade e, por esse motivo, amplamente utilizada em pesquisas científicas e na prática clínica (GRAPE; DEDERING; JONASSON, 2009; MORETTI; DE MOURA FILHO; DE ALMEIDA; ARAUJO *et al.*, 2017).

Estudos eletromiográficos deixam evidentes a coativação dos músculos abdominais durante as contrações dos MAP, mas existem controvérsias quanto a sinergia com músculos adutores do quadril e glúteo máximo (AMORIM; CACCIARI; PASSARO; SILVEIRA *et al.*, 2017; HALSKI; SŁUPSKA; DYMAREK; BARTNICKI *et al.*, 2014; HWANG; PARK, 2017; PTASZKOWSKI; PAPROCKA-BOROWICZ; SŁUPSKA; BARTNICKI *et al.*, 2015). Sugere-se que o sinergismo da musculatura abdomino-pélvica está relacionado ao controle esfinteriano, pois a contração associada aumenta a pressão de fechamento uretral em situações de aumento de pressão intra-abdominal (MADILL; MCLEAN, 2006). Dessa forma, é extremamente importante manter essa musculatura funcional, preservando a força, resistência e flexibilidade muscular.

Com o objetivo de melhorar a força e potencializar ganhos musculares, para o treinamento muscular do assoalho pélvico (TMAP) são utilizados diferentes recursos fisioterapêuticos como, eletroestimulação, cinesioterapia pélvica e biofeedback (WALLACE; MILLER; MISHRA, 2019). No entanto, existem algumas situações que o indivíduo apresenta dificuldade em realizar a contração correta dos MAP ou não apresenta boa aceitabilidade com os recursos propostos. Nesse caso, uma abordagem de tratamento indireto pode ser uma opção.

Nesse contexto, a Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (conceito FNP) emerge como uma possibilidade terapêutica, tendo em vista que é um conceito de tratamento bastante utilizado para aumentar o desempenho do sistema musculoesquelético, através de estímulos musculares, proprioceptivos e exteroceptivos, integrando princípios de controle e aprendizagem motora (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014; SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016).

O conceito FNP utiliza diferentes princípios e procedimentos em técnicas específicas. Dentre os procedimentos estão os padrões de movimentos realizados na diagonal e a irradiação. Os padrões do conceito FNP combinam movimentos nos três planos, se assemelhando a movimentos funcionais. A sequência de movimentos mais complexos aumenta o recrutamento neural e melhora o controle motor e a eficiência do movimento (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014; MOREIRA; LIAL; TELES MONTEIRO; ARAGÃO *et al.*, 2017).

O procedimento de irradiação é utilizado pelo conceito FNP com o intuito de estimular a excitabilidade de motoneurônios em resposta a uma resistência manual. Há o aumento da atividade muscular e do número de unidades motoras recrutadas, potencializando a força não apenas no músculo alvo, mas também em músculos sinérgicos (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014; KABAT; KNOTT, 1953).

Com uma abordagem baseada na neurofisiologia, o conceito FNP tem sido utilizado na reabilitação de distúrbios neurológicos e musculoesqueléticos promovendo a recuperação funcional dos pacientes, utilizando princípios e procedimentos em técnicas específicas para melhorar a eficácia do movimento, podendo estar associado a padrões de movimentos em diagonal, como os padrões pélvicos (AREEUDOMWONG; WONGRAT; NEAMMESRI;

THONGSAKUL, 2017; SHARMA; KAUR, 2017; SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016). No entanto, não existem estudos que analisem o efeito dos padrões pélvicos do conceito FNP nos músculos do assoalho pélvico. Considerando o exposto e que a maioria das mulheres não tem percepção de contração dos MAP, reforçar uma abordagem de tratamento indireto baseado em princípios de sinergia e controle motor pode ser uma alternativa para essas pacientes.

2.1 OBJETIVOS

A seguir, os objetivos gerais e específicos, que norteiam o trabalho.

2.1.1 **Objetivo Geral**

- Analisar os efeitos dos padrões pélvicos do conceito FNP no recrutamento de fibras musculares do assoalho pélvico em mulheres saudáveis.

2.1.2 **Objetivos Específicos**

- Descrever as características sociodemográficas e clínicas da amostra analisada.
- Analisar o comportamento eletromiográfico dos músculos sinérgicos ao assoalho pélvico (TrA/OI e adutores do quadril) durante a execução dos padrões pélvicos do conceito FNP em mulheres saudáveis;
- Verificar quais padrões pélvicos do conceito FNP têm melhor efeito no recrutamento das fibras musculares do assoalho pélvico.

2.2 HIPÓTESE

Padrões pélvicos do conceito FNP são capazes de recrutar fibras musculares do assoalho pélvico em mulheres saudáveis.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONSIDERAÇÕES ANATÔMICAS E FUNCIONAIS DO ASSOALHO PÉLVICO

Estruturalmente, o assoalho pélvico é composto por músculos, fáscia e ligamentos presentes nas cavidades abdominal e pélvica, exercendo funções importantes nos processos de continência urinária e fecal, proteção e fixação de órgãos pélvicos, além de auxiliar na função sexual (CASEY; TEMME, 2017). Apesar da importante atuação no trato gastrointestinal e genito-urinário, evidências mostram a ação também na respiração, manutenção da postura ereta e na marcha (EMERICH GORDON; REED, 2018; ROSSETTI, 2016).

A pelve, estrutura óssea que protege os órgãos abdominais e pélvicos, é formada por dois grandes ossos do quadril, subdivididos em: ílio, ísquio e púbis, unindo-se anteriormente por meio da sínfise púbica e posteriormente, na articulação sacroilíaca. Além da função de proteção, a pelve é importante também para descarga de peso corporal, uma vez que transmite e absorve forças entre os membros inferiores e a coluna (VLEEMING; SCHUENKE; MASI; CARREIRO *et al.*, 2012). Devido a proximidade e função com o assoalho pélvico, ambos estão intimamente conectados (CASEY; TEMME, 2017).

Na abertura inferior da pelve estão localizados os músculos do assoalho pélvico divididos em dois compartimentos: o diafragma pélvico e o diafragma urogenital. O diafragma urogenital é a camada muscular mais superficial, formada pelos músculos isquiocavernoso, bulboesponjoso, músculo transverso do períneo e músculo esfíncter anal externo. O diafragma pélvico é a camada mais profunda, formada pelos músculos coccígeo e levantador do ânus (CASEY; TEMME, 2017).

O controle neural do assoalho pélvico é realizado através do sistema nervoso somático e autonômico, controlados por via reflexa medular ou centros superiores. Áreas cerebrais como córtex motor primário e hipotálamo medial fazem conexões com centros medulares que controlam esses músculos. Os motoneurônios que inervam o assoalho pélvico se originam no núcleo de Onuf, localizado no corno anterior do segundo ao quarto segmento medular sacral (S2-S4) e de onde saem os nervos periféricos autonômicos e somáticos,

correspondente ao plexo pélvico e ao nervo pudendo, respectivamente (VODUŠEK, 2004).

As funções do assoalho pélvico são: sustentar os órgãos pélvicos, manter o controle esfinteriano, uretral e anal, auxiliar na função sexual e contribuir para estabilidade dos músculos do tronco (CASEY; TEMME, 2017; ROSSETTI, 2016). Essas funções ficaram mais evidentes após as mudanças evolutivas, quando o homem passou da postura quadrúpede para a bípede, em que as estruturas presentes na pelve precisaram se adaptar para suportar o peso do corpo, manter a postura ereta e fechar a cavidade inferior da pelve para sustentar os órgãos abdominais e pélvicos (DESILVA; ROSENBERG, 2017; LEWIS; LAUDICINA; KHUU; LOVERRO, 2017).

Por serem músculos posturais que exercem funções anti-gravitacionais, são músculos com predominância de fibras tipo I, lentas, de contração tônica e mais resistentes a fadiga e, em menor quantidade, fibras tipo II, de contração rápida e que geram energia através de processos anaeróbicos. Cerca de 65-90% dos MAP são formados por fibras tipo I, com concentração maior no músculo levantador do ânus, enquanto que as fibras fásicas estão mais concentradas próximo às áreas periuretral e perianal, devido a necessidade de contração rápida em situações de aumento de pressão intra-abdominal em que o indivíduo necessita manter a continência urinária e fecal (YIOU; COSTA; HAAB; DELMAS, 2009).

Além disso, mantém o equilíbrio pressórico-pélvico durante o aumento da pressão intra-abdominal, evitando perdas involuntárias de conteúdo vesical e intestinal. Essa resposta involuntária do assoalho pélvico é um mecanismo neurológico complexo, não dependente apenas de reflexo espinal (DEWAELE; DEFFIEUX; VILLOT; AMARENCO *et al.*, 2019). Um estudo prévio que avaliou, através de eletromiografia de superfície, a contração do esfíncter anal durante a tosse voluntária em mulheres continentes, constatou que a contração do assoalho pélvico precede o aumento da pressão intra-abdominal. Esse controle depende de um centro pré-programado no sistema nervoso central para preparar a atividade muscular em situações de aumento de pressão abdominal, importante para manter a continência (DEFFIEUX; HUBEUX; PORCHER; ISMAEL *et al.*, 2007).

Durante o esforço há o aumento da pressão intra-abdominal, com consequente aumento da pressão vesical. Para manter a continência, é necessário que haja um aumento da pressão de fechamento uretral, proporcionando o controle esfinteriano adequado por ação combinada dos músculos do assoalho pélvico, parede vaginal anterior, ligamentos e fáscia endopélvica (MININI, 2018).

3.2 CONSIDERAÇÕES ANATÔMICAS E FUNCIONAIS DOS MÚSCULOS ABDOMINAIS

A principal função dos músculos abdominais é proteger e estabilizar a coluna espinal, além de gerar forças que proporcionam movimento ao tronco (BROWN; WARD; COOK; LIEBER, 2010). Ainda, protege o conteúdo intraperitoneal e contribui para funções vitais, como: respiração, defecação e micção (JENSEN; KJAER; JORGENSEN, 2014).

Esse compartimento abdominal é formado por quatro músculos: reto abdominal (RA), oblíquo externo (OE), oblíquo interno (OI) e transverso do abdômen (TrA), que agem juntos para equilibrar a pressão abdominal e proteger a coluna contra cargas internas e externas. No entanto, para exercer essas funções, esses músculos não atuam sozinhos. É necessária uma sincronia com os músculos do assoalho pélvico, diafragma e multífidos (MORALES; SANZ; REGUERA; MARTÍNEZ *et al.*, 2018).

O músculo reto abdominal é o músculo abdominal que possui maior comprimento, mas é composto por fibras musculares mais curtas. Origina-se na sínfise púbica, com inserção no processo xifoide e na quinta, sexta e sétima costela, sendo responsável principalmente pela flexão anterior da coluna vertebral. Os demais músculos abdominais possuem camadas musculares com disposição inclinada das fibras (BROWN; WARD; COOK; LIEBER, 2010; JENSEN; KJAER; JORGENSEN, 2014).

A função de rotação e flexão lateral do tronco se dá pelos músculos oblíquos. O músculo oblíquo externo se origina na oitava costela inferior e se insere na crista ilíaca e no osso púbico, enquanto o oblíquo interno tem a origem nos dois terços anteriores da crista ilíaca e dois terços do ligamento inguinal, se inserindo nas três últimas costelas (JENSEN; KJAER; JORGENSEN, 2014).

O músculo transverso abdominal é o principal músculo para conter os órgãos e vísceras abdominais, sendo também considerado o principal estabilizador na coluna lombar. Tem a origem no processo transverso da vértebra lombar, via fáscia tóraco lombar, a dois terços anteriores da crista ilíaca e um terço lateral do ligamento inguinal, com inserção na linha alba (HODGES; RICHARDSON, 1997). Esse e o oblíquo interno por serem músculos profundos anatomicamente próximos, dificulta dissocia-los para uma avaliação isolada. Por isso, pesquisas científicas consideram avaliar um complexo muscular transverso do abdômen/ oblíquo interno (TrA/OI) (ITHAMAR; DE MOURA FILHO; BENEDETTI RODRIGUES; DUQUE CORTEZ *et al.*, 2018; MARSHALL; MURPHY, 2003).

3.3 NEUROMEKANISMO DA SINERGIA MUSCULAR PARA POSTURA E MOVIMENTO

Durante a execução de movimentos há a ativação de músculos distintos e a ativação dessas diferentes unidades motoras são coordenadas e controladas pelo sistema nervoso central. Para que esse movimento ocorra, diversas variáveis estão acontecendo simultaneamente nos órgãos e estão relacionadas à desenvoltura ou mudanças características da ação, como: deslocamento, força e ativação muscular (BIZZI; CHEUNG, 2013). Assim, sinergia é definida como a organização neural das diferentes variáveis disponíveis nos efetores a fim de estabilizar essas divergências para um melhor desempenho na execução da ação específica (PISCITELLI; FALAKI; SOLNIK; LATASH, 2017).

Por ser um fenômeno comum, a coativação muscular e o controle de variáveis têm sua interpretação limitada às análises biomecânicas com pouca atenção aos mecanismos neurais de controle motor. Apesar da limitação dos estudos, vias neurais presentes em estruturas cerebrais e espinais são responsáveis pelos mecanismos neurofisiológicos de sinergia muscular. Medula espinal, córtex motor, cerebelo e gânglios da base participam do processo de sinergia muscular, através da redução da inibição recíproca e circuitos neurais que comandam a programação e sequência das atividades motoras bem como das articulações (LATASH, 2018; NIELSEN, 2016).

Coativação muscular é um fenômeno comum durante a manutenção da postura corporal, essa que é um fenômeno involuntário e reflexo causado por coordenação de contração de músculos agonistas e antagonistas ao movimento contra a gravidade (SALA; TRAMONTANO; SQUINTANI; ARCARO *et al.*, 2014). Processos neurais complexos são envolvidos para manter a estabilidade, equilíbrio e orientação do corpo no espaço, bem como durante as mudanças de postura. Isso acontece devido a interação de mecanismos neurais e biomecânicos, incluindo a dinâmica do sistema musculoesquelético e a interação com o gerador de padrão central, baseado em um circuito espinal que pode ser modulado por meio de impulsos periféricos e supraespinais (SOUSA; SILVA; TAVARES, 2012).

A função de sinergia muscular depende da qualidade da tarefa a ser executada. Em ajustes posturais, por exemplo, há alterações nas propriedades elétricas intrínsecas dos neurônios motores, mudança nas informações proprioceptivas e excitabilidade do reflexo miotático. No entanto, esses processos adaptativos são aprendidos como comportamento motor e ficam retidos, produzindo padrões de sinergia muscular para restringir a ação do sistema nervoso nesses comportamentos aprendidos e proporcionando menor gasto energético para desempenho da tarefa (TING; MCKAY, 2007).

Padrões de sinergia muscular são ativados para diminuir a instabilidade através de propriedades biomecânicas dos músculos e/ou deixar a resposta motora mais efetiva, com o nível de ativação podendo ser influenciado pela experiência. Sendo assim, a resposta antecipatória acontece previamente ao estímulo como uma ação pré-programada do sistema nervoso central (PISCITELLI; FALAKI; SOLNIK; LATASH, 2017; TING; MCKAY, 2007).

Nesse caso, a estratégia para produzir o controle postural rápido envolve o sistema descendente medial para adequar o tônus postural em relação ao estímulo que foi dado. As reações de ajuste compensatórios de postura e movimento acontecem após a exposição à impulsos sensoriais, ativando as respostas antecipatórias à perturbação. As principais vias envolvidas no controle postural estão presentes na medula espinal, tronco cerebral, cerebelo, mesencéfalo e córtex sensório-motor, além dos sistemas sensoriais: propriocepção, sistema vestibular e visão (PISCITELLI; FALAKI; SOLNIK; LATASH, 2017; SOUSA; SILVA; TAVARES, 2012).

Biomecanicamente os músculos abdominais desempenham um papel importante no controle do tronco e manutenção da postura, sendo o músculo transverso do abdome o principal estabilizador da coluna lombar e pelve. Além disso, é o principal músculo de ajuste postural, uma vez que é ativado previamente aos demais músculos abdominais quando em situações de instabilidade postural (HODGES; MOSELEY, 2003; HODGES; RICHARDSON, 1997; TSAO; HODGES, 2007).

No entanto, outros músculos são sinérgicos para manutenção da posição vertical e postura. O músculo diafragma e os MAP, além da sinergia durante a respiração, desempenham um papel extremamente importante na postura por proporcionar contenção e sustentação abdominal e pélvica, além de transferir e absorver forças das extremidades superior e inferior do corpo para estabilizar os segmentos torácico e abdominal. Ainda, pela proximidade anatômica com o músculo transverso abdominal, há sinergia abdomino-pélvica em resposta às mudanças de postura ou aumento de pressão intra-abdominal (CASEY; TEMME, 2017; EMERICH GORDON; REED, 2018; HODGES; SAPSFORD; PENGEL, 2007; ROSSETTI, 2016).

Nessas situações a contração involuntária do assoalho pélvico acontece previamente ao estímulo que aumenta a pressão abdominal. Essa resposta antecipatória acontece de forma pré-programada, sugerindo que a contração involuntária é neurologicamente mais complexa que apenas um reflexo espinal (AMARENCO; ISMAEL; LAGAUCHE; RAIBAUT *et al.*, 2005; DEFFIEUX; RAIBAUT; RENE-CORAIL; KATZ *et al.*, 2006; SAPSFORD; HODGES, 2001).

Os músculos do assoalho pélvico são representados na porção medial do giro pré-central (SCHRUM; WOLFF; VAN DER HORST; KUHTZ-BUSCHBECK, 2011; TURNBULL; HAMDY; AZIZ; SINGH *et al.*, 1999). Áreas motoras do córtex cerebral, mais precisamente a área motora suplementar e o córtex motor primário, também são ativadas durante a contração voluntária de músculos do tronco, glúteo e adutores do quadril. Essas mesmas áreas são ativadas durante a contração voluntária do assoalho pélvico, indicando que são as áreas responsáveis pela sinergia desses grupos musculares (ASAVASOPON; RANA; KIRAGES; YANI *et al.*, 2014).

A área motora suplementar está envolvida com o planejamento do movimento associado com atividades automáticas, podendo também estar ativa

durante a imagética, ou seja, imaginação da atividade motora na ausência da execução do movimento. Ainda, essa área também é ativada previamente à atividade do córtex motor primário durante movimentos voluntários (BORTOLETTO; CUNNINGTON, 2010; CUNNINGTON; WINDISCHBERGER; DEECKE; MOSER, 2002). Dessa forma, a resposta antecipatória dos músculos do assoalho pélvico em relação aos músculos abdominais, glúteo e adutores do quadril pode ser explicada por esse mecanismo neural (ASAVASOPON; RANA; KIRAGES; YANI *et al.*, 2014).

3.4 FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA: FILOSOFIA, PRINCÍPIOS, PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS

A Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) é um conceito de tratamento que se baseia em explorar ao máximo o potencial existente no ser humano, sendo utilizado na prática clínica para aumentar o desempenho do sistema musculoesquelético, com o objetivo de acelerar e intensificar a resposta por meio da estimulação de proprioceptores musculares e articulares (KNOTT; VOSS, 2007).

De acordo com a *International Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association* (IPNFA), a filosofia do conceito é baseada em cinco pontos: 1. Abordagem positiva; 2. Abordagem funcional; 3. Mobilização de reservas; 4. Considera a pessoa como um todo; 5. Integra os princípios de aprendizagem e controle motor e a prática baseada em evidência. Esses pontos buscaram estabelecer uma diretriz geral para o terapeuta avaliar e propor uma estratégia terapêutica que com o objetivo de otimizar a eficiência dos movimentos e alcançar o nível máximo de funcionalidade para cada indivíduo (IPNFA, 2021). A fim de alcançar o nível máximo de funcionalidade, o tratamento indireto para ativação de músculos sinérgicos distais ao segmento abordado é bastante utilizado (KNOTT; VOSS, 2007; STEPHENS, 2014).

O conceito FNP utiliza diferentes princípios e procedimentos em técnicas específicas para facilitação do movimento. Os princípios envolvem a estimulação exteroceptiva, como: estimulação tátil, auditiva e visual; e a estimulação proprioceptiva, como: resistência, aproximação, tração, alongamento e estímulo

de estiramento. (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014; SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016).

Dentre os procedimentos, são utilizados o reforço, a sincronia de movimentos, a biomecânica do terapeuta e a irradiação. Os padrões de movimentos na diagonal, originados a partir da análise biomecânica de atividades físicas e funcionais do dia-a-dia são baseados nas teorias de controle motor. Esses padrões combinam movimentos nos três planos, se assemelhando a movimentos funcionais (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014).

Dessa forma, uma sequência de movimentos mais complexos aumenta o recrutamento neural e melhora o controle motor e a eficiência do movimento (MOREIRA; LIAL; TELES MONTEIRO; ARAGÃO *et al.*, 2017). Além disso, o treino muscular baseado em tarefas funcionais ao invés de exercícios isolados favorece o reaprendizado sensório-motor e a reorganização dos sistemas de percepção e ação, sendo essenciais na reabilitação (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2014).

Por meio de uma demanda específica funcional do indivíduo, o conceito realiza o aprendizado motor e retenção funcional de uma atividade recém aprendida a partir da repetição. Com isso permite a criação e a recriação do desenvolvimento do comportamento motor, com estratégias de movimentos funcionais para desempenhar atividades de vida diária (SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016).

Ao usar padrões do conceito FNP as áreas neurais de controle motor são ativadas mais rapidamente, devido às mudanças na excitabilidade do trato piramidal e das vias motoras provocados pelos estímulos advindos da periferia. Esses estímulos favorecem a excitação de áreas corticais e espinais, ativando em maior quantidade motoneurônios responsáveis pelos movimentos voluntários (SHIMURA; KASAI, 2002).

Com a finalidade de oferecer funcionalidade, a abordagem geralmente é iniciada em segmentos corporais fisicamente saudáveis para atingir o segmento corporal alvo, por meio de coativação muscular (KNOTT; VOSS, 2007). Por esse motivo, o conceito FNP é considerado uma das formas de abordagem indireta, cujo intuito é estimular a excitabilidade de motoneurônios em resposta a uma resistência, em outra parte do corpo, aumentando a atividade muscular, o

número de unidades motoras recrutadas e potencializando a força em músculos sinérgicos (GABRIEL; KAMEN; FROST, 2006; HWANG; PARK, 2017).

Dessa forma, os padrões de movimento associados à resistência manual ativam músculos sinérgicos. Ao realizar o movimento resistido em um determinado segmento corporal, outros músculos adjacentes podem ser ativados por irradiação. Esse efeito é apropriado na impossibilidade de ativação voluntária em segmentos afetados (SCIASCIA; CROMWELL, 2012).

Irradiação é considerado uma deflagração de respostas reflexas sobre um foco, um fenômeno descrito na literatura desde 1906 (SHERRINGTON, 1906). Ou seja, o estímulo adequado promove uma contração efetiva do músculo alvo e os impulsos neurais emitidos por esse músculo em contração estimula a atividade de outros músculos sinérgicos, distais àquele que recebeu o estímulo (ADLER; BECKERS; BUCK; ADLER *et al.*, 2013; LEVINE, 2007). Essa resposta depende da intensidade do estímulo, sendo produzida por exercícios resistidos, por exemplo (KABAT; KNOTT, 1953).

O procedimento de irradiação é considerado uma das formas de abordagem indireta pelo conceito FNP, utilizando o princípio da resistência manual para aumentar o recrutamento muscular e facilitar a contração de grupos musculares sinérgicos ao músculo alvo (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014). A resistência aplicada ativa vias corticoespinais descendentes e aumenta a excitabilidade dos motoneurônios, potencializando o recrutamento de unidades motoras (GABRIEL; KAMEN; FROST, 2006).

Dependendo do objetivo a ser alcançado no indivíduo, técnicas específicas podem ser utilizadas a fim de melhorar as deficiências encontradas durante a execução da atividade, alcançando níveis funcionais por contração ou relaxamento de músculos agonistas ou antagonistas ao movimento. Dentre as técnicas específicas, a técnica de iniciação rítmica do conceito FNP é utilizada para fazer com que o indivíduo aprenda o movimento a ser realizado e a combinação de isotônicas é a técnica de escolha usada para atingir a irradiação de músculos sinérgicos (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014).

Enquanto a técnica combinação de isotônicas do conceito FNP é utilizada para facilitar a contração dos músculos agonistas. Caracteriza-se por utilizar contrações musculares concêntricas, isométricas e excêntricas, proporcionando coordenação intramuscular para encurtamento e alongamento, sem relaxamento

(ADLER; BECKERS; BUCK, 2014; SARDARU; PENDEFUNDA, 2013). Para tal, é aplicado o estímulo proprioceptivo por meio da resistência manual ao movimento a fim de produzir níveis de forças diferentes em cada contração muscular, por isso é recomendada para promover irradiação. (SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016).

Ainda, a resistência é considerada um dos principais aspectos para o aumento de força e adaptações musculares, como: hipertrofia, aumento no disparo e sincronização de unidades motoras, bem como alteração na coativação de agonistas e antagonistas. Essas mudanças neuromusculares durante execução de exercícios resistidos podem ser observadas na sEMG por meio do aumento de amplitude do sinal eletromiográfico (ARJUNAN; KUMAR; NAIK, 2014).

Dessa forma, por utilizar uma abordagem baseada nos princípios neurofisiológicos do controle motor e aprendizagem motora, o conceito FNP tem sido utilizado em diversas abordagens de reabilitação, bem como na otimização de ganhos funcionais (AREEUDOMWONG; WONGRAT; NEAMMESRI; THONGSAKUL, 2017; BEHM; BLAZEVIČ; KAY; MCHUGH, 2015; FERBER; OSTERNIG; GRAVELLE, 2002; GUIU-TULA; CABANAS-VALDÉS; SITJÀ-RABERT; URRÚTIA *et al.*, 2017; PARK; SEO, 2014; SONG; PARK; KIM, 2014; STEPIEN; FABIAN; GRAFF; PODGURNIAK *et al.*, 2017; WANDERLEY; LEMOS; MORETTI; BARROS *et al.*, 2019).

3.5 ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE PARA AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE MIOELÉTRICA DOS MÚSCULOS DO ASSOALHO PÉLVICO

Devido às importantes funções desempenhadas pelos músculos do assoalho pélvico para o funcionamento fisiológico dos sistemas gastrointestinal e urinário, bem como o auxílio para manutenção da postura corporal e respiração, uma avaliação detalhada com ferramentas confiáveis a fim de quantificar e qualificar a função muscular é imprescindível (EICKMEYER, 2017b; EMERICH GORDON; REED, 2018; HODGES; SAPSFORD; PENGEL, 2007; ROSSETTI, 2016; VODUŠEK, 2004).

Dentre os métodos quantitativos para avaliar processos eletrofisiológicos dos músculos, a eletromiografia de superfície é o método mais empregado, por

se tratar de uma medida não invasiva (FARINA; FOSCI; MERLETTI, 2002; FARINA; MERLETTI; ENOKA, 2004; MERLETTI, 1999; MERLETTI; FARINA, 2016).

A eletromiografia de superfície (sEMG) é uma ferramenta de avaliação capaz de quantificar o comportamento do sistema neuromuscular por meio da excitação de unidades motoras, tornando-se um recurso frequentemente utilizado em pesquisas científicas, com aplicação e relevância clínica (BOONSTRA; BREAKSPEAR, 2012; TABORRI; PALERMO; PRETE; ROSSI, 2018; VIGOTSKY; HALPERIN; LEHMAN; TRAJANO *et al.*, 2018). O registro eletrofisiológico detecta, de forma não-invasiva, as mudanças na polaridade da membrana das fibras musculares, resultante da excitação neural. Dessa forma, a amplitude do sinal eletromiográfico refere-se ao potencial mioelétrico da excitação muscular, antecedendo a ativação muscular e, posteriormente, produção de força (VIGOTSKY; HALPERIN; LEHMAN; TRAJANO *et al.*, 2018).

Por esses motivos, o número de pesquisas científicas sobre o comportamento eletrofisiológico no sistema neuromuscular aumenta consideravelmente, sendo a sEMG uma importante ferramenta para avaliar a função muscular. Além disso, a atividade oscilatória de despolarização e repolarização da membrana nas fibras musculares está relacionada à sincronização intermuscular entre músculos sinérgicos (BOONSTRA; BREAKSPEAR, 2012; LÓEZ; OROSCO; DI SCIASCIO, 2010; YONG; MAK; LU; CHEUNG *et al.*, 2005).

Em sEMG a sinergia muscular usualmente é analisada por meio de modelos matemáticos com a decomposição de algoritmos. Normalmente é realizada a análise de uma função multivariada da ativação neuromuscular e a matriz de correlação da força muscular, estimada pela *Root Mean Square* (RMS) (LÓEZ; OROSCO; DI SCIASCIO, 2010; PETERSEN; ROSTALSKI, 2019; TABORRI; PALERMO; PRETE; ROSSI, 2018; TRESCH; CHEUNG; D'AVELLA, 2006).

Nos músculos do assoalho pélvico, a sEMG tem sido bastante utilizada tanto em mulheres saudáveis quanto com disfunções, mostrando-se uma ferramenta confiável de avaliação (DEWAELE; DEFFIEUX; VILLOT; AMARENCO *et al.*, 2019; KANNAN; WINSER; GOONETILLEKE; CHEING, 2019; KOENIG; LUGINBUEHL; RADLINGER, 2017; MORETTI; DE MOURA

FILHO; DE ALMEIDA; ARAUJO *et al.*, 2017; PTASZKOWSKI; PAPROCKA-BOROWICZ; SŁUPSKA; BARTNICKI *et al.*, 2015).

Para essa avaliação, a captação dos sinais elétricos por sEMG pode ser feita por meio de dois tipos de eletrodos: sonda intracavitária (via vaginal ou anal) e eletrodos de superfície (autoadesivos), posicionados na pele ou na mucosa (MORETTI; DE MOURA FILHO; DE ALMEIDA; ARAUJO *et al.*, 2017; VOORHAM-VAN DER ZALM; VOORHAM; VAN DEN BOS; OUWERKERK *et al.*, 2013).

Um estudo, ao comparar o sinal eletromiográfico com dois tipos e posicionamentos de eletrodos de superfície diferentes (sonda intracavitária; imediatamente abaixo dos grandes lábios e perianal, na posição de três e nove horas do relógio), identificou que o mais alto nível de atividade eletromiográfica acontece quando usada a sonda intracavitária ou com o eletrodo posicionado em região perianal, não diferindo um do outro (MORETTI; DE MOURA FILHO; DE ALMEIDA; ARAUJO *et al.*, 2017).

Apesar da ferramenta ser confiável e bastante reprodutível, os avanços sobre o conhecimento e utilização dessa ferramenta na pesquisa e prática clínica faz com que diferentes protocolos de avaliação sejam desenvolvidos, dificultando a comparação entre os resultados dos estudos e padronização para aplicação clínica (HERMENS; FRERIKS; DISSELHORST-KLUG; RAU, 2000).

Com essa visão, desde 1996 foi desenvolvido o projeto SENIAM (*Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles*), que traz recomendações para padronizar avaliação e dados obtidos com sEMG, incluindo sensores, posicionamento do sensor, processamento do sinal e modelagem (HERMENS; FRERIKS; DISSELHORST-KLUG; RAU, 2000; MERLETTI; HERMENS, 2000). Apesar da atualização nas recomendações, os músculos do assoalho pélvico permanecem não incluídos na recomendação e até o momento não existe padronização quanto ao tipo e posicionamento dos eletrodos para avaliação dos MAP usando sEMG (HERMENS; FRERIKS, 2017).

No entanto, um protocolo de revisão de escopo publicado recentemente propôs mapear os protocolos de avaliação e análise do sinal da eletromiografia de superfície do assoalho pélvico mais frequentemente utilizados em mulheres com idade acima de 18 anos, de forma a contribuir para inclusão desses músculos nas recomendações internacionais para avaliação não invasiva (DE

OLIVEIRA FERRO; LEMOS; DE SANTANA CHAGAS; DE MORAES *et al.*, 2021).

4 MATERIAIS E MÉTODO

4.1 DESENHO DO ESTUDO

Estudo observacional do tipo transversal.

4.2 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO

Os dados foram coletados no Laboratório de Aprendizagem e Controle Motor (LACOM) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A coleta dos dados foi iniciada após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos Centro de Ciências da Saúde (CCS/UFPE), em abril de 2018 e concluída em fevereiro de 2020.

4.3 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Algumas medidas foram adotadas a fim de atender as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas envolvendo seres Humanos, dispostas na resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde: parecer consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos do CCS/UFPE (Nº 2.546.842) (Anexo A) e consentimento das participantes da pesquisa.

Todas as voluntárias estavam cientes dos procedimentos a serem realizados durante a pesquisa, possíveis riscos, benefícios e, só participaram da pesquisa aquelas que concordaram em assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A). Ainda, foi garantido o anonimato das participantes e o direito de, a qualquer instante, retirar o seu consentimento e deixar de participar do estudo, mesmo tendo assinado o documento.

Como meio de identificação internacional da pesquisa em desenvolvimento, este estudo foi registrado no *Clinical Trials.gov* sob identificação NCT03484169 (Anexo B).

4.4 AMOSTRA

Participaram do estudo 31 mulheres hígdas na menacme, eutróficas, nuligestas e com idades entre 18 e 35 anos, recrutadas entre discentes de diferentes cursos de graduação e pós-graduação das instituições de ensino superior de Pernambuco. A amostra foi sequencial de conveniência e todas as voluntárias elegíveis que aceitaram participar da pesquisa foram avaliadas.

4.5 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

4.5.1 Critérios de inclusão

Foram incluídas mulheres, idade entre 18 e 35 anos, hígdas na menacme, eutróficas, nuligestas e que já tinham iniciado a vida sexual.

4.5.2 Critérios de exclusão

Foram excluídas do estudo: gestantes; mulheres com história de cirurgias prévias em região abdominal e/ou pélvica; disfunções uroginecológicas e neuromusculares; constipação crônica; diabetes; fissuras anais; hemorroidas ativas e tabagistas.

4.6 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

As participantes das pesquisas foram recrutadas obedecendo aos critérios de inclusão e exclusão.

Dois pesquisadores (A e B) fizeram parte da coleta de dados do estudo. O pesquisador A foi o responsável pela triagem, explicação dos procedimentos da pesquisa e entrega do termo quando consentido o interesse de participar da pesquisa. Esse mesmo pesquisador ficou responsável pela aplicação do formulário. O pesquisador B, uma fisioterapeuta especialista em uroginecologia, foi a responsável pela execução dos padrões pélvicos do conceito FNP durante o registro dos sinais eletromiográficos, esse auxiliado também pelo pesquisador A.

Após a explanação clara dos procedimentos que seriam realizados durante a pesquisa, as voluntárias foram submetidas a uma triagem para analisar

a elegibilidade e, se elegível, foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para assinatura. Inicialmente foi aplicado um formulário semiestruturado para coletar dados pessoais e sociodemográficos, características antropométricas, doenças associadas e história ginecológica.

Por fim, foi realizado o registro da atividade eletromiográfica durante a realização dos padrões pélvicos do conceito FNP em três músculos: assoalho pélvico sendo representado pelo esfíncter anal externo, complexo muscular transverso do abdômen/Oblíquo interno (TrA/OI) direito e grácil bilateral. Todos os procedimentos foram realizados em um único dia.

4.7 ETAPAS DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS

4.7.1 Testes preliminares

Por se tratar de um estudo original, foram realizados testes preliminares a fim de aprimorar o protocolo final de avaliação, garantindo maior segurança no resultado da pesquisa. Nesses testes, descritos abaixo, foram avaliados os locais de posicionamentos dos eletrodos, os músculos que seriam analisados e o melhor posicionamento da voluntária.

Para analisar os músculos sinérgicos ao assoalho pélvico e que a literatura (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014; AMORIM; CACCIARI; PASSARO; SILVEIRA *et al.*, 2017; HALSKI; SŁUPSKA; DYMAREK; BARTNICKI *et al.*, 2014; HODGES; RICHARDSON, 1997; HWANG; PARK, 2017; JUNGINGER; BAESSLER; SAPSFORD; HODGES, 2010; MADILL; MCLEAN, 2006; PTASZKOWSKI; PAPROCKA-BOROWICZ; SŁUPSKA; BARTNICKI *et al.*, 2015) mostra que são recrutados durante a execução dos padrões pélvicos, foram testados os músculos: transverso do abdômen/oblíquo interno, glúteo máximo, quadrado lombar, grácil e adutor magno. O registro eletromiográfico dos músculos glúteo máximo, adutor magno e quadrado lombar apresentou bastante ruído, o que pode ter ocorrido por causa do posicionamento da voluntária (decúbito lateral) ou pelo excesso de tecido adiposo na região, dificultando a captação do sinal com eletrodos autoadesivos durante a sEMG. Pela impossibilidade de avaliação, esses músculos foram removidos no protocolo.

Ao analisar o posicionamento bilateral dos eletrodos para avaliação do complexo muscular TrA/OI, foi observado artefato cardíaco no sinal eletromiográfico quando posicionado o eletrodo do lado esquerdo. Dessa forma, foi estabelecido o lado direito para avaliação do protocolo final.

Ainda, foi analisado o posicionamento da voluntária em relação a colocação ou não de travesseiros entre os joelhos da voluntária na postura em decúbito lateral esquerdo. Concluímos que o travesseiro posicionado entre os joelhos favorece o estímulo proprioceptivo para os músculos adutores da coxa, o que poderia alterar a análise e interpretação final dos resultados. Em reunião de consenso após a demonstração do teste preliminar, foi estabelecido que não utilizaríamos travesseiro entre os joelhos, mantendo a posição original do padrão pélvico, orientada pelo instrutor avançado do conceito FNP.

Dessa forma, o protocolo final estabelecido foi a avaliação eletromiográfica dos músculos TrA/OI direito, MAP e grácil bilateral com a voluntária em decúbito lateral esquerdo.

4.7.2 Seleção de participantes

As voluntárias que se adequaram aos critérios de elegibilidade foram contatadas aleatoriamente entre os discentes de graduação e pós-graduação de diferentes centros acadêmicos das instituições de ensino superior de Pernambuco. Durante o convite para participar da pesquisa, o pesquisador explicou todos os procedimentos a serem realizados e o benefício da pesquisa. Na concordância em participar, foi entregue o TCLE para assinatura.

4.7.3 Preenchimento do Formulário

Após consentimento e assinatura do termo, as entrevistas e a avaliação foram realizadas no período diurno e em ambiente reservado, estando presente na sala apenas os dois avaliadores e a participante. Em seguida, a participante foi questionada pelo entrevistador para preenchimento do formulário, que constava das seguintes seções: dados pessoais e

sociodemográficos; dados antropométricos, dados clínicos, história ginecológica e prática/frequência de atividade física (Apêndice B).

4.7.4 Registro do sinal eletromiográfico

A eletromiografia de superfície foi realizada durante a aplicação dos padrões pélvicos do conceito FNP. Para tal, foram utilizados eletrodos de superfície autoadesivos, polo simples e de baixa impedância da marca 3M *Health Care* (Canadá), posicionados no complexo muscular TrA/OI direito, esfíncter anal externo e grácil bilateral (Figura 1).

Obedecendo as regras para aquisição do sinal eletromiográfico, padronizado pela *International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK)*, foram utilizados eletrodos circulares de superfície de baixa impedância (25mm de diâmetro), autoadesivos (gel sólido de celulose) e descartáveis. Para eliminar as interferências externas foi usado um eletrodo de referência posicionado sobre o manúbrio do esterno, seguindo as recomendações do Projeto SENIAM (*Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*) (HERMENS; FRERIKS, 2017).

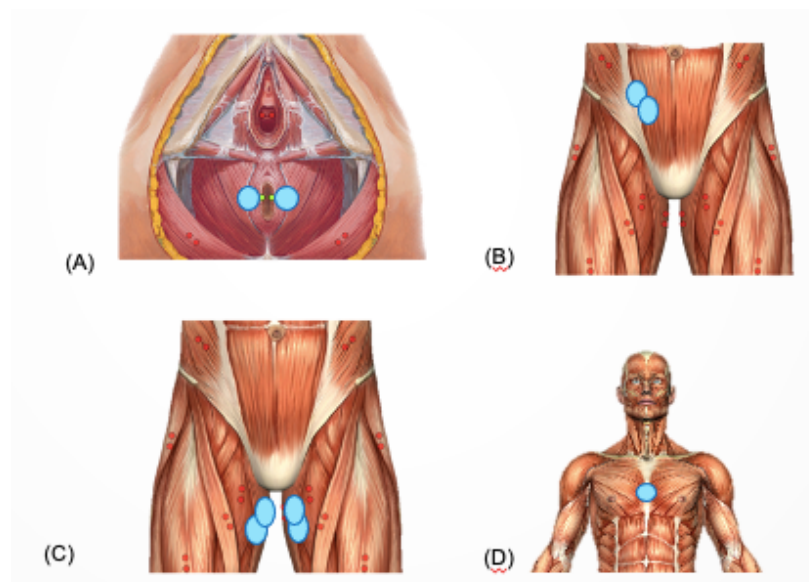
Para minimização de ruídos, os dispositivos de registro e captação foram conectados apenas à bateria durante a coleta dos dados. A fim de reduzir a impedância da pele, foi feita a higienização da região utilizando lenços umedecidos *Pure Care* da marca Huggies®, secando-a imediatamente antes do registro. Ainda, para reduzir a impedância da pele, foi solicitada a tricotomia da área onde o eletrodo foi posicionado antes da coleta dos dados, bem como o esvaziamento vesical antes dos procedimentos. O registro eletromiográfico foi realizado com a voluntária em decúbito lateral esquerdo durante a aplicação dos padrões pélvicos do conceito FNP. As diretrizes gerais para o posicionamento dos eletrodos descritos pelo SENIAM foram seguidas, no entanto, os músculos analisados não estão incluídos em suas recomendações específicas de colocação de eletrodos. Por isso, para captação do sinal eletromiográfico foram posicionados ao longo da linha de ação das fibras musculares, nas seguintes estruturas anatômicas:

- Complexo muscular transverso abdominal/oblíquo interno (TrA/OI): eletrodo de superfície posicionado 2 cm proximal ao ponto médio entre a

sínfise púbica e a espinha ílica ântero-superior (EIAS). Para diminuir o artefato cardíaco, o eletrodo de monitorização desse grupo muscular foi posicionado do lado direito da voluntária (NEUMANN; GILL, 2002).

- Músculo grácil: Os eletrodos foram posicionados no terço médio superior na linha média interna da coxa. O grácil direito e grácil esquerdo foram analisados.
- Músculos do assoalho pélvico: na posição supino, os eletrodos de superfície foram posicionados na posição de três e nove horas do relógio em região perianal (MORETTI; DE MOURA FILHO; DE ALMEIDA; ARAUJO *et al.*, 2017).

Figura 1. A-D Posicionamento dos eletrodos autoadesivos ao longo das fibras musculares dos músculos avaliados. A) Posicionamento dos eletrodos no músculo esfínter anal externo. B) Posicionamento dos eletrodos no complexo muscular transverso abdominal/oblíquo interno (TrA/OI) direito. C) Posicionamento dos eletrodos nos músculos grácil direito e grácil esquerdo. D) Posicionamento do eletrodo de referência.



Fonte: Adaptado de Google Imagens.

A aquisição foi realizada fora do período menstrual e antes da execução dos padrões pélvicos, foram solicitadas três contrações voluntárias máximas (CVM) em microvolts (μV) de cada músculo ou grupo muscular avaliado para normalização dos dados, obtendo a maior atividade durante a realização de testes padronizados. Foi solicitada a máxima contração que a

participante puder realizar e cada contração sendo sustentada por 3 segundos, com intervalo de 30 segundos entre cada contração (KESHWANI; MCLEAN, 2013).

As participantes foram submetidas a um treino preparatório para conscientização da contração correta dos músculos do assoalho pélvico com orientação de uma fisioterapeuta especialista na saúde da mulher e posteriormente registro eletromiográfico durante uma contração voluntária máxima dos músculos do assoalho pélvico, bem como dos músculos abdominais e grácil.

Foram realizados os seguintes testes para avaliar a contração muscular voluntária: adução isométrica do quadril em decúbito lateral para avaliar o músculo grácil. Para o grupo muscular TrA/OI, com a voluntária em decúbito dorsal foi solicitada a flexão anterior com rotação de tronco para a direita e, para os músculos do assoalho pélvico, com a voluntária em decúbito dorsal com flexão de quadril e joelho, foi solicitada uma contração voluntária máxima seguindo a instrução verbal do avaliador: “Prenda o xixi, fazendo força para dentro e para cima”. Nesse momento, o avaliador assegurou-se que a contração foi isolada do assoalho pélvico através do controle dos músculos adutores e glúteo máximo, ensinado previamente a voluntária.

Para aquisição do sinal eletromiográfico foi usado o eletromiógrafo de superfície da marca Miotec® (modelo Miotool 400, Miotec Equipamentos Biomédicos Ltd. Porto Alegre, Brasil) com quatro canais e conversor analógico/digital (A/D) de 14-bits de resolução, com ganho interno de 1000 vezes. A frequência de amostragem por canal utilizada é de 2000 Hz, rejeição em modo comum (CMRR) 110 dB, impedância de entrada 1010 Ohm // 2pF e filtro analógico do tipo Butterworth de quarta ordem. O sinal captado foi gravado usando o Software Miotec Suite versão 1.0 (Miotec®, Porto Alegre, Brasil) e transferido para um computador portátil.

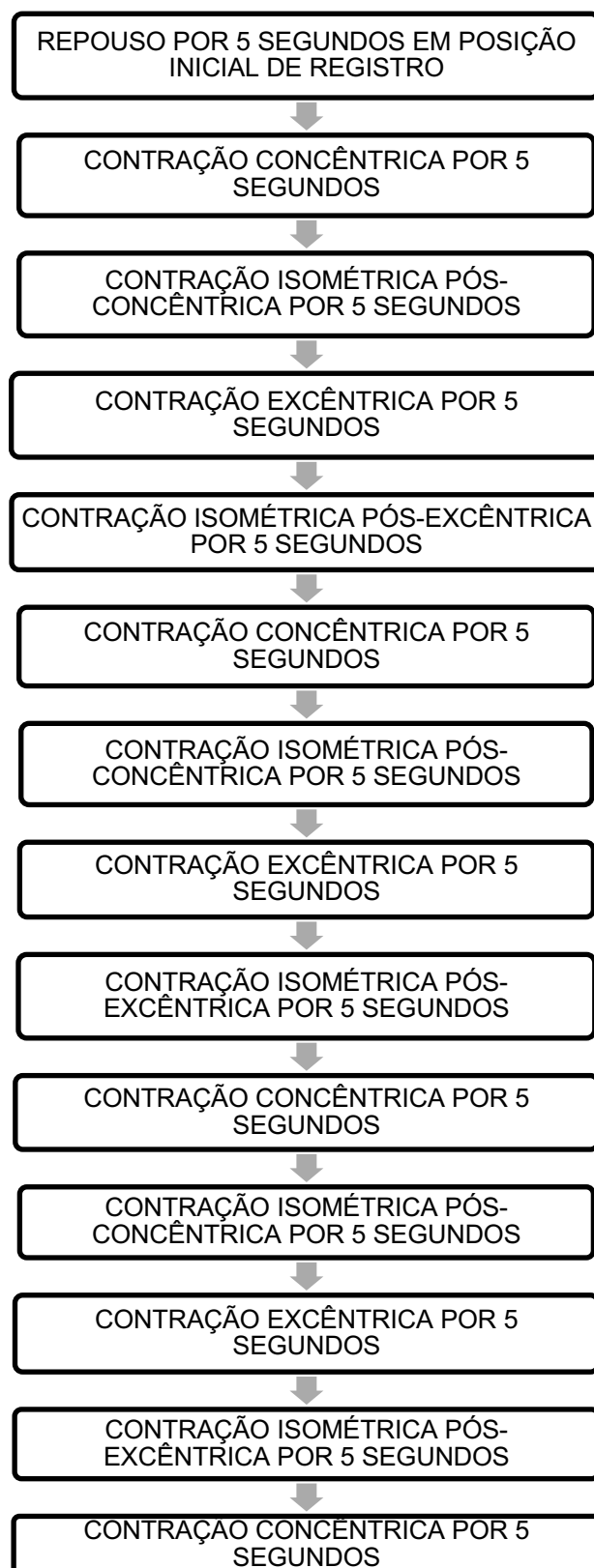
4.7.5 Protocolo da Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva

Neste estudo, a execução dos padrões pélvicos, acompanhados da captação do sinal eletromiográfico, foi realizada após a aprendizagem do movimento utilizando a técnica “iniciação rítmica”. Para tal, foram realizados movimentos passivos (o terapeuta executou o movimento com comandos

verbais); ativo assistido (a voluntária iniciou o movimento na direção desejada e o retorno do movimento foi feito pelo terapeuta) e resistido (o terapeuta ofereceu uma resistência durante a execução do movimento ativo, mantendo o ritmo com o comando verbal), simulando os padrões que seriam realizados posteriormente. Por fim, foi solicitado que a voluntária realizasse o movimento independentemente para confirmar o aprendizado.

Após a aprendizagem de cada padrão, o registro eletromiográfico foi realizado usando a técnica específica de combinação de isotônicas, o qual combinou contrações concêntricas, isométricas e excêntricas do grupo muscular agonista em relação a resistência manual oferecida pelo terapeuta, sem relaxamento. O protocolo de avaliação estabelecido após testes preliminares foi composto de 5 segundos de repouso, seguido por três sequências de contrações sem relaxamento nos quatro padrões pélvicos do conceito FNP: ântero-elevação (AE); pósterio-depressão (PD); pósterio-elevação (PE) e ântero-depressão (AD), seguindo uma sequência aleatória para reduzir o viés de mensuração, estabelecida na forma de sorteio para cada participante. Para cada tipo de contração muscular foi definido um tempo de cinco segundos de sustentação da contração, somando no final de cada padrão pélvico um total de sessenta e cinco segundos de contrações concêntricas, isométricas e excêntricas (Figura 2). Em cada voluntária, a combinação de isotônicas foi realizada três vezes, com intervalo de um minuto entre as repetições e, dois minutos entre um padrão e outro.

Figura 2. Diagrama representando o protocolo utilizado durante o registro eletromiográfico, sendo realizado três sequências dessa representada na figura, com intervalo de um minuto entre elas. Recife-PE, 2018-2020.



Fonte: Arquivo do próprio autor, 2021.

Durante a realização de cada padrão a voluntária foi posicionada em decúbito lateral esquerdo com flexão de quadril e joelho e o tronco alinhado. O terapeuta estava posicionado ao lado da voluntária, sempre na diagonal do movimento a ser realizado.

A seguir, cada padrão será descrito conforme foi realizado, em relação ao movimento pélvico solicitado, o posicionamento das mãos do terapeuta na voluntária e o estímulo verbal que foi utilizado.

- (1) Padrão de ântero-elevação (AE) do conceito FNP: os dedos de uma das mãos do terapeuta estavam posicionados na crista ilíaca da voluntária, com as falanges apoiadas na espinha ilíaca ântero superior, imediatamente anterior à linha média e a outra mão sobreposta a primeira (Figura 3). Antes de solicitar o movimento da pelve para frente e para cima (Figura 5) com uma pequena inclinação superior, o terapeuta puxava a pelve o paciente para baixo e para trás, proporcionando um alongamento. A instrução verbal da técnica combinação de isotônicas nesse padrão pélvico era para o paciente levar a pelve para frente e para cima vencendo a resistência oferecida ao movimento na contração concêntrica, mantendo a mesma força na contração isométrica e, controlando o retorno do movimento na contração excêntrica.

Figura 3. Posição inicial do terapeuta e paciente para execução do padrão de ântero-elevação do conceito Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva.



Fonte: Arquivo próprio do autor, 2021.

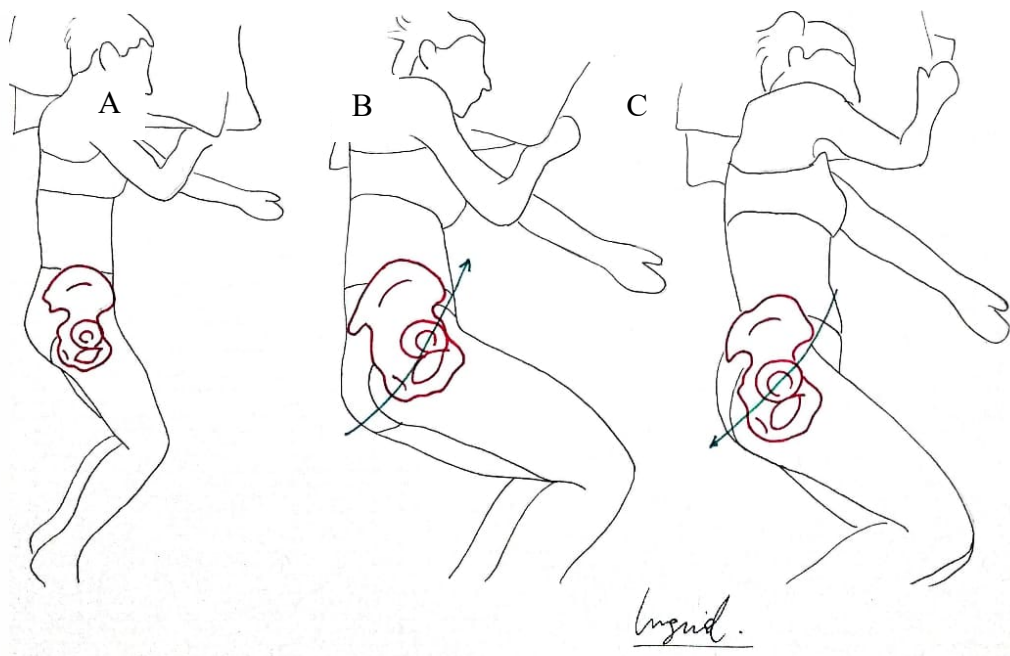
(2) Padrão de póstero-depressão (PD) do conceito FNP: a região hipotenar de uma das mãos do terapeuta estava posicionada na tuberosidade isquiática da voluntária, com os dedos da mão apontando para frente, na diagonal. A outra mão estava sobreposta a primeira (Figura 4). Antes de solicitar o movimento da pelve para baixo e para trás (Figura 5) com uma pequena inclinação posterior, o terapeuta empurrava a tuberosidade isquiática do paciente para cima e para frente, proporcionando um alongamento. A instrução verbal da técnica combinação de isotônicas nesse padrão pélvico era para o paciente levar a pelve para baixo e para trás por meio do comando “sente na minha mão”, vencendo a resistência oferecida ao movimento na contração concêntrica, mantendo a mesma força na contração isométrica e, controlando o retorno do movimento na contração excêntrica.

Figura 4. Posição inicial do terapeuta e paciente para execução do padrão de póstero-depressão do conceito Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva.



Fonte: Arquivo próprio do autor, 2021.

Figura 5. A-C Posição inicial e direção do movimento pélvico realizado durante a execução dos padrões ântero-elevação e pósterodepressão do conceito FNP. A) Posição neutra da pelve. B) Movimento pélvico no padrão de ântero-elevação do conceito FNP. C) Movimento pélvico no padrão de pósterodepressão do conceito Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva.



Fonte: Arquivo do próprio autor, inspirado em: Adler; Beckers; Buck, 2014.

- (3) Padrão de pósteroelevação (PE) do conceito FNP: uma das mãos do terapeuta estava posicionada na crista ilíaca da voluntária, posteriormente a linha média e a outra mão estava sobreposta a primeira, sem contato dos dedos (Figura 6). Antes de solicitar o movimento da pelve para cima e para trás (Figura 8) com uma pequena inclinação posterior, o terapeuta empurrava a crista ilíaca da voluntária para baixo e para frente, proporcionando um alongamento. A instrução verbal da técnica combinação de isotônicas nesse padrão pélvico era para o paciente empurrar a pelve para cima e para trás, vencendo a resistência oferecida ao movimento na contração concêntrica, mantendo a mesma força na contração isométrica e, controlando o retorno do movimento na contração excêntrica.

Figura 6. Posição inicial do terapeuta e paciente para execução do padrão de pósterio-elevação do conceito Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva.



Fonte: Arquivo próprio do autor, 2021.

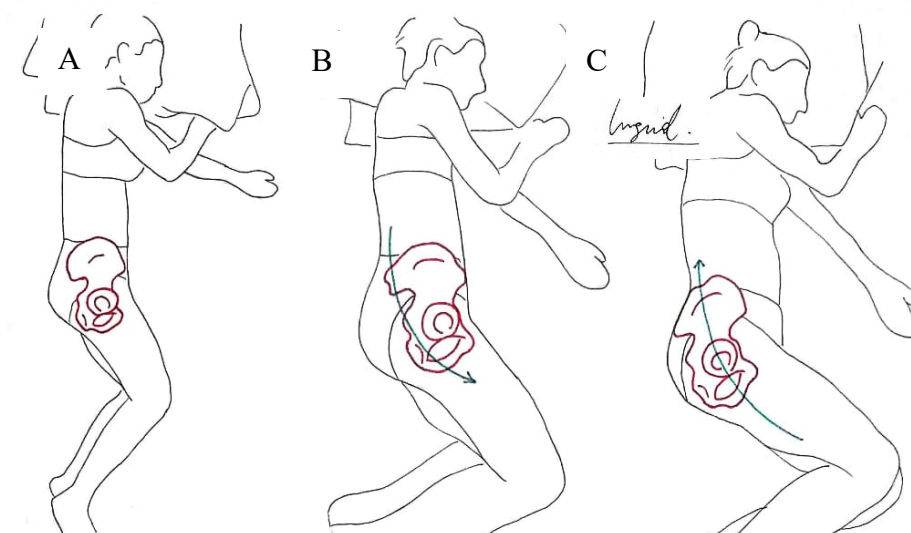
- (4) Padrão de ântero-depressão (AD) do conceito FNP: Os dedos de uma das mãos do terapeuta estavam posicionados posterior ao trocânter maior do fêmur e a outra mão posicionada lateralmente a primeira mão, abaixo da espinha ílaca ântero inferior (Figura 7). Antes de solicitar o movimento da pelve para baixo e para frente (Figura 8) com uma pequena inclinação anterior, o terapeuta puxava a crista ílaca a tuberosidade isquiática do paciente para cima e para trás, proporcionando um alongamento. A instrução verbal da técnica combinação de isotônicas nesse padrão pélvico era para o paciente puxar a pelve para baixo e para frente, vencendo a resistência oferecida ao movimento na contração concêntrica, mantendo a mesma força na contração isométrica e, controlando o retorno do movimento na contração excêntrica.

Figura 7. Posição inicial do terapeuta e paciente para execução do padrão de ântero-depressão do conceito Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva.



Fonte: Arquivo próprio do autor, 2021.

Figura 8. A-C Posição inicial e direção do movimento pélvico realizado durante a execução dos padrões ântero-depressão e póstero-elevação do conceito FNP. A) Posição neutra da pelve. B) Movimento pélvico no padrão de ântero-depressão do conceito FNP. C) Movimento pélvico no padrão de póstero-elevação do conceito Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva.



Fonte: Arquivo do próprio autor, inspirado em: Adler; Beckers; Buck, 2014.

Para minimizar o viés de mensuração, a avaliação eletromiográfica e execução da técnica foi realizada por um único pesquisador, treinado pelo instrutor avançado do conceito FNP (J.V.P.M), licenciado pela *International Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association* (IPNFA).

4.8 VARIÁVEIS DE INTERESSE

4.8.1 Variáveis dependentes

- Atividade eletromiográfica do músculo esfíncter anal externo durante a realização de cada padrão pélvico do conceito FNP (elevação anterior, elevação posterior, depressão anterior e depressão posterior): variável quantitativa contínua, correspondente a média de contração do *Root Mean Square* (RMS) dos 500 milissegundos (ms), selecionados a partir de uma época central em cada tipo de contração, expressa em microvolts (μV).
- Atividade eletromiográfica do complexo muscular TrA/OI e músculo grácil durante a realização de cada padrão pélvico do conceito FNP (elevação anterior, elevação posterior, depressão anterior e depressão posterior): variável quantitativa contínua, correspondente a média de contração do *Root Mean Square* (RMS) dos 500 milissegundos (ms) selecionados a partir de uma época central em cada tipo de contração, expressa em microvolts (μV).

4.8.2 Variáveis Independentes de Interesse

- Padrões pélvicos do conceito FNP: variável qualitativa nominal, classificada como: (1) elevação anterior, (2) depressão posterior, (3) elevação posterior e (4) depressão anterior.
- Tipo de contração durante a técnica combinação de isotônicas: variável qualitativa nominal, classificada como: (1) contração concêntrica, (2) contração isométrica pós-concêntrica, (3) contração excêntrica e (4)

contração isométrica pós-excêntrica, avaliada através da média de todas as contrações em cada repetição realizada.

4.8.3 Variáveis Independentes de controle

- Idade: variável quantitativa discreta, mensurada em anos através do relato da paciente.
- Peso corporal: variável quantitativa contínua, mensurada em quilogramas (Kg) por meio do registro na balança.
- Altura: variável quantitativa contínua, mensurada em metros (m) por meio do estadiômetro.
- Índice de Massa Corporal (IMC): variável quantitativa contínua, mensurada em quilogramas por metro quadrado (Kg/m²) por meio do cálculo do IMC.
- Prática de atividade física: variável qualitativa nominal, avaliada em sim (pratica atividade física) e não (não pratica atividade física) através do relato da paciente.
- Frequência de atividade física: variável quantitativa contínua, mensurada em número de vezes da prática de atividade física por semana através do relato da paciente.

4.9 DESFECHOS

4.9.1 Desfecho Primário

- Atividade eletromiográfica do músculo esfíncter anal externo durante a execução da técnica combinação de isotônicas em cada padrão pélvico do conceito FNP.

4.9.2 Desfecho Secundário

- Atividade eletromiográfica dos músculos TrA/OI e grácil bilateral em relação ao músculo esfíncter anal externo durante a execução de cada padrão pélvico do conceito FNP.

4.10 MÉTODOS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados eletromiográficos foram analisados pelo software Miograph® (Miotec Suite® versão 1.0). Para cálculo do valor do *Root Mean Square* (RMS), em uma janela de 100 pontos, foi selecionado uma época com duração de 500 milissegundos (ms) ajustado ao seu valor central a fim de reduzir artefatos e analisar exatamente a média da contração em cada fase, reduzindo a interferência das mudanças de fase. Em cada registro foi feita uma nova filtragem (passa alta 20 Hz, passa baixa 500 Hz, *notch* 60 Hz). Foram registrados valores de média de contração do RMS.

Os dados obtidos foram analisados utilizando o software *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) versão 25, adotando nível de confiança de 95%. Foram aplicadas técnicas de estatística descritiva, incluindo tabelas e gráficos em figuras e todos os resultados foram apresentados como média e seus respectivos intervalos de confiança para os dados contínuos e em frequências absolutas e relativas (%) para os dados nominais.

Para a análise da atividade mioelétrica foi utilizada a média de cada tipo de contração durante as três repetições consecutivas. Foi aplicado o teste de esfericidade de *Mauchly* para avaliar a homogeneidade das variâncias e em seguida o teste ANOVA de duas vias com medidas repetidas e pós teste de Sidak para comparação entre as médias e identificação das diferenças estatísticas da atividade mioelétrica do assoalho pélvico entre os padrões avaliados em relação ao tipo de contração, bem como para analisar o comportamento eletromiográfico dos músculos TrA/OI, grácil direito e grácil esquerdo em relação ao esfíncter anal externo. Foi adotado um nível de significância de $p < 0,05$. O tamanho de efeito foi calculado utilizando o *Partial Eta Squared* (Partial η^2), utilizando o critério de Cohen para determinar a magnitude de efeito, considerando pequeno Partial $\eta^2 = 0,0099$, médio quando igual a 0,0588 e grande igual ou superior a 0,1379 (RICHARDSON, 2011).

5 RESULTADOS

5.1 PRODUÇÕES CIENTÍFICAS RELACIONADAS À TESE

O desenvolvimento desta tese resultou em dois artigos originais de pesquisa, um artigo de protocolo de revisão de escopo e uma revisão de escopo, listados abaixo:

- (1) Artigo original de pesquisa 1: *“Electromyographic analysis of pelvic floor muscles during the execution of pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation-concept: an observational study”* (Apêndice C), submetido ao periódico *Neurourology and Urodynamics* (Anexo C). As normas de submissão de artigos ao periódico citado acima estão disponíveis em: <https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/15206777/homepage/forauthors.htht>
- (2) Artigo original de pesquisa 2: *“Electromyographic analysis of transversus abdominis/internal oblique muscles during the execution of pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation”* (Anexo D), publicado no periódico *Avanços em Medicina*. Esse trabalho foi produto de orientação dos dois trabalhos de conclusão de curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco no segundo semestre de 2018. Esta publicação está disponível em: <https://doi.org/10.52329/AvanMed.7>
- (3) Artigo de protocolo de revisão de escopo: *“Techniques for registration of myoelectric activity of women’s pelvic floor muscles: a scoping review protocol”* (Anexo E), publicado na revista *JB I Evidence Synthesis*. Esta publicação pode ser acessada em: <https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00159>
- (4) Artigo de revisão de escopo: *“Techniques for registration of myoelectric activity of women’s pelvic floor muscles: a scoping review”* (Apêndice D), submetido na revista *JB I Evidence Synthesis* (Anexo F). As normas de submissão de artigos ao periódico estão disponíveis em: <https://edmgr.ovid.com/jbisrir/accounts/ifaauth.htm>

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os padrões pélvicos do conceito FNP aumentam a atividade mioelétrica do assoalho pélvico em mulheres jovens e saudáveis, independente do padrão pélvico a realizado. No entanto, há efeito da técnica combinação de isotônicas sobre os MAP quando comparado ao baseline, sendo a contração concêntrica a que apresenta maior atividade mioelétrica do assoalho pélvico.

Foi observado que os MAP mantêm o mesmo nível de atividade tônica durante a execução da técnica combinação de isotônicas. Devido a proximidade anatômica dos MAP à pelve, não podemos concluir se o aumento da atividade mioelétrica dos MAP durante a execução dos padrões pélvicos ocorreu por irradiação ou antecipação ao aumento de pressão intra-abdominal provocado pela resistência oferecida ao movimento. Especulamos que a utilização dos padrões pélvicos em DL, como descrito neste estudo, pode provocar uma reação antecipatória ao movimento.

Ao avaliar o comportamento mioelétrico dos músculos sinérgicos, observou-se que no padrão AE os músculos TrA/OI e grácil esquerdo apresentam sinergia em fase com os MAP e nos padrões posteriores (PE e PD) houve diminuição do nível de atividade de todos os músculos sinérgicos, sem alterar o nível de atividade dos MAP. Assim, em condições que necessitam de uma abordagem funcional e recrutamento de diferentes grupos musculares, orientamos o uso do padrão AE. Se o objetivo for melhorar o recrutamento dos músculos do assoalho pélvico de forma isolada, os padrões posteriores oferecem uma melhor resposta, por reduzir a ação dos músculos sinérgicos.

Tendo em vista que o aprendizado motor acontece pela repetição da tarefa, presumimos que, ao utilizar os padrões pélvicos de forma repetida, poderá haver o aumento da atividade dos MAP, utilizando os princípios de coativação muscular e aprendizagem motora como forma de melhorar o desempenho na execução da tarefa.

Apesar da atividade ser menor que o valor da CVM registrada para cada indivíduo, é importante ressaltar que o registro eletromiográfico da CVM ocorreu com a voluntária em DD enquanto os padrões foram realizados em DL e não podemos afirmar se o registro da CVM em diferentes posturas interfere na atividade mioelétrica durante a execução do padrão. Além disso, quando a CVM

é avaliada, é solicitada a contração isolada do músculo específico. Nos padrões de movimento de FNP, são solicitados movimentos na diagonal e vários grupos musculares estão em atividade, deixando o movimento mais funcional. Esse fato provavelmente influenciou os resultados encontrados neste estudo em relação à atividade neuromuscular observada no registro eletromiográfico.

Apesar disso, esse fato não reduz a aplicabilidade desses padrões na prática clínica, uma vez que para prevenção ou tratamento das disfunções do assoalho pélvico são solicitadas contrações com intensidade referente a 50% da CVM para treinamento muscular do assoalho pélvico, a fim de evitar fadiga muscular.

6.1 PERSPECTIVAS

6.1.1 Implicações na prática clínica

Tendo em vista esses achados e a abordagem neurofisiológica do conceito, indicamos os padrões pélvicos do conceito FNP na prática clínica para aumentar o recrutamento de forma indireta, considerando uma proposta de tratamento funcional e proporcionando ao paciente um reaprendizado sensório-motor, principalmente em pacientes que não possuem consciência de contração perineal ou naqueles que não querem ou não podem utilizar os recursos convencionais de tratamento. Dessa forma, por não necessitar de recursos invasivos e contração isolada do assoalho pélvico, diversas condições de saúde podem ser beneficiadas com o uso dessa abordagem de forma indireta e funcional, tanto para melhorar o recrutamento dos músculos do assoalho pélvico quanto para estimular a contração de músculos sinérgicos.

Sugerimos que, para elaboração da proposta de tratamento, aspectos clínicos e físicos do paciente sejam considerados, bem como os valores e preferências do mesmo. Por outro lado, as técnicas do conceito FNP utilizam principalmente as habilidades científicas e corporais do terapeuta, sendo consideradas técnicas acessíveis e que não necessita de grandes investimentos. Habitualmente são utilizadas para melhorar o desempenho do sistema musculoesquelético e estão sendo cada vez mais inseridas nas rotinas da fisioterapia, o que eleva significativamente o número de profissionais habilitados.

A constatação de que os efeitos dos padrões pélvicos recrutam os músculos do assoalho pélvico amplia as possibilidades de seu uso em disfunções uroginecológicas.

6.1.2 Implicações para pesquisa

Considerando os resultados encontrados neste estudo com mulheres jovens e híginas, constata-se a necessidade de expandir a pesquisa para aplicabilidade clínica em outros grupos com disfunções específicas como as incontinências urinárias e fecais abrangendo homens e mulheres em diversas faixas etárias. Sendo assim, encorajamos novos estudos em pacientes com disfunções uroginecológicas para efeito comparativo. Ainda, sugerimos novas pesquisas para analisar o efeito de outros padrões distais ao tronco, bem como avaliação em outros posicionamentos.

REFERÊNCIAS

- ADLER, S. S.; BECKERS, D.; BUCK, M. PNF in practice. 4 ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2014.
- ADLER, S. S.; BECKERS, D.; BUCK, M.; ADLER, S. S. et al. Basic Procedures for Facilitation. In: PNF in Practice, 2013.
- AMARENCO, G.; ISMAEL, S. S.; LAGAUCHE, D.; RAIBAUT, P. et al. Cough anal reflex: Strict relationship between intravesical pressure and pelvic floor muscle electromyographic activity during cough. Urodynamic and electrophysiological study. *Journal of Urology*, 2005.
- AMORIM, A. C.; CACCIARI, L. P.; PASSARO, A. C.; SILVEIRA, S. R. B. et al. Effect of combined actions of hip adduction/abduction on the force generation and maintenance of pelvic floor muscles in healthy women. *PLoS ONE*, 2017.
- AREEUDOMWONG, P.; WONGRAT, W.; NEAMMESRI, N.; THONGSAKUL, T. A randomized controlled trial on the long-term effects of proprioceptive neuromuscular facilitation training, on pain-related outcomes and back muscle activity, in patients with chronic low back pain. *Musculoskeletal Care*, 2017.
- ARJUNAN, S. P.; KUMAR, D. K.; NAIK, G. Computation and Evaluation of Features of Surface Electromyogram to Identify the Force of Muscle Contraction and Muscle Fatigue. *BioMed Research International*, 2014.
- ASAVASOPON, S.; RANA, M.; KIRAGES, D. J.; YANI, M. S. et al. Cortical Activation Associated with Muscle Synergies of the Human Male Pelvic Floor. *The Journal of Neuroscience*, 2014.
- BEHM, D. G.; BLAZEVLICH, A. J.; KAY, A. D.; MCHUGH, M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2015.
- BIZZI, E.; CHEUNG, V. C. K. The neural origin of muscle synergies. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 2013.
- BOONSTRA, T. W.; BREAKSPEAR, M. Neural mechanisms of intermuscular coherence: implications for the rectification of surface electromyography. *Journal of Neurophysiology*, 2012.
- BORTOLETTO, M.; CUNNINGTON, R. Motor timing and motor sequencing contribute differently to the preparation for voluntary movement. *NeuroImage*, 2010.
- BROWN, S. H. M.; WARD, S. R.; COOK, M. S.; LIEBER, R. L. Architectural Analysis of Human Abdominal Wall Muscles. *SPINE*, 2010.

BUONO, R. D.. Onde nasce o sucesso...José de Alencar. ABNT ou Vancouver by Regina Del Bueno, 2016. Disponível em: <http://www.abntouvancouver.com.br/2016/05/onde-nasce-o-sucesso-jose-de-alencar.html>. Acesso em: 10 de dezembro de 2021.

CASEY, E. K.; TEMME, K. Pelvic floor muscle function and urinary incontinence in the female athlete. *Physician and Sportsmedicine*. 2017.

CUNNINGTON, R.; WINDISCHBERGER, C.; DEECKE, L.; MOSER, E. The preparation and execution of self-initiated and externally-triggered movement: A study of event-related fMRI. *NeuroImage*, 2002.

DE OLIVEIRA FERRO, J. K.; LEMOS, A.; DE SANTANA CHAGAS, A. C.; DE MORAES, A. A. et al. Techniques for registration of myoelectric activity of women's pelvic floor muscles: a scoping review protocol. *JB I Evid Synth*, 19, n. 3, p. 727-733, 03 2021.

DEFFIEUX, X.; HUBAUX, K.; PORCHER, R.; ISMAEL, S. S. et al. Pelvic Floor Muscle Activity During Coughing: Altered Pattern in Women with Stress Urinary Incontinence. *Urology*, 70, n. 3, p. 443-447, 2007.

DEFFIEUX, X.; RAIBAUT, P.; RENE-CORAIL, P.; KATZ, R. et al. External anal sphincter contraction during cough: Not a simple spinal replex. *Neurourology and Urodynamics*, 2006.

DESILVA, J. M.; ROSENBERG, K. R. Anatomy, Development, and Function of the Human Pelvis. *Anatomical Record*, 2017.

DEWAELE, P.; DEFFIEUX, X.; VILLOT, A.; AMARENCO, G. et al. Pelvic floor muscle activation in stress urinary incontinent women: Impact of a distraction task. *Neurourology and Urodynamics*, 2019.

EICKMEYER, S. M. Anatomy and Physiology of the Pelvic Floor. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2017.

EMERICH GORDON, K. A.; REED, O. The Role of the Pelvic Floor in Respiration: A Multidisciplinary Literature Review. *Journal of Voice*. 2018.

FARINA, D.; FOSCI, M.; MERLETTI, R. Motor unit recruitment strategies investigated by surface EMG variables. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 2002.

FARINA, D.; MERLETTI, R.; ENOKA, R. M. Neural Control of Movement: The extraction of neural strategies from the surface EMG. *Journal of Applied Physiology*, 2004.

FERBER, R.; OSTERNIG, L. R.; GRAVELLE, D. C. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2002.

GABRIEL, D. A.; KAMEN, G.; FROST, G. Neural adaptations to resistive exercise: Mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine*. 2006.

GRAPE, H. H.; DEDERING, Å.; JONASSON, A. F. Retest reliability of surface electromyography on the pelvic floor muscles. *Neurourology and Urodynamics*, 2009.

GUIU-TULA, F. X.; CABANAS-VALDÉS, R.; SITJÀ-RABERT, M.; URRÚTIA, G. et al. The Efficacy of the proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) approach in stroke rehabilitation to improve basic activities of daily living and quality of life: A systematic review and meta-analysis protocol. *BMJ Open*, 2017.

HALSKI, T.; SŁUPSKA, L.; DYMAREK, R.; BARTNICKI, J. et al. Evaluation of Bioelectrical Activity of Pelvic Floor Muscles and Synergistic Muscles Depending on Orientation of Pelvis in Menopausal Women with Symptoms of Stress Urinary Incontinence: A Preliminary Observational Study. *BioMed Research International*, 2014.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B. SENIAM Project. The SENIAM project. 2017.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2000.

HODGES, P. W.; MOSELEY, G. L. Pain and motor control of the lumbopelvic region: Effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2003.

HODGES, P. W.; RICHARDSON, C. A. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research*, 1997.

HODGES, P. W.; SAPSFORD, R.; PENGEL, L. H. M. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *Neurourology and Urodynamics*, 2007.

HWANG, Y.-I.; PARK, D.-J. Comparison of abdominal muscle activity during abdominal drawing-in maneuver combined with irradiation variations. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 2017.

ITHAMAR, L.; DE MOURA FILHO, A. G.; BENEDETTI RODRIGUES, M. A.; DUQUE CORTEZ, K. C. et al. Abdominal and pelvic floor electromyographic analysis during abdominal hypopressive gymnastics. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2018.

IPNFA- International PNF Association. History of PNF; 2021. Disponível em: <https://www.ipnfa.org/organisation/history-of-pnf/> Acesso em: 24 de outubro de 2021.

JENSEN, K. K.; KJAER, M.; JORGENSEN, L. N. Abdominal muscle function and incisional hernia: A systematic review. *Hernia*. 2014.

KABAT, H.; KNOTT, M. Proprioceptive facilitation technics for treatment of paralysis. *Phys Ther Rev*, 33, n. 2, p. 53-64, Feb 1953.

KANNAN, P.; WINSER, S.; GOONETILLEKE, R.; CHEING, G. Ankle positions potentially facilitating greater maximal contraction of pelvic floor muscles: a systematic review and meta-analysis. *Disability and Rehabilitation*. 2019.

KEPENEKCI, I.; KESKINKILIC, B.; AKINSU, F.; CAKIR, P. et al. Prevalence of pelvic floor disorders in the female population and the impact of age, mode of delivery, and parity. *Dis Colon Rectum*, 54, n. 1, p. 85-94, Jan 2011.

KESHWANI, N.; MCLEAN, L. A differential suction electrode for recording electromyographic activity from the pelvic floor muscles: Crosstalk evaluation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2013.

KNOTT, M.; VOSS, D. E. PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION (PATTERN AND TECHNIQUES). *The American Journal of the Medical Sciences*, 2007.

KOENIG, I.; LUGINBUEHL, H.; RADLINGER, L. Reliability of pelvic floor muscle electromyography tested on healthy women and women with pelvic floor muscle dysfunction. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2017.

LATASH, M. L. Muscle coactivation: definitions, mechanisms, and functions. *Journal of Neurophysiology*, 2018.

LEVINE, D. N. Sherrington's "The Integrative action of the nervous system": a centennial appraisal. *J Neurol Sci*, 253, n. 1-2, p. 1-6, Feb 15 2007.

LEWIS, C. L.; LAUDICINA, N. M.; KHUU, A.; LOVERRO, K. L. The Human Pelvis: Variation in Structure and Function During Gait. *Anatomical Record*, 2017.

LÓEZ, N. M.; OROSCO, E.; DI SCIASCIO, F., 2010, Multichannel surface electromyography classification based on muscular synergy.

MADILL, S. J.; MCLEAN, L. Relationship between abdominal and pelvic floor muscle activation and intravaginal pressure during pelvic floor muscle contractions in healthy continent women. *Neurourology and Urodynamics*, 2006.

MARSHALL, P.; MURPHY, B. The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2003.

MERLETTI, R. Standards for Reporting EMG Data. *Journal of electromyography and kinesiology*, 9, n. 1, p. 3-4, 1999.

MERLETTI, R.; FARINA, D. Surface Electromyography: Physiology, Engineering and Applications. 2016. (Surface Electromyography: Physiology, Engineering and Applications. 9781119082934.

MERLETTI, R.; HERMENS, H. Introduction to the special issue on the SENIAM European Concerted Action. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2000.

MININI, G. F. Functional anatomy of the pelvic floor. Urologia Journal, 2018.

MORALES, C. R.; SANZ, D. R.; REGUERA, M. D. L. C.; MARTÍNEZ, S. F. et al. Proprioceptive Stabilizer™ training of the abdominal wall muscles in healthy subjects: a quasi-experimental study. Revista da Associação Médica Brasileira, 2018.

MOREIRA, R.; LIAL, L.; TELES MONTEIRO, M. G.; ARAGÃO, A. et al. Diagonal movement of the upper limb produces greater adaptive plasticity than sagittal plane flexion in the shoulder. Neurosci Lett, 643, p. 8-15, 03 16 2017.

MORETTI, E.; DE MOURA FILHO, A. G.; DE ALMEIDA, J. C.; ARAUJO, C. M. et al. Electromyographic assessment of women's pelvic floor: What is the best place for a superficial sensor? Neurourology and Urodynamics, 2017.

NEUMANN, P.; GILL, V. Pelvic floor and abdominal muscle interaction: EMG activity and intra-abdominal pressure. International Urogynecology Journal, 2002.

NIELSEN, J. B. Human Spinal Motor Control. Annual Review of Neuroscience, 2016.

PARK, K.; SEO, K. The Effects on the Pain Index and Lumbar Flexibility of Obese Patients with Low Back Pain after PNF Scapular and PNF Pelvic Patterns. Journal of Physical Therapy Science, 26, n. 10, p. 1571-1574, 2014.

PETERSEN, E.; ROSTALSKI, P. A Comprehensive Mathematical Model of Motor Unit Pool Organization, Surface Electromyography, and Force Generation. Frontiers in Physiology, 2019.

PISCITELLI, D.; FALAKI, A.; SOLNIK, S.; LATASH, M. L. Anticipatory postural adjustments and anticipatory synergy adjustments: preparing to a postural perturbation with predictable and unpredictable direction. Experimental Brain Research, 2017.

PTASZKOWSKI, K.; PAPROCKA-BOROWICZ, M.; SŁUPSKA, L.; BARTNICKI, J. et al. Assessment of bioelectrical activity of synergistic muscles during pelvic floor muscles activation in postmenopausal women with and without stress urinary incontinence: A preliminary observational study. Clinical Interventions in Aging, 2015.

RICHARDSON, J. T. E. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review*. 2011.

ROSSETTI, S. R. Functional anatomy of pelvic floor. *Archivio Italiano di Urologia e Andrologia*. 2016.

SALA, F.; TRAMONTANO, V.; SQUINTANI, G.; ARCARO, C. et al. Neurophysiology of complex spinal cord untethering. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2014.

SAPSFORD, R. R.; HODGES, P. W. Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2001.

SARDARU, D.; PENDEFUNDA, L. Neuro-proprioceptive facilitation in the re-education of functional problems in facial paralysis. A practical approach. *Revista medico-chirurgicala a Societatii de Medici si Naturalisti din Iasi*, 2013.

SCHRUM, A.; WOLFF, S.; VAN DER HORST, C.; KUHTZ-BUSCHBECK, J. P. Motor cortical representation of the pelvic floor muscles. *Journal of Urology*, 2011.

SCIASCIA, A.; CROMWELL, R. Kinetic Chain Rehabilitation: A Theoretical Framework. *Rehabilitation Research and Practice*, 2012.

SHARIF RAZAVIAN, R.; GHANNADI, B.; MCPHEE, J. On the Relationship Between Muscle Synergies and Redundant Degrees of Freedom in Musculoskeletal Systems. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 2019.

SHARMA, V.; KAUR, J. Effect of core strengthening with pelvic proprioceptive neuromuscular facilitation on trunk, balance, gait, and function in chronic stroke. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 13, n. 2, p. 200-205, 2017.

SHERRINGTON, C. S. The integrative action of the nervous system. New York: C Scribner and Sons, 1906.

SHIMURA, K.; KASAI, T. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on the initiation of voluntary movement and motor evoked potentials in upper limb muscles. *Human Movement Science*, 2002.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Motor control: Translating research into clinical practice: Fourth edition. 2014. (Motor Control: Translating Research into Clinical Practice: Fourth Edition. 9781469892610.

SMEDES, F.; HEIDMANN, M.; SCHÄFER, C.; FISCHER, N. et al. The proprioceptive neuromuscular facilitation-concept; the state of the evidence, a narrative review. *Physical Therapy Reviews*, 2016.

SOECHTING, J. F.; LACQUANITI, F. An assessment of the existence of muscle synergies during load perturbations and intentional movements of the human arm. *Experimental Brain Research*, 1989.

SONG, H.-S.; PARK, S.-D.; KIM, J.-Y. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation integration pattern exercise program on the fall efficacy and gait ability of the elders with experienced fall. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 2014.

SOUSA, A. S. P.; SILVA, A.; TAVARES, J. M. R. S. Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: A review. *Somatosensory and Motor Research*. 2012.

STEPHENS, J. PNF in Practice. 2014. 249-250 p. (Physiotherapy. 978-3-642-34987-4.

STEPIEŃ, A.; FABIAN, K.; GRAFF, K.; PODGURNIAK, M. et al. An immediate effect of PNF specific mobilization on the angle of trunk rotation and the Trunk-Pelvis-Hip Angle range of motion in adolescent girls with double idiopathic scoliosis-a pilot study. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 2017.

TABORRI, J.; PALERMO, E.; PRETE, Z. D.; ROSSI, S. On the reliability and repeatability of surface electromyography factorization by muscle synergies in daily life activities. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2018.

TING, L. H.; MCKAY, J. L. Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement. *Current Opinion in Neurobiology*. 2007.

TRESCH, M. C.; CHEUNG, V. C. K.; D'AVELLA, A. Matrix Factorization Algorithms for the Identification of Muscle Synergies: Evaluation on Simulated and Experimental Data Sets. *Journal of Neurophysiology*, 2006.

TSAO, H.; HODGES, P. W. Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Experimental Brain Research*, 2007.

TURNBULL, G. K.; HAMDY, S.; AZIZ, Q.; SINGH, K. D. et al. The cortical topography of human anorectal musculature. *Gastroenterology*, 1999.

VIGOTSKY, A. D.; HALPERIN, I.; LEHMAN, G. J.; TRAJANO, G. S. et al. Interpreting signal amplitudes in surface electromyography studies in sport and rehabilitation sciences. *Frontiers in Physiology*. 2018.

VLEEMING, A.; SCHUENKE, M. D.; MASI, A. T.; CARREIRO, J. E. et al. The sacroiliac joint: An overview of its anatomy, function and potential clinical implications. *Journal of Anatomy*. 2012.

VODUŠEK, D. B. Anatomy and neurocontrol of the pelvic floor. *Digestion*. 2004.

VOORHAM-VAN DER ZALM, P. J.; VOORHAM, J. C.; VAN DEN BOS, T. W. L.; OUWERKERK, T. J. et al. Reliability and differentiation of pelvic floor muscle electromyography measurements in healthy volunteers using a new device: The Multiple Array Probe Leiden (MAPLe). *Neurourology and Urodynamics*, 2013.

WALLACE, S. L.; MILLER, L. D.; MISHRA, K. Pelvic floor physical therapy in the treatment of pelvic floor dysfunction in women. *Curr Opin Obstet Gynecol*, 31, n. 6, p. 485-493, 12 2019.

WANDERLEY, D.; LEMOS, A.; MORETTI, E.; BARROS, M. M. M. B. et al. Efficacy of proprioceptive neuromuscular facilitation compared to other stretching modalities in range of motion gain in young healthy adults: A systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2019.

YIOU, R.; COSTA, P.; HAAB, F.; DELMAS, V. [Functional anatomy of the pelvic floor]. *Prog Urol*, 19, n. 13, p. 916-925, Dec 2009.

YONG, H.; MAK, J. N. F.; LU, W. W.; CHEUNG, K. M. C. et al., 2005, Visualization of lumbar muscle contraction synergy using surface electromyography (sEMG) streaming topography.

ZANDVOORT, C. S.; VAN DIEËN, J. H.; DOMINICI, N.; DAFFERTSHOFER, A. The human sensorimotor cortex fosters muscle synergies through cortico-synergy coherence. *NeuroImage*, 2019.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos a Sra. para participar como voluntária da pesquisa EFEITOS DE PADRÕES PÉLVICOS DA FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA NOS MÚSCULOS DO ASSOALHO PÉLVICO, que está sob a responsabilidade da pesquisadora Prof. Dr^a Daniella Araújo de Oliveira (Departamento de Fisioterapia da UFPE, Av. Professor Moraes Rego, s/ número- Cidade Universitária, Recife – PE – CEP: 50670-901 ; Telefones para contato: (81) 2126.8937, e-mail: sabinodaniellaufpe@gmail.com), também participante da pesquisa a Doutoranda Josepha Karinne de Oliveira Ferro (Telefones para contato: (81) 99805-8006, e-mail: karinneferro@gmail.com)

Este Termo de Consentimento pode conter informações que o senhor não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que o senhor esteja bem esclarecido sobre sua participação na pesquisa. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, caso aceite em fazer parte do estudo, assine as folhas e ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa o Sr. não será penalizado de forma alguma. Também garantimos que o Senhor tem o direito de retirar o consentimento da Sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Objetivo da pesquisa: analisar os efeitos dos padrões pélvicos do conceito FNP no recrutamento de fibras musculares do assoalho pélvico em indivíduos saudáveis.

Procedimentos: Você receberá informações a respeito do estudo. Se concordar em participar, será realizado o protocolo para execução dos padrões pélvicos e FNP com registro de eletromiografia. Para tal será necessária tricotomia da área onde serão posicionados os eletrodos de superfície para captação da atividade mioelétrica. O protocolo será realizado em um ambiente reservado e que você já conhece, estando presentes apenas você e o avaliador. O tempo de todas as avaliações será de, no máximo, 1 hora. Lembrando que você não terá nenhum gasto financeiro para realização da pesquisa.

Riscos: Os riscos que podem ocorrer é você sentir-se constrangido com as perguntas sobre sua intimidade sexual, durante o posicionamento dos eletrodos ou pelo tempo despendido na avaliação. Porém, esses riscos serão minimizados através da garantia de confidencialidade e anonimato de todos os participantes.

Benefícios: você poderá esclarecer quaisquer dúvidas que surjam durante a avaliação ou execução do protocolo de FNP. Além disso, receberá orientações sobre a correta contração da musculatura do assoalho pélvico e a importância de se exercitar essa musculatura. Assim, os benefícios serão científicos e sociais à medida a que a pesquisa utilizará uma abordagem específica de análise que, se comprovada, oferecerá um novo recurso para o tratamento das disfunções do assoalho pélvico, a fim de otimizar os ganhos funcionais.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação.

Você não pagará nada para participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidos pelos pesquisadores. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Os dados coletados nesta pesquisa, tanto os questionários quanto a ficha de avaliação, ficarão armazenados em CDs, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (Avenida da Engenharia

s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).

Daniella Araújo de Oliveira

Josepha Karinne de Oliveira Ferro

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo EFEITOS DE PADRÕES PÉLVICOS DA FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA NOS MÚSCULOS DO ASSOALHO PÉLVICO, como voluntário.

Fui devidamente informado e esclarecido pela pesquisadora sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto prejudique seu acompanhamento de rotina no hospital.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar.

Nome:

Nome:

Assinatura:

Assinatura:

APÊNDICE B – FORMULÁRIO SEMIESTRUTURADO**EFEITOS DE PADRÕES PÉLVICOS DA FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR
PROPRIOCEPTIVA NOS MÚSCULOS DO ASSOALHO PÉLVICO****Pesquisador:****DATA:****Identificação****Nome****Idade****Peso****Altura****Idade entre 18 e 35 anos** Sim () Não ()**Nuligesta** Sim () Não ()**Eutrófica (IMC entre 18,5 e 24,99)** Sim () Não ()**Ativ física** Sim () Não () Qual: _____**Frequência Ativ física (dias/semana):** _____**História prévia de cirurgia abdominal ou prévia** Sim () Não ()**Gravidez ou suspeita de gravidez** Sim () Não ()**Hipertensão** Sim () Não ()**Doenças neurológica** Sim () Não ()**Diabetes** Sim () Não ()**Tabagismo** Sim () Não ()**Disfunção do assoalho pélvico** Sim () Não ()**Síndrome do piriforme:** Sim () Não ()**Dor pélvica:** Sim () Não ()**Dor lombar:** Sim () Não ()**Doenças respiratórias** Sim () Não ()**Cardiopatias** Sim () Não ()**Em período de fluxo catamenial** Sim () Não ()

APÊNDICE C – ARTIGO ORIGINAL 1: ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF PELVIC FLOOR MUSCLES DURING THE EXECUTION OF PELVIC PATTERNS OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION-CONCEPT: AN OBSERVATIONAL STUDY

Electromyographic analysis of pelvic floor muscles during the execution of pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation-concept: an observational study

Josepha Karinne de Oliveira Ferro¹, Alberto Galvão de Moura Filho¹, Keytte Camilla Souza de Amorim¹, Claudia Regina Oliveira de Paiva Lima², José Vicente Pereira Martins³, Paulo José Moté Barboza⁴, Andrea Lemos¹, Daniella Araújo de Oliveira¹

¹Department of Physical Therapy, Health Sciences Center, Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

² Department of Statistics, Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

³Department of Physical Therapy, Health Sciences Center, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

⁴Physical Therapist at Integrated Rehabilitation and Aquatic Therapy Center (CIRTA), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Corresponding author

Daniella Araújo de Oliveira

Department of Physical Therapy, Federal University of Pernambuco, Av. Jorn. Aníbal Fernandes, 173 - Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, 50740-560.

Phone: +55 81 99992 9915

E-mail address: daniella.aoliveira@ufpe.br

Declaration of interest

The authors report no declarations of interest.

Acknowledgements

To the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for scholarship.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To assess the effect of pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF-concept) on pelvic floor muscles (PFM) recruitment in healthy women. **METHODS:** Observational study conducted with 31 women aged between 18 and 35 years, with mean age of 23.3 ± 3.2 (22.1 to 24.4). PFM activity was monitored by surface electromyography during the combination of isotonic technique of four pelvic patterns of PNF-concept (i.e., anterior elevation, posterior depression, anterior depression, and posterior elevation). Electromyographic signal was analyzed using root mean square amplitude. Two-way repeated measures ANOVA was performed to analyze differences in PFM activity between types of contraction (i.e., concentric, isometric, and eccentric) and the four pelvic patterns. **RESULTS:** PFM activity did not differ among the four pelvic patterns. However, PFM activity was significantly different between the combination of isotonic technique and baseline [$F(1.6, 48.2) = 71.5$; $p < 0.000$] with a large effect size (partial $\eta^2 = 0.705$). Concentric ($22.4 \mu V \pm 1.1$), isometric ($17.3 \mu V \pm 0.6$), and eccentric ($15 \mu V \pm 0.5$) contractions of combination of isotonic technique increased PFM activity compared with baseline ($10.8 \mu V \pm 0.4$) in all pelvic patterns. **CONCLUSION:** PFM activity did not differ among the four pelvic patterns of PNF-concept. Nonetheless, the combination of isotonic technique showed a significant effect on PFM compared with baseline, with greater PFM activity during concentric contraction. Pelvic patterns of PNF-concept may be used to increase PFM recruitment in young healthy women.

Keywords: Electromyography. Abdominal muscles. Muscle stretching exercises. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation. Motor control. Physiotherapy Modalities.

INTRODUCTION

Pelvic floor muscles (PFM) are essential for urinary and fecal continence and sexual function. Pelvic organ support and lumbopelvic stability are also PFM functions (EICKMEYER, 2017a). Since these muscles perform different functions, their neural control is more complex than other skeletal muscles (DEWAELE; DEFFIEUX; VILLOT; BILLECOCQ *et al.*, 2018; THIBAUT-GAGNON; AUCHINCLOSS; GRAHAM; MCLEAN, 2018). PFM excitation and recruitment can be assessed by surface electromyography (sEMG). This method is reliable and widely used in research and clinical practice (GRAPE; DEDERING; JONASSON, 2009; TABORRI; PALERMO; PRETE; ROSSI, 2018; VIGOTSKY; HALPERIN; LEHMAN; TRAJANO *et al.*, 2018).

Conventional PFM training aims to improve strength and enhance muscle gain using different physical therapy resources (e.g., electrical stimulation, kinesiotherapy, and biofeedback) (WALLACE; MILLER; MISHRA, 2019). Nevertheless, for women who find difficulty contracting PFM, an indirect treatment approach may be necessary.

In this context, proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF-concept) emerges as an indirect treatment option for women with PFM dysfunction. Irradiation, a basic procedure of PNF-concept, stimulates excitability of motoneurons in response to resistance applied to another part of the body. This technique increases muscle activity and the number of motor units recruited, enhancing strength in synergistic muscles (HWANG; PARK, 2017).

PNF-concept has been used to rehabilitate neurological and musculoskeletal disorders and promote functional recovery. The method improves movement effectiveness and may be associated with diagonal movement patterns, such as pelvic patterns (AREEUDOMWONG; WONGRAT; NEAMMESRI; THONGSAKUL, 2017; SHARMA; KAUR, 2017; SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016). In addition, neurophysiological principles of motor control and motor learning underpin the PNF-concept philosophy (SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016).

Notably, most women do not have a good perception of PFM contraction, and around 60% of them may develop pelvic floor dysfunction related to anatomical and functional imbalance of pelvic structures at some point in life (KEPENEKCI; KESKINKILIC; AKINSU; CAKIR *et al.*, 2011). For that reason, an indirect treatment based on synergy and motor control principles may be an alternative for these women. Therefore, this study aimed to assess the effect of pelvic patterns of PNF-concept on recruitment of PFM in healthy women. We also analyzed the electromyographic activity of muscles synergic to the pelvic floor (i.e., transversus abdominis/ internal oblique [TrA/IO] and hip adductors) during pelvic patterns of PNF-concept.

METHODS

This observational study was performed at the Motor Control and Learning Laboratory of Physical Therapy Department of Federal University of Pernambuco (UFPE). This research was approved by the human research ethics committee of UFPE (number 2.546.842) and was registered at ClinicalTrials.gov (NCT03484169).

The convenience sample consisted of 31 healthy eutrophic women, nulliparous, aged between 18 and 35 years, and who had already started their sexual life. All eligible women who volunteered to participate in the research were assessed. The exclusion criteria were pregnant, had history of abdominal or pelvic surgery, urogynecological or neuromuscular dysfunctions, chronic constipation, anal fissures, active hemorrhoids, diabetes, or smoke were excluded.

Two researchers (J.K.O.F and K.C.S.A) collected data. Researcher K.C.S.A was responsible for performing the screening for inclusion, explaining research procedures, and applying a form to collect personal, sociodemographic, and clinical data, anthropometric characteristics, practice and frequency of physical activity, and gynecological history. Researcher J.K.O.F, a physical therapist specialist in urogynecology, oriented the execution of pelvic patterns of PNF-concept and recorded electromyographic signals. Electromyography and PNF were performed by a single researcher trained by PNF-concept instructors

licensed by the International Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association.

Miotec® surface electromyography (Miotool 400 model, Miotec Biomedical Equipment Ltd. Porto Alegre, Brazil) with four channels and 14-bit analog-to-digital converter resolution and internal gain of 1000 times was used to record electromyographic signal. Sampling frequency of 2000 Hz per channel, 110 dB common mode rejection, 1010 ohm // 2pF input impedance, and fourth-order Butterworth analog filter were used. The signal was recorded using Miotec Suite software version 1.0 (Miotec®, Porto Alegre, Brazil).

sEMG was captured during the execution of pelvic patterns of PNF-concept when women were with empty bladder and not in the menstrual period. We followed recommendations of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology. Low-impedance (25 mm diameter), self-adhesive, and disposable circular surface electrodes (3M Health Care, Canada) were used on the TrA/IO muscle complex of the right abdominal side, external anal sphincter (EAS), and right and left gracilis muscles. A reference electrode was placed on the manubrium of the sternum to eliminate external interference. To reduce skin impedance, trichotomy of regions where electrodes were positioned was performed, and the skin was cleaned with wet wipes (Pure Care, Huggies®).

The muscles analyzed are not included in the guidelines for electrode placement described in the SENIAM project (surface EMG for a non-invasive assessment of muscles) (HERMENS; FRERIKS, 2017). Therefore, electrodes were positioned along muscle fibers in the action line of the following anatomical structures: (1) TrA/IO muscle complex (2 cm proximal to the midpoint between pubic symphysis and anterosuperior iliac spine, on the right side due to the volunteer positioning and to reduce cardiac artifact) (NEUMANN; GILL, 2002); (2) gracilis muscle (bilaterally on the upper middle third of the inner midline of the thigh); and (3) PFM (on EAS, in three and nine o'clock position of the perianal region) (MORETTI; DE MOURA FILHO; DE ALMEIDA; ARAUJO *et al.*, 2017).

Before data collection, participants were trained to correctly activate each evaluated muscle. Then, we asked participants to produce three maximal voluntary contractions (MVC) for three seconds to obtain the higher muscle

activity during standardized tests. To assess MVC of PFM, the following command was given to participants *“Hold your urine, pulling in and up”*. Participants could rest for 30 seconds between contractions.

Standardized test for TrA/IO muscle complex was performed with participants in dorsal decubitus. We asked participants to flex their trunk anteriorly and rotate it to the right. To assess the gracilis muscle, isometric hip adduction was performed in lateral decubitus. To assess PFM, participants were in dorsal decubitus with hip and knee flexion. The researcher ensured that PFM contraction was isolated by controlling adductors and gluteus maximus contraction.

After MVC data collection, electromyographic recording of the four muscle groups was carried out during the execution of four pelvic patterns of PNF-concept (i.e., anterior elevation, posterior depression, posterior elevation, and anterior depression). Participants were positioned in left lateral decubitus with hips and knees in semi-flexion, and should maintain spine and pelvis aligned. The researcher remained near the participant during the diagonal movement (Figure 1).

Pelvic patterns and electromyographic signal capture were performed after learning, coordination, and kinesthetic awareness of the pattern. The rhythmic initiation technique of PNF-concept was used to teach the movement, including passive, active assisted, resisted, and active movements. After participants learned each pelvic pattern of PNF-concept, electromyographic recording was performed using combination of isotonic technique. This technique promotes the activation of agonist muscles with concentric, isometric, and eccentric contractions against manual resistance (without relaxation) offered by the researcher. The assessment protocol established after preliminary tests consisted of five seconds of rest in the initial position followed by three sequences of contractions of each pelvic pattern. Each contraction sequence was composed of a concentric, an isometric post-concentric, an eccentric, an isometric post-eccentric, and a concentric contraction. The pelvic pattern was randomized for each participant.

Each type of muscle contraction was sustained for five seconds, with a total of 65 seconds of concentric, isometric, and eccentric contractions at the end of each pelvic pattern of PNF-concept. Each participant performed the assessment protocol three times, with an interval of one minute between repetitions and two minutes between pelvic patterns.

Electromyographic analysis was performed by Miograph® software (Miotec Suite® version 1.0), using 20 Hz high-pass, 500 Hz low-pass, and 60 Hz notch filter. Mean root mean square (RMS) was calculated using a 100-point window. A time frame of 500 ms adjusted to its central value was extracted to analyze mean values and reduce the interference of contraction changes.

For statistical analysis, the mean of the three repetitions in each pelvic pattern of PNF-concept and the mean of each type of contraction during three consecutive contractions were used. Data were analyzed using SPSS 25.0 (IBM Corp., Chicago, IL, USA). Mauchly sphericity test assessed homogeneity of variances. Two-way repeated measures ANOVA and Sidak post-hoc test were used to identify statistical differences in PFM activity among pelvic patterns of PNF-concept and types of contraction. The same analysis compared muscle activity of TrA/IO and right and left gracilis muscles in relation to EAS. Effect sizes were calculated using partial eta squared (partial η^2) and classified as small (partial $\eta^2 = 0.0099$), medium (partial $\eta^2 = 0.0588$), or large (partial $\eta^2 \geq 0.1379$) (RICHARDSON, 2011). Significance was set at $p < 0.05$.

RESULTS

Table 1 shows sample characterization. Two-way repeated measures ANOVA showed effect of type of contraction [$F(1.6, 48.2) = 71.5$; $p < 0.000$], with a large effect size (partial $\eta^2 = 0.705$). Neither main effect of pelvic pattern of PNF-concept nor interaction was found for EAS activity (Table 2).

No statistical difference between pelvic patterns of PNF-concept was observed when baseline and types of contraction were analyzed separately. Sidak post-hoc test showed that concentric, isometric, and eccentric contractions of the combination of isotonic technique increased EAS activity compared to

baseline in all four pelvic patterns of PNF-concept. Concentric contraction presented the highest EAS activity (Table 3).

We compared EAS activity at the highest activity level (i.e., concentric contraction) with MVC in dorsal decubitus and observed that EAS activity corresponded to 43.6% of MVC in anterior elevation pattern, 41.9% in anterior depression pattern, 40.2% in posterior depression pattern, and 42.1% in posterior elevation pattern. However, an increase greater than 200% in EAS activity in all pelvic patterns was observed compared with baseline in left lateral decubitus in the same execution position of pelvic patterns of PNF-concept (Tables 1 and 5).

Regarding electromyographic behavior of muscles synergic to PFM, two-way repeated measures ANOVA showed a main effect of each isolated factor and interaction between type of contraction, pelvic pattern of PNF-concept, and synergistic muscles on EAS activity [$F(3.2, 96.5) = 5.6$; $p < 0.000$], with large effect size (partial $\eta^2 = 0.15$) (Table 4).

Analysis of electromyographic behavior of muscles synergic to PFM in the four pelvic patterns of PNF-concept showed that, in the anterior elevation pattern, TrA/IO and left gracilis muscles presented synergy with EAS muscle in all types of contraction ($p < 0.001$). The highest level of activity was found in concentric contractions, a result that repeated for all pelvic patterns of PNF-concept. In the anterior depression pattern, electromyographic activity of right gracilis muscle was lower than EAS in all types of contraction ($p < 0.001$). The activity of left gracilis muscle increased; however, the difference was not significant compared with EAS. In posterior patterns (posterior elevation and posterior depression), activity level of all muscles decreased ($p < 0.01$), except for EAS muscle, which maintained the same activity level in all pelvic patterns (Table 5 and Figure 2).

DISCUSSION

After the execution of the combination of isotonics technique in the pelvic patterns of PNF-concept, PFM activity increased in young and healthy women in all pelvic patterns. The highest activity was observed in concentric contraction compared to baseline. In addition, in the anterior elevation pattern, we observed

in phase synergy of TrA/IO and left gracilis muscles in relation to PFM, but with no significant change in the level of activity of PFM.

PFM are essential for body posture maintenance, support and physiological function of pelvic organs, and sexual health. Lack of self-knowledge of female intimate health and perception of PFM contraction contribute to increasing the prevalence of pelvic floor disorders. For that reason, an indirect treatment to improve the recruitment of these muscles, such as irradiation, a basic procedure of PNF-concept, may be a promising approach.

Irradiation is a phenomenon described in literature since 1906, considered a triggering of reflex responses on a focus. Adequate stimulus promotes an effective contraction of the target muscle, and neural impulses emitted by that contracting muscle stimulate the activity of other synergistic muscles distal to the one stimulated (SHERRINGTON, 1906).

PNF-concept is used in rehabilitation to increase performance of the musculoskeletal system through muscular, exteroceptive, and proprioceptive stimuli. This indirect treatment for activating synergistic muscles distal to the approached segment is widely used to reach maximum functionality (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014; KNOTT; VOSS, 2007).

PNF-concept is based on learning and motor control and uses different techniques (e.g., diagonally movement patterns and irradiation) (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014). PNF-concept patterns combine movements in the three planes, resembling functional movements. Besides that, complex movement sequences increase neural recruitment and improve motor control and movement efficiency (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014; MOREIRA; LIAL; TELES MONTEIRO; ARAGÃO *et al.*, 2017). In this study, diagonal movements led to PFM contraction, increasing 2-fold PFM activity compared with baseline values.

Irradiation is an indirect approach that uses manual resistance to increase muscle recruitment and facilitate contraction of muscle groups synergic to the target muscle (ADLER; BECKERS; BUCK, 2014). Among PNF-concept

techniques, we used the combination of isotonic technique to promote irradiation of synergistic muscles.

The combination of isotonic technique consists of applying manual resistance in concentric, isometric, and eccentric contraction to promote different levels of contraction in each muscle contraction (SMEDES; HEIDMANN; SCHÄFER; FISCHER *et al.*, 2016). In resistance exercises, the increase in electromyographic signal amplitude is associated with neuromuscular changes (ARJUNAN; KUMAR; NAIK, 2014). In our study, the highest muscle activity occurred during concentric contraction, probably because the resistance against movement in this type of contraction was higher.

In addition, the resistance offered to the movement increases intra-abdominal pressure (IAP). During IAP increase, PFM contract before abdominal muscles to prevent involuntary loss of urine and intestinal contents. This anticipatory reflex is a complex neurological mechanism. It depends on a pre-programmed activation of the central nervous system to prepare muscle activity to situations of increased IAP, essential to maintain continence (SAPSFORD; HODGES, 2001).

Due to anatomical proximity, we cannot conclude that the increase in PFM activity during pelvic patterns of PNF-concept occurred due to irradiation or anticipation to the increase in IAP caused by the resistance offered to the movement. We hypothesize that pelvic patterns in lateral decubitus may induce an anticipatory reaction to movement.

During anticipatory reaction, PFM is important to control posture. Besides supporting the abdomen and pelvis, PFM transfer and absorb forces from upper and lower extremities to stabilize the trunk. Also, due to anatomical proximity to the TrA muscle, there is abdominopelvic synergy in response to changes in posture or increased IAP. TrA muscle is the main stabilizer of the lumbar spine and pelvis, and it is activated before other abdominal muscles in situations of postural instability (HODGES; SAPSFORD; PENGEL, 2007; TSAO; HODGES, 2007).

Complex neural processes are involved in stability, balance, and orientation of the body in space, such as muscle coactivation, which is necessary for postural control ²⁶. Analyzing muscles synergic to PFM, we observed in phase synergy of TrA/IO and left gracilis muscles during anterior elevation pattern, probably due to a postural adjustment to the examination table to maintain stability and balance during execution of the proposed movements.

We assume that using pelvic patterns repeatedly may increase PFM activity and performance through the principle of muscle coactivation and motor learning. Motor learning occurs through task repetition, improving recruitment of motor units, muscle strength, and performance ^{9,27}.

In summary, pelvic patterns of PNF-concept increased PFM activity in healthy young women. Although the activity was lower than registered during MVC, it is important to highlight that participants were in dorsal decubitus during MVC, while pelvic patterns were performed with participants in lateral decubitus. Therefore, we cannot conclude whether MVC registration in different postures interferes in myoelectric activity during the execution of pelvic patterns.

Considering our findings and the neurophysiological approach of PNF-concept, we indicate pelvic patterns of PNF-concept in clinical practice to indirectly increase PFM recruitment. This is a functional treatment that provides sensorimotor relearning, mainly in patients who are not aware of perineal contraction or in those who are unwilling or unable to use conventional treatment resources.

In this sense, clinical and physical aspects and values and preferences of patients must be considered during treatment. Future research should analyze the effect of other patterns distal to the trunk and assess participants in other positions. Furthermore, we encourage further studies in patients with urogynecological dysfunctions for comparative purposes.

CONCLUSION

No statistical difference was found between pelvic patterns of PNF-concept on PFM activity. However, an effect of combination of isotonic technique on PFM was observed compared to baseline, with the concentric contraction

being the one with highest PFM activity. Regardless of pelvic patterns of PNF-concept, the level of PFM activity was the same during the combination of isotonic technique. However, in the anterior elevation pattern, TrA/IO and left gracilis muscles presented in phase synergy with PFM. In posterior patterns (posterior elevation and depression), the level of activity of all synergistic muscles decreased without changing the level of PFM activity. Thus, pelvic patterns of PNF-concept may increase PFM recruitment in young and healthy women.

CLINICAL RELEVANCE

- The four pelvic patterns of PNF-concept may be used to increase PFM recruitment.
- Irradiation through combination of isotonic technique in pelvic patterns of PNF-concept promotes contraction of synergistic muscles and increase PFM activity.
- Physical and clinical aspects and patient preferences and values must be considered during treatment.

REFERENCES

1. Eickmeyer SM. *Anatomy and Physiology of the Pelvic Floor*. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of NA 2017;28(3):455-460.
2. Thibault-Gagnon S, Auchincloss C, Graham R, McLean L. The temporal relationship between activity of the pelvic floor muscles and motion of selected urogenital landmarks in healthy nulliparous women. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2018;38:126–135.
3. Dewaele P, Deffieux X, Villot A, Billecocq S, Amarenco G, Thubert T. Effect of body position on reflex and voluntary pelvic floor muscle contraction during a distraction task. *Neurourology and Urodynamics*. 2018;37(8): 2695–2701.
4. Vigotsky AD, Halperin I, Lehman GJ, Trajano GS, Vieira TM. Interpreting signal amplitudes in surface electromyography studies in sport and rehabilitation sciences. *Frontiers in Physiology* 2018;8:985.
5. Taborri J, Palermo E, Prete ZD, Rossi S. On the reliability and repeatability of surface electromyography factorization by muscle synergies in daily life activities. *Applied Bionics and Biomechanics*. 2018;
6. Grape HH, Dederig Å, Jonasson AF. Retest reliability of surface electromyography on the pelvic floor muscles. *Neurourology and Urodynamics*. 2009; 28: 395–399.
7. Wallace SL, Miller LD, Mishra K. Pelvic floor physical therapy in the treatment of pelvic floor dysfunction in women. *Curr Opin Obstet Gynecol*. 12 2019;31(6):485-493.
8. Hwang Y-I, Park D-J. Comparison of abdominal muscle activity during abdominal drawing-in maneuver combined with irradiation variations. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2017; 13: 335–339.
9. Smedes F, Heidmann M, Schäfer C, Fischer N, Stępień A. The proprioceptive neuromuscular facilitation-concept; the state of the evidence, a narrative review. *Physical Therapy Reviews*. 2016; 21:17-31.
10. Areeudomwong P, Wongrat W, Neammesri N, Thongsakul T. A randomized controlled trial on the long-term effects of proprioceptive neuromuscular facilitation training, on pain-related outcomes and back muscle

activity, in patients with chronic low back pain. *Musculoskeletal Care*. 2017; 15: 218-229.

11. Sharma V, Kaur J. Effect of core strengthening with pelvic proprioceptive neuromuscular facilitation on trunk, balance, gait, and function in chronic stroke. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2017;13(2):200-205.

12. Kepenekci I, Keskinilic B, Akinsu F, et al. Prevalence of pelvic floor disorders in the female population and the impact of age, mode of delivery, and parity. *Dis Colon Rectum*. Jan 2011;54(1):85-94.

13. Hermens HJ, Freriks B. SENIAM Project. The SENIAM project 2017.

14. Neumann P, Gill V. Pelvic floor and abdominal muscle interaction: EMG activity and intra-abdominal pressure. *International Urogynecology Journal*. 2002; 13: 125–132.

15. Moretti E, de Moura Filho AG, de Almeida JC, Araujo CM, Lemos A. Electromyographic assessment of women's pelvic floor: What is the best place for a superficial sensor? *Neurourology and Urodynamics*. 2017; 36: 1917–1923.

16. Richardson JTE. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review* 2011;6:135-147.

17. Sherrington CS. The integrative action of the nervous system. C Scribner and Sons; 1906.

18. Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice. 4 ed. Springer-Verlag; 2014.

19. Knott M, Voss DE. Proprioceptive neuromuscular facilitation (pattern and techniques). *The American Journal of the Medical Sciences*. 2007; 233:490-491.

20. Moreira R, Lial L, Teles Monteiro MG, et al. Diagonal movement of the upper limb produces greater adaptive plasticity than sagittal plane flexion in the shoulder. *Neurosci Lett*. 03 16 2017;643:8-15.

21. Arjunan SP, Kumar DK, Naik G. Computation and Evaluation of Features of Surface Electromyogram to Identify the Force of Muscle Contraction and Muscle Fatigue. *BioMed Research International*. 2014;

22. Sapsford RR, Hodges PW. Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001; 82: 1081–1088.

23. Rossetti SR. Functional anatomy of pelvic floor. *Archivio Italiano di Urologia e Andrologia* 2016;88: 28–37.
24. Tsao H, Hodges PW. Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Experimental Brain Research*. 2007; 181: 537–546.
25. Hodges PW, Sapsford R, Pengel LHM. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *Neurourology and Urodynamics*. 2007; 13: 361–370.
26. Sousa ASP, Silva A, Tavares JMRS Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: A review. *Somatosensory & motor research* 2012; 29: 131–143.
27. Ghous M, Malik AN High repetitions of Salat (prayer) activity in stroke rehabilitation. *Rawal Medical Journal* 2017; 42: 604-605.

Table 1. Characterization of the sample of healthy women undergoing pelvic patterns of the PNF-concept (n=31), described in mean, standard deviation and confidence interval (95% CI), and absolute and relative frequency.

VARIABLES	MEAN $\pm$ SD (95% CI) n (%)
Age (years)	23.3 $\pm$ 3.2 (22.1 – 24.4)
BMI (kg/m²)	22.1 $\pm$ 2.2 (21.3 – 22.9)
Physical Activity (yes)	16 (51.6)
Frequency of physical activity (n=16)	
2-3 /week	10 (62.5)
≥ 4 /week	6 (37.5)
sEMG registration (μV)	
MVC of the EAS muscle	53.4 $\pm$ 24.2 (44.4 – 62.3)
MVC of the TrA/IO muscles	147.5 $\pm$ 109 (107.5 – 187.5)
MVC of the (R) Gracilis muscle	185.9 $\pm$ 156.3 (128.5 – 243.2)
MVC of the (L) Gracilis muscle	209.5 $\pm$ 139.2 (158.4 – 260.5)

Note: SD= standard deviation, sEMG= Surface electromyography; MVC = maximum voluntary contraction; TrA/IO= transversus abdominis/ internal oblique muscles; EAS= external anal sphincter muscle; (R) Gracilis= right gracilis muscle; (L) Gracilis= left gracilis muscle; CI = confidence interval 95%; n = sample size; BMI = body mass index.

Table 2. Effect size estimate of two-way repeated measures ANOVA corrected by the Greenhouse-Geisser, considering the interaction between pelvic patterns and baseline and variation in the type of contraction in the external anal sphincter myoelectric activity (RMS em μV) (n=31).

Source of variation	Sum of squares	Df	Mean squares	F	p-value	Partial η^2
Type of contraction	9135.6	1.6	5682.5	71.5	.00	.705
Error	3830.5	48.2	79.4			
PNF-concept pattern	28.6	2,4	11,5	.46	.67	.01
Error	1845.3	74.6	24.7			
PNF-concept pattern vs Type of contraction interaction	143.1	4.6	30.4	2.3	.05	.07
Error PNF-concept pattern vs Type of contraction interaction	1829.08	140.9	12.97			
Within the subjects						
Intercept	159694.8	1	159694.8	839.5	.00	.96
Error	5706.3	30	190.2			

Table 3. Analysis of the myoelectric activity (Root Mean Square - RMS) of the external anal sphincter muscle (μV) during the types of contraction (n=31).

Type of contraction	Mean $\pm$ SD	Std. Error	p-value	95% confidence interval for mean difference	
				Lower Bound	Upper Bound
Baseline	10.8 $\pm$ 0.4				
Concentric contraction	22.4 $\pm$ 1.1	1.1	.00	-15.1	-8.1
Isometric post-concentric contraction	17.3 $\pm$ 0.6	0.7	.00	-8.8	-4.2
Eccentric contraction	15 $\pm$ 0.5	0.5	.00	-5.8	-2.6
Isometric post-eccentric contraction	14.5 $\pm$ 0.5	0.5	.00	-5.2	-2.2

Note: p-value refers to the baseline mean difference for each type of contraction.
SD: standard deviation.

Table 4. Effect size estimate of two-way repeated measures ANOVA corrected by the Greenhouse-Geisser, considering the interaction between pelvic patterns, baseline and variation in the type of contraction in the myoelectric activity of the TrA/IO, right gracilis, left gracilis muscles in relation to the EAS (RMS in μV) (n=31).

Source of variation	Sum of squares	Df	Mean squares	F	p-value	Partial η^2
Type of contraction	17488.94	1.36	12798.29	54.04	.00	.64
Error	9707.28	40.99	236.79			
PNF-concept pattern	2250.72	2.09	1075.41	7.63	.00	.20
Error	8845.64	62.78	140.88			
Muscle	8531,650	2.43	3510.26	18.02	.00	.37
Error	14197.55	72.91	194.71			
PNF-concept pattern vs Type of contraction vs muscle interaction	2391.64	3.21	743.24	5.67	.00	.15
Error PNF-concept pattern vs Type of contraction vs muscle interaction	12648.99	96.53	131.03			
Within the subjects						
Intercept	477023.58	1	477023.58	487.53	.00	.94
Error	29353.06	30	978.43			

Note: TrA/IO= transversus abdominis/ internal oblique muscles; EAS= external anal sphincter muscle;

Table 5. Mean of Root Mean Square (RMS) myoelectric activity of the TrA/IO, EAS, right gracilis and left gracilis muscles at baseline and in each type of contraction (μV) in the four pelvic patterns of the PNF-concept (n=31).

Pelvic pattern	Muscle	Initial sEMG baseline	Concentric contraction	Isometric post-concentric contraction	Eccentric contraction	Isometric post-eccentric contraction
		Mean $\pm$ SD (95% CI)	Mean $\pm$ SD (95% CI)	Mean $\pm$ SD (95% CI)	Mean $\pm$ SD (95% CI)	Mean $\pm$ SD (95% CI)
AE	TrA/IO	10.5 $\pm$ 4.9 (8.6 – 12.3)	22.4 $\pm$ 16.7 (16.3 – 28.6)	18.4 $\pm$ 11.9 (14 – 22.8)	14.8 $\pm$ 8 (11.8 – 17.8)	14.5 $\pm$ 7.3 (11.8 – 17.2)
	EAS	10.6 $\pm$ 2.6 (9.6– 11.5)	23.3 $\pm$ 9.5 (19.8 – 26.8)	17.6 $\pm$ 5.8 (15.5 – 19.8)	15.3 $\pm$ 4.4 (13.7 – 15)	14.5 $\pm$ 3.4 (13.2 – 15.7)
	(R) gracilis	8.8 $\pm$ 2.5 (7.9– 9.8)	13.6 $\pm$ 7.9 (11.8 – 15.3)	12.8 $\pm$ 6.2 (10.6 – 15.1)	10.6 $\pm$ 3.5 (9.3 – 11.9)	10.3 $\pm$ 3.6 (9 – 11.7)
	(L) gracilis	10.1 $\pm$ 3.4 (8.8 – 11.3)	21.6 $\pm$ 17.4 (15.2 – 28)	16.5 $\pm$ 10.1 (12.8 – 20.2)	15.1 $\pm$ 8 (12.1 – 18)	16.2 $\pm$ 9.5 (12.7 – 19.7)
PD	TrA/IO	10.1 $\pm$ 3 (9 – 11.2)	13.6 $\pm$ 4.8 (11.9 – 15.4)	12.1 $\pm$ 3.5 (10.8 – 13.4)	12.7 $\pm$ 3.6 (11.3 – 14)	12.8 $\pm$ 4.1 (11.2 – 14.3)
	EAS	11.1 $\pm$ 2.7 (10.1 – 12.1)	21.5 $\pm$ 6.1 (19.2 – 23.7)	16.5 $\pm$ 3.6 (15.2 – 17.9)	15.6 $\pm$ 3.8 (14.2 – 17)	15.3 $\pm$ 3.7 (13.9 – 16.6)
	(R) gracilis	9.1 $\pm$ 2.2 (8.3 – 9.9)	13.1 $\pm$ 6.5 (10.7 – 15.5)	11.5 $\pm$ 4.4 (9.9 – 13.2)	11.9 $\pm$ 4.4 (10.3 – 13.5)	12.4 $\pm$ 4.9 (10.6 – 14.2)
	(L) gracilis	9.6 $\pm$ 2 (8.8 – 10.3)	13.7 $\pm$ 5.8 (11.6 – 15.9)	12.7 $\pm$ 3.8 (11.3 – 14.1)	10.9 $\pm$ 2.5 (9.9 – 11.8)	11.2 $\pm$ 2.8 (10.1 – 12.2)
PE	TrA/IO	10.1 $\pm$ 4.5 (8.4 – 11.7)	15 $\pm$ 6 (12.8 – 17.2)	13.6 $\pm$ 4.8 (11.8 – 15.4)	12.1 $\pm$ 3.8 (10.7 – 13.5)	13.1 $\pm$ 5.5 (11.1 – 15.1)
	EAS	10.8 $\pm$ 2.4 (9.9 – 11.7)	22.5 $\pm$ 6.8 (20 – 25)	17.4 $\pm$ 4.1 (15.8 – 18.9)	13.9 $\pm$ 2.7 (12.8 – 14.9)	13.8 $\pm$ 2.6 (12.9 – 14.8)
	(R) gracilis	9 $\pm$ 2.2 (8.1– 9.8)	12.5 $\pm$ 5.3 (10.6 – 14.5)	11.3 $\pm$ 3.9 (9.8 – 12.8)	10.4 $\pm$ 3.2 (9.2 – 11.6)	10.7 $\pm$ 3.4 (9.4 – 11.9)
	(L) gracilis	9.8 $\pm$ 2 (9 – 10.5)	16.1 $\pm$ 8.2 (13.1 – 19.2)	13.5 $\pm$ 4.5 (11.9 – 15.2)	11.2 $\pm$ 2.6 (10.2 – 12.1)	10.9 $\pm$ 2.5 (9.9 – 11.8)
AD	TrA/IO	10.3 $\pm$ 4.8 (8.5 – 12.1)	18.2 $\pm$ 9.5 (14.7 – 21.7)	16.1 $\pm$ 6.3 (13.7 – 18.4)	14.6 $\pm$ 5.4 (12.6 $\pm$ 16.6)	13.5 $\pm$ 4.9 (11.7 – 15.4)
	EAS	10.6 $\pm$ 2.4 (9.7 – 11.4)	22.4 $\pm$ 7.4 (19.7 – 25.1)	17.8 $\pm$ 4.1 (16.2 – 19.3)	15.1 $\pm$ 3.9 (13.7 – 16.6)	14.5 $\pm$ 3.1 (13.4 – 15.7)
	(R) gracilis	9.1 $\pm$ 2.4 (8.2 – 10)	10.4 $\pm$ 3.3 (9.2 – 11.6)	10.2 $\pm$ 3.1 (9.1 – 11.3)	9.9 $\pm$ 2.4 (9 – 10.8)	10.1 $\pm$ 2.9 (9 – 11.2)
	(L) gracilis	10.1 $\pm$ 3.6 (8.7 – 11.4)	29.5 $\pm$ 27.4 (19.4 – 39.6)	19.9 $\pm$ 10.5 (16 – 23.7)	15.4 $\pm$ 10.6 (11.5 – 19.3)	15.6 $\pm$ 10.6 (11.7 $\pm$ 19.5)

Note: SD= standard deviation; 95% CI= confidence interval 95%; sEMG= surface electromyography; AE= anterior elevation pattern; PD= posterior depression pattern; PE=posterior elevation pattern; AD= anterior depression pattern; TrA/IO= transversus abdominis/ internal oblique muscles; EAS= external anal sphincter muscle; (R) Gracilis= right gracilis muscle; (L) Gracilis= left gracilis muscle.



Figure 2. Illustrative image showing the position adopted by the volunteer and the physiotherapist during the execution of the PNF-concept pelvic patterns: anterior elevation (1), posterior depression (2), anterior depression (3) and posterior elevation (4). Source: Author's own archive.

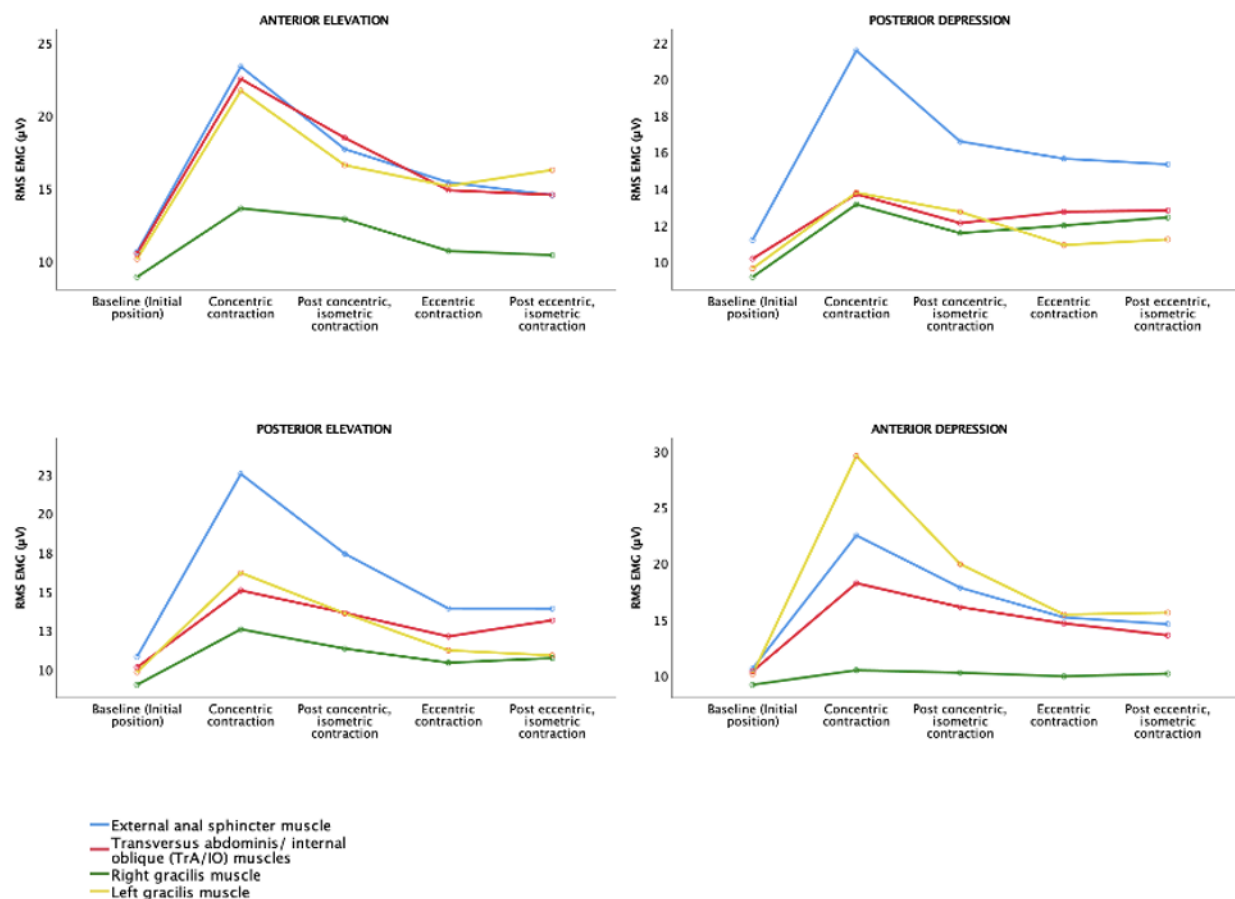


Figure 2. Electromyographic analysis (μV) of the transversus abdominis/ internal oblique muscles, right gracilis and left gracilis muscles in relation to the external anal sphincter.

APÊNDICE D – REVISÃO DE ESCOPO: TECHNIQUES FOR REGISTRATION OF MYOELECTRIC ACTIVITY OF WOMEN'S PELVIC FLOOR MUSCLES: A SCOPING REVIEW

Techniques for registration of myoelectric activity of women's pelvic floor muscles: A scoping review

Josepha Karinne de Oliveira Ferro¹, Andrea Lemos¹, Alessandra Carolina de Santana Chagas¹, Alexa Alves de Moraes¹, Alberto Galvão de Moura Filho¹, Daniella Araújo de Oliveira¹.

¹ Department of Physical Therapy, Health Sciences Center, Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

Corresponding author

Daniella Araújo de Oliveira

Department of Physical Therapy, Federal University of Pernambuco, Av. Jorn. Aníbal Fernandes, 173 - Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, 50740-560.

Phone: +55 81 99992 9915

E-mail address: sabinodaniellaufpe@gmail.com

Review title

Techniques for registration of myoelectric activity of women's pelvic floor muscles: A scoping review

Abstract

Objective: To identify and present the most common protocols for assessing myoelectric activity of pelvic floor muscles through surface electromyography in adult women.

Introduction: Surface electromyography is commonly applied in order to measure electrophysiological activity of the neuromuscular system, both for clinical and research purposes. International standardization of non-invasive electromyography assessment protocols were developed for most muscle groups. However, there is still no consensus regarding pelvic floor muscles evaluation, thus compromising scientific research and clinical applicability.

Inclusion criteria: Studies comprising registration protocols and filtering parameters of surface electromyographic signals in women aged ≥ 18 years old presenting or not with pelvic floor dysfunction were included. Studies that considered electromyographic biofeedback as a treatment approach only or invasive electroneuromyography (needle electrode) were excluded

Methods: A literature review was carried out in Medline, Embase, Scopus, Web of Science, CINAHL and Cochrane Central databases, using MeSH descriptors. The search considered articles published in the last ten years. Studies were identified and assessed for eligibility by two independent reviewers in three stages: title, abstract and full text assessment. In case of any disagreement, a third reviewer's opinion was considered. Data were extracted and organized in spreadsheets. The results were presented in categories in order to contribute to the development of a protocol considering the most used parameters for non-invasive assessment of myoelectric activity of pelvic floor muscles.

Results: 1074 articles were identified in the databases and after the eligibility assessment, 146 studies were selected for analysis. Of these, 67.8% were observational studies and most researches comprised populations with pelvic floor dysfunction (56.2%). The intravaginal probe was used in 80.8% of the articles, being the bipolar sensor with metallic plates placed on both sides of the vagina the most frequent (71.3%), with a reference electrode positioned on the anterior superior iliac spine (33.5%). The supine position with the volunteer's hip and knee flexed was the most frequent position (45.2%). For recording and analyzing sEMG signals, 56.2% of the studies evaluated the pelvic floor, normalizing the data by maximum voluntary contraction (MVC), performing the average (44.5%) of 3MVC (37.7%) with a duration of 5 seconds (28.1%) and 60 seconds of rest (8.2%).

Conclusions: The most frequently used protocol for myoelectrical analysis of the pelvic floor is the bipolar intracavitary probe with metal plates positioned at 3-9 o'clock and introduced distally to the vaginal introitus with the volunteer in the supine position with hip and knee flexed, and reference placed on the anterior superior iliac spine. Besides, three MVC maintained for 5 seconds and 60 seconds of rest was the most used protocol. The EMG registration techniques used to assess the pelvic floor

followed the general recommendations of the SENIAM project for the evaluation of other muscles, although many studies do not report the data in detail on methods section. We suggest that the choice of surface electrode should be based on the purpose of the sEMG assessment, cost analysis and patient preferences.

Keywords: Electromyography; Evaluated; Female; Pelvic floor muscles

Abstract word count: 485

Introduction

Pelvic floor muscles (PFM) are extremely important for maintaining urinary and fecal continence. They are also primordial in sexual function, support of pelvic organs and viscera, besides displaying a relationship with breathing and maintenance of body posture¹⁻⁵. In view of the importance for physiological and postural functions, using a detailed clinical assessment associated with reliable tools to qualitatively and quantitatively assess this muscle group is necessary.

In addition to the detailed clinical evaluation, surface electromyography (sEMG) is a tool that assesses motor units excitation in such muscles, being able to quantify the neuromuscular system behavior⁶.

The myoelectric evaluation of the pelvic floor using sEMG is able to predict changes in muscle function, consistent with clinical diagnosis referring to urogynecological symptoms or dysfunctions⁶⁻⁸. In healthy women, sEMG has been considered a reliable tool in the assessment of PFM in intra-examiner and test-retest measures regarding resting electrophysiological measures and EMG amplitude⁹.

Considering its good reliability, such device has been widely used in scientific research and in clinical practice⁷⁻⁹. This application results in the development of different assessment protocols, making it difficult to standardize and compare results for clinical application. For this reason, in order to standardize assessment procedures and data collection using sEMG, the SENIAM project (Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles) was developed. Standardization includes sensor types and positioning, signal processing and modelling, as well as specific protocols in different muscles^{10,11}. However, myoelectric assessment of PFM is not included in this standard, even after the new updated recommendations¹².

The assessment of PFM myoelectric activity began in the 1950s in studies that used needle electrodes. Due to scientific evidence that non-invasive method is a reliable evaluation tool, sEMG has become indispensable in the evaluation of muscle excitability to predict changes in PFM functioning, being used in healthy and dysfunctional volunteers^{9,13-19}.

Two types of surface electrodes can be used to capture PFM electromyographic signal: intracavitary probe (vaginal or anal) and surface electrodes (self-adhesive), placed on the skin or mucosa¹⁶⁻²⁰. A recent study, when comparing PFM myoelectric activity signal through two distinct types and positions of different surface electrodes (intracavitary probe; just below the labia majora and perianal, at the three and nine o'clock positions), found that the highest level of myoelectric activity happens when using the intracavitary probe or when the electrode is positioned in the perianal region, not differing from each other¹⁶. However, there is still no recommendation for standardization regarding type and positioning of electrodes for assessing PFM through sEMG.

A preliminary search was carried out in PROSPERO, OSFHOME, the Cochrane Database of Systematic Reviews, MEDLINE, CINAHL, Scopus, Web of Science and the Joanna Briggs Institute Database of

Systematic Reviews and Implementation Reports and only a scoping review was identified, aiming at identifying changes in in electromyographic signal (crosstalk) due to myoelectric activity of muscles situated close to the investigated muscle in surface electromyography with an intravaginal probe ²¹. To establish a standardized protocol for assessing the myoelectric activity of the PFM by sEMG, the purpose of this scoping review is to identify the evaluation and analysis protocols of PFM surface electromyography signal most frequently used in women aged 18 years old and over, in order to contribute to the inclusion of these muscles in international recommendations for non-invasive assessment.

Review question(s)

Which protocols for registering and analyzing sEMG signal for assessing women's PFM have been mostly used in published studies?

What characteristics of surface electrodes have been mostly used in studies evaluating PFM in women regarding type (probe or self-adhesive), dimensions and electrode placement (location and distance)?

What is the woman positioning for assessment, number of maximum voluntary contractions (MVC), repetitions and rest time between contractions are performed during PFM assessments using sEMG in women?

Which filtering parameters are used in electromyographic signal processing when evaluating PFM in women?

Which device (model/trademark) is used to record PFM's electromyographic signal?

Inclusion criteria

Inclusion criteria was determined according to Joanna Briggs Institute recommendations, based on the acronym PCC (P = Population; C = Concept; C = Context).

Population

This review considered studies that included women aged 18 years old and over with or without pelvic floor dysfunction.

Studies that encompassed transsexuals as the study population were excluded, as well as complex surgical procedures, such as neovaginoplasty, in which pelvic floor functionality is compromised, in addition to the anatomical alteration caused by sex reassignment surgery ^{22,23}.

Concept

This review identified and presented registration protocols and filtering parameters for surface electromyographic signals in studies encompassing women aged 18 years old and older with or without pelvic floor dysfunction.

The SENIAM project ^{11,12} recognized the importance of standardizing registration techniques, as it allows sEMG data comparisons. In view of this, it established recommendations for sEMG registration procedures, including: (1) sensor characteristics: sensor configuration (monopolar, bipolar or array/line electrodes), electrode material and dimension, distance between electrodes, besides electrode

trademark; (2) procedures prior to sensor placement: determination of sensor position and reference sensor considering the appropriate muscle to be assessed, as well as skin preparation techniques; (3) equipment and sEMG signal processing.

Considering that such factors are commonly observed in any sEMG record and were already included in the recommendations, the following variables were analyzed in studies encompassing pelvic floor evaluation protocols: type and dimensions of surface electrode, sensor position and distance between the electrodes, MVC number, MVC repetitions, rest time between contractions, participant positioning, filtering parameters for signal analysis and equipment used.

Studies that considered either electromyographic biofeedback as treatment resource only or electroneuromyography (needle electrode) were excluded.

Context

This review included studies that conducted electromyographic record in health centers or research institutions.

Types of sources

Considering the need for keeping the information up to date and in view of the fact that sEMG recommendations were developed based on studies published in the last 5 to 7 years in specific sEMG journals ¹², the present scoping review included quantitative studies published in the last ten years (2010 to 2020). Clinical trials and observational studies are considered quantitative studies. The search was carried out on September 9, 2020. Despite the sEMG recommendations, it was not restricted to specific journals on the field. As this review aims to analyze protocols only, review studies, texts and expert opinions were not eligible for inclusion. Besides, no language restriction was applied.

Methods

This scoping review was carried out according to the Joanna Briggs Institute methodology for scoping reviews, chapter 11 of the JBI Reviewer's Manual 2020 ²⁴. The method applied in the present review was previously described in a detailed search protocol ²⁵.

Search strategy

The search strategy aimed at identifying primary studies published in the previous ten years. A preliminary search was carried out on MEDLINE in order to find studies on the theme. After identification, the terms contained in title and abstracts of the most relevant articles, as well as the indexed descriptors or keywords used to describe the studies were extracted in order to guide searches and subsequently create the search strategy in the databases, under research librarian advices. Thus, descriptors registered in the Medical Subject Headings (MeSH) and key words applied for each database were: electromyography; surface electromyography; quantitative electromyography, electromyographic measurement; pelvic floor; pelvic floor muscle; women. The synonyms were combined with the Boolean operators "OR" and the operator "AND" was applied between these word groups (See Appendix 1).

Information sources

The literature search was conducted in the databases: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE) via PUBMED; EMBASE; Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL); Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) via EBSCO; Scopus and Web of Science via *Periódicos CAPES*. Two independent reviewers (JKOF and ACSC) conducted the search and the results found in each database were compared in a consensus meeting.

Study selection

Study selection was conducted by two independent reviewers (JKOF and ACSC) and in case any disagreement emerged, a third reviewer was consulted (AAM). The results of the database search were transferred to a Microsoft Office Excel 2013® spreadsheet in order to identify and remove duplicates. After this, the studies were assessed against eligibility criteria through title and abstract. After reading the full text, the study inclusion or not was established. The number of studies excluded and the reasons for exclusion after reading the full text were recorded and reported in this scoping review. Besides, the results of the search and selection of articles were presented in a flowchart following the recommendations of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – PRISMA ²⁶.

Data extraction

Data from the included studies were extracted by two independent reviewers and organized in a Microsoft Office Excel 2013® spreadsheet developed by the authors, which comprised the following information: author and year of publication, type of study, study population, type of electrode, electrode dimensions, electrode placement (location and distance), assessment protocol (MVC, number of repetitions, time between contractions), positioning of the volunteer, sEMG signal filtering process and equipment used. The data extraction table can be seen in Appendix III. Throughout the extraction procedure, data in the spreadsheet could be changed and revised when necessary. In case of any disagreement, the third reviewer was invited for a consensus meeting. Authors of articles were contacted and asked to provide missing or additional data, when required.

Data presentation

A descriptive numerical presentation was carried out. The main data of this review were grouped into categories to facilitate the organization of a protocol with the most used instruments and parameters on non-invasive electromyographic evaluation of PFM. The results were presented in the following categories: (1) electrode positioning and characteristics for pelvic floor assessment using sEMG. This section described the variables: type of study; study population; type of electrode; electrode dimensions; electrode's positioning (location and distance between electrodes); reference electrode and volunteer's positioning; (2) sEMG recording protocol and pelvic floor myoelectric signal analysis, describing: electromyographic registration protocol (Number of repetitions – MVC; muscle contraction duration in seconds; MVC registration value; rest time between contractions in seconds and assessment of pelvic

floor muscles); sEMG signal filtering (Low Pass; High Pass and Notch) and equipment used for evaluation.

Results

Study inclusion

Overall, 1074 articles were identified in the databases and after duplicates removal, 452 studies were analyzed for eligibility. After the initial screening by title and abstract, 189 studies were evaluated and 6 were excluded because the full text was unavailable even in an attempt to contact the authors of such studies. For full text reading, 183 articles were analyzed. Of these, 37 were excluded (Appendix II) for the following reasons: review study (n=1) ²⁷, did not assess pelvic floor myoelectric activity by sEMG (n=23) ²⁸⁻⁵⁰; comprised men or children in the study population (n=2) ^{51,52}; EMG was associated with urogynecological exams or other specific equipment (n=10) ⁵³⁻⁶²; no information in the method was provided (n=1) ⁶³. Thus, 146 studies were included for data analysis (Figure 1).

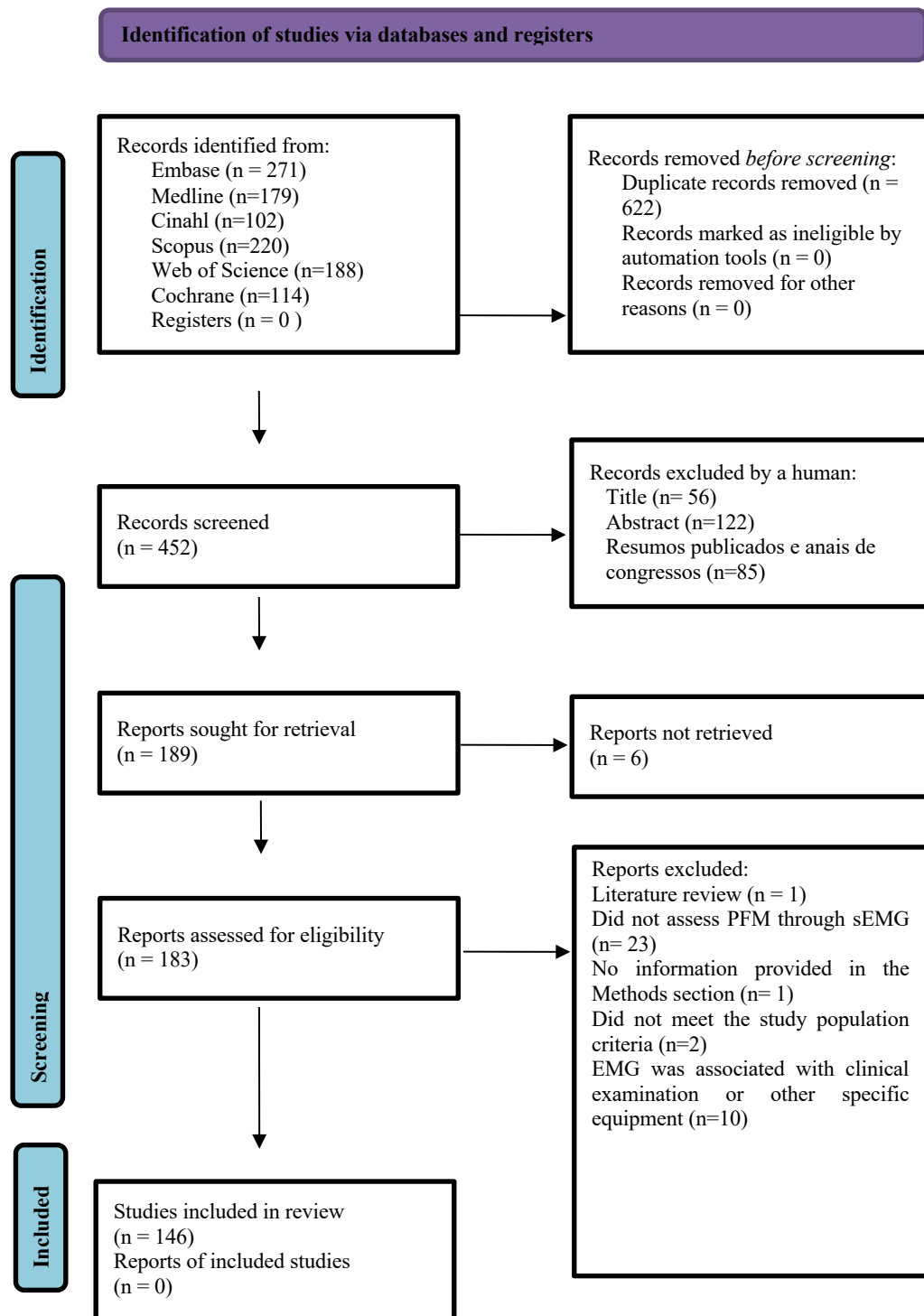


Figure 1: Results of search strategy in the databases and selection of studies according to PRISMA statement ²⁶.

Characteristics of included studies

From the the studies included for analysis (n=146), 32.2% (n=47) were clinical trials⁶⁴⁻¹¹⁰ while 67.8% (n=99) were observational studies^{16-18,20,111-205} and most studies were performed in a population with pelvic floor dysfunction (56.2%) (Table 1, Appendix III).

The descriptive numerical analysis of the included studies was divided into two sections: (1) electrode positioning and characteristics for pelvic floor assessment using sEMG; (2) sEMG recording protocol and pelvic floor myoelectric signal analysis. The numerical results are briefly presented in the text and detailed in tables 1 and 2.

Electrodes positioning and characteristics for pelvic floor assessment using sEMG (Table 1, appendix III)

In the studies included for analysis, two types of electrodes were used to record the superficial myoelectric activity of PFM: adhesive electrode was used in 10.3% of the studies (n=20), anal intracavitary probe in 4.1% (n=6) and vaginal intracavitary probe in 80.8% of the studies (n=118). Some studies (3.4%) combined two types of electrodes (n=5) and 1.4% did not report which type was used (n=2).

Thus, the intracavitary probe type electrode was used in the majority of studies and, despite the great variability of probes, the *Vaginal Life-Care Probe PR-02* from *Everyway medical instruments co. ltd* (Taiwan) was the most frequently used (n=22). This probe is a bipolar pear-shaped electrode measuring 7.6cm x 2.8cm. Moreover, with regards to intracavitary probes, when electrodes positioning was evaluated, 71.3% of the included studies used a bipolar electrode, inserted 3-4cm inside the vaginal canal and its metallic plates were mostly positioned on both sides of the vagina, simulating 3h and 9h o'clock positioning.

Although the bipolar electrode is more frequently used, some studies used a tripolar electrode with metallic plates positioned on the lateral and posterior vaginal wall (6.2%), electrode with vertical metallic plates (4.6%), electrode with circular plates (1.5%) and only one study (0.7%) used a monopolar electrode.

Regarding studies that included adhesive electrodes (n=20), 70% of them did not provide the dimensions, 20% used electrodes with dimensions ranging between 3.5 and 3.8 cm in diameter, and 10% used 2.5 cm-diameter electrodes. The following positions were applied: external anal sphincter (3-9h o'clock) (n=10), bulbocavernosus muscle/major labia (n=8) and perineal tendinous center (n=3). Some studies applied more than one electrode position for electromyographic analysis.

The reference electrode, normally placed on a bone structure, was more frequently positioned on the anterior superior iliac spine (33.5%). Other structures were observed as the bone structure of choice: ulnar styloid process (8.2%), malleolus (5.4%), femur trochanter (1.3%), tibia (1.3%), patella (0.6%), anterior region of the abdomen (0.6%), sacrum (0.6%) and pubic symphysis (0.6%).

With regards to recording myoelectric activity of the pelvic floor in women, the supine position with hip and knee flexion was mostly adopted (45.2%) in the studies analyzed, followed by the lithotomy position (13%).

sEMG recording protocol and analysis of pelvic floor myoelectric signal (Table 2, appendix III)

The electromyographic recording protocol includes the number of repetitions requested to record the MVC, contraction duration in seconds, rest duration between contractions and the MVC value considered, i.e., the mean or the highest value. Thus, most of the included studies recorded 3 MVC (37.7%) with 5 second-duration each (28.1%) and 60 seconds rest between contractions (8.2%). Moreover, the majority of the studies that described that information in the methods section (44.5%) considered the mean value of MVC.

When analyzing how PFM assessment was carried out, 56.2% of the studies normalized data based on MVC value; 22.5% performed the myoelectric signal recording of PFM in a protocol or during a specific activity; 11% used the Glazer protocol in the assessment and 10.3% of the studies did not report how such assessment was conducted. However, studies that did not normalized data based on MVC did not make clear if the normalization was carried out using any dynamic activity or even the MVC and such information was omitted; another possibility is that data has not been normalized in those studies.

The Glazer protocol is a standardized protocol for pelvic floor assessment using sEMG. It includes consecutive sets of voluntary muscle contractions with intervening rest periods in this sequence: pre-baseline rest, phasic contractions, tonic contractions, isometric contractions for muscle endurance assessment, and post-baseline rest. Signal analysis is conducted using the mean sEMG amplitude, latency time for muscle recruitment and recovery, changes in spectral frequency, besides sEMG amplitude variability^{13,206}. Each step has normative values of pelvic floor myoelectric activity in young, healthy, nulliparous women that serve as comparison values throughout assessments in order to identify changes in muscle excitation¹¹⁶.

The descriptive numerical analysis of the included studies demonstrated that the most used filtering parameter of pelvic floor myoelectric signal was 20 Hz high-pass filter (30.1%), followed by 500 Hz low-pass filter (36.3%) and, in those studies that provided information on filtering parameters, 60 Hz Notch filter was applied (2.7%).

The three most used devices for recording sEMG in the included studies were: EMG system (30.1%); Telemetry (17.7%) and Miotool (8.2%).

Review findings

This review analyzed protocols for sEMG evaluation and PFM myoelectric signal analysis most frequently used in women aged 18 years and over, in order to contribute to the inclusion of these muscles in international recommendations for non-invasive assessment.

After a analysis of the included studies, the sEMG evaluation and the electromyographic signal analysis protocols most frequently used in scientific research were described. Regarding the positioning and characteristics of the electrodes, the surface electrode most frequently used for PFM assessment was the bipolar intracavitary probe with metal plates positioned at 3-9 o'clock and introduced from 3 to 4 centimeters inside of the vaginal canal with the volunteer in supine position, with hip and knee flexion. Also, in the majority of the studies included, the reference electrode was placed in the anterior superior iliac spine.

For sEMG of PFM recording, the protocol comprising three MVC maintained for 5 seconds and 60 seconds rest was the most applied one. The electromyographic signal was analyzed considering the mean of three MVC in the majority of studies as a filtering parameter of electrophysiological data, with 20 Hz high-pass and 500 Hz low-pass filters.

Discussion

After identifying studies that used sEMG to assess PFM in women, the intracavitary probe with a sensor inserted 3 – 4 centimeters distally to the vaginal introitus and positioned at 3 and 9 o'clock position was the most adopted evaluation method. Three 5-second MVC with 60-second rest was the most commonly applied protocol for recording sEMG signal. For analysis, 20 Hz high-pass and 500 Hz low-pass filters were used.

Surface electromyography has been widely used in both research and clinical practice as it is capable of quantifying the neuromuscular system behavior, evaluating the excitation of motor units present in the muscles ⁶. The standardization of assessment procedures and data collection with sEMG is prepared by the SENIAM Project through recommendations.

According to the SENIAM project^{11,12}, bipolar electrodes are the most recommended for non-invasive myoelectrical assessment and the location of the sensor on the muscle must follow muscle fiber direction. There are no specific recommendations regarding electrode shape, but the size of the conductive area of the sEMG electrode towards muscle fibers should not exceed 10mm and the inter-electrode distance for small muscles, in case of applying adhesive electrodes, should not exceed ¼ of the muscle fiber length. Furthermore, patient positioning depends on the muscle aimed to be assessed and the reference electrode must be preferably placed on electrically inactive tissues, more specifically on bony prominences such as C7 spinous process, around the elbow or ankle.

In terms of PFM myoelectric evaluation, two types of surface sensors are commonly used: intracavitary probe and adhesive electrode. Considering the studies included in this review, intracavitary probe with a sensor inserted 3 – 4 centimeters distally to the vaginal canal with a bipolar electrode placed on the side of the vagina was mostly considered for pelvic floor assessment. Such positioning protocol evaluates pubococcygeus muscle excitation, which is anatomically located in the anterior medial region of the pelvic diaphragm, and its muscle fibers are oriented towards the anterior posterior direction⁴.

The intracavitary probe is a reliable tool for capturing the myoelectric activity of the pelvic floor muscles

and, for decades, it was considered the best option for myoelectric evaluation of PFM, considering that superficial electrodes would not be ideal for evaluating pelvic floor's deeper muscle layers for two reasons: different location and function ^{177,207,208}.

However, the literature pinpoints that the intracavitary probe has some flaws. One of them is the electrode's lack of full adherence to the muscle to be evaluated. Despite the sensory feedback provided by the probe, it becomes more susceptible to positional changes during exertion activities performance, which favors movement artifacts, crosstalk and contamination of sEMG data²⁰⁷⁻²⁰⁹. In addition, as the electrode is attached to the probe surface, its placement may vary for each woman depending on vaginal morphology^{210,211}.

Recently, a study ¹⁶ that evaluated the best sensor position for PFM myoelectrical analysis in women demonstrated an agreement between electrodes placed on the perianal region at 3 and 9 hours o'clock position and the intravaginal probe. The authors found no difference between these positions when evaluating mean and peak root mean square (RMS). Nevertheless, when analyzing the median frequency, the intravaginal probe presented with higher values.

On the other hand, another study investigated whether the depth of probe insertion and the sensor direction may alter PFM functional and resting myoelectric activity. The results indicated no difference in functional sEMG activity when the sensor is positioned either on the anterior or posterior vaginal wall. However, an alteration in resting EMG activity was observed, which was greater when positioned on the anterior vaginal wall. Furthermore, the more distal the vaginal introitus the probe is introduced, the greater is the myoelectric activity recorded ¹⁷². However, this study did not assess the EMG response when the probe was positioned on the side of the vagina, which is anatomically easier to record the electrical activity of the pubococcygeus muscle in such position.

As the analysis and normalization of electromyographic data is recommended to be performed using peak or mean RMS values ¹¹⁴, while the median frequency is commonly used to assess muscle fatigue ²¹² and muscle fiber type predominance²¹³, the use of an intravaginal probe for pelvic floor electromyographic evaluation is not the only option. Thus, depending on the purpose of the sEMG evaluation, the cost analysis, as well as the patient's values and preferences, must be considered when deciding which sensor to use.

Many studies assess the pelvic floor using the Glazer protocol. This method, however, is based on a non-normalized sEMG signal recording and analysis protocol, which represents an important flaw^{13,206}. Thus, data normalization is recommended, especially considering signal variability during the recording of such electrophysiological information^{13,206}.

Data normalization usually requires the proportion between sEMG recorded during a specific task performance and a reference contraction, which is normally the MVC of the muscle aimed to be evaluated, thus allowing greater reliability in terms of results interpretation²¹⁴. In addition to MVC, other muscle activation can be used as reference contractions to normalize data: cough, valsalva and

abdominal contraction. These activities, when using the peak or the average RMS, demonstrated good to excellent reliability. Excellent reliability was observed when using the peak RMS of PFM activity during the 5-second MVC and the mean or peak RMS of PFM activity during abdominal contraction ¹¹⁴. The majority of the studies included in this review considered data normalized by the MVC.

In 2021, a new measurement protocol for evaluating PFM was published, in order to improve the flaws previously identified in the Glazer protocol. The new assessment method maintains the sequence of contractions proposed by Glazer, with modifications regarding the parameters evaluated during the sEMG signal processing. Thus, it allows the assessment of clinically important quantitative parameters of muscle recruitment related to pelvic floor dysfunctions²¹⁴. Despite demonstrating excellent reliability, the study does not mention either if data were normalized nor if myoelectric activity was assessed by contractions only.

Another important aspect is the best volunteer's positioning the sEMG evaluation. The supine position with hip and knee flexion was the most used in the studies included in the present review. Such position, however, presents the lowest rest myoelectric activity values, being indicated for basal recording as it reduces the gravitational action on PFM when compared to standing position ¹⁶³. Thus, for data normalization by MVC, this posture would be ideal for a comparative effect with the resting myoelectric value.

The sEMG captures the signal originated in the muscle. In face of this, noises resulting from the electrode placement on the skin or mucosa, external sources or electronic components, which are unavoidable in most cases, are capable of contaminating the signal, leading to a misinterpretation of muscle excitation. These artifacts are commonly observed when the signal is mainly obtained during dynamic contractions. Some modern equipment displays advancements capable of reducing part of these noises, though not those ones related to motion artifacts ²¹⁵.

In order to remove noises, signal filtering is important. Therefore, a Butterworth filter with 10-20 Hz high-pass and 500-1000 Hz low-pass filters are recommended for applications when performing dynamic movements. In addition, a scan of about 0.5 $\mu\text{V}/\text{bit}$ and slope of 12dB/octis is accurate for any sEMG application ^{216,217}. Regarding signal filtering, most studies used standard filters to reduce artifacts.

Although many studies carried out myoelectric assessment of PFM, the vast majority of studies did not provide details on how the evaluation was performed, as well as the procedures for recording and analyzing the electromyographic data. In order to determine standardization and reproducibility, as well as to analyze the electromyographic data quality, this information is necessary. One of the main barriers faced throughout the development of the present article was the lack of details or omitted information in the study methods, which could compromise the results of this review.

Conclusions

The most frequently used sEMG assessment protocol for the pelvic floor in the included studies encompassed bipolar intracavitary probe as a surface electrode. The sensor was positioned at 3-9

o'clock and introduced 3 to 4 centimeters inside of the vaginal canal, and the volunteer is positioned in supine, with hip and knee flexion. Also, in most of the studies included, the reference electrode was placed in the anterior superior iliac spine.

In order to record sEMG of PFM, the three MVC protocol maintained for 5 seconds comprising 60 seconds of rest between each contraction was the most used. The mean of the three MVC was most frequently used to normalize the electrophysiological data, with a 20 Hz high-pass filter and a 500 Hz low-pass filter.

Recommendations for research

As the objective of this review was to identify the most frequently used protocols for assessing pelvic floor myoelectric activity and for analyzing electromyographic signal, we suggest that other reviews can analyze the reliability of sEMG for PFM assessment. Moreover, the determination of baseline values for both young healthy women and women with pelvic floor dysfunction in different conditions should be investigated as well.

After the publication of this review, we suggest the development and publication of a non-invasive assessment protocol for the pelvic floor muscles to facilitate standardization in scientific research and clinical applicability.

Recommendations for practice

As it is a reliable assessment method capable of quantifying important data for evaluating and recording the patient's evolution, we suggest that this tool should be used in clinical practice using the protocols described at the conclusion of this review. However, the choice of sensor must be oriented considering cost-effectiveness, besides patient's values and preferences.

Acknowledgments

This study will contribute to the development of the first author's PhD thesis.

Funding

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Vodušek DB. Anatomy and neurocontrol of the pelvic floor. *Digestion*. 2004;69(2):87-92.

2. Eickmeyer SM. Anatomy and Physiology of the Pelvic Floor. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2017;28(3):455-60.
3. Hodges PW, Sapsford R, Pengel LHM. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *Neurourol Urodyn*. 2007;26(3):362-71.
4. Rossetti SR. Functional anatomy of pelvic floor. *Arch Ital Urol Androl*. 2016;88(1):28-37.
5. Emerich Gordon KA, Reed O. The Role of the Pelvic Floor in Respiration: A Multidisciplinary Literature Review. *J Voice*. 2020;34(2):243-9.
6. Boonstra TW, Breakspear M. Neural mechanisms of intermuscular coherence: implications for the rectification of surface electromyography. *J Neurophysiol*. 2012;107(3):796-807.
7. Vigotsky AD, Halperin I, Lehman GJ, Trajano GS, Vieira TM. Interpreting signal amplitudes in surface electromyography studies in sport and rehabilitation sciences. *Front Physiol*. 2018;8:985.
8. Taborri J, Palermo E, Prete ZD, Rossi S. On the reliability and repeatability of surface electromyography factorization by muscle synergies in daily life activities. *Appl Bionics Biomech*. 2018;5852307.
9. Grape HH, Dederig Å, Jonasson AF. Retest reliability of surface electromyography on the pelvic floor muscles. *Neurourol Urodyn*. 2009;28(5):395-9.
10. Merletti R, Hermens H. Introduction to the special issue on the SENIAM European Concerted Action. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000;10(5):283-6.
11. Hermens HJ, Freriks B. SENIAM Project. The SENIAM project. 2017.
12. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000;10(5):361-74.
13. Glazer HI, Romanzi L, Polaneczky M. Pelvic floor muscle surface electromyography: Reliability and clinical predictive validity. *J Reprod Med*. 1999;44(9):779-82.
14. Maizels M, Firlit CF. Pediatric urodynamics: a clinical comparison of surface versus needle pelvic floor/external sphincter electromyography. *J Urol*. 1979;122(4):518–522.
15. Petersén I, Franksson C, Danielson CO. Electromyographic study of the muscles of the pelvic floor and urethra in normal females. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica*. 1955;34(3):273-285.
16. Moretti E, de Moura Filho AG, de Almeida JC, Araujo CM, Lemos A. Electromyographic assessment of women's pelvic floor: What is the best place for a superficial sensor? *Neurourol Urodyn*. 2017;36(7):1917-23.
17. Ptaszkowski K, Zdrojowy R, Slupska L, Bartnicki J, Dembowski J, Halski T, et al. Assessment of bioelectrical activity of pelvic floor muscles depending on the orientation of the pelvis in menopausal women with symptoms of stress urinary incontinence: Continued observational study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53(4):564-574.
18. Dewaele P, Deffieux X, Villot A, Amarenco G, Billecocq S, Thubert T. Pelvic floor muscle activation in stress urinary incontinent women: Impact of a distraction task. *Neurourol Urodyn*. 2019;38(3):950-7

19. Kannan P, Winser S, Goonetilleke R, Cheing G. Ankle positions potentially facilitating greater maximal contraction of pelvic floor muscles: a systematic review and meta-analysis. *Disabil Rehabil.* 2019;41(21):2483-91.
20. Voorham-Van Der Zalm PJ, Voorham JC, Van Den Bos TWL, Ouwerkerk TJ, Putter H, Wasser MNJM, et al. Reliability and differentiation of pelvic floor muscle electromyography measurements in healthy volunteers using a new device: The Multiple Array Probe Leiden (MAPLe). *Neurourol Urodyn.* 2013;32(4):341-8.
21. Flury N, Koenig I, Radlinger L. Crosstalk considerations in studies evaluating pelvic floor muscles using surface electromyography in women: a scoping review. *Arch Gynecol Obstet.* 2017;295(4):799-809
22. Buncamper ME, Honselaar JS, Bouman MB, Özer M, Kreukels BPC, Mullender MG. Aesthetic and Functional Outcomes of Neovaginoplasty Using Penile Skin in Male-to-Female Transsexuals. *J Sex Med.* 2015;12(7):1626-34.
23. Kuhn A, Santi A, Birkhäuser M. Vaginal prolapse, pelvic floor function, and related symptoms 16 years after sex reassignment surgery in transsexuals. *Fertil Steril.* 2011;95(7):2379-82.
24. Peters M. Guidance for the Conduct of JBI Scoping Reviews Chapter 11 : Scoping Reviews Scoping Reviews. Joana Briggs Institute Reviewer's Manual. 2017.
25. de Oliveira Ferro JK, Lemos A, de Santana Chagas AC, de Moraes AA, de Moura Filho AG, de Oliveira DA. Techniques for registration of myoelectric activity of women's pelvic floor muscles: a scoping review protocol. *JBI Evid Synth.* 03 2021;19(3):727-733.
26. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71.
27. Singh N, Arya KN, Pervin A. Synergistic Action of Deep Abdominals and Pelvic Floor Muscles: Implication for Incontinence Management in Women. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy - An International Journal.* 2017;11(3):66.
28. Tandon HK, Stratton P, Sinaii N, Shah J, Karp BI. Botulinum toxin for chronic pelvic pain in women with endometriosis: A cohort study of a pain-focused treatment. *Regional Anesthesia and Pain Medicine.* 2019;44(9):886-92.
29. Segal S, Morse A, Sangal P, Hirsch N, Kohli N. Efficacy of FemiScan Pelvic Floor Therapy for the Treatment of Anal Incontinence. *Female Pelvic Med Reconstr Surg.* 2018;24(5):367-370.
30. Hill A, Alappattu M. Quality-of-Life Outcomes Following Surface Electromyography Biofeedback as an Adjunct to Pelvic Floor Muscle Training for Urinary Incontinence: A Case Report. *J Womens Health Phys Therap.* 2017;41(2):73-82.
31. Elmelund M, Biering-Sørensen F, Due U, Klarskov N. The effect of pelvic floor muscle training and intravaginal electrical stimulation on urinary incontinence in women with incomplete spinal cord injury: an investigator-blinded parallel randomized clinical trial. *Int Urogynecol J.* 2018;29(11):1597-606.
32. Araujo CC, Marques ADA, Juliato CRT. The adherence of home pelvic floor muscles training using a mobile device application for women with urinary incontinence: A randomized controlled trial. *Female Pelvic Med Reconstr Surg.* 2020;26(11):697-703.

33. Grant A, Dean S, Hay-Smith J, Hagen S, McClurg D, Taylor A, et al. Effectiveness and cost-effectiveness randomised controlled trial of basic versus biofeedback-mediated intensive pelvic floor muscle training for female stress or mixed urinary incontinence: Protocol for the OPAL (optimising pelvic floor exercises to achieve long-term benefits) trial mixed methods longitudinal qualitative case study and process evaluation. *BMJ Open*. 2019;9(2):e024152.
34. Hagen S, McClurg D, Bugge C, Hay-Smith J, Dean SG, Elders A, et al. Effectiveness and cost-effectiveness of basic versus biofeedback-mediated intensive pelvic floor muscle training for female stress or mixed urinary incontinence: Protocol for the OPAL randomised trial. *BMJ Open*. 2019;9(2):e024153.
35. Koenig I, Eichelberger P, Luginbuehl H, Kuhn A, Lehmann C, Taeymans J, et al. Activation patterns of pelvic floor muscles in women with incontinence while running: a randomized controlled trial. *Int Urogynecol J*. 2021;32(2):335-43.
36. Kim H, Shim J, Kim B. Analysis of vaginal pressure and abdominal EMG according to delivery method during pelvic floor muscle contraction. *J Phys Ther Sci*. 2012; 24:119-21.
37. Lúcio A, D'Ancona CAL, Perissinotto MC, McLean L, Damasceno BP, De Moraes Lopes MHB. Pelvic floor muscle training with and without electrical stimulation in the treatment of lower urinary tract symptoms in women with multiple sclerosis. *J Wound Ostomy Continence Nurs*. 2016;43(4):414-9.
38. Lak R, Amiri M, Abdollahi I, Biglarian A, Bazaz Behbahani R, Zargoosh M. Effect of Strength and Endurance Training on the Pelvic Floor Muscles in Women With Stress Urinary Incontinence. *Journal of Rehabilitation*. 2016;17(3):222-31.
39. Hacad CR, Glazer HI. The Glazer Intrapelvic Surface Electromyography (SEMG) Protocol in a Case of Male Urinary Incontinence and a Case of Female Hypoactive Sexual Desire Disorder. *Biofeedback*. 2012;40(2).
40. Tahan N, Arab AM, Vaseghi B, Khademi K. Electromyographic evaluation of abdominal-muscle function with and without concomitant pelvic-floor-muscle contraction. *J Sport Rehabil*. 2013;22(2):108-14
41. Riley MA, Organist L. Streamlining biofeedback for urge incontinence. *Urologic nursing*. 2014;34(1):19-26.
42. Zhang Y, Timm GW, editors. 3D internal muscle activities imaging based on multichannel surface EMG recordings surface EMG-based muscle activities imaging technique. 2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, iCBBE 2010; 2010.
43. Zhang Y, Wang D, Timm GW. A three-dimensional muscle activity imaging technique for assessing pelvic muscle function. *Inverse Problems*. 2010;26(11):e115018.
44. Geanini-Yagüez A, Fernández-Cuadros ME, Nieto-Blasco J, Ciprián-Nieto D, Oliveros-Escudero B, Lorenzo-Gómez MF. Electromiography-biofeedback in the treatment of urinary incontinence and quality of life. *Rehabilitación*. 2014;48(1).
45. Lúcio AC, D'Ancona CAL, Lopes MHB, Perissinotto MC, Damasceno BP. The effect of pelvic floor muscle training alone or in combination with electrostimulation in the treatment of sexual dysfunction in women with multiple sclerosis. *Mult Scler*. 2014;20(13):1761-8.

46. Fomenko OY, Shelygin YA, Titov AY, Belousova SV. Standard characteristics of functional state of the rectal obturator muscles obtained from neurophysiological examination. *Neuromuscular Diseases*. 2017;7(4):39-43.
47. Huebner M, Riegel K, Hinninghofen H, Wallwiener D, Tunn R, Reisenauer C. Pelvic floor muscle training for stress urinary incontinence: A randomized, controlled trial comparing different conservative therapies. *Physiother Res Int*. 2011;16(3):133-40.
48. Imhoff LR, Liwanag L, Varma M. Exacerbation of symptom severity of pelvic floor disorders in women who report a history of sexual abuse. *Arch Surg*. 2012;147(12):1123-9.
49. Itza F, Zarza D, Salinas J, Teba F, Ximenez C. Turn-amplitude analysis as a diagnostic test for myofascial syndrome in patients with chronic pelvic pain. *Pain Res Manag*. 2015;20(2):96-100.
50. Wang S, Lv J, Feng X, Wang G, Lv T. Efficacy of Electrical Pudendal Nerve Stimulation in Treating Female Stress Incontinence. *Urology*. 2016;91:64-9.
51. Stafford RE, Ashton-Miller JA, Constantinou C, Coughlin G, Lutton NJ, Hodges PW. Pattern of activation of pelvic floor muscles in men differs with verbal instructions. *Neurourol Urodyn*. 2016;35(4):457-63.
52. Ladi Seyedian SS, Sharifi-Rad L, Ebadi M, Kajbafzadeh AM. Combined functional pelvic floor muscle exercises with Swiss ball and urotherapy for management of dysfunctional voiding in children: a randomized clinical trial. *Eur J Pediatr*. 2014;173(10):1347-53.
53. Kim KS, Seo JH, Kang JU, Song CG. Implementation of a multi-functional ambulatory urodynamics monitoring system based on newly devised abdominal pressure measurement. *J Med Syst*. 2010;34(6):1011-21.
54. Both S, van Lunsen R, Weijenborg P, Laan E. A new device for simultaneous measurement of pelvic floor muscle activity and vaginal blood flow: A test in a nonclinical sample. *J Sex Med*. 2012;9(11): 2888-902.
55. Peng Y, He J, Khavari R, Boone TB, Zhang Y. Functional mapping of the pelvic floor and sphincter muscles from high-density surface EMG recordings. *Int Urogynecol J*. 2016; 27(11):1689–96.
56. Dias N, Zhang C, Smith CP, Lai HH, Zhang Y. High-density surface electromyographic assessment of pelvic floor hypertonicity in IC/BPS patients: a pilot study. *Int Urogynecol J*. 2021;32(5):1221-28.
57. Dias N, Zhang C, Spitznagle T, Lai HH, Zhang Y. High-Density Surface Electromyography Assessment of Pelvic Floor Dysfunction in Women with Interstitial Cystitis/Bladder Pain Syndrome. *J Urol*. 2020;204(6):1275-83.
58. Charoenwong F, Charlanes A, Chesnel C, Menoux D, Motavasseli D, Tan E, et al. Evidence of sensory bladder inhibitor reflex. *Progres en Urologie*. 2018;28(10).
59. Xu DF, Qu CY, Ren JZ, Jiang HH, Yao YC, Min ZL, et al. Impact of tension-free vaginal tape procedure on dysfunctional voiding in women with stress urinary incontinence. *Int J Urol*. 2010;17(4):346-52.

60. Morin M, Gravel D, Bourbonnais D, Dumoulin C, Ouellet S, Pilon JF. Application of a new method in the study of pelvic floor muscle passive properties in continent women. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010;20(5):795-803.
61. Kirby AC, Nager CW, Litman HJ, Fitzgerald MP, Kraus S, Norton P, et al. Perineal surface electromyography does not typically demonstrate expected relaxation during normal voiding. *Neurourol Urodyn*. 2011;30(8):1591-6.
62. Bellucci CH, Wöllner J, Gregorini F, Birnböck D, Kozomara M, Mehnert U, et al. External urethral sphincter pressure measurement: An accurate method for the diagnosis of detrusor external sphincter dyssynergia? *PLoS ONE*. 2012;7(5):e37996.
63. Shelly B. Pelvic Muscle Exercises Using A Home Trainer for Pelvic Muscle Dysfunction: A Case Report. *Urologic nursing*. 2016;36(2):82-7.
64. Sacomori C, Araya-Castro P, Diaz-Guerrero P, Ferrada IA, Martínez-Varas AC, Zomkowski K. Pre-rehabilitation of the pelvic floor before radiation therapy for cervical cancer: a pilot study. *Int Urogynecol J*. 2020;31(11):2411-8.
65. Li W, Hu Q, Zhang Z, Shen F, Xie Z. Effect of different electrical stimulation protocols for pelvic floor rehabilitation of postpartum women with extremely weak muscle strength: Randomized control trial. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(17): e19863.
66. Ptaszkowski K, Malkiewicz B, Zdrojowy R, Ptaszkowska L, Paprocka-Borowicz M. Assessment of the Short-Term Effects after High-Inductive Electromagnetic Stimulation of Pelvic Floor Muscles: A Randomized, Sham-Controlled Study. *J Clin Med*. 2020;9(3):874.
67. Elena S, Dragana Z, Ramina S, Evgeniia A, Orazov M. Electromyographic Evaluation of the Pelvic Muscles Activity After High-Intensity Focused Electromagnetic Procedure and Electrical Stimulation in Women With Pelvic Floor Dysfunction. *Sex Med*. 2020;8(2):282-9.
68. Nyhus M, Mathew S, Salvesen, Salvesen K, Stafne S, Volløyhaug I. Effect of preoperative pelvic floor muscle training on pelvic floor muscle contraction and symptomatic and anatomical pelvic organ prolapse after surgery: randomized controlled trial. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2020;56(1):28-36.
69. Wang X, Xu X, Luo J, Chen Z, Feng S. Effect of app-based audio guidance pelvic floor muscle training on treatment of stress urinary incontinence in primiparas: A randomized controlled trial. *Int J Nurs Stud*. 2020;104:103527.
70. Szumilewicz A, Kuchta A, Kranich M, Dornowski M, Jastrzębski Z. Prenatal high-low impact exercise program supported by pelvic floor muscle education and training decreases the life impact of postnatal urinary incontinence: A quasiexperimental trial. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(6):e18874.
71. Szumilewicz A, Hopkins WG, Dornowski M, Piernicka M. Exercise Professionals Improve Their Poor Skills in Contracting Pelvic-Floor Muscles: A Randomized Controlled Trial. *Res Q Exerc Sport*. 2019;90(4):641-50.
72. Chmielewska D, Stania M, Kucab-Klich K, Błaszczak E, Kwaśna K, Smykla A, et al. Electromyographic characteristics of pelvic floor muscles in women with stress urinary incontinence

following sEMG-assisted biofeedback training and Pilates exercises. PLoS ONE.

2019;14(12):e0225647.

73. Yani MS, Fenske SJ, Rodriguez LV, Kutch JJ. Motor cortical neuromodulation of pelvic floor muscle tone: Potential implications for the treatment of urologic conditions. *Neurourol Urodyn*. 2019;38(6):1517-23.

74. Szumilewicz A, Dornowski M, Piernicka M, Worska A, Kuchta A, Kortas J, et al. High-Low Impact Exercise Program Including Pelvic Floor Muscle Exercises Improves Pelvic Floor Muscle Function in Healthy Pregnant Women – A Randomized Control Trial. *Front Physiol*. 2019;9:1867.

75. Pereira-Baldon VS, Avila MA, Dalarmi CB, de Oliveira AB, Driusso P. Effects of different regimens for pelvic floor muscle training in young continent women: Randomized controlled clinical trial. *J Electromyogr Kinesiol*. 2019;44:31-5.

76. Dornowski M, Sawicki P, Wilczyńska D, Vereshchaka I, Piernicka M, Błudnicka M, et al. Six-week pelvic floor muscle activity (sEMG) training in pregnant women as prevention of stress Urinary incontinence. *Med Sci Monit*. 2018;24:5653-9.

77. Junginger B, Vollhaber H, Baessler K. Submaximal pelvic floor muscle contractions: similar bladder-neck elevation, longer duration, less intra-abdominal pressure. *Int Urogynecol J*. 2018;29(11):1681-7.

78. Murina F, Felice R, Di Francesco S, Oneda S. Vaginal diazepam plus transcutaneous electrical nerve stimulation to treat vestibulodynia: A randomized controlled trial. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2018;228:148-153.

79. Bertotto A, Schvartzman R, Uchôa S, Wender MCO. Effect of electromyographic biofeedback as an add-on to pelvic floor muscle exercises on neuromuscular outcomes and quality of life in postmenopausal women with stress urinary incontinence: A randomized controlled trial. *Neurourol Urodyn*. 2017;36(8):2142-7.

80. Voorham JC, De Wachter S, Van den Bos TWL, Putter H, Lycklama à Nijeholt GA, Voorham - van der Zalm PJ. The effect of EMG biofeedback assisted pelvic floor muscle therapy on symptoms of the overactive bladder syndrome in women: A randomized controlled trial. *Neurourol Urodyn*. 2017;36(7):1796-803.

81. Chmielewska D, Stania M, Smykla A, Kwaśna K, Błaszczak E, Sobota G, et al. Bioelectrical activity of the pelvic floor muscles after 6-week biofeedback training in nulliparous continent women. *Acta Bioeng Biomech*. 2016;18(3):105-13.

82. Oakley SH, Ghodsi VC, Crisp CC, Estanol MV, Westermann LB, Novicki KM, et al. Impact of Pelvic Floor Physical Therapy on Quality of Life and Function after Obstetric Anal Sphincter Injury: A Randomized Controlled Trial. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*. Jul-Aug 2016;22(4):205-13.

83. Luginbuehl H, Lehmann C, Baeyens JP, Kuhn A, Radlinger L. Involuntary reflexive pelvic floor muscle training in addition to standard training versus standard training alone for women with stress urinary incontinence: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2015;16(1):524.

84. Stania M, Chmielewska D, Kwaśna K, Smykla A, Taradaj J, Juras G. Bioelectrical activity of the pelvic floor muscles during synchronous whole-body vibration - A randomized controlled study Voiding dysfunction. *BMC Urol*. 2015;15(1).

85. Botelho S, Martinho NM, Silva VR, Marques J, Carvalho LC, Riccetto C. Virtual reality: a proposal for pelvic floor muscle training. *Int Urogynecol J*. 2015;26(11):1709-12.
86. Botelho S, Martinho NM, Silva VR, Marques J, Alves FK, Riccetto C. Abdominopelvic kinesiotherapy for pelvic floor muscle training: a tested proposal in different groups. *Int Urogynecol J*. 2015;26(12):1867-9.
87. Alves FK, Riccetto C, Adami DBV, Marques J, Pereira LC, Palma P, et al. A pelvic floor muscle training program in postmenopausal women: A randomized controlled trial. *Maturitas*. 2015;81(2):300-5.
88. Özengin N, Yıldırım NÜ, Duran B. A comparison between stabilization exercises and pelvic floor muscle training in women with pelvic organ prolapse. *Turk J Obstet Gynecol*. 2015 Mar;12(1):11-17
89. Pauls RN, Crisp CC, Novicki K, Fellner AN, Kleeman SD. Pelvic floor physical therapy: Impact on quality of life 6 months after vaginal reconstructive surgery. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*. 2014;20(6):334-41.
90. Mohktar MS, Ibrahim F, Mohd Rozi NF, Mohd Yusof J, Anom Ahmad S, Su Yen K, et al. A quantitative approach to measure women's sexual function using electromyography: A preliminary study of the Kegel exercise. *Med Sci Monit*. 2013;19:1159-66.
91. Pauls RN, Crisp CC, Novicki K, Fellner AN, Kleeman SD. Impact of physical therapy on quality of life and function after vaginal reconstructive surgery. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*. 2013;19(5):271-7.
92. Crisp CC, Vaccaro CM, Estanol MV, Oakley SH, Kleeman SD, Fellner AN, et al. Intra-vaginal diazepam for high-tone pelvic floor dysfunction: A randomized placebo-controlled trial. *Int Urogynecol J*. 2013;24(11):1915-23.
93. Madill SJ, Pontbriand-Drolet S, Tang A, Dumoulin C. Effects of PFM rehabilitation on PFM function and morphology in older women. *Neurourol Urodyn*. 2013;32(8):1086-95.
94. Marques J, Botelho S, Pereira LC, Lanza AH, Amorim CF, Palma P, et al. Pelvic floor muscle training program increases muscular contractility during first pregnancy and postpartum: Electromyographic study. *Neurourol Urodyn*. 2013;32(7):998-1003.
95. Luginbuehl H, Lehmann C, Gerber R, Kuhn A, Hilfiker R, Baeyens JP, et al. Continuous versus intermittent stochastic resonance whole body vibration and its effect on pelvic floor muscle activity. *Neurourol Urodyn*. 2012;31(5):683-7.
96. Resende APM, Stüpp L, Bernardes BT, Oliveira E, Castro RA, Girão MJBC, et al. Can hypopressive exercises provide additional benefits to pelvic floor muscle training in women with pelvic organ prolapse? *Neurourol Urodyn*. 2012;31(1):121-5.
97. Stüpp L, Magalhães Resende AP, Oliveira E, Castro RA, Castello Girão MJB, Ferreira Sartori MG. Pelvic floor muscle training for treatment of pelvic organ prolapse: An assessor-blinded randomized controlled trial. *Int Urogynecol J*. 2011;22(10):1233-9.
98. Bakar Y, Özdemir ÖC, Özengin N, Duran B. The use of extracorporeal magnetic innervation for the treatment of stress urinary incontinence in older women: A pilot study. *Arch Gynecol Obstet*. 2011;284(5):1163-8.

99. Piassarolli VP, Hardy E, Andrade NFd, Ferreira NdO, Osis MJD. [Pelvic floor muscle training in female sexual dysfunctions]. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2010;32(5):234-40.
100. Kaya S, Akbayrak T, Beksaç S. Comparison of different treatment protocols in the treatment of idiopathic detrusor overactivity: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2011;25(4):327-38.
101. Gentilcore-Saulnier E, McLean L, Goldfinger C, Pukall CF, Chamberlain S. Pelvic floor muscle assessment outcomes in women with and without provoked vestibulodynia and the impact of a physical therapy program. *J Sex Med.* 2010;7(2 Pt 2):1003-22.
102. Pintos-Díaz MZ, Parás-Bravo P, Alonso-Blanco C, Fernández-de-las-peñas C, Paz-Zulueta M, Cueli-Arce M, et al. The use of disposable tampons as visual biofeedback in pelvic floor muscle training. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(12):2143.
103. Dornowski M, Sawicki P, Vereshchaka I, Piernicka M, Błudnicka M, Worska A, et al. Training-Related Changes of EMG Activity of the Pelvic Floor Muscles in Women with Urinary Incontinence Problems. *Neurophysiology.* 2018;50(3):215-21.
104. Erica C, Nazete A, Samaria C, Aluizio F, Leila B, Stefanie M, et al. The effect of intravaginal electrical stimulation on the quality of life and changes in function and anatomy of pelvic floor in women with stress urinary incontinence. *Postepy Rehabilitacji.* 2012;26(1):5-11.
105. Alves FK, Adami DBV, Marques J, Pereira LC, Riccetto C, Botelho S. Inserção de um programa de treinamento dos músculos do assoalho pélvico na Atenção Básica í Saúde para mulheres na pós-menopausa. *Fisioterapia Brasil.* 2016;17(2):131-9.
106. Aranyiné Molnár T, Szabó K, Rázsó K, Presznerne Domján A, Szűcs M, Surányi A, et al. Alternatív tréningmódszer hatása a medencefenék izomzatra. *NŐVÉR.* 2019;32(4):3-10.
107. Shin DC, Shin SH, Lee MM, Lee KJ, Song CH. Pelvic floor muscle training for urinary incontinence in female stroke patients: A randomized, controlled and blinded trial. *Clin Rehabil.* 2016;30(3):259-67.
108. Bedekar N. Pelvic floor muscle activation during singing: a pilot study. *Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Women's Health.* 2012;110:27-32.
109. Donahoe-Fillmore B, Chorny W, Jayne Brahler C, Ingley A, Kennedy J, Osterfeld V. A comparison of two pelvic floor muscle training programs in females with stress urinary incontinence: A pilot study. *Journal of Applied Research.* 2011;11(2):73-83.
110. Wang S, Zhang S. Simultaneous perineal ultrasound and vaginal pressure measurement prove the action of electrical pudendal nerve stimulation in treating female stress incontinence. *BJU Int.* 2012;110(9):1338-43.
111. Ptaszkowski K, Malkiewicz B, Zdrojowy R, Paprocka-Borowicz M, Ptaszkowska L. The Prognostic Value of the Surface Electromyographic Assessment of Pelvic Floor Muscles in Women with Stress Urinary Incontinence. *J Clin Med.* 2020;9(6):1967.
112. Liu YJ, Ting SWH, Hsiao SM, Huang CM, Wu WY. Efficacy of bio-assisted pelvic floor muscle training in women with pelvic floor dysfunction. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2020;251:206-11
113. Miguel TP, Laurienzo CE, Faria EF, Sarri AJ, Castro IQ, Affonso RJ, et al. Chemoradiation for cervical cancer treatment portends high risk of pelvic floor dysfunction. *PLoS ONE.* 2020;15(6):e0234389.

114. Pereira-Baldon VS, de Oliveira AB, Padilha JF, Degani AM, Avila MA, Driusso P. Reliability of different electromyographic normalization methods for pelvic floor muscles assessment. *Neurourol Urodyn.* 2020;39(4):1145-51.
115. Ballmer C, Eichelberger P, Leitner M, Moser H, Luginbuehl H, Kuhn A, et al. Electromyography of pelvic floor muscles with true differential versus faux differential electrode configuration. *Int Urogynecol J.* 2020;31(10):2051-9.
116. Oleksy Ł, Wojciechowska M, Mika A, Antos E, Bylina D, Kielnar R, et al. Normative values for Glazer Protocol in the evaluation of pelvic floor muscle bioelectrical activity. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(5):e19060.
117. Navarro Brazález B, Sánchez Sánchez B, Prieto Gómez V, De La Villa Polo P, McLean L, Torres Lacombe M. Pelvic floor and abdominal muscle responses during hypopressive exercises in women with pelvic floor dysfunction. *Neurourol Urodyn.* 2020;39(2):793-803.
118. Martinho N, Botelho S, Nagib A, Jales RM, Turel F, Caagbay D, et al. Four-dimensional translabial ultrasound concordance with digital palpation and surface electromyography during dynamic pelvic floor muscles assessment: A cross-sectional study. *Neurourol Urodyn.* 2020;39(1):403-11.
119. Koenig I, Eichelberger P, Leitner M, Moser H, Kuhn A, Taeymans J, et al. Pelvic floor muscle activity patterns in women with and without stress urinary incontinence while running. *Ann Phys Rehabil Med.* 2020;63(6):495-9.
120. Prudencio CB, Rudge MVC, Pinheiro FA, Sartorão Filho CI, Nunes SK, Pedroni CR, et al. Negative impact of gestational diabetes mellitus on progress of pelvic floor muscle electromyography activity: Cohort study. *PLoS ONE.* 2019;14(11):e0223261.
121. Scharschmidt R, Derlien S, Siebert T, Herbsleb M, Stutzig N. Intraday and interday reliability of pelvic floor muscles electromyography in continent woman. *Neurourol Urodyn.* 2020;39(1):271-8.
122. Yang X, Zhu L, Li W, Sun X, Huang Q, Tong B, et al. Comparisons of Electromyography and Digital Palpation Measurement of Pelvic Floor Muscle Strength in Postpartum Women with Stress Urinary Incontinence and Asymptomatic Parturients: A Cross-Sectional Study. *Gynecol Obstet Invest.* 2019;84(6):599-605.
123. Bussey MD, Aldabe D, Ribeiro DC, Madill S, Woodley S, Hammer N. Is Pelvic Floor Dysfunction Associated With Development of Transient Low Back Pain During Prolonged Standing? A Protocol. *Clin Med Insights Womens Health.* 2019;12:1179562X19849603.
124. Ptaszkowski K, Zdrojowy R, Ptaszkowska L, Bartnicki J, Taradaj J, Paprocka-Borowicz M. Electromyographic evaluation of synergist muscles of the pelvic floor muscle depending on the pelvis setting in menopausal women: A prospective observational study. *Gait Posture.* 2019;71:170-6.
125. Aljuraifani R, Stafford RE, Hall LM, Hodges PW. Activity of Deep and Superficial Pelvic Floor Muscles in Women in Response to Different Verbal Instructions: A Preliminary Investigation Using a Novel Electromyography Electrode. *J Sex Med.* 2019;16(5):673-9.
126. Dornowski M, Makar P, Sawicki P, Wilczyńska D, Vereshchaka I, Ossowski Z. Effects of low- vs high-volume swimming training on pelvic floor muscle activity in women. *Biol Sport.* 2019;36(1):95-9.

127. Lúcio A, Lourenço CB, Damasceno BP, De Moraes Lopes MHB, D'Ancona CAL. The Effect of Pelvic Floor Muscle Contraction on Detrusor Overactivity Pressure in Neurogenic and Nonneurogenic Women during Urodynamic Study: A Cross-Sectional Study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2019;98(4):275-9.
128. Aljuraifani R, Stafford RE, Hall LM, van den Hoorn W, Hodges PW. Task-specific differences in respiration-related activation of deep and superficial pelvic floor muscles. *J App Physiol* (1985). 2019;126(5):1343-51.
129. Brandt C, Janse van Vuuren EC. An international classification of function, disability and health (Icf)-based investigation of movement impairment in women with pelvic organ prolapse. *S Afr J Physiother*. 2019;75(1):472.
130. Leitner M, Moser H, Eichelberger P, Kuhn A, Radlinger L. Pelvic floor muscle activity during fast voluntary contractions in continent and incontinent women. *Neurourol Urodyn*. 2019;38(2):625-31.
131. Hannan-Leith MN, Dayan M, Hatfield G, Lalumière ML, Albert AY, Brotto LA. Is Pelvic Floor sEMG a Measure of Women's Sexual Response? *J Sex Med*. 2019;16(1):70-82.
132. Sartori DVB, Gameiro MO, Kawano PR, Yamamoto HA, Guerra R, Domingues MAC, et al. Impact of vulvovaginal atrophy on pelvic floor muscle strength in healthy continent women. *Int J Urol*. 2019;26(1):57-61.
133. Liu YJ, Wu WY, Hsiao SM, Ting SWH, Hsu HP, Huang CM. Efficacy of pelvic floor training with surface electromyography feedback for female stress urinary incontinence. *Int J Nurs Pract*. 2018;24(6):e12698.
134. Dewaele P, Deffieux X, Villot A, Billecocq S, Amarenco G, Thubert T. Effect of body position on reflex and voluntary pelvic floor muscle contraction during a distraction task. *Neurourol Urodyn*. 2018;37(8):2695-2701.
135. Saeuberli PW, Schraknepper A, Eichelberger P, Luginbuehl H, Radlinger L. Reflex activity of pelvic floor muscles during drop landings and mini-trampolining-exploratory study. *Int Urogynecol J*. 2018;29(12):1833-40.
136. Bocardi DAS, Pereira-Baldon VS, Ferreira CHJ, Avila MA, Beleza ACS, Driusso P. Pelvic floor muscle function and EMG in nulliparous women of different ages: a cross-sectional study. *Climacteric*. 2018;21(5):462-6.
137. Macêdo LC, Lemos A, A. Vasconcelos D, Katz L, Amorim MMR. Correlation between electromyography and perineometry in evaluating pelvic floor muscle function in nulligravidas: A cross-sectional study. *Neurourol Urodyn*. 2018;37(5):1658-66.
138. Naess I, Bø K. Can maximal voluntary pelvic floor muscle contraction reduce vaginal resting pressure and resting EMG activity? *Int Urogynecol J*. 2018;29(11):1623-7.
139. Moser H, Leitner M, Eichelberger P, Kuhn A, Baeyens JP, Radlinger L. Pelvic floor muscle activity during jumps in continent and incontinent women: an exploratory study. *Arch Gynecol Obstet*. 2018;297(6):1455-63.
140. Začesta V, Rezeberga D, Plaudis H, Drusany-Staric K, Cescon C. Could the correct side of mediolateral episiotomy be determined according to anal sphincter EMG? *Int Urogynecol J*. 2018;29(10):1501-7.

141. Karahan N, Arslan H, Çam Ç. The behaviour of pelvic floor muscles during uterine contractions in spontaneous and oxytocin-induced labour. *J Obstet Gynaecol*. 2018;38(5):629-34.
142. Ithamar L, de Moura Filho AG, Benedetti Rodrigues MA, Duque Cortez KC, Machado VG, de Paiva Lima CRO, et al. Abdominal and pelvic floor electromyographic analysis during abdominal hypopressive gymnastics. *J Bodyw Mov Ther*. 2018;22(1):159-65.
143. Thibault-Gagnon S, Auchincloss C, Graham R, McLean L. The temporal relationship between activity of the pelvic floor muscles and motion of selected urogenital landmarks in healthy nulliparous women. *J Electromyogr Kinesiol*. 2018;38:126-35.
144. Koenig I, Luginbuehl H, Radlinger L. Reliability of pelvic floor muscle electromyography tested on healthy women and women with pelvic floor muscle dysfunction. *Ann Phys Rehabil Med*. 2017;60(6):382-6.
145. Navarro Brazález B, Torres Lacomba M, de la Villa P, Sánchez Sánchez B, Prieto Gómez V, Asúnsolo del Barco Á, et al. The evaluation of pelvic floor muscle strength in women with pelvic floor dysfunction: A reliability and correlation study. *Neurourol Urodyn*. 2018;37(1):269-77.
146. Morin M, Binik YM, Bourbonnais D, Khalifé S, Ouellet S, Bergeron S. Heightened Pelvic Floor Muscle Tone and Altered Contractility in Women With Provoked Vestibulodynia. *J Sex Med*. 2017;14(4):592-600.
147. Baessler K, Metz M, Junginger B. Valsalva versus straining: There is a distinct difference in resulting bladder neck and puborectalis muscle position. *Neurourol Urodyn*. 2017;36(7):1860-6.
148. Halski T, Ptaszkowski K, Słupska L, Dymarek R, Paprocka-Borowicz M. Relationship between lower limb position and pelvic floor muscle surface electromyography activity in menopausal women: A prospective observational study. *Clin Interv Aging*. 2017;12:75-83.
149. Castro-Pardiñas MA, Torres-Lacomba M, Navarro-Brazález B. Muscle function of the pelvic floor in healthy and puerperal women and with pelvic floor dysfunction. *Actas Urol Esp*. 2017;41(4):249-57.
150. Leitner M, Moser H, Eichelberger P, Kuhn A, Radlinger L. Evaluation of pelvic floor muscle activity during running in continent and incontinent women: An exploratory study. *Neurourol Urodyn*. 2017;36(6):1570-6.
151. Lee J, Lee K, Song C. Determining the posture and vibration frequency that maximize pelvic floor muscle activity during whole-body vibration. *Med Sci Monit*. 2016;22:4030-6.
152. Segal S, Morse A, Sangal P, Hirsch N, Kohli N. Efficacy of FemiScan Pelvic Floor Therapy for the Treatment of Urinary Incontinence. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*. 2016;22(6):433-7.
153. Silva VR, Riccetto C, Martinho NM, Marques J, Carvalho LC, Botelho S. Training through gametherapy promotes coactivation of the pelvic floor and abdominal muscles in young women, nulliparous and continents. *International Braz J Urol*. 2016;42(4):779-86.
154. Luginbuehl H, Baeyens JP, Kuhn A, Christen R, Oberli B, Eichelberger P, et al. Pelvic floor muscle reflex activity during coughing – an exploratory and reliability study. *Ann Phys Rehabil Med*. 2016;59(5-6):302-7.

155. Sjö Dahl J, Gutke A, Ghaffari G, Strömberg T, Öberg B. Response of the muscles in the pelvic floor and the lower lateral abdominal wall during the Active Straight Leg Raise in women with and without pelvic girdle pain: An experimental study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2016;35:49-55.
156. McLean L, Normandeau C, Hodder J. The impact of state of bladder fullness on tonic and phasic activation of the pelvic floor muscles in women. *J Electromyogr Kinesiol*. 2016;27:60-5.
157. Vassimon FIA, Ferreira CHJ, Martins WP, Ferriani RA, de Andrade Batista RL, Bo K. Surface electromyography and ultrasound evaluation of pelvic floor muscles in hyperandrogenic women. *Int Urogynecol J*. 2016;27(4):587-91.
158. Ptaszkowski K, Paprocka-Borowicz M, Słupska L, Bartnicki J, Dymarek R, Rosińczuk J, et al. Assessment of bioelectrical activity of synergistic muscles during pelvic floor muscles activation in postmenopausal women with and without stress urinary incontinence: A preliminary observational study. *Clin Interv Aging*. 2015;23(10):1521-8.
159. Micussi MT, Freitas RP, Varella L, Soares EM, Lemos TM, Maranhão TM. Relationship between pelvic floor muscle and hormone levels in polycystic ovary syndrome. *Neurourol Urodyn*. 2016;35(7):780-5.
160. Micussi MT, Freitas RP, Angelo PH, Soares EM, Lemos TM, Maranhão TM. Evaluation of the relationship between the pelvic floor muscles and insulin resistance. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2015;8:409-13.
161. Micussi MT, Freitas RP, Angelo PH, Soares EM, Lemos TM, Maranhão TM. Is there a difference in the electromyographic activity of the pelvic floor muscles across the phases of the menstrual cycle? *J Phys Ther Sci*. 2015;27(7):2233-7.
162. Luginbuehl H, Naeff R, Zahnd A, Baeyens JP, Kuhn A, Radlinger L. Pelvic floor muscle electromyography during different running speeds: an exploratory and reliability study. *Arch Gynecol Obstet*. 2016;293(1):117-24.
163. Chmielewska D, Stania M, Sobota G, Kwaśna K, Błaszczak E, Taradaj J, et al. Impact of different body positions on bioelectrical activity of the pelvic floor muscles in nulliparous continent women. *BioMed Res Int*. 2015;2015:905897.
164. Næss I, Bø K. Pelvic floor muscle function in women with provoked vestibulodynia and asymptomatic controls. *Int Urogynecol J*. 2015;26(10):1467-73.
165. Pereira LC, Botelho S, Marques J, Adami DB, Alves FK, Palma P, et al. Electromyographic pelvic floor activity: Is there impact during the female life cycle? *Neurourol Urodyn*. 2016;35(2):230-4.
166. Steenstrup B, Giralte F, Bakker E, Grise P. Evaluation of the electromyography activity of pelvic floor muscle during postural exercises using virtual video games Wii Fit Plus®. *Analysis and perspectives in rehabilitation. Prog Urol*. 2014;24:1099-105.
167. Pereira VS, Hirakawa HS, Oliveira AB, Driusso P. Relationship among vaginal palpation, vaginal squeeze pressure, electromyographic and ultrasonographic variables of female pelvic floor muscles. *Braz J Phys Ther*. 2014;18(5):428-34.
168. Petricelli CD, Resende APM, Elito Júnior J, Araujo Júnior E, Alexandre SM, Zanetti MRD, et al. Distensibility and strength of the pelvic floor muscles of women in the third trimester of pregnancy. *BioMed Res Int*. 2014;2014:437867.

169. Burti JS, Hacad CR, Zambon JP, Polessi EA, Almeida FG. Is there any difference in pelvic floor muscles performance between continent and incontinent women? *Neurourol Urodyn*. 2015;34(6):544-8.
170. Halski T, Słupska L, Dymarek R, Bartnicki J, Halska U, Król A, et al. Evaluation of Bioelectrical Activity of Pelvic Floor Muscles and Synergistic Muscles Depending on Orientation of Pelvis in Menopausal Women with Symptoms of Stress Urinary Incontinence: A Preliminary Observational Study. *BioMed Res Int*. 2014;2014:274938.
171. Júnior EA, Jármy-Di Bella ZIK, Zanetti MRD, Araujo MP, Petricelli CD, Martins WP, et al. Assessment of pelvic floor of women runners by three-dimensional ultrasonography and surface electromyography. A pilot study. *Med Ultrason*. 2014;16(1):21-26.
172. Halski T, Ptaszkowski K, Słupska L, Dymarek R. The evaluation of bioelectrical activity of pelvic floor muscles depending on probe location: A pilot study. *BioMed Res Int*. 2013;2013:238312.
173. Wang L, Chen X, Li X, Gong Y, Li H, Tong X. The improvement of pelvic floor muscle function in POP patients after the Prolift procedure: Results from surface electromyography. *International Urogynecology Journal and Pelvic Floor Dysfunction*. 2013;24(10):1703-8.
174. Keshwani N, McLean L. A differential suction electrode for recording electromyographic activity from the pelvic floor muscles: Crosstalk evaluation. *J Electromyogr Kinesiol*. 2013;23(2):311-8.
175. Pereira LC, Botelho S, Marques J, Amorim CF, Lanza AH, Palma P, et al. Are transversus abdominis/oblique internal and pelvic floor muscles coactivated during pregnancy and postpartum? *Neurourol Urodyn*. 2013;32(5):416-9.
176. Botelho S, Pereira LC, Marques J, Lanza AH, Amorim CF, Palma P, et al. Is there correlation between electromyography and digital palpation as means of measuring pelvic floor muscle contractility in nulliparous, pregnant, and postpartum women? *Neurourol Urodyn*. 2013;32(5):420-3.
177. Auchincloss C, McLean L. Does the presence of a vaginal probe alter pelvic floor muscle activation in young, continent women? *J Electromyogr Kinesiol*. 2012;22(6):1003-9.
178. Frederice CP, Amaral E, De Oliveira Ferreira N. Urinary symptoms and pelvic floor muscle function during the third trimester of pregnancy in nulliparous women. *J Obstet Gynaecol Res*. 2013;39(1):188-94.
179. Soljanik I, Janssen U, May F, Fritsch H, Stief CG, Weissenbacher ER, et al. Functional interactions between the fossa ischioanal, levator ani and gluteus maximus muscles of the female pelvic floor: A prospective study in nulliparous women. *Arch Gynecol Obstet*. 2012;286(4):931-8.
180. Resende APM, Petricelli CD, Bernardes BT, Alexandre SM, Nakamura MU, Zanetti MRD. Electromyographic evaluation of pelvic floor muscles in pregnant and nonpregnant women. *Int Urogynecol J*. 2012;23(8):1041-5.
181. Batista RLA, Franco MM, Naldoni LMV, Duarte G, Oliveira AS, Ferreira CHJ. Biofeedback and the electromyographic activity of pelvic floor muscles in pregnant women. *Braz J Phys Ther*. 2011;15(5):386-92.
182. Knight S, Luft J, Nakagawa S, Katzman WB. Comparisons of pelvic floor muscle performance, anxiety, quality of life and life stress in women with dry overactive bladder compared with asymptomatic women. *BJU Int*. 2012;109(11):1685-9.

183. Frederice CP, Amaral E, Ferreira NO. [Urinary symptoms and the pelvic floor muscle function after delivery]. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2011;33(4):188-95.
184. Resende APM, Zanetti MRD, Petricelli CD, Castro RA, Alexandre SM, Nakamura MU. Effects of the Paula method in electromyographic activation of the pelvic floor: A comparative study. *Int Urogynecol J.* 2011;22(6):677-80.
185. Botelho S, Riccetto C, Herrmann V, Pereira LC, Amorim C, Palma P. Impact of delivery mode on electromyographic activity of pelvic floor: Comparative prospective study. *Neurourol Urodyn.* 2010;29(7):1258-61.
186. Capson AC, Nashed J, McLean L. The role of lumbopelvic posture in pelvic floor muscle activation in continent women. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011;21(1):166-77.
187. Madill SJ, Harvey MA, McLean L. Women with stress urinary incontinence demonstrate motor control differences during coughing. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(5):804-12.
188. Junginger B, Baessler K, Sapsford R, Hodges PW. Effect of abdominal and pelvic floor tasks on muscle activity, abdominal pressure and bladder neck. *Int Urogynecol J.* 2010;21(1):69-77.
189. Pimentel-Soares I, Sartorato Beleza AC, da Silva Corrêa M, Vieira Batista M, Driusso P. Long-term effect of first childbirth on pelvic floor muscle function: Cross-sectional study. *Clinical and Experimental Obstetrics and Gynecology.* 2019;46(4):630-4.
190. Silva MBC, Silva CM, Lucena RJRS, Alves GJ, Cavalcante EL, Moretti EC, et al., editors. *Rehabilitation Physiotherapy of the Perineum Muscle Through Virtual Reality.* IFMBE Proceedings; 2019.
191. Lemos AQ, Brasil CA, Alvares CM, Passos JCG, Lordêlo P, Sá KN. The relation of the pelvis and the perineal function in incontinent women: A neglected subject. *Neurourol Urodyn.* 2018;37(8):2799-809.
192. Steenstrup B, Delamare M, Aigueperse-Szmyd N. Évaluation de l'impact d'un déséquilibre postural sur l'activité sEMG automatique involontaire des muscles du plancher pelvien. Résultats et perspectives en rééducation. *Revue Sage - Femme.* 2017;16(6):357-64.
193. Ribeiro AM, Ferreira MN, dos Santos Ribeiro J, Pandochi H, Brito LGO. Physical therapy at anal incontinence secondary to sexual abuse. *Int J Colorectal Dis.* 2015;30(5):715-6.
194. Loving S, Thomsen T, Jaszczak P, Nordling J. Pelvic floor muscle dysfunctions are prevalent in female chronic pelvic pain: A cross-sectional population-based study. *Eur J Pain.* 2014;18(9):1259-70.
195. Santos da Silva SC, Coêlho Reis Júnior G, Costa de Almeida C, Vasconcelos Gouveia SS, de Moraes Gouveia GP. Análise eletromiográfica e da qualidade de vida na incontinência urinária. *Fisioter Bras.* 2017;18(5):608-15.
196. Moccellini AS, Rett MT, Driusso P. Existe alteração na função dos músculos do assoalho pélvico e abdominais de primigestas no segundo e terceiro trimestre gestacional? *Fisioterapia e Pesquisa.* 2016;23(2):136-41.
197. Lee K. Investigation of electromyographic activity of pelvic floor muscles in different body positions to prevent urinary incontinence. *Med Sci Monit.* 2019;25:9357-63.

198. Lee K. Activation of pelvic floor muscle during ankle posture change on the basis of a three-dimensional motion analysis system. *Med Sci Monit.* 2018;24:7223-30.
199. Noelting J, Eaton JE, Choung RS, Zinsmeister AR, Locke GR, Bharucha AE. The incidence rate and characteristics of clinically diagnosed defecatory disorders in the community. *Neurogastroenterology and Motility.* 2016;28(11):1690-7.
200. MocCellin AS, Rett MT, Driusso P. Electromyographic activity of the pelvic floor muscles in the third trimester: Comparison between primigravidae and secundigravidae. *Clin Exp Obstet Gynecol.* 2016;43(4):565-8.
201. Park H, Hwang B, Kim Y. The impact of the pelvic floor muscles on dynamic ventilation maneuvers. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(10):3155-7.
202. Chen X, Gong Y, Wu D, Li X, Li H, Tong X, et al. Pre- and postoperative evaluation of pelvic floor muscle function in POP patients using surface electromyography and digital palpation. *Neurourol Urodyn.* 2014;33(4):403-7.
203. Luginbuehl H, Greter C, Gruenenfelder D, Baeyens JP, Kuhn A, Radlinger L. Intra-session test-retest reliability of pelvic floor muscle electromyography during running. *Int Urogynecol J.* 2013;24(9):1515-22.
204. Schuld J, Kollmar O, Schlüter C, Schilling MK, Richter S. Normative values in anorectal manometry using microtip technology: A cohort study in 172 subjects. *International Journal of Colorectal Disease.* 2012;27(9):1199-205.
205. Stüpp L, Resende APM, Petricelli CD, Nakamura MU, Alexandre SM, Zanetti MRD. Pelvic floor muscle and transversus abdominis activation in abdominal hypopressive technique through surface electromyography. *Neurourol Urodyn.* 2011;30(8):1518-21.
206. Keshwani N, McLean L. State of the art review: Intravaginal probes for recording electromyography from the pelvic floor muscles. *Neurourol Urodyn.* 2015;34(2):104-12.
207. Auchincloss CC, McLean L. The reliability of surface EMG recorded from the pelvic floor muscles. *J Neurosci Methods.* 2009;182(1):85-96.
208. Auchincloss C, McLean L. Does the presence of a vaginal probe alter pelvic floor muscle activation in young, continent women? *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22(6):1003-9.
209. Barnhart KT, Izquierdo A, Pretorius ES, Shera DM, Shabbout M, Shaunik A. Baseline dimensions of the human vagina. *Hum Reprod.* 2006;21(6):1618-22.
210. Voorham-van der Zalm PJ, Pelger RC, van Heeswijk-Faase IC, Elzevier HW, Ouwerkerk TJ, Verhoef J, et al. Placement of probes in electrostimulation and biofeedback training in pelvic floor dysfunction. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2006;85(7):850-5.
211. Silva CRdea. Análise da reprodutibilidade de parâmetros no domínio da frequência do sinal EMG utilizados na caracterização da fadiga muscular localizada. *Motriz: Rev Educ Fis.* 2012;18(3):456-64.
212. Kupa EJ, Roy SH, Kandarian SC, De Luca CJ. Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. *J Appl Physiol (1985).* 1995;79(1):23-32.
213. Glazer HI, Hacad CR. The Glazer Protocol: Evidence-Based Medicine Pelvic Floor Muscle (PFM) Surface Electromyography (sEMG). *Biofeedback.* 2012;40(2):75-9.

- 214. Burden A. How should we normalize electromyograms obtained from healthy participants? What we have learned from over 25 years of research. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(6):1023-35.
- 215. Oleksy Ł, Mika A, Sulowska-Daszyk I, Rosłonec E, Kielnar R, Stolarczyk A. The Reliability of Pelvic Floor Muscle Bioelectrical Activity (sEMG) Assessment Using a Multi-Activity Measurement Protocol in Young Women. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(2):765.
- 216. De Luca CJ, Gilmore LD, Kuznetsov M, Roy SH. Filtering the surface EMG signal: Movement artifact and baseline noise contamination. *J Biomech.* 2010;43(8):1573-9.
- 217. Stegeman DF, Hermens HJ. Standards for surface electromyography: the European project "Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM)".

Appendix I: Search strategy for databases

Database	Search strategy (published in the past ten years). The search was carried out on September 9, 2020.	Records retrieved
EMBASE	(women AND ('pelvis floor muscle'/exp OR 'pelvic floor muscle' OR 'pelvis floor muscle') AND ('electromyography'/exp OR 'electric myography' OR 'electrical myography' OR 'electro myography' OR 'electro-myographic measurement' OR 'electromyographic measurement' OR 'electromyography' OR 'myography, electric' OR 'quantitative electromyography' OR 'surface electromyography'))	271
MEDLINE (PUBMED)	("women"[MeSH Terms] OR "women"[All Fields]) AND ("pelvic floor"[All Fields] OR "pelvic floor muscle"[All Fields]) AND (("electromyography"[MeSH Terms] OR "electromyography"[All Fields]) OR "surface electromyography"[All Fields] OR "electromyographic measurement"[All Fields] OR "quantitative electromyography"[All Fields])	179
SCOPUS	(TITLE-ABS-KEY (<i>women</i>) AND TITLE-ABS-KEY (" <i>pelvic floor</i> ") OR TITLE-ABS-KEY (" <i>pelvic floor muscle</i> ") AND TITLE-ABS-KEY (" <i>quantitative electromyography</i> ") OR TITLE-ABS-KEY (" <i>electromyographic measurement</i> ") OR TITLE-ABS-KEY (" <i>surface electromyography</i> ") OR TITLE-ABS-KEY (<i>electromyography</i>))	220
COCHRANE	("women"):ti,ab,kw AND ("pelvic floor" OR "pelvic floor muscle"):ti,ab,kw AND (electromyography OR "surface electromyography" OR "electromyographic measurement" OR "quantitative electromyography"):ti,ab,kw	114

CINAHL (EBSCO)	(women OR female) AND (pelvic floor OR pelvic floor muscles) AND (electromyography OR surface electromyography OR electromyographic measurement OR quantitative electromyography)	102
WEB OF SCIENCE	(women AND ("pelvic floor" OR "pelvic floor muscle"*) AND (electromyography* OR "surface electromyography" OR "electromyographic measurement" OR "quantitative electromyography"))	188

Appendix II: Studies ineligible following full text review

Reason for exclusion: *literature review.*

Singh N, Arya KN, Pervin A. Synergistic Action of Deep Abdominals and Pelvic Floor Muscles: Implication for Incontinence Management in Women. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy - An International Journal*. 2017;11(3).

Reason for exclusion: *did not assess PFM through sEMG*

Tandon HK, Stratton P, Sinaii N, Shah J, Karp BI. Botulinum toxin for chronic pelvic pain in women with endometriosis: A cohort study of a pain-focused treatment. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. 2019;44(9).

Segal S, Morse A, Sangal P, Hirsch N, Kohli N. Efficacy of FemiScan Pelvic Floor Therapy for the Treatment of Anal Incontinence. *Female Pelvic Medicine and Reconstructive Surgery*. 2018;24(5).

Hill A, Alappattu M. Quality-of-Life Outcomes Following Surface Electromyography Biofeedback as an Adjunct to Pelvic Floor Muscle Training for Urinary Incontinence: A Case Report. *Journal of Women's Health Physical Therapy*. 2017;41(2).

Elmelund M, Biering-Sørensen F, Due U, Klarskov N. The effect of pelvic floor muscle training and intravaginal electrical stimulation on urinary incontinence in women with incomplete spinal cord injury: an investigator-blinded parallel randomized clinical trial. *International Urogynecology Journal*. 2018;29(11).

Araujo CC, Marques ADA, Juliato CRT. The adherence of home pelvic floor muscles training using a mobile device application for women with urinary incontinence: A randomized controlled trial. *Female Pelvic Medicine and Reconstructive Surgery*. 2020;26(11).

Grant A, Dean S, Hay-Smith J, Hagen S, McClurg D, Taylor A, et al. Effectiveness and cost-effectiveness randomised controlled trial of basic versus biofeedback-mediated intensive pelvic floor muscle training for female stress or mixed urinary incontinence: Protocol for the OPAL (optimising pelvic floor exercises to achieve long-term benefits) trial mixed methods longitudinal qualitative case study and process evaluation. *BMJ Open*. 2019;9(2).

Hagen S, McClurg D, Bugge C, Hay-Smith J, Dean SG, Elders A, et al. Effectiveness and cost-effectiveness of basic versus biofeedback-mediated intensive pelvic floor muscle training for female stress or mixed urinary incontinence: Protocol for the OPAL randomised trial. *BMJ Open*. 2019;9(2).

Koenig I, Eichelberger P, Luginbuehl H, Kuhn A, Lehmann C, Taeymans J, et al. Activation patterns of pelvic floor muscles in women with incontinence while running: a randomized controlled trial. *International Urogynecology Journal*. 2021;32(2).

Kim H, Shim J, Kim B. Analysis of vaginal pressure and abdominal EMG according to delivery method during pelvic floor muscle contraction. *Journal of Physical Therapy Science*. 2012;24(1).

Lúcio A, D'Ancona CAL, Perissinotto MC, McLean L, Damasceno BP, De Moraes Lopes MHB. Pelvic floor muscle training with and without electrical stimulation in the treatment of lower urinary tract symptoms in women with multiple sclerosis. *Journal of Wound, Ostomy and Continence Nursing*. 2016;43(4).

Lak R, Amiri M, Abdollahi I, Biglarian A, Bazaz Behbahani R, Zargoosh M. Effect of Strength and Endurance Training on the Pelvic Floor Muscles in Women With Stress Urinary Incontinence. *Journal of Rehabilitation*. 2016;17(3).

Hacad CR, Glazer HI. The Glazer Intrapelvic Surface Electromyography (SEMG) Protocol in a Case of Male Urinary Incontinence and a Case of Female Hypoactive Sexual Desire Disorder. *Biofeedback*. 2012;40(2).

Tahan N, Arab AM, Vaseghi B, Khademi K. Electromyographic evaluation of abdominal-muscle function with and without concomitant pelvic-floor-muscle contraction. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2013;22(2).

Riley MA, Organist L. Streamlining biofeedback for urge incontinence. *Urologic nursing*. 2014;34(1).

Zhang Y, Timm GW, editors. 3D internal muscle activities imaging based on multichannel surface EMG recordings surface EMG-based muscle activities imaging technique. 2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, iCBBE 2010; 2010.

Zhang Y, Wang D, Timm GW. A three-dimensional muscle activity imaging technique for assessing pelvic muscle function. *Inverse Problems*. 2010;26(11).

Geanini-Yagüez A, Fernández-Cuadros ME, Nieto-Blasco J, Ciprián-Nieto D, Oliveros-Escudero B, Lorenzo-Gómez MF. Electromiography-biofeedback in the treatment of urinary incontinence and quality of life. *Rehabilitación*. 2014;48(1).

Lúcio AC, D'Ancona CAL, Lopes MHB, Perissinotto MC, Damasceno BP. The effect of pelvic floor muscle training alone or in combination with electrostimulation in the treatment of sexual dysfunction in women with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*. 2014;20(13).

Fomenko OY, Shelygin YA, Titov AY, Belousova SV. Standard characteristics of functional state of the rectal obturator muscles obtained from neurophysiological examination. *Nervno-Myshechnye Bolezni*. 2017;7(4).

Huebner M, Riegel K, Hinninghofen H, Wallwiener D, Tunn R, Reisenauer C. Pelvic floor muscle training for stress urinary incontinence: A randomized, controlled trial comparing different conservative therapies. *Physiotherapy Research International*. 2011;16(3).

Imhoff LR, Liwanag L, Varma M. Exacerbation of symptom severity of pelvic floor disorders in women who report a history of sexual abuse. *Archives of Surgery*. 2012;147(12).

Itza F, Zarza D, Salinas J, Teba F, Ximenez C. Turn-amplitude analysis as a diagnostic test for myofascial syndrome in patients with chronic pelvic pain. *Pain Research and Management*. 2015;20(2).

Wang S, Lv J, Feng X, Wang G, Lv T. Efficacy of Electrical Pudendal Nerve Stimulation in Treating Female Stress Incontinence. *Urology*. 2016;91.

Reason for exclusion: *did not meet the study population criteria (men)*

Stafford RE, Ashton-Miller JA, Constantinou C, Coughlin G, Lutton NJ, Hodges PW. Pattern of activation of pelvic floor muscles in men differs with verbal instructions. *Neurourology and Urodynamics*. 2016;35(4).

Reason for exclusion: *did not meet the study population criteria (children)*

Ladi Seyedian SS, Sharifi-Rad L, Ebadi M, Kajbafzadeh AM. Combined functional pelvic floor muscle exercises with Swiss ball and urotherapy for management of dysfunctional voiding in children: a randomized clinical trial. *European Journal of Pediatrics*. 2014;173(10).

Reason for exclusion: *EMG was associated with clinical examination or other specific equipment*

Kim KS, Seo JH, Kang JU, Song CG. Implementation of a multi-functional ambulatory urodynamics monitoring system based on newly devised abdominal pressure measurement. *Journal of Medical Systems*. 2010;34(6).

Both S, van Lunsen R, Weijenborg P, Laan E. A new device for simultaneous measurement of pelvic floor muscle activity and vaginal blood flow: A test in a nonclinical sample. *Journal of Sexual Medicine*. 2012;9(11).

Peng Y, He J, Khavari R, Boone TB, Zhang Y. Functional mapping of the pelvic floor and sphincter muscles from high-density surface EMG recordings. *International Urogynecology Journal*. 2016;27(11).

Dias N, Zhang C, Smith CP, Lai HH, Zhang Y. High-density surface electromyographic assessment of pelvic floor hypertonicity in IC/BPS patients: a pilot study. *International Urogynecology Journal*. 2021;32(5).

Dias N, Zhang C, Spitznagle T, Lai HH, Zhang Y. High-Density Surface Electromyography Assessment of Pelvic Floor Dysfunction in Women with Interstitial Cystitis/Bladder Pain Syndrome. *The Journal of urology*. 2020;204(6).

Charoenwong F, Charlanes A, Chesnel C, Menoux D, Motavasseli D, Tan E, et al. Evidence of sensory bladder inhibitor reflex. *Progres en Urologie*. 2018;28(10).

Xu DF, Qu CY, Ren JZ, Jiang HH, Yao YC, Min ZL, et al. Impact of tension-free vaginal tape procedure on dysfunctional voiding in women with stress urinary incontinence: Original Article: Clinical Investigation. *International Journal of Urology*. 2010;17(4).

Morin M, Gravel D, Bourbonnais D, Dumoulin C, Ouellet S, Pilon JF. Application of a new method in the study of pelvic floor muscle passive properties in continent women. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010;20(5).

Kirby AC, Nager CW, Litman HJ, Fitzgerald MP, Kraus S, Norton P, et al. Perineal surface electromyography does not typically demonstrate expected relaxation during normal voiding. *Neurourology and Urodynamics*. 2011;30(8):1591-6.

Bellucci CH, Wöllner J, Gregorini F, Birnböck D, Kozomara M, Mehnert U, et al. External urethral sphincter pressure measurement: An accurate method for the diagnosis of detrusor external sphincter dyssynergia? *PLoS ONE*. 2012;7(5).

Reason for exclusion: no information provided in the *Methods* section

Shelly B. Pelvic Muscle Exercises Using A Home Trainer for Pelvic Muscle Dysfunction: A Case Report. *Urologic nursing*. 2016;36(2).

Appendix III: Characteristics of included studies

Table 1. Descriptive numerical analysis regarding electrodes positioning and characteristics identified in the included studies (n=146).

T	Study population	Type of electrode	Electrode dimensions		Electrode's positioning (location and distance between electrodes)		Reference electrode	Volunteer's positioning
			Adhesive (n=20)	Probe (n=129)	Adhesive (n=20)	Probe (n=129)		
Clinical trial: n=47 (32.2%)	Pelvic floor dysfunction: n= 82 (56.2%) ¹⁷ , 18, 64–69, 72, 73, 76–80, 82, 83, 85–89, 91–93, 95–113, 115, 117–119, 122–124, 127, 129, 130, 133, 13 8, 139, 145–	Vaginal intracavitary probe: n= 118 (80.8%) 17, 20, 64–68, 70–72, 74–92, 94–100, 102, 103, 105–108, 111, 113–116, 118–126, 128–	3.8cm-diameter: n=1(5%) ¹⁹¹ 3.7cm-diameter: n= 2 (10%) 117, 137	Vaginal Life-Care Probe PR-02, Everyway medical instruments co. ltd, Taiwan (7.6cm x 2.8cm): n= 21 (16.2%) ¹⁷ , 66, 70–72, 74, 76, 81, 84, 90, 98, 100, 103, 111, 116, 124, 126, 148, 158, 163, 170	EAS (3-9h o'clock): n= 11 16, 18, 109, 112, 127, 131, 133, 134, 145, 190, 191 Distance: only 1 study reported the distance between electrode	Bipolar electrode with metallic plates positioned on the side (3-9h o'clock) and introduced 3-4cm inside of the vaginal canal: n=95 (73.6%) 16, 17, 66, 68, 70–76, 79, 81, 82, 84, 87,	ASIS: n=49 (33.5%) 16, 20, 64, 72, 75, 80, 81, 83, 84, 101, 111, 114, 115, 117, 119, 124, 135, 136, 139, 141, 142, 145, 149, 150, 154, 157-159, 160-163, 166, 167, 170, 172, 174, 177, 186, 187, 189, 190-192, 196, 197, 200, 201, 203	Supina com flexão de quadril e joelho: n=66 (45.2%) ¹⁶ , 18, 20, 65-67, 72, 75, 81, 84, 90, 94, 98-100, 102, 103, 105, 107, 109, 113, 14, 116, 117, 120, 130, 132, 136, 137, 138, 142, 143, 146, 149, 156, 159, 163-165, 167, 171, 175-191, 195-198, 200, 202, 203, 205 Lithotomy: n=19 (13%) ⁶⁴ , 70, 71, 74, 76, 79, 88, 97, 101, 111, 118, 121, 122, 126, 145, 148, 160, 161, 194

8%)	No pelvic floor dysfunction: n= 64 (43.8%)	Adhesive: n= 15 (10.3%)	n= 2 (10%)	Periform, Neen, UK (8cm x 3.4cm): n= 12 (9,3%)	s (2cm between poles) ¹²⁷	88,90–92,94– 96,98,100,102,103, 107,111,113,114,1 16,118,120,121,12 3–	Femoral trochanter: n=2 (1.3%) ¹⁴⁶	Standing: n=17 (11.6%) ^{17,83,95,115,119,1 34,135,139,144,147,150,154,15}
16- 18,20, 111- 205	16,20,70,71,74,75,81,84 ,87,90,114,116,120,121, 125,126,128,131,132,13 4–137,140– 144,148,151,153,154,15 6,157,160–163,166– 168,171,172,174– 177,179,180,184– 186,188– 190,192,196,201,203– 205	117,127,133,134,14 1,145,146,149,191, 195	Adhesive dimensions Not informed:	68,95,123,129,144,154,155,162,177 ,186,188, 203	Bulbocavernosus muscle / labia majora: n= 7	126,128,129,131,1 36,138,142– 144,148,151,153– 155,157–171,175– 179,181–186,188– 190,192–194,196– 16,101,131,13 7,141,190, 195	Tibia: n=2 (1.3%) ¹⁴⁴ Patella: n=1 (0.6%) ¹⁵⁶ Anterior region of abdome: n=1 (0.6%) ⁶⁷ Sacrum: n=1 (0.6%) ¹⁰²	8,162,170,172,192 Sitting: n=4 (2.7%) ^{124,125,128,201} Not informed: n=40 (27.3%) ^{68,69,73,77,78,80,8 2,85-87,89,91-} 93,96,104,106,108,110,112,123, 127,129,131,133,140,141,151- 153,155,157,166,168,169,173,1 74,193,199,204
	Estudos que utilizaram eletrodos adesivo e sonda intracavitária : n= 5 (3.4%) Estudos que não informaram:			AS 9572, Thought Technology Ltd, Canada (6.9cm x 2.7cm): n=8 (6,2%) 75,82,114,136,157,181,196,200 Stimpon, Innocept Biobedded Systems, Germany (7cm x 2.7cm): n=7 (5,4%) 83,115,119,130,135,139,150 Femiscan™	Distance: only 1 study reported the distance between electrodes (1cm between poles) ¹⁰¹	Tripolar electrode with metal plates positioned on the side and on posterior/anterior vaginal walls: n= 8 (6,2%) 83,115,119,130,13 5,139,150,172	Pubic symphysis: n=1 (0.6%) ¹⁸¹ Not informed: n=69 (47.2%) ^{17,18,65,66,68- 71,73,74,76-79,82,88- 91,92,93,96-100,103,104,106- 108,110,112,116,121- 123,125- 128,130- 134,138,143,147,148,151,152,15 5,164,169,171,173,178,179,182,1}	

n= 2 (1.4%) 69,104	(10cm x 2.5cm): n= 7 (5,4%) 101,106,152,173,174,187,202	Perineal central tendon: n=3 110,117,149	Electrodes with six vertical metal plates (Femiscan): n=6 (4.6%) 106,152,173,174,1	83,185,188,193,194,198,199,202, 204
	Miotec, Brazil (8.3cm x 2.8cm): n= 6 (4,6%) 16,79,113,120,142,190	Not informed: n=1 ¹⁴⁶ *Five studies adopted one of the following positions : probe, adhesive on labia majora and/or on EAS. ^{16,10} 1,131,137,190	n=2 (1,5%) 20,80 Circular plate electrodes: n=1 (0,7%) ¹⁴⁰ Not informed: n=17 (13.2%) 64,65,67,69,77,78,	
	T6050 - Thought Technology Ltd, Canada (10.3cm x 3.5cm): n= 4 (3,1%) 92,131,194,199			
	Chattanooga Group®, Chattanooga, USA (11cm x 1.3cm): n=1 (0.7%) ¹⁹³			
	Pathway Rectal, The Prometheus Group, Dover, NH (7cm x 3cm): n=1 (0,7%) ¹²¹			

Periform+, Neen, UK
(7.3cm x 3.2cm): n=1
(0,7%)⁷³

85,86,89,97,99,104
,108,122,132,147,1
56

Periprobe optima 3,
France (12cm x 7.5cm):
n= 1 (0,7%)¹⁷²

Ti1020 Tic
Medizintechnik GmbH
& Co. KG, Germany
(8cm x 2.5cm): n= 1
(0,7%)¹⁹²

Electrode dimensions
not provided: n= 29
(22,4%)

20,64,65,67,77,78,80,89,97,99,107,
108,122,125,128,132,137,138,140,1
43,147,151,156,179,182,189,197,19
8,204

Note: ASIS = anterior superior iliac spine; EAS = external anal sphincter; n = number of included studies.

Table 2. Descriptive numericla analysis regarding sEMG registration protocol in the included studies (n=146).

Electromyographic registration protocol					sEMG signal filtering		Equipment	
Number of repetitions - MVC	Muscle contraction duration in seconds	MVC registration value	Rest time between contractions in seconds	Assessment of pelvic floor muscles	Low Pass (Hz)	High Pass (Hz)	Notch (Hz)	
No specification regarding normalization by MVC: n=9	2 seconds: n=6 (4,1%) ^{113,157,181,193,196,200}	Mean of MVCs: n=65 (44.5%) ^{16,17,68,72,75,78,80,83,86-}	2 seconds: n=1 (0.7%) ¹⁸¹	Data normalized by MVC: n=82 (56.2%) ^{16-18,68,75,78,83,86-88,90,93-98,100,105,107,113,114,117,118,121,123-125,128-130,135-137,139,142,144,148,150-154,158-162,164-168,170-177,179-181,184-190,192,193,196-198,200-205}	250 Hz: n=4 (2.7%) ^{107,151,197,198}	6 Hz: n= 2 (1.4%) ^{71,74} 10 Hz: n=21 (14.4%) ^{66,72,83,107,115,116,123,130,137,144-}	50 Hz: n=2 (1.4%) ¹¹⁷	EMG System: n=44 (30.1%) ^{65,73,75,82,85-87,89,91,92,94,105,114,118,121,122,131,132,136,143,146,153,157,159-161,165-169,171,175,176,180-182,184,185,189,195,196,200,205}
	3 seconds: n=7 (4,8%) ^{16,68,129,152,177,190,201}	3,86- 88,94,98,100,107,113,114,117,118,120,121,124,125,128-130,135-	5 seconds: n=7 (4,8%) ^{17,124,148,158,170,172,197}	98,100,105,107,113,114,117,118,121,123-125,128-130,135-137,139,142,144,148,150-154,158-162,164-168,170-	375 Hz: n=1 (0.7%) ¹²⁹	30,137,144- 146,148,149,154,155,162,188,197,198,203	,145	
	5 seconds: n=41 (28.1%) ^{17,72,75,83,90,94,95,114,121,124,125,128,130,135-}	137,139,142,144,148,150-154,157,158,162,164-167,170-173,175-177,181,186-	6 seconds: n=1 (0.7%) ¹⁹²	177,179-181,184-190,192,193,196-198,200-205	400 Hz: n=2 (1.4%) ^{146,201}	19 Hz: n=1 (0.7%) ¹²⁹	60 Hz: n=4 (2.7%) ^{16,113,14}	Telemyo: n=26 (17.7%) ^{70,71,74,76,77,83,90,103,107,115,116,119,126,130,135,139,144,147,150,151,154,162,197,198,201,203}
	2 MVC: n=9 (6,2%) ^{83,128,130,135,144,150,154,162,203}	5 seconds: n=41 (28.1%) ^{17,72,75,83,90,94,95,114,121,124,125,128,130,135-}	10 seconds: n=11 (7.5%) ^{90,117,}	Glazer protocol: n=16 (11%) ^{65-67,69,72,74,81,111,116,12}	450 Hz: n=9 (6.2%) ^{93,101,143,148,156,167,186,189,202}	20 Hz: n=44 (30.1%) ^{16,75,81,84,87,93,94,101,105,113,114,117-120,125,128,135,136,139,142,143,150,153,156,157,159,160,161,163,165,167,168,175,176,180,181,184,186,191,196,200,201,205}	Not informed	Miotool: n=12 (8.2%) ^{16,79,99,113,120,127,137,142,178,183,190,191}

(37,7%) ^{16,68,} 72,75,86- 88,94,96- 98,100,105,107,11 3,114,117,118,129 ,136,137,139,142, 151-153,157,159- 161,164,165,167,1 68,171,173- 177,181,184- 187,189,190,193,1 96-198,200- 202,205	0,151,153,154,158, 162,165,170,172,17 4- 176,179,180,185,18 7- 189,197,198,203,20 4 6 seconds: n=1 (0.7%) ¹⁹² 10 seconds: n=1 (0.7%) ⁹³	The greatest MVC: n=10 (6.9%) ^{96,159-} 161,168,174,184, 193,200,205 Not informed: 71 (48.6%) ^{18,20} ,64-67,69- 71,73,74,76,77,7 9,81,82,84,85,89, 90- 93,95,97,99,101- 106,108- 112,115,116,119, 122,123,126,127, 131- 134,138,140,141, 143,145- 147,149,155,156,	12 seconds: n=1 (0.7%) ⁷⁸ 15 seconds: n=7 (4,8%) ^{83,130,} (4,8%) ^{83,130,} 135,139,150,154, 162 30 seconds: n=9 (6,2%) ^{16,159,} 160,161,180,184, 188,190,205 40 seconds: n=1 (0.7%) ⁷² 60 seconds: n=12	0,122,126,157,163,169,19 4 Protocol or specific activity: n=33 (22.5%) ^{20,64,71,73,76} ,79,80,82,84,91,92,101- 103,108,109,112,115,119, 127,131,133,138,140,145, 146,149,156,178,182,183, 191,195 Not informed: n=15 (10.3%) ^{70,77,85,89,99} ,104,106,110,132,134,141, 143,147,155,199	(36.3%) ^{16,18,} 66,71,72,74,75,81, 83,84,87,94,95,10 5,113-115,117- 120,123,127,130,1 34- 137,139,142,144,1 45,149,150,153- 155,157,159- 161,163,165,168,1 75,176,180,181,18 4,191,196,200,205 1000 Hz: n=11 (7.5%) ^{77,111,1} 24,125,128,147,15 8,162,170,188,203	25 Hz: n=1 (0.7%) ¹²⁷ 30 Hz: n=5 (3.4%) ^{18,77,134,147,189} 50 Hz: n=4 (2.7%) ^{111,124,158,170} 80 Hz: n=1 (0.7%) ¹⁵¹ Not informed: n=67 (45.9%) ^{17,20,64,65,67-70,73,76,78-} 80,82,85,86,88-92,95-100,102- 104,106,108-110,112,121,122,126,131- 133,138,140,141,152,164,166,169,171- 174,177-179,182,183,185,187,190,192- 195,199,202,204	med: 140 (95.9 %) ^{17,} 18,20,6 4- 112,11 4- 116,11 8- 141,14 3,144,1 47-205 Myotrace 400: n=4 (2.7%) ^{72,81,84,163} Phenix: n=2 (1.4%) ^{104,192} U-control - Thought Technology: n=2 (1.4%) ^{194,199} Femiscan: n=1 (0.7%) ¹⁵²	Delsys: n=8 (5.5%) ^{101,156,173,174,177,186,} 187,202 Myomed 932: n=7 (4,8%) ^{64,67,88,98,100,112,133} Myosystem 1400: n=7 (4,8%) ^{17,66,111,124,148,158,17} 0 Neurotrac: n=6 (4,1%) ^{68,102,129,138,164,172}
---	--	--	--	---	---	--	---	--

Not	n=88	163,169,178-	(8.2%) ^{75,95,1}	104,106,108-
informed:	(60.2%) ^{18,20,6}	180,182,183,188,	13,114,121,136,1	110,112,116,121,1
n=60	4-67,69-	191,194,195,199,	42,144,187,189,1	22,126,131-
(41,1%) ^{20,64-}	71,73,74,76-82,84-	204	96,198	133,138,140,141,1
67,69-	89,91,92,96-			52,164,166,169,17
71,73,74,76,77,79,	112,115-		120	1-174,177-
81,82,84,85,89,91,	120,122,123,126,12		seconds:	179,182,183,185,1
92,99,101-	7,131-		n=3	87,190,192-
104,106,108-	134,138,140,141,14		(2%) ^{96,97,173}	195,199,204
112,115,116,119,1	3,145-			
22,126,127,131-	147,149,155,156,15		180	
134,138,140,141,1	9-161,163,164,167-		seconds:	
43,145-	169,171,173,178,18		n=4	
147,149,155,156,1	2-		(2.7%) ^{86,87,1}	
63,169,178,182,18	184,186,191,194,19		18,153	
3,191,194,195,199	5,199,202,205			
			The rest	
			time was	
			twice the	
			contraction	
			time: n=1	
			(0.7%) ¹⁰⁵	
			Not	
			informed:	
			n=88	

Biopac: n=1 (0.7%)¹³⁴CP511: n=1 (0.7%)¹¹⁷Ultimum-EMG: n=1
(0.7%)¹²³MP36: n=1 (0.7%)¹⁸Trentadue: n=1
(0.7%)¹⁴⁰ME6000 EMG: n=1
(0.7%)¹⁵⁵Porti32: n=1 (0.7%)²⁰Haynl ST-2001M: n=1
(0.7%)¹⁷⁹Prometheus Pathway
NMR 400: n=1
(0.7%)¹⁰⁹

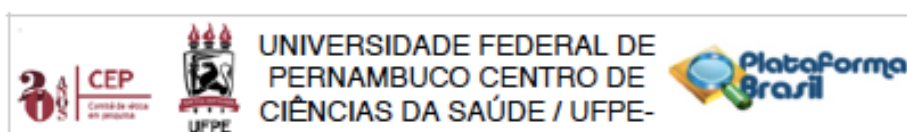
(60.3%)^{18,20,}
64-
71,73,74,76,77,79
-
82,84,85,88,89,91
-94,98-104,106-
112,115,116,119,
120,122,123,126-
128,131-
134,138,140,141,
143,145-
147,149,152,155-
157,163-
167,169,174-
178,182,183,186,
191,193-
195,199,200-203

Not informed: n=18

(12.3%)^{69,78,80,93,95-}
97,106,108,110,125,128,141,145,14
9,188,193,204

Note: MVC = maximum voluntary contraction; n = number of included studies.

ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DE PADRÕES PÉLVICOS DA FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA NOS MÚSCULOS DO ASSOALHO PÉLVICO

Pesquisador: Daniella Araújo de Oliveira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 81405917.4.0000.5208

Instituição Proponente: Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.546.842

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa da doutoranda Josepha Karinne de Oliveira Ferro, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento, sob orientação da Professora Dra. Daniella Araújo de Oliveira e coorientação da Profa. Dra. Andréa Lemos. É um ensaio clínico, triplo cego e randomizado com a participação de 70 voluntárias recrutadas no curso de Fisioterapia da UFPE. Esta amostra será subdividida em dois grupos: Grupo de Intervenção e Grupo Controle. Posteriormente será realizado um cálculo amostral utilizando o software GPower versão 3.1. Serão incluídas no estudo pessoas do sexo feminino, com idade entre 18 e 35 anos, hígida, na menarca, eutróficas, nulíparas e com avaliação funcional dos músculos do assoalho pélvico apresentando força muscular 3 da Escala de Oxford; Serão excluídas gestantes; com história de cirurgias prévias em região abdominal e/ou pélvica; doenças uroginecológicas e neuromusculares; vaginismo; aumento do tônus muscular perineal; constipação crônica; diabetes; doença do tecido conjuntivo; fissuras anais; hemorroidas ativas; disfunções osteomusculares em região pélvica (dor pélvica crônica, síndrome do piriforme, hiperlordose ou retificação lombar acentuada) e tabagistas. Inicialmente será aplicado um formulário semiestruturado para coletar dados sociodemográficos e clínico-ginecológicos. Em seguida será aplicado o Índice de Função Sexual Feminino (FSFI) para avaliar a função sexual, traduzido e validado para uso no Brasil; avaliação postural; registro da atividade eletromiográfica dos músculos do assoalho pélvico e abdominais. A intervenção e reavaliação da atividade eletromiográfica só será realizada no GI. Os

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepocs@ufpe.br

ANEXO B – REGISTRO NO *CLINICAL TRIALS*

ClinicalTrials.gov PRS
Protocol Registration and Results System

ClinicalTrials.gov PRS **DRAFT Receipt (Working Version)**

Last Update: 03/31/2018 21:11

ClinicalTrials.gov ID: NCT03484169

Study Identification

Unique Protocol ID: PNF in pelvic floor muscles

Brief Title: Effects of Pelvic Patterns of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation in the Pelvic Floor Muscles

Official Title: Effects of Pelvic Patterns of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation in the Pelvic Floor Muscles

Secondary IDs:

Study Status

Record Verification: March 2018

Overall Status: Recruiting

Study Start: March 1, 2018 [Actual]

Primary Completion: November 30, 2018 [Anticipated]

 **ERROR** : Anticipated Primary Completion Date cannot be in the past.

 **NOTE** : It is unusual for Primary Completion Date to be in the past for a study that has not finished recruiting.

Study Completion: November 30, 2019 [Anticipated]

Sponsor/Collaborators

Sponsor: Universidade Federal de Pernambuco

Responsible Party: Principal Investigator

Investigator: Josepha Karinne de Oliveira Ferro [jferro]

Official Title: PhD student

Affiliation: Universidade Federal de Pernambuco

Collaborators:

Oversight

U.S. FDA-regulated Drug: No

U.S. FDA-regulated Device: No

U.S. FDA IND/IDE: No

Human Subjects Review: Board Status: Approved

Approval Number: 81405917.4.0000.5208

Board Name: Ethics Research Committee

Board Affiliation: Federal University of Pernambuco

Phone: +558121268000

ANEXO C – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO ORIGINAL 1: ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF PELVIC FLOOR MUSCLES DURING THE EXECUTION OF PELVIC PATTERNS OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION-CONCEPT: AN OBSERVATIONAL STUDY

Wiley Authors | Submission

My Submissions

Journal: All Journals

Submission Status: All Submission Statuses

Neurourology and Urodynamics
Clinical Article

Electromyographic analysis of pelvic floor muscles during the execution of pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation-concept: an observational study

Submission Status: Submitted

Submitted On: 30 December 2021 by Karinne Ferro

Submission Started: 29 December 2021 by Karinne Ferro

This submission has been sent to the editorial office and cannot be edited. Further instructions will be emailed to you from Manuscript Central.

[View Submission Overview](#)

Need help choosing a journal?
We've put together some resources and tools to help you find the right journal for your research.

[Find a Journal](#)

[Privacy policy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Contact us](#) | [Help](#) | [Cookie Preferences](#)

Manuscript submitted to Neurourology and Urodynamics - karinneferro@gmail.com - Gmail

Caixa de entrada 720

Com estrela

Adiados

Importante

Enviados

Rascunhos 1

Categorias

Meet

Nova reunião

Participar de reunião

Hangouts

Karinne

andre pereira
Enviou 1 mens.

Manuscript submitted to Neurourology and Urodynamics

Neurourology and Urodynamics <no-reply@atypnrex.com> para mim

17:33 (há 4 minutos)

Dear Karinne Ferro,

Your manuscript entitled "Electromyographic analysis of pelvic floor muscles during the execution of pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation-concept: an observational study" has been successfully submitted online and is being delivered to the Editorial Office of *Neurourology and Urodynamics* for consideration.

You will receive a follow-up email with further instructions from our electronic editorial office platform, ScholarOne Manuscripts, typically within one business day. That message will confirm that the Editorial Office has received your submission and will provide your Manuscript ID.

Thank you for submitting your manuscript to *Neurourology and Urodynamics*

Sincerely,
The Editorial Staff at *Neurourology and Urodynamics*

By submitting a manuscript to or reviewing for this publication, your name, email address, and affiliation, and other contact details the publication might require, will be used for the regular operations of the publication, including, when necessary, sharing with the publisher (Wiley) and partners for production and publication. The publication and the publisher recognize the importance of protecting the personal information collected from users in the operation of these services and have practices in place to ensure that steps are taken to maintain the security, integrity, and privacy of the personal data collected and processed. You can learn more by reading our [data protection policy](#). In case you don't want to be contacted by this publication again, please send an email to neurorod@wiley.com.

ANEXO D – ARTIGO ORIGINAL 2: ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF TRANSVERSUS ABDOMINIS/INTERNAL OBLIQUE MUSCLES DURING THE EXECUTION OF PELVIC PATTERNS OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION

■ Avancos em Medicina 2021, Published online ■ e-ISSN 2676-0347
■ DOI: 10.52329/AvanMed.6



Original

Electromyographic analysis of transversus abdominis/internal oblique muscles during the execution of pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation

Josepha Karinne de Oliveira Ferro¹ 
José Vicente Pereira Martins² 
Bruna Rhayane da Cunha Melo Ribeiro¹ 
Thais de Siqueira Manta¹ 
Andrea Lemos¹ 
Keytte Camilla Souza de Amorim¹ 
Paulo José Moté Barboza³ 
Alberto Galvão de Moura Filho¹ 
Daniella Araújo de Oliveira¹ 

¹ Department of Physical Therapy, Health Sciences Center, Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

² Department of Physical Therapy, Health Sciences Center, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

³ Physical Therapist at Integrated Rehabilitation and Aquatic Therapy Center (CIRTA), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.



Josepha Karinne de Oliveira Ferro
Rua Amália Bernardino de Souza,
264, 1601 – Boa Viagem, Recife -
Pernambuco, 51021-150
Phone: +55 81 998058006
karinnferro@gmail.com

This article was edited by:
Marcelo Moraes Valença
Juliana Ramos de Andrade

Keywords:
Electromyography
Abdominal Muscles
Muscle Stretching Exercises
Proprioceptive Neuromuscular
Facilitation (PNF) Stretching

Abstract

Objective To evaluate the electromyographic response of the transversus abdominis/internal oblique muscles (TrA/IO) during the execution of the four pelvic patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF).

Methods Cross-sectional study. Were evaluated 21 women aged 18-38 years. The right TrA/IO complex, ipsilateral to the execution of a PNF combination of isotonics technique was monitored by surface electromyography. Three repetitions were performed with two-minute intervals between them in the four PNF pelvic patterns: anterior elevation, posterior depression, anterior depression, and posterior elevation. For the analysis of the electromyographic signal, a period of 500ms adjusted to the central value was extracted and the Root Mean Square amplitude was analyzed. Descriptive statistics and ANOVA test was used with a 95% confidence interval.

Results There was a higher TrA/IO activity in the concentric phase in the anterior elevation pattern ($36.2 \pm 32.3 \mu V$) when compared to previous depression ($19.5 \pm 12.9 \mu V$), posterior elevation ($16.1 \pm 8.7 \mu V$), posterior depression ($14.6 \pm 5.9 \mu V$). In addition, in the antero-elevation there is greater activation of the TrA/IO muscle complex when compared to the other patterns ($p < 0.01$).

Conclusion The higher EMG response of the TrA/IO found in the anterior elevation pattern reveals its usefulness for clinical use.

ANEXO E – ARTIGO DE PROTOCOLO DE REVISÃO DE ESCOPO: TECHNIQUES FOR REGISTRATION OF MYOELECTRIC ACTIVITY OF WOMEN'S PELVIC FLOOR MUSCLES: A SCOPING REVIEW PROTOCOL

SYSTEMATIC REVIEW PROTOCOL

Techniques for registration of myoelectric activity of women's pelvic floor muscles: a scoping review protocol

Josepha Karinne de Oliveira Ferro • Andrea Lemos • Alessandra Carolina de Santana Chagas • Alexa Alves de Moraes • Alberto Galvão de Moura Filho • Daniella Araújo de Oliveira

Department of Physical Therapy, Health Sciences Center, Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil

ABSTRACT

Objective: The objective of this review is to identify the most frequently used protocols for analyzing the myoelectric activity of the pelvic floor muscles during surface electromyography in women aged 18 years or older.

Introduction: Surface electromyography is normally used in assessment and treatment for research purposes when it is intended to quantitatively measure the electrophysiological behavior of the neuromuscular system. However, although there are internationally standardized, non-invasive assessment protocols for most muscle groups, there is no consensus for pelvic floor muscles, which makes it difficult to standardize in scientific research and clinical applicability.

Inclusion criteria: Studies that explore registration protocols and filtering parameters of surface electromyographic signals in women aged over 18 years old with or without pelvic floor dysfunction will be considered. Studies encompassing either electromyographic biofeedback as a treatment resource only or electroneuromyography (needle electrode) will be excluded.

Methods: Primary studies published in the previous 10 years in MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, CINAHL, and Cochrane Central databases will be included. The search will encompass descriptors registered in MeSH. The identified articles will be assessed for eligibility by two independent reviewers in three stages: evaluation by title, abstract, and full text. If there is any disagreement, a third reviewer will be consulted. Data will be extracted and organized in standardized spreadsheets. The results will be assigned to categories in order to facilitate the organization of a protocol with the most commonly used parameters for non-invasive assessment of myoelectric activity of pelvic floor muscles.

Keywords: electromyography; evaluated; female; pelvic floor muscles

JBI Evid Synth 2021; 19(3):727–733.

Introduction

The pelvic floor muscles (PFM), located in the lower pelvic compartment, are fundamental for the physiological functioning of gastrointestinal and urinary systems. They have a significant role in the urinary and fecal continence processes by supporting all abdominal and pelvic viscera, especially in orthostatic posture.^{1,2} Recent studies show that in addition to visceral functions, the pelvic floor is also related to maintaining body posture and respiratory function.^{3–5} Thus, a detailed clinical assessment with

reliable tools is essential in order to quantify and qualify muscle function.

Surface electromyography (sEMG) is an assessment tool capable of quantifying the neuromuscular system behavior through the excitation of motor units, thus it is a frequently applied resource in scientific research, with usability and clinical relevance.^{6–8} This electrophysiological register detects, through a non-invasive method, changes in polarity of the muscle fiber membrane as a result of neural excitation. The amplitude of the electromyographic signal refers to the myoelectric potential of muscle excitation, preceding muscle activation and, subsequently, strength production.⁶

Electromyography (EMG) is considered the gold standard for the detection and analysis of muscle excitation, and when related to the myoelectric activity

Correspondence: Josepha Karinne de Oliveira Ferro,

karinneferro@gmail.com

The authors declare no conflict of interest.

DOI: 10.11124/JBES-20-00159

JBI Evidence Synthesis

© 2021 JBI 727

© 2021 JBI. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

ANEXO F - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DA REVISÃO DE ESCOPO: TECHNIQUES FOR REGISTRATION OF MYOELECTRIC ACTIVITY OF WOMEN'S PELVIC FLOOR MUSCLES: A SCOPING REVIEW

JBI Evidence Synthesis

Techniques for registration of myoelectric activity of women's pelvic floor muscles: A scoping review --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Keywords:	Electromyography; Evaluated; Female; Pelvic floor muscles
Corresponding Author:	Karinne Ferro, MSc Universidade Federal de Pernambuco Recife, PE BRAZIL
Corresponding Author's Institution:	Universidade Federal de Pernambuco
Corresponding Author E-Mail:	karinneferro@gmail.com
First Author:	Karinne Ferro, MSc
Order of Authors:	Karinne Ferro, MSc Andrea Lemos Alessandra Chagas Alexa Moraes Alberto Moura Daniella Araújo
Manuscript Region of Origin:	BRAZIL

A manuscript number has been assigned to your JBI Evidence Synthesis submission



Caixa de entrada x



JBI Evidence Synthesis <em@editorialmanager.com>

seg., 29 de nov. 22:47



para mim

inglês > português Traduzir mensagem

Desativar para: inglês x

29 Nov 2021

Dear Karinne,

Your submission entitled "Techniques for registration of myoelectric activity of women's pelvic floor muscles: A scoping review" has been assigned the following manuscript number: JBIES-21-00441.

You may check on the progress of your paper at any time by logging on to Editorial Manager as an author.

<https://www.editorialmanager.com/jbies/>

Your username is: Karinne

<https://www.editorialmanager.com/jbies/l.asp?i=296834&l=W0DS8QKT>

Thank you for submitting your work to JBI Evidence Synthesis.

Sincerely,

Editorial office
JBI Evidence Synthesis