

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Paula Finatto

**Análise Neuromuscular e Cardiorrespiratória de Exercícios do Método Pilates
Clássico de Solo nos Níveis Básico, Intermediário e Avançado**

Tese de Doutorado

Porto Alegre

2019

Paula Finatto

**Análise Neuromuscular e Cardiorrespiratória de Exercícios do Método Pilates
Clássico de Solo nos Níveis Básico, Intermediário e Avançado**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como pré-requisito parcial para obtenção do título de doutorado acadêmico.

Orientadora: Prof. Dra. Cláudia Silveira Lima

Porto Alegre

Agosto de 2019

Dedico este trabalho como símbolo de batalha vencida ao meu irmão, Júnior, aos meus amigos Lucy, Caio e Taia. Por me abraçarem, me mostrarem o que é amizade e, acima de tudo, o que é amor. Com vocês e por vocês eu sou mais forte, que venha essa e outras alegrias e aventuras para dividirmos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha orientadora, Prof. Cláudia Lima, por acreditar em mim e no meu trabalho, por confiar no meu empenho, pelo incentivo, pela inspiração desde os tempos de graduação, pelo exemplo, pela amizade, pelos ensinamentos ao longo dos meus 12 anos como tua aluna na ESEFID. Obrigada pela rara oportunidade de pesquisar com liberdade, por ter paciência, por batalhar por mim, por sempre ser carinhosa e compreensiva ao longo dos altos e baixos do período do doutorado. Teu exemplo de trabalho duro pela faculdade, de prezar pelo correto, de encarar a vida de frente batalhando para vencer as adversidades foi um grande aprendizado.

Agradeço aos professores integrantes da banca avaliadora, referências e exemplos para mim, Profa. Isabel Sacco, Prof. Flávia Martinez e Prof. Eduardo Lusa Cadore por aceitarem o convite para fazerem parte desse momento e pelas contribuições tanto na qualificação, quanto na defesa. Ao Prof. Eduardo Cadore por todos os ensinamentos, contribuições, conselhos e amizade de longa data.

Aos meus orientadores que me trouxeram até aqui, Prof. Leonardo Tartaruga, Prof. Krueel e Prof. Cristine Lima Alberton, por terem visto potencial em mim no começo da graduação, por terem me proporcionado grandes aprendizados que fizeram minha formação acadêmica possível. Obrigada pelas oportunidades que foram fundamentais para que eu tivesse todas as ferramentas necessárias para conduzir este estudo.

À Profa. Aline Haas, muito obrigada por ser um norte dentro do Método Pilates, por me proporcionar a experiência de orientar monografias do curso de especialização, pelos conselhos e por todas as orientações na etapa inicial deste trabalho.

Aos funcionários do Lapex e Secretaria do PPG, em especial ao Luciano, Marli, Dani, Márcia e Ana, obrigada.

Agradeço aos meus colegas do Grupo GPCine, Fernanda, Anelize e Gabriela, por toda parceria e pela amizade. Aos colegas do Locomotion e GPAT pela sempre constante presença, por sempre me receberem de braços abertos, especialmente ao Henrique, amigo de todas as horas. Aos componentes da minha amostra, obrigada pela disponibilidade, comprometimento e pelos ótimos momentos. Maríndia, Renata e Mariah muito obrigada por serem mais do que amigas, mas equipe de coleta de dados.

Ao meu colega e amigo Edson Silva por toda a amizade, conversas, pelo apoio e disponibilidade em me ajudar. Tenho muito orgulho do pesquisador que tu és hoje, de um dia

ter te orientado e der ter podido aprender tanto contigo. Sermos colegas e colaboradores hoje é uma imensa alegria e imensa honra.

À minha amiga, colega de trabalho, parceira de coletas e orientanda Maríndia por sempre confiar em mim, pela amizade diária, pela paciência e apoio nas fases difíceis. Obrigada por acreditar em mim e investir comigo nos nossos sonhos pro futuro, obrigada por comprar comigo os desafios e por ser sempre um porto seguro.

À Voll Pilates por todas as oportunidades de crescimento profissional e parcerias. Obrigada à Adriana Coldebella pela parceria e por ceder as imagens deste trabalho.

Aos meus amigos, Renata, Maríndia, Andressa, Luíza, Cíntia, Marluce, César, Caio, Taia, Felipe, Letícia, Thiago, Benhur, Larissa, pela amizade constante, por me abraçarem nas fases mais difíceis, por me levantarem quando eu não podia estar de pé sozinha, por me darem força e propósito pra seguir em frente.

À Letícia e ao Thiago, obrigada por confiarem em mim e me permitirem ser parte dessa família. Obrigada por me ajudarem a acreditar em mim, pelo porto seguro e por escolherem me ter na vida de vocês quatro. Obrigada, amo vocês!

À Lucy, minha amiga dos tempos de colégio, com quem já dividi 50% dessa vida. Muito obrigada por estar do meu lado, por rir comigo, por encarar todas as aventuras, por escolher seguir essa jornada comigo, me guiar e guardar pra mim um lugar cheio de amor no teu abraço. Eu te amo minha amiga.

À minha amiga Renata, obrigada pelo amor que dividimos, pela lealdade que não precisa ser dita, pelo exemplo de mulher guerreira, por puxar minha orelha e sempre ver o melhor em mim. Obrigada por sempre para espantar o medo que insiste em aparecer.

À Taia, obrigada por toda amizade, carinho e ensinamentos. Obrigada por muitas vezes se dedicar a mim, por ser sempre um porto seguro, por compartilhar comigo esses anos em que nos descobrimos tanto e me receber sempre como uma irmã. Crescemos muito juntas e com a gente nossa amizade, obrigada!

Ao Caio dedico esse trabalho e a conclusão de muitos outros ao longo dos últimos 3 anos. Obrigada por estar sempre do meu lado, mesmo quando não foi tão fácil, pela amizade, pelos coselhos e todo o coaching de vida gratuito. Obrigada por todas as risadas, cumplicidade, por me levantar, por me deixar errar e estar lá pra me segurar.

Ao Benhur, obrigada pela amizade e por ser parte dessa família de amigos que escolhemos. Obrigada por sonhar a Muscular comigo, por toda a compreensão e força que tu me passas todos os dias. Obrigada por confiar em mim, por segurar as pontas e escolher seguir do meu lado por todos esses anos.

Ao meu amigo Paulo Zanesco, obrigada por estar presente mesmo estando em outro hemisfério, por fazer minha jornada mais fácil, pela amizade que nos fortalece e acalma.

Obrigada ao meu irmão Júnior por ser meu melhor amigo, por não desistir de mim e me apoiar sempre. Meu amor por ti não tem limites espero estar sempre a altura da pessoa incrível que tu és. Obrigada a minha cunhada Gisele por me receber como amiga e irmã, por me acolher e compreender. Agradeço ao Bruno pela amizade e carinho na fase final desse trabalho, fostes a força que eu precisava para começar a escrever (e viver), um novo capítulo.

Finalmente, agradeço aos meus pais, obrigada por acreditarem em mim, me desafiarem a ser sempre melhor e me incentivarem. Obrigada por serem meu exemplo, por cuidarem de mim e por me dar suporte e carinho para que eu possa realizar meus sonhos.

Todas as novas ideias são revolucionárias e, quando provadas por meio da aplicação prática, só é necessário tempo para que elas sejam desenvolvidas e se destaquem. Teorias tão diferenciadas simplesmente não podem ser ignoradas. Elas não podem ser deixadas para trás. (PILATES; MILLER, 1995).

RESUMO

Análise Neuromuscular e Cardiorrespiratória de Exercícios do Método Pilates Clássico de Solo nos Níveis Básico, Intermediário e Avançado

O objetivo do presente trabalho foi explorar o repertório de solo do Método Pilates (MP) do ponto de vista da intensidade. Para tanto, quatro artigos originais foram elaborados em busca de apresentar dados referentes às respostas neuromusculares durante a execução de 43 exercícios do repertório do MP de solo através de eletromiografia de superfície. O quinto artigo original, apresenta as respostas cardiorrespiratórias durante uma aula completa do MP de solo nos três níveis propostos originalmente: básico intermediário e avançado. O gasto energético foi calculado através dos valores de consumo de oxigênio. Os achados do presente estudo demonstraram que quando avaliadas as variações de um mesmo exercício, as respostas EMG nem sempre acompanham de forma progressiva a classificação original quando considerados os exercícios, *Hundred*, *Roll Up*, *Rolling Like a Ball*, *Single Leg Stretch*, *Double Leg Stretch*, *Single Straight Leg Stretch* e *Double Straight Leg Stretch* nas suas variações de nível básico intermediário e avançado. Ainda, o reto abdominal superior parece ter seu padrão de ativação influenciado pelo posicionamento dos membros superiores, enquanto o oblíquo interno, oblíquo externo e reto abdominal inferior seriam mais influenciados pela modificação da posição de membros inferiores. Ademais, o exercício *Hundred*, executado com quadril flexionado a 5 graus e joelhos estendidos, parece ser uma opção quando o objetivo for maior recrutamento dos músculos flexores da coluna e quadril ao mesmo tempo. Sob outro ponto de vista, exercícios com característica de rolamento parecem ser de intensidade moderada tanto para o músculo multífido quanto para os músculos oblíquo interno e externo. Em outra análise, os exercícios *Swan Dive*, *Swimming* e *Leg Pull Back* seriam mais indicados para potencializar a ativação muscular de multífido e bíceps femoral. Ainda, exercícios como *Kneeling Side Kick*, e *Side Kick I e II* seriam indicados para um maior desafio ao glúteo médio. Além disso, foi observado que o exercício *Shoulder Bridge* foi capaz de atingir níveis moderados de ativação muscular para multífido, bíceps femoral e glúteo médio simultaneamente. As aulas completas apresentam significativa progressão de intensidade, gasto energético e índice de esforço percebido entre os níveis básico, intermediário e avançado corroborando a classificação original. Os repertórios no nível intermediário e avançado seriam correspondentes à atividade física moderada e podem ser indicados como atividade complementar para o aumento do gasto energético semanal.

Palavras Chaves: eletromiografia, músculos abdominais, metabolismo energético

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Autora: Paula Finatto

Orientador: Prof. Dra. Cláudia Silveira Lima

Título da Tese: Análise Neuromuscular e Cardiorrespiratória de Exercícios do Método Pilates Clássico de Solo nos Níveis Básico, Intermediário e Avançado

Porto Alegre, 2019.

ABSTRACT

Neuromuscular and Cardiorespiratory Analysis of Classic Mat Pilates Exercises in Basic, Intermediate and Advanced Levels

The objective of this study was to analyze the intensity of Classic Mat Pilates exercises (PE). Therefore, four original manuscripts were written in order to present data related to neuromuscular responses during the execution of 43 PE. The fifth manuscript presents cardiorespiratory responses during a complete Mat Pilates class in three intensity levels originally proposed: basic, intermediate and advanced. The findings showed that when evaluating variations of a same exercise, EMG responses are not always progressive along the original classification for the Hundred, Roll Up, Rolling Like a Ball, Single Leg Stretch, Double Leg Stretch, Single Straight Leg Stretch and Double Straight Leg Stretch exercises in their intermediate and advanced variations. Still, the upper rectus abdominal muscle seems to be more influenced by the positioning of the upper limbs, while the internal oblique, external oblique and lower rectus abdominal would be more influenced by lower limbs position. In addition, the Hundred exercise, performed with a 5-degree flexed hip angle with extended knees, seems to be an option when the goal is a greater recruitment of the spine and hip flexor muscles at the same time. From another point of view, rolling mat PE characteristics seem to be more indicated when the objective of the rehabilitation or training program is to impact in a moderate level on the multifidus and spine flexor muscles. In another analysis, the Swan Dive, Swimming and Leg Pull Back exercises are indicated when seeking to enhance multifidus and biceps femoris muscle activation. Also, the Kneeling Side Kick, and Side Kick I and II would be a greater challenge to the gluteus medius muscle. In addition, it was observed that the Shoulder Bridge exercise was able to achieve moderate levels of muscle activation for multifidus, biceps femoris and gluteus medius simultaneously. For the cardiorespiratory variables, energy expenditure, oxygen consumption and rate of perceived exertion presented a significant progression according to the basic, intermediate and advanced levels, corroborating the original classification. The intermediate and advanced classes could be related to moderate physical activity and may be indicated as a complementary activity to increase weekly energy expenditure.

Keywords: energy expenditure, Electromyography, abdominal exercises, metabolic cost

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL POST-GRADUATION PROGRAM
ON HUMAN MOVEMENT SCIENCES

Author: Paula Finatto

Advisor: Dra. Cláudia Silveira Lima, PhD, PT.

Title: Neuromuscular and Cardiorespiratory Analysis of Classic Mat Pilates Exercises in
Basic, Intermediate and Advanced Levels

Porto Alegre, 2019.

LISTA DE FIGURAS

Revisão de Literatura

- Figura 1. Joseph Pilates aos 57 anos à esquerda e aos 82 anos à direita, usando os trajes que indicava para a prática de exercícios ao ar livre. Fonte: Google imagens.....27
- Figura 2. Os aparelhos *Wall Unit* e *Cadillac*. Fonte: Google imagens.....28
- Figura 3. Uma aula em grupo de *mat* Pilates ministrada por Joseph Pilates. Na foto a execução do *Teaser*, exercício de nível intermediário.....33
- Figura 4. Exercícios avaliados no estudo de Silva *et al.* (2013): *Leg Pull Front* (A), quarto exercício da série adicional, da série de Williams (B) e *Quadruped Exercise*, do *Spine Stabilization* (C). Adaptado de Silva *et al.* (2013).....38
- Figura 5. Imagem ilustrativa de duas execuções de um mesmo exercício do MP: *Leg Pull Front* adaptado na linha moderna (Silva *et al.*, 2013), sem classificação definida (A) e *Leg Pull Front* realizado conforme repertório avançado da linha clássica.....39
- Figura 6. Fases de execução dos exercícios *Swimming* (A), *Single Leg Kick* (B) e *Double Leg Kick* (C) no estudo de Menacho *et al.* (2010). Adaptado de Menacho *et al.* (2010)...36
- Figura 7. Valores dos níveis de ativação do músculo multífido, para os três exercícios do MP: *Swimming*, *Single Leg Kick* e *Double Leg Kick*. Adaptado de Menacho *et al.*, (2010).....40
- Figura 8. Imagem ilustrativa de duas execuções de um mesmo exercício do MP: *Crisscross* adaptado na linha moderna, sem classificação definida (A) e *Crisscross* realizado conforme repertório avançado da linha clássica (B).....43

Manuscrito Primeiro

- Figura 1. Basic, Intermediate and Advanced variations of the Hundred (A), Roll Up (B), Single Leg Stretch (C), Double Leg Stretch and Rolling Like a Ball exercises.....61
- Figura 2. Start Position, Intermediate and Advanced variations of the Double Straight Leg Stretch (A) and Single Straight Leg Stretch (B).....62

Manuscrito Segundo

- Figura 1. Performance of the Rolling Like a Ball basic.....87
- Figura 2. The seven Pilates exercises: A: Rolling Like a Ball basic. B: Open Leg Rocker. C: Rolling Like a Ball intermediate. D: The Seal. E: Rolling Like a Ball advanced. F: The Hundred basic. G: The Hundred Advanced.....89
- Figura 3. Comparison of the percentage electromyographic activation for the upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), internal oblique (IO), external oblique (EO), rectus femoris (RF) e multifidus (MS) muscles among the Rolling Like a Ball basics (RLBbas), Rolling Like a Ball intermediate (RLBint), Rolling Like a Ball advanced (RLBadv), Open Leg Recker (OLR), The Hundred basics (HDbas) and The Hundred advanced (HDadv) exercises. * Represents significant difference compared to HDadv and # represents significant difference compared to HDbas (p<0,05).....91

Manuscrito Terceiro

- Figura 1. Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Scissors* (A), *Bycicle* (B), *Jackknife* (C), *Seal* (D), *Rolling Like a Ball* (E) e *Open Leg Rocker* (F).....106
- Figura 2. Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Swimming* (A), *Swan Dive* (B), *Double Leg Kick* (C), *Single Leg Kick* (D), *Rocking* (E) e *Leg Pull* (F).....107
- Figura 3. Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Side Kick II* (A), *Side Kick I* (B) *Kneeling Side Kick* (C), *Side Bend* (D) e *Shoulder Bridge* (E).....108

Manuscrito Quarto

- Figura 1. Representação gráfica do consumo de oxigênio (VO₂) ao longo dos exercícios da sessão de teste para os níveis básico (vermelho), intermediário (verde) e avançado (azul).....131

Manuscrito Quinto

- Figura 1. Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Neck Pull* (A), *Leg Pull Front* (B), *Push Ups* (C), *Hip Twist* (D) e *Corkscrew* (E).....148
- Figura 2. Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Teaser* (A), *Roll Over* (B), *Roll Up* (C), *Double Leg Stretch* (D), *Single Leg Stretch* (E), *Hundred* (F) e *Jackknife* (G).....149
- Figura 3. Imagem ilustrativa da execução dos exercícios, *Double Straight Leg Stretch* (A), *Single Straight Leg Stretch* (B) e *Crisscross* (C).....143

LISTA DE TABELAS

Revisão de Literatura

Tabela 1. Percentual de ativação eletromiográfica em relação à CIVM de exercícios de Pilates de solo de acordo com a literatura pesquisada.....	45
---	----

Manuscrito Primeiro

Tabela 1. Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower Rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Hundred exercise.....	64
--	----

Tabela 2. Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Roll Up exercise.....	65
--	----

Tabela 3. Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Double Leg Stretch exercise.....	66
---	----

Tabela 4. Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Single Leg Stretch exercise.....	67
---	----

Tabela 5. Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Rolling Like a Ball exercise.....	68
--	----

Tabela 6. Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO),	
--	--

rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the intermediate and advanced variations for Single Straight Leg Stretch exercise.....69

Tabela 7. Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the intermediate and advanced variations for Double Straight Leg Stretch exercise.....70

Manuscrito Terceiro

Tabela 1. Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo multífido durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.....110

Tabela 2. Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo bíceps femoral durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.111

Tabela 3. Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo glúteo médio durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.112

Manuscrito Quarto

Tabela 1. Comparação entre os repertórios básico, intermediário e avançado para as variáveis gasto energético bruto (GE_{bruto}), gasto energético líquido ($GE_{líq}$), consumo de oxigênio (VO_2), percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$), frequência cardíaca média (FC), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$), percentual do segundo limiar ventilatório ($\%LV_2$) e índice de esforço percebido (IEP).....130

Manuscrito Quinto

- Tabela 1. Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo reto abdominal superior durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.....152
- Tabela 2. Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo reto abdominal inferior durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.....153
- Tabela 3. Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo oblíquo interno durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.....154
- Tabela 4. Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo oblíquo externo durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.....155
- Tabela 5. Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo reto femoral durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.....156

Anexo 1 - Comparação da CIVM pré e pós sessão

- Tabela 1. Comparação da ativação muscular durante a realização do teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) pré e pós nas 4 sessões de análise de exercícios do Método Pilates realizada através do teste de teste t-pareado ($\alpha = 0,05$) para os músculos reto abdominal superior (RAS), reto abdominal inferior (RAI), oblíquo externo (OE), oblíquo interno (OI), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF), glúteo médio (Gmed) e multífido (MS).....172

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Protocolo de exercícios e repetições (Reps) que compõem o repertório de Pilates clássico nos níveis básico, intermediário e avançado (PILATES; MILLER, 1995; COLDEBELLA; FINATTO 2019).....	128
---	-----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A: *Advanced*

B: *Basic*

BF: Bíceps Femoral

CIVM: Contração isométrica voluntária máxima

CO₂: Gás Carbônico

DLS: *Double Leg Stretch*

DSLS: *Double Straight Leg Stretch*

EMG: Eletromiográfico(a) ou *electromyography activation*

EO: *external oblique*

FC: Frequência cardíaca

FC_{máx}: Frequência cardíaca máxima

GE: Gasto energético

GE_{bruto}: Gasto energético bruto

GE_{líq}: Gasto energético líquido

G_{med}: Glúteo Médio

HD: *Hundred*

HD_{bas}: *Hundred basic*

HD_{int}: *Hundred intermediate*

HD_{adv}: *Hundred advanced*

I: *intermediate*

IEP: Índice de Esforço Percebido

IO: *Internal oblique*

LRA: *Lower rectus abdominaiis*

LV2: Segundo limiar ventilatório

MP: Método Pilates

MS: Multífido ou *Multifidus*

MVIC: *Maximum voluntary isometric contraction*

OLR: *Open Leg Rocker*

PM: *Pilates Method*

PE: *Pilates Exercise(s)*

Reps: Repetições

RF: Reto Femoral ou *Rectus Femoris*

RLBbas: *Rolling Like a Ball basic*

RLBint: *Rolling Like a Ball intermediate*

RLBadv: *Rolling Like a Ball advanced*

RMS: *Root mean square*

RU: *Roll up*

SLS: *Single Leg Stretch*

SSLS: *Single Leg Straight Stretch*

SENIAM: Surface electromyography for Non-Invasive Assessment of muscles

URA: *Upper rectus abdominis*

Ve: Ventilação

VCO_2 : Volume de gás carbônico

VO_2 : Consumo de oxigênio

$VO_{2máx}$: Consumo máximo de oxigênio

% $FCmáx$: Percentual da frequência cardíaca máxima

% $LV2$: Percentual do segundo limiar ventilatório

% $VO_{2máx}$: percentual do consumo máximo de oxigênio máximo

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	24
1.1	O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA	24
1.2	OBJETIVOS	26
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1	O MÉTODO PILATES: HISTÓRICO E SEUS PRINCÍPIOS	27
2.2	ATIVAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA DO MÉTODO PILATES DE SOLO	35
2.3	O GASTO ENERGÉTICO NO MÉTODO PILATES	47
3	REFERÊNCIAS	50
4	MANUSCRITO PRIMEIRO	56
	ABSTRACT.....	56
	INTRODUCTION	57
	MATERIALS AND METHODS	59
	Experimental Approach to the Problem.....	59
	Subjects	59
	Procedures.....	59
	Maximum amplitude of the electromyographic signal during MVIC	60
	Eletromyographic Evaluation During Exercises.....	61
	Data Analysis	63
	Statistical Analyses	64
	RESULTS	65
	DISCUSSION	72
	PRATICAL APLICATIONS	77
	ACKNOWLEDGMENTS	78
	REFERENCES	79
5	MANUSCRITO SEGUNDO.....	84
	ABSTRACT.....	84
	1. INTRODUCTION	85
	2. METHODS	86
	2.1 Participants.....	86
	2.2 Procedures.....	86
	2.3 Maximum amplitude of the electromyographic signal during MVIC	87
	2.4 Eletromyographic Evaluation During Exercises.....	88
	2.5 Data Analysis	90
	2.6 Statistical Analyses	90
	3. RESULTS	90
	4. DISCUSSION.....	92
	5. CONFLICT OF INTEREST	95
	6. ACKNOWLEDGMENTS	95
	7. REFERENCES	96
6	MANUSCRITO TERCEIRO	100
	RESUMO	100
	INTRODUÇÃO	101
	MATERIAIS E MÉTODOS	103
	Participantes.....	103

Procedimentos para Coleta de Dados	103
Amplitude Máxima do Sinal Eletromiográfico Durante a CIVM	104
Avaliação Eletromiográfica Durante os Exercícios	105
Análise de Dados	108
Análise Estatística.....	109
RESULTADOS.....	109
DISCUSSÃO	113
CONCLUSÃO	117
APLICAÇÃO PRÁTICA.....	117
REFERÊNCIAS.....	118
7 MANUSCRITO QUARTO.....	122
RESUMO	122
INTRODUÇÃO	123
MATERIAIS E MÉTODOS	125
Participantes.....	125
PROCEDIMENTOS	125
<i>Teste de Esforço Máximo em Esteira.....</i>	<i>126</i>
<i>Avaliação do Gasto Energético, Frequência Cardíaca e Índice de Esforço Percebido</i>	<i>127</i>
<i>Análise Estatística.....</i>	<i>129</i>
RESULTADOS.....	130
DISCUSSÃO	132
CONCLUSÃO	136
REFERÊNCIAS.....	137
8 MANUSCRITO QUINTO	140
RESUMO	140
INTRODUÇÃO	142
MATERIAIS E MÉTODOS	144
Participantes.....	144
Procedimentos para Coleta de Dados	145
Amplitude Máxima do Sinal Eletromiográfico Durante a CIVM	145
Avaliação Eletromiográfica Durante os Exercícios	147
Análise de Dados	150
Análise Estatística.....	151
RESULTADOS.....	151
DISCUSSÃO	157
CONCLUSÃO	162
REFERÊNCIAS.....	163
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	168
10 ANEXOS	171
10.1 ANEXO 1	171
10.2 ANEXO 2.....	172
10.2 ANEXO 3	176
10.3 ANEXO 4	178
10.4 ANEXO 5	179
10.5 ANEXO 6	180

1 APRESENTAÇÃO

1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

Atualmente o Método Pilates (MP) é uma modalidade muito popular devido aos inúmeros benefícios que vêm sendo relacionados à sua prática (BERTOLLA *et al.*, 2007; SEKENDIZ *et al.*, 2007; EYIGOR *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2010; KLOUBEC *et al.*, 2010; POSADZKI *et al.*, 2011). Entretanto, ao analisarmos a metodologia dos estudos intervencionais encontrados na literatura, o repertório clássico, proposto por Joseph Pilates, é pouco estudado, muito embora o programa criado preconiza sua exata reprodução (PILATES; MILLER, 1995) e seja hoje base para o planejamento das aulas. O método, na sua essência, foi dividido em três níveis de intensidade, principiante ou básico, intermediário e avançado, tendo um repertório específico com número de repetições, ordem e progressões pré-definidas para cada nível (PILATES; MILLER, 1995). Entretanto, não foram encontradas evidências que indiquem que as progressões propostas por Joseph Pilates, realmente apresentam incrementos de intensidade a cada nível. Nos estudos encontrados, quando existe a descrição do treinamento proposto, estes não apresentam um padrão na prescrição do MP, sendo utilizado diferentes organizações em relação à escolha dos exercícios e à progressão de cargas, não estando de acordo com o método proposto originalmente, o que faz com que os resultados encontrados sejam atribuídos à diferentes versões do método, dificultando à aplicação prática de seus achados.

Mais detalhadamente, na literatura pesquisada, pode-se observar a existência de três padrões de intervenção utilizando o MP: 1) Estudos que não descrevem a progressão e nem os exercícios utilizados no período de treinamento (EMERY *et al.*, 2010; JAGO *et al.*, 2010; PHROMPEAT *et al.*, 2010; ALTAN *et al.*, 2011); 2) Estudos que descrevem o treinamento e cuja metodologia de progressão de intensidade é empírica ou através de sensação subjetiva, embora ainda não exista validação dessa técnica para o MP (BERTOLLA *et al.*, 2007; JOHNSON *et al.*, 2007; CULLIGAN *et al.*, 2009; EYIGOR *et al.*, 2010; CRITCHLEY *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2015); 3) Estudos que utilizam propostas de progressão de escolas privadas do MP, sem que exista uma descrição detalhada dos exercícios escolhidos e seus incrementos de intensidade (SEGAL *et al.*, 2004; SEKENDIZ *et al.*, 2007).

Portanto, podemos observar que a reprodução das metodologias propostas se torna difícil devido à pouca ou nenhuma descrição de exercícios, progressões e controles de intensidade. Essa falta de consistência de metodologias de treinamento parece testar uma versão do MP a

cada estudo analisado, dificultando enormemente a reprodutibilidade das intervenções em busca dos benefícios advindos da prática do MP. Sendo assim, um treinamento proposto variado de uma técnica ainda pouco explorada, do ponto de vista do controle de intensidade e prescrição, pode levar a conclusões que não refletem de fato os benefícios à prática do MP na sua forma original. Explorar os exercícios de solo, base do MP, e entender os padrões de intensidade da técnica clássica é fundamental para estabelecer-se um programa de intervenção lógico com progressões adequadas e possibilitar variações da técnica de forma mais direcionada aos objetivos propostos.

Portanto, no atual cenário, o crescente volume de pesquisas científicas abordando os mais diversos vieses de uma intervenção utilizando o MP, sobrepõe-se aos poucos estudos que abordam aspectos relacionados à qualidade das metodologias de treinamento, especialmente em relação às progressões de intensidade presentes nos exercícios e repertórios do MP. Considerando que não foram encontrados na literatura estudos que abordassem parâmetros de volume de treinamento (i.e. intensidade, volume, frequência, intervalo); e ainda, os estudos encontrados utilizam diferentes variações do MP, o que indica existir um grande número de referenciais teóricos com limitações experimentais (GONZALVO *et al.*, 2010; BERNARDO, 2007).; há a necessidade de estudos que busquem elucidar parâmetros de base para a prescrição, entender como se comportam os exercícios e repertórios na sua forma clássica, para então procurar avaliar os efeitos da técnica, quando prescrita à luz de maiores informações.

Para tanto, torna-se importante estudar as relações de intensidade do MP em relação aos exercícios, isoladamente, e aos repertórios completos de aula. Assim, o presente estudo se propôs a realização de cinco trabalhos originais com avaliações neuromusculares e cardiorrespiratórias do repertório do MP de solo em suas variações de nível básico, intermediário e avançado a fim de contribuir para a prescrição do MP do ponto de vista da intensidade.

Os trabalhos serão apresentados em formato de artigos independentes tendo em vista futura submissão em periódicos revisados por pares. Parte do material apresentado aqui, dois trabalhos específicos, se encontra na língua Inglesa, formatado para publicação, para possibilitar à participação do Prof. Dr. Rafael F. Escamilla, do curso de Fisioterapia da California State University (Estados Unidos) local de realização do doutorado sanduíche. Aqueles que não contaram com a contribuição do Prof. Escamilla são apresentados em Português.

1.2 OBJETIVOS

Manuscrito 1: Comparar o percentual da ativação dos músculos reto abdominal superior e inferior, oblíquo interno e externo, reto femoral e multífido entre os níveis básico, intermediário e avançado dos exercícios *Roll Up*, *Single Leg Stretch*, *Double Leg Stretch*, *Hundred*, *Rolling Like a Ball*, *Double Straight Leg Stretch* e *Single Straight Leg Stretch*;

Manuscrito 2: Comparar o percentual de ativação dos músculos reto abdominal superior e inferior, oblíquo interno e externo, reto femoral e multífido entre os exercícios *Rolling Like a Ball* Básico, *Rolling Like a Ball* Intermediário, *Rolling Like a Ball* Avançado, *The Seal*, *Open Leg Rocker*, *The Hundred* básico e *The Hundred* avançado apresentando uma ordem de progressão entre eles;

Manuscrito 3: Comparar o percentual de ativação dos músculos multífido, bíceps femoral e glúteo médio durante a execução de 17 exercícios de solo do MP apresentando uma ordem de progressão entre eles.

Manuscrito 4: Comparar, entre os três diferentes níveis de intensidade: básico, intermediário e avançado, o gasto energético, índice de esforço percebido e as respostas cardiorrespiratórias de uma aula do MP clássico de solo.;

Manuscrito 5: Comparar o percentual de ativação dos músculos reto abdominal superior, reto abdominal inferior, oblíquo interno, oblíquo externo e reto femoral durante a execução de 15 exercícios de solo do Método Pilates, comumente utilizados para impactar sobre os flexores de quadril e coluna, apresentando-os de forma hierárquica e classificando-os de acordo com sua intensidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O MÉTODO PILATES: HISTÓRICO E SEUS PRINCÍPIOS

Joseph Humbertus Pilates dizia que o controle da mente seria o norteador para que uma pessoa pudesse alcançar a perfeição, através de preparação física e do desenvolvimento físico até altos níveis de força e beleza. A busca por esses ideais motivou o alemão Joseph Pilates a criar seu método, que batizou originalmente de *Contrologia*, e que hoje é conhecido mundialmente pelo nome de Método Pilates (PILATES; MILLER, 1995).

A Contrologia é um sistema ideal para transformar o corpo em um instrumento perfeito do desejo. É cineticamente apropriado, fisiologicamente bom e psicologicamente correto (...). Ela não somente desenvolve músculos do corpo, a flexibilidade dos membros e o funcionamento dos órgãos vitais e das glândulas endócrinas, mas também purifica a mente e desenvolve o desejo (PILATES; MILLER, 1995).

Nascido na Alemanha, em 1880 Joseph Pilates teve uma infância difícil, enfrentando inúmeros acometimentos à sua saúde. Entre eles, raquitismo, bronquite e febre reumática (LATEY, 2001; LANGE, 2000). Na época, o estilo de vida europeu foi impactado pela revolução industrial, tornando a rotina laboral cada vez mais sedentária e aumentando a população. Nessa época, grandes epidemias acometiam as cidades europeias sem que existisse ainda o desenvolvimento de antibióticos e vacinas desenvolvidas recentemente, na medicina moderna. Como forma de combater e prevenir tais doenças contagiosas era prática comum na Alemanha procurar centros de exercícios, normalmente praticando ginástica e Calistenia, métodos criados na época com o objetivo de promover a saúde pelo movimento. (LATEY, 2001). Inserido nesse contexto, o jovem Joseph Pilates procurou exercitar-se para que fosse possível reverter sua situação de saúde e, aos 14 anos, ele estava recuperado e atuando como modelo para livros de anatomia devido à sua excelente forma física e definição muscular (LATEY, 2001) (FIGURA 1).

Praticamente todas as doenças estão diretamente relacionadas a hábitos incorretos, que podem ser corrigidos apenas por meio de adoção imediata de hábitos corretos (naturais e normais) (PILATES; MILLER,1995).

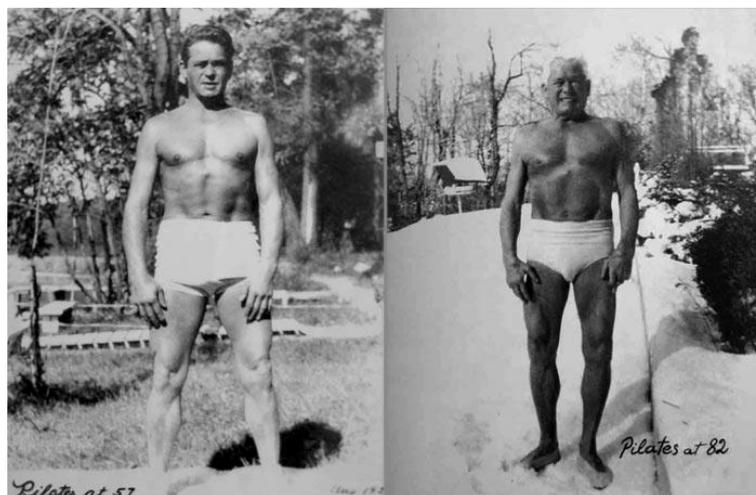


Figura 1: Joseph Pilates aos 57 anos à esquerda e aos 82 anos à direita, usando os trajes que indicava para a prática de exercícios ao ar livre.
Fonte: Google imagens.

Ao longo da vida Joseph Pilates sempre se interessou por atividades esportivas, como boxe e mergulho, além de diferentes métodos ginásticos, fazendo deles sua profissão. Com a chegada da Primeira Guerra Mundial Joseph foi exilado (LATEY, 2001; LANGE, 2000). No campo de concentração, ele aprimorou suas ideias sobre saúde e exercícios movido por sua indignação frente ao padrão de vida da sociedade na época. Ele acreditava que o interesse das empresas era manter uma sociedade doente, por meio de remédios ineficientes, e pela venda de estilo de vida que seria nocivo à saúde. Assim, ele acreditava e disseminava a ideia de que seria por meio de exercícios físicos que se encontraria o perfeito equilíbrio entre corpo e mente, a base para seu Método que estava sendo criado.

Nossas cadeiras, bancos, sofás e camas são desenhados com qualquer outro objetivo que não o de descansar, relaxar ou dormir – eles são, na realidade, a causa principal dos nossos numerosos hábitos posturais incorretos e prejudiciais, (...). Apenas por meio da aquisição de um equilíbrio perfeito entre corpo e mente uma pessoa pode apreciar o que realmente constitui uma saúde normal (PILATES; MILLER, 1995).

Com suas ideias fortes baseadas em métodos ginásticos europeus da época, como a calistenia e a ginástica, Joseph Pilates encorajou seus colegas no campo de refugiados a praticarem seu método de exercícios de solo (LATEY, 2001). Durante a epidemia de gripe, em 1918, nenhum dos refugiados morreu acometido pela doença. Na época, o fato foi atribuído aos exercícios de Joseph Pilates (FRIEDMAN; EISEN, 1980) que teriam fortalecido os praticantes melhorando sua saúde.

Mais tarde, com o final da guerra, Joseph Pilates foi transferido para a Ilha de Man, onde ajudou na reabilitação de feridos da guerra. Na ocasião, Pilates começou a experimentar formas de manter os doentes fisicamente ativos, embora acamados. Para tanto, ele prendia molas dos colchões às guardas das camas possibilitando aos feridos realizar exercícios contra a resistência das molas. Como resultado, Joseph Pilates notou que seus exercícios, realizados nas camas equipadas com molas, ajudavam na recuperação muscular dos pacientes (SPARROWE, 1994). Com base nessa experiência foram criados os aparelhos do Método, que usam as molas como forma de resistência, entre eles os mais conhecidos atualmente: *Cadillac* (FIGURA 2), *Reformer* e *Chair*.



Figura 2: Os aparelhos *Wall Unit* e *Cadillac*. Fonte: Google imagens.

Na época da Segunda Guerra Mundial, Joseph Pilates refugiou-se nos Estados Unidos. Lá ele batizou seu método de *Contrologia* e abriu o seu primeiro *Studio* (LATEY, 2001). Em 1934, Pilates escreveu suas duas obras, descrevendo suas visões do mundo e seu método. Em *Your Health* e *Return to life through Contrology*, Joseph Pilates critica o estilo de vida moderno e a curta expectativa de vida cheia de sofrimentos físicos e emocionais que via as pessoas passarem devido ao cotidiano, às preocupações e aos prejuízos a partir da grande crise de 1929. Tal cenário o preocupava como pode-se observar no seu livro (Pilates e Miller, 1995), “Sem o conhecimento, denominado *Contrologia*, a perfeição física que resulta em uma vida normal não

pode ser obtida, e a morte precoce não pode ser evitada”. Com o passar dos anos, seu método se tornou conhecido entre dançarinos e pode ser então difundindo em Nova Iorque.

O perfeito equilíbrio entre corpo e mente é aquela qualidade do homem civilizado que não apenas lhe dá superioridade em relação ao selvagem ou ao reino animal, mas também lhe fornece todos os poderes físicos e mentais que são indispensáveis para o alcance do objetivo do ser humana – *saúde e felicidade*. (PILATES; MILLER, 1995).

A *Contrologia* praticada por ele em seu *Studio* em Nova Iorque clamava por um controle total, de todos os movimentos musculares do corpo, capaz de desenvolver uniformemente o corpo, corrigir a má postura, restaurar a vitalidade física, revigorar a mente e elevar o espírito (PILATES; MILLER 1995). O método se baseava principalmente em uma correta respiração, que deve ser realizada a partir do movimento do peito mantendo o abdômen contraído durante todo o ciclo respiratório, Joseph Pilates acreditava que a respiração era o ponto de partida para uma boa saúde, segundo ele “a respiração é o primeiro e o último ato do ser humano”. Além disso, a correta organização da coluna vertebral seria um ponto chave. Segundo Joseph Pilates, uma coluna com curvaturas, não seria saudável e os adultos deveriam manter a coluna totalmente ereta, como a coluna de uma criança e que grande parte dos problemas de saúde da época, incluindo doenças cardíacas, seriam causados por má postura e respiração inadequada (Pilates; Miller, 1995). Os princípios de respiração e de manter uma postura adequada são até hoje seguidos durante as aulas, entretanto as curvaturas da coluna, que hoje sabemos ser fisiológicas (QUEIROZ *et al.*, 2010), são mantidas nas aulas. Ainda, ao descrever seus exercícios o autor enfatiza a necessidade de “enrolar” e “desenrolar” ao longo de movimentos de flexão e extensão da coluna vertebral o que auxiliaria nas ações de inspirar e expirar.

O verdadeiro controle do coração é resultado de uma respiração correta, que, simultaneamente, reduz a pressão do coração, purifica o sangue e desenvolve os pulmões. Para respirar corretamente, você deve inspirar e expirar completamente, sempre procurando “espremer” bem forte todos os átomos de ar impuro dos pulmões, da mesma maneira que torceria cada gota de água de um pano molhado. Quando você ficar em pé e ereto novamente, os pulmões automaticamente se encherão de ar fresco. Isso preenche a corrente sanguínea com a vitalidade do oxigênio necessário à vida. Além disso, a completa inspiração e expiração de ar

estimula todos os músculos a uma atividade muito maior (PILATES; MILLER, 1995).

Após a morte de Joseph Pilates em 1967 e a de Clara em 1977 o seu método foi descrito, dividido em exercícios de solo, ou *mat* em inglês – os primeiros a serem criados - e exercícios nos aparelhos. Além disso, seu método foi apresentado em forma de princípios (LATEY, 2001; MUSCOLINO; CIPRIANI, 2004; SEKENDIZ *et al.*, 2007). A correta execução e integração dos princípios é o que distingue o método Pilates de outros métodos de exercícios, para estar praticando a *Contrologia* é imperativo que se execute todos os princípios durante toda a aula (LATEY, 2001). Tais princípios são: controle e precisão, concentração, centralização ou *powerhouse*, respiração e fluidez (MUSCOLINO; CIPRIANI, 2004).

Concentre-se nos movimentos corretos *cada vez que executar os exercícios*, para que você não os faça de maneira inapropriada e perca todos os seus benefícios (PILATES; MILLER, 1995).

A centralização ou *powerhouse* é conhecido como a essência do método e representa a ativação constante da musculatura que compreende músculos presentes entre o assoalho pélvico e a parede diafragmática. A concentração seria o princípio que liga a mente ao corpo e indica o foco necessário para realizar os exercícios do método. Controle e precisão seria a capacidade de realizar movimentos concentrados e exatos, partindo de uma contração do *powerhouse*, permitindo então sua correta execução ao manter todos os princípios sendo realizados em conjunto. A respiração, amplamente descrita por Joseph Pilates, deve ser realizada em um ritmo adequado favorecendo a oxigenação sanguínea e a maior ativação do *powerhouse* (PILATES; MILLER, 1995). E por último a fluidez que representa a necessidade de realizar os movimentos de forma harmoniosa (MUSCOLINO; CIPRIANI, 2004).

A respiração preguiçosa converte os pulmões, de modo figurativo, em um cemitério para o depósito de germes doentes que estão morrendo ou que já estão mortos, ao mesmo tempo que fornece um porto ideal para a multiplicação de outros germes nocivos. Portanto, acima de tudo, aprenda a respirar corretamente. “*Aperte*” *cada átomo de ar de seus pulmões até que eles estejam tão vazios como um vácuo*. Fique de pé e ereto novamente e observe como seus pulmões automaticamente voltarão a se encher completamente de ar fresco. O impacto de tanto

oxigênio em sua corrente sanguínea pode, de início, natural e naturalmente resultar em uma leve sensação de tontura (...). No entanto, depois de alguns dias, essa sensação desaparecerá totalmente. (PILATES; MILLER, 1995)

O método de condicionamento que hoje chamamos de Pilates, ao analisarmos seus exercícios, alterna força e alongamento em um mesmo exercício ou em uma sequência deles, estando sempre presente ainda, estímulos posturais que levam ao alinhamento. O Método foi composto, primeiramente, somente por exercícios de solo, sendo a base da *Contrologia*, conforme Joseph Pilates descreveu (PILATES; MILLER, 1995). Os exercícios de solo, ou *mat*, como chamado em inglês, e adaptado ao português, deveriam ser realizados de acordo com os níveis básico, intermediário e avançado, em casa, seguindo com exatidão as instruções criadas por Joseph tendo como principal diferença entre os níveis diferentes posições de membros inferiores e superiores que alteram a mecânica do exercício, possivelmente aumentando a sobrecarga. Além disso, para a correta execução do método se deve realizar sua rotina de exercícios com o mínimo de roupas possível, até mesmo em dias de inverno, e à luz do sol (PILATES; MILLER, 1995).

A arte da *Contrologia* prova que o único guia real para a sua idade verdadeira não está nos anos ou em como você *acha* que se sente, mas como você, *de fato*, é. Isso é indicado pelo grau de flexibilidade natural e normal apresentado por sua coluna durante toda a vida. Se sua coluna é inflexivelmente dura aos 30 anos, você é velho; se ela é completamente flexível aos 60, você é jovem. (PILATES; MILLER, 1995)

Joseph Pilates criou sua rotina de exercícios como uma coreografia, ou um repertório, para praticar a *Contrologia* deve-se seguir uma ordem, número de repetições e progressões fixas e pré-definidas para cada exercício de cada nível. Segundo Pilates e Miller (1995), “se você realizar os exercícios da *Contrologia* com seriedade e regularidade, apenas quatro vezes por semana durante pelo menos três meses, verá seu corpo atingir o desenvolvimento ideal”. No entanto, o Método como originalmente proposto por Joseph Pilates não foi encontrado como forma de intervenção nos estudos científicos localizados para essa revisão. Isso ocorre por que atualmente o Método Pilates se subdivide em duas linhas a) a linha clássica ou de repertório e b) a abordagem moderna. A linha clássica reproduz exatamente o proposto por Joseph Pilates

em 1934, com número de repetições, ordem e progressões pré-estabelecidas sem permitir que sejam realizadas modificações que se adaptem à alunos com alguma desordem física. A Figura 3 ilustra uma aula em grupo ministrada por Joseph Pilates.

Nunca repita os exercícios selecionados mais do que o número de vezes prescrito, pois isso vai prejudicar mais do que ajudar, quando você, intencionalmente ou não, desconsiderar esse importante conselho e instrução. Por quê? Por que essa infração cria uma fadiga muscular “venenosa”. (PILATES; MILLER, 1995).

Em contraste, a abordagem moderna favorece o acesso dos mais diferentes tipos de indivíduos e suas limitações, se tornando uma modalidade quase universal. Para tanto, a abordagem moderna permite que o professor modifique os exercícios para adaptar o método ao aluno e selecione o número de repetições, ordem dos exercícios e quais exercícios são mais adequados para sua intervenção. Na linha moderna o método foi modificado à luz das novas descobertas científicas e entendendo princípios como a individualidade biológica. Em comum entre as duas linhas existe a valorização da qualidade em detrimento a quantidade de exercício. Vale salientar, que os estudos que utilizam a abordagem moderna como método de intervenção acabam por criar cada um sua própria versão do método no que se refere a repetições e forma de progressão ao longo do período de treinamento (SEGAL *et al.*, 2004; BERTOLLA *et al.*, 2007; JOHNSON *et al.*, 2007; SEKENDIZ *et al.*, 2007; CULLIGAN *et al.*, 2009; EMERY *et al.*, 2010; EYIGOR *et al.*, 2010; JAGO *et al.*, 2010; KLOUBEC *et al.*, 2010; MENACHO *et al.*, 2010; PHROMPEAT *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2010; ALTAN *et al.*, 2011; CRITCHLEY *et al.*, 2011; POSADZKI *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2015).



Figura 3: Uma aula em grupo de *mat* Pilates ministrada por Joseph Pilates. Na foto a execução do *Teaser*, exercício de nível intermediário.

Dessa forma, a periodização do treinamento se encontra limitada, pois não foram encontrados estudos que avaliassem a progressão de intensidade dos exercícios, ou repertórios, entre os níveis propostos por Joseph Pilates em que se pudesse basear os incrementos de intensidade em um programa de treinamento organizado. Nesse sentido, proponho nesse estudo a investigação da ativação eletromiográfica dos músculos primários dos exercícios que compõem o repertório do Pilates Clássico de solo, a fim de identificar a demanda muscular dos exercícios de acordo com sua classificação proposta por Joseph Pilates para embasar a prescrição desses exercícios dentro de um planejamento periodizado de exercícios. Além disso, proponho analisar o gasto energético de uma aula completa, executada em cada um dos três níveis de intensidade do repertório clássico a fim de identificar a demanda cardiorrespiratória em sessões completas do Método Pilates.

Siga as instruções exatamente como indicado, atento aos mínimos detalhes. Há uma razão! A *Contrologia* não é um sistema de exercícios aleatórios elaborados apenas para produzir músculos salientes. Pelo contrário, foi concebida e testada (por mais de 43 anos) com a ideia de exercitar correta e cientificamente todos os músculos de seu corpo, para melhorar a circulação sanguínea. (PILATES; MILLER, 1995).

2.2 ATIVAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA DO MÉTODO PILATES DE SOLO

O Método Pilates (MP) aplicado como atividade física, ou ferramenta de reabilitação, tem se tornando cada vez mais popular nos dias atuais (SEKENDIZ *et al.*, 2007). Porém, a produção científica abordando os mais diferentes aspectos do MP não segue o mesmo ritmo. Atualmente muitos estudos procuraram descrever os benefícios de um treinamento baseado no MP, principalmente da linha moderna, sob diversos aspectos da aptidão física, distúrbios posturais e patologias da coluna em diferentes populações (SEGAL *et al.*, 2004; BERTOLLA *et al.*, 2007; JOHNSON *et al.*, 2007; SEKENDIZ *et al.*, 2007; CULLIGAN *et al.*, 2009; EMERY *et al.*, 2010; EYIGOR *et al.*, 2010; JAGO *et al.*, 2010; KLOUBEC *et al.*, 2010; MENACHO *et al.*, 2010; PHROMPEAT *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2010; ALTAN *et al.*, 2011; CRITCHLEY *et al.*, 2011; POSADZKI *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Em contraste, existem poucos estudos disponíveis na literatura que abordem a estruturação do método e que criem algum embasamento teórico para a sua correta prescrição, especialmente em relação às progressões de intensidade e análise dos exercícios e repertórios nos diferentes níveis propostos originalmente por Joseph Pilates (MENACHO *et al.*, 2010; BARBOSA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015; BO-IN *et al.*, 2014; ANDRADE *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2017; BARBOSA *et al.*, 2018). Como foi concebido, a *Contrologia* é composta por três níveis de intensidade - básico, intermediário e avançado - com exercícios, ordem de execução, e repetições pré-definidas (PILATES; MILLER, 1995). As progressões entre os níveis, dos exercícios de solo, quando não há resistência de molas ou auxílio de aparelhos, são dadas através de modificações nas posições de membros superiores e inferiores a fim de gerar maior sobrecarga mecânica, principalmente aos músculos do *powerhouse*, devido ao aumento do torque resistente em exercícios de nível avançado, considerados complexos, como por exemplo, o *Teaser*, que envolve flexão de coluna e quadril com joelhos estendidos, simultaneamente (SACCO *et al.*, 2005).

Considerando os exercícios de solo, atualmente, ao montar um programa de treinamento, seja em pesquisas intervencionais ou no campo prático, as orientações para determinar a organização entre os micro e mesos ciclos de treinamento, em relação à intensidade e sobrecarga, tem sido baseada em informações empíricas, dadas por Joseph Pilates à seus discípulos ou encontradas em livros narrativos e apostilas de escolas privadas do Método que se baseiam na modificação da posição dos segmentos a fim de aumentar os braços de alavanca (SEGAL *et al.*, 2004; SEKENDIZ *et al.*, 2007). Além disso, existem estudos que utilizam a

sensação subjetiva dos participantes como critérios para determinar as intensidades de seu programa de treinamento (BERTOLLA *et al.*, 2007; JOHNSON *et al.*, 2007; CULLIGAN *et al.*, 2009; EYIGOR *et al.*, 2010; CRITCHLEY *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Porém, não foram encontrados estudos na literatura pesquisada que avaliassem a real progressão de intensidade entre os exercícios propostos para cada nível, o que possibilitaria uma melhor estruturação de um programa de treinamento, garantindo progressões reais de sobrecarga quando necessário. Tal informação se torna importante em um cenário em que cada vez um número maior de pessoas estão engajadas em aulas do MP com objetivos de ganhos de força muscular (SEKENDIZ *et al.*, 2007; MENACHO *et al.*, 2010), resistência muscular localizada (KLOUBEC *et al.*, 2010) entre outros, atribuídos à eficácia de seus princípios norteadores e exercícios diferenciados mas que poderiam ser comprometidos quando as aulas não seguem uma periodização elaborada corretamente.

Em vista disso, ao procurar estudos que abordam a intensidade dos exercícios pode-se primeiramente avaliar a influência da utilização dos princípios do MP. Após a busca na literatura, foram encontrados estudos que demonstram que a realização de exercícios com a execução da respiração e/ou centralização, sejam dos exercícios do MP ou exercícios convencionais, podem gerar maiores níveis de ativação muscular tanto na musculatura que compreende o *powerhouse*, quanto em músculos periféricos (BARBOSA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2015; ANDRADE *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2017). No estudo de Barbosa *et al.* (2013) foram avaliadas as ativações eletromiográficas dos músculos bíceps braquial e reto abdominal superior durante a flexão do cotovelo com e sem a execução do princípio de centralização. Foram avaliadas 10 mulheres jovens com experiência de no mínimo uma semana no MP. Como resultados os autores encontraram maiores ativações para os dois músculos avaliados na situação com centralização na fase excêntrica do movimento (bíceps braquial: 169,83% \pm 47,20; reto abdominal: 18,68% \pm 5,89), comparada à situação sem centralização (bíceps braquial: 147,01% \pm 47,24; reto abdominal: 14,26% \pm 5,56).

Segundo os autores os resultados poderiam ser explicados devido à maior estabilização que a contração dos músculos do tronco pode gerar aos movimentos distais. Além disso, uma maior concentração, princípio do MP, juntamente com a necessidade de contrair a musculatura do *powerhouse* e realizar a centralização gera uma maior demanda cognitiva que estaria relacionada à maior resposta neuromuscular. Recentemente, Barbosa *et al.*, (2017), demonstrou que o uso combinado da respiração do MP associada a execução da centralização também é

capaz de alterar o padrão de ativação da musculatura dos membros inferiores durante a realização dos exercícios de agachamento. Nesse trabalho, os músculos reto femoral, bíceps femoral e tibial anteriores apresentaram valores significativamente maiores quando comparada a execução tradicional à situação com o uso dos princípios do MP.

Mais especificamente sobre o princípio da respiração Barbosa *et al.* (2015) avaliou 19 mulheres sem experiência no MP ao realizarem a flexão da coluna em um *Step Barrel*, aparelho do MP, com a execução do princípio respiração e sem. Foram avaliados os músculos oblíquo interno/transverso abdominal, reto abdominal superior e reto abdominal inferior. Como resultados foi encontrado que na situação realizando a técnica de respiração do MP para o oblíquo interno/transverso abdominal existiu maior ativação muscular ($26,16 \pm 3,00$) quando comparado à situação sem a realização do princípio ($21,80 \pm 3,76$). Demonstrando a importância de manter este princípio padronizado durante a avaliação de exercícios do MP. Para o reto abdominal superior e inferior não foram encontradas diferenças significativas entre as duas situações. Segundo os autores uma maior amostra poderia talvez revelar tais diferenças.

Em uma avaliação mais ampla, incluindo a execução de todos os princípios, Andrade *et al.* (2015) avaliou a flexão da coluna em 4 situações distintas: 1) Sem princípios do MP em superfície estável; 2) Sem princípios do MP em superfície instável; 3) Com princípios do MP em superfície estável e 4) Com princípios do MP em superfície instável. A fim de não causar interferência nas situações realizadas sem princípios, os autores realizaram as coletas nesta ordem, explicando a técnica do MP entre as situações 3 e 4. Foram avaliadas 19 participantes realizando 3 repetições em cada situação. Como resultados, corroborando Barbosa *et al.* (2015), Andrade *et al.* (2015) não foram encontradas diferenças entre as situações com e sem princípios para o músculo reto abdominal. Para o iliocostal foi encontrada maior ativação nas situações com princípios comparados à sem princípios. Nesse estudo, não foram avaliados músculos abdominais mais profundos como o oblíquo externo e oblíquo interno que estariam mais fortemente ativos nos princípios de respiração e centralização, como nos demais estudos descritos (BARBOSA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2017). Além disso, o movimento realizado é um exercício de pequena amplitude de flexão da coluna e executado fora das variações propostas pelo MP o que pode ter influenciado nos resultados.

De uma maneira geral, baseado na literatura pesquisada pode-se observar que a execução dos princípios do MP pode influenciar na ativação eletromiográfica. Isso ocorre tanto na musculatura que compreende o *powerhouse* e estabilizadores da coluna (ANDRADE *et al.*,

2015; BARBOSA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2015), devido ao seu recrutamento voluntário associado à expiração forçada, quanto para musculaturas segmentares por uma maior concentração no movimento e estabilização distal realizada pela contração da musculatura do *powerhouse* (BARBOSA *et al.*, 2013).

Se assemelhando à proposta do presente estudo ao comparar diferentes exercícios e mais relevantes devido à avaliação de exercícios do MP executados seguindo a realização dos princípios, foram encontrados estudos que avaliaram e compararam os exercícios *Swimming* (MENACHO *et al.*, 2010; BO-IN *et al.*, 2014), *Single Leg Kick* (MENACHO *et al.*, 2010), *Double Leg Kick* (MENACHO *et al.*, 2010; BO-IN *et al.*, 2014), *Double Leg Stretch* (SILVA *et al.*, 2015), *Roll Up* (SILVA *et al.*, 2013), *Crisscross*, *Double Straight Leg Stretch* (SILVA *et al.*, 2015), *Coordenation* e *Footwork* (SILVA *et al.*, 2015) (TABELA 1). Porém, grande parte desses estudos modificou a execução dos exercícios em relação à linha clássica, e não apresentam considerações a respeito da classificação de intensidade dos exercícios propostos e, por vezes, utilizando amostra sem prática no MP executando exercícios de nível avançado, que exigiriam grande flexibilidade, força abdominal e controle lombar.

Em estudo que compara a ativação do multífido, direito e esquerdo durante a execução do *Leg Pull Front* (exercício do MP), com o quarto exercício da série adicional (Série de Williams) e com o *Quadruped Exercise (Spine Stabilization)* (FIGURA 4), Silva *et al.* (2013) encontraram maiores percentuais de ativação para o multífido esquerdo durante a execução do *Leg Pull Front*, com o membro inferior direito, na fase concêntrica ($25,5\% \pm 4$), quando comparado ao *Quadruped Exercise* com membro inferior direito ($p=0,004$) e o exercício da série de Williams ($p=0,002$). Para o multífido direito foram encontrados resultados semelhantes quando o *Leg Pull Front* foi realizado com o membro inferior esquerdo, na fase concêntrica ($23,7\% \pm 2$), quando comparado ao *Quadruped Exercise* com membro inferior direito ($p=0,002$), *Quadruped Exercise* com o membro inferior esquerdo ($p=0,002$) e o exercício da série de Williams ($p=0,003$).

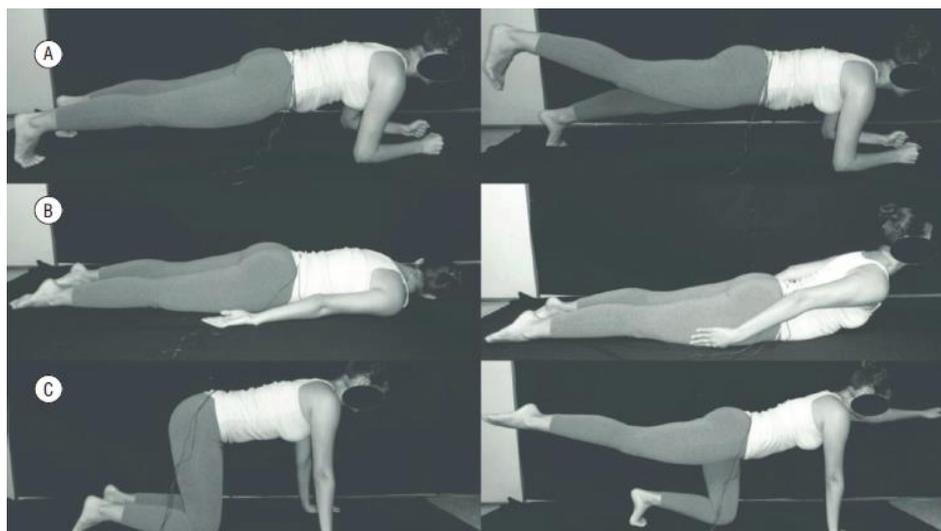


Figura 4: Exercícios avaliados no estudo de Silva *et al.* (2013): *Leg Pull Front* (A), quarto exercício da série adicional, da série de Williams (B) e *Quadruped Exercise*, do *Spine Stabilization* (C). Adaptado de Silva *et al.* (2013).

Em suma, os autores concluem que o *Leg Pull Front*, exercício do MP clássico, apresentou maiores percentuais de ativação para o multífido em comparação aos demais exercícios e que este deve ser introduzido em etapas mais avançadas de um programa de reabilitação lombar. Apesar dos seus resultados, o exercício *Leg Pull Front* é um exercício do nível avançado e, diferentemente do executado no estudo de Silva *et al.* (2013), a orientação é de realizá-lo com os cotovelos estendidos e as mãos apoiadas no solo (FIGURA 5). Além disso, a amostra do estudo foi composta por sedentários, sem prática na técnica do MP, e foram avaliadas executando um exercício de nível avançado, que exige grande força abdominal para manutenção da postura correta e integração dos princípios como um todo. Dessa forma, os resultados encontrados devem ser transferidos para a prática com cuidado, uma vez que ao avaliar uma amostra sedentária, sem experiência no MP pode comprometer a correta execução dos seus princípios e interferir no resultado encontrado (BARBOSA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2015; ANDRADE *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2017). Ainda, o exercício foi avaliado em uma modificação da linha moderna, que possivelmente diminui a demanda muscular dos músculos envolvidos.



Figura 5: Imagem ilustrativa de duas execuções de um mesmo exercício do MP: *Leg Pull Front* adaptado na linha moderna (Silva *et al.*, 2013), sem classificação definida (A) e *Leg Pull Front* realizado conforme repertório avançado da linha clássica.

Em relação a comparações somente entre exercícios do MP, Menacho *et al.*, (2010) foi pioneiro ao avaliar o percentual de ativação do multífido durante a execução dos exercícios do MP *Swimming*, *Single Leg Kick* e *Double Leg Kick* (FIGURA 6), todos realizados em decúbito ventral e com foco no fortalecimento dos extensores da coluna. Foram avaliadas 11 mulheres saudáveis que nunca praticaram o MP, o que pode influenciar a ativação muscular (BARBOSA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2015; ANDRADE *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2017), uma vez que existe uma prerrogativa de correta execução dos princípios, flexibilidade e controle lombar para que se possa executar adequadamente o exercício proposto.

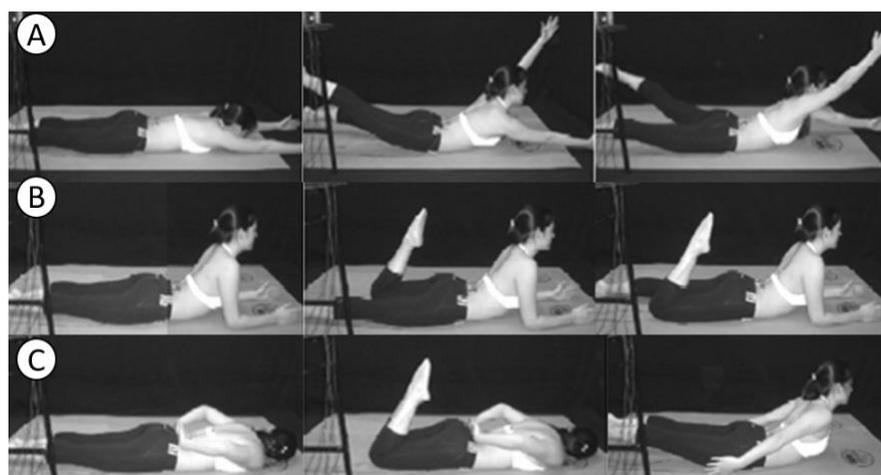


Figura 6: Fases de execução dos exercícios *Swimming* (A), *Single Leg Kick* (B) e *Double Leg Kick* (C) no estudo de Menacho *et al.* (2010). Adaptado de Menacho *et al.* (2010).

Os achados demonstram que o percentual de ativação variou entre 19% e 61% da CIVM entre os três exercícios, tendo o *Swimming* maiores valores ($61\% \pm 21$), seguido do *Double Leg*

Kick ($47\% \pm 21$) e tendo o *Single Leg Kick* a menor ativação ($19\% \pm 11$) em relação a CIVM (FIGURA 7). Embora não tenha sido explicitado no trabalho, o exercício *Swimming* é classificado como avançado, enquanto os outros exercícios avaliados são intermediários, fato este que pode ser observado nos resultados encontrados para o multífido. Entretanto, apesar do *Single Leg Kick* ser classificado como um exercício intermediário, esse apresenta um baixo percentual de ativação para o músculo analisado, e possivelmente poderia ser classificado como básico em uma revisão da classificação. Sob o ponto de vista da proposta do presente estudo, de que é necessário analisar a demanda muscular de acordo com os níveis propostos no MP clássico, que hoje são utilizados como parâmetro para planejamento de aulas, os resultados do estudo de Menacho *et al.*, (2010) demonstram existir uma progressão de intensidade entre o *Single Leg Kick*, *Double Leg Kick* e *Swimming*, que vai de encontro com a linha clássica que os classifica como de um mesmo nível. Segundo os autores, os diferentes resultados em relação a ativação muscular, se deve ao maior torque resistente encontrado no *Swimming* em relação aos demais, executado com membros superiores e inferiores no prolongamento do corpo, demonstrando existir a possibilidade de progressão entre os exercícios do MP com a modificação do posicionamento dos segmentos a fim de aumentar o torque resistente sobre a musculatura envolvida. Ainda os autores salientam a importância dos resultados para a prescrição destes exercícios quando o interesse for o ganho de força muscular ou resistência muscular, estratégias diferentes podem ser adotadas.



Figura 7: Valores dos níveis de ativação do músculo multífido, para os três exercícios do MP: *Swimming*, *Single Leg Kick* e *Double Leg Kick*. Adaptado de Menacho *et al.*, (2010).

Mais tarde, Bo-In *et al.* (2014) avaliaram 17 mulheres com experiência de no mínimo 3 meses no MP executando os exercícios *Swimming*, *Leg beat* e *Double Leg Kick*, sendo o *Swimming* e *Leg Beat* classificados como nível avançados e *Double Leg Kick* como intermediário. Os resultados para a avaliação dos músculos latíssimo do dorso, multífido, glúteo máximo e semitendíneo foram apresentados em percentual da CIVM e apresentaram valores de 20,46% até 52,30%. Como resultados foi encontrado maior ativação para o exercício *Swimming* quando os músculos latíssimo do dorso (45,8%) e multífido ($52,3\% \pm 11$) foram avaliados. Para o músculo glúteo máximo foi encontrado menores ativação para o *Double Leg Stretch* ($22,1\% \pm 10,5$) em comparação ao *Swimming* ($31,3\% \pm 10,7$) e seguido do *Leg Beat* ($31,7\% \pm 14$) com maior ativação. Apesar de se esperar que para o exercício *Leg Beat* existe uma maior contribuição do glúteo máximo em relação ao semitendíneo, foi encontrado para o semitendíneo os maiores percentuais de ativação no *Leg Beat* ($49,2\% \pm 8,8$), possivelmente devido a posição da pelve ser mantida neutra durante a execução, resultado da utilização dos princípios, o que pode alterar o padrão de ativação, fato que indica que uma amostra sedentária, sem conhecimento apropriado dos princípios e executando exercícios fora do seu nível adequado pode não manter o equilíbrio lombo-pélvico e ser um fator importante à influenciar os níveis de ativação muscular.

Para o músculo multífido foi encontrado maior ativação no exercício *Swimming* ($52,3\% \pm 11$), que é de nível avançado, comparado ao *Double Leg Kick* ($38,5\% \pm 12,5$) de nível intermediário, corroborando os achados de Menacho *et al.* (2010) que encontrou ativação de 61% e 47% para os exercícios *Swimming* e *Double Leg Kick*, respectivamente. Entretanto no estudo de Bo-In *et al.* (2014) não são descritas as posições dos exercícios, dificultando a comparação com os demais estudos visto que qualquer modificação no posicionamento do corpo poderia interferir nos resultados.

Ainda, segundo os autores, o exercício *Swimming* parece apresentar maior torque resistente considerando a coluna lombar como eixo de rotação e os seguimentos no prolongamento do corpo como uma sobrecarga bastante distante do eixo, diferente do *Double Leg Kick* que apresenta menor torque resistente com membros superiores ao lado do corpo. Além disso, os autores ressaltam que a amostra tendo prática no MP seria capaz de executar os princípios corretamente, evitando anteversão da pelve, através da centralização, o que reduziria a sobrecarga sobre a musculatura lombar e aumentaria a contribuição semitendínea, o que pode explicar os maiores percentuais encontrados para o semitendíneo no exercício *Leg Beat* e uma ativação mais baixa deste exercício em comparação ao *Swimming* para o multífido.

Salienta-se que nos estudos anteriormente descritos (MENACHO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2013), nos quais as amostras foram compostas por mulheres sem experiência no método, tal seleção pode prejudicar a correta execução de exercícios de nível avançado e intermediário do MP, uma vez que sujeitos sem experiência no MP não estariam aptos à realização destes exercícios de maior intensidade com a correta manutenção dos princípios, da posição da pelve e controle da amplitude da lordose lombar, fato este que pode ter influenciado nos achados desses estudos em relação à ativação muscular, principalmente quando pequenas alterações na posição da pelve parece interferir no padrão de ativação de exercícios do MP (QUEIROZ *et al.*, 2010; BO-IN *et al.*, 2014). Além disso, salienta-se a importância de uma avaliação eletromiográfica mais abrangente, para que se possa elucidar a participação de diferentes grupos musculares entre os exercícios.

Ademais, no estudo de Silva *et al.* (2015) foram comparadas as ativações eletromiográficas (EMG) de 6 exercícios do MP e 2 exercícios convencionais. Para tanto, foram selecionadas 17 mulheres fisicamente ativas sem experiência prévia com o MP, o que pode interferir na ativação muscular, e familiarizadas com exercícios abdominais convencionais. As participantes deveriam realizar 12 repetições dos exercícios *Roll Up*, *Double Leg Stretch*, *Crisscross*, *Coordination*, *Footwork* e dois exercícios convencionais de flexão de coluna com monitoramento da atividade EMG do reto abdominal parte superior e inferior. Como resultados os autores encontraram para o reto abdominal parte superior, maiores ativações nos exercícios *Double Leg Stretch*, *Crisscross* e *Footwork* (entre 70 e 90% da CIVM) quando comparados aos abdominais tradicionais e ao *Roll Up* (até 40% da CIVM). Para o reto abdominal parte inferior o exercício *Crisscross* apresentou maiores níveis de ativação quando comparado aos abdominais tradicionais e ao *Roll Up*.

Embora não tenha sido descrito no estudo, pode-se observar que exercícios *Roll Up* e *Double Leg Stretch* foram avaliados na sua configuração de nível avançado. Ainda, o exercício *Crisscross* foi avaliado em uma variação do nível avançado clássico, com joelhos permanentemente estendidos, o que tende a aumentar a dificuldade em relação aos joelhos fletidos (FIGURA 8). Os demais exercícios são pertencentes a linha moderna do MP e parecem seguir variações avançadas, apesar de não existir consenso nas classificações. Segundo os autores os resultados encontrados podem ser explicados devido à característica dos exercícios. Ou seja, menores valores apresentados pelo *Roll Up* e abdominais convencionais possivelmente são devido à posição dos membros inferiores, que ficam apoiados no solo durante todo o movimento, enquanto nos demais exercícios os membros inferiores se encontram suspensos,

aumentando a demanda sobre a musculatura abdominal para evitar a anteversão pélvica e aumento da lordose lombar.

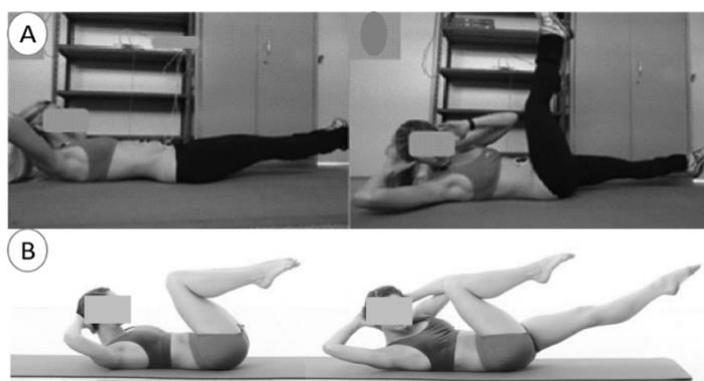


Figura 8: Imagem ilustrativa de execuções de um mesmo exercício do MP: *Crisscross* adaptado na linha moderna, sem classificação definida (A) e *Crisscross* realizado conforme repertório avançado da linha clássica (B).

Nesse estudo podemos observar que apesar dos exercícios *Roll Up*, *Double Leg Stretch* e *Crisscross* tenham sido realizados na sua variação de nível avançado, de acordo com o MP clássico, apresentam grande diferença no nível de ativação muscular, sendo classificados, de acordo com Escamilla *et al.* (2010) como exercícios com objetivos diferentes, dentro de um programa de treinamento, sendo o *Roll Up* classificado como ideal para o desenvolvimento da resistência muscular (até 40% da CIVM), assim como o *Leg Pull Front* adaptado (SILVA *et al.*, 2013) e o *Single Leg Kick* (MENACHO *et al.*, 2010) e os exercícios *Crisscross* e *Double Leg Stretch* indicados para o desenvolvimento de força, pois apresentam ativação acima de 60% da CIVM. Resultados que corroboram o estudo de Pereira *et al.*, (2017) que encontrou valores de 85% da CIVM para o músculo reto abdominal durante a execução do *Crisscross*. Os valores estão um pouco abaixo dos demonstrados por Silva *et al.*, (2015), possivelmente devido a sua execução com os membros inferiores apoiados sobre a caixa, reduzindo a dificuldade desse exercício comparada a execução com joelhos estendidos. Tal achado demonstra a importância da avaliação dos exercícios em suas variações de intensidade propostas, uma vez que a classificação existente no MP clássico, se considerada para a prescrição de treinamento, pode levar a considerar os exercícios *Roll Up* e *Crisscross* (SILVA *et al.*, 2015) e *Single Leg Kick* e *Double Leg Kick* (MENACHO *et al.*, 2010), como de mesma intensidade comprometendo o planejamento de um programa de treinamento, uma vez que os percentuais de ativação são bastante distintos (MENACHO *et al.*, 2010; BO-IN *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015).

Ao analisar a execução dos exercícios nos diferentes estudos, pode-se notar uma falta de padrão da execução de um mesmo exercício, e ainda a avaliação de exercícios como o *Leg Beat*

e *Footwork*, que não foram propostos no repertório clássico do MP (PILATES; MILLER, 1995). Vale salientar, que não foram expressos os critérios para a determinação dos exercícios avaliados e sua forma de execução. Os exercícios costumam ser escolhidos para avaliação de acordo com o grupo muscular envolvido, sem levar em consideração na escolha e discussão dos resultados a que nível eles pertencem na classificação original criada por Joseph Pilates. Em estudos intervencionais, o plano de exercícios, quando descrito, é planejado sem um consenso, tendo uma interpretação do método a cada estudo sem que exista uma forma de organizar os exercícios em uma periodização que permita avaliar se o Método Pilates conforme proposto proporciona, efetivamente, os benefícios reivindicados por Joseph Pilates à sua técnica. Ainda, tal discussão se torna importante uma vez que a prescrição baseada na classificação original poderia ser melhorada, de acordo com a literatura revisada (MENACHO *et al.*, 2010; BO-IN *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015). Portanto, ao pensar em programa de treinamento, novos estudos que busquem avaliar a existência de progressão entre os níveis de intensidade propostos na linha clássica são importantes para dar base à uma prescrição mais confiável, tanto para modelos de intervenção acadêmica quanto na prática em *studios* de Pilates.

Sobre esse aspecto, não foram encontrados na literatura pesquisada estudos que avaliassem o percentual de ativação EMG de um mesmo exercício do MP realizado em suas modificações dos níveis básico, intermediário e avançado, tão pouco estudos que discutam seus resultados à cerca das progressões de carga. Caso a organização do repertório de Joseph Pilates não proporcione um real aumento de progressão na atividade muscular é possível propor uma nova organização que respeite os princípios do treinamento de força. Sendo assim o Estudo I tem por objetivo analisar a progressão de intensidade entre níveis básico, intermediário e avançado do Método Pilates clássico de Solo através da avaliação EMG de 47 exercícios MP respeitando os repertórios de cada nível.

Tabela 1. Percentual de ativação eletromiográfica, em relação à CIVM de exercícios de Pilates de solo de acordo com a literatura pesquisada.

Referência	Exercício	Reto abdominal superior	Reto abdominal inferior	Reto abdominal	Oblíquo Externo	Oblíquo Interno	Multífido	Semitendinoso	Glúteo Máximo
Silva <i>et al.</i> (2015)	<i>Crisscross</i>	94,6%±28,9	135%±52,5	x	x	x	x	x	x
Pereira <i>et al.</i> , (2017)		x	x	85,5%±21,7	94,4%±41,6	107,06%±28	23,9%±15,5		
Silva <i>et al.</i> (2015)	<i>Coordenation</i>	87,5%±31,5	93,75%±62	x	x	x	x	x	x
Pereira <i>et al.</i> , (2017)	<i>Dead Bug</i>	x	x	26,07±13,8	81,9±41,9	84,9±36,1	21,7±17		
Silva <i>et al.</i> (2015)	<i>Double Leg Stretch</i>	73%±24	75%± 38,5	x	x	x	x	x	x
Pereira <i>et al.</i> , (2017)	<i>Single Leg Stretch</i>	x	x	53,9±27,4	71,1±34,5	95,06±30,05	19,8±13,4	x	x
Silva <i>et al.</i> (2015)	<i>Roll Up</i>	38,5%±11,5	37,5%±22,5	x	x	x	x	x	x
Silva <i>et al.</i> (2015)	<i>Footwork</i>	80,3%±22,7	83%± 16,8	x	x	x	x	x	x
Menacho <i>et al.</i> (2010)	<i>Swimming</i>	x	x	x	x	x	61% ± 21	39,2%±6,7	31.3% ± 10,7
Bo-In <i>et al.</i> (2014)		x	x	x	x	x	52,3% ± 11		
Menacho <i>et al.</i> , (2010)	<i>Double Leg Kick</i>	x	x	x	x	x	47% ± 21	33,6%±6,9	22,1% ± 10,5
Bo-In <i>et al.</i> (2014)		x	x	x	x	x	38,5 ± 12,5		
Menacho <i>et al.</i> , (2010)	<i>Single Leg Kick</i>	x	x	x	x	x	19% ± 11		
Bo-In <i>et al.</i> (2014)	<i>Leg Beats</i>	X	X				51,8±12,8	49,2% ± 8,8	31,7% ± 14
Silva <i>et al.</i> (2013)	<i>Leg Pull Front</i>	x	X				25,5% ± 4		

2.3 O GASTO ENERGÉTICO NO MÉTODO PILATES

Um dos principais objetivos ao engajar-se em um programa de treinamento físico é a melhora nos componentes da composição corporal. Nesse contexto o MP poderia contribuir, principalmente, para os incrementos de massa magra (CARVALHO *et al.*, 2009; SEKENDIZ *et al.*, 2007; SEGAL *et al.*, 2004; ROGERS; GIBSON, 2006), considerando seus benefícios demonstrados em relação às adaptações neuromusculares (SEKENDIZ *et al.*, 2007; KLOUBEC *et al.*, 2010).

Em relação à melhora no percentual de gordura corporal, pouco se sabe com base na literatura pesquisada. No estudo de Baltaci *et al.* (2005) foram avaliadas mulheres com sobrepeso após participarem de 4 semanas de um treinamento de MP, com frequência de 5 vezes por semana. Segundo os autores, o MP foi capaz de reduzir em 5,5% o percentual de gordura e em 2,27% a massa corporal total. Porém, pouco se sabe sobre a estrutura das aulas utilizadas, quais os níveis de intensidade das aulas propostas e se estas representariam uma progressão do dispêndio energético ao longo da periodização proposta.

Especificamente avaliando o gasto energético no MP, Batista e Neto (2013) avaliaram 11 sujeitos de ambos os sexos que praticassem o MP há no mínimo 3 meses. A aula utilizada para avaliação foi composta por 17 exercícios em aparelhos, tendo uma duração média de $49,72 \pm 6,76$ minutos. Foram coletados valores de frequência cardíaca (FC), pressão arterial, e índice de esforço percebido (IEP) e o gasto energético foi posteriormente calculado de forma indireta com base nos dados de FC. Como resultados foi encontrado que 64% da amostra classificaram a aula como Leve (IEP 0-2), de acordo com o IEP, e 36% classificaram como moderada (IEP 3-4). A FC média da sessão foi de $105,78 \pm 78$ bpm, enquanto o Gasto energético total da aula encontrado foi de $160,15 \pm 89,69$ Kcal, o que seria classificado como uma atividade equivalente à 3 METS. O estudo de Batista e Neto (2013) fornece uma primeira visão sobre as demandas metabólicas de uma aula de Pilates. Destaca-se que a aula avaliada foi realizada em aparelhos e totalmente descrita no estudo, porém, não foi apresentado o nível de intensidade na qual a aula deveria se adequar e sua estruturação não respeitou o repertório clássico do método, sem existir uma justificativa para a escolha dos exercícios, ordem, número de execução ou carga de molas empregadas. Todos esses fatores quando manipulados podem alterar a demanda energética de uma aula dificultando a generalização dos resultados encontrados.

Um ano após, Silva *et al.* (2014) avaliaram o gasto energético de 5 exercícios do MP isoladamente, sem que estes representassem uma aula completa. Nesse estudo foram avaliadas 10 voluntárias que realizaram um exercício, de diferentes níveis de intensidade propostos na linha clássica, em cada aparelho, sendo eles: *Chair, Ladder Barrel, Cadillac, Wall Unit e Reformer*. Foram coletados a FC e IEP para cada um dos 5 exercícios. Como resultados o exercício *Hundred* realizado no aparelho *Reformer*, que apresenta resistência contra a flexão do tronco, apresentou maiores valores de FC ($116,1 \pm 15,7$ bpm) e IEP (9,5) em relação aos demais. Entretanto, não foi encontrada descrição se o exercício *Hundred* foi realizado de forma isométrica, como a linha clássica propõe, ou se este foi executado de forma modificada para ser comparado aos demais exercícios dinâmicos. Como o gasto energético foi avaliado somente com base na FC, através do monitor cardíaco de forma indireta, o exercício *Hundred* ($12,9 \pm 2,7$ Kcal), por apresentar maiores valores de FC também foi aquele que indicou maior gasto energético, seguido do exercício *Tower* ($112,2 \pm 14,3$ bpm; $13,2 \pm 2,9$ Kcal) no *Wall Unit*, aparelho moderno semelhante ao *Cadillac*. O gasto energético total da sessão, com os 5 exercícios, foi de 208 Kcal, muito maior quando comparado com o estudo de Batista e Neto (2013) no qual foi encontrado valores de $160,15 \pm 89,69$ Kcal, ao avaliar uma sessão de 17 exercícios em aparelhos, com aproximadamente 1 hora de duração.

Salienta-se que nos estudos anteriormente citados o gasto energético foi calculado com base em valor de FC, tendo como referência uma $FC_{\text{máx}}$ estimada sem levar em consideração a FC de reserva. Dessa forma, abre-se espaço para uma investigação mais aprofundada com a utilização de medidas diretas de consumo de oxigênio e com base em $FC_{\text{máx}}$ avaliada em teste de esforço máximo para resultados mais acurados.

Em vista da escassa literatura a cerca do tema, podemos considerar o resumo expandido, publicado como material suplementar, de Olson *et al.* (2004). Nesse trabalho os autores avaliariam três aulas de Pilates no solo, sendo uma em cada um dos níveis propostos: básico, intermediário e avançado. Porém, devido aos poucos detalhes fornecidos, não foi possível identificar se essas aulas respeitaram os repertórios clássicos ou se seguiam alguma linha moderna do método e quais os critérios para definir a intensidade da sessão. Foram avaliados 10 sujeitos com $5,1 \pm 2,3$ anos de experiência no método durante as três aulas com duração entre 30 e 45 minutos com coleta do consumo de oxigênio. Como resultado, foi encontrada que a aula em nível avançado ($21,4 \pm 2,1$ ml/kg/min; 8,0 kcal/min) foi mais dispendiosa comparada à aula intermediária ($17,2 \pm 1,7$ ml/kg/min; 6,5 kcal/min), e estas apresentaram maior consumo de oxigênio quando comparadas à aula de nível básico ($12,3 \pm 1,2$ ml/kg/min; 4,6 kcal/min).

Ainda os autores indicam que apesar dos resultados encontrados alguns exercícios parecem contribuir mais para a demanda energética da aula existindo variações de intensidade dentro de uma aula. Por exemplo, os exercícios *Boomerang*, *Roll Over* e *Jackknife*, apresentam um custo energético acima da média nas aulas de nível intermediário e avançado. Enquanto isso, os exercícios *Hundred*, *Saw* e *Seated Twist*, apresentam valores bem abaixo da média dos demais exercícios das aulas. Salienta-se que os exercícios *Saw* e *Seated Twist* são exercícios sentados com flexão da coluna realizada a favor da gravidade e com objetivo de alongamento da cadeia posterior. Como conclusão os autores indicam que os níveis avançado e intermediário poderiam ser classificados como modalidades de intensidade moderada, enquanto a aula de nível básico estaria exatamente no ponto de transição entre moderada e baixa intensidade. Esse trabalho traz dados importantes para a análise de intensidade de aula do Método Pilates, entretanto pouco se sabe sobre sua metodologia e composição das aulas avaliadas, se elas respeitam os princípios do MP e quais exercícios e suas variações de intensidade foram considerados para avaliação, dificultando a reprodução dos resultados encontrados.

Em vista da escassa literatura abordando este tema, este trabalho tem também por objetivo determinar e comparar o gasto energético, o índice de esforço percebido e as respostas cardiorrespiratórias de uma aula completa do Método Pilates clássico entre os níveis básico, intermediário e avançado.

3 REFERÊNCIAS

- 1 ANDRADE LS, MOCHIZUKI L, PIRES FO2, DA SILVA RA, MOTA YL. use of Pilates principles increases paraspinal muscle activation. **J Bodyw Mov Ther.** 2015;19(1):62-66.
- 2 ALTAN L., KORKMAZ N., DIZDAR M., YURTKURAN M. Effect of Pilates training on people with ankylosing spondylitis. **Rheumatol Int.** 2012; 32(7): 2093-2099.
- 3 BALTAÇI G., BAYRAKÇI V., YAKUT E., VARDAR N. A comparison of two different exercises on the weight loss in the treatment of knee osteoarthritis: Pilates exercises versus clinical-based physical therapy. **Osteoarthritis and Cartilage.** 2005;13(1):141.
- 4 BAPTISTA BVR., NETO AP. A intensidade de uma aula de Pilates®. **Rev ENAF.** 2013;8(4): 27-40.
- 5 BARBOSA AWC., MARTINS FLM., VITORINO DFM., BARBOSA MCS. Immediate electromyographic changes of the biceps brachii and upper rectus abdominais muscles due to the Pilates centering technique. **J Bodyw Mov Ther.** 2013;17:385-90.
- 6 BARBOSA AWC., GUEDES CA., BONIFÁCIO DN., SILVA A., MARTINS FLM., BARBOSA MCS. The Pilates breathing technique increase the electromyographic amplitude level of deep abdominal muscles in untrained people. **J Bodyw Mov Ther.**2014;19:57-61.
- 7 BARBOSA AWC, MARTINS FM, SILVA AF, COELHO AC, INTELANGELO L, VIEIRA ER. Activity of lower limb muscles during squat with and without abdominal drawing-in and pilates breathing. **J Strenght Cond Res** 2017;31(11):3018-23.
- 8 BECK TW., HOUSH TJ., JOHNSON GO., WEIR JP., CRAMER JT., COBURN JW., *et al.* The effects of interelectrode distance on electromyographic amplitude and mean power frequency during isocinetic and isometric muscle actions of the biceps brachii. **J. Electromyogr Kinesiol.** 2005;15:482-495.
- 9 BENEDETTI G., CANDOTII CT., GONTIJO KNS., BAMPI GM., LOSS JF. Desenvolvimento e validação de um método de avaliação do nível de prática no método Pilates por meio de exercícios do próprio método. **Fisioterapia Brasil.** 2015;16(2):137-144.
- 10 BERNARDO LM. The effectiveness of Pilates training in healthy adults: An appraisal of the research literature. **J Bodywork Mov Therapies.** 2007;11:106-110.
- 11 BERTOLLA F., BARONI B.M., LEAL JUNIOR E.C.P., OLTRAMARI JD. Efeito de um programa de treinamento utilizando o método Pilates na flexibilidade de atletas juvenis de futsal. **Rev Bras Med Esporte.** 2007;13(4):222 -26

- 12 BO-IN K., JU-HYEO J., JEMYUNG S., HAE-YEON K., HAROO K. An Analysis of Muscle Activities of Healthy Women during Pilates Exercises in a Prone Position. **J. Phys. Ther. Sci.** 2014;26:77-79.
- 13 BOREN K., CONREY C., COGUIC JL., PAPROCKI L., VOIGHT M., ROBINSON TK. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. **Int J Sports. Phys Ther** 2011; 6: 206-223.
- 14 BORG G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. **Scand J Work Environ Health.** 1990;16(1):55-58.
- 15 BUTLER HL., LARIVIERE C., HUBLEY-KOZEY CL., SULLIVAN MJ. Directed attention alters the temporal activation patterns of back extensor during trunk flexion-extension in individuals with chronic low back pain. **Eur Spine J.** 2010; 19(9):1508-16.
- 16 CARVALHO AI., LINO C., AZEVEDO J. Effects of three months of Pilates based exercise in women on body composition. **Med Sci Sports Exerc.** 2009;41(5):16-17.
- 17 CULLIGAN P.J., SCHERER J., DYER K., PRIESTLEY J.L., GUINGON-WHITE G., DELVECCHIO D., VANGELI M. A randomized clinical trial comparing pelvic floor muscle training to a Pilates exercise program for improving pelvic muscle strength. **Int Urogynecol J.** 2010; 21:401–08
- 18 CRITCHLEY DJ.; PIERSON Z.; BATTERSBY G. Effect of pilates mat exercises and conventional exercise programmes on transversus abdominis and obliquus internus abdominis activity: pilot randomized trial. **Manual Ther.** 2011;16: 183-189.
- 19 CROUTER SE., ANTCZAK A., HUDAK JR., DELLAVALLE DM., HAAS JD. Accuracy and reliability of the ParvoMedics TrueOne 2400 and MedGraphics VO2000 metabolic systems. **Eur. J. Appl. Physiol.** 2006;98(2):139-151.
- 20 DORADO C., CALBET JAL., LOPEZ-GORDILLO A., ALAYON S., SANCHIS-MOYSI J. Marked Effects of Pilates on the abdominal muscle: a longitudinal magnetic resonance image study. **Med Sci Sports Exerc.** 2012;44(8): 1589-1594.
- 21 DELUCA CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. **J. Appl. Biomec.** 1997;13: 135-163.
- 22 EMERY K., DE SERRES SJ., MCMILLAN A., CÔTÉ JN. The effects of a Pilates training program on arm-trunk posture and movement. **Clin Biomech.** 2010;25(2):124-130.
- 23 ESCAMILLA FR., BABB E., DEWITT R., JEW P., KELLEHE P., BURNHAM T., BUSCH J., ANNA DK., MOWBRAY R., IMAMURA TR. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal Exercises: implications for rehabilitation and training. **Phys. Ther.** 2006;86: 656-671.

- 24 EYIGOR S., KARAPOLAT H., YESIL H., USLU R., DURMAZ B. Effects of pilates exercises on functional capacity, flexibility, fatigue, depression and quality of life in female breast cancer patients: a randomized controlled study. **Eur J Phys Rehabil Med.** 2010;46:481-487.
- 25 FRIEDMAN, P., EISEN, G., MILLER, WJ. **The Pilates Method of Physical and Mental Conditioning Doubleday and Company.** Nova Iorque. 1980.
- 26 GONÇALVES M., BARBOSA FSS. Análise de parâmetros de força e resistência dos músculos eretores da espinha lombar durante a realização de exercício isométrico em diferentes níveis de esforço. **Rev Bras Med Esporte.** 2005;1(2):109-114.
- 27 GONZALVO AR., MACHADO-DÍAZ M., MONCADA-JÍMENEZ J., HERNÁNDEZ-ELIZONDO J., ARAYA-VARGAS G. The effects of Pilates exercises on body composition: a systematic review. **J Bodyw Mov Ther.** 2012;16(1):109-104.
- 28 GRANATA KP., BENNETT BC. Low-back biomechanics and static stability during isometric pushing. **Hum Factors.** 2005;47(3):536-549.
- 29 GRANATA KP., LEE PE., FRANKLIN TC. Co-contraction recruitment and spinal load during isometric trunk flexion and extension. **Clin Biomech.** 2005;20(10):1029-1037.
- 30 HERMENS HJ., FRERIKS B., MERLETTI R., STEGEMAN D., BLOK J., RAU G., DISSELHORST-KLUG C., HÄGG G. European recommendations for surface electromyography: results of SENIAM project. Enschede: Roessingh Research and Development B.V, 1999; 122.
- 31 HEYWARD VH., STOLARCZYK LM. **Avaliação da Composição corporal aplicada.** São Paulo, Manole, 1996.
- 32 HERRINGTON L. & DAVIES R. The influence of Pilates training on the ability to contract the Transversus Abdominis muscle in asymptomatic individuals. **J Bodyw Mov Ther.** 2005;9:52-57.
- 33 HOWLEY ET., BASSET Jr. DR, WELCH HG, Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med Sci Sports Exerc.** 1995;27:1292-1301.
- 34 HUG F., DECHERCHI P., NARQUESTE T.; JAMMES, Y. EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects. **J. Electromyogr Kinesiol** 2003;14: 187-195.
- 35 JACKSON AS., POLLOCK ML., WARD A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med Sci Sports Exerc.** 1980;12: 175-182.
- 36 JAGO R., JONKER ML., MISSAGHIAN M., BARANOWSKI T. Effect of 4 weeks of Pilates on the body composition of young girls. **Prev Med.** 2006;42(3): 177-180.

- 37 JOHNSON EG., LARSEN A., OZAWA H., WILSON CA., KENNEDY KL. The effects of Pilates-based exercise on dynamic balance in healthy adults. **J Bodyw Mov Ther.** 2007;11: 238-242.
- 38 KLOUBEC JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. **J Strength Cond Res.** 2010;24(3):661-667.
- 39 KONRAD P. The Abc of Emg, **A practical introduction to kinesiological electromyography.** Versão 1.0. Scottsdale: Noraxon Inc. EUA, 2005.
- 40 LANGE C., UNNITHAN V., LARKAM E., LATTA PM. Maximizing the benefits of Pilates-inspired exercise for learning functional motor skills. **J Bodyw Mov Ther.** 2000;4(2): 99-108.
- 41 LATEY P. The Pilates Method: history and philosophy. **J Bodyw Mov Ther.** 2001;5(4):275-282.
- 42 LOSS JF., MELO MO., ROSA CH., SANTOS AB., TORRE ML., SILVA YO. Atividade elétrica dos músculos oblíquos externos e multífidos durante o exercício de flexo-extensão do quadril realizado no Cadillac com diferentes regulagens de mola e posições do indivíduo. **Rev Bras Fiosioter.** 2010;14(6):510-7.
- 43 MARQUES NR., HALLAL CZ., GONÇALVES M. Padrão de co-ativação dos músculos do tronco durante exercícios com haste oscilatória. **Motriz.** 2012;18(2):245-52.
- 44 MENACHO MO, OBARA K., CONCEIÇÃO JS., CHITOLINA ML., KTANTZ DR., DA SILVA RA., CARDOSO JR. Eletromyographic effect of mat pilates exercise on the back muscle activity of healthy adult females. **J Man Physiol Ther.** 2010;33:672-678.
- 45 MUSCOLINO JE, CIPRIANI S. Pilates and the “powerhouse”- I. **J Bodyw Mov Ther.** 2004;8(1):15-24.
- 46 OLIVEIRA LC., OLIVEIRA DAAP., OLIVEIRA RF., JASSI FJ., MARTINI FAN., OLIVEIRA RG. Efeitos do método Pilates no torque isocinético dos extensores e flexores do joelho: estudo piloto. **Rev Bras Med Esporte.** 2015;21(1):49-52.
- 47 OLSON M., WILLIFORD HN., MARTIN RS., ELLIS M., WOOLEN E., ESCO MR. The Energy Cost of a Basic, Intermediate, and Advanced Pilates Mat Workout. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** 2004;36(5): Supplement, pS357.
- 48 PEREIRA LRI, QUEIROZ B, LOSS J, AMORIM C, SACCO ICN. Trunk muscle EMG during intermediate Pilates Mat exercises in beginner healthy and chronic low back pain individuals. **J Man Physiol Ther.** 2017;40(5)350-357.
- 49 PHROMPAET S., PAUNGMALI A., PIRUNSAN U., SITILERTPISAN P. Effects of pilates training on lumbo-pelvic stability and flexibility. **As J Sports Med.** 2011; 2(1):16-22.

- 50 PILATES JH., MILLER WJ. **Pilates Return to Life Through Contrology**. Pilates Method Alliance, Miami, 1995.
- 51 PINTO RS., LUPI R., BRENTANO MA. Respostas metabólicas ao treinamento de força: uma ênfase no dispêndio energético. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**. 2011;13(2):150-57
- 52 POSADZKI P., LIZIS P., HAGNER-DERENGOWSKA M. Pilates for low back pain: A systematic review. **Com Ther Clin Prac**. 2011;17,85-89.
- 53 QUEIROZ BC., CAGLIARI MF., AMORIM CF., SACCO IC. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. **Arch Phys Med Rehabil**. 2010;91(1):86-92.
- 54 ROGERS K., GIBSON AL. Effects of an 8-week mat Pilates training program on body composition, flexibility, and muscular endurance. **Med Sci Sports Exerc**. 2006;38(5):279-280.
- 55 RODRIGUES BGS, ALI CADER S., TORRES NVB., OLIVEIRA EM., DANTAS EHM. Pilates method in personal autonomy, static balance and quality of life of elderly females. **J Bodyw Mov Ther**. 2010;14(2):195-292, 2010.
- 56 SACCO ICN., ANDRADE MS., SOUZA PS., NISIYAMA M., CANTUARIA AL., MAEDA FYI., PIKEL, M. Método Pilates em revista: aspectos biomecânicos de movimentos específicos para reestruturação postural – Estudos de Caso. **R Bras Ci e Mov**. 2005;13(4):65-78.
- 57 SEGAL NA., HEIN J., BASFORD JR. The effects of Pilates training on flexibility and body composition: an observational study. **Arch Phys Med Rehabil**. 2004;85(12):1977-1981.
- 58 SEKENDIZ B., ALTUN O., KORKUSUZ F., AKIN S. Effects of Pilates exercise on trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. **J Bodyw Mov Ther**. 2007;11:318-326.
- 59 SILLER B. **O Corpo Pilates: um guia para fortalecimento, alongamento e tonificação sem o uso de máquinas**. São Paulo: Summus, 2008.
- 60 SILVA YO., MELO MO., GOMES LE., BONEZI A., LOSS JF. Análise da resistência externa e atividade eletromiográfica do movimento extensão de quadril realizado segundo o método Pilates. **Rev Bras Fisioter**. 2009;13(1):82-88
- 61 SILVA CAM., DIAS MJ., SILVA FM., MAZUQUIN FB., ABRAÃO T., CARDOSO RJ. Análise comparativa da atividade elétrica do musculo multífido durante exercício do Pilates, série de Williams e Spine Stabilization. **Fisioter Mov**. 2013;26(1): 87-94.

- 62 SILVA GB., MORGAN MM., CARVALHO WRG., SILVA E., FREITAS WZ., SILVA FF., SOUZA RA. Electromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. **J Bodyw Mov Ther.** 2015.
- 63 SILVA ML., REZENDE TM., GONÇALVES LM., SILVA Jr., AJ. Parâmetros cardiovasculares e gasto energético indireto no Pilates. **Ciência e Movimento.** 2014;32: 17-25.
- 64 SIRI WE. Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. **Nutrition**, 1993; 9, 480–491.
- 65 SOUZA EF., CANTERGI D., MENDONÇA A., KENNEDY C., LOSS JF. Análise eletromiográfica dos músculos reto femoral e reto abdominal durante a execução dos exercícios Hundred e Teaser do Método Pilates. **Rev Bras Med Esporte.** 2012;18(2):105-8.
- 66 VOLP ACP., OLIVEIRA FCE., ALVES RDM., ESTEVES EA., Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. **Nutr Hosp.** 2011;26(3):430-440.

4 MANUSCRITO PRIMEIRO

Electromyographic analysis of the intensity progression of the main Mat Pilates exercises.

Intensity Progression of Mat Pilates Exercises

Paula Finatto¹, Maríndia T Becker¹, Fernanda Viana¹, Aline N Haas¹, Rafael Escamilla² and Cláudia S Lima¹

¹Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Brazil

²Department of Physical Therapy of The Sacramento State University – USA

Laboratório de Pesquisa do Exercício of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare EMG among basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for the Roll Up (RU), Single Leg Stretch (SLS), Double Leg Stretch (DLS), Hundred (HD), Rolling Like a Ball, Double Straight Leg Stretch (DSL) and Single Straight Leg Stretch (SSL) Pilates exercises. The EMG percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus were assessed. In HD exercise, LRA and IO EMG was significantly less in B variation than I and A, and EO EMG was significantly greater in A compared to B ($p < 0.01$), while I was equal to A and B. In RU exercise, URA EMG was significantly greater in A than B ($p = 0.04$). In DLS exercise, LRA EMG was significantly less ($p < 0.01$) in B variation than I and A, EO EMG was significantly greater ($p < 0.01$) in A than B, and IO EMG was significantly greater ($p < 0.01$) in A than B and I. In SLS exercise, LRA, IO and EO EMG were significantly less ($p < 0.01$) in B than A. In DSL exercise, EO and RF EMG were significantly greater ($p = 0.04$) in A than I. The higher URA EMG may be more related to upper limb positions while higher LRA, EO and IO EMG may be more related to lower limb positions and changes greater than 45° in hip flexion angle seems to be necessary.

Keywords: Muscle activation, Electromyography, abdominal exercises, EMG

INTRODUCTION

Abdominal exercises are widely employed in rehabilitation or physical training programs and have been the focus of many researches over the years (1,2,15,26,29,36). Among the several methods for training the spinal flexor muscles, the Pilates Method (PM) is a modality that has been widely prescribed within a context of rehabilitation (8,10,16), especially for reducing low back pain (25,31,33) or in performance interventions in order to improve pelvis-lumbar stabilization and flexibility (7,17).

The Contrology, as Joseph Pilates originally named his method, is presented in the form of principles with mandatory execution during the practice of the exercises, which are subdivided in basic, intermediate and advanced levels (32). Currently, it is known that the execution of Pilates exercises (PE) principles can increase the percentage of muscle activation of the spine stabilizers and flexors muscles during conventional exercises (3,41), and during specific PE (4,27). Thus, the specific study of PE, considering the use of PE principles, becomes important to elucidate and support the correct progressive prescription design, once the muscle activation during exercise is shown to be modified by the PE technique when compared to regular exercises (3,4,5,27).

Studies evaluating the electromyographic activation (EMG) of the spine flexor muscles during different PE have concluded that EMG presents a different behavior among the exercises (28,31,39). Interestingly, advanced exercises do not always show significantly higher EMG compared to basic exercises. When exercises are classified in the same intensity category, two advanced exercises can present very different EMG activity, what makes it challenging to organize exercise intensity and establish proper exercise progression (9,28,31,39,40). Silva *et al.* (39), analyzed the Roll Up, Double Leg Stretch, Coordination, Crisscross and Footwork exercises. The authors found that upper rectus abdominal had significantly greater EMG during the Double Leg Stretch, Crisscross and Footwork exercises (between 70 and 90% of MVIC)

when compared to the traditional crunch and the Roll Up exercise (40% of MVIC). For the lower rectus abdominal the Crisscross exercise presented higher EMG when compared to the traditional crunch and Roll Up. Although the Roll Up, Double Leg Stretch and Crisscross exercises were performed in their variation of advanced level (37), they present a great difference in the level of muscular activation, being classified, according to Escamilla *et al.* (14) as exercises with different objectives within a training or rehabilitation program. The Roll Up exercise was rated as effective for muscular resistance development (up to 40% of the MVIC), as well as the Crisscross and Double Leg Stretch exercises, which were indicated for strength development since EMG was above 60% of the MVIC.

These findings are supported by Pereira *et al.* (31), who also evaluated the *Crisscross* exercise. Compared with exercises of the same original intensity classification, Pereira *et al.* (31) found inconsistency in the amplitude of recruitment of abdominal muscles in different PE. These findings demonstrate the importance of evaluating the exercises in their proposed intensity variations for progression. (9,28,31,39).

A more consistent analysis of PE in its variations at different levels: basic, intermediate and advanced (32; 37), is important to elucidate a better prescription of PM both in the rehabilitation and sports practice context. Therefore, since data are scarce or absent in the literature evaluating exercises at different intensity levels and in order to contribute to a better idea of planning and periodization of Pilates Method classes, the objective of the present study was to assess and compare the percentage of EMG activation of the spine flexors muscles, rectus femoris and multifidus of seven mat PE among the basic, intermediate and advanced variations. The hypothesis was that the percentage of EMG activation would not increase according to the current purposed intensity variations.

MATERIALS AND METHODS

Experimental Approach to the Problem

To compare the percentage EMG activity of 6 muscles (dependent variables) among the different intensity variations (independent variables) during seven mat PE, a descriptive, repeated measures design was used. Normalized muscle activation of the upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) muscles was recorded during the performance of the Roll Up (RU), Single Leg Stretch (SLS), Double Leg Stretch (DLS), Hundred (HD) and Rolling Like a Ball exercises in basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations was assessed. Also evaluated in I and A variations were Double Straight Leg Stretch (DSL) and Single Straight Leg Stretch (SSL) exercises.

Subjects

The sample consisted of 18 women, (mean±SD, age: 29.21 ± 2.15 years; height: 162.4 ± 4.39 cm; body fat: $25.3 \pm 5.82\%$), practitioners of PM for at least 6 months with a minimum weekly frequency of twice a week in Pilates classes, with absence of medical restrictions and classified at the advanced level by the MANiPilates scale (6). All participants were recruited in a non-random and voluntary way after disclosure by social networks. The sample calculation was performed based on similar research by Escamilla *et al.* (14) using the following equation: $N=(1,962 \times \sigma_2) \div (0,1 * M)$. The study was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Rio Grande do Sul (59562316.2.0000.5347) according to rules of the Declaration of Helsinki, and all participants signed informed consent prior to the start of data collection.

Procedures

Data collection procedures were performed in two sessions. Session one involved familiarization with exercise techniques and equipment procedures, anthropometric

measurements, and skill level classification. The participant classification was conducted using the MANiPilates scale to assess if the participant was in basic, intermediate or advanced level of Pilates Method skills (6). If they scored between 5.0 and 6.1 they were considered in the advanced level and were included in the study. Weight, height and skinfolds were assessed in session one as well as familiarization with exercises and procedures.

Session two involved EMG evaluations of the mat Pilates exercises and occurred the day after session one. The data collection routine began with skin preparation and electrodes placement (11). Subsequently, maximum voluntary isometric contraction test (MVIC) for all the six muscles were performed followed by the EMG evaluation of 19 Mat PE situations. At the end of the session the MVIC tests were performed again in order to identify possible fatigue interference.

Maximum amplitude of the electromyographic signal during MVIC

The second data collection session started with a warm up prior the MVIC test. For the MVIC, two trials with a duration of 5 seconds and a 3-minute interval between them were performed before and after the EMG evaluation of the exercises.

Prior to electrode placement skin tricotomy and abrasion were performed (11). Surface electrodes with 15mm radius were used in a bipolar configuration, in a distance of 2 cm between them (Mini Medi-Trace, Kendall Meditrace™ 100) and in a longitudinal position in relation to the muscle fibers always on the right side of the body. The position of the electrodes was identified according to the recommendations of the Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM). Muscular activation was obtained through a portable electromyograph (Miotool 400, MIOTEC) composed of eight channels and 2000Hz sampling frequency in each channel through the MioGraph software in which the data treatment

was performed. A level of resistance between the electrodes of up to 3000 Ω was accepted and the reference electrode was placed at the right clavicle.

In order to perform the MVIC, all the participants were in supine position, with the spine at 30° of flexion, hips and knees flexed at 90° and feet resting on a stretcher so they could exert maximum spinal flexion effort against a fixed resistance promoted by velcro bands, over the sternum, for the evaluation of URA, LRA and IO muscles (23). For the EO muscles, the same positioning was used, and the isometric spine rotation to the left side, associated with maximum spinal flexion was evaluated. The spine flexion angle was determined using a goniometer.

For the RF muscle the participants were seated, being attached to a chair just above the iliac spines and with a knee flexed at 90 degrees prevented from moving through a velcro band above the medial malleolus. An isometric knee extension MVIC was then performed. In addition, for the MS muscle the participants were in ventral decubitus and performed an MVIC with extension of the spine against a fixed resistance of the velcro band that was positioned on the shoulder blades, with ankles attached to a stretcher (23).

Electromyographic Evaluation During Exercises

After fifteen minutes after the MVIC tests, the evaluation protocol of the seven mat PE and variations was started. The EMG signal was recorded during 6 repetitions for each exercise variation, with a 3 minutes duration between each exercise variation to avoid fatigue. Data were collected through a microcomputer using the Miograph data acquisition software (MIOTEC, BRAZIL). The order of execution between exercises and variations was randomized using the online tool <https://www.randomizer.org/>.

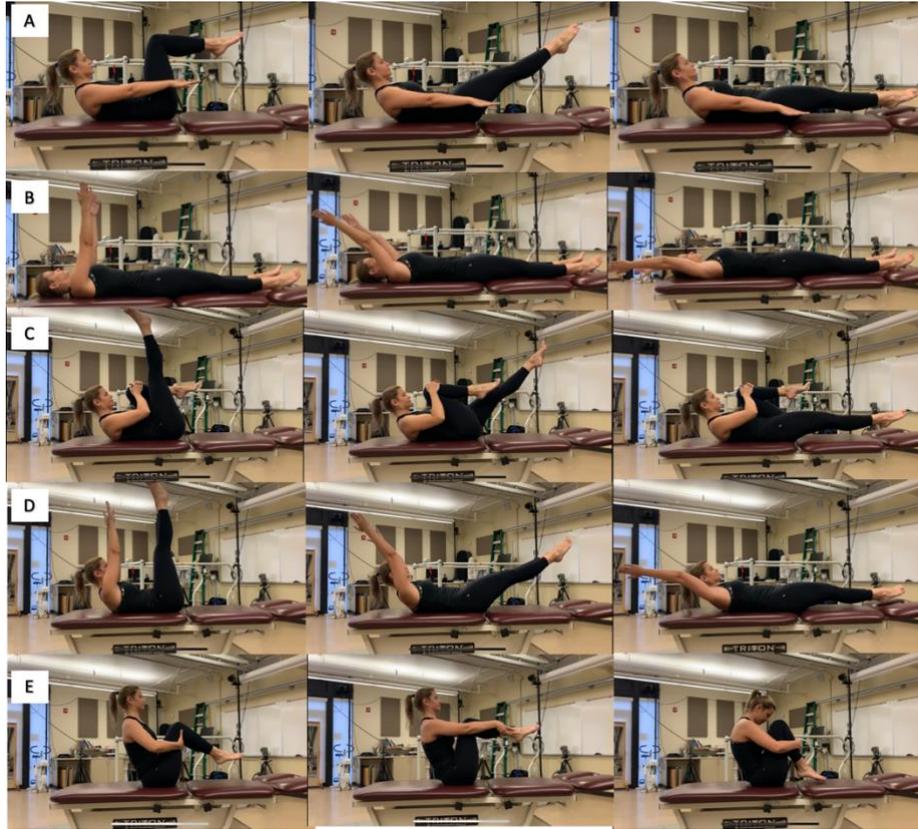


Figure 1 – Basic, Intermediate and Advanced variations of the Hundred (A), Roll Up (B), Single Leg Stretch (C), Double Leg Stretch and Rolling Like a Ball exercises.

The Hundred (Figure 1A), Roll Up (Figure 1B), Single Leg Stretch (Figure 1C), Double Leg Stretch (Figure 1D) and Rolling Like a Ball (Figure 1D) exercises comprised the mat repertoire of the PM and the three variations that were performed were basic intermediate and advanced. Also, Double Straight Leg Stretch (Figure 2A) and Single Straight Leg Stretch (Figure 2B) exercises were evaluated using intermediate and advanced variations only. These exercises were chosen because these they are commonly employed mat Pilates exercises. In addition, these mat Pilates exercises follow the order of the repertoire proposed by Joseph Pilates for conducting a class (37).



Figure 2 – Start Position, Intermediate and Advanced variations of the Double Straight Leg Stretch (A) and Single Straight Leg Stretch (B).

Participants were instructed to perform all exercises employing principles of PM breathing and centralization. The activation of the powerhouse, that is a principle of PM that presupposes a constant voluntary activation of the spine flexors and stabilizers muscles, was maintained and verbal control of the respiratory cycles was maintained throughout the execution of the exercises. Exercises repetitions were performed in 3 seconds, matching with the Pilates breathing technique. One repetition was composed by 1 second inhale and 2 second exhale. Breathing was performed according to the PM principles, and the forced expiration was always performed in the concentric phase of the muscle action. For the Hundred exercise, which is an isometric exercise, breathing principle was performed for each 3 second breath cycle comprising one repetition. The execution angles of the exercises were indicated to the participants through a goniometer and after controlled by the simultaneous and synchronized recording to the EMG data subsequently used to determine the beginning and end of each repetition.

Data Analysis

The EMG signal was filtered using a fifth-order Butterworth band-pass filter with cut-off frequencies between 20 and 500 Hz. After filtering, the plateau period of isometric

activation for 1-s intervals was identified. The root mean square (RMS) value was obtained via Hamming windowing in 1-s intervals. The measurement with the highest RMS value from the beginning of the session was considered valid for exercise EMG normalization.

For the analysis of EMG activation during PE, the same signal filtering procedure as that used for MVIC was applied. Subsequently, the EMG signal was clipped to the four central repetitions according to the filming, and the average RMS value of each participant was calculated for each of the 19 exercise situations. RMS values representative of the EMG activation in each situation were expressed as a percentage of MVIC.

Statistical Analyses

The results were described by mean and standard deviation values. To verify the normality of the data the Shapiro-Wilk test was used. For the comparison of the percentage of EMG activation between the exercise variations of the seven exercises evaluated, one-way ANOVA with repeated measurements was used. Bonferroni complementary teste was used to identify significant differences. The significance level was set at $\alpha = 0.05$, and the statistical package used was SPSS version 20.0 (IBM, Armonk, USA).

RESULTS

Hundred

The results for the comparison among the three variations of the Hundred exercise are described in Table 1. For LRA and IO, significantly lower EMG values were found for the basic variation when compared to the intermediate ($p < 0.01$) and the advanced variations ($p < 0.01$) and these two were not different from each other. In addition, for the EO muscle, significantly higher values were observed for the advanced variation when compared to the basic variation ($p < 0.01$), while the intermediate variation was not different from basic and advanced variations. For the other muscles, no significant differences were found between the evaluated situations.

Table1: Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower Rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Hundred exercise.

HUNDRED						
Muscle	Basic	Intermediate	Advanced	p		
	Mean(\pm SD)	Mean(\pm SD)	Mean(\pm SD)	BI	IA	BA
URA	56.14(21.98)	69.69(26.10)	75.03(21.4)	0.25	1.00	0.05
LRA	48.48(22.06)*#	68.65(16.03)	75.14(16.82)	<0.01	0.89	<0.01
EO	39.87(17.55)*	54.16(16.51)	63.41(19.58)	0.62	0.38	<0.01
IO	41.08(11.58)*#	68,47(14.2)	80.68(18.79)	<0.01	0.58	<0.01
RF	19.79(7.21)	17.76(5.98)	20.75(9.58)	1.00	0.76	1.00
MS	14.45(3.79)	15.51(3.17)	16.55(5.75)	1.00	1.00	0.46

* Represents significant difference to advanced variation ($p < 0.05$)

Represents significant difference to intermediate variation ($p < 0.05$)

Roll Up

The results of the Roll Up exercise are described in Table 2. For the URA It was found a significantly lower EMG when compared the basic variation to the advanced variation ($p=0.04$). For the other muscles analyzed, no significant differences were found in any of the comparison situations.

Table 2: Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Roll Up exercise.

ROLL UP						
Muscle	Basic	Intermediate	Advanced	P		
	Mean(\pm SD)	Mean(\pm SD)	Mean(\pm SD)	BI	IA	BA
URA	34.89(9.62)*	35.87(9.88)	43.84(12.05)	1.00	0.08	0.04
LRA	30.86(11.49)	33.34(13.57)	36.56(12.98)	1.00	1.00	0.55
EO	41.57(17.36)	40.46(11.16)	50.22(18.27)	1.00	0.21	0.32
IO	34.36(8.17)	36.51(10.89)	40.77(10.85)	1.00	0.62	0.18
RF	11.88(5.41)	12.97(6.96)	14.57(8.08)	1.00	1.00	0.74
MS	12.80(6.14)	12.88(5.03)	15.68(9.40)	1.00	0.72	0.69

* Represents significant difference to advanced variation ($p<0.05$)

Double Leg Stretch

As described in Table 3, for the URA, RF and MS muscles in the Double Leg Stretch exercise no significant differences were found between the variations. For the LRA, the basic variation showed less EMG activation compared to the intermediate ($p < 0.01$) and to the advanced variations ($p < 0.01$). For EO, the basic variation presented significantly lower values when compared to the advanced ($p < 0.01$) variation. Also, for the IO muscle the advanced variation presented greater EMG activations when compared to the basic ($p < 0.01$) and to the intermediate variations ($p < 0.01$).

Table 3: Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Double Leg Stretch exercise.

DOUBLE LEG STRETCH						
Muscle	Basic	Intermediate	Advanced	P		
	Mean(\pmSD)	Mean(\pmSD)	Mean(\pmSD)	BI	IA	BA
URA	44.28(20.82)	63.42(16.83)	66.01(27.89)	0.25	0.12	1.00
LRA	43.72(24.81)*#	53.17(16.07)	66.79(16.5)	<0.01	0.89	<0.01
EO	36.10(12.21)*	46.89(14.63)	57.69(17.35)	0.10	0.10	<0.01
IO	39.72(18.71) *#	55.48(15.86)*	73.47(15.92)	0.02	<0.01	<0.01
RF	23.71(13.36)	24.58(11.03)	21.71(14.07)	1.00	1.00	0.76
MS	11.84(5.73)	14.27(10.24)	11.26(4.92)	1.00	1.00	0.46

* Represents significant difference to advanced variation ($p < 0.05$)

Represents significant difference to intermediate variation ($p < 0.05$)

Single Leg Stretch

The results of the Single Leg Stretch exercise are described in Table 4. For the URA, RF and MS muscles no significant differences were found among variations. For the LRA, the basic variation showed lower EMG activation when compared to the advanced variation ($p < 0.01$), not being significant different compared to the intermediate variation. For the EO, the advanced level was significantly greater compared to the basic ($p < 0.01$) and to the intermediate variations ($p < 0.01$). Also, IO muscle was significantly more activated in the advanced variations compared to the basic variation ($p = 0.01$) not showing differences compared to the intermediate variation ($p = 0.13$).

Table 4: Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Single Leg Stretch exercise.

SINGLE LEG STRETCH						
Muscle	Basic	Intermediate	Advanced	P		
	Mean(\pm SD)	Mean(\pm SD)	Mean(\pm SD)	BI	IA	BA
URA	40.57(19.44)	45.58(23.24)	50.5(25.29)	1.00	1.00	0.59
LRA	35.5(17.77)*	43.66(20.2)	54.96(18.13)	0.59	0.22	<0.01
EO	41.46(18.57)*	51.12(17.86)	61.11(17.52)#	0.34	<0.01	<0.01
IO	37.44(15.38)*	41.91(14.68)	52.37(15.74)	1.00	0.13	0.01
RF	25.25(14.19)	24.7(16.39)	17.91(8.48)	1.00	0.40	0.33
MS	12.49(4.96)	10.64(5.38)	11.09(5.67)	0.90	1.00	1.00

* Represents significant difference to basic variation ($p < 0.05$)

Represents significant difference to intermediate variation ($p < 0.05$)

Rolling Like a Ball

Table 5 demonstrates the results for Rolling Like a Ball exercise. For all the evaluated muscles no significant differences were found in the EMG.

Table 5: Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the basic (B), intermediate (I) and advanced (A) variations for Rolling Like a Ball exercise.

ROLLING LIKE A BALL						
Muscle	Basic	Intermediate	Advanced	P		
	Mean(±SD)	Mean(±SD)	Mean(±SD)	BI	IA	BA
URA	21.76(7.23)	23.62(6.51)	25.1(7.33)	1.00	1.00	0.48
LRA	25.78(9.58)	29.27(9.80)	31(9.56)	0.85	1.00	0.33
EO	41.06(17.4)	46.46(15.02)	44.16(12.87)	0.87	1.00	1.00
IO	33.7(14.54)	36.21(16.3)	39.68(18.73)	1.00	1.00	0.85
RF	20.55(13.71)	20.87(11.89)	15.05(7.93)	1.00	0.40	0.46
MS	25.86(11.36)	27.11(11.23)	31.15(12.70)	1.00	0.92	0.55

Single Straight Leg Stretch

The results of the Single Straight Leg Stretch exercise are described in Table 6. For all muscles, no significant differences were found for EMG between the intermediate and advanced variations.

Table 6: Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the intermediate and advanced variations for Single Straight Leg Stretch exercise.

SINGLE STRAIGHT LEG STRETCH			
Muscle	Intermediate	Advanced	P
	Mean \pmSD)	Mean (\pmSD)	
URA	46.77(22.16)	48.79(24.24)	0.79
LRA	50.17(25.04)	54.27(21.18)	0.59
EO	57.20(16.12)	59,82(14,66)	0.61
IO	41.84(18.87)	43.61(19.59)	0.78
RF	22.93(9.27)	27.10(10.07)	0.20
MS	15.55(7.79)	15.83(7.76)	0.91

Double Straight Leg Stretch

The results of the Double Straight Leg Stretch exercise are described in Table 7. For the URA, LRA, IO and MS muscles no significant differences were found in the comparisons between the intermediate and advanced variations. For the EO and RF muscles the advanced variations showed greater EMG compared to the intermediate ($p = 0.04$).

Table 7: Comparison of the mean muscle activation percentage of upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) between the intermediate and advanced variations for Double Straight Leg Stretch exercise.

DOUBLE STRAIGHT LEG STRETCH			
Muscle	Intermediate	Advanced	P
	Mean(\pmSD)	Mean(\pmSD)	
URA	68.25(24.44)	81.16(35.55)	0.21
LRA	72.89(26.48)	72.66(31.33)	0.98
EO	71.67(13.67)*	81.62(15.39)	0.04
IO	60.10(15.50)	68.86(16.60)	0.11
RF	23.29(7.34)*	29.34(8.62)	0.03
MS	14.93(6.55)	15.25(6.20)	0.88

* Represents significant difference to advanced variation ($p < 0.05$)

DISCUSSION

For the Hundred exercise it was found that the positioning of the lower limbs altered the muscular activation pattern of LRA, EO and IO. However, for the other muscles, the variation of hip flexion angle was not observed to affect muscle activity significantly, possibly due to the fact that there may exist a minimum increased moment arm necessary to represent significantly impact on muscle demand.

According to Sacco *et al.* (35), the main strategy for increase abdominal muscle activation is the use of different lower limbs positioning creating a greater muscle-resistant torque in Pilates exercises. Thus, since the LRA, EO and IO muscles are considered responsible for stabilizing the pelvis and lumbar spine when the lower limbs are without support (40), it was expected that the highest torque during the variations of the hip flexion angle would be accompanied by an increase in muscle activation.

When analyzing the Hundred in the basic situation in which the hip position was 90 degrees of flexion, no tendency was observed for hip or spine extension. Therefore, little pelvic stress has been reported in the sense of anteversion (29,39), which is a movement that involves the stretching of the rectus abdominis muscle, especially its lower portion which is inserted in its large part in the pubic region. When modified to the advanced variation, in which the hip was flexed approximately 5 degrees, an increase in resistance torque that generates a hip extension moment arm that is associated with pelvic anteversion and lumbar spine extension has been reported (39). Consequently, for the maintenance of the neutral column, one of the PM precept, the rectus abdominis muscle should be more activated, corroborating the findings for LRA between the basic and advanced variations. Possibly the change in lower limb positioning between advanced (5 degrees of hip flexion) and intermediate (45 degrees of hip flexion) does not represent a sufficient increased overload to generate higher muscle activation levels (39).

The URA presents a distinct behavior, possibly due to the maintained thoracic spine flexion in all situations, a priority function of URA up to 45° of spine flexion (38). This isometric demand makes URA shortened and disadvantageous to aid in pelvic control over LRA, EO, and IO, which tend to play a more important role in generating force under these conditions (18).

The same can be said in relation to the Double Leg Stretch, Single Leg Stretch and Double Straight Leg Stretch which also present variations of the positioning of the lower limbs as a strategy to increase overload, with the positioning of the basic variation producing less stimulus for muscular activation of LRA, EO and IO compared to the advanced variation. Therefore, the results seem to indicate that for exercises such as Hundred, Double Leg Stretch, Single Leg Stretch the progressive intensity prescription could be based on only basic and advanced variations. The intermediate variation can be considered representative of increased risk in relation to lumbar stress (2,26) without generating greater muscular activation. These results show the importance of being careful to prescribe PE in its variations, especially for rehabilitation proposes.

For the Double Straight Leg Stretch, an exercise that follows the same logic of the lower limb variations, we found higher values for the EO in the advanced variation in relation to the intermediate. These results demonstrate that in this exercise changing hip flexion angle from 45 to 5 degrees produced an increase in muscle activation. Also, for this exercise, besides the alteration of the positioning of the lower limbs, a modified shoulder flexion was employed and was greater in the advanced variation. This strategy can be considered effective in increasing EO activity (38), since it would have an important role in avoiding the elevation of the ribs that tends to occur when shoulder flexion is performed, and this function is emphasized when URA is overloaded with maintenance of isometric spine flexion (24,29).

Using only the strategy of modifying the position of the upper limbs, the Roll Up presented around 40% of the MVIC for all muscles despite the exercise variation. These results corroborate previous studies that also found similar spine flexor muscle activation levels for this exercise when executed in basic variation with the use of accessories (38), and even when performed in its advanced variation (39). Regardless of the variation, this is an exercise that is being considered from moderate to low activation for all muscles evaluated, being between 10 and 40% of the MVIC (14). Although increased shoulder flexion is considered to be effective in increasing the activation of abdominal muscles like URA (29,38), for Roll Up a significant increase for URA was only found when comparing the basic to the advanced variation, demonstrating that the URA muscle activation seems to be dependent on variation of the resistant torque over 45 degrees of shoulder flexion.

For the Roll Up exercise is important to consider that it is an exercise that present low flexor spine muscle activation in relation to the spine injury risks it can promote. It is known that lumbar spinal flexion is approximately 30 degrees when performing a sit-up exercise (20), as the Roll up, and this position can generate a greater amount of intradiscal pressure (30) compared to the other exercises that are more similar with the traditional crunch when the spine flexion angle is considered. This information implies that exercises like The Hundred, Double Leg Stretch and Double Straight Leg Stretch can be greater in spine flexors muscles activation and at the same time be safer to perform than the Roll up exercise and be more indicated for individuals with spinal pathologies who need to minimize lumbar spinal flexion or compressive forces (15).

In relation to the other muscles evaluated, in all situations of Roll Up execution, the lower limbs are in contact with the ground, which prioritizes the contribution of URA compared to the hip flexors (1,13,44). This fact corroborates our findings that the IO, EO, and LRA muscles were not significantly affected by altered upper limb positioning. The support of the

lower limbs on the ground prevents hip extension tendencies and reduces stress to the maintenance of the neutral lumbar spine (34,39,44). Since there is no tendency for pelvic anteversion and consequent reduced lumbar spine extension forces, with URA in a favorable position, it is more influenced by upper limb positioning, whereas EO and IO appear to respond more to changes of the lower limbs (29,35) when in greater lombo-pelvic stress (2,26,31,39). Data from these previous studies help explain why EMG patterns for the Roll Up behaved differently in relation to other exercises of PM, such as the Hundred, which present no lower limbs support.

According to Dias *et al.* (12) the positioning of upper limbs influences imposed spine flexion overload. In our study the change from 90 degrees (basic) to 180 degrees (advanced) in the angle of shoulder flexion represented a real increase in overload. The positioning of upper limbs in the advanced situation can be considered to take the sternum to a more proximal position, stretching the URA fibers, placing it in advantage to perform the thoracic spine flexion in relation to the LRA, which would explain the findings for this exercise (38).

As with the Hundred, Double Leg Stretch, Single Leg Stretch and Double Straight Leg Stretch exercises this study also indicates the possibility of prescribing Roll Up only in its basic variation for URA, EO, IO, RF and MS muscles, having similar lower activation percentages between the variations and being an exercise that can generate greater spine compression. In addition to not impairing the development of muscular resistance due to its low percentage of activation, for URA the use of the advanced level seems to be an efficient strategy in recruiting greater muscle activation.

For the Rolling Like a Ball and Single Leg Straight Stretch exercises, no significant differences were found for any of the levels regardless of the muscle evaluated. Possibly, the lack of joint movement of the Rolling Like a Ball exercise and the constant support of body weight by the upper limbs in the Single Straight Leg Stretch exercise had a role in the constant

activation throughout the modifications. However, these findings indicate that these exercises can be used as a level of intensity in their three configurations throughout a training program for students who are able to perform them, since they do not represent a real progression of muscular activation. This demonstrates the need for carefully choosing exercises for PM prescription, since some variations of the exercise do not present progression difficulties based on intensity of training and muscle activation but may cause greater stress to the lumbar spine since greater activation of hip flexors, as psoas muscle, is known to generate higher spinal compressive loading (22).

However, in the context of the practical application, exercises with low percentages of activation (14) such as Roll Up, Single Straight Leg Stretch and Rolling Like a Ball exercises, regardless of their variation, could be applied as a strategy for increasing exercise volume in a pilates class, but not increasing exercise intensity as other exercises could, thus providing a vast repertoire of exercises for a different and more attractive class.

Since currently PE has been prescribed based on the knowledge described by Joseph Pilates in his literary works, there is a gap between exercise progression and exercise prescription. It is known that a non-periodized training program can be compared to an untrained period (42) emphasizing the importance of a well-structured and adequately planned training that has been illustrated in the current study, aiming to adapt the principles of physical training (43,45), and seeking to improve the planning and progressive prescription of PM exercises without any unnecessary stress over the spine. Our results highlights the importance of new investigations such as this for a better understanding within training and rehabilitation programs through PE.

When the professional is thinking about the periodization and prescription of Pilates classes, it is necessary to be careful about choosing the right exercises. The present study demonstrated an inconsistency in the pattern of muscle activation according to the classification

of exercises in levels that is now being used for prescription of PE. That is, changing body positioning does not guarantee incremental activation for all powerhouse muscles. Thus, in some cases exercises that generate greater muscle recruitment are the same that can be safer for the spine, emphasizing the need for further investigations on PE in order to find the best relation between risk and muscle activation.

PRATICAL APLICATIONS

Exercises with low muscle activation and that shows no differences between intensity levels, such as Roll Up, Single Straight Leg Stretch and Rolling Like a Ball exercises could be used in a class as a strategy to increase the volume of a class despite its variations in how these exercises are performed.

Moreover, the increased URA activation seems to be more related to the upper limbs position, it appears to be greater with the increase of shoulders flexion due to an increased moment arm in the first spine flexion angles. In addition to that, LRA, EO and IO respond more significantly to the positioning of the lower limbs, changes greater than 45° of ROM in the hip extension or flexion seems to be necessary for significant changes in the percentage of muscle activation.

Finally, consider that greater hip flexor muscles activation and lumbar spine flexion to the sit up position (19) contributes to greater intradiscal pressure (21,30) and lumbar compression (2) compared to exercises similar to the crunch (20), with proper prescription it is possible to maximize abdominal muscle activation with the least impairment in relation to lumbar spine compression, avoiding to maintain the patients and practitioners in risky positions that do not significantly enhance muscle activation.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by CAPES and CNPq, Brazil and the results of this study do not constitute endorsement by the authors or the National Strength and Conditioning Association. The authors confirm that they have no conflicts of interest associated with this publication.

REFERENCES

1. Andrade, LS, Mochizuki, L, Pires, FO, Da Silva, RA, Mota, YL. Application of pilates principles increases paraspinal muscle activation. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;19:62-66.
2. Axler, CT, McGill, SM. Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:804-811.
3. Barbosa, AWC, Martins, FLM, Vitorino, DFM., Barbosa, MCS. Immediate electromyographic changes of the biceps brachii and upper rectus abdominais muscles due to the Pilates centering technique. *J Bodyw Mov Ther.* 2013;17:385-390.
4. Barbosa, AWC, Guedes, CA, Bonifácio, DN, et al. The Pilates breathing technique increase the electromyographic amplitude level of deep abdominal muscles in untrained people. *J Bodyw Mov Ther.* 2014;19:57-61.
5. Barbosa, AWC, Martins, FLM, Silva, A, et al. Activity of lower limb muscles during squat with and without abdominal drawing-in and pilates breathing. *J Strenght Cond Res.* 2017;31:3018-3023.
6. Benedetti, G, Candotii, CT, Gontijo, KNS, Bampi, GM, Loss, JF. Desenvolvimento e validação de um método de avaliação do nível de prática no método Pilates por meio de exercícios do próprio método. *Fisioterapia Brasil.* 2015;16:137-144.
7. Bertolla, F, Baroni, BM, Leal Junior, ECP, Oltramari, JD. Efeito de um programa de treinamento utilizando o método Pilates na flexibilidade de atletas juvenis de futsal. *Rev Bras Med Esporte.* 2007;13:222 -26
8. Blum, CL. Chiropractic and Pilates Therapy for the treatment of adult scoliosis. *J Manipulative Phys Ther.* 2002;25:E3.
9. Bo-In, K, Ju-Hyeo, J, Jemyung, S, Hae-Yeon, K, Haroo, K. An Analysis of Muscle Activities of Healthy Women during Pilates Exercises in a Prone Position. *J. Phys. Ther. Sci.* 2014;26:77-79.

10. Culligan, PJ, Scherer, J, Dyer, K, et al. A randomized clinical trial comparing pelvic floor muscle training to a Pilates exercise program for improving pelvic muscle strength. *Int Urogynecol J*. 2010; 21:401-408.
11. Deluca, CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J. Appl. Biomech*. 1997;13:135-163.
12. Dias, JM, Menacho, M, Mazuquin, BF, et al. Comparison of the electromyographic activity of the anterior trunk during the execution of two Pilates exercises—teaser and longspine—for healthy people. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2014;24:689-697.
13. Drysdale, CL, Jennifer, E, Earl, JE, Hertel, J. Surface electromyographic activity of the abdominal muscles during pelvic-tilt and abdominal-hollowing exercises. *J Athl Train* 2004;3:32-36.
14. Escamilla, RF., Babb, E., Dewitt, R., et al. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal Exercises: implications for rehabilitation and training. *Phys. Ther*. 2006;86:656-671.
15. Escamilla, RF, Lewis, C, Bell, D, et al. Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40:265-276.
16. Eyigor, S, Karapolat, H, Yesil, H, Uslu, R, Durmaz, B. Effects of pilates exercises on functional capacity, flexibility, fatigue, depression and quality of life in female breast cancer patients: a randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010;46:481-487.
17. Finatto, P, Silva, ESD, Okamura, AB, et al. Pilates training improves 5-km run performance by changing metabolic cost and muscle activity in trained runners. *PLoS One*. 2018;13:e0194057
18. Granata, KP, Lee, PE, Franklin, TC. Co-contraction recruitment and spinal load during isometric trunk flexion and extension. *Clin Biomech*. 2005;20:1029-1037.

19. Guimarães AC, Vaz MA, De Campos MI, Marantes R. The contribution of the rectus abdominis and rectus femoris in twelve selected abdominal exercises: an electromyographic study. *J Sports Med Phys Fitness*. 1991;31:222–230.
20. Halpern, AA, Bleck, EE. Sit-up exercises: an electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;172-178.
21. Juker, D, McGill, S, Kropf, P, Steffen, T. Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:301-310.
22. Kavcic, N, Grenier, S, McGill, S. Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. *Spine*. 2004;29:2319-2329.
23. Konrad, P. *The Abc of Emg, A practical introduction to kinesiological electromyography*. Noraxon U.S.A., Inc, Scottsdale, 2006.
24. Kendall, F, McCreary, EK, Provance, P, Rodgers, MM, Romani, WA. *Músculos provas e funções*. São Paulo, Manole, 2007.
25. La Touche, R, Escalante, K, Linares, MT. Treating non-specific chronic low back pain through the Pilates Method. *J Bodyw Mov Ther*. 2008;12:364-370.
26. Lehman, GJ, McGill, SM. Quantification of the differences in electromyographic activity magnitude between the upper and lower portions of the rectus abdominis muscle during selected trunk exercises. *Phys Ther*. 2011;8:1096-1101
27. Marques, NR, Hallal, CZ, Gonçalves, M. Padrão de co-ativação dos músculos do tronco durante exercícios com haste oscilatória. *Motriz*. 2012;18:245-52.
28. Menacho, MO, Obara, K, Conceição, JS, et al. Electromyographic effect of mat pilates exercise on the back muscle activity of healthy adult females. *J Man Physiol Ther*. 2010;33:672-678.

29. Monfort-Pañego, M, Vera-García, FJ, Sánchez-Zuriaga, D, Sarti-Martínez, MA. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. *J Manipulative Physiol Ther.* 2009;32:232-244.
30. Nachemson, AL. The lumbar spine: an orthopaethic challenge. *Spine.* 1976;1:59-71.
31. Pereira, LRI, Queiroz, B, Loss, J, Amorim, C, Sacco, ICN. Trunk muscle EMG during intermediate Pilates Mat exercises in beginner healthy and chronic low back pain individuals. *J Manipulative Physiol Ther.* 2017;40:350-357
32. Pilates, JH, Miller, WJ. *Pilates Return to Life Through Contrology.* Pilates Miami, Method Alliance, 1995.
33. Posadzki, P, Lizis, P, Hagner-Derengowska, M. Pilates for low back pain: A systematic review. *Com Ther Clin Prac.* 2011;17:85-89.
34. Queiroz, BC, Cagliari, MF, Amorim, CF, Sacco, IC. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91:86-92.
35. Sacco, ICN, Andrade, MS, Souza, PS, et al. Método Pilates em revista: aspectos biomecânicos de movimentos específicos para reestruturação postural – Estudos de Caso. *R Bras Ci e Mov.* 2005;13:65-78.
36. Sarti, MA, Monfort, M, Fuster, MA, Villaplana, LA. Muscle activity in upper and lower rectus abdominus during abdominal exercises. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:1293-1297.
37. Siller, B. *O Corpo Pilates: um guia para fortalecimento, alongamento e tonificação sem o uso de máquinas.* São Paulo, Summus, 2008.
38. Silva, CAM, Dias, MJ, Silva, FM, et al. Análise comparativa da atividade elétrica do musculo multífido durante exercício do Pilates, série de Williams e Spine Stabilization. *Fisioter Mov.* 2013;26:87-94.

39. Silva, GB, Morgan, MM, Carvalho, WRG, Silva, E, Freitas, WZ, Silva, FF, Souza RA. Eletromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;18:629-635.
40. Souza, GM, Baker, LL, Powers, CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;81:1551-1557.
41. Sullivan, W, Gardin, FA, Bellon, CR, Leigh, S. Effect of traditional vs. modified bent-knee sit-up on abdominal and hip flexor muscle electromyographic activity. *J Strength Cond Res.* 2015;29:3472-3479
42. Tormen, MLS. Efeitos do treinamento e destreinamento de hidroginástica no perfil lipídico e na remodelação óssea em mulheres pré-menopáusicas. Master`s Thesis. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
43. Weineck, J. *Treinamento Ideal.* São Paulo, Manole. 2003.
44. Willet, GM, Hyde, JE, Uhrlaub, MB, Wendel, CL, Karst, GM. Relative activity of abdominal muscle during prescribed strengthening exercises. *J Strength Cond Res* 2001;15:480-485.
45. Wilmore, JH, Costill, DL. *Fisiologia do esporte e do exercício.* São Paulo, Manole. 2013.

5 MANUSCRITO SEGUNDO

Electromyographic Activity of Rolling Mat Pilates exercises for intensity analysis.

Paula Finatto, Rafael F. Escamilla and Cláudia Silveira Lima

^aUniversidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil.

^bCalifornia State University, Sacramento, CA, USA.

ABSTRACT

Nowadays there are a discrepancy in relation to the intensity pre-classification of Pilates exercises (PE) and their real impact from the point of view of muscular activation compromising training prescription. This study aims to compare the percentage EMG activation of seven PE presenting an intensity progression order among them. Surface electromyography was recorded for lower and upper rectus abdominis (URA), internal (IO) and external obliques (EO), multifidus (MS) and rectus femoris muscles, while seventeen women performed the Rolling Like a Ball basic (RLBbas), Rolling Like a Ball intermediate (RLBint), Rolling Like a Ball advanced (RLBadv), The Seal, Open Leg Rocker (OLR), The Hundred basic and The Hundred advanced (HDadv) exercises. Among the analyzed exercises, in the present study HDadv was the most effective exercise in producing muscle activity of the spinal flexors, while the other exercises could be grouped at the same moderate level of intensity for the URA, IO and EO muscles. Contrary to the current PE prescription, the RLBbas, RLBint, RLBadv and SL exercises, although indicated as spinal flexors exercises (less than 30% of maximum), seem to play a more significant role in the activation of MS although still with being moderate EMG activation (21% to 40%).

Keywords: Muscle activation, abdominal muscles, Progression

1. INTRODUCTION

Nowadays the Pilates Method (PM) is a very popular technique used mostly for rehabilitation and training purposes. The method created by Joseph Pilates is based on and differentiated from other techniques by the concept of that the voluntary activation of the abdominal, paravertebral and pelvic muscles [Latey et al., 2002] would be able to generate a stable center to perform distal movements with less compensation and unnecessary co-activations [Latey et al; 2002, Rossi et al; 2014, Barbosa et al; 2017, Barbosa et al; 2015]. Furthermore, the maintenance of strength and endurance of these muscles [Dorado et al; 2012], called powerhouse [Latey et al; 2002, Pilates, Miller, 1985], is currently related to the treatment of low back pain [La Touche et al; 2008], postural improvements [Emery et al; 2010], injury prevention [McGill et al; 2003], and even increase in sports performance [Finatto et al; 2018].

In addition to centralization, the PM principle that involves the voluntary activation of the powerhouse, it is known that the combined use with the PM respiratory technique is able to intensify not only the electromyographic activity of the spine flexor and extensor muscles [Barbosa et al; 2015] but also of lower [Barbosa et al; 2017], and upper limbs muscles [Barbosa et al; 2013] when performing traditional exercises such as squatting and lunging biceps.

Therefore, adding the principles of PM as a technique for intensity progression during the execution of conventional exercises has been indicated as a strategy in search of intensity progression [Barbosa et al; 2018]. Although much has already been discovered in relation to muscular behavior during the execution of Pilates exercises compared to traditional exercises, little is known regarding the comparison between the PM exercises. Thus, once there is not enough information about it, is a challenge to be able to prescribe PM exercises with a logical progressive intensity order. Even correctly choose exercises for practitioners of different levels of ability and physical conditioning, without putting the practitioner at risk of injury or not offering sufficient stimulation to generate neuromuscular adaptation becomes difficult.

The literature comparing the percentage of electromyographic activation (EMG) between different Pilates exercises, shows that exercises belonging to the same intensity classification can represent very different percentages of activation [Pereira et al; 2017, Silva et al; 2015, Paz et al; 2014, Menacho et al; 2010]. In other words, advanced exercises may present less muscle activation for the abdominal muscles than a basic exercise, which today represents a worrying reality in the prescription of PM exercises.

These results demonstrate a discrepancy in relation to the current classification of PM exercises and their real impact from the point of view of muscular activation. In the current scenario, not knowing the actual muscular activation potential of the technique exercises can be detrimental and cause errors when prescribing a training protocol aiming at a progression of intensity.

Therefore, the present study aims to assess and compare the percentage EMG activation of 5 Pilates exercises with The Hundred exercise in its basic and advanced variation for internal oblique, external oblique, upper rectus abdominis, lower rectus abdominis, rectus femoris and multifidus muscles in order to elucidate the prescription of these exercises in the intensity point of view.

2. METHODS

2.1 Participants

The sample size was calculated based on Escamilla et al [2006] research due to similarity using the following equation: $N=(1,96z \times \sigma) \div (0,1 * M)$. The results consisted of a sample size of 17 women. Twenty-three were evaluated for the inclusion criteria and 17 women (mean \pm SD, age: 26.14 ± 5.72 years; height: 168.3 ± 2.94 cm; weight: 58.23 ± 2.4 kg) agreed to participate. The participants of the study were recruited in a non-random and voluntary way after disclosure by social networks from Pilates studios clients. The Institutional Review Board of the Sacramento State University approved the procedures used (protocol number IRB 18-19-80). This study obeyed the rules of the Declaration of Helsinki and all participants was notified of the benefits and potential risks involved and signed the informed consent form prior to the start of the collections.

The inclusion criteria were being a practitioner of PM for at least 3 months with a minimum weekly frequency of twice a week in Pilates exercise classes, with absence of medical restrictions and classified at the advanced level by the MANiPilates scale [Benedetti et al; 2015].

2.2 Procedures

Data collection procedures were performed in two sessions. In the first day were performed the characterization, leveling and familiarization with techniques and equipment's

procedures. In the second day, the EMG evaluations of the mat Pilates exercises were performed.

In the first session the participants classification was conducted using the MANiPilates scale to access if the participant is in basic, intermediate or advanced level of Pilates Method skills [Benedetti et al; 2015]. If they success in get a score between 5.0 and 6.1 they were considered in advanced level and could be included in the study. In the same day, after the leveling, weight and height were accessed as well as familiarization with exercises and procedures.

In a second session within at least 48 hours interval, the mat exercises were evaluated. For this session the data collection routine began with skin preparation and electrodes placement [Deluca; 1997]. After that maximum voluntary isometric contraction test (MVIC) for the upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), external oblique (EO), internal oblique (IO), rectus femoris (RF) and multifidus (MS) muscles were performed followed by the EMG evaluation of 7 Mat PE situations. In the end of the session the MVIC test was performed again in order to identify possible interference of fatigue.

2.3 Maximum amplitude of the electromyographic signal during MVIC

The second data collection session started with a warm up prior the MVIC test. For the MVIC, two trails with a duration of 5 seconds and a 1-minute interval between them were performed before the exercise evaluations.

For the electrode's placement skin tricotomy and abrasion were performed [Deluca; 1997]. Surface electrodes with 4.8 cm diameter were used in a bipolar configuration, in a distance of 2 cm between them (BlueSensor M, Ambu®, Ballerup, Denmark) and in a longitudinal position in relation to the muscle fibers always on the right side of the body [Beck et al., 2005]. The position of the electrodes was identified according to the recommendations of the Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM). Muscular activation was obtained using a Noraxon Myosystem EMG unit composed of twelve channels (Noraxon USA, Inc., Scottsdale, AZ). The amplifier bandwidth frequency is 10-500 Hz, with an input voltage of 12 VDC at 1.5 A. The input impedance of the amplifier is 20,000 kW, and the common-mode rejection ratio is 130 Db. EMG data were sampled at 1000 Hz and the recorded signals were processed through an analog to digital (A/D) converter by a 16 bit

A/D board. The data treatment was also performed at the same time of the data collection using the MyoMuscle software (Noraxon USA, Inc., Scottsdale, AZ). A level of resistance between the electrodes of up to 3000 Ω was accepted and the reference electrode was placed at the right clavicle.

All MVIC's were collected on a plinth with subject in a prone, supine, or short sitting position: a) upper and lower rectus abdominis – body supine with hips and knees flexed 90°, feet supported, and trunk maximally flexed (i.e., curl-up position), with resistance at the shoulders in the trunk extension direction; b) external and internal oblique – body supine with hips and knees flexed 90°, feet supported, and trunk maximally flexed and rotated to the left, with resistance at the shoulders in the trunk extension and right rotation directions; c) lumbar paraspinals – body prone with trunk fully extended and hands clasped behind head, with resistance at the shoulders in the direction of trunk flexion; and d) rectus femoris – body in short sitting position with hips and knees flexed 90°, with resistance at the distal leg in the knee flexion direction. For each subject was given similar verbal encouragement for each MVIC to help ensure a maximum effort throughout the 5 s duration [Konrad; 2005].

2.4 Electromyographic Evaluation During Exercises

Fifteen minutes after the CIVM tests, the evaluation protocol of the seven mat PE started. The EMG signal was recorded during 5 repetitions for each exercise, with all exercises performed in a randomized order using an online free access software. Each repetition for all exercises will be performed in a slow and controlled manner, being respected an interval of 3 minutes between each situation to avoid fatigue interference. The rolling exercises are performed as shown in Figure 1 being the start (1A) and end (1C) position the same.



Fig 1: Performance of the Rolling Like a Ball basic.

The exercises Rolling Like a Ball basic (Fig. 2A), Rolling Like a Ball intermediate (Fig. 2B), Rolling Like a Ball advanced (Fig. 2C), The Seal (Fig. 2D), Open Leg Rocker (Fig. 2E), The Hundred basic (Fig. 2F) and The Hundred advanced (Fig. 2G) were evaluated. These

exercises have been chosen because they are similar in their positionings and primary motor muscles.

Participants were instructed to perform along with the exercises all principles of the PM as breathing and centralization. The activation of the powerhouse, a principle of the PM that presupposes a constant voluntary activation of the spine flexors and stabilizers muscles, was maintained and verbal control of the respiratory cycles was maintained throughout the execution of the exercises. The Pilates breathing technique will be consider in 3 second for each breath cycle being one repetitions composed by 1 second inhale and 2 second exhale. Exercises repetitions were performed in 3 seconds, matching with the Pilates breathing technique. For the Hundred exercise, which is an isometric exercise, breathing principle was performed in the way that each 3 second breath cycle counted as one repetition. The execution angles of the exercises were indicated to the participants through a goniometer and after controlled by the simultaneous and synchronized recording to the EMG data used later to determine the beginning and end of each exercise repetition.

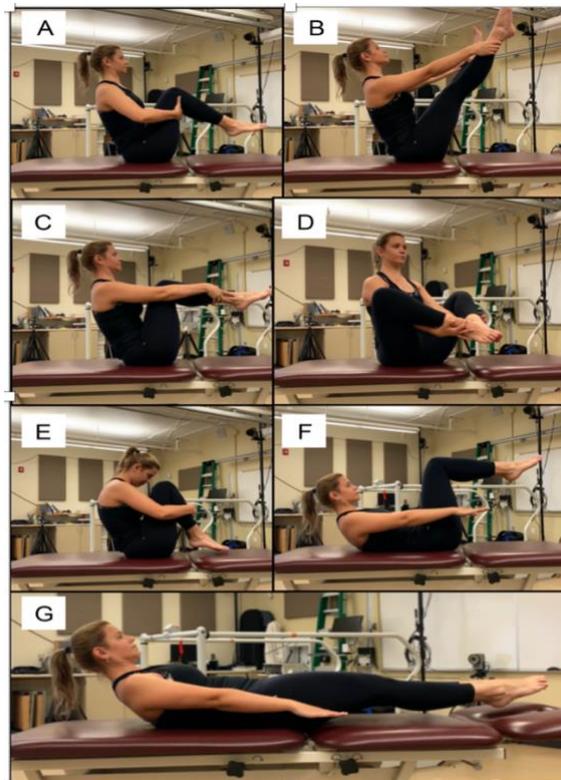


Fig 2: The seven Pilates exercises: A: Rolling Like a Ball basic. B: Open Leg Rocker. C: Rolling Like a Ball intermediate. D: The Seal. E: Rolling Like a Ball advanced. F: The Hundred basic. G: The Hundred Advanced.

2.5 Data Analysis

The EMG signal was filtered using a fifth-order Butterworth band-pass filter with cut-off frequencies between 10 and 500 Hz. After filtering, the plateau period of isometric activation for 1-s intervals was identified. The root mean square (RMS) value was obtained via Hamming windowing in 1-s intervals.

For the analysis of EMG activation during PE, the same signal filtering procedure as that used for MVIC was applied. Subsequently, the EMG signal was clipped to the five repetitions according to the recording video. Normalized EMG data was averaged over the 5 repetition trials performed for each exercise and the average RMS value of each participant was calculated for each of the 7 exercises. The EMG data was normalized for each muscle and expressed as a percentage of a subject's highest corresponding MVIC trial.

2.6 Statistical Analyses

The results were described by mean and standard deviation values. To verify the normality of the data the Shapiro-Wilk test was used. Since the normality was accepted a one-factor repeated measures analysis of variance was employed to assess differences in normalized EMG muscle activity among the different exercises, while Post hoc analyses were performed using the Bonferroni test to evaluate the significance of between exercise pairwise comparisons. The significance level was set at $\alpha = 0.05$ and the statistical package used was SPSS version 20.0 (IBM, Armonk, USA).

3. RESULTS

For the URA (3A), LRA (3B), IO (3C) and EO (3D) muscles, the results showed that the exercises RLBbas ($21.94\% \pm 7.3$; $26.31\% \pm 9.79$; $31.59\% \pm 11.65$; $39.50\% \pm 13.5$, respectively), RLBint ($20.72\% \pm 11.52$; $28.62\% \pm 11.56$; $36.76\% \pm 16.44$; $44.91\% \pm 15.95$, respectively), RLBadv ($25.20\% \pm 12.03$; $30.89\% \pm 10.66$; $35.35\% \pm 8.87$; $43.88\% \pm 13.09$), SL ($24.11\% \pm 13.53$; $33.28\% \pm 13.87$; $35.15\% \pm 16.37$; $37.6\% \pm 17.24$, respectively), OLR ($21.91\% \pm 10.78$; $30.94\% \pm 11.39$; $33.65\% \pm 13.87$; $34.26\% \pm 10.26$, respectively) and HDbas ($53.92\% \pm 16.3$; $47.92\% \pm 20.59$; $36.54\% \pm 16.83$; $46.64\% \pm 26.05$, respectively) exercises presented significant less EMG percentage when compared to HDadv ($71.69\% \pm 18.03$; $75.69\% \pm 17.44$; $57.86\% \pm 16.49$; $88.71\% \pm 30.40$, respectively).

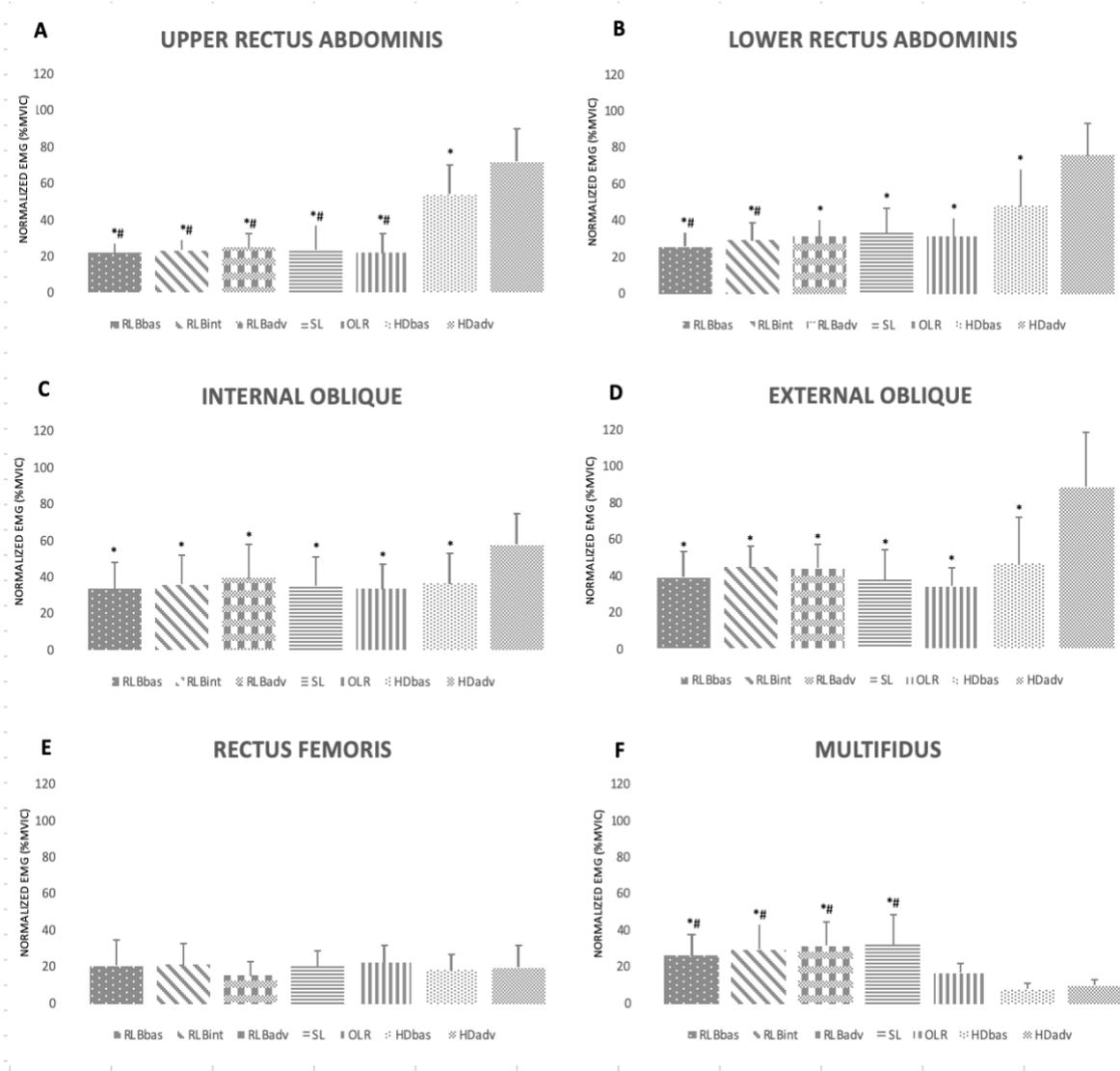


Fig 3: Comparison of the percentage electromyographic activation for the upper rectus abdominis (URA), lower rectus abdominis (LRA), internal oblique (IO), external oblique (EO), rectus femoris (RF) e multifidus (MS) muscles among the Rolling Like a Ball basics (RLBbas), Rolling Like a Ball intermediate (RLBint), Rolling Like a Ball advanced (RLBadv), Open Leg Recker (OLR), The Hundred basics (HDbas) and The Hundred advanced (HDadv) exercises. * Represents significant difference compared to HDadv and # represents significant difference compared to HDbas ($p < 0,05$).

For IO and EO muscles, when comparing the HDbas to the other exercises significant differences were not found among them only when compared to HDadv. Besides, for the URA muscle significant ($p < 0.001$) more EMG percentage was found comparing the HDbas to the RLBbas, RLBint, RLBadv, SL and OLR exercises. In addition, for the LRA muscle the HDbas exercise was only significant greater when compared to the RLBbas ($p < 0.001$) and RLBint ($p = 0.002$) exercises.

Moreover, for the RF muscle, is shown in Fig. 3E that no significant ($p= 1.00$) differences was found when the exercises RLBbas ($19,83\% \pm 13.50$), RLBint ($20.81\% \pm 11.92$), RLBadv ($15.27\% \pm 7.86$), SL ($20.16\% \pm 8.54$), OLR ($22.10\% \pm 9.21$), HDbas ($18.12\% \pm 8.60$) and HDadv ($19.64\% \pm 11.84$) were compared. Furthermore, for the MS muscle (Fig. 3F), significant greater EMG was found when compared the RLBbas ($27.59\% \pm 10.95$), RLBint ($27.68\% \pm 12.9$), RLBadv ($32.26\% \pm 13.29$) and SL ($32.1\% \pm 13.81$) exercises to the HDbas ($7.89\% \pm 3.20$; $p<0.001$) and HDadv (9.89 ± 3.08 ; $p=0.001$; $p<0.001$; $p<0.001$; $p=0.002$, respectively) exercises.

4. DISCUSSION

The purpose of this study was to compare the muscle activation of six muscles during 7 different Mat Pilates exercises. We aimed at taking a step forward to elucidate the PM training prescription in relation to muscle activation intensity, making easier the task of choosing between different PE for different outcomes as strength or resistance training.

Nowadays, Pilates rehabilitation or training programs are based on the pre-classification that considers the PE global complexity [Siller; 2008; Pilates; Miller; 1995] which was created by Joseph Pilates and continues to be used unchanged to this day. However, when addressing muscular activation, trying to reach neuromuscular adaptations, this classification seems to present inconsistencies [Pereira et al; 2017, Silva et al; 2015, Menacho et al; 2010]. Silva et al. [2015] demonstrated that different exercises belonging to the same pre-classification have quite different levels of muscular activation, which can lead to errors when prescribing PE, perhaps subjecting the practitioner to super or underestimated stimuli. In other words, exercises belonging to an advanced pre-classification, for example, may actually represent activations corresponding to basic exercises with very low potential to develop muscular strength.

In the study by Menacho et al., [2010], 11 women performed the Swimming, Double Leg Kick and Single Leg Kick exercises to evaluate lumbar extensor muscles activity. As results, although belonging to the same pre-classification, there were very different percentages of muscle activation among the exercises. The Swimming exercise presented the highest EMG activation (59% of the MVIC) while the Double Leg Kick was able to activate around 42% of the MVIC, significantly less compared to the Swimming exercise. Besides that, the Single Leg Kick exercise lead to less (29% of the MVIC) spine extensor activity than the other two

exercises not overloading the back muscles and could not be considered a specific back exercise by the authors.

The Swimming exercise is performed in a prone position with maintenance of the spinal and hip hyperextension and with the arms placed further away from the lumbar spine rotation axis, being considered the exercise of greater EMG activation for the spine extensors [Menacho et al; 2010; Bo-In et al; 2014; Paz et al; 2014]. In the present study, we could observe similar EMG values to the Double Leg Kick for the RLBbas, RLBint, RLBadv and Seal exercises. This fact demonstrates their specific potential to engage spine extensors muscles, contrasting strongly with their classic pre-classification and purpose recommendations. In this way, we find ourselves in a scenario where we may be using exercises considered advanced in the MP hoping to obtain adaptations and in fact we are untraining the practitioner due to a low stimulus. Just as we can be imposing exercises in spine injury risk positions without having, in fact, a correspondence in the intensity progression.

According to the pre-classification were expected that the HDadv, SL and OLR exercises have presented similar EMG percentages. However, it was observed that EMG activity does not seem to respect this organization. The SL and OLR exercises, although considered as advanced and indicated for strengthening spine flexor muscles, presented the same EMG percentage in relation to RLBbas, RLBint and RLBadv, which are indicated as beginners' exercises. In addition, SL and OLR exercises showed significantly lower EMG when compared to the HDadv exercise for the URA, LRA, IO and EO muscles, and may in fact be exercises predominantly indicated for the back muscles.

Still, in relation to the URA, RLBbas, RLBint, RLBadv, SL and OLR exercises also presented less EMG activity when compared to HDbas. Hence, the present results suggest that rolling exercises, independently of their pre-classification, are exercises with less muscle requirement and, therefore, more suitable for initial abdominal training and rehabilitation programs stages [Escamilla et al. 2010]. While the HDbas and HDadv exercises would be more indicated for an intermediate and advanced training stage, respectively. In addition, considering restructuring the Pilates Method intensity classification, RLBbas, RLBint, RLBadv, OLR, SL and HDbas exercises could be considered as the same intensity level. For the LRA, IO and EO muscles their EMG activity ranged from moderate (21% to 40%) to high (41% to 60%) muscle activation, while HDadv would be classified as very high intensity (greater than 60%) [Escamilla et al; 2010].

From a different point of view, all exercises analyzed presented low EMG values for the RF muscle, regardless of their intensity pre-classification. Such a characteristic, associated with low levels of spinal flexors activation, leads to lower pressure and compression in the lumbar spine and may be of interest to those who need to minimize compressive forces on the spine due to lumbar pathologies [Kavcic; 2004] and strengthening back muscles.

On the other hand, rolling back exercises very much resemble the positioning of abdominal exercise performed with flexed knees. In classical studies, Juker et al. [1998] and Axler and McGill [1997] demonstrated that large degrees of spinal flexion and lumbar extensors increased activity are related to increased lumbar compression [Kavcic et al; 2004], pressure [Nachemson; 1976] and instability [Halpern and Bleck; 1979, McGill et al; 1996]. Furthermore, the impact generated on the spine due to the rolling motion against the ground suggests that the RLBbas, RLBint, RLBadv, SL and OLR exercises may be contraindicated for certain populations, such as those affected by osteoporosis. Thus, HDbas exercise seems to be the best option for developing spine strength and stability, because it presents a lower degree of spinal flexion and greater or equal involvement of the abdominal musculature when compared to RLBbas, RLBint, RLBadv, SL and OLR exercises without any significant increase of hip flexors activity.

Although the HDadv exercise presents higher levels of muscle activation, it is worth mentioning that, although it promotes greater stability of the spine, the large magnitudes of the spinal flexor muscles activity are also related to high compressive loads in the spine [Kavcic et al; 2004], demonstrating the importance of the biomechanical analysis of exercises in search of safe challenges for the abdominal muscles [Axler and McGill; 1997]. In addition, even though HDadv exercise presents a very high intensity challenge [Escamilla et al; 2010] for the URA, LRA and EO muscles, the same should be prescribed with caution, due to the great difficulty of maintaining the neutral lumbar spine position.

When analyzing the results for the MS muscle we found the inverse behavior. In this case, the exercises RLBbas (25.86%), RLBint (29.33%), RLBadv (33.20%) and SL (32.1%) presented significantly higher EMG when compared to HDbas and HDadv exercises. This result becomes interesting since all the exercises analyzed here were indicated as exercises for the development of spine flexors strength. However, exercises such as RLBbas, RLBint, RLBadv, and SL seem to have a better prescription application when the objective is the back muscles development.

According to Menacho et al. [2010], specific biomechanical analysis could provide a better understanding of the effect of PE on muscles, being a prerequisite for proper prescription.

In addition, understanding the specificity of exercise may be, for example, the differential in for a low back pain successful treatment [Menacho et al. 2010]. It is known that exercises performed in prone or quadruped are effective in activating the local stabilizing musculature [Richardson et al., 2002, Behm et al., 2005] as MS, in order to improve low back pain and possible motion limitations that can be caused by instability [Kavcic et al., 2004]. However, exercises with a stabilizing characteristic, such as upper limbs movements performed in a sitting position, are described as good options for the development of muscular resistance in this region. The data of the present study are in accordance with previously reported [Kelly et al., 2016] for quadruped exercises (26% MVIC) and sitting shoulder flexion (25% MVIC) and are presented as an option to incorporate spine rehabilitation programs.

Among the analyzed exercises, in the present study HDadv was the most effective exercise in producing muscle activity of the spinal flexors, while the other exercises could be grouped at the same moderate level of intensity for the URA, IO and EO muscles. Contrary to the current PE prescription, the RLBbas, RLBint, RLBadv and SL exercises, although indicated as spinal flexors exercises (less than 30% of MVIC), seem to play a more significant role in the activation of MS although still with being moderate EMG activation (21% to 40%).

In view of the training and rehabilitation programs, rolling exercises would be better suited to the initial stages regardless spine extensors or flexors muscles. In addition, considering the lower risk of injury and potential for adaptation, the HDbas exercise seems to be better indicated to develop abdominal strength because of the lower degree of spinal flexion, low activation levels of the hip flexors and absence of impact on the spine in its execution. Finally, the HDadv exercise appears as a very high intensity exercise for URA, LRA and EO and as high intensity for IO, and should be prescribed with caution in more advanced stages of the training program.

5. CONFLICT OF INTEREST

The authors confirm that they have no conflicts of interest associated with this publication.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by CAPES and CNPq, Brazil.

7. REFERENCES

Axler CT, McGill SM. Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1997;29:804-811.

Barbosa AWC, Guedes CA, Bonifácio DN, Silva A, Martins FLM, Barbosa MCS. The Pilates breathing technique increases the electromyographic amplitude level of deep abdominal muscles in untrained people. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 2015;19(1):57-61.

Barbosa AC, Martins FM, Silva AF, Coelho AC, Intelangelo L, Vieira ER. Activity of lower limb muscles during squat with and without abdominal drawing-in and pilates breathing. *Journal of Strength Conditioning Research* 2017;31(11):3018-23.

Barbosa AWC, Martins FLM, Vitorino DFM, Barbosa MCS. Immediate electromyographic changes of the biceps brachii and upper rectus abdominais muscles due to the Pilates centering technique. *Journal Bodywork & Movement Therapies* 2013;17(3):385-90.

Barbosa AC, Vieira ER, Silva AF, Coelho AC, Martins FM, Fonseca DS, Borbosa MA, Bordachar D. Pilates experience vs. muscle activation during abdominal drawing-in

Maneuver. *Journal Bodywork & Movement Therapies* 2018;22:(2)467-70

Beck TW, Housh TJ, Johnson GO, Weir JP, Cramer JT, Coburn JW, et al. The effects of interelectrode distance on electromyographic amplitude and mean power frequency during isocinetic and isometric muscle actions of the biceps brachii. *Journal of Electromyography Kinesiology* 2005;15(5):482-95.

Behm DG, Leonard AM, Young WB, Bonsey WA, MacKinnon SN. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19:193- 201.

Benedetti G, Candoti CT, Gontijo KNS, Bampi GM, Loss JF. Desenvolvimento e validação de um método de avaliação do nível de prática no método Pilates por meio de exercícios do próprio método. *Fisioterapia Brasil* 2015;16(2):137-44.

Bo-In K, Ju-Hyeo J, Jemyung S, Hae-Yeon K, Haroo K. An Analysis of Muscle Activities of Healthy Women during Pilates Exercises in a Prone Position. *Journal of Physical Therapy Science* 2014;26:(1)77-9.

Deluca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics* 1997;13:135-63.

Dorado C, Calbet JAL, Lopez-Gordillo A., Alayon S, Sanchis-Moysi J. Marked Effects of Pilates on the abdominal muscle: a longitudinal magnetic resonance image study. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2012;44(8):1589-94.

Emery K, De Serres SJ, Mcmillan A, Côté JN. The effects of a Pilates training program on arm-trunk posture and movement. *Clinical Biomechanics* 2010;25(2):124-30.

Escamilla RF, Lewis C, Bell D, et al. Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2010;40:265-76.

Finatto P, Silva ESD, Okamura AB, et al. Pilates training improves 5-km run performance by changing metabolic cost and muscle activity in trained runners. *PLoS One* 2018;13:e0194057.

Halpern AA, Bleck EE. Sit-up exercises: an electromyographic study. *Clinical Orthopedics and Related Research* 1979;(145)172-8.

Juker D, McGill S, Kropf P, Steffen T. Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1998;30:301-10.

Kavic N, Grenier S, McGill S. Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. *Spine* 2004;29:2319-29.

Kelly M, Jacobs D, Wooten ME, Edeer AO. Comparison of electromyographic activities of lumbar iliocostalis and lumbar multifidus muscles during stabilization exercises in prone, quadruped, and sitting positions. *Journal of Physical Therapy & Science* 2016;28:2950-54.

Konrad P. *The Abc of Emg, A practical introduction to kinesiological electromyography.* Version 1.0. Scottsdale: Noraxon Inc. USA, 2005.

La Touche R, Escalante K, Linares MT. Treating non-specific chronic low back pain through the Pilates Method. *Journal Bodywork & Movement Therapies* 2008;12:364-70.

Latey P. The Pilates Method: history and philosophy. *Journal Bodywork & Movement Therapies* 2001;5(4):275-82.

McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2003;13(4):353-59.

McGill S, Juker D, Kropf P. Appropriately placed surface EMG electrodes reflect deep muscle activity (psoas, quadratus lumborum, abdominal wall) in the lumbar spine. *Journal of Biomechanics.* 1996;29:1503-07.

Menacho MO, Obara K, Conceição JS, et al. Electromyographic effect of mat pilates exercise on the back muscle activity of healthy adult females. *Journal of Manipulative Physiological Therapeutics.* 2010;33:672-678.

Nachemson AL. The lumbar spine: an orthopaethic challenge. *Spine* 1976;1:59-71.

Paz GA, Lima VP, Miranda H, de Oliveira CG, Dantas EHM. Atividade eletromiográfica dos músculos extensores do tronco durante exercícios de estabilização lumbar do método Pilates. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2014;7(2):72-7.

Pereira LRI, Queiroz B, Loss J, Amorim C, Sacco ICN. Trunk muscle EMG during intermediate Pilates Mat exercises in beginner healthy and chronic low back pain individuals. *Journal of Manipulative Physiological Therapeutics.* 2017;40(5)350-357.

Pilates JH, Miller WJ. *Pilates Return to Life Through Controllogy.* Miami: Pilates Method Alliance, 1995.

Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, et al. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine* 2002;27:399-405.

Rossi DM, Morcelli MH, Marques NR, Hallal CZ, Gonçalves M, La Roche DP, Navega MT. Antagonist coactivation of trunk stabilizer muscles during Pilates exercises. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 2014;18(1):34-41.

Siller B. *O Corpo Pilates: um guia para fortalecimento, alongamento e tonificação sem o uso de máquinas*. São Paulo: Summus, 2008.

Silva GB, Morgan MM, Carvalho WRG, Silva E, Freitas WZ, Silva FF, Souza RA. Electromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 2015;19(4):629-35.

Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM). [Internet]. URL: www.seniam.org.

6 MANUSCRITO TERCEIRO

Análise Eletromiográfica dos Músculos Multífido, Glúteo Médio e Bíceps Femoral Durante a Realização de Exercícios de solo do Método Pilates

Paula Finatto, Fernanda Viana da Silva e Cláudia Silveira Lima

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi determinar e comparar o percentual de ativação dos músculos multífido (MS), bíceps femoral (BF) e glúteo médio (Gmed) durante a execução de 17 exercícios de solo do Método Pilates. Dezoito mulheres (média \pm DP, idade: 33.07 ± 4.23 anos; estatura: 164.6 ± 4.22 cm; percentual de gordura: $27.8 \pm 11.58\%$) praticantes do Método Pilates há no mínimo 6 meses, executaram os exercícios *Scissors*, *Bycycle*, *Jackknife*, *Seal*, *Rolling Like a Ball*, *Open Leg Rocker*, *Swimming*, *Swan Dive*, *Double Leg Kick*, *Single Leg Kick*, *Leg Pull*, *Rocking*, *Side Kick II*, *Side Kick I*, *Kneeling Side Kick*, *Side Bend*, e *Shoulder Bridge*, com monitoramento da atividade eletromiográfica através de eletrodos de superfície. Os valores RMS representativos, para cada um dos 3 músculos, foram expressos em percentual do máximo, obtido nos testes de CIVM. Utilizou-se ANOVA *one-way* para medidas repetidas com o teste complementar de *Bonferroni*. Para o MS os exercícios *Swan Dive* e *Swimming* apresentaram os maiores valores quando comparados aos demais exercícios, enquanto o *Open Leg Rocker*, *Scissors*, *Single Leg Kick* e *Bycycle* apresentaram os menores valores. Para o músculo BF os exercícios *Swan Dive*, *Swimming* e *Leg Pull* apresentaram valores EMG significativamente maiores do que os demais exercícios. Em contraste, os exercícios *Rocking*, *Side Bend*, *Kneeling Side Kick*, *Side Kick II* e *Side Kick I* foram os que apresentaram os valores mais baixos em relação aos demais. Em relação ao Gmed, foram encontrados maiores valores para o exercício *Kneeling Side Kick* em comparação aos demais, enquanto o *Rocking*, *Double Leg Kick* e *Single Leg Kick* apresentaram valores significativamente mais baixos aos demais. Existe uma hierarquia do ponto de vista da intensidade entre os exercícios do MP e esta é dependente do músculo analisado, aspecto que deve ser considerado na prescrição do programa de treino do MP.

Palavras- Chave: Pilates, EMG, eretores da coluna

INTRODUÇÃO

A ativação dos músculos extensores da coluna é uma estratégia conhecida para promover a estabilização e o controle postural da região lombo-pélvica (MCGILL *et al.*, 2001). Isso acontece por esses músculos, associados aos flexores da coluna e extensores do quadril, serem responsáveis por promover a estabilidade global e local da coluna (BERGMARK, 1989) e seu fortalecimento estar relacionado à redução de dor lombar (ESCAMILLA *et al.*, 2010; MONTFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009; LA TOUCHE *et al.*, 2008). Segundo Da Fonseca *et al.* (2009), cerca de 80% da população será afetada ao longo da vida por dor lombar sendo um impacto financeiro à sociedade devido a afastamentos do trabalho e custos ao sistema de saúde e empresas.

Em vista disso, é necessária atenção com os músculos estabilizadores por estes contribuírem para uma melhor qualidade de vida diária do ponto de vista funcional, redução de dores lombares (LA TOUCHE *et al.*, 2008; DANNEELS *et al.*, 2001; SUNI *et al.*, 2001; HANDA *et al.*, 2000) e melhora do desempenho esportivo (FINATTO *et al.*, 2018). Entre esses músculos encontramos os considerados pertencentes ao sistema global, que são: reto abdominal e oblíquo externo; e os pertencentes ao sistema local: multífidos, transverso abdominal e oblíquo interno (BERGMARK, 1989). Em vista de promover o fortalecimento desses músculos específicos diversos exercícios chamados estabilizadores da coluna são propostos, em busca de otimizar a ativação muscular e reestruturar o controle dinâmico da coluna (MCGILL, 2007; MCGILL, KARPOWICZ, 2009; AXLER, MCGILL, 1997; ESCAMILLA *et al.*, 2006; ESCAMILLA *et al.*, 2010).

Em uma mesma perspectiva, o Método Pilates (MP), amplamente empregado no tratamento de dor lombar através da estabilização (BERNARDO *et al.*, 2007; CRITCHLEY *et al.*, 2011), tem como sua base o conceito de centralização, também chamado de *powerhouse*. Entre as premissas do Método, manter os músculos do *powerhouse* ativos durante a execução dos exercícios é um pré-requisito, em busca de estabilização lombo-pélvica. O *powerhouse* é o conjunto de músculos do core e é composto pelos flexores e extensores da coluna associado com músculos estabilizadores do quadril, como o glúteo médio e máximo (MUSCULINO; CIPRINIANI, 2004).

Sabe-se ainda, que a manutenção de uma contração dos músculos que compõem o *powerhouse* tende a aumentar os níveis de ativação dos músculos extensores do quadril, como glúteo máximo, bíceps femoral e, até mesmo, o glúteo médio, (CHAN *et al.*, 2017). Além disso,

foi reportado na literatura que o princípio da respiração, executado com expiração forçada e também considerado como o diferencial do MP, foi capaz de aumentar os níveis de ativação dos músculos ilicostal (ANDRADE *et al.*, 2015), multífido (SILVA *et al.*, 2013) e flexores da coluna (ANDRADE *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2015; MARQUES *et al.*, 2012).

Dentro do repertório de exercícios do MP existem muitas opções de exercícios indicados para o desenvolvimento dos músculos estabilizadores da coluna e quadril. Entretanto, embora existam evidências da sua efetividade pouco se sabe sobre como os exercícios em diferentes posições poderiam contribuir para ativação muscular e se existiria uma hierarquia entre eles. Atualmente, a prescrição dos exercícios é realizada baseado na classificação clássica criada por Joseph Pilates que leva em consideração a dificuldade global (COLDEBELLA; FINATTO, 2019) dos exercícios, mas parece apresentar inconsistências em relação a organização do ponto de vista da intensidade (MENACHO *et al.*, 2010; PAZ *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2015). Essa classificação foi criada em meados dos anos 40 (PILATES, MILLER, 1985) e segue sendo utilizada sem modificações consistentes para prescrição de planos de reabilitação e treinamento até os dias atuais. Muito embora o volume de pesquisas sobre o MP venha crescendo, ainda existe uma lacuna no estudo da base do Método, especialmente quando se fala na avaliação biomecânica de intensidade e finalidade dos exercícios para embasar uma prescrição mais eficiente e segura.

No estudo de Menacho *et al.* (2010) foram avaliados três exercícios do repertório de solo do MP, o *Double Leg Kick*, o *Single Leg Kick* e o *Swimming*, todos exercícios realizados em decúbito ventral. Como resultados foram encontrados que o exercício *Swimming* foi capaz de ativar cerca de 29% a mais os extensores da coluna quando comparado aos demais exercícios, enquanto o *Single Leg Kick* apresentou uma ativação 26% menor comparado ao *Double Leg Kick*, embora sejam exercícios de movimentação muito semelhantes. Interessantemente, os exercícios *Swimming* e *Double Leg Kick* são exercícios classificados originalmente como intermediários e se comportam de forma distinta do ponto de vista de intensidade de ativação da musculatura alvo.

Na prática clínica, principalmente o MP de solo onde não são utilizados implementos para aumento de carga, é necessário o conhecimento sobre quais exercícios oferecem maior dificuldade de realização para que uma progressão adequada seja realizada. Um melhor entendimento do efeito do exercício nos músculos se torna um pré-requisito para uma prescrição voltada para estabilização (MENACHO *et al.*, 2010), força e resistência evitando submeter o praticante à programas de treinamento que subestimem ou superestimem as cargas

de treinamento desejadas. Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar e comparar o percentual de ativação dos músculos multífido (MS), bíceps femoral (BF) e glúteo médio (Gmed) durante a execução de 17 exercícios de solo do Método Pilates, comumente utilizados para impactar sobre esses grupos musculares durante as aulas do Método, apresentando-os de forma hierárquica e classificando-os de acordo com sua intensidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Para este trabalho foram avaliadas 18 mulheres (média \pm DP, idade: 33.07 ± 4.23 anos; estatura: 164.6 ± 4.22 cm; percentual de gordura: $27.8 \pm 11.58\%$) praticantes do Método Pilates há no mínimo 6 meses, sem restrições médicas para prática de atividade física e que foram classificadas com habilidades de nível avançado no Método Pilates de solo através da escala *MANiPilates* (BENEDETTI *et al.*, 2015). Todos os participantes foram recrutados de forma voluntária e não-aleatória através de anúncios em jornal de grande circulação da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul e redes sociais. O cálculo amostral foi realizado com base em estudo com similar abordagem metodológica (ESCAMILLA *et al.*, 2006) através da seguinte equação: $N=(1,96z \times \sigma) \div (0,1 * M)$. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e conduzido de acordo com as normas da Declaração de Helsinki. Todos os participantes leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido previamente ao início das coletas de dados.

Procedimentos para Coleta de Dados

Foram realizadas três sessões de testes. Na primeira sessão realizou-se a classificação dos participantes através da escala *MANiPilates* (BENEDETTI *et al.*, 2015). Para tanto cada indivíduo realizou 6 exercícios de Pilates de solo e foi avaliado em critérios específicos relacionados as habilidades da prática do MP. Somente os participantes classificados como de nível avançado foram aceitos no estudo. Para serem classificados como avançado o escore final de no mínimo 5,0 deveria ser atingindo. Nesta mesma oportunidade foi realizada a caracterização da amostra através de coleta de valores de massa corporal, estatura e dobras cutâneas para posterior cálculo do percentual de gordura. Além disso, os participantes foram familiarizados com os equipamentos, eletrodos e exercícios que foram avaliados na sessão seguinte.

Na segunda e terceira sessões, realizadas com no mínimo 48h de intervalo entre elas, foram coletados os dados eletromiográficos durante a realização dos exercícios do MP. Iniciou-se com a preparação da pele e posicionamento dos eletrodos. Após foram realizados os testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) para cada um dos três músculos analisados seguidos dos testes específicos dos exercícios de solo. Antes do final da sessão repetiu-se os testes de CIVM para identificar possível interferência da fadiga.

Amplitude Máxima do Sinal Eletromiográfico Durante a CIVM

Para a avaliação da amplitude máxima isométrica do sinal eletromiográfico dos músculos bíceps femoral (BF), multífido (MS) e glúteo médio (Gmed) os indivíduos iniciaram os procedimentos com a colocação dos eletrodos e preparação da pele com tricotomia e abrasão (DE LUCA, 1997). Foram utilizados os eletrodos de superfície, com 15mm de raio, (Modelo Mini Medi-Trace, Kendall Meditrace™ 100) em configuração bipolar com distância de 2cm entre eles (BECK *et al.*, 2005) e posicionados longitudinalmente em relação às fibras musculares no ventre do músculo de interesse do lado direito.

Para o músculo glúteo médio os eletrodos foram fixados na metade da linha que liga a espinha ilíaca ao trocânter do fêmur. Para o bíceps femoral, foram fixados os eletrodos no ponto médio entre a tuberosidade isquiática e o epicôndilo lateral da tíbia (SENIAM). Ainda, para o multífido os eletrodos foram posicionados e alinhados sobre o ponto médio entre tuberosidade caudal posterior da espinha ilíaca e o espaço entre L1 e L2 no nível do processo espinhoso de L5 (SENIAM). O eletrodo de referência foi posicionado no terço central da clavícula (SILVA *et al.*, 2015).

Os dados de ativação eletromiográfica (EMG) foram obtidos por um eletromiógrafo (Miotool 400, MIOTEC) composto por oito canais e frequência de amostragem de 2000Hz em cada canal, através do *software MioGraph*, no qual também foi realizado o tratamento dos dados. Após a preparação, os sujeitos foram instruídos e estimulados a exercer a máxima força possível para cada um dos testes isométricos durante 2 tentativas para cada músculo, com duração de 5 segundos e com intervalo de 3 minutos entre cada tentativa em ordem randomizada. Foi repetindo o mesmo procedimento após a coleta de dados de cada uma das sessões de exercícios. Para garantir a recolocação dos eletrodos, foi desenhado o contorno de cada eletrodo sobre a pele com o uso de caneta permanente e solicitado que o desenho fosse reforçado diariamente até a próxima sessão. Além disso, foi realizado um mapa com a utilização

de lâminas de retroprojeter nas quais foram desenhados o contorno do eletrodos e marcas da pele, como cicatrizes, pintas e tatuagens para auxiliar na recolocação.

Para a realização do teste de CIVM para o músculo MS os participantes foram posicionados em decúbito ventral, fixados à maca em três pontos: tornozelos, quadril e linha escapular com a utilização de faixas de velcros. Durante o teste solicitou-se a realização de extensão isométrica da coluna contra a resistência da faixa de fixação (KONRAD, 2005). Para o músculo BF o posicionamento foi em decúbito ventral, estando fixados à maca na linha escapular e quadril. O membro inferior direito foi mantido com o joelho em flexão de 45 graus com uma faixa posicionada no tornozelo e fixada na maca (KONRAD, 2005). Os participantes realizaram a flexão de joelho de forma isométrica contra a faixa de velcro. Por último, para o músculo Gmed o participante foi mantido em decúbito lateral sobre a maca tendo o corpo fixado somente na altura dos tornozelos. A abdução do quadril em posição neutra deveria ser executada contra a resistência da faixa de velcro (KONRAD, 2005).

Avaliação Eletromiográfica Durante os Exercícios

Os testes de exercícios foram divididos em duas sessões, sendo 11 exercícios em uma sessão e 6 exercícios na sessão seguinte realizada com no mínimo 48h de intervalo. Para garantir a recolocação dos eletrodos com o menor erro possível, foi desenhado o contorno de cada eletrodo sobre a pele do participante com o uso de caneta permanente e solicitado que o desenho fosse reforçado caso a pele fosse molhada. Além disso, foi realizado um mapa com a utilização de lâminas de retroprojeter nas quais foram desenhados o contorno do eletrodos e marcas da pele, como cicatrizes, pintas e tatuagens para auxiliar na recolocação.

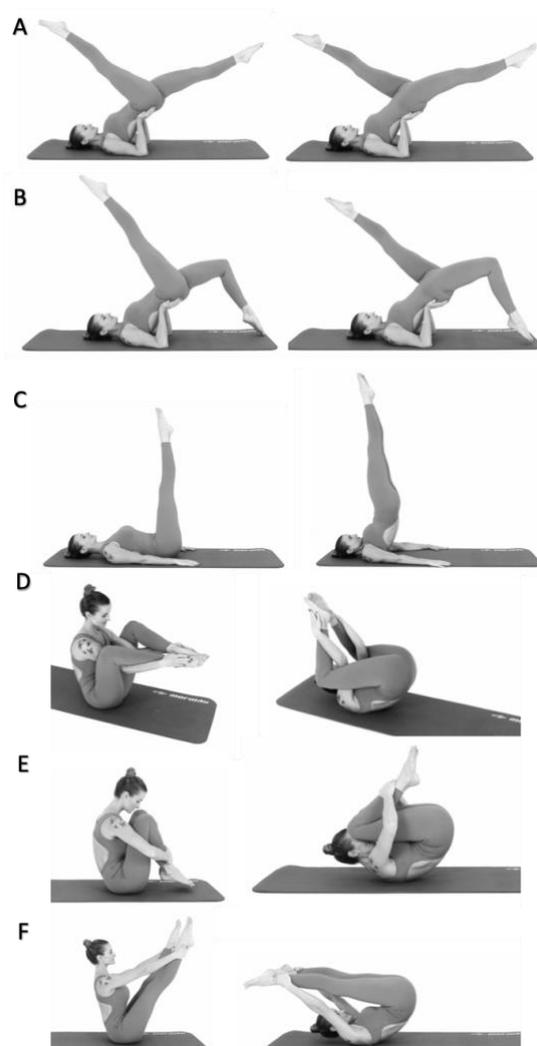


Figura 1: Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Scissors* (A), *Bycycle* (B), *Jackknife* (C), *Seal* (D), *Rolling Like a Ball* (E) e *Open Leg Rocker* (F).

Respeitando os 15 minutos de repouso após o término dos testes de CIVM, o protocolo de avaliação dos exercícios teve início. O sinal eletromiográfico foi gravado durante a execução de 6 repetições de cada um dos 11 ou 7 exercícios com 3 minutos de intervalo entre eles. Os exercícios *Scissors* (FIGURA 1A), *Bycycle* (FIGURA 1B), *Jackknife* (FIGURA 1C), *Seal* (FIGURA 1D), *Rolling Like a Ball* (FIGURA 1E), *Open Leg Rocker* (FIGURA 1F), *Swimming* (FIGURA 2A), *Swan Dive* (FIGURA 2B), *Double Leg Kick* (FIGURA 2C), *Single Leg Kick* (FIGURA 2D), *Leg Pull* (FIGURA 2E), *Rocking* (FIGURA 2F), *Side Kick II* (FIGURA 3A), *Side Kick I* (FIGURA 3B), *Kneeling Side Kick* (FIGURA 3C), *Side Bend* (FIGURA 3D), e *Shoulder Bridge* (FIGURA 3E), foram escolhidos para avaliação por serem comumente empregados em aulas do Método Pilates de solo. Além disso, esses exercícios compreendem os exercícios em decúbito ventral e lateral do repertório de solo (COLDEBELLA; FINATTO,

2019) e sua avaliação possibilita uma análise de possível progressão de intensidade de ativação muscular entre eles. Os dados foram obtidos através de um microcomputador utilizando o *software MioGraph* (MIOTEC, BRAZIL). A ordem das sessões e dos exercícios durante as avaliações foram determinadas de forma randomizada através de uma ferramenta online gratuita de randomização disponível em <https://www.randomizer.org/>.

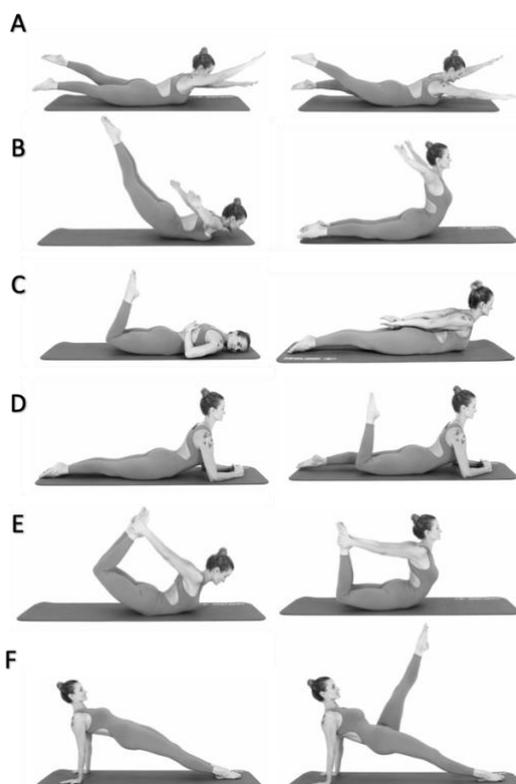


Figura 2: Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Swimming* (A), *Swan Dive* (B), *Double Leg Kick* (C), *Single Leg Kick* (D), *Rocking* (E) e *Leg Pull* (F).

Todos os participantes foram instruídos a executar os princípios do Método Pilates, sendo eles: centralização, respiração, precisão e controle, fluidez e concentração. A respiração foi padronizada para um ciclo completo ser composto de um segundo para inspiração e dois segundos para a expiração forçada durante a fase concêntrica do movimento. De forma associada, a ativação voluntária da musculatura flexora da coluna e transversal abdominal, o que caracteriza o princípio da centralização ou *powerhouse* (MUSCOLINO; CIPRIANI, 2004), também deveria ser mantida. Estímulo verbal para a manutenção da execução dos princípios foi dado por um instrutor experiente no Método Pilates clássico ao longo de todas as repetições dos exercícios.

Os ângulos de execução dos exercícios foram indicados aos participantes com o auxílio de um goniômetro e controlados através de filmagem simultânea à coleta de dados EMG. A filmagem foi posteriormente utilizada para o recorte do sinal eletromiográfico em relação ao início e final de cada repetição.

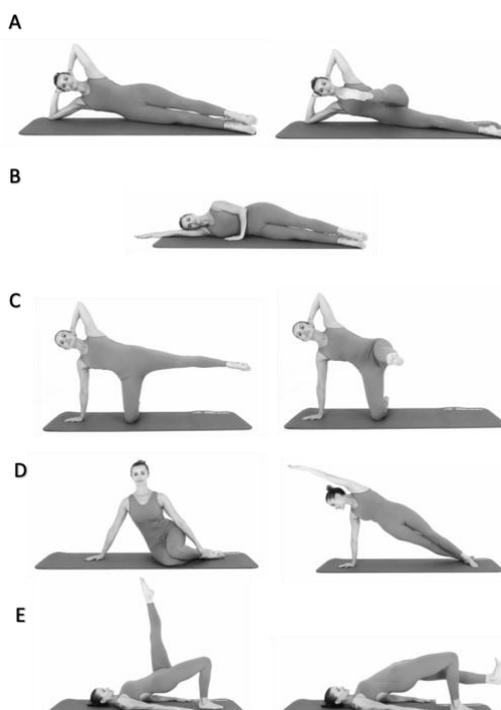


Figura 3: Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Side Kick II* (A), *Side Kick I* (B) *Kneeling Side Kick* (C), *Side Bend* (D) e *Shoulder Bridge* (E).

Análise de Dados

O sinal EMG foi filtrado simultaneamente através de um filtro do tipo passa banda Burtterworth de quinta ordem com frequência de corte entre 10 e 500Hz. Para a análise do sinal obtido na CIVM foi identificado o período de maior ativação isométrica para uma janela de 1 segundo. O valor *root mean square* (RMS) foi obtido através de janelamento do tipo *Hamming* com intervalo de 1 segundo. Foi considerado para análise o maior valor encontrado entre as duas tentativas para cada período pré e pós sessão de testes.

Para a análise de dados do sinal eletromiográfico durante a realização dos 17 exercícios o mesmo procedimento de filtragem aplicado à CIVM foi utilizado. O sinal foi recordado de acordo com a filmagem do próprio *software* excluindo a primeira e última repetições, sendo então consideradas para análise somente as 4 repetições centrais de cada exercício. Após, calculou-se a média do valor RMS referente as 4 repetições centrais para cada sujeito em cada uma das situações de exercícios para posterior aplicação da análise estatística. Os valores RMS

representativos da ativação eletromiográfica em cada exercício, para cada um dos 3 músculos, foram expressos em percentual do máximo, obtido nos testes de CIVM.

Análise Estatística

Os resultados estão descritos como média e desvio padrão. Para verificar a normalidade dos dados o teste de *Shapiro-Wilk* foi empregado. Para a comparação do percentual de ativação muscular entre os exercícios para cada um dos músculos analisados utilizou-se ANOVA *one-way* para medidas repetidas com o teste complementar de *Bonferroni*. O nível de significância adotado foi $\alpha = 0.05$, e o pacote estatístico utilizado foi o SPSS versão 20.0 (IBM, Armonk, EUA).

RESULTADOS

Os dados EMG normalizados em relação à CIVM para os músculos MS, BF e Gmed estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente. Para cada um dos músculos foram selecionados entre os 17 exercícios, aqueles específicos para ativação do músculo em análise. Os exercícios estão apresentados em ordem decrescente de percentual de ativação tendo também a indicação de classificação de intensidade de acordo com o percentual encontrado (ESCAMILLA *et al.*, 2010). Além disso, a classificação clássica do Método Pilates atribuída originalmente aos exercícios também aparece para fins de comparações.

Para o músculo multífido (Tabela 1) os exercícios *Swan Dive* e *Swimming* apresentaram os maiores valores de ativação EMG quando comparados aos demais exercícios, enquanto o *Open Leg Rocker*, *Scissors*, *Single Leg Kick* e *Bycycle* apresentaram os menores valores sem serem diferentes entre si.

Tabela 1: Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo multífido durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.

Exercício		% CIVM Multífido		Ranking	Classificação de Intensidade (Escamilla <i>et al.</i> , 2010)	Classificação Clássica MP (Coldebella; Finatto, 2019)
		Média	± DP			
<i>Swan Dive</i>		67,75	10,97	1	Muito Alta	Avançado
<i>Swimming</i>		64,91	8,00	2	Muito Alta	Intermediário
<i>Leg Pull</i>		55,04 ^a	7,28	3	Alta	Avançado
<i>Shoulder Bridge</i>		32,66 ^{abc}	11,90	4	Moderada	Avançado
<i>Seal</i>		31,75 ^{abc}	17,11	5	Moderada	Principiante
<i>Rolling Like a Ball</i>		31,70 ^{abc}	13,04	6	Moderada	Principiante
<i>Rocking</i>		31,25 ^{abc}	3,81	7	Moderada	Avançado
<i>Double Leg Kick</i>		26,94 ^{abc}	8,00	8	Moderada	Intermediário
<i>Jackknife</i>		17,75 ^{abcdefg}	4,16	9	Baixa	Avançado
<i>Open Leg Rocker</i>		16,76 ^{abcdefgh}	5,08	10	Baixa	Intermediário
<i>Scissors</i>		15,42 ^{abcdefgh}	2,88	11	Baixa	Avançado
<i>Single Leg Kick</i>		9,23 ^{abcdefgh}	3,93	12	Baixa	Principiante
<i>Bycicle</i>		7,36 ^{abcdefghi}	1,79	13	Baixa	Avançado

^a Significativa menor ativação EMG comparado ao *Swan Dive*

^b Significativa menor ativação EMG comparado ao *Swimming*

^c Significativa menor ativação EMG comparado ao *Leg Pull*

^d Significativa menor ativação EMG comparado ao *Shoulder Bridge*

^e Significativa menor ativação EMG comparado ao *Seal*

^f Significativa menor ativação EMG comparado ao *Rolling Like a Ball*

^g Significativa menor ativação EMG comparado ao *Rocking*

^h Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Leg Kick*

ⁱ Significativa menor ativação EMG comparado ao *Jackknife*

Para o músculo BF (Tabela 2) os exercícios *Swan Dive*, *Swimming* e *Leg Pull* apresentaram valores de percentual de ativação EMG significativamente maiores do que os demais exercícios analisados sem serem significativamente diferentes entre si. Em contraste, os exercícios *Rocking*, *Side Bend*, *Kneeling Side Kick*, *Side Kick II* e *Side Kick I* foram os que apresentaram os valores mais baixos sem diferenças significativas entre eles.

Tabela 2: Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo bíceps femoral durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.

Exercício		% CIVM		Ranking	Classificação de Intensidade (Escamilla <i>et al.</i> , 2010)	Classificação Clássica MP (Coldebella; Finatto, 2019)
		Média	± DP			
<i>Swan Dive</i>		58,80	19,73	1	Alta	Avançado
<i>Swimming</i>		55,12	16,00	2	Alta	Intermediário
<i>Leg Pull</i>		52,22	15,52	3	Alta	Avançado
<i>Double Leg Kick</i>		31,78 ^{abc}	17,81	4	Moderada	Intermediário
<i>Shoulder Bridge</i>		30,37 ^{abc}	12,69	5	Moderada	Avançado
<i>Single Leg Kick</i>		25,35 ^{abc}	8,46	6	Moderada	Principiante
<i>Rocking</i>		16,09 ^{abcde}	9,64	7	Baixa	Avançado
<i>Side Bend</i>		15,31 ^{abcde}	5,07	8	Baixa	Avançado
<i>Kneeling Side Kick</i>		7,08 ^{abcdef}	3,33	9	Baixa	Avançado
<i>Side Kick II</i>		5,57 ^{abcdef}	2,70	10	Baixa	Principiante
<i>Side Kick I</i>		4,94 ^{abcdef}	2,33	11	Baixa	Principiante

a Significativa menor ativação EMG comparado ao *Swan Dive*

b Significativa menor ativação EMG comparado ao *Swimming*

c Significativa menor ativação EMG comparado ao *Leg Pull Back*

d Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Leg Kick*

e Significativa menor ativação EMG comparado ao *Shoulder Bridge*

f Significativa menor ativação EMG comparado ao *Single Leg Kick*

Ainda, para o músculo glúteo médio (Tabela 3) quando analisado o percentual de ativação EMG, pode-se observar maiores valores para o exercício *Kneeling Side Kick* em relação aos demais. Os exercícios que apresentaram significativa menor ativação EMG em relação a todos os demais foram o *Rocking*, *Double Leg Kick* e *Single Leg Kick*

Tabela 3: Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo glúteo médio durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.

Exercício		% CIVM		Ranking	Classificação de Intensidade (Escamilla <i>et al.</i> , 2010)	Classificação Clássica MP (Coldebella; Finatto, 2019)
		Mean	± SD			
<i>Kneeling Side Kick</i>		42,66	9,51	1	Alta	Avançado
<i>Side Kick I</i>		35,34 ^a	6,86	2	Moderada	Principiante
<i>Side Kick II</i>		34,00 ^a	6,54	3	Moderada	Principiante
<i>Shoulder Bridge</i>		28,74 ^{ab}	6,72	4	Moderada	Avançado
<i>Swan Dive</i>		27,13 ^{abc}	4,93	5	Moderada	Avançado
<i>Swimming</i>		22,80 ^{abc}	5,64	6	Moderada	Intermediário
<i>Leg Pull</i>		21,80 ^{abcd}	5,41	7	Moderada	Avançado
<i>Side Bend</i>		18,22 ^{abcde}	4,19	8	Baixa	Avançado
<i>Rocking</i>		12,20 ^{abcdefg}	4,01	9	Baixa	Avançado
<i>Double Leg Kick</i>		11,55 ^{abcdefgh}	4,20	10	Baixa	Intermediário
<i>Single Leg Kick</i>		7,31 ^{abcdefgh}	2,17	11	Baixa	Principiante

^a Significativa menor ativação EMG comparado ao *Side Kneeling*

^b Significativa menor ativação EMG comparado ao *Side Leg Kick I*

^c Significativa menor ativação EMG comparado ao *Side Leg Kick II*

^d Significativa menor ativação EMG comparado ao *Shoulder Bridge*

^e Significativa menor ativação EMG comparado ao *Swan Dive*

^f Significativa menor ativação EMG comparado ao *Swimming*

^g Significativa menor ativação EMG comparado ao *Leg Pull*

^h Significativa menor ativação EMG comparado ao *Side Bend*

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo vai na direção de demonstrar que existe uma hierarquia do ponto de vista da intensidade entre os exercícios do MP e esta é dependente do músculo analisado não podendo ser equiparada à classificação clássica, atualmente utilizada para prescrição. Nesse sentido, nossos resultados indicam que prescrever exercícios do MP com o intuito de progressão de intensidade baseado na classificação original poderia levar a subestimar ou superestimar o estímulo oferecido, dependendo do músculo em questão.

Em relação à atividade do músculo MS, encontramos valores significativamente maiores para os exercícios *Swan Dive* (67,75%) e *Swimming* (64,91%) em relação aos demais, apresentando ativação considerada muito alta (Escamilla *et al.*, 2010), embora sejam classificados originalmente como avançado e intermediário, respectivamente. Além disso, os exercícios *Open Leg Rocker*, *Single Leg Kick* e *Bycicle* apresentaram valores abaixo de 20%, sendo considerados exercícios de muito baixa ativação embora estejam em categorias diferentes na classificação original (intermediário, principiante e avançado, respectivamente), sendo considerados avançados quando analisada suas características globais.

Os achados para o exercício *Swimming* estão de acordo com os previamente descritos na literatura e apresentam a mesma tendência de baixa ativação para o *Single Leg Kick*. Menacho *et al.* (2010) encontraram valores de 61% da CIVM para os extensores da coluna durante a execução deste exercício assim como 19% para o exercício *Single Leg Kick*. Segundo os autores, exercícios realizados em decúbito ventral que envolvam a extensão da coluna tem sua ativação muscular potencializada quando utilizado também movimentos de membros superiores (PLAMONDON *et al.*, 2002). Nos exercícios com maior ativação do MS, *Swimming* e *Swan Dive*, os ombros estão em máxima flexão enquanto se realiza simultaneamente a hiperextensão do quadril. Ou seja, existindo um maior momento em relação à extensão da coluna, gerado pela maior distância do centro de massa de membros superiores e inferiores sem apoio no solo em relação ao centro de rotação na coluna lombar (MENACHO *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2001), o que poderia explicar o fato destes exercícios se apresentarem mais intensos em relação aos demais. Ainda, sabe-se que exercícios realizados com a manutenção da amplitude máxima da lordose lombar, como é o caso do *Swimming* e *Swan Dive*, a ativação dos músculos extensores da coluna pode ser potencializada em até 25% comparada a exercícios com manutenção da lordose lombar em posição fisiológica (MAYER, 2002).

Em contraste, o exercício *Single Leg Kick* é realizado com os membros superiores apoiados no solo, reduzindo a demanda sobre os extensores da coluna. O mesmo pode ser visto

no *Scissors* e *Bycicle* em que a coluna lombar está repousando sobre o apoio das mãos e são realizados em decúbito dorsal. Enquanto isso, exercícios como o *Leg Pull* e *Shoulder Bridge*, também realizados em posição semelhante ao *Scissors* e *Bycicle*, não apresentam na sua execução apoio para a coluna, o que faz com que a demanda muscular dos extensores da coluna seja mais elevada. Para o *Leg Pull* foi encontrada ativação considerada alta (ESCAMILLA *et al.*, 2010) e significativamente mais alta do que o *Shoulder Bridge*, embora sejam os dois pertencentes a mesma classificação original no MP, considerados avançados. Como dito anteriormente, o *Leg Pull* apresenta o apoio dos pés mais distante em relação ao centro de rotação da coluna fazendo com que exista uma maior massa corporal a ser sustentada sem o apoio do solo.

De uma maneira geral, exercícios com potencial de ativação entre moderado e muito alto poderiam ser indicados para o desenvolvimento de força (ESCAMILLA *et al.*, 2010), benefício anteriormente descritos em praticantes do MP (SEKENDIZ *et al.*, 2006; PANHAN *et al.*, 2018; KOLYNIK *et al.*, 2004). Sendo assim, os exercícios aqui avaliados poderiam ser incluídos em um programa de treinamento para esse fim construindo uma progressão de intensidade tendo como base os dados apresentados. Sekendiz *et al.* (2006) aplicaram um treinamento de MP de solo três vezes por semana em um grupo de 21 mulheres com idade média de 30 anos durante 5 semanas. O protocolo considerava variações de nível principiante dos exercícios, embora incorporasse exercícios que fazem parte do repertório intermediário e avançado sob a classificação original. Como resultados foram encontrados significativo maior desenvolvimento de força e resistência dos flexores da coluna em relação aos extensores da coluna, que também se desenvolveram comparados ao grupo controle. Segundo os autores, o menor impacto sobre a musculatura extensora da coluna poderia estar relacionado com o protocolo adotado, que não representou estímulo suficiente para essa musculatura. e, possivelmente, o acréscimo de estímulos aos extensores de coluna poderia ter sido vantajoso. Kolyaniak *et al.* (2004), em estudo realizado utilizando exercícios de solo do MP combinado ao uso dos aparelhos, encontraram incrementos dos extensores da coluna após 12 semanas de treinamento.

Embora fortalecer os músculos flexores da coluna e transversos abdominais seja uma das estratégias mais adotadas para o combate à dor lombar, e a utilização do MP seja uma alternativa eficaz para esse desenvolvimento (HERRINGTON; DAVIES 2005), buscar uma melhor relação entre flexores e extensores também pode ser bastante benéfico para quadros de dor lombar sem que haja a necessidade de movimentos de flexão da coluna, muitas vezes não indicados para essa população (KAVCIC *et al.*, 2004; NACHEMSON, 1976; AXLER; MCGILL, 1997).

Sendo assim, o conhecimento da hierarquia dos exercícios para o MS, apresentada pelo presente estudo poderia ajudar a garantir melhores desfechos para programas de treinamento propostos principalmente para o combate a instabilidade e dor lombar, principais aplicabilidades do fortalecimento dos extensores da coluna.

Em relação ao músculo BF no presente estudo foram encontrados resultados semelhantes ao MS, sendo o *Swan Dive*, *Swimming* e *Leg Pull* os exercícios que apresentaram valores significativamente maiores em relação aos demais. Enquanto os dois primeiros são executados em decúbito ventral, o *Leg Pull* é um exercício realizado em decúbito dorsal e embora em posições distintas, suas características biomecânicas fazem deles exercícios mais desafiadores. Para o *Swan Dive* e *Swimming*, assim como acontece para o músculo MS, seus maiores valores podem ser explicados devido ao maior torque exercido pelos membros inferiores sem contato com o solo (PLAMONDON *et al.*, 2002), tendo a necessidade da manutenção da hiperextensão do quadril ainda mantendo ativação dos flexores da coluna, o que tende a aumentar a ativação do BF (BARBOSA *et al.*, 2017; CHAN *et al.*, 2017). No *Leg Pull* o apoio dos membros inferiores se dá somente nos calcanhares, enquanto os ombros hiperestendidos oferecem apoio sobre as mãos na linha dos ombros. Sendo assim, a manutenção da coluna neutra e quadril estendido é responsabilidade dos extensores do quadril e coluna. A considerável participação do BF parece estar relacionada com uma pequena base de apoio, que passa a ser unilateral ao longo da sua execução, e grande parte da massa corporal suspensa.

Além disso, os joelhos estendidos, em comparação à *Shoulder Bridge*, exercício similar executado com joelhos flexionados e com menor ativação do BF, deixa o BF em melhor condição mecânica para atuar na manutenção da extensão do quadril. Valores considerados altos para ativação do BF neste tipo de exercício, sem sobrecarga externa e sem a realização de flexão dos joelhos é um resultado interessante quando em busca de exercícios capazes de gerar estímulos elevados sem a utilização de sobrecarga para as articulações dos joelho e quadril, e poderiam ser benéficos em programas de treinamento para populações que necessitem tal cuidado.

Entre os exercícios que apresentaram ativação moderada do músculo BF, o *Double Leg Kick* (31,78% CIVM), *Shoulder Bridge* (30,37% CIVM) e o *Single Leg Kick* (25,35% CIVM) são classificados como intermediário, avançado e principiante, respectivamente, na denominação clássica. Isso pode indicar uma inconsistência na utilização da indicação clássica quando o objetivo é prescrever baseado em intensidade de forma isolada. Por outro lado, os exercícios *Side Bend*, *Knelling Side Kick*, *Side Kick I* e *Side Kick II* apresentaram valores de ativação significativamente mais baixos em relação aos demais, semelhantes aos reportados por

anteriormente na literatura na análise de exercícios tradicionais (EKSTROM *et al.*, 2007). Estes exercícios são executados em decúbito lateral não sendo dependentes de uma ação primária de extensão do quadril ou flexão do joelho contra a gravidade. Nesse caso, era de se esperar que a não especificidade diminuísse a demanda para o BF.

Em relação ao Gmed não foram encontrados estudos na literatura que realizaram comparações entre exercícios do MP. Entretanto, Chan *et al.* (2017) mostraram que este músculo também apresenta incrementos na sua atividade durante a realização da contração abdominal, comparado à execução convencional, sem estímulo para a manutenção da contração voluntária dos flexores da coluna e transverso abdominal. A manutenção da contração dos músculos abdominais é a base do MP e pode ser uma explicação para a ativação alta de exercício como o *Kneeling Side Kick* (42% CIVM), e ativação moderada para os exercícios *Side Kick I* (35,34% CIVM) e *Side Kick II* (34% CIVM), valores estes que corroboram os encontrados por Ekstrom *et al.*, (2007) no exercício de abdução de quadril em decúbito lateral (39% CIVM). Isso se dá, possivelmente, devido a maior estabilidade lombo-pélvica promovida pela ativação dos músculos estabilizadores da coluna (CHAN *et al.*, 2017; FINATTO *et al.*, 2018). Sendo assim, menos contribuição seria obtida de músculos secundários, aumentando a demanda do glúteo médio para a manutenção da abdução do quadril, tendo a coluna e pelve neutras e os músculos flexores laterais da coluna previamente ativos.

Por outro lado, Boren *et al.* (2011) e Ekstrom *et al.*, (2007) analisaram a atividade do Gmed durante a realização de exercícios considerados estabilizadores. Muito embora não sejam estudos específicos de exercícios do MP, os exercícios avaliados apresentaram similaridade com os avaliados no presente estudo. O exercício ponte unilateral, semelhante à *Shoulder Bridge*, apresentou valores de ativação de 54,99% e 47% da CIVM nos estudos de Boren *et al.*, (2011) e Ekstrom *et al.*, (2007), respectivamente. Esses valores, acima de 45% da CIVM, são considerados altos (ESCAMILLA *et al.*, 2010) e indicados para o desenvolvimento de força muscular (EKSTROM *et al.*, 2007). Em contraste, no presente estudo a *Shoulder Bridge* foi realizada de forma isométrica e apresentou 28,74% de ativação para o Gmed, sendo considerada moderado e, portanto, mais indicada para o desenvolvimento da resistência muscular (EKSTROM *et al.*, 2007). Além disso, em um mesmo sentido, o exercício *Side Plank* foi o exercício que apresentou maior potencial de ativação para o Gmed, 103% e 74% da CIVM nos estudos de Boren *et al.*, (2011) e Ekstrom *et al.*, (2007), respectivamente, e se assemelha ao *Kneeling Side Kick*, exercício que se mostrou mais intenso comparado aos demais no presente estudo (42,66% da CIVM). Embora tendo apresentado valores de ativação distintos, a

distribuição no ranking entre os exercícios semelhantes, embora com execuções distintas, pareceu seguir uma mesma lógica.

CONCLUSÃO

Como conclusão, entende-se que exercícios do MP de solo podem variar em percentual de ativação muscular entre baixa e muito alta ativação, podendo ou não estar de acordo com a classificação original. Para o MS e BF, exercícios em isometria, com manutenção da hiperextensão de quadril e coluna, tendo o uso de membros superiores e inferiores no prolongamento do corpo, são aqueles que apresentaram maiores percentuais de ativação muscular. Para o Gmed, exercícios específicos que envolvam a abdução do quadril contra a gravidade, tendo o membro inferior como sobrecarga, apresentaram maiores percentuais de ativação quando comparados com aqueles exercícios em que o Gmed teria um papel estabilizador.

APLICAÇÃO PRÁTICA

Quando o objetivo da aula for potencializar a ativação muscular de MS e BF os exercícios *Swan Dive*, *Swimming* e *Leg Pull Back* devem ser priorizados. Para o Gmed, exercícios como *Kneeling Side Kick*, e *Side Kick I e II* seriam os mais indicados. Além disso, quando em busca de um único exercício que apresente ativação moderada dos três músculos analisados o exercício *Shoulder Bridge* se mostra como uma opção abrangente. Tendo em vista que o MP é apresentado como uma técnica global, uma vez que seus benefícios abrangem tanto a flexibilidade quanto a força muscular, o presente estudo apresenta resultados para contribuir na sua prescrição e planejamento para um programa de treinamento ou reabilitação com base na ativação muscular.

REFERÊNCIAS

1. ANDRADE LS, MOCHIZUKI L, PIRES FO, DA SILVA RA, MOTA YL. use of pilates principles increases paraspinal muscle activation. **J Bodyw Mov Ther.** 2015;19(1):62-66.
2. AXLER CT, MCGILL SM. Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. **Med Sci Sports Exer.** 1997;29:804-811.
3. BARBOSA AWC, GUEDES CA, BONIFÁCIO DN, SILVA A, MARTINS FLM, BARBOSA MCS. The Pilates breathing technique increases the electromyographic amplitude level of deep abdominal muscles in untrained people. **J Bodyw Mov Ther.** 2015;19(1):57-61.
4. BARBOSA AC, MARTINS FM, SILVA AF, COELHO AC, INTELANGELO L, VIEIRA ER. Activity of lower limb muscles during squat with and without abdominal drawing-in and pilates breathing. **J Strength Cond Res** 2017;31(11):3018-23.
5. BARBOSA AWC, MARTINS FLM, VITORINO DFM, BARBOSA MCS. Immediate electromyographic changes of the biceps brachii and upper rectus abdominais muscles due to the Pilates centering technique. **J Bodyw Mov Ther.** 2013;17(3):385-90.
6. BECK TW, HOUSH TJ, JOHNSON GO, WEIR JP, CRAMER JT, COBURN JW, et al. The effects of interelectrode distance on electromyographic amplitude and mean power frequency during isocinetic and isometric muscle actions of the biceps brachii. **J Electromyography Kinesiol.** 2005;15(5):482-95.
7. BENEDETTI G, CANDOTI CT, GONTIJO KNS, BAMPI GM, LOSS JF. Desenvolvimento e validação de um método de avaliação do nível de prática no método Pilates por meio de exercícios do próprio método. **Fisioterapia Brasil.** 2015;16(2):137-44.
8. BERGMARK A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. **Orthp Scand Suppl.** 1989;230(60):1-54.
9. BERNARDO LM. The effectiveness of Pilates training in healthy adults: An appraisal of the research literature. **J Bodywork Mov Ther.** 2007;11:106-110.
10. BO-IN K, JU-HYEO J, JEMYUNG S, HAE-YEON K, HAROO K. An Analysis of Muscle Activities of Healthy Women during Pilates Exercises in a Prone Position. **J Phys Ther Sci.** 2014;26:(1)77-9.
11. BOREN K., CONREY C., COGUIC JL., PAPROCKI L., VOIGHT M., ROBINSON TK. Eletromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. **Int J Sports. Phys Ther.** 2011;6:206-223.

12. COLDEBELLA A, FINATTO P. **Mat Pilates: da prática à cinesiologia aplicada**. 1 Edição. São Paulo: Ideograf, 2019.
13. DA FONSECA JL, MAGINI M, DE FREITAS TH. Laboratory gait analysis in patients with low back pain before and after a pilates intervention. **J Sport Rehabil**. 2009;18(2):269-282.
14. DELUCA CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. **J Appl Biomec**. 1997;13:135-63.
15. DANNEELS LA, VANDERSTRAETEN GG, CAMBIER DC, WI-TVROUW EE, BOURGOIS J, DANKAERTS W, et al. Effects of three different training modalities on the cross sectional area of the lumbar multifidus muscle in patients with chronic low back pain. **Br J Sports Med**. 2001;35(3):186-91.
16. EKSTROM RA, DONATELLI RA, CARP KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. **J Orthop Sports Phys Ther** 2007;37:754- 62.
17. FINATTO, P, SILVA, ESD, OKAMURA, AB, et al. Pilates training improves 5-km run performance by changing metabolic cost and muscle activity in trained runners. **PLoS One**. 2018;13:e0194057
18. HANDA N., YAMAMOTO H., TANI T. The effect of trunk muscle exercises in patients over 40 years of age with chronic low back pain. **J Orthop Sci**. 2000;32:551–557.
19. HERRINGTON L., DAVIES R. The influence of Pilates training on the ability to contract the Transversus Abdominis muscle in asymptomatic individuals. **J Bodyw Mov Ther**. 2005;9:52–57.
20. KAVCIC N, GRENIER S, MCGILL S. Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. **Spine**. 2004;29:2319-29.
21. KOLYNIK, IEGG; Cavalcanti, SMB, Aoki, MS. Avaliação isocinética da musculatura envolvida na flexão e extensão do tronco: efeito do método Pilates®. **Rev Bras Med Esporte**. 2004;10(6):487-490.
22. KONRAD P. The Abc of Emg, **A practical introduction to kinesiological electromyography**. Versão 1.0. Scottsdale: Noraxon Inc. EUA, 2005.
23. MARQUES NR., HALLAL CZ., GONÇALVES M. Padrão de co-ativação dos músculos do tronco durante exercícios com haste oscilatória. **Motriz**. 2012;18(2):245-52.

24. MAYER JM, VERNA JL, MANINI TM, MOONEY V, GRAVES JE. Eletromyographic Activity of the Trunk Extensor Muscles: Effect of Varying Hip Position and Lumbar Posture During Roman Chair Exercise. **Arch Phys Med Rehabil.** 2002;83:1543-1546.
- 25.
26. MCGILL SM. **Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation.** 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2007.
27. MCGILL SM, CHOLEWICKI J. Biomechanical basis for stability: an explanation to enhance clinical utility. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2001;31:96-100.
28. MENACHO MO, OBARA K, CONCEIÇÃO JS, et al. Electromyographic effect of mat pilates exercise on the back muscle activity of healthy adult females. **J Man Physiol Ther.** 2010;33:672-678.
29. MONFORT-PAÑEGO, M, VERA-GARCÍA, FJ, SÁNCHEZ-ZURIAGA, D, SARTI-MARTÍNEZ, MA. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. **J Man Physiol Ther.** 2009;32:232-244.
30. MUSCOLINO JE, CIPRIANI S. Pilates and the “powerhouse”- I. **J Bodyw Mov Ther.** 2004;8(1):15-24.
31. NACHEMSON AL. The lumbar spine: an orthopaethic challenge. **Spine** 1976;1:59-71.
32. PAZ GA, LIMA VP, MIRANDA H, DE OLIVEIRA CG, DANTAS EHM. Atividade eletromiográfica dos músculos extensores do tronco durante exercícios de estabilização lumbar do método Pilates. **Rev Andaluza Med Deporte** 2014;7(2):72-7.
33. PANHAN AC, GONÇALVES M, ELTZ GD, VILLALBA MM, CARDOZO AC, BÉRZIN F. Neuromuscular efficiency of the multifidus muscle in pilates practitioners and non-practitioners. **Comp Ther Med.** 2018;40:61-63.
34. PEREIRA LRI, QUEIROZ B, LOSS J, AMORIM C, SACCO ICN. Trunk muscle EMG during intermediate Pilates Mat exercises in beginner healthy and chronic low back pain individuals. **J Man Physiol Ther.** 2017;40(5)350-357.
35. PILATES JH, MILLER WJ. Pilates **Return to Life Through Contrology.** Miami: Pilates Method Alliance, 1995.
36. PLAMONDON A, SERRESE O, BOYD K, LADOUCEUR D, DESJARDINS P. Estimated moments at L₅/S₁ level and muscular activation of back extensors for six prone back extension exercises in healthy individuals. **Scand J Med Sci Sports.** 2002;12:81-89.
37. SEKENDIZ B., ALTUN O., KORKUSUZ F., AKIN S. Effects of Pilates exercise on trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. **J Bodyw Mov Ther.** 2007;11:318-326.

38. SILVA MAC, DIAS JM, SILVA MF, MAZUQUIN BF, ABRÃO T, CARDOSO JR. Análise comparativa da atividade elétrica do músculo multífido durante exercícios do Pilates, série de Williams e *Spine Stabilization*. **Fisioter. Mov.** 2013;26(1):87-94.
39. SILVA GB, MORGAN MM, CARVALHO WRG, SILVA E, FREITAS WZ, SILVA FF, SOUZA RA. Electromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. **J Bodyw Mov Ther.** 2015;19(4):629-35.
40. SOUZA GM, BAKER LL, POWERS CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. **Arch Phys Med Rehabil.** 2001;81:1551-1557.
41. SUNI J, RINNE M, NATRI A, STATISTISIAN MP, PARKKARI J, ALARANTA H. Control of the lumbar neutral zone decreases low back pain and improves self-evaluated work ability: a 12-month randomized controlled study. **Spine.** 2006;31:E611-20.
42. Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM). [Internet]. URL: www.seniam.org.

7 MANUSCRITO QUARTO

Comparação das Respostas Cardiorrespiratórias e Sensação Subjetiva ao Esforço entre os Repertórios Básico, Intermediário e Avançado de Pilates de Solo.

Paula Finatto, Edson Soares da Silva, Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga e Cláudia Silveira

Lima

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi determinar e comparar o gasto energético bruto (GE_{bruto}), gasto energético líquido ($GE_{líq}$), índice de esforço percebido, consumo de oxigênio (VO_2) e frequência cardíaca (FC), entre os repertórios básico, intermediário e avançado de uma aula do Método Pilates clássico de solo. Dez mulheres adultas foram solicitadas a realizar um teste de esforço máximo em esteira e avaliação de aulas nos níveis básico, intermediário e avançado. Realizou-se 40 min de repouso em decúbito dorsal para coleta de VO_2 e a FC de repouso para cálculo do $GE_{líq}$. Após o repouso, dava-se início a avaliação da aula do MP em um dos níveis em ordem randomizada. A coleta do VO_2 e FC foi realizada durante toda a aula. O Índice de Esforço Percebido (IEP) foi coletado ao final de cada exercício. O gasto energético dos diferentes níveis de aulas foi calculado a partir dos valores de VO_2 obtidos nas sessões e apresentado como GE_{bruto} e $GE_{líq}$ e as variáveis cardiorrespiratórias foram relacionadas aos valores do teste máximo de esteira. Utilizou-se ANOVA *one-way* para medidas repetidas, com teste complementar de *Bonferroni* ($\alpha = 0,05$, SPSS versão 18.0). Para o GE_{bruto} , $GE_{líq}$, VO_2 e IEP encontrou-se aumento progressivo dos valores de acordo com o nível do repertório proposto ($p < 0,001$). Para percentual da FC máxima, percentual do segundo limiar ventilatório e FC encontrou-se que os níveis básico e intermediário apresentam respostas significativamente mais baixas quando comparadas ao avançado, sem serem diferentes entre si. Por último, o $\%VO_{2máx}$ demonstrou ser significativa maior quando comparados os níveis básico e avançado. Conclui-se há aumento das respostas cardiorrespiratórias do nível básico para o avançado, e do intermediário para o avançado, à exceção do $\%VO_{2máx}$. Ainda, a utilização do repertório intermediário e avançado podem ser consideradas como atividades físicas de intensidade moderada.

Palavras-chave: demanda metabólica, consumo de oxigênio, frequência cardíaca

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Método Pilates vem ganhando mais importância como um programa de atividade física voltado para indivíduos buscando benefícios relacionados aos componentes da aptidão física, como melhora na composição corporal (CARVALHO *et al.*, 2009; SEKENDIZ *et al.*, 2007; SEGAL *et al.*, 2004; ROGERS; GIBSON, 2006), na força muscular (SEKENDIZ *et al.*, 2007) e resistência muscular localizada (KLOUBEC *et al.*, 2010). Ainda, existe hoje uma tendência da utilização do MP para intervenções em indivíduos com sobrepeso/obesidade (BALTACI *et al.*, 2005; SEGAL *et al.*, 2004) em busca de benefícios de redução de percentual de gordura, ganho de massa magra e redução da massa corporal.

Entre os principais argumentos que justificam a implementação do MP, com o objetivo de melhora na composição corporal, é o incremento de massa magra que justificaria um aumento da taxa metabólica diária que repercute no gasto energético. No estudo de Baltaci *et al.* (2005) foram avaliadas 34 mulheres com sobrepeso submetidas a 4 semanas de um treinamento de MP, cinco vezes por semana. Foram encontradas reduções significativas na massa corporal (2,27%) e percentual de gordura (5,5%) do grupo que treinou Pilates. Nesse estudo as aulas tiveram duração entre 45 e 60 minutos, mas não foram citados os exercícios executados, níveis de intensidades utilizados ou se existiu um plano de progressão de intensidades. Em contraste, no estudo de Segal *et al.* (2004), 47 sujeitos com sobrepeso foram avaliados após 6 meses de um treinamento do MP, com frequência de uma vez por semana e duração de 60 minutos. O plano de intervenção não obedeceu a uma periodização pré-estipulada, seguindo a evolução de cada aluno. Como resultados, não foram encontradas diferenças significativas na massa corporal, percentual de gordura corporal e massa magra.

Com base nos estudos encontrados em relação à avaliação da composição corporal está pouco claro que o MP teria, de fato, um impacto metabólico necessário para gerar adaptações positivas e demonstra-se que a frequência semanal parece ter um impacto sobre as variáveis responsáveis pelas adaptações morfológicas (GONZALVO *et al.*, 2012). Entretanto, o treinamento do MP proposto é diferente entre os estudos sem que exista um padrão de aula a ser chamado de MP. Em vista disso, seria necessário investigar mais a fundo o potencial de gasto energético de uma aula de Pilates. Nesse aspecto específico, o estudo recente de Silva *et al.* (2014b) avaliou o gasto energético de uma sessão de cinco exercícios do MP em aparelhos com duração de um minuto cada, realizando comparações entre os exercícios. Como resultados,

os autores encontraram que o exercício *The Hundred*, realizado no *Reformer*, apresentou maior percentual da frequência cardíaca máxima ($57,8\% \pm 7,9$), sensação subjetiva ao esforço ($12,9 \pm 2,7$ da escala de BORG) e gasto energético ($9,5 \text{ kcal/min} \pm 3,0$). Para as avaliações foram utilizados exercícios executados em diferentes aparelhos sem a descrição de nível de intensidade adotado, por exemplo, o exercício *The Hundred* existe tanto no repertório de nível básico, intermediário e avançado, e suas modificações ao longo dos níveis poderiam interferir nos resultados uma vez que se utilizam alterações no posicionamento corporal que aumentam o torque para a musculatura principal envolvida. Além disso, os autores apresentam que para os 5 minutos de sessão foi observado um gasto energético de 208 kcal/min obtido de forma indireta através de um frequencímetro. Apesar de ser uma informação importante do ponto de vista do gasto energético (GE) nas aulas de Pilates, a organização da aula avaliada não reflete de fato a realidade de uma sessão na prática

Em relação ao GE, apesar de ter sido encontrado um estudo que comparou diferentes exercícios do MP, pouco se sabe a respeito do impacto energético de uma sessão completa, que deve seguir os repertórios com exercícios em ordem e número de repetições pré-definidas, de acordo com o MP clássico. Assim como, não existem evidências na literatura que demonstrem haver diferentes demandas energéticas entre os repertórios de nível básico, intermediário e avançado. Os exercícios apresentam diferentes formas de execução conforme a progressão de nível, mas não há certeza de que essas alterações mecânicas na sua realização reflitam em maiores demandas energéticas em uma aula. Considerando que exercícios de um mesmo nível de intensidade, proposto originalmente no MP clássico e utilizado até hoje como parâmetro para prescrição, podem apresentar níveis de ativação eletromiográfica (EMG) muito diferentes (MENACHO *et al.*, 2010; BO-IN *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014a), o GE demandado nas aulas de níveis diferentes também pode não acompanhar a classificação de intensidade proposta por Joseph Pilates, limitando as adaptações esperadas ao treinamento.

Sendo assim, frente a lacuna existente na literatura pesquisada se faz necessário a avaliação do GE de forma direta de uma sessão completa do MP, assim como a comparação entre os repertórios de nível básico, intermediário e avançado visando trazer embasamento para a estruturação de futuros programas de intervenção do MP baseado em progressão de intensidade.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar e comparar, entre os três diferentes níveis de intensidade: básico, intermediário e avançado, o gasto energético, índice de esforço percebido e as respostas cardiorrespiratórias de uma aula do MP clássico de solo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Dez mulheres (média \pm DP, idade: $32,06 \pm 4,32$ anos; estatura: $161,3 \pm 5,18$ cm; massa corporal: $57,21 \pm 3,92$ kg), praticantes do MP foram recrutadas através de divulgação em redes sociais. Como critérios de inclusão as participantes deveriam praticar Pilates há pelo menos 6 meses com frequência semanal mínima de duas vezes por semana, serem classificadas como de nível avançado através da escala *MANiPilates* (BENEDETTI *et al.*, 2015), não apresentar restrições médicas para prática de exercício e nem lesões osteomioarticulares. Como critérios de exclusão foram adotados presença de doenças cardiorrespiratórias e/ou o uso de medicamentos que possam influenciar as respostas cardiorrespiratórias. O número amostral calculado com base no estudo de Furtado *et al.* (2004), que apresenta procedimento metodológico e variáveis semelhantes ao presente estudo. O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e conduzido de acordo com as normas da Declaração de Helsinki. Todos os participantes leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido previamente ao início das avaliações.

Procedimentos

As sessões de testes foram realizadas no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O protocolo foi composto por nivelamento, caracterização, familiarização da amostra, testes esforço máximo em esteira e avaliação de aulas em três níveis de intensidade: básico, intermediário e avançado. Para tanto foram realizadas 5 sessões de coletas de dados com no mínimo 48h de intervalo entre elas.

Na primeira sessão foi realizado a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para então ser aplicado o protocolo de nivelamento. Para determinar o nível de habilidade das participantes no MP utilizou-se a escala *MANiPILATES* (BENEDETTI *et al.*, 2015). O teste consiste na avaliação de 6 exercícios de solo do Método Pilates com critérios pré-estabelecidos de execução. Para serem classificadas como de nível avançado a participante

deveria obter um escore final entre 5 e 6 de um total de 6 pontos possíveis. Todas as participantes que se voluntariaram e atenderam aos critérios de inclusão e exclusão e obtiveram a classificação necessária, seguiram no estudo. Após o nivelamento era então realizada a caracterização e a familiarização com os exercícios e equipamentos que seriam utilizados nas demais sessões, incluindo o teste de esforço em esteira.

Na segunda sessão de testes foi realizado o teste de esforço máximo em esteira rolante com monitoramento das respostas cardiorrespiratórias. Com os resultados foram obtidos os valores de consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), segundo limiar ventilatório (LV2) e frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) para posteriormente serem relacionados aos dados encontrados durante os protocolos de aula do MP.

Na terceira, quarta e quinta sessões foram avaliados o consumo máximo de oxigênio, a FC e o Índice de Esforço Percebido (IEP) nas aulas do MP nos níveis básico, intermediário e avançado, conforme randomização. Em cada uma das quatro sessões de avaliação cardiorrespiratória as participantes deveriam apresentar-se em jejum de no mínimo 3 horas, não ter consumido alimentos e/ou bebidas estimulantes e não ter praticado atividade física nas últimas 48h.

Teste de Esforço Máximo em Esteira

Os dados de troca respiratórias e pulmonares foram obtidos através de um analisador de gases portátil de circuito aberto equipado com telemetria (COSMED, K5, Roma, Itália). Previamente ao início da sessão de coletas, o analisador de gases foi calibrado através de gases com concentrações conhecidas (16% O₂ e 5% CO₂) e foi realizada uma calibração de volume para cada faixa de volume medida com o uso de uma seringa de calibração de 3 litros (MCLAUGHLIN *et al.*, 2001). A taxa de amostragem dos parâmetros respiratórios coletados foi *breath by breath* e uma amostra a cada 10 segundos para a FC obtida através de um frequencímetro (POLAR, FT4, Finlândia). Coletou-se a sensação subjetiva ao esforço a cada final de estágio através da escala de esforço percebido de Borg. O protocolo progressivo consistiu da execução da caminhada/corrida em uma velocidade inicial de 5 km.h⁻¹ com 1% de inclinação durante 5 minutos e posteriores incrementos de 1 km.h⁻¹ a cada minuto, com a manutenção da inclinação, até que os indivíduos atingissem o máximo esforço.

Para o início do teste, a taxa de troca respiratória deveria estar abaixo de 0,85. A interrupção do teste ocorreu quando os avaliados indicaram a sua exaustão, por meio de um sinal manual ou apertando o botão de desligamento da esteira. A avaliação foi considerada válida quando dois dos seguintes critérios foram alcançados ao final do teste (HOWLEY *et al.*, 1995): 1) platô no VO_2 com o aumento da intensidade do exercício; 2) obtenção de taxa de troca respiratória maior do que 1,15; 3) uma frequência respiratória máxima de pelo menos 35 respirações por minuto; e 4) um índice de esforço percebido de pelo menos 18 na Escala para Dor e Esforço Percebido 6-20 de Borg (BORG, 1990).

Posteriormente, o segundo limiar ventilatório foi determinado através da curva de ventilação e confirmado através dos equivalentes ventilatórios de CO_2 (V_e/V_{CO_2}). Os pontos correspondentes foram determinados por dois observadores experientes e independentes da forma duplo-cego (HUG *et al.*, 2003).

Avaliação do Gasto Energético, Frequência Cardíaca e Índice de Esforço Percebido

Na primeira sessão de avaliação das aulas de MP, os participantes da amostra permaneceram em repouso em decúbito dorsal por 40 minutos em ambiente calmo e termoneutro. O aparelho analisador de gases foi calibrado anteriormente ao início de cada sessão. Foram considerados os valores médios encontrados dos últimos 30 minutos para posterior cálculo do GE_{liq} (VOLP *et al.*, 2011). Nas demais sessões o VO_2 e FC em repouso também foram coletados anteriormente à avaliação da aula, os testes só foram iniciados quando um mesmo estado cardiorrespiratório fosse observado. O VO_2 e a FC foram coletados durante todo o repouso e durante as sessões de exercício com frequência de amostragem de um ponto a cada 10 segundos para FC e *breath by breath* para o VO_2 .

Após o repouso, dava-se início a avaliação da aula do MP em um dos níveis de intensidade, determinado de forma randomizada através de site gratuito de randomização *online*, <https://www.randomizer.org/>. O protocolo de cada uma das sessões, está descrito no Quadro 1. Os exercícios de um mesmo nível foram sempre realizados em uma mesma ordem respeitando o repertório e número de repetições da metodologia clássica (PILATERS; MILLER 1995; COLDEBELLA; FINATTO, 2019) conforme ilustrado no Quadro 1. As aulas foram orientadas por um professor experiente certificado no Método Pilates Clássico.

Quadro 1 – Protocolo de exercícios e repetições (Reps) que compõem o repertório de Pilates clássico nos níveis básico, intermediário e avançado (PILATES; MILLER, 1995; COLDEBELLA; FINATTO 2019).

Básico	Reps	Intermediário	Reps	Avançado	Rep
<i>Hundred</i>	10	<i>Hundred</i>	10	<i>Hundred</i>	10
<i>Roll Up</i>	3	<i>Roll Up</i>	6	<i>Roll Up</i>	6
<i>Single Leg Circles*</i>	5	<i>Roll Over</i>	3	<i>Roll Over With Legs Spread*</i>	5
<i>Rolling Like a Ball</i>	6	<i>Single Leg Circles*</i>	5	<i>Single leg Circles*</i>	5
<i>Single Leg Stretch*</i>	5*	<i>Rolling Like a Ball</i>	6	<i>Rolling Like a Ball</i>	6
<i>Double Leg Stretch</i>	5	<i>Single Leg Stretch*</i>	5	<i>Single Leg Stretch*</i>	5
<i>Spine Stretch</i>	5	<i>Double Leg Stretch</i>	8	<i>Double Leg Stretch</i>	10
		<i>Spine Stretch</i>	3	<i>Spine Stretch</i>	3
		<i>Open Leg Rocker</i>	6	<i>Open Leg Rocker</i>	6
		<i>Corkscrew*</i>	3	<i>Corkscrew*</i>	5
		<i>Saw</i>	3	<i>Saw*</i>	3
		<i>Swan Dive</i>	6	<i>Swan Dive</i>	10
		<i>One Leg Kick*</i>	6	<i>One Leg Kick*</i>	6
		<i>Double Leg Kick</i>	5	<i>Double Leg Kick</i>	5
		<i>Neck Pull</i>	3	<i>Neck Pull</i>	5
		<i>Spine Twist*</i>	3	<i>Scissors*</i>	6
				<i>Bicycle*</i>	10
				<i>Shoulder Bridge*</i>	5
				<i>Spine Twist*</i>	3
				<i>Jackknife</i>	5
				<i>Side Kick*</i>	5
				<i>Teaser</i>	3
				<i>Hip Twist*</i>	3
				<i>Swimming*</i>	10
				<i>Leg Pull Front*</i>	3
				<i>Leg Pull Back*</i>	3
				<i>Side Kick Kneeling*</i>	5
				<i>Side Bend*</i>	5
				<i>Boomerang*</i>	6
				<i>Seal</i>	6
				<i>Crab</i>	6
				<i>Rocking</i>	5
				<i>Control balance*</i>	6
				<i>Push Ups</i>	3

* Exercícios unilaterais repetidos para os dois lados com o mesmo número de repetições e/ou que apresentam dois sentidos de execução.

O gasto energético dos diferentes níveis de aula de Pilates foram calculados a partir dos valores de VO₂ obtidos nas sessões e apresentado como gasto energético bruto (GE_{bruto}) e líquido (GE_{líq}). Para tanto, foi realizada a média do VO₂ a cada minuto e então esses valores foram multiplicados pelo equivalente calórico 5,05kcal por litro de oxigênio consumido (PINTO *et al.*, 2011) e calculado o gasto energético médio por minuto (kcal/min).

Para o GE_{bruto} em repouso, foi considerado 4,82kcal/l como equivalente calórico. Foram considerados para análise os 15 minutos finais do período de repouso. Por fim, o GE_{líq} foi calculado através da diferença entre o GE_{bruto} da aula e do repouso. Para o cálculo do %FC_{máx}, %VO_{2máx} e %LV2 foi realizada a média da FC e VO₂ coletados durante a sessão e então apresentados em relação a FC_{máx}, VO_{2máx} e LV2 obtidos no teste de esforço máximo em esteira.

A coleta do Índice de Esforço Percebido foi realizada ao final de cada exercício, ao longo da sessão, através de sinal manual na Escala para Dor e Esforço Percebido 6-20 de Borg (BORG, 1990). Para análise dos dados do IEP foi realizada a média dos valores coletados ao longo de toda a aula.

A apresentação gráfica do consumo de oxigênio ao longo da sessão foi realizada através do cálculo da média do VO₂ para cada um dos exercícios individualmente. Posteriormente, foi calculada a média entre todos os participantes para cada um dos exercícios das três sessões e então apresentados os dados em relação ao tempo de duração da sessão.

Análise Estatística

Para análise estatística dos dados coletados, foi utilizada estatística descritiva com média e desvio padrão. Para a verificação da normalidade dos dados utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk. Uma vez que se aceitou a normalidade dos dados a comparação entre os três níveis da aula do MP foi realizada através de ANOVA *one-way* para medidas repetidas, com teste complementar de *Bonferroni*. O nível de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$ e os testes foram processados no pacote estatístico SPSS versão 18.0.

RESULTADOS

Como resultados foi encontrado que para o GE_{bruto} , $GE_{líq}$, VO_2 e IEP existe um aumento progressivo dos valores de acordo com o nível do repertório proposto. Dessa forma, o nível básico apresentou valores significativamente menores quando comparado aos níveis intermediário e avançado, assim como o nível intermediário foi significativamente mais baixo do que o avançado.

Por outro lado, para as variáveis $\%FC_{máx}$, $\%LV2$ e FC encontrou-se que os níveis básico e intermediário apresentam respostas significativamente mais baixas quando comparadas ao avançado, sem serem diferentes entre si. Por último, o $\%VO_{2máx}$ demonstrou existir diferença significativa somente quando comparados os níveis básico e avançado, sendo o último com maiores valores.

Tabela 1: Comparação entre os repertórios básico, intermediário e avançado para as variáveis gasto energético bruto (GE_{bruto}), gasto energético líquido ($GE_{líq}$), consumo de oxigênio (VO_2), percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$), frequência cardíaca média (FC), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$), percentual do segundo limiar ventilatório ($\%LV2$) e índice de esforço percebido (IEP).

Variável	Básico	Intermediário	Avançado	P		
	Média(\pm SD)	Média(\pm SD)	Média(\pm DP)	BI	IA	BA
GE_{bruto} (Kcal.min⁻¹)	2,65(0,46) _a	3,41(0,5) _b	4,32(0,56) _c	<0,01	<0,01	<0,01
$GE_{líq}$ (Kcal.min⁻¹)	1,29(0,59) _a	2,15(0,34) _b	2,97(0,51) _c	<0,01	<0,01	<0,01
VO_2 (ml.kg⁻¹.min⁻¹)	9,75(1,91) _a	12,12(1,93) _b	15,08(1,77) _c	0,02	<0,01	<0,01
$\%VO_{2máx}$	19,11(5,14) _a	23,73(5,51) _{ab}	29,45(6,42) _b	0,24	0,10	<0,01
FC	91,89(9,87) _a	95,86(10,96) _a	107,86(9,78) _b	1,00	0,04	<0,01
$\%FC_{máx}$	48,87(3,90) _a	50,68(5,03) _a	57,37(3,4) _b	1,00	<0,01	<0,01
$\%LV2$	25,81(5,24) _a	32,18(6,07) _a	41,08(8,05) _b	0,11	0,16	<0,01
IEP	10,02(1,56) _a	11,80(1,06) _b	13,29(0,36) _c	<0,01	0,01	<0,01

Letras diferentes representam diferença significativa entre os níveis ($p < 0,05$)

Em relação a análise do comportamento do consumo de oxigênio ao longo da sessão (Figura 1) é possível observar que existe um aumento progressivo nas respostas, comum aos três repertórios do início para o final da sessão. Além disso, o repertório avançado se mostra superior nas respostas quando comparados aos demais com oscilações ao longo da sessão

correspondentes às transições entre exercícios e execução de diferentes exercícios, sendo mais intensa entre os exercícios 24 e 27.

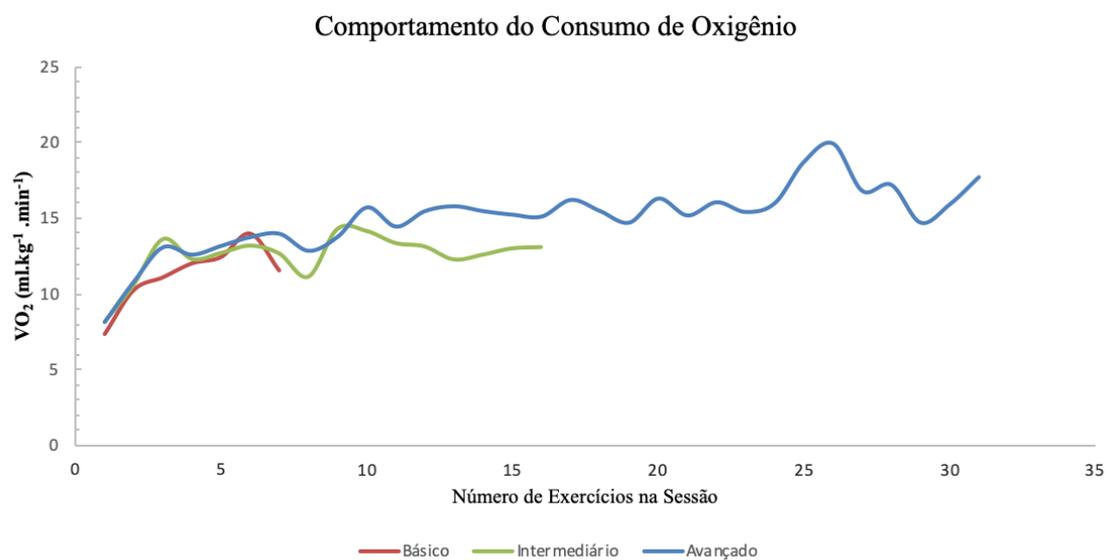


FIGURA 1: Representação gráfica do consumo de oxigênio (VO₂) ao longo dos exercícios da sessão de teste para os níveis básico (vermelho), intermediário (verde) e avançado (azul).

DISCUSSÃO

Esse trabalho teve como objetivo foi avaliar o GE, IEP, VO₂ e FC e relacioná-las com respostas máximas de forma a comparar os repertórios do MP Clássico de solo entre os níveis básico, intermediário e avançado. Era esperado encontrar diferenças significativas entre as variáveis analisadas entre o nível básico e avançado sem que houvesse diferenças deste em relação ao intermediário. Os resultados do presente estudo demonstraram existir uma relação de progressão significativa entre os níveis básico, intermediário e avançado para o VO₂, GE_{bruto}, GE_{líq} e IEP. Entretanto, quando analisadas as respostas do %FC_{máx}, %LV2, da FC encontrou-se que o nível básico, não apresenta diferenças significativas quando comparado ao nível intermediário, e ambos são significativamente menos intensos comparados ao nível avançado. De forma semelhante, o %VO_{2máx} foi significativamente menor no nível básico comparado ao avançado sem que estes fossem diferentes do intermediário.

O Método Pilates de solo se caracteriza por uma sequência de exercícios realizados com o corpo livre, utilizando diferentes posições corporais como desafio aos movimentos propostos. No nível básico, os exercícios em decúbito dorsal são realizados com joelhos e quadril flexionados a 90 graus, sem que haja contato dos pés com o solo para os exercícios *Hundred*, *Single Leg Stretch* e *Double Leg Stretch*, por exemplo. No nível intermediário, os mesmos exercícios devem ser executados com joelhos estendidos e quadril flexionado a 45 graus como estratégia para aumentar a sobrecarga. Outra diferença seria o acréscimo de exercícios de maior dificuldade, como o *Roll Over*, *Corkscrew* e *Swan Dive*. Para o repertório avançado exercícios com grandes amplitudes de movimento e posição invertida como o *Jackknife*, *Control Balance* são acrescentados. Além disso, exercícios como o *Hundred* e *Double Leg Stretch* devem ser executados com os membros inferiores a centímetros do solo, em busca de uma progressão em relação aos repertórios anteriores. Salienta-se que os repertórios clássicos devem ser realizados sem intervalo entre os exercícios, utilizando movimentos de transição entre um exercício e outro e alterando decúbitos ao longo da série de exercícios.

Atualmente, defende-se que o treinamento contra resistência, como ocorre no MP, poderia ser uma alternativa para manutenção ou aumento do gasto energético. Alguns estudos procuraram identificar o potencial do MP no GE e a sua contribuição na demanda de 1000 a 2000kcal semanais indicadas pelo *American College of Sports Medicine* (PESCATELLO *et al.*, 2014) em busca de benefícios relacionados ao emagrecimento e saúde. Nesse caso, uma aula de MP que costuma ter duração total de 50 minutos, duas vezes por semana, representaria um

GE de 132,5 kcal até 216 kcal por sessão e de até 432kcal semanais, utilizando somente os exercícios de solo. Sob outro ponto de vista, no presente estudo, encontrou-se valores de VO₂ de 9,75 ml.kg⁻¹.min⁻¹ para o nível básico, 12,12 ml.kg⁻¹.min⁻¹ para o nível intermediário e 15,08 ml.kg⁻¹.min⁻¹ para o nível avançado. Valores esses que convertidos para METS (PESCATELLO *et al.*, 2014) representariam 2,78 METs, 3,5 METs e 4,30 METs, respectivamente. De acordo com o *American College of Sports Medicine* (PESCATELLO *et al.*, 2014) esses valores caracterizam o nível básico como uma atividade correspondente a de leve intensidade que se equivaleria à uma caminhada lenta. Entretanto, os repertórios de nível intermediário e avançado estariam classificados como uma atividade física moderada, sendo equivalentes à uma caminhada em velocidade média de 6,4km/h, bastante semelhante à velocidade auto selecionada (GOMEÑUKA *et al.*, 2014).

Embora não tenham sido encontrados na literatura estudos que tenham avaliado as respostas cardiorrespiratórias de uma aula do MP de solo em diferentes intensidades, há evidências de que um treinamento do Método Pilates Clássico de solo impacta positivamente sobre a economia metabólica de corredores (FINATTO *et al.*, 2018). Entre os estudos encontrados encontra-se informações a respeito de sessões do MP compostas por diferentes exercícios realizados com aparelhos e uso de resistência elástica das molas. No estudo de Baptista e Neto (2013), 11 participantes, sendo homens e mulheres com idade média de 27 anos, experientes no Método foram submetidos à uma sessão do MP com o uso de equipamentos. A sessão teve duração média de 50 minutos com a realização de 17 exercícios, sendo monitorada a frequência cardíaca ao final de cada um deles. Como resultado, os autores concluíram que em média a sessão de 50 minutos do MP proposta apresentou um GE_{líq} estimado de 160kcal. Esse valor foi obtido através de valores indiretos. Para o VO_{2máx} foi realizado um teste submáximo e então estimado através de equação preditiva, enquanto o VO₂ durante a aula foi estimado a partir da FC coletada ao final de cada exercício.

No presente estudo, se estimado gasto energético em 50 minutos obteríamos os valores de 148,5 kcal, 107,5 kcal e 64,5 kcal para os níveis avançado, intermediário e básico, respectivamente, demonstrando existir uma relação de progressão entre os repertórios, sendo o nível avançado o mais próximo do encontrado por Batista e Neto (2013) na aula em aparelhos. No entanto, a comparação com os dados do presente estudo se torna limitada tendo em vista que o consumo de oxigênio no estudo de Batista e Neto (2013) não foi de fato monitorado e sim estimado a partir dos valores de FC obtidos ao final da execução dos exercícios. Salienta-

se que o repertório utilizado não foi detalhado no estudo e a realização dos exercícios no solo e em aparelhos os torna bastante distintos.

Ainda, no estudo de Silva *et al.* (2014b) foram avaliadas 10 mulheres jovens que praticaram 5 exercícios de Pilates, um em cada aparelho, durante 15 repetições com um minuto de intervalo entre eles. Nesse estudo, avaliou-se o IEP, FC e o GE de uma sessão do MP. O cálculo do GE foi realizado de forma estimada, a partir dos valores de FC verificados ao longo da aula por um frequencímetro. Como resultados, o IEP médio ao longo da sessão foi de 11,3, valores semelhantes que corroboram o encontrado no presente estudo para o nível intermediário, que foi de 11,8. Assim como, para a FC média (110 bpm), %FC_{máx} (55%), os valores encontrados se assemelham aos apresentados no nível avançado no presente estudo, sendo 107,86 bpm para a FC, 57,37% para %FC_{máx}. Para o GE, no estudo de Silva *et al.* (2014) o valor encontrado (8,3 kcal/min) representa quase o dobro do encontrado no presente estudo para o nível avançado (GE_{bruto} 4,32 kcal/min). Entretanto, a metodologia empregada considerou a estimativa indireta oferecida pelo frequencímetro, enquanto o presente estudo optou pela avaliação através do consumo de oxigênio. Além disso, as medidas não consideraram os intervalos entre exercícios, enquanto no presente estudo as transições entre um exercício e outro, pertencentes ao repertório e representantes do princípio da fluidez do MP, foram contabilizados em busca de refletir o mais fielmente uma sessão de MP.

Embora existam estudos avaliando o impacto da prática do MP sobre o GE, a literatura específica disponível é escassa, apresenta metodologias bastante distintas e falta de padronização nas intervenções propostas, o que compromete as comparações (GONZALVO *et al.*, 2010). Do ponto de vista dos impactos da prática de um treinamento do MP na composição corporal, Gonzalvo *et al.* (2010) salientam existir uma tendência na redução da massa e gordura corporal quando sessões de 60 minutos foram realizadas 5 vezes por semana.

O estudo de Pestana *et al.* (2000) ao avaliarem um grupo de idosos destreinados após 20 semanas de um treinamento de MP de solo foram capazes de encontrar redução significativa na circunferência abdominal e da massa de gordura, sem diferenças em relação ao treinamento resistido tradicional. Segundo os autores, a aula do MP de solo seria capaz de alcançar 75% da FC_{máx} de idosos com FC média de 135 bpm durante as últimas sessões. Os valores encontrados estão bem acima dos encontrados no presente estudo para o repertório avançado (57% da FC_{máx} e 107,8 bpm para FC média), o que pode ser explicado devido à demanda da atividade proposta representar um estímulo de maior intensidade em indivíduos idosos e destreinados quando

comparado à participantes jovens treinadas. O que novamente salienta a importância da existência de parâmetros para nortear a correta prescrição, especialmente do ponto de vista do ajuste de intensidade de acordo com características individuais, como a idade.

Do ponto de vista da análise temporal do consumo de oxigênio ao longo de uma aula é possível identificar que os exercícios que promovem maior contribuição para o consumo de oxigênio, assim como para FC e IEP, são aqueles somente realizados ao final do protocolo avançado, como Leg Pull Back, Leg Pull Front, Swimming e Hip Twist, possivelmente devido à maior utilização dos membros superiores como base de apoio (PANDOLF *et al.*, 1984). Sendo assim, respeitando as indicações da técnica, favorecer a realização de um maior volume especificamente desses exercícios pode ser uma estratégia para potencializar ainda mais o GE em uma aula do MP de solo. Ainda, os mesmos exercícios, quando executados nas suas diferentes variações de intensidade, parecem também ter o consumo de oxigênio influenciado, aumentando com o aumento da dificuldade de execução, reforçando que o GE é dependente do volume de exercício proposto (JAKICIC *et al.*, 2001).

Ao considerar as respostas cardiorrespiratórias de uma aula do MP de solo em diferentes intensidades, o presente estudo, com aplicação de uma aula contínua e de forma direta, demonstra existir de fato uma relação progressiva de intensidade entre os níveis do repertório clássico do MP de solo quando seguida a técnica clássica proposta por Joseph Pilates que não prevê intervalos de descanso entre os exercícios. Do ponto de vista prático, o presente estudo aponta que a utilização do repertório intermediário e avançado poderiam ser consideradas como atividades físicas de intensidade moderada (PESCATELLO *et al.*, 2014) e, portanto, serem consideradas como forma complementar para o aumento do gasto energético semanal em busca de benefícios à saúde relacionadas a prática de atividade física.

Os resultados do presente estudo se apresentam como uma ferramenta para nortear as prescrições de aulas do MP clássico, tendo em vista a intensidade cardiorrespiratória, com informações mais precisas ao se propor avaliar de forma direta as variáveis de frequência cardíaca e consumo de oxigênio e relacionar com parâmetros máximos obtidos através de teste específico, sem o uso de estimativas. Ainda cabe salientar que os resultados aqui apresentados são de fácil reprodução uma vez que os repertórios clássicos do MP estão descritos e respeitam, ordem, número de repetições e exercícios específicos (PILATES; MILLER, 1995; COLDEBELA; FINATTO, 2019).

Dessa forma, a escolha dos exercícios utilizados parece ser um fator importante ao considerar as respostas cardiorrespiratória do MP de solo, sendo o repertório avançado significativamente mais intenso comparado aos demais. Além disso, quando utilizado o repertório clássico, uma vez apto a realizar os repertórios intermediário e avançado, o praticante pode se beneficiar com GE, FC e IEP significativamente maiores caracterizando uma atividade física de nível moderado (PESCATELLO *et al.*, 2014) que pode contribuir significativamente para o aumento do gasto energético semanal. Embora o presente estudo forneça bases para uma melhor prescrição do MP de solo, ainda é necessário maiores estudos que investiguem diferentes metodologias do MP e os mecanismos de adaptações pelos quais o MP atua.

CONCLUSÃO

Para o VO_2 , GE_{bruto} , GE_{liq} e IEP foi encontrado um comportamento significativamente progressivo entre os níveis básico, intermediário e avançado. Entretanto, para a FC, o $\%FC_{m\acute{a}x}$ e o $\%LV2$ encontrou-se que o nível básico não apresenta diferenças significativas quando comparado ao nível intermediário, e ambos são significativamente menos intensos comparados ao nível avançado. Pode-se concluir que as respostas cardiorrespiratórias e IEP são afetadas pelos diferentes repertórios do MP clássico com um comportamento significativamente progressivo entre os níveis básico, intermediário e avançado para VO_2 , GE_{bruto} , GE_{liq} e IEP. Também pode-se concluir que os repertórios de solo no nível intermediário e avançado seriam correspondentes à atividade física moderada, e podem ser indicados como atividade complementar para o aumento do GE semanal para indivíduos com objetivo de emagrecimento ou outros benefícios relacionados à prática de atividade física

REFERÊNCIAS

1. BALTACI G., BAYRAKCI V., YAKUT E., VARDAR N. A comparison of two different exercises on the weight loss in the treatment of knee osteoarthritis: Pilates exercises versus clinical-based physical therapy. **Osteoarthritis and Cartilage**. 2005;13(1):141.
2. BAPTISTA BVR., NETO AP. A intensidade de uma aula de Pilates®. **Rev ENAF**. 2013;8(4): 27-40.
3. BENEDETTI G., CANDOTII CT., GONTIJO KNS., BAMPI GM., LOSS JF. Desenvolvimento e validação de um método de avaliação do nível de prática no método Pilates por meio de exercícios do próprio método. **Fisioterapia Brasil**. 2015;16(2):137-144.
4. BO-IN K., JU-HYEO J., JEMYUNG S., HAE-YEON K., HAROO K. An Analysis of Muscle Activities of Healthy Women during Pilates Exercises in a Prone Position. **J. Phys. Ther. Sci**. 2014;26:77-79.
5. BORG G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. **Scand J Work Environ Health**. 1990;16(1):55-58.
6. CARVALHO AI., LINO C., AZEVEDO J. Effects of three months of Pilates based exercise in women on body composition. **Med Sci Sports Exerc**. 2009;41(5):16-17.
7. COLDEBELLA A, FINATTO P. **Mat Pilates: da prática à cinesiologia aplicada**. 1 Edição. São Paulo: Ideograf, 2019.
8. FINATTO P, SILVA ESD, OKAMURA AB, et al. Pilates training improves 5-km run performance by changing metabolic cost and muscle activity in trained runners. **PLoS One** 2018;13:e0194057.
9. FURTADO E., SIMÃO R., LEMOS A. Análise do consumo de oxigênio, frequência cardíaca e dispêndio energético, durante as aulas do Jump *Fit*. **Rev Bras Med Esporte**. 2004;10(5):376-380.
10. GONZALVO AR., MACHADO-DÍAZ M., MONCADA-JÍMENEZ J., HERNÁNDEZ-ELIZONDO J., ARAYA-VARGAS G. The effects of Pilates exercises on body composition: a systematic review. **J Bodyw Mov Ther**. 2012;16(1):109-104.
11. HOWLEY ET., BASSET Jr. DR, WELCH HG, Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med Sci Sports Exerc**. 1995;27:1292-1301.
12. HUG F., DECHERCHI P., NARQUESTE T.; JAMMES, Y. EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects. **J. Electromyogr Kinesiol** 2003;14: 187-195.

13. JAKICIC JM., CLARK K., COLEMAN E., DONNELLY JE., FOREYT J., MELANSON E., VOLEK J., VOLPE SL. American college of sports medicine position stand. Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. **Med Sci Sports Exer.** 2001;33(12):2145-2156.
14. JAGO R., JONKER ML., MISSAGHIAN M., BARANOWSKI T. Effect of 4 weeks of Pilates on the body composition of young girls. **Prev Med.** 2006;42(3): 177-180.
15. KLOUBEC JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. **J Strength Cond Res.** 2010;24(3):661-667.
16. MCLAUGHLIN JE. et al. Validation of the COSMED K4 b2 Portable Metabolic System. **Int J Sports Med,** 2001;22(4):10.1055/s-2001-13816.
17. MENACHO MO., OBARA K., CONCEIÇÃO JS., CHITOLINA ML., KTANTZ DR., DA SILVA RA., CARDOSO JR. Electromyographic effect of mat pilates exercise on the back muscle activity of healthy adult females. **J Man Physiol Ther.** 2010;33:672-678.
18. PANDOLF KB., BILLINGS DS., DROLET LL., PIMENTAL NA., SAWKA MN. Differentiated ratings of perceived exertion and various physiological responses during prolonged upper and lower body exercise. **Eur J Appl Physiol.** 1984;53:5-11.
19. PESCATELLO LS., ARENA R, RIEBE D, THOMPSON PD. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.** Ninth Edition. American College of Sports Medicine, Baltimore, 2014.
20. PESTANA VS., PESTANA AMS., SCHINONI MI., SILVA MC., SILVA MC., PESTANA VLP. Efeitos do Pilates solo e exercício resistido sobre a obesidade central e o índice de massa corpórea em idosos. **R. Ci. Med. Biol.** 2010;11(2):218-223.
21. PILATES JH., MILLER WJ. **Pilates Return to Life Through Contrology.** Pilates Method Alliance, Miami, 1995.
22. PINTO RS., LUPI R., BRENTANO MA. Respostas metabólicas ao treinamento de força: uma ênfase no dispêndio energético. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.** 2011;13(2):150-57
23. ROGERS K., GIBSON AL. Effects of an 8-week mat Pilates training program on body composition, flexibility, and muscular endurance. **Med Sci Sports Exerc.** 2006;38(5):279-280.
24. SEGAL NA., HEIN J., BASFORD JR. The effects of Pilates training on flexibility and body composition: an observational study. **Arch Phys Med Rehabil.** 2004;85(12):1977-1981.

25. SEKENDIZ B., ALTUN O., KORKUSUZ F., AKIN S. Effects of Pilates exercise on trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. **J Bodyw Mov Ther.** 2007;11:318-326.
26. SILVA GB., MORGAN MM., CARVALHO WRG., SILVA E., FREITAS WZ., SILVA FF., SOUZA RA. Eletromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. **J Bodyw Mov Ther.** 2014a.
27. SILVA ML., REZENDE TM., GONÇALVES LM., SILVA Jr., AJ. Parâmetros cardiovasculares e gasto energético indireto no pilates. **Ciência e Movimento.** 2014b;32: 17-25.
28. VOLP ACP., OLIVEIRA FCE., ALVES RDM., ESTEVES EA., Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. **Nutr Hosp.** 2011;26(3):430-440.

8 MANUSCRITO QUINTO

Análise Eletromiográfica dos Músculos Reto Abdominal Superior e Inferior, Oblíquo Interno e Externo e Reto Femoral Durante a Realização de Exercícios de solo do Método Pilates

Paula Finatto, Fernanda Viana da Silva e Cláudia Silveira Lima

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar o percentual de ativação dos músculos reto abdominal Superior (RAS), reto abdominal inferior (RAI), oblíquo interno (OI), oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF) durante a execução de 15 exercícios de solo do Método Pilates. Dezoito mulheres (média \pm DP, idade: 33.07 ± 4.23 anos; estatura: 164.6 ± 4.22 cm; percentual de gordura: $27.8 \pm 11.58\%$) praticantes do Método Pilates há no mínimo 6 meses, executaram os exercícios *Neck Pull*, *Leg Pull Front*, *Push Ups*, *Hip Twist*, *Corkscrew*, *Teaser*, *Roll Over*, *Roll Up*, *Double Leg Stretch*, *Single Leg Stretch*, *Hundred*, *Jackknife*, *Double Straight Leg Stretch*, *Single Straight Leg Stretch* e *Crisscross* com monitoramento da atividade eletromiográfica através de eletrodos de superfície. Os valores RMS representativos, para cada um dos 5 músculos, foram expressos em percentual do máximo, obtido nos testes de CIVM. Utilizou-se ANOVA *one-way* para medidas repetidas com o teste complementar de *Bonferroni*. Para o RAS foi encontrado valores significativamente maiores para o *Double Straight Leg Stretch*, *Crisscross* e *Double Leg Stretch*. Os exercícios *Teaser*, *Single Leg Stretch*, *Hip Twist*, *Neck Pull*, *Single Straight Leg Stretch*, *Jackknife*, *Roll Up*, *Roll Over* e *Corkscrew*, sendo estes significativamente maiores em relação aos exercícios *Push Ups* e *Leg Pull Front*. Para o RAI o exercício *Hundred* apresentou valor de percentual de ativação EMG significativamente maior em relação aos exercícios *Single Leg Stretch*, *Single Straight Leg Stretch*, *Hip Twist*, *Neck Pull*, *Roll Over*, *Roll Up*, *Leg Pull Front* e *Push Ups*. Ainda, os exercícios *Leg Pull Front* e *Push Ups* foram aqueles que apresentaram significativa menor ativação. Para o OI o exercício *Hundred* foi aquele que apresentou valores significativamente maiores em relação aos demais exercícios. Ainda, os exercícios *Double Leg Stretch*, *Double Straight Leg Stretch*, *Hip Twist* não apresentaram diferenças significativas entre si, tendo percentual de ativação EMG significativamente mais alto em relação aos exercícios *Single Leg Stretch*, *Neck Pull*, *Jackknife*, *Leg Pull Front*, *Roll Over*, *Roll Up*, *Single Straight Leg Stretch* e *Push Ups*. Para o OE os exercícios, *Double Straight Leg Stretch* *Teaser* e *Hundred* foram significativamente maiores

em relação aos demais. Além disso, os exercícios que apresentaram percentuais de ativação EMG significativamente mais baixos foram o *Single Straight Leg Stretch*, *Roll Over*, *Push Ups*, *Roll Up*, *Jackknife*, *Corkscrew* e *Leg Pull Front*. Por fim, para o RF os exercícios *Hip Twist*, *Double Straight Leg Stretch*, *Leg Pull Front*, *Single Leg Straight Stretch*, *Teaser* e *Crisscross* foram significativamente maiores quando comparados aos demais sendo *Corkscrew* o exercício de menor ativação. Conclui-se que os exercícios do MP do solo avaliados são exercícios de Moderada a Muito Alta ativação para os músculos RAS, RAI, OE e OI, com percentuais de ativação entre 20% e 86% da CIVM sendo observada uma progressão lógica entre eles. Para o RF os exercícios foram capazes de ativar a musculatura entre 11% e 34% da CIVM, sendo considerados de baixa à moderada intensidade. Finalmente, o exercício *Hundred* apresentou valores significativamente mais altos, independente do músculo analisado, sendo considerado uma opção bastante abrangente e desafiadora.

Palavras-Chave: Pilates, EMG, flexores da coluna

INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, o estudo dos diferentes tipos de exercícios para o fortalecimento da musculatura abdominal e estabilizadora da coluna vem se mostrando importante para a melhor seleção dos exercícios abdominais de acordo com o objetivo do plano de treinamento ou reabilitação (EKSTROM *et al.*, 2007; BEHM *et al.*, 2005; ESCAMILLA *et al.*, 2006a; 2006b; 2010). Músculos flexores e extensores da coluna mais fortes estão intimamente ligados à maior estabilidade da coluna lombar (MCGILL *et al.*, 2003; 2010) e, conseqüentemente, à redução e prevenção de dores lombares (RICHARDSON *et al.*, 2002; ESCAMILLA *et al.*, 2010; MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009; LA TOUCHE *et al.*, 2008), lesões de membros inferiores (MYER *et al.*, 2004) e melhora da performance esportiva (FINATTO *et al.*, 2018; MCGILL *et al.*, 2010; WILLARDSON, 2007; STANTON *et al.*, 2004; SATO; MOKHA, 2009).

Muitas vezes, o objetivo do melhor entendimento de exercícios abdominais vai na direção de encontrar aqueles que representem maior ativação da musculatura com o menor risco de lesão aos tecidos, especialmente envolvendo as forças de compressão lombar envolvidas em movimentos de flexão da coluna e/ou concomitante maior ativação muscular de flexores do quadril (KAVCIC *et al.*, 2004; CALLAGHAN; MCGILL, 2001; HALPERN; BLECK, 1979; MCGILL, 1995). Atualmente sabe-se que exercícios abdominais tendem a ser específicos à região estimulada. Ou seja, devido as funções diferentes entre retos abdominais e oblíquos os exercícios indicados para otimizar sua ativação também seriam distintos. Por exemplo, quando o intuito for atingir o reto abdominal superior, sua maior contribuição parece ser encontrada em graus de flexão da coluna de até 45 graus (MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009; DA FONSECA *et al.*, 2009), enquanto oblíquo externo e iliopsoas estariam mais ativos nos primeiros graus (MELLO, 1986). Entretanto, os músculos oblíquos abdominais tendem a ser mais ativos em funções estabilizadoras, quando associados a flexão incrementam a demanda muscular de maneira geral (ESCAMILLA *et al.*, 2006; 2010), tem papel importante no controle do posicionamento da caixa torácica (SILVA *et al.*, 2013; PLAMONDON *et al.*, 2002) e em exercícios que envolvam a flexão lateral da coluna, como a prancha lateral (AXLER; MCGILL, 1997).

Outro fator importante a ser observado são as características mecânicas dos exercícios propostos, como o posicionamento dos membros inferiores. Um abdominal *sit-up* executado com quadril e joelhos flexionados ou estendidos, e pés repousando sobre o solo, apresenta maior desafio em relação à ativação muscular com aumento simultâneo nas forças compressivas,

quando comparado ao abdominal tradicional ou realizado com os pés sem o contato com o solo (AXLER; MCGILL, 1997). Por último, parece existir uma tendência de que a flexão da coluna realizada com o gradil costal como ponto fixo, levando os membros inferiores sobre o tronco, teria comportamentos oposto ao movimento de flexionar o tronco sobre os membros inferiores (GRANATA *et al.*, 2005; MELLO, 1986; MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009). No primeiro caso, existe menor recrutamento muscular associado à menor efeito compressivo. Em contrapartida, quando os membros inferiores são o eixo móvel, iniciando o movimento pela do quadril e conseqüente flexão lombar, existe a presença de maiores forças compressivas sobre a coluna e maior ativação dos flexores da coluna (AXLER; MCGILL, 1977), engajando em altos níveis reto abdominal inferior e oblíquo interno (ESCAMILLA *et al.*, 2006), músculos responsáveis pela neutralização da extensão lombar devido à tendência de anteversão da pelve gerada pelos membros inferiores livres.

Nesse sentido, o Método Pilates (MP) vem sendo aplicado como metodologia para o fortalecimento abdominal e tratamento de distúrbios da coluna. A técnica foi desenvolvida por Joseph Pilates e compreende um programa de treinamento global associando exercícios de força e flexibilidade em busca de um corpo mais forte, alinhado e alongado (MUSCOLINO; CIPRIANI, 2004; LATEY *et al.*, 2001; PILATES; MILLER, 1995). A Contrologia, nome dado por seu criador ao método, se diferencia de outras técnicas de exercícios e core training através da dependência da execução de cinco princípios base, sendo eles concentração, fluidez, controle, respiração e centralização (MUSCOLINO; CIPRIANI, 2004; LATEY *et al.*, 2001; PILATES; MILLER, 1995). Hoje se sabe, que assim como a ação de exercícios em base instáveis (BEHM *et al.*, 2005; VERA-GARCIA *et al.*, 2000), a utilização dos princípios da respiração e centralização são capazes de incrementar a demanda muscular dos músculos flexores e extensores da coluna em exercícios específicos (BARBOSA *et al.*, 2015). Mas também, exercem influência positiva na ação de músculos periféricos como o bíceps braquial (BARBOSA *et al.*, 2013), reto femoral, bíceps femoral e tibial anterior (BARBOSA *et al.*, 2017) durante a execução de exercícios tradicionais.

Silva *et al.*, (2015) analisaram os exercícios de Pilates de solo, *Double Leg Stretch*, *Coordination*, *Foot Work*, *Crisscross* e um abdominal sit-up tradicional. Foi observado que os exercícios de Pilates superaram o abdominal tradicional quando avaliada a ativação muscular, sendo essa diferença mais evidente para o reto abdominal superior. Além disso, apesar de os exercícios do MP avaliados não terem sido diferentes entre si, do ponto de vista da demanda

muscular, os exercícios são indicados para diferentes estágios em um treinamento no MP. Dessa forma, o estudo mais abrangente dos repertórios do MP poderia trazer benefícios para prescrição de treinamentos e programas de reabilitação visando os músculos flexores e estabilizadores da coluna. Uma vez que hoje existem indícios de as indicações originais propostas pelo criador do método parecem não corresponder com os achados em relação ao percentual de ativação muscular (SILVA *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2017; MENACHO *et al.*, 2010).

Assim, é possível identificar que o uso da técnica do MP parece influenciar as respostas musculares durante a execução de exercícios convencionais ou pertencentes ao Método (BARBOSA *et al.*, 2013; QUEIROZ *et al.*, 2010) o que poderia gerar padrões distintos quando comparado à exercícios sem o uso dos princípios. Em vista disso, estudar os exercícios do MP se faz importante para elucidar a aplicação deste como ferramenta para treinamento e reabilitação. Particularidades, como o uso dos princípios do MP, fazem com que seja importante uma análise mais abrangente uma vez que a técnica vem sendo amplamente empregada no tratamento de lesões e em programas de treinamento em busca de estabilização da coluna sem que exista evidências abrangentes a respeito de quais exercícios poderiam ter maior potencial de recrutamento muscular. Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar o percentual de ativação dos músculos reto abdominal superior, reto abdominal inferior, oblíquo interno, oblíquo externo e reto femoral durante a execução de 15 exercícios de solo do Método Pilates, comumente utilizados para impactar sobre os flexores de quadril e coluna, apresentando-os de forma hierárquica e classificando-os de acordo com sua intensidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Para este trabalho foram avaliadas 18 mulheres (média \pm DP, idade: 33.07 ± 4.23 anos; estatura: 164.6 ± 4.22 cm; percentual de gordura: $27.8 \pm 11.58\%$) praticantes do Método Pilates há no mínimo 6 meses, sem restrições médicas para prática de atividade física e que foram classificadas com habilidades de nível avançado no Método Pilates de solo através da escala *MANiPilates* (BENEDETTI *et al.*, 2015). Todos os participantes foram recrutados de forma voluntária e não-aleatória através de anúncios em jornal de grande circulação da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul e redes sociais. O cálculo amostral foi realizado com base em estudo com similar abordagem metodológica (BO-IN *et al.*, 2014) através da seguinte equação:

$N=(1,962 \times \sigma_2) \div (0,1 * M)$. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e conduzido de acordo com as normas da Declaração de Helsinki. Todos os participantes leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido previamente ao início das coletas de dados.

Procedimentos para Coleta de Dados

Foram realizadas três sessões de testes. Na primeira sessão realizou-se a classificação dos participantes através da escala *MANiPilates* (BENEDETTI *et al.*, 2015). Para tanto cada indivíduo realizou 6 exercícios de Pilates de solo e foi avaliado em critérios específicos relacionados as habilidades da prática do MP. Somente os participantes classificados como de nível avançado foram aceitos no estudo. Para serem classificados como avançado o escore final de no mínimo 5,0 deveria ser atingindo. Nesta mesma oportunidade foi realizada a caracterização da amostra através de coleta de valores de massa corporal, estatura e dobras cutâneas para posterior cálculo do percentual de gordura. Além disso, os participantes foram familiarizados com os equipamentos, eletrodos e exercícios que foram avaliados na sessão seguinte.

Na segunda e terceira sessões, realizadas com no mínimo 48h de intervalo entre elas, foram coletados os dados eletromiográficos durante a realização dos exercícios do MP. Iniciou-se com a preparação da pele e posicionamento dos eletrodos. Após foram realizados os testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) para cada um dos cinco músculos analisados seguidos dos testes específicos dos exercícios de solo. Antes do final da sessão repetiu-se os testes de CIVM para identificar possível interferência da fadiga.

Amplitude Máxima do Sinal Eletromiográfico Durante a CIVM

Os testes de exercícios foram divididos em duas sessões, sendo 6 exercícios em uma sessão e 9 exercícios na sessão seguinte realizada com no mínimo 48h de intervalo. Para garantir a recolocação dos eletrodos, foi desenhado o contorno de cada eletrodo sobre a pele com o uso de caneta permanente e solicitado que o desenho fosse reforçado diariamente até a próxima sessão. Além disso, foi realizado um mapa com a utilização de lâminas de retroprojeto nas quais foram desenhados o contorno do eletrodos e marcas da pele, como cicatrizes, pintas e tatuagens para auxiliar na recolocação.

Para a avaliação da amplitude máxima isométrica do sinal eletromiográfico dos músculos reto abdominal superior (RAS), reto abdominal inferior (RAI), oblíquo interno (OI), oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF) os indivíduos iniciaram os procedimentos com a colocação dos eletrodos e preparação da pele com tricotomia e abrasão (DE LUCA, 1997). Foram utilizados os eletrodos de superfície, com 15mm de raio, (Modelo Mini Medi-Trace, Kendall Meditrace™ 100) em configuração bipolar com distância de 2cm entre eles (BECK *et al.*, 2005) e posicionados longitudinalmente em relação às fibras musculares no ventre do músculo de interesse do lado direito.

Para o oblíquo interno, os eletrodos foram colocados 2 centímetros medialmente e inferiormente à espinha ilíaca anterossuperior (MARQUES *et al.*, 2012) e para o oblíquo externo os eletrodos em 50% da distância entre a região inferior da caixa torácica e espinha ilíaca anterossuperior (MARQUES *et al.*, 2012). Ainda, para o reto abdominal parte superior e parte inferior, os eletrodos foram posicionados sobre o volume muscular logo abaixo do ponto médio entre a cicatriz umbilical e o processo xifoide e entre a cicatriz umbilical e a sínfise púbica, respectivamente e 3 centímetros lateralmente à linha alba conforme indicação do SENIAM. Para o reto femoral, os eletrodos foram posicionados no ponto médio entre a espinha ilíaca anterossuperior e a parte superior da patela (SENIAM). O eletrodo de referência foi posicionado no terço central da clavícula (SILVA *et al.*, 2015).

Os dados de ativação eletromiográfica (EMG) foram obtidos por um eletromiógrafo (Miotool 400, MIOTEC) composto por oito canais e frequência de amostragem de 2000Hz em cada canal, através do *software MioGraph*, no qual também foi realizado a filmagem simultânea e o tratamento dos dados. Após a preparação, os sujeitos foram instruídos e estimulados a exercer a máxima força possível para cada um dos testes isométricos durante 2 tentativas para cada músculo, com duração de 5 segundos e com intervalo de 3 minutos entre cada tentativa. Os testes foram realizados em ordem randomizada. O mesmo procedimento foi repetido após as sessões de coletas de dados dos exercícios.

Para a realização dos testes de CIVM, todos os participantes foram posicionados em decúbito dorsal, com a coluna flexionada em 30 graus, quadril e joelhos em 90 de flexão e com os pés apoiados sobre a maca (KONRAD, 2005), de forma que pudessem exercer a contração máxima dos flexores da coluna contra a resistência fixa oferecida por uma faixa de velcro. A faixa de velcro foi posicionada em cima do esterno e os participantes foram solicitados a realizar a flexão da coluna para a avaliação do RAS, RAI e OI. Para a avaliação do OE o mesmo

posicionamento foi utilizado e os participantes foram solicitados a realizar a rotação da coluna para o lado esquerdo, associado com a flexão da coluna com máxima força possível. O ângulo de flexão da coluna foi determinado com o uso de um goniômetro e a faixa de velcro posicionado de forma a limitar a flexão da coluna à essa amplitude. Por último, para o RF os participantes encontravam-se sentados em uma cadeira com pontos de fixação logo acima das espinhas ilíacas (KONRAD, 2005). O quadril e joelhos deveriam estar flexionados a 90 graus impedidos de movimentar-se através da resistência de uma faixa de velcro posicionada acima do maléolo medial.

Avaliação Eletromiográfica Durante os Exercícios

Respeitando os 15 minutos de repouso após o término dos testes de CIVM, o protocolo de avaliação dos exercícios teve início. O sinal eletromiográfico foi gravado durante a execução de 6 repetições de cada um dos exercícios da sessão com 3 minutos de intervalo entre eles. Os exercícios *Neck Pull* (FIGURA 1A), *Leg Pull Front* (FIGURA 1B), *Push Ups* (FIGURA 1C), *Hip Twist* (FIGURA 1D), *Corkscrew* (FIGURA 1E), *Teaser* (FIGURA 2A), *Roll Over* (FIGURA 2B), *Roll Up* (FIGURA 2C), *Double Leg Stretch* (FIGURA 2D), *Single Leg Stretch* (FIGURA 2E), *Hundred* (FIGURA 2F), *Jackknife* (FIGURA 2G), *Double Straight Leg Stretch* (FIGURA 3A), *Single Straight Leg Stretch* (FIGURA 3B) e *Crisscross* (FIGURA 3C) foram escolhidos para avaliação por serem comumente empregados em aulas do Método Pilates de solo para estímulo dos músculos flexores da coluna e do quadril (COLDEBELLA; FINATTO, 2019) e sua avaliação possibilita uma análise abrangente dos repertórios nos diferentes níveis de intensidade.



Figura 1: Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Neck Pull* (A), *Leg Pull Front* (B), *Push Ups* (C), *Hip Twist* (D) e *Corkscrew* (E).

Os dados foram obtidos através de um microcomputador utilizando o *software MioGraph* (MIOTEC, BRAZIL) com o qual também se realizou a filmagem simultânea e análise dos dados. A ordem das sessões e de avaliação dos exercícios foi randomizada através de uma ferramenta online gratuita de randomização disponível em <https://www.randomizer.org/>.

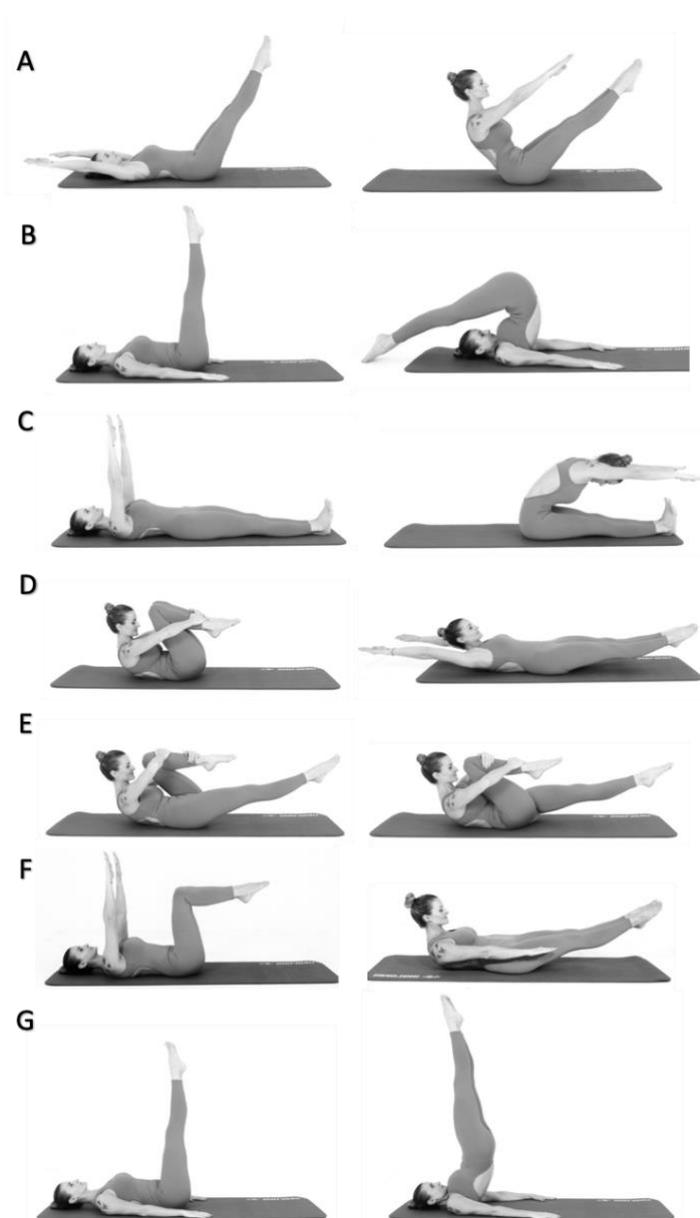


Figura 2: Imagem ilustrativa da execução dos exercícios *Teaser* (A), *Roll Over* (B), *Roll Up* (C), *Double Leg Stretch* (D), *Single Leg Stretch* (E), *Hundred* (F) e *Jackknife* (G).

Todos os participantes foram instruídos a executar os princípios do Método Pilates, sendo eles: centralização, respiração, precisão e controle, fluidez e concentração. A respiração foi padronizada para um ciclo completo ser composto de um segundo para inspiração e dois segundos para a expiração forçada durante a fase concêntrica do movimento. De forma associada, a ativação voluntária da musculatura flexora da coluna e transversal abdominal, o que caracteriza o princípio da centralização ou *powerhouse* (MUSCOLINO; CIPRIANI, 2004), também deveria ser mantida. Estímulo verbal para a manutenção da execução dos princípios

foi dado por um instrutor experiente no Método Pilates clássico ao longo de todas as repetições dos exercícios.



Figura 3: Imagem ilustrativa da execução dos exercícios, *Double Straight Leg Stretch* (A), *Single Straight Leg Stretch* (B) e *Crisscross* (C).

Os ângulos de execução dos exercícios foram indicados aos participantes com o auxílio de um goniômetro e controlados através de filmagem simultânea à coleta de dados EMG. A filmagem foi posteriormente utilizada para o recorte do sinal eletromiográfico em relação ao início e final de cada repetição.

Análise de Dados

O sinal EMG foi filtrado simultaneamente através de um filtro do tipo passa banda Burtterworth de quinta ordem com frequência de corte entre 10 e 500Hz. Para a análise do sinal obtido na CIVM foi identificado o período de maior ativação isométrica para uma janela de 1 segundo. O valor *root mean square* (RMS) foi obtido através de janelamento do tipo *Hamming* com intervalo de 1 segundo. Foi considerado para análise o maior valor encontrado entre as duas tentativas para cada período pré- e pós- sessão de testes.

Para a análise de dados do sinal eletromiográfico durante a realização dos exercícios o mesmo procedimento de filtragem aplicado à CIVM foi utilizado. O sinal foi recordado de acordo com a filmagem do próprio *software* excluindo a primeira e última repetições, sendo então consideradas para análise somente as 4 repetições centrais de cada exercício. Após, calculou-se a média do valor RMS referente as 4 repetições centrais para cada sujeito em cada uma das situações de exercícios para posterior aplicação da análise estatística. Os valores RMS

representativos da ativação eletromiográfica em cada exercício, para cada um dos 5 músculos, foram expressos em percentual do máximo, obtido nos testes de CIVM.

Análise Estatística

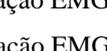
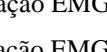
Os resultados estão descritos como média e desvio padrão. Para verificar a normalidade dos dados o teste de *Shapiro-Wilk* foi empregado. Para a comparação do percentual de ativação muscular entre os exercícios para cada um dos músculos analisados utilizou-se ANOVA *one-way* para medidas repetidas com o teste complementar de *Bonferroni*. O nível de significância adotado foi $\alpha = 0.05$, e o pacote estatístico utilizado foi o SPSS versão 20.0 (IBM, Armonk, EUA).

RESULTADOS

Os resultados estão apresentados como percentual do sinal EMG em relação ao máximo encontrado nos testes de CIVM. Para fins de comparação é apresentada a classificação de intensidade de acordo com o percentual de ativação EMG proposto por Escamilla *et al.*, (2010). Ainda, apresenta-se a classificação global clássica do Método Pilates, atribuída originalmente aos exercícios. Para cada um dos cinco músculos analisados os resultados estão dispostos em ordem decrescente de percentual de ativação muscular.

Como resultados foi encontrado para o músculo reto abdominal superior (TABELA 1) foi encontrado valores significativamente maiores em relação aos demais exercícios para o *Double Straight Leg Stretch*, *Crisscross*, *Hundred* e *Double Leg Stretch*. Os exercícios *Teaser*, *Single Leg Stretch*, *Hip Twist*, *Neck Pull*, *Single Straight Leg Stretch*, *Jackknife*, *Roll Up*, *Roll Over* e *Corkscrew* não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo estes significativamente maiores em relação aos exercícios *Push Ups* e *Leg Pull Front*.

Tabela 1: Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo reto abdominal superior durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.

Exercício		% CIVM Reto Abdominal Superior		Ranking	Classificação de Intensidade (Escamilla <i>et al.</i> , 2010)	Classificação Clássica MP (Coldebella; Finatto, 2019)
		Média	± DP			
<i>Double Straight Leg Stretch</i>		77,27	13,70	1	Muito Alta	Intermediário
<i>Crisscross</i>		76,13	11,36	2	Muito Alta	Intermediário
<i>Hundred</i>		70,71	15,46	3	Muito Alta	Principiante
<i>Double Leg Stretch</i>		61,57	15,08	4	Muito Alta	Principiante
<i>Teaser</i>		54,08 ^{abcd}	14,3	5	Alta	Intermediário
<i>Single Leg Stretch</i>		52,71 ^{abcd}	8,99	6	Alta	Principiante
<i>Hip Twist</i>		50,46 ^{abcd}	19,42	7	Alta	Avançado
<i>Neck Pull</i>		47,33 ^{abcd}	14,62	8	Alta	Intermediário
<i>Single Straight Leg Stretch</i>		47,13 ^{abcd}	19,72	9	Alta	Intermediário
<i>Jackknife</i>		46,20 ^{abcd}	17,38	10	Alta	Avançado
<i>Roll Up</i>		45,39 ^{abcd}	10,85	11	Alta	Principiante
<i>Roll Over</i>		40,14 ^{abcd}	9,91	12	Alta	Avançado
<i>Corkscrew</i>		39,69 ^{abcd}	15,31	13	Moderada	Avançado
<i>Push Ups</i>		21,24 ^{abcdefghijklm}	6,97	14	Moderada	Avançado
<i>Leg Pull Front</i>		20,88 ^{abcdefghijklm}	5,08	15	Moderada	Avançado

a Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Straight Leg Stretch*

b Significativa menor ativação EMG comparado ao *Crisscross*

c Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hundred*

d Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Leg Stretch*

e Significativa menor ativação EMG comparado ao *Teaser*

f Significativa menor ativação EMG comparado ao *Single Leg Stretch*

g Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hip Twist*

h Significativa menor ativação EMG comparado ao *Neck Pull*

i Significativa menor ativação EMG comparado ao *Single Straight Leg Stretch*

j Significativa menor ativação EMG comparado ao *Jackknife*

k Significativa menor ativação EMG comparado ao *Roll Up*

l Significativa menor ativação EMG comparado ao *Roll Over*

m Significativa menor ativação EMG comparado ao *Corkscrew*

Para o músculo reto abdominal inferior (TABELA 2), o exercício *Hundred* apresentou valor de percentual de ativação EMG significativamente maior em relação aos exercícios *Single Leg Stretch*, *Single Straight Leg Stretch*, *Hip Twist*, *Neck Pull*, *Roll Over*, *Roll Up*, *Leg Pull Front* e *Push Ups*. Ainda, o exercício *Hundred* não foi diferente quando comparado ao *Double Leg Stretch*, *Teaser*, *Crisscross*, *Jackknife*, *Double Straight Leg Stretch* e *Corkscrew*. Além disso, os exercícios *Double Leg Stretch*, *Teaser*, *Crisscross* apresentaram valores significativamente maiores em relação ao *Hip Twist*, *Neck Pull*, *Roll Over*, *Roll Up*, *Leg Pull Front* e *Push Ups*. Ainda, os exercícios *Roll Over*, *Roll Up*, *Leg Pull Front* e *Push Ups* foram aqueles que apresentaram percentuais de ativação EMG significativa menores em relação aos demais exercícios.

Tabela 2: Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo reto abdominal inferior durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.

Exercício		% CIVM Reto Abdominal Inferior		Ranking	Classificação de Intensidade (Escamilla et al., 2010)	Classificação Clássica MP (Coldebella; Finatto, 2019)
		Média	± DP			
<i>Hundred</i>		77,25	12,66	1	Muito Alta	Principiante
<i>Double Leg Stretch</i>		69,63	13,6	2	Muito Alta	Principiante
<i>Teaser</i>		68,80	17,41	3	Muito Alta	Intermediário
<i>Crisscross</i>		65,56	15,91	4	Muito Alta	Intermediário
<i>Jackknife</i>		63,73	14,63	5	Muito Alta	Avançado
<i>Double Straight Leg Stretch</i>		62,66	15,73	6	Muito Alta	Intermediário
<i>Corkscrew</i>		62,51	14,72	7	Muito Alta	Avançado
<i>Single Leg Stretch</i>		56,63 ^a	13,46	8	Alta	Principiante
<i>Single Straight Leg Stretch</i>		52,63 ^a	15,76	9	Alta	Intermediário
<i>Hip Twist</i>		47,22 ^{abcd}	17,08	10	Alta	Avançado
<i>Neck Pull</i>		45,88 ^{abcde}	18,14	11	Alta	Intermediário
<i>Roll Over</i>		41,84 ^{abcdefg}	18,77	12	Alta	Avançado
<i>Roll Up</i>		37,67 ^{abcdefghi}	12,32	13	Moderada	Principiante
<i>Leg Pull Front</i>		25,74 ^{abcdefghijk}	9,24	14	Moderada	Avançado
<i>Push Ups</i>		24,69 ^{abcdefghijk}	8,07	15	Moderada	Avançado

^a Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hundred*

^b Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Leg Stretch*

^c Significativa menor ativação EMG comparado ao *Teaser*

^d Significativa menor ativação EMG comparado ao *Crisscross*

- e Significativa menor ativação EMG comparado ao *Jackknife*
 f Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Straight Leg Stretch*
 g Significativa menor ativação EMG comparado ao *Corkscrew*
 h Significativa menor ativação EMG comparado ao *Single Leg Stretch*
 i Significativa menor ativação EMG comparado ao *Single Straight Leg Stretch*
 j Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hip Twist*
 k Significativa menor ativação EMG comparado ao *Neck Pull*

Para o músculo oblíquo interno (TABELA 3) foi observado que o exercício *Hundred* foi aquele que apresentou valores significativamente maiores em relação aos demais exercícios. Ainda, os exercícios *Double Leg Stretch*, *Double Straight Leg Stretch*, *Hip Twist* não apresentaram diferenças significativas entre si, tendo percentual de ativação EMG significativamente mais alto em relação aos exercícios *Single Leg Stretch*, *Neck Pull*, *Jackknife*, *Leg Pull Front*, *Roll Over*, *Roll Up*, *Single Straight Leg Stretch* e *Push Ups*. Ainda, o exercício *Corkscrew* foi significativamente maior somente quando comparado ao *Push Ups*, exercício com menor ativação EMG no ranking.

Tabela 3: Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo oblíquo interno durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.

Exercício		% CIVM Oblíquo Interno		Ranking	Classificação de Intensidade (Escamilla et al., 2010)	Classificação Clássica MP (Coldebella; Finatto, 2019)
		Média	± DP			
<i>Hundred</i>		82,86	8,42	1	Muito Alta	Principiante
<i>Double Leg Stretch</i>		74,25 ^a	9,00	5	Muito Alta	Principiante
<i>Double Straight Leg Stretch</i>		73,31 ^a	17,27	2	Muito Alta	Intermediário
<i>Hip Twist</i>		67,54 ^a	6,70	3	Muito Alta	Avançado
<i>Teaser</i>		62,29 ^a	11,77	4	Muito Alta	Intermediário
<i>Crisscross</i>		57,33 ^{ab}	14,53	6	Alta	Intermediário
<i>Corkscrew</i>		52,11 ^{abc}	14,47	7	Alta	Avançado
<i>Single Leg Stretch</i>		50,15 ^{abcd}	12,04	8	Alta	Principiante
<i>Neck Pull</i>		47,52 ^{abcd}	10,94	9	Alta	Intermediário
<i>Jackknife</i>		45,41 ^{abcdef}	14,52	10	Alta	Avançado
<i>Leg Pull Front</i>		41,88 ^{abcdef}	18,95	11	Alta	Avançado
<i>Roll Over</i>		41,33 ^{abcdef}	16,75	12	Alta	Avançado
<i>Roll Up</i>		40,21 ^{abcdef}	10,71	13	Alta	Principiante
<i>Single Straight Leg Stretch</i>		40,27 ^{abcdef}	13,67	14	Alta	Intermediário
<i>Push Ups</i>		36,12 ^{abcdefg}	7,5	15	Moderada	Avançado

^a Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hundred*

^b Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Leg Stretch*

^c Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Straight Leg Stretch*

^d Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hip Twist*

^e Significativa menor ativação EMG comparado ao *Teaser*

^f Significativa menor ativação EMG comparado ao *Crisscross*

^g Significativa menor ativação EMG comparado ao *Corkscrew*

Para o músculo oblíquo externo (TABELA 4) foi encontrado valores significativamente maiores para os exercícios, *Double Straight Leg Stretch*, *Teaser* e *Hundred* em relação aos demais. Além disso, os exercícios que apresentaram percentuais de ativação EMG significativamente mais baixos foram o *Single Straight Leg Stretch*, *Roll Over*, *Push Ups*, *Roll Up*, *Jackknife*, *Corkscrew* e *Leg Pull Front*.

Tabela 4: Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo oblíquo externo durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.

Exercício		% CIVM Oblíquo Externo		Ranking	Classificação de Intensidade (Escamilla <i>et al.</i> , 2010)	Classificação Clássica MP (Coldebella; Finatto, 2019)
		Média	± DP			
<i>Double Straight Leg Stretch</i>		86,11	8,66	1	Muito Alta	Intermediário
<i>Teaser</i>		74,28	12,43	2	Muito Alta	Intermediário
<i>Hundred</i>		72,90	13,83	3	Muito Alta	Principiante
<i>Hip Twist</i>		70,71 ^{abc}	9,42	4	Muito Alta	Avançado
<i>Crisscross</i>		69,61 ^{abcd}	4,60	5	Muito Alta	Intermediário
<i>Neck Pull</i>		62,45 ^{abcde}	18,94	6	Muito Alta	Intermediário
<i>Single Leg Stretch</i>		60,87 ^{abcde}	17,5	7	Muito Alta	Principiante
<i>Double Leg Stretch</i>		60,69 ^{abcde}	5,24	8	Muito Alta	Principiante
<i>Single Straight Leg Stretch</i>		53,15 ^{abcdef}	10,14	9	Alta	Intermediário
<i>Roll Over</i>		51,84 ^{abcdef}	13,27	10	Alta	Avançado
<i>Push Ups</i>		50,62 ^{abcdef}	9,58	11	Alta	Avançado
<i>Roll Up</i>		48,00 ^{abcdef}	14,37	12	Alta	Principiante
<i>Jackknife</i>		47,86 ^{abcdef}	8,89	13	Alta	Avançado
<i>Corkscrew</i>		47,22 ^{abcdef}	6,64	14	Alta	Avançado
<i>Leg Pull Front</i>		39,90 ^{abcdef}	5,09	15	Moderada	Avançado

^a Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Straight Leg Stretch*

^b Significativa menor ativação EMG comparado ao *Teaser*

^c Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hundred*

^d Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Leg Stretch*

^e Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hip Twist*

^f Significativa menor ativação EMG comparado ao *Crisscross*

Ainda, para o reto femoral (TABELA 5) foi encontrado que os exercícios *Hip Twist*, *Double Straight Leg Stretch*, *Leg Pull Front*, *Single Leg Straight Stretch*, *Teaser* e *Crisscross* foram significativamente maiores quando comparados aos demais. Por outro lado, os exercícios *Hundred*, *Double Leg Stretch*, *Neck Pull*, *Single Leg Stretch*, *Roll Over*, *Push Ups* e *Jackknife* não apresentaram diferenças significativas entre si. Além disso, os exercícios *Hundred* e *Double Leg Stretch* foram significativamente maiores em relação ao *Corkscrew*, exercício que ocupa a última posição no ranking.

Tabela 5: Ranking do percentual da ativação eletromiográfica do músculo reto femoral durante a realização de exercícios do Método Pilates de solo e sua classificação clássica e em relação à intensidade encontrada.

Exercício		% CIVM Reto Femoral		Ranking	Classificação de Intensidade (Escamilla et al., 2010)	Classificação Clássica MP (Coldebella; Finatto, 2019)
		Média	± DP			
<i>Hip Twist</i>		33,32	9,17	1	Moderada	Avançado
<i>Double Straight Leg Stretch</i>		31,15	10,73	2	Moderada	Intermediário
<i>Leg Pull Front</i>		28,66	4,87	3	Moderada	Avançado
<i>Single Leg Straight Stretch</i>		28,16	9,72	4	Moderada	Intermediário
<i>Teaser</i>		26,85	1,89	5	Moderada	Intermediário
<i>Crisscross</i>		25,61	5,52	6	Moderada	Intermediário
<i>Hundred</i>		23,75 ^{abc}	12,09	7	Moderada	Principiante
<i>Double Leg Stretch</i>		19,66 ^{abc}	8,00	8	Baixa	Principiante
<i>Neck Pull</i>		19,10 ^{abcd}	5,14	9	Baixa	Intermediário
<i>Single Leg Stretch</i>		17,76 ^{abcdef}	8,71	10	Baixa	Principiante
<i>Roll Over</i>		17,07 ^{abcdef}	5,02	11	Baixa	Avançado
<i>Push Ups</i>		15,51 ^{abcdef}	4,48	12	Baixa	Avançado
<i>Jackknife</i>		15,47 ^{abcdef}	4,17	13	Baixa	Avançado
<i>Roll Up</i>		12,36 ^{abcdefg}	4,33	14	Baixa	Principiante
<i>Corkscrew</i>		11,14 ^{abcdefghi}	1,66	15	Baixa	Avançado

^a Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hip Twist*

^b Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Straight Leg Stretch*

^c Significativa menor ativação EMG comparado ao *Leg Pull Front*

^d Significativa menor ativação EMG comparado ao *Single Straight Leg Stretch*

^e Significativa menor ativação EMG comparado ao *Teaser*

^f Significativa menor ativação EMG comparado ao *Crisscross*

^g Significativa menor ativação EMG comparado ao *Hundred*

^h Significativa menor ativação EMG comparado ao *Double Leg Stretch*

ⁱ Significativa menor ativação EMG comparado ao *Neck Pull*

DISCUSSÃO

Exercícios abdominais podem ser divididos em quatro grupos (MELLO, 1986), de acordo com suas características mecânicas, sendo os 3 primeiros aqui considerados como progressivos em sua dificuldade com base em estudos prévios analisando exercícios abdominais (PEREIRA *et al.*, 2017; HORSACK *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2015; MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009; ESCAMILLA *et al.*, 2006a; 2006b; 2010; LEHMAN; MCGILL, 2001, AXLER;MCGILL 1997; SACCO *et al.*, 2005) Sendo eles: Grupo 1) flexão da coluna com o tronco em direção aos membros inferiores; Grupo 2) flexão do quadril com os membros inferiores em direção ao tronco; Grupo 3) flexão de coluna e do quadril simultaneamente e Grupo 4) prancha frontal e lateral. Dessa forma, dentro do Grupo 1 estariam os exercícios *Neck Pull* e *Roll Up*, enquanto os exercícios *Jackknife*, *Corkscrew* e *Roll Over* seriam pertencentes ao Grupo 2. Ainda, os exercícios *Teaser*, *Hundred*, *Double Leg Stretch*, *Single Leg Stretch*, *Double Straight Leg Stretch*, *Single Straight Leg Stretch*, *Hip Twist* e *Crisscross* pertenceriam ao Grupo 3. Por último, os exercícios *Push Ups* e *Leg Pull Front*, por serem realizados em posição de prancha frontal, ficariam enquadrados no Grupo 4.

Como resultados os exercícios em prancha frontal, *Push Ups* e *Leg Pull Front* foram aqueles que apresentaram valores percentuais significativamente menores entre os exercícios avaliados para os músculos RAS, RAI, OI e OE. Não foram encontrados na literatura estudos que avaliassem os flexores da coluna e reto femoral na execução deste exercício dentro da técnica do MP. Entretanto, avaliação de exercícios semelhantes como Horsak *et al.*, (2017) indicam a prancha frontal realizado com membros superiores apoiados sobre a base instável de uma bola, exercício bastante semelhante ao posicionamento do *Leg Pull Front* e *Push Ups*, como de ativação moderada para o reto abdominal, embora classificado como moderado os percentuais de ativação encontrados corroboram os do presente estudo (de 25 a 40% da CIVM). Escamilla *et al.*, (2010) avaliou exercício semelhante ao *Leg Pull Front*, realizado sobre a base instável da bola, e encontrou valores semelhantes de ativação ao presente estudo para todos os músculos analisados, sendo estes mais altos comparados ao abdominal *sit-up* com joelhos flexionados. Neste estudo o exercício foi considerado de alta ativação para os músculos OI, OE, RAS e RAI (entre 41 e 60% da CIVM) enquanto no presente estudo foi classificado como moderado (entre 21 e 40% da CIVM), o que pode ser resultado da utilização da base instável no estudo de Escamilla *et al.*, (2010) e da avaliação separada entre membro inferior direito e esquerdo. Para o RF encontrou-se percentual de ativação moderado para a variação executado com o membro de apoio sendo avaliado ou o membro inferior livre, de acordo com os dados do

presente estudo em que, seguindo mesma classificação, apresentou valores considerados moderados quando executado de forma alternada.

Para o RAS e RAI valores significativamente maiores para os exercícios *Double Straight Leg Stretch*, *Crisscross*, *Hundred* e *Double Leg Stretch* quando comparados aos demais exercícios. Para o OI *Hundred* foi aquele com significativa maior ativação comparado aos demais, seguido dos exercícios *Double Leg Stretch*, *Double Straight Leg Stretch*, *Hip Twist* e *Teaser* com valores acima de 60% da CIVM. Para o OE os exercícios *Double Straight Leg Stretch*, *Teaser* e *Hundred* apresentaram valores significativamente mais altos entre os exercícios avaliados. Ainda, os exercícios *Hip Twist*, *Crisscross*, *Single Leg Stretch* e *Double Leg Stretch* foram significativamente mais intensos comparados aos demais, tendo percentuais de ativação muito alto (ESCAMILA *et al.*, 2010). Dentre os flexores da coluna, independente do músculo analisado os exercícios pertencentes ao Grupo 3, de flexão simultânea da coluna e quadril, tendem a ser aqueles que apresentam maior potencial de ativação muscular (AXLER;MCGILL, 1987; LEHMAN;MCGILL *et al.*, 2001) possivelmente devido a sua maior dificuldade e utilização simultânea da flexão do quadril e coluna (MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009; SACCO *et al.*, 2005).

Além disso, particular aos exercícios do MP em relação aos abdominais tradicionais, os exercícios do Grupo 3 mantém a flexão da coluna em isometria nos seus primeiros graus, amplitude na qual o RAS apresenta sua maior contribuição e a sua manutenção incrementa a participação do RAS (LEHMAN; MCGILL *et al.*, 2001), com menor risco à coluna em comparação ao movimento dinâmico (CALLAGHAN; MCGILL, 2001). Além disso, manter o RAS em isometria desfavorece sua participação na neutralização do posicionamento pélvico e participação na flexão da coluna lombar em relação aos membros inferiores, o que engajaria mais acentuadamente os oblíquos e reto abdominal inferior (MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009; GRANATA *et al.*, 2005). Embora os exercícios *Hundred* e *Double Leg Stretch* sejam exercícios do repertório principiante do MP clássico, e os *Crisscross* e *Double Straight Leg Stretch* pertencentes ao intermediário, não parecem ser indicados nas fases iniciais de um programa de treinamento e/ou para populações que devam evitar maior stress sobre a coluna, como aqueles com dor lombar (NACHEMSON; ELFSTORM, 1970). Isso acontece por muitas vezes, indivíduos com fraqueza abdominal tendem a ativar mais músculos flexores do quadril e extensores da coluna quando executando exercícios abdominais, especialmente com a sustentação e movimentação dos membros inferiores contra a gravidade. Essa maior atividade

muscular deslocada dos flexores da coluna tendem a gerar uma tendência à anteversão pélvica e aumentam a lordose lombar, aumentando ao stress sobre a região (NACHEMSON; ELFSTORM, 1970; AXLER;MCGILL, 1987; MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009).

Assim como no presente estudo, o exercício *Crisscross* é descrito na literatura como um exercício de muito alta ativação do músculo reto abdominal. Pereira *et al.*, (2017) apresentaram valor de 85,5% da CIVM na execução adaptada, com membros inferiores apoiados sobre uma caixa, sendo mais intenso comparado ao *Single Leg Stretch*, exercício similar realizado sem a rotação da coluna associada, que ativou o reto abdominal em 53,9% da CIVM. Embora os valores encontrados para o reto abdominal como um todo não possam ser diretamente relacionados as avaliações de suas porções, a organização dos exercícios no ranking parece seguir uma mesma lógica, em que adicionar o movimento de rotação da coluna à exercícios de flexão são capazes de incrementar a ativação muscular.

Anteriormente, Silva *et al.*, (2015) avaliaram o recrutamento dos RAS e RAI durante a execução dos exercícios de Pilates *Crisscross*, *Double Leg Stretch*, *Coordination*, *Footwork* e dos exercícios convencionais *crunch* e *sit-up*. Os resultados indicaram existir menor percentual de ativação quando exercícios abdominais eram executados em relação aos exercícios do MP para ambas as porções do reto abdominal. Para o *Crisscross*, apesar de apresentar valor mais altos comparados aos demais exercícios este foi significativamente maior somente em relação ao *Roll Up* para o RAI com valores acima de 100% da CIVM. Em ambos os estudos foram encontrados valores mais altos em relação aos do presente estudo (76,13 para o RAS e 65,56% para RAI), entretanto foram realizadas execuções distintas. Pereira *et al.*, (2017) utilizou os membros inferiores apoiados sobre a caixa, isolando os movimentos da coluna, enquanto Silva *et al.*, (2015) avaliou o *Crisscross* realizado com joelhos estendidos. No presente estudo o exercício seguiu a execução clássica, sendo realizada a flexão de quadril e joelho direito enquanto quadril e joelho esquerdos são estendidos, não utilizando apoio para os membros inferiores, o que pode influenciar o padrão de ativação muscular e limita as comparações entre os estudos.

Por outro lado, exercícios como o *Roll Over*, *Corkscrew* e *Jackknife* estão no Grupo 2, no qual os membros inferiores são direcionados acima do tronco sendo significativamente mais baixos do que os exercícios do Grupo 3 para o RAS, OI e OE e não apresentando diferenças em relação ao Grupo 3 para o RAI. Ainda assim, os três exercícios apresentam muito altos percentuais de ativação para RAS e altos percentuais para o RAI, OE e OI (ESCAMILLA *et*

al., 2010). Monfort-Pañego *et al.*, (2009) indicam que a ação dos flexores da coluna é menor neste tipo de exercício, tendo o gradil costal como ponto fixo, quando comparado a situação de flexão simultânea, corroborando os achados do presente estudo, no qual o *Roll Over*, *Corkscrew* e *Jackknife* estão em posições entre 10 e 12 no ranking de classificação por intensidade. Porém, exibem valores acima de 60% da CIVM, considerados muito altos para RAS e RAI e entre 45 e 52% para OI e OE classificado como alto (ESCAMILA *et al.*, 2010) e indicados para o desenvolvimento de força para todos os flexores da coluna avaliados (EKSTROM *et al.*, 2007). Entretanto, vale salientar que, embora menos intensos do que os exercícios do Grupo 3, estes são todos exercícios classificados originalmente como de nível avançado do MP, apresentam altos percentuais de ativação muscular, devem ser prescritos com cuidado, uma vez que exercícios abdominais que utilizem a flexão do quadril, sustentando a massa dos membros inferiores, são contraindicados quando se busca menores risco de lesão na coluna lombar (MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009; AXLER;MCGILL, 1997).

Pertencentes ao Grupo 1 os exercícios *Neck Pull* e *Roll Up* são exercícios realizados com a flexão da coluna sobre os membros inferiores. Esses exercícios são realizados com os membros inferiores em contato com o solo, joelhos estendidos e quadris aduzidos em rotação externa (COLDEBELA; FINATTO, 2019). A diferença na execução dos dois exercícios está basicamente no posicionamento dos membros superiores. No *Neck Pull* posiciona-se as mãos na nuca, mantendo ombros abduzidos a 90 graus, enquanto no *Roll Up* os membros superiores estão inicialmente no prolongamento do corpo, indo para 90 graus de flexão ao longo da execução e finalizando em total flexão no final da fase concêntrica. Sabe-se que o posicionamento dos membros superiores, quanto mais distantes do tronco aumentam a demanda muscular, dessa forma nota-se que o *Neck Pull* se encontra sempre em posição superiores no ranking, independente do músculo em questão, mas não apresenta diferenças significativas em relação ao *Roll Up*.

Sob um diferente ponto de vista, estudos anteriores demonstram que a baixa dificuldade atribuída a esse tipo de exercício abdominal se dá pelo suporte dos membros inferiores reduzir a tendência à anteversão da pelve e aumento da lordose lombar (AXLER;MCGILL, 1997). Dessa forma, os músculos flexores da coluna, embora necessitem neutralizar a ação do músculo iliopsoas, acabam apresentam menores níveis de ativação (AXLER;MCGILL, 1997; SILVA *et al.*, 2015). O exercício *Roll Up* foi anteriormente abordado na literatura, sendo reportado como o exercício com menor demanda para o RAS e RAI, em torno de 40% da CIVM, enquanto

exercícios pertencentes ao Grupo 3 atingiram percentuais de ativação muito altos, de pelo menos 70% da CIVM. No presente estudo para o RAS e RAI os exercícios *Roll Up* e *Neck Pull* apresentaram percentuais de ativação de 45,39% e 47,33% da CIVM para o RAS e de 37,67% e 45,88% da CIVM para o RAI, respectivamente.

Em vista disso, embora considerado um exercício menos intenso em relação aos demais exercícios do MP, o *Roll Up* e o *Neck Pull* apresentam grande amplitude de flexão da coluna com flexão do quadril associada. Estudos clássicos que compararam um grande número de exercícios abdominais apontam que realizar a flexão da coluna até a posição sentada resulta em forças compressivas em torno de 3000N ou o equivalente a segurar um peso de 10kg (MCGILL, 1995) em cada uma das mãos (NACHEMSON; ELFSTROM, 1970). Sendo assim, exercícios do Grupo 1 que realizem sobre a flexão da coluna em direção aos membros inferiores, sem que alcance a posição sentada seriam mais indicados para fins terapêuticos sendo mais seguros e recomendados para aqueles que necessitam exercitar-se com a menos stress sobre a coluna lombar (AXLER; MCGILL, 1997).

Como progredir com a utilização de exercícios abdominais em busca de um *Core* mais forte vem sendo abordado constantemente na literatura, seja com exercícios abdominais tradicionais (CROMMERT *et al.*, 2018; ESCAMILLA *et al.*, 2010; 2006a; 2006b; VERA-GARCIA *et al.*, 2000; LEHMAN *et al.*, 2001) ou específico com exercícios do MP (WERBA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2015; QUEIROZ *et al.*, 2010; MOON *et al.*, 2005; SACCO *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2001;), sendo até mesmo indicado que a técnica do MP, utilizando seus princípios, poderia ser uma estratégia para uma progressão de intensidade de exercícios tradicionais, anteriormente ao aumento da sobrecarga externa, fazendo esta progressão de forma mais segura (BARBOSA *et al.*, 2017). O princípio da centralização, ou *powerhouse*, tem objetivo de manter a estabilidade da coluna para realização de exercícios de forma mais segura. A grande utilização de isometrias de flexão da coluna parece ser uma boa estratégia quando em busca de ativação muscular significativa como os exercícios sem gerar tanto desgaste à coluna com movimentos repetitivos (CALLAGHAN; MCGILL, 2001), mantendo membros inferiores fora do contato com o solo (MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009).

Entretanto, embora muito utilizado como ferramenta em programas de reabilitação e treinamento grande parte dos exercícios do repertório de solo apresentam características mecânicas que exigem cuidado na sua aplicabilidade, como a flexão simultânea de coluna e quadril e são exercícios que representam grande demanda muscular. Sendo assim, num mesmo

sentido que exercícios abdominais convencionais devem ser selecionados de acordo com o objetivo e particularidades do praticante, os exercícios do MP parecem respeitar um mesmo padrão em relação a ativação muscular e exigem cuidado na sua aplicabilidade.

Salientamos que os dados do presente estudo devem ser analisados com cuidado, uma vez que o sinal EMG é possivelmente afetado por *crosstalk* quando a técnica de EMG com eletrodos de superfície é adotada, especialmente com a colocação dos eletrodos entre diferentes sessões. Entretanto, procedimentos metodológicos para minimizar essa interferência foram adotados mantendo sempre um mesmo padrão. Além disso, o estudo contou com participantes jovens, somente do sexo feminino, experientes no Método Pilates, para que fossem capazes de executar os exercícios avançados com segurança e precisão, sem presença de dores ou patologias da coluna e/ou intervenção cirúrgica abdominal e a generalização dos achados para outras populações não é indicada.

CONCLUSÃO

De uma maneira geral, conclui-se que os exercícios do MP do solo avaliados são exercícios de Moderada a Muito Alta ativação para os músculos RAS, RAI, OE e OI, com percentuais de ativação entre 20% e 86% da CIVM sendo observada uma progressão lógica entre eles de acordo com suas características mecânicas. Para o RF os exercícios foram capazes de ativar a musculatura entre 11% e 34% da CIVM, sendo considerados de baixa à moderada intensidade.

Independente do músculo analisado a classificação baseada na demanda muscular não corresponde ao proposto pelo repertório clássico do Método, chamando atenção para a importância de uma correta seleção dos exercícios dentro de um programa de treinamento e ou reabilitação quando em busca de uma progressão de intensidade.

Ademais, o exercício *Hundred* apresentou valores significativamente mais altos, independente do músculo analisado, sendo considerado uma opção bastante abrangente no recrutamento muscular e desafiadora para a musculatura abdominal. Chamamos atenção para o fato de que os exercícios do repertório do MP clássico de solo são, em sua maioria, exercícios de alta intensidade e apresentam características mecânicas de risco para a coluna lombar, não sendo indicados para populações que necessitem exercitar-se em condições especiais.

REFERÊNCIAS

1. AXLER CT, MCGILL SM. Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. **Med Sci Sports Exer.** 1997;29:804-811.
2. BARBOSA AWC, GUEDES CA, BONIFÁCIO DN, SILVA A, MARTINS FLM, BARBOSA MCS. The Pilates breathing technique increases the electromyographic amplitude level of deep abdominal muscles in untrained people. **J Bodyw Mov Ther.** 2015;19(1):57-61.
3. BARBOSA AC, MARTINS FM, SILVA AF, COELHO AC, INTELANGELO L, VIEIRA ER. Activity of lower limb muscles during squat with and without abdominal drawing-in and pilates breathing. **J Strength Cond Res** 2017;31(11):3018-23.
4. BARBOSA AWC, MARTINS FLM, VITORINO DFM, BARBOSA MCS. Immediate electromyographic changes of the biceps brachii and upper rectus abdominais muscles due to the Pilates centering technique. **J Bodyw Mov Ther.** 2013;17(3):385-90.
5. BECK TW, HOUSH TJ, JOHNSON GO, WEIR JP, CRAMER JT, COBURN JW, et al. The effects of interelectrode distance on electromyographic amplitude and mean power frequency during isocinetic and isometric muscle actions of the biceps brachii. **J Electromyography Kinesiol.** 2005;15(5):482-95.
6. BEHM DG., LEONARD AM., YOUNG WB., BONSEY WAC., MACKINNON S N. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. **J Strength Cond Res.** 2005;19:193-201.
7. BENEDETTI G, CANDOTI CT, GONTIJO KNS, BAMPI GM, LOSS JF. Desenvolvimento e validação de um método de avaliação do nível de prática no método Pilates por meio de exercícios do próprio método. **Fisioterapia Brasil.** 2015;16(2):137-144.
8. BO-IN K, JU-HYEO J, JEMYUNG S, HAE-YEON K, HAROO K. An Analysis of Muscle Activities of Healthy Women during Pilates Exercises in a Prone Position. **J Phys Ther Sci.** 2014;26:(1)77-9.
9. CALLAGHAN JP; MCGILL SM. Intervertebral dis herniation: Studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. **Clin Biomech.** 2001;16:28-37.
10. COLDEBELLA A, FINATTO P. **Mat Pilates: da prática à cinesiologia aplicada.** 1 Edição. São Paulo: Ideograf, 2019.

11. DA FONSECA JL, MAGINI M, DE FREITAS TH. Laboratory gait analysis in patients with low back pain before and after a pilates intervention. **J Sport Rehabil.** 2009;18(2):269-282.
12. DELUCA CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. **J Appl Biomech.** 1997;13:135-63.
13. ESCAMILLA FR., BABB E., DEWITT R., *et al.* Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal Exercises: implications for rehabilitation and training. **Phys Ther.** 2006a;86: 656-671.
14. ESCAMILLA RF, LEWIS C, BELL D, *et al.* Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2010;40:265-276.
15. ESCAMILLA RF., MCTAGGART MSC., FRICKLAS EJ., *et al.* An Electromyographic Analysis of Commercial and Common Abdominal Exercises: Implications for Rehabilitation and Training. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2006b;36(2):45-57.
16. EKSTROM RA, DONATELLI RA, CARP KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2007;37:754- 62.
17. FINATTO, P, SILVA, ESD, OKAMURA, AB, *et al.* Pilates training improves 5-km run performance by changing metabolic cost and muscle activity in trained runners. **PLoS One.** 2018;13:e0194057
18. GRANATA KP, LEE PE, FRANKLIN TC. Co-contraction recruitment and spinal load during isometric trunk flexion and extension. **Clin Biomech.** 2005;20:1029-1037.
19. HALPERN AA, BLECK EE. Sit-up exercises: an eletromyographic study. **Clin Orthop Related Res.** 1979;145:172-8.
20. HORSAKA B., WUNSCHA R., BERNHARTA P., GORGASA AM., BICHLERA R., LAMPELA K. Trunk muscle activation levels during eight stabilization exercises used in the functional kinetics concept: A controlled laboratory study. **J Back Musc Rehabil.** 2017;30:497–508
21. KAVCIC N, GRENIER S, MCGILL S. Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. **Spine.** 2004;29:2319-29.
22. KONRAD P. The Abc of Emg, **A practical introduction to kinesiological electromyography.** Versão 1.0. Scottsdale: Noraxon Inc. EUA, 2005.

23. LA TOUCHE R, ESCALANTE K, LINARES MT. Treating non-specific chronic low back pain through the Pilates Method. **J Bodyw Mov Ther.** 2008;12:364-370.
24. LATEY P. The Pilates Method: history and philosophy. **J Bodyw Mov Ther.** 2001;5(4):275-282.
25. LEHMAN GJ, MCGILL SM. Quantification of the differences in electromyographic activity magnitude between the upper and lower portions of the rectus abdominis muscle during selected trunk exercises. **Phys Ther.** 2011;8:1096-1101.
26. MARQUES NR, HALLAL CZ, GONÇALVES M. Padrão de co-ativação dos músculos do tronco durante exercícios com haste oscilatória. **Motriz.** 2012;18:245-52.
27. MAYER JM, VERNA JL, MANINI TM, MOONEY V, GRAVES JE. Eletromyographic Activity of the Trunk Extensor Muscles: Effect of Varying Hip Position and Lumbar Posture During Roman Chair Exercise. **Arch Phys Med Rehabil.** 2002;83,1543-1546.
28. MCGILL SM. Core Training: Evidence translationg to better performance and injury prevention. **Strength Cond J.** 2010;32(3):33-46.
29. MCGILL SM, GRENIER S, KAVCIC N, CHOLEWICKI J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. **J Electromyogr Kinesiol.** 2003;13:353-359.
30. MCGILL SM. Distribution of tissue loads in the low back during a variety of daily and rehabilitation tasks. **J Rehabil Res Dev.** 1997;34:448-458.
31. MCGILL S. The mechanics of torso flexion: sit-ups and standing dynamic flexion manoeuvres. **Clin Biomech.** 1995;10:184-92.
32. MELLO PRB. **Teoria e prática dos exercícios abdominais.** São Paulo: Mandê, 1986.
33. MENACHO MO, OBARA K, CONCEIÇÃO JS, et al. Eletromyographic effect of mat pilates exercise on the back muscle activity of healthy adult females. **J Man Physiol Ther.** 2010;33:672-678.
34. MONFORT-PAÑEGO M, VERA-GARCÍA FJ, SÁNCHEZ-ZURIAGA D, SARTI-MARTÍNEZ MA. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. **J Man Physiol Ther.** 2009;32:232-244.
35. MOON JH., HONG SM., KIM CW., SHIN YA. Comparison of deep and superficial abdominal muscle activity between experienced Pilates and resistance exercise instructors and controls during stabilization exercise. **J Exer Rehabil.** 2005;11(3):161-168.

36. MUSCOLINO JE, CIPRIANI S. Pilates and the “powerhouse”- I. **J Bodyw Mov Ther.** 2004;8(1):15-24.
37. MYER GD., FORD KR., HEWETT TE. Methodological approaches and rationale for training to prevent anterior cruciate ligament injuries in female athletes. **Scand J Med Sci Sports.** 2004;14:275-285.
38. NACHEMSON A, ELFSTROM G. Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs. A study of common movements, maneuvers and exercises. **Scand J Rehab Med Suppl.** 1970;1:1-40.
39. PEREIRA LRI, QUEIROZ B, LOSS J, AMORIM C, SACCO ICN. Trunk muscle EMG during intermediate Pilates Mat exercises in beginner healthy and chronic low back pain individuals. **J Man Physiol Ther.** 2017;40(5)350-357.
40. PILATES JH, MILLER WJ. Pilates **Return to Life Through Contrology.** Miami: Pilates Method Alliance, 1995.
41. PLAMONDON A, SERRESE O, BOYD K, LADOUCEUR D, DESJARDINS P. Estimated moments at L₅/S₁ level and muscular activation of back extensors for six prone back extension exercises in healthy individuals. **Scand J Med Sci Sports.** 2002;12:81-89.
42. QUEIROZ BC., CAGLIARI MF., AMORIM CF., SACCO IC. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. **Arch Phys Med Rehabil.** 2010;91(1):86-92.
43. RICHARDSON CA, SNIJDERS CJ, HIDES JA, *et al.* The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. **Spine** 2002;27:399-405.
44. SACCO ICN., ANDRADE MS., SOUZA PS., NISIYAMA M., CANTUARIA AL., MAEDA FYI., PIKEL, M. Método Pilates em revista: aspectos biomecânicos de movimentos específicos para reestruturação postural – Estudos de Caso. **R Bras Ci e Mov.** 2005;13(4):65-78.
45. SATO K., MOKHA, M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-m performance in runners? **J Strength Cond Res.** 2009;23(1):133–140.
46. SILVA MAC, DIAS JM, SILVA MF, MAZUQUIN BF, ABRÃO T, CARDOSO JR. Análise comparativa da atividade elétrica do músculo multífido durante exercícios do Pilates, série de Williams e *Spine Stabilization*. **Fisioter Mov.** 2013;26(1):87-94.

47. SILVA GB, MORGAN MM, CARVALHO WRG, SILVA E, FREITAS WZ, SILVA FF, SOUZA RA. Electromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. **J Bodyw Mov Ther.** 2015;19(4):629-35.
48. SOUZA GM, BAKER LL, POWERS CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. **Arch Phys Med Rehabil.** 2001;81:1551-1557.
49. Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM). [Internet]. URL: www.seniam.org.
50. STANTON R., REABURN PR, HUMPHRIES B. The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. **J Strength Cond Res.** 18:522-528. 2004.
51. VERA-GARCIA FJ., GRENIER SG, MCGILL SM. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. **Phys Ther.** 2000;80:564-569.
52. WILLARDSON, JM. Core stability training: applications to sports conditioning programs. **J Strength Cond Res,** 2007;21(3):979-985.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo geral explorar o repertório de solo do Método Pilates do ponto de vista da intensidade, tanto dos exercícios de forma isolada quanto de uma aula completa nos três diferentes níveis propostos originalmente. Para tanto, quatro artigos originais foram apresentados em busca apresentar dados referentes às respostas neuromusculares durante a execução de 43 exercícios do repertório do MP de solo. Além disso, em um quinto artigo original, este estudo também se dedicou a analisar as respostas cardiorrespiratórias durante uma aula completa do MP de solo, tendo avaliado o repertório clássico nos seus três níveis propostos originalmente: básico intermediário e avançado.

Os achados do presente estudo demonstraram que quando avaliadas as variações de um mesmo exercício, as respostas EMG nem sempre acompanham de forma progressiva a classificação original quando considerados os exercícios, *Hundred*, *Roll Up*, *Rolling Like a Ball*, *Single Leg Stretch*, *Double Leg Stretch*, *Single Straight Leg Stretch* e *Double Straight Leg Stretch* nas suas variações de nível básico intermediário e avançado. Como estratégias para a progressão da demanda muscular encontrou-se que o reto abdominal superior parece ter seu padrão de ativação influenciado pelo posicionamento dos membros superiores. Além disso, os músculos oblíquo interno, oblíquo externo e reto abdominal inferior apresentaram respostas diferentes conforme a modificação da posição de membros inferiores, sendo necessário modificações acima de 45 de flexão ou extensão de quadril para alterações significativas no seu percentual de ativação.

Sob outro ponto de vista, exercícios com característica de rolamento parecem ser mais indicados quando o objetivo do programa de reabilitação ou treinamento for impactar sobre o músculo multífido, e não sobre a musculatura flexora da coluna, como preconiza a técnica clássica do MP. Em contrapartida, o exercício *Hundred* nas suas versões básico ou avançado seria indicado para o fortalecimento dos músculos flexores da coluna.

Em outra análise, o presente estudo com base nos seus resultados indica os exercícios *Swan Dive*, *Swimming* e *Leg Pull Back* quando em busca de potencializar a ativação muscular de multífido e bíceps femoral. Ainda, exercícios como *Kneeling Side Kick*, e *Side Kick I e II* seriam os mais indicados quando em busca de um maior desafio ao glúteo médio. Além disso, foi observado que o exercício *Shoulder Bridge* foi capaz de atingir níveis moderados de ativação

muscular para os três músculos analisados, podendo ser uma alternativa para uma abordagem simultânea.

Ainda analisando respostas neuromusculares, os exercícios do Método Pilates comumente utilizados para o fortalecimento dos flexores da coluna apresentaram intensidade de Moderada a Muito Alta para os músculos reto abdominal superior, reto abdominal inferior, oblíquo externo e oblíquo interno. Existe uma progressão na demanda muscular de acordo com as características mecânicas dos exercícios de acordo com o previamente reportado para exercícios abdominais tradicionais. Entretanto, quando considerada a classificação original do Método Pilates existiu falta de consistência entre as classificações, salientando a importância do estudo mais aprofundado dos exercícios que compõem essa técnica para melhor embasar sua prescrição. Ademais, o exercício *Hundred*, executado com quadril flexionado a 5 graus e joelhos estendidos, parece ser uma opção quando o objetivo for maior recrutamento dos músculos flexores da coluna e quadril ao mesmo tempo.

Em relação as repostas cardiorrespiratórias, de forma diferente ao encontrado na avaliação eletromiográfica dos exercícios, foi observado que as respostas cardiorrespiratórias e IEP são afetadas pelos diferentes repertórios do MP clássico com um comportamento significativamente incremental de acordo com a progressão de dificuldade e volume dos níveis básico, intermediário e avançado. Por último, os repertórios no nível intermediário e avançado seriam correspondentes à atividade física moderada e podem ser indicados como atividade complementar para o aumento do gasto energético semanal sendo associados à outras atividades físicas em busca de benefícios a saúde relacionados à prática de exercícios.

De forma geral, independente do músculo analisado a classificação baseada na demanda muscular não corresponde ao proposto pelo repertório clássico do Método, chamando atenção para a importância de uma correta seleção dos exercícios dentro de um programa de treinamento ou reabilitação quando em busca de uma progressão de intensidade. Entretanto, do ponto de vista cardiorrespiratório, os repertórios apresentam significativa progressão de intensidade, gasto energético e índice de esforço percebido entre os níveis básico, intermediário e avançado e corroboram a classificação original. Sendo assim, a seleção dos exercícios deve ser realizada levando em consideração não somente a classificação clássica de dificuldade, mas também as respostas neuromusculares e cardiorrespiratórias, em busca de uma prescrição mais específica e eficiente.

Salienta-se que uma investigação mais abrangente dos exercícios aqui avaliados e a análise dessas respostas em diferentes populações, como sedentários e populações especiais ainda são necessários. O presente estudo se limitou a avaliar exercícios de solo do Método Pilates e futuros estudos que contemplem os repertórios em aparelhos, uso de acessórios e outras variações dos exercícios realizados no solo podem ser valiosos para uma melhor prescrição do Método Pilates. Além disso, verificar a eficácia de um programa de treinamento do Método Pilates de solo baseado na classificação de intensidade poderia trazer informações complementares para a prática de instrutores do Método.

10 ANEXOS

10.1 ANEXO 1

Comparação da CIVM pré e pós sessão

Tabela 1. Comparação da ativação muscular durante a realização do teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) pré e pós nas 4 sessões de análise de exercícios do Método Pilates realizada através do teste de teste t-pareado ($\alpha = 0,05$) para os músculos reto abdominal superior (RAS), reto abdominal inferior (RAI), oblíquo externo (OE), oblíquo interno (OI), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF), glúteo médio (Gmed) e multífido (MS).

Músculo	Sessão 1			Sessão 2			Sessão 3			Sessão 4			
	Média	\pm DP	p										
RAS	Pré	146,15	60,15	0,079	153,97	66,05	0,909	150,46	68,59	0,06	X	X	
	Pós	141,48	59,41		154,5	73,93		143,50	65,33		X	X	
RAI	Pré	171,73	53,81	0,505	194,38	81,91	0,942	171,56	43,61	0,769	X	X	
	Pós	168,31	56,46		194,05	84,82		170,86	46,72		X	X	
OE	Pré	125,70	51,16	0,103	94,16	28,77	0,091	93,65	31,23	0,386	95,11	38,36	0,07
	Pós	118,49	45,34		95,04	30,95		92,12	31,55		92,25	35,05	
OI	Pré	193,75	72,99	0,06	161,48	59,34	0,727	159,91	77,46	0,105	166,92	38,94	0,068
	Pós	186,68	74,26		156,50	57,64		154,76	75,45		164,13	39,52	
RF	Pré	241,69	71,00	0,066	216,3	53,47	0,716	219,05	73,84	0,957	X	X	
	Pós	229,29	74,29		205,46	54,90		219,17	72,72		X	X	
BF	Pré	X	X		X	X		X	X		261,12	73,54	0,514
	Pós	X	X		X	X		X	X		264,37	74,83	
Gmed	Pré	X	X		X	X		X	X		156,26	32,32	0,381
	Pós	X	X		X	X		X	X		154,08	30,46	
MS	Pré	193,92	50,09	0,052	167,57	44,52	0,296	172,08	55,45	0,691	210,43	46,98	0,056
	Pós	186,45	51,40		162,66	48,63		172,72	55,07		202,70	39,10	

Diferenças significativas foram consideradas quando $p < 0,05$. X refere-se a medida não realizada na sessão.

10.2 ANEXO 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: "**Análise da progressão de intensidade dos níveis básico, intermediário e avançado do Método Pilates clássico**".

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pela pesquisadora Paula Finatto, aluna do curso de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, orientada pela Professora Doutora Cláudia Silveira Lima, com o objetivo de analisar as respostas eletromiográficas e de gasto energético de exercícios do Método Pilates clássico. Estou ciente de que as informações obtidas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da tese de doutorado da referida autora, e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

Compreendo que:

1. Serei medido (peso, altura, dobras cutâneas);
2. Serei solicitado a me exercitar em esteira, com avaliação cardiorrespiratória até o máximo esforço.
3. Serei solicitado a me exercitar em solo de borracha com monitoramento da atividade eletromiográfica com a utilização de eletrodos durante 10 exercícios em 5 dias diferentes com pelo menos 48 horas de intervalo.
4. Serei solicitado a me exercitar em solo de borracha com monitoramento da minha função cardiorrespiratória, com um uso de uma máscara de neoprene, que pode ser um pouco desconfortável, mas não obstrui minha respiração.

Eu entendo que durante os testes de esforço máximo:

1. Eu estarei respirando através de uma máscara, na qual estará anexado um analisador de gases, e que meu nariz estará fechado;
2. Os procedimentos expostos acima serão explicados para mim por Paula Finatto, algum bolsista ou assistente;
3. Eu poderei sentir dor e cansaço muscular temporário. Há possibilidade de mudanças anormais da minha frequência cardíaca e pressão sanguínea ou mesmo um ataque cardíaco durante os testes. Porém, eu entendo que minha frequência cardíaca será monitorada durante todos os testes através de um frequencímetro, e que eu posso terminar o teste em qualquer momento sob meu critério.

Eu entendo que durante os testes de gasto energético:

1. Eu estarei respirando através de uma máscara, na qual estará anexado um analisador de gases, e que meu nariz estará fechado;
2. Os procedimentos expostos acima serão explicados para mim por Paula Finatto, algum bolsista ou assistente;
3. Eu poderei sentir dor e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de mudanças anormais da minha frequência cardíaca e pressão sanguínea ou mesmo um ataque cardíaco durante os testes. Porém, eu entendo que minha frequência cardíaca será monitorada durante todos os testes através de um frequencímetro, e que eu posso terminar o teste em qualquer momento sob meu critério.

Eu entendo que durante os testes de eletromiografia:

1. Serão colocados eletrodos sobre a minha pele após a preparação que consistirá na raspagem da pele com lâmina de barbear e abrasão com álcool.
2. Eu poderei sentir desconforto e ardências na pele devido aos procedimentos de colocação de eletrodos. Há a possibilidade de irritações da pele posterior

aos testes. Porém, eu entendo que a pesquisadora estará disponível para sanar minhas dúvidas e me encaminhar para atendimento médico caso necessário.

3. Eu serei filmado durante as duas situações de testes. Eu entendo que as imagens serão utilizadas somente para as avaliações pertinentes para o estudo e são confidenciais. Não existirá nenhuma divulgação das imagens, poderei recebê-las através de solicitação por escrito e as imagens serão destruídas ao final do estudo.

Eu entendo que:

1. Minha participação nesse estudo e, conseqüentemente, a melhora de conhecimentos sobre a atividade eletromiográfica, o gasto energético e o Método Pilates não me darão qualquer vantagem educacional;
2. Paula Finatto, Professora Doutora Cláudia Silveira Lima e/ou bolsistas irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a estes procedimentos;
3. Todos os dados relativos à minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;
4. Não há compensação financeira pela minha participação nesse estudo;
5. É possível que ocorram lesões físicas resultantes dos exercícios, mas caso isso aconteça, a ajuda será providenciada. Eu entendo que não haverá nenhum médico ou desfibrilador presente durante os testes, mas os responsáveis pela pesquisa possuem curso de primeiros socorros, assim como providenciarão imediatamente Assistência Médica de Emergência.
6. Eu posso fazer contato com a orientadora do estudo Professora Cláudia Silveira Lima, com a autora do estudo Paula Finatto ou qualquer bolsista ou assistente, para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo, através dos telefones 3308-5894 (Prof. Cláudia), 8404-4170 (Paula) e 3308-3738 (Comitê de Ética – UFRGS) ou do e-mail paula.finatto@hotmail.com

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Assinatura do participante: _____

Assinatura do pesquisador responsável: _____

10.2 ANEXO 3

INFORMED CONSENT FORM**NEUROMUSCULAR ACTIVATION PATTERNS DURING ROLLING MAT
PILATES EXERCISES**

My name is Paula Finatto, and I am a Visiting Scholar – Phd Student, at California State University, Sacramento, Department of Physical Therapy. I am conducting this research study to understand better how abdominal and hip muscles activate during the execution of rolling Pilates exercises compared to The Hundred exercise. If you volunteer to participate, you will be asked to exercise on a mat with monitoring of the muscle activity using surface electrodes during 7 exercises with rest between them and video recording. Your participation in this study will last for 2 sessions of 30 to 45 minutos of durantion. More specifically during the first session height, weight, and skin folds will be accessed together with the familiarization routine in which you will be learning all the exercises that will be performed in the second session. During the second session the muscle activity of abdominal and hip muscle will be monitored by using surface electrodes during the execution of 7 Pilates exercises, being all of them abdominal exercises with 3 minutes rest period between trails to prevent muscle injury, pain and fatigue. Prior the begging of the exercise evaluations a warm up period will be handle also to prevent muscle injury followed by the maximum isometric contraction trails. It is very unlikely, but there are minor chances that you might experience pain, fatigue or muscle injury due to exercise. If this occurs, even though all the precautionary measures have been followed, I will provide you answers for all your doubts, orientation about how to minimize your symptoms and I will refer you for medical care if necessary.

Your participation in this study is voluntary. You have the right not to participate at all or to leave the study at any time without penalty or loss of benefits to which you are otherwise entitled.

There are some possible risks involved for participants. These risks are discomfort and skin irritations due to electrode placement procedures, pain and fatigue resulting from exercise and identity disclosure due to the video recording data. To prevent that, only high quality and hypoallergenic products will be used and all the video data will be stored in a external hard

drive protected by password that will be stored in a locked drawer inside the biomechanics lab where only the research team have access. Also the researcher will be available to answer doubts and refer to medical care if necessary. There are some benefits to this research, particularly that Understanding how muscle recruitment patterns change between traditional and Pilates exercises may benefit Pilates instructors in how they teach their classes.

It is anticipated that study results will be shared with the public through presentations and/or publications. Any information that is obtained in connection with this study and that can be identified with you will remain confidential and will be disclosed only with your permission. Measures to insure your confidentiality are using number codes instead of names to identify the data, all data will be stored in an external hard drive protected with password. This Hard Drive and this form will be stored in a locked drawer inside the biomechanic lab where only the research team have access. Raw data containing information that can be identified with you will be destroyed after a period of 3 years after study completion. The de-identified data will be maintained in a safe, locked location and may be used for future research studies or distributed to another investigator for future research studies without additional informed consent from you. The data will be destroyed after 3 years.

If you have any questions about the research at any time, please contact me at (916) 738-1759 or paula.finatto@hotmail.com, or Rafael Escamilla at rescamilla@csus.edu . If you have any questions about your rights as a participant in a research project please call the Office of Research, Innovation, and Economic Development, California State University, Sacramento, (916) 278-5674, or email irb@csus.edu.

Your signature below indicates that you have read and understand the information provided above, that you willingly agree to participate, that you may withdraw your consent at any time and discontinue participation at any time without penalty or loss of benefits to which you are otherwise entitled.

Signature

Date

You will receive a copy of this form to take with you.

10.3 ANEXO 4

NEUROMUSCULAR ACTIVATION PATTERNS DURING MAT PILATES EXERCISES

DATA RECORDING FORM - EMG

Code: _____ Age: _____
 Date _____ Temperature: _____ Data collection time: _____
 Time of Pilates Practice: _____ Weight: _____ Height: _____

Skin folds:

Tricep: _____/_____/_____
 Subscapular: _____/_____/_____
 Chest: _____/_____/_____
 Axilar: _____/_____/_____
 Suprailiac: _____/_____/_____
 Abdominal: _____/_____/_____
 Thigh: _____/_____/_____
 Leg: _____/_____/_____

Circumferences:

Arm: Right _____ Left: _____
 Contracted Right Arm: _____
 Thorax: : _____
 Waist: : _____
 Abdominal: : _____
 Hip: : _____
 Thigh: Right _____ Left: _____
 Leg: Right _____ Left: _____

Randomized Exercise Order:

Exercise 1 and 6: _____
 Exercise 2 and 7: _____
 Exercise 3 and 8: _____
 Exercise 4 and 9: _____
 Exercise 5 and 10: _____

Randomized MVC Order:

Exercise 1: _____
 Exercise 2: _____
 Exercise 3: _____
 Exercise 4: _____
 Exercise 5: _____

Obs:

Researcher Signature:

Date:

Participant Signature:

Date:

10.4 ANEXO 5

CARDIORESPIRATORY RESPONSES DURING MAT PILATES CLASSES

DATA RECORDING FORM – K5

Code: _____ Age: _____
 Date _____ Temperature: _____ Data collection time: _____
 Time of Pilates Practice: _____ Weight: _____ Height: _____

Skin folds:

Triceps: _____ / _____ / _____
 Subscapular: _____ / _____ / _____
 Chest: _____ / _____ / _____
 Axilar: _____ / _____ / _____
 Suprailiac: _____ / _____ / _____
 Abdominal: _____ / _____ / _____
 Thigh: _____ / _____ / _____
 Leg: _____ / _____ / _____

Circumferences:

Arm: Right _____ Left: _____
 Contracted Right Arm: _____
 Thorax: : _____
 Waist: : _____
 Abdominal: : _____
 Hip: : _____
 Thigh: Right _____ Left: _____
 Leg: Right _____ Left: _____

Randomized Class Order:

Level 1: _____
 Level 2: _____
 Level 3: _____

Heart Rate at Rest:

Session 1: _____
 Session 2: _____
 Session 3: _____

Incremental Test Results:

HRmax: _____
 VO2peak: _____
 VT2: _____

Obs:

Participant Signature:

Date:

10.5 ANEXO 6

CARDIORESPIRATORY RESPONSES DURING MAT PILATES CLASSES

DATA RECORDING FORM – RATE OF PERCEIVED EXERTION

Participant Code: _____

Rate of Perceived Exertion

Class Level 1:

The Hundred: _____
 The Roll Up: _____
 Single Leg Circles: _____
 Rolling Like a Ball: _____
 Single Leg Stretch: _____
 Double Leg Stretch: _____
 Legs Up and Down: _____
 Spine Stretch Forward: _____
 Saw: _____
 Single Leg Kicks: _____
 Beats: _____
 Double Leg Kicks: _____

Class Level 2:

The Hundred: _____
 The Roll Up: _____
 Leg Circles: _____
 Rolling Like a Ball : _____
 Single Leg Stretch : _____
 Double Leg Stretch : _____
 Single Straight Leg: _____
 Double Straight Leg : _____
 Criss Cross : _____
 Spine Stretch Forward: _____
 Open Leg Rocker: _____
 Crowscrew: _____
 Saw : _____
 Neck Pull: _____
 Single Leg Kicks : _____
 Double Leg Kicks : _____
 Neck Pull: _____
 Side Kicks Series : _____
 Teaser: _____
 Seal: _____

Class Level 3:

The Hundred: _____
 The Roll Up: _____
 The Roll Over: : _____
 One Leg Circle: _____
 Rolling Like a Ball: _____
 Single Leg Stretch : _____
 Double Leg Stretch : _____
 Single Straight Leg: _____
 Double Straight Leg : _____
 Criss Cross : _____
 Spine Stretch Forward: _____
 Rocker With Open legs: _____
 Crowscrew: _____
 Saw : _____
 Swan Dive: _____
 One Leg Kick: _____
 Double Kick: _____
 Neck Pull: _____
 Scissors: _____
 Bicycle: _____
 The Shoulder Bridge: _____
 The Spine Twist: _____
 The Jackknife: _____
 Side Kicks Series : _____
 Teaser: _____
 The Hip Twist: _____
 Swimming: _____
 The Leg Pull Front: _____
 The Leg Pull Back: _____
 The Side Kick Kneeling: _____
 The Side Bend: _____
 The Boomerang: _____
 The Seal: _____
 The Crab: _____
 The Rocking: _____
 The Control Balance: _____
 The Push Ups: _____