

ANÁLISE DO EXERCÍCIO AGACHAMENTO COM E SEM O USO DE PHYSIOBALL E BANDA ELÁSTICA EM DIFERENTES INTENSIDADES

ANALYSIS OF THE SQUAT EXERCISE WITH AND WITHOUT PHYSIOBALL AND ELASTIC BAND IN DIFFERENT INTENSITIES

Jurandir Baptista da Silva¹, Giovanne Moraes Ribeiro¹, Danielli Braga de Mello², Rodolfo de Alkmim Nunes¹, Guilherme Rosa³, Vicente Lima¹ e Rodrigo Gomes de Souza Vale¹

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

²Escola de Educação Física do Exército, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

³Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar a atividade mioelétrica (EMG), o tempo sob tensão (TST) e a projeção dos joelhos no exercício agachamento sem o uso de implementos (SI) e com o uso de physioball (PH) e banda elástica (BE) em diferentes intensidades de esforço. Dez homens realizaram o exercício nos três protocolos com a intensidade de 50 e 100% de 10 RM. A distância entre joelhos no protocolo controle (51,25cm) foi menor quando comparada com o SI 50% (84,38cm; $p < 0,001$), com o SI 100% (88,80cm; $p < 0,001$) e com BE 100% (67,41cm; $p = 0,014$). A distância entre os joelhos também foi menor para os protocolos PH 100% (53,10cm; $p < 0,001$) e BE 100% (67,41cm; $p < 0,001$) comparada ao SI 100% (88,80cm). O Vasto Medial Oblíquo (VMO) apresentou maior ativação nos protocolos SI 50% ($p = 0,035$) e PH 50% ($p = 0,028$) quando comparados ao protocolo BE 50%. A realização do agachamento com cargas submáximas parece aumentar e diminuir a ativação do VMO quando realizado com PH e BE, respectivamente.

Palavras-chave: Treinamento de força. Intensidade. Agachamento. Valgo. Varo.

ABSTRACT

The objective of the present study was to analyze the myoelectric activity (EMG), the time under tension (TST) and the knee projection in the squat exercise without the use of implements (SI) and with the use of physioball (PH) and elastic band (EB) at different intensities of effort. Ten men performed the exercise in the three protocols with the intensity of 50 and 100% of 10 RM. The distance between knees in the control protocol (51.25 cm) was lower when compared to SI 50% (84.38 cm, $p < 0.001$), with SI 100% (88.80 cm, $p < 0.001$) and with EB 100% (67.41cm, $p = 0.014$). The distance between the knees was also lower for the protocols PH 100% (53.10cm, $p < 0.001$) and EB 100% (67.41, $p < 0.001$) compared to the SI 100% (88.80 cm) protocols. The Vasto Medial Oblique (VMO) presented greater activation in the SI 50% protocols ($p = 0.035$) and PH 50% ($p = 0.028$) when compared to the EB 50% protocol. The accomplishment of squatting with submaximal loads seems to increase and decrease the activation of VMO when performed with physioball and BE, respectively.

Key words: Resistance training. Intensity. Squat. Valgus. Varus.

Introdução

O treinamento de força (TF) é estabelecido como um método eficaz para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética e é recomendado para melhorar a saúde e o desempenho¹. O exercício agachamento é comumente utilizado por praticantes de TF². Ele tem sido adotado como um exercício para aumentar a força e a hipertrofia muscular além de ser comumente usado em procedimentos de fisioterapia, sobretudo como parte integrante de um programa para a reabilitação do joelho³.

Na realização de exercícios de TF, o desalinhamento excessivo da patela é um tipo de lesão muito frequente, sobretudo no exercício agachamento, que pode ser entre outros fatores, influenciado pelo joelho valgo ou varo dinâmico⁴. Os principais motivos que podem acarretar estes desvios na articulação do joelho têm sido frequentemente associados a estabilização dinâmica do joelho, que é garantida pela musculatura que circunda a articulação⁵.

Nesse sentido, a baixa ativação do músculo vasto medial oblíquo (VMO) e vasto lateral (VL) tem sido associada ao momento de abdução do quadril, acarretando forças

excessivas em varo⁶. Nesta condição, a physioball tem sido frequentemente aplicada entre os joelhos com o objetivo de melhorar a execução do movimento, aumentar a força e reduzir a dor anterior do joelho ao induzir um momento adutor⁷.

Em sentido contrário, o uso de elásticos ao redor do joelho é frequentemente aplicado como estratégia para aumentar a resistência contra forças valgus (momento adutor) ao induzir um momento de abdução do quadril e, conseqüentemente, promover maior coordenação VMO-VL e ativação de abdutores de quadril necessários para a estabilidade da articulação do joelho⁸.

Contudo, além da ativação muscular, a produção de força está relacionada também à intensidade da carga e a velocidade de execução⁹. A intensidade da carga influencia a produção de força e o conseqüente padrão de movimento. A utilização de cargas mais altas exige um esforço maior para concentricamente move-las rapidamente¹⁰. Além disso, a velocidade de repetição concêntrica será reduzida ainda mais à medida que se aproxima do ponto de falha muscular devido a uma incapacidade das fibras de trabalho para manter a força de saída¹¹. Estes fatores, associados a fadiga muscular, influenciam a cinemática do movimento¹².

Alguns estudos têm investigado a realização de exercícios para membros inferiores com diferentes métodos para estabilizar a articulação do joelho a fim de minimizar o mecanismo de valgo e varo¹³⁻¹⁸. Apesar de utilizarem individualmente diferentes intensidades em seus protocolos, nenhum dos estudos citados comparou a influência de diferentes intensidades de carga associadas a momentos de adução ou abdução máximas na ativação muscular, além do tempo sob tensão e o padrão de movimento.

Diante do exposto, a ativação muscular pode influenciar as relações de força, que nas repetições subseqüentes induzem a fadiga muscular e alteram conseqüente o padrão de movimento favorecendo o momento valgo ou varo. Isso modifica as velocidades angulares e o tempo de execução. Assim, ao estudar possibilidades para melhorar a execução dos movimentos do TF, a physioball para o valgo dinâmico e a banda elástica para o varo dinâmico no exercício agachamento, se apresentam como possíveis estratégias, tornando-se relevante sua investigação baseada nos pressupostos anteriormente citados. A partir das variáveis trajetória e tempo, é possível observar indicadores cinemáticos de importância estrutural para a avaliação do movimento. Entre tais indicadores destacam-se as variações lineares e angulares de posição, velocidades lineares e angulares, velocidade dos segmentos e das articulações, além do tempo sob tensão. As análises destas variáveis favorecem a prescrição dos exercícios ao melhorar a estabilização do joelho¹⁹.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a atividade mioelétrica, o tempo sob tensão e a projeção dos joelhos no exercício agachamento com e sem o uso de physioball e banda elástica em diferentes intensidades de esforço.

Métodos

Delineamento

A pesquisa é descritiva e comparativa com desenho analítico observacional de caráter transversal²⁰.

Amostra

A amostra não-probabilística foi composta por 10 indivíduos, praticantes de treinamento de força, do sexo masculino, cujas características são apresentadas na tabela 1. Os indivíduos atenderam aos seguintes critérios de inclusão: ter praticado o exercício proposto no mínimo seis meses com frequência mínima de 2 sessões semanais e apresentar

varo dinâmico. Como critério de exclusão foi adotado apresentar lesão e ou dor que pudesse interferir na adequada execução do exercício e PARQ positivo²¹.

Tabela 1. Características da amostra

	Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor (SW)
Massa corporal (kg)	63,86	6,02	53,00	75,00	0,951
Estatura (m)	1,72	0,06	1,66	1,83	0,083
IMC (kg/m ²)	21,58	1,87	18,10	23,78	0,202
% gordura	12,71	3,99	7,00	21,00	0,835

Nota: DP = Desvio Padrão; SW = Shapiro-Wilk; IMC = Índice de Massa Corporal; % = percentual

Fonte: Os autores

O presente estudo atendeu às normas para a realização de pesquisa em seres humanos, da resolução nº 466/12, do Conselho Nacional de Saúde, de 12/12/2012 e foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo seres humanos do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ) aprovado pelo parecer número 1.823.683.

Procedimentos de coleta de dados

Determinação da sobrecarga de 10RM

O teste de 10 repetições máximas (10RM) teve como finalidade realizar as respectivas repetições consecutivas com o máximo de sobrecarga, na maior velocidade possível²². Para este estudo foi utilizado o exercício agachamento, realizado no aparelho Smith (Buick, Brasil).

O teste foi interrompido no momento em que os avaliados executaram o movimento com a técnica incorreta e/ou quando ocorreram falhas concêntricas voluntárias em RM. Para diminuir a margem de erro nos testes, foram adotadas as seguintes estratégias: (a) instruções padronizadas foram fornecidas antes do teste, de modo que o avaliado estivesse ciente de toda a rotina envolvida na coleta de dados; (b) o avaliado foi instruído sobre a técnica de execução dos exercícios; (c) o avaliador esteve atento quanto à posição adotada pelo praticante no momento do teste, pois pequenas variações no posicionamento das articulações envolvidas no movimento poderiam acionar outros músculos, levando a interpretações errôneas dos escores obtidos; (d) estímulos verbais foram realizados com o intuito de manter o nível de motivação elevado²³.

Os intervalos entre as tentativas no exercício durante o teste de 10RM foram fixados em cinco minutos. Os indivíduos foram orientados a não ingerir qualquer substância estimulante (cafeína ou álcool) e a não realizar atividade física no dia anterior ou no dia dos testes. As técnicas de execução dos exercícios foram padronizadas e seguidas em todos os testes²⁴. Não foram realizados retestes de RM, considerando evidências que apontam não haver necessidade²⁵.

Padrão de execução do agachamento

O indivíduo permaneceu em pé, perpendicular à barra fixa do aparelho Smith, com os dois pés paralelos, com os pés alinhados com os ombros e quadril, estando os joelhos e quadril em flexão de 90°. Nesta posição, para verificar o ângulo limite proposto, uma corda suspensa por dois cavaletes serviu como limitador do movimento. Para que o participante tivesse um feedback sensorial desta posição, foi instruído que, no momento que o músculo glúteo tocasse a corda, ele deveria recomeçar o movimento. A execução do exercício consistiu na completa extensão do joelho e do quadril até 0°, sendo este o ponto final. Este ponto foi marcado por uma etiqueta posicionada na barra de sustentação do aparelho Smith e serviu de limite da execução, sendo observado para falha do movimento²⁶.

Tempo sob tensão e distância entre os joelhos

O deslocamento linear da barra do aparelho Smith também serviu de base tanto para a avaliação da distância entre os joelhos como para o tempo sob tensão. Para estes fins, foram consideradas as fases concêntricas e excêntricas dos movimentos. A medida da distância entre os joelhos foi realizada ao final da fase excêntrica e início da concêntrica, considerada para este fim, o exato momento de mudança do sentido da barra. O tempo sob tensão foi computado observando o momento de início do exercício até o término do movimento da última repetição.

Para a obtenção dessas medidas, utilizou-se a técnica de cinemetria. As imagens foram adquiridas por uma câmera (SONY, HDRCX160, JAPÃO) de alta definição, com frequência de gravação de 60hz e qualidade de imagem de 1080p, posicionada em um tripé no plano frontal, na altura do joelho de cada participante e a 3m de distância de forma que permitisse a visualização total do movimento. Marcadores com cerca de 19mm de diâmetro foram afixados nas linhas médias no quadril, joelhos e tornozelos. Um ponto de luz foi projetado na direção do participante a fim de facilitar a reflexão dos marcadores e o posterior rastreamento automático pelo software KINOVEA 8.15²⁷. No intuito de definir a escala linear necessária para a análise cinemática, uma fita crepe com 10cm foi fixada no próprio aparelho Smith para servir como régua de calibração de comprimento.

Atividade eletromiográfica

Os sinais EMG de superfícies foram captados utilizando um eletromiógrafo de 4 canais (EMGSystem do Brasil Ltda., São Paulo, Brasil), com ganho total de 1000, rejeição de modo comum de 110dB e filtro passa-banda de 8-500Hz, digitalizado para um computador através de uma placa de conversão A/D de 16 bits de resolução, e na frequência de amostragem de 1000Hz. O sinal EMG foi captado através de eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl com área de captação de 1 cm e distância intereletrodos de 2 cm. Os eletrodos foram posicionados de acordo com as recomendações de Criswell (2010) nos músculos vasto medial oblíquo (VMO), vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF) da perna esquerda. Antes da colocação dos eletrodos, foram realizadas tricotomia, abrasão e posterior assepsia da pele com algodão embebido em álcool. O eletrodo de referência foi acoplado na clavícula direita. Tanto os eletrodos de registro quanto o eletrodo de referência foram fixados por fita adesiva de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia²⁸. A fim de garantir a qualidade do sinal obtido, o mesmo foi tratado no Software MyoResearch XPTM (NORAXON INC., USA) sendo retirados todos os momentos sem contrações, utilizando-se para a análise somente o envelope do sinal das 10 repetições realizadas, incluindo as fases concêntricas e excêntricas. A root mean square (RMS) foi calculada através de janelas de 100ms. Assim, todas as repetições foram analisadas após terem sido totalmente retificados. Para a normalização do sinal foi utilizada a técnica do pico do Sinal EMG. Este valor é caracterizado pelo pico do sinal RMS dos sujeitos. Atribui-se 100% a este, então, todo o sinal EMG é normalizado por esse valor e expresso como percentagem deste máximo²⁹.

Desenho do estudo

A presente investigação foi desenvolvida em três etapas: 1- coletas para caracterização da amostra e descrição dos padrões de movimento; 2- teste de carga (10 RM); 3 - protocolo experimental. O protocolo experimental constituiu-se de seis visitas, sendo cada dia para um protocolo distinto. Todas as etapas e visitas aconteceram com um intervalo mínimo de 48h entre elas. A entrada dos participantes em cada protocolo foi feita de forma aleatória e randomizada (Figura 1).

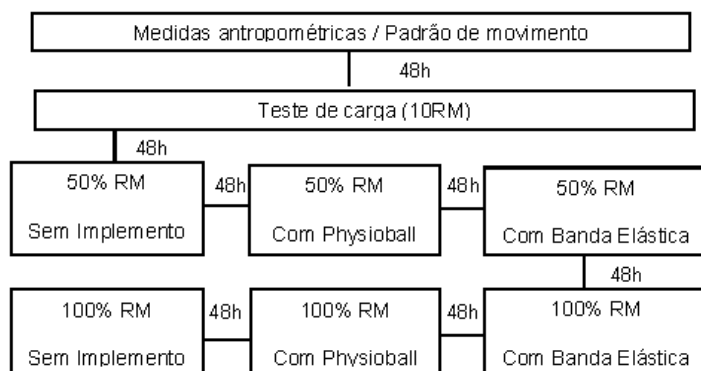


Figura 1. Fluxograma da coleta

Fonte: Os autores

Os participantes realizaram uma série de 10 repetições com 100% da carga de 10 RM e outra com 50% da mesma carga em três protocolos descritos a seguir (figura 2): a) Sem a utilização de implemento; b) com a physioball entre os joelhos (Tryex, 23cm, Brasil) posicionada entre os côndilos mediais; c) com banda elástica (Tryex, Resistência azul (intensa), Brasil) posicionada envolvendo os côndilos laterais.

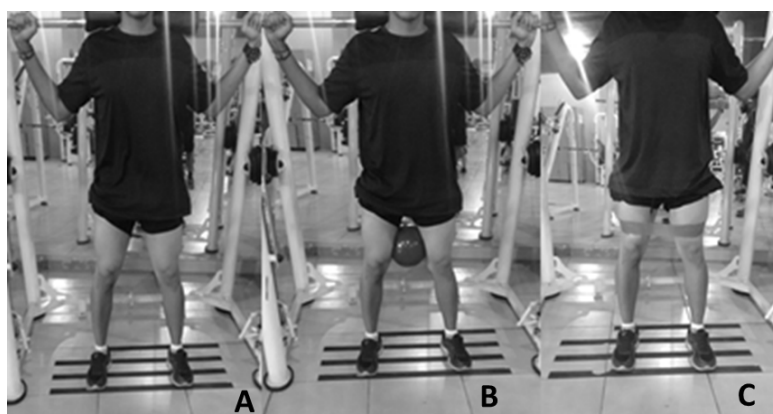


Figura 2. Exercício agachamento nos diferentes protocolos

Nota: A - Sem a utilização de implemento; B = Com a physioball; C = Com banda elástica

Fonte: Os autores

O protocolo experimental foi realizado por três avaliadores distribuídos nas seguintes funções: controle da execução do exercício; coleta do EMG; e aquisição da imagem dos movimentos por cinemetria.

Todos os avaliadores eram experientes e apresentaram um coeficiente de correlação intraclassa (CCI) superior a 0,90. Antes da aplicação do protocolo foi realizado um aquecimento de uma série de 15 repetições com 20% da carga obtida no teste de RM, sem implementos, adotando-se um intervalo de três minutos antes de iniciar o protocolo.

Tratamento estatístico

Para a estatística descritiva, foram utilizados os valores de média, desvio padrão e valores mínimos e máximos. A normalidade e a homogeneidade de variância dos dados da amostra foram analisadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. A análise de variância (ANOVA) fatorial, tendo como fatores a intensidade e o implemento, seguida do post hoc de Tukey, foi utilizada para identificar as possíveis diferenças entre o TST, a

atividade eletromiográfica e a distância entre os joelhos. Quando alguma variável do estudo não apresentou uma distribuição próxima da curva normal, foi utilizado o ajustamento de comparações múltiplas de Bonferroni³⁰. O tamanho do efeito (d) foi calculado para analisar a magnitude dos resultados. Foi adotado o nível de $p < 0,05$ para a significância estatística. O tratamento dos dados coletados foi feito com a utilização do programa IBM® SPSS® Statistics 20 for Windows.

Resultados

A Tabela 2 apresenta os resultados do tempo sob tensão (TST). Não foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos estudados.

Tabela 2. Resultados do Tempo sob Tensão (TST) nos protocolos em segundos (s)

	Media(s)	DP	Mínimo(s)	Máximo(s)	d
SI 50%	18,70	2,86	13,51	22,52	-
SI 100%	19,64	2,23	16,15	23,35	0,33
Bola 50%	18,55	2,36	15,27	21,98	0,05
Bola 100%	21,02	4,21	15,33	31,03	0,81
Elástico 50%	18,55	3,61	14,77	27,95	0,05
Elástico 100%	19,07	2,77	15,08	23,49	0,13

Nota: DP = Desvio Padrão, SI = Sem implemento, % = Percentual, d = tamanho do efeito (referente a SI 50%)

Fonte: Os autores

A Tabela 3 apresenta os valores da distância entre os joelhos. Foi verificada menor distância entre os joelhos para o protocolo controle comparado ao sem implemento 50% ($p < 0,001$) e 100% ($p < 0,001$) e elástico 100% ($p = 0,014$) com um tamanho do efeito grande ($d > 0,80$). Esses resultados reforçam a condição de varo dinâmico na realização do exercício nestes protocolos. O protocolo sem implemento 50% também apresentou diferença significativa, sendo maior em relação aos protocolos bola 50% ($p < 0,001$), elástico 50% ($p < 0,001$). Verificou-se também diferença do protocolo sem implemento com a intensidade de 100% com os protocolos, bola 100% ($p < 0,001$) e elástico 100% ($p < 0,001$), sendo estes com menor distância entre os joelhos, demonstrando que ambos os protocolos foram capazes de reduzir o varo dinâmico. Apesar de ambos apresentarem redução no varo dinâmico, o protocolo com a bola 100% reduziu mais a distância entre os joelhos que protocolo elástico 100% ($p = 0,046$).

Tabela 3. Resultados da distância (cm) entre os joelhos nos diferentes protocolos

	Média	DP	Mínimo	Máximo	d
Controle	51,25*	10,60	38,07	71,03	-
SI 50%	84,38 [#]	18,91	57,89	109,76	3,13
SI 100%	88,80 [§]	19,49	62,57	114,39	3,54
Bola 50%	50,31	5,56	42,42	59,43	0,09
Bola 100%	53,10 [¥]	5,33	45,78	64,22	0,17
Elástico 50%	61,48	8,97	49,05	81,94	0,97
Elástico 100%	67,41	9,46	54,13	85,67	1,52

Nota: DP = Desvio Padrão, *Controle* = Distância entre os joelhos na posição anatômica, SI = Sem implemento, * Diferença significativa com o protocolo sem implemento 50% e 100% e elástico 100% ($p < 0,001$), [#] Diferença significativa com os protocolos Bola 50%, elástico 50% ($p < 0,001$), [§] Diferença significativa com os protocolos Bola 100% e Elástico 100% ($p < 0,046$) [¥] Diferença significativa com Elástico 100%, d = tamanho do efeito (referente ao Controle)

Fonte: Os autores

Na Figura 3 são apresentados os valores normalizados da atividade eletromiográfica dos músculos estudados nos distintos protocolos. Foi observado maior ativação para o músculo Vasto Medial Oblíquo nos protocolos Sem Implemento 50% ($p = 0,035$) e Bola 50% ($p = 0,028$) quando comparados ao protocolo elástico 50%. Nos demais músculos não foram encontradas diferenças significativas.

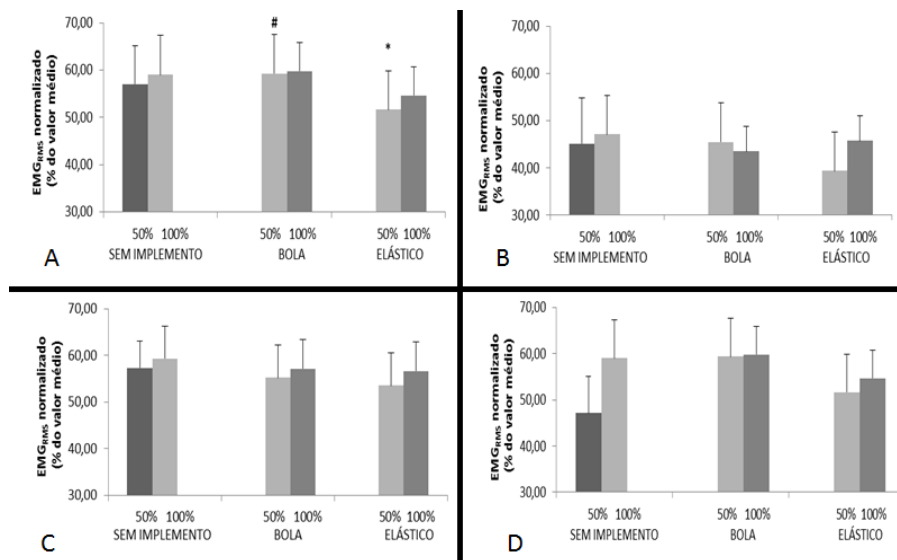


Figura 3. Análise comparativa dos valores normalizados da atividade eletromiográfica dos músculos vasto medial oblíquo, vasto intermédio, vasto lateral e bíceps femoral nos diferentes protocolos

Nota: A = Músculo vasto medial oblíquo (VMO); B = Músculo vasto intermédio (VI); C = Músculo vasto lateral (VL); D = Músculo bíceps femoral (BF). # Diferença significativa do grupo Bola 50% vs. elástico 50% ($p = 0,028$; $d = 1,46$); * Diferença significativa do grupo Sem Implemento 50% vs. elástico 50% ($p = 0,035$; $d = 0,93$)

Fonte: Os autores

Discussão

O presente estudo teve por objetivo analisar a atividade mioelétrica, o tempo sob tensão e a projeção dos joelhos no exercício agachamento com e sem o uso de physioball e banda elástica em diferentes intensidades de carga. No entanto, com relação ao tempo sob tensão, não foi verificada diferença para os protocolos estudados, corroborando que os exercícios foram realizados na mesma velocidade legitimando o resultado das outras variáveis. Contudo, apesar da intensidade ser diferente, a força isométrica de abdução e adução foi máxima nos protocolos com uso de implemento, o que pode de certa forma explicar esses resultados. Contudo, ainda que esses resultados aparentemente se afastem do pressuposto da relação carga vs. velocidade de execução¹⁰, o presente estudo apresentou um TST menor e carga de 10RM maior ao encontrado por Silva *et al.*²⁶ (19,64s vs. 24,81s; 85kg vs. 78,7kg; respectivamente) sugerindo que esta relação carga vs. tempo pode sofrer influência da magnitude da carga e do nível de treinamento, visto os trabalhos utilizarem indivíduos de níveis de treinamento distintos.

Os resultados do presente estudo apresentaram uma redução da distância entre os joelhos em todos os protocolos quando comparado a realização do exercício sem a utilização dos implementos. Tais resultados demonstram que, corroborando com os pressupostos do presente estudo, tanto a bola e a banda elástica se apresentam como estratégias eficazes para minimizar o varo dinâmico e por consequência as sobrecargas compressivas na articulação do joelho independentemente da intensidade. Assim a utilização desses implementos é capaz de

minimizar o estresse articular causado pelo contato no platô tibial lateral em detrimento da diminuição da área de contato no platô lateral o que reduz a sobrecarga nos estabilizadores secundários do joelho, o alongamento da cápsula, do ligamento colateral lateral e da banda iliotibial³¹.

Ao verificar a ativação muscular com o uso de implementos em diferentes intensidades de carga, apenas o músculo vasto medial oblíquo apresentou diferença significativa, sendo este menos ativado na realização do exercício agachamento com a utilização do elástico com 50% de 10 RM quando comparado a realização sem o uso de implemento e com a execução com a bola entre os joelhos na mesma intensidade. No entanto, não foi verificada mudança para o protocolo com cargas máximas. Esses resultados demonstram que em intensidades submáximas, o momento adutor induzido para manter a bola entre os joelhos e o momento abductor com a banda elástica foram capazes de influenciar a ativação do vasto medial oblíquo, aumentando e reduzindo, respectivamente. Isso corrobora os estudos de Paz *et al.*⁷ e contraria os achados de Peng, Kernozek e Song¹⁷ e Song *et al.*³².

Como o valgo excessivo no joelho durante agachamento é frequentemente associado a lesões provenientes de desequilíbrios na força muscular dos músculos do quadril e quadríceps, o presente estudo utilizou a banda elástica ao redor dos joelhos para verificar se esta condição aumenta a ativação da banda iliotibial⁷. Contudo, como a amostra do presente estudo apresentou varo dinâmico, não verificou-se existência de diferenças na ativação do VL e do BF para este protocolo. É possível, que para os participantes, o complexo póstero-lateral já esteja excessivamente fortalecido não apresentando assim aumento da ativação na baixa amplitude imposta pela banda. Contudo em cargas submáximas, a ativação do VMO diminuiu com a utilização da banda elástica, sendo esta uma condição indesejada para os sujeitos que apresentam a condição de joelho varo.

Paz *et al.*⁷ avaliaram a influência da utilização da physioball e da banda elástica em mulheres treinadas que realizaram 4 séries de 10 repetições com 70% de 10 RM para cada protocolo no exercício leg press 45°. Diferente dos achados encontrados no presente estudo, que só verificou diferença na ativação do músculo vasto medial oblíquo (VMO), os autores do citado estudo também verificaram maior atividade para o reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) ao realizar o exercício com a physioball entre os joelhos, além do bíceps femoral que também foi significativamente mais ativado nos dois protocolos quando comparado ao controle. No entanto, o músculo RF apresentou um índice de fadiga significativamente menor usando a faixa elástica versus o protocolo controle. A intensidade de carga diferente utilizada neste estudo (50 e 100%) também pode ter influenciado os resultados, o que salienta a necessidade da verificação da utilização da banda elástica e da physioball em diferentes intensidades, corroborando com a justificativa do presente estudo.

Ao investigar a realização do exercício leg press (LP) por 8 semanas, com e sem a adução isométrica máxima do quadril (banda elástica presa na parede), Song *et al.*³² não verificaram redução da dor patelofemoral e hipertrofia do VMO com a inclusão da adução do quadril durante o exercício LP. Tais resultados se contrapõem aos achados do presente estudo, que ao utilizar tanto a banda quanto a physioball na realização do exercício agachamento foram capazes de melhorar de forma aguda o padrão de movimento dos participantes, embora não tenha verificado diretamente as variáveis verificadas por Song *et al.*³².

No entanto, os achados de Coqueiro *et al.*³³ se aproximam ao pressuposto e aos resultados encontrados no presente estudo, ao relatarem que a adução isométrica máxima do quadril realizando um exercício de agachamento produziu maior equilíbrio na cinemática para os participantes saudáveis quanto para aqueles com dor patelofemoral. Apesar de apresentarem osteocinemática parecida, a artrocinemática distinta nos exercícios podem sugerir os resultados confrontantes, tanto para a semelhança com Coqueiro *et al.*³³ quanto para

a diferença com Song *et al.*³². Pois, é provável que a atividade do VMO seja mais reforçada pela combinação da extensão do joelho com a extensão do quadril em exercícios como o LP³⁴.

Partindo do mesmo referencial teórico do presente estudo, Foley *et al.*¹³ avaliaram os efeitos da banda elástica sobre a cinemática e atividade muscular durante o agachamento livre com a barra nas costas, em indivíduos em treinados e não treinados e observaram que a intensidade da carga influenciou para a distância entre os joelhos, sendo maior na alta intensidade, e também verificaram maior atividade muscular para VL e BF. No entanto a condição de varo não foi influenciada pela utilização da banda elástica ao redor dos joelhos. Estes resultados diferem dos achados do presente estudo que verificou uma redução da distância entre os joelhos para o protocolo que utilizou a banda elástica, assim como a não existência de diferenças significativas para esta variável em diferentes intensidades e nem para o EMG para os músculos supracitados. Resultados tão distintos podem ser explicados pela diferença no volume de treinamento utilizados pelo presente estudo, que influencia diretamente o padrão de movimento por conta da fadiga muscular.

Lee *et al.*¹⁵ utilizaram um total de 20 indivíduos saudáveis sem história de lesão neurológica, musculoesquelética ou dor nos membros inferiores. Todos os sujeitos realizaram quatro tipos de exercício de agachamento. Além do agachamento com a utilização de cunha abaixo dos pés, os autores utilizaram os mesmos protocolos de exercícios do presente estudo, ou seja, o exercício de agachamento convencional, o exercício de agachamento com physioball e o exercício de agachamento com banda elástica. Ao verificar o EMG em uma contração isométrica voluntária máxima, os autores não verificaram diferença entre os protocolos estudados por este estudo. Esses resultados não se igualam aos achados pelo presente estudo que ao utilizar esses implementos verificou que sua utilização pode alterar a ativação muscular para o VMO do protocolo com banda elástica comparado aos demais. Contudo, esses resultados reforçam o pressuposto do presente estudo, ao salientar que a utilização desses implementos em diferentes intensidades de agachamento pode influenciar na ativação dos vastos mesmo com este sendo realizado com adução ou abdução isométrica máxima do quadril.

Como o presente estudo, só utilizou sujeitos que apresentaram varo dinâmico, os resultados podem não estar em consonância com outros padrões de agachamento. Isso pode ser considerado uma limitação do estudo.

Conclusões

Com os resultados do presente estudo foi possível verificar que os protocolos usados com a physioball e a banda elástica foram capazes de influenciar a projeção dos joelhos. No entanto, a intensidade do exercício entre os mesmos protocolos não interferiu nesta variável. Contudo a realização deste exercício com cargas submáximas parece aumentar e diminuir a ativação do músculo vasto medial oblíquo quando realizado com a physioball e banda elástica, respectivamente. Não houve diferença para o tempo sob tensão. Sendo assim, ainda que a utilização da physioball ou da banda elástica tanto em intensidade máxima ou submáxima tenham reduzido o varo dinâmico, a utilização da banda elástica não se mostra interessante para os sujeitos que apresentem esta condição por diminuir a ativação do VMO.

Sugere-se que o exercício agachamento seja estudado com a utilização da physioball e banda elástica em outras intensidades e com indivíduos que apresentem valgo dinâmico e em diferentes níveis de treinamento.

Referências

1. Henwood T. From community to aged care: The role of resistance training in health and wellness. *J Aging Phys Ac* 2016;24:S58-S.
2. Sousa CdO, Ferreira JJA, Medeiros ACLV, Carvalho AH, Pereira RC, Guedes DT, et al. Electromyographic activity in squatting at 40, 60 and 90 knee flexion positions. *Rev Bras Med Esporte* 2007;13(5):310-6. Doi: 10.1590/S1517-86922007000500006.
3. Nairn BC, Sutherland CA, Drake JD. Motion and muscle activity are affected by instability location during a squat exercise. *J Strength Cond Res* 2017;31(3):677-685. Doi:10.1519/JSC.0000000000001745
4. Ciaccia MCC, Pinto CN, Costa Golfieri F, Machado TF, Lozano LL, Silva JMS, et al. Prevalência de genuvalgo em escolas públicas do ensino fundamental na cidade de Santos (sp), Brasil. *Rev Paul Pediatr* 2017;35(4):443-7. Doi:10.1590/1984-0462/2017;35;4;00002.
5. Roque V, Macedo I, Rocha I, Barroso I. Síndrome femoro-patelar patellofemoral syndrome. *Rev da Soc Port Med Física e Reabil* 2012;22(3):53-61.
6. Wu C-C, Chen M-C, Tseng P-Y, Lu C-H, Tuan C-C. Patellar malalignment treated with modified knee extension training: An electromyography study. *Gait Posture* 2018;62:440-4. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.04.005.
7. Paz GA, DeFreitas J, de Freitas Maia M, Silva J, Lima V, Miranda H. Electromyography activation of the lower-limb muscles adopting a physioball and elastic band to stabilize the knee joint during multiple sets with submaximal loads. *J Sport Rehabil* 2017;26(5):406-414. Doi:10.1123/jsr.2015-0194.
8. Kang J-I, Park J-S, Choi H, Jeong D-K, Kwon H-M, Moon Y-J. A study on muscle activity and ratio of the knee extensor depending on the types of squat exercise. *J Phys Ther Sci* 2017;29(1):43-47. doi:10.1589/jpts.29.43.
9. Gentil P, Bottaro M, Noll M, Werner S, Vasconcelos JC, Seffrin A, et al. Muscle activation during resistance training with no external load-effects of training status, movement velocity, dominance, and visual feedback. *Physiol Behav* 2017;179:148-152. Doi:10.1016/j.physbeh.2017.06.004.
10. Hollander DB, Worley JR, Asoodeh M, Wakesa D, Magnuson M, Dantzler DK, et al. Comparison of resistance exercise perceived exertion and muscle activation at varied submaximal durations, loads, and muscle actions. *J Strength Cond Res* 2017;31(5):1387-1394. Doi:10.1519/JSC.0000000000001290.
11. Schoenfeld BJ, Ogborn DI, Krieger JW. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2015;45(4):577-585. doi:10.1007/s40279-015-0304-0.
12. Cowley JC, Gates DH. Proximal and distal muscle fatigue differentially affect movement coordination. *PLoS One* 2017;12(2):e0172835. Doi:10.1371/journal.pone.0172835.
13. Foley RC, Bulbrook BD, Button DC, Holmes MW. Effects of a band loop on lower extremity muscle activity and kinematics during the barbell squat. *J Sports Phys Ther* 2017;12(4):550-559.
14. Paz GA, Robbins DW, Oliveira CG, Bottaro M, Miranda H. Volume load and neuromuscular fatigue during an acute bout of agonist-antagonist paired-set vs. traditional-set training. *J Strength Cond Res* 2017;31(10):2777-2784. Doi:10.1519/JSC.0000000000001059.
15. Lee T-k, Park S-m, Yun S-b, Lee A-r, Lee Y-s, Yong M-s. Analysis of vastus lateralis and vastus medialis oblique muscle activation during squat exercise with and without a variety of tools in normal adults. *J Phys Ther Sci* 2016;28(3):1071-1073. Doi:10.1589/jpts.28.1071.
16. Araujo AJSd, Junior S. The Q angle analysis, during resistance training, on open kinematics chain and intermediate closed kinematics chain, through photogrammetry. *Rev Bras Ciênc Esporte* 2014;36(2):327-39. Doi.org: 10.1590/S0101-32892014000200004.
17. Peng H-T, Kernozek TW, Song C-Y. Muscle activation of vastus medialis obliquus and vastus lateralis during a dynamic leg press exercise with and without isometric hip adduction. *Phys Ther Sport* 2013;14(1):44-49. doi:10.1016/j.ptsp.2012.02.006.
18. Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, Pincivero DM. Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *J Appl Biomech* 2006;22(1):41-50. Doi:10.1123/jab.22.1.41.
19. Macaluso T, Bourdin C, Buloup F, Mille M-L, Sainton P, Sarlegna F, et al. Kinematic features of whole-body reaching movements underwater: neutral buoyancy effects. *Neuroscience* 2016;327:125-135. Doi:10.1016/j.neuroscience.2016.04.014.
20. Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. Métodos de pesquisa em atividade física: Artmed Editora; 2009.
21. Shephard RJ. PAR-Q, Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Med* 1988;5(3):185-195. Doi:10.2165/00007256-198805030-00005.
22. Simão R, De Salles BF, Figueiredo T, Dias I, Willardson JM. Exercise order in resistance training. *Sports Med* 2012;42(3):251-265. Doi:10.2165/11597240-000000000-00000.

23. da Silva JB, Lima VP, Paz GA, Oliveira CR, D'urso F, Nunes RAM, et al. Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. *Biomedical Human Kinetics* 2016;8(1):153-8.
24. Scudese E, Willardson JM, Simão R, Senna G, de Salles BF, Miranda H. The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. *J Strength Cond Res* 2015;29(11):3079-3083. Doi:10.1097/JSC.0000000000000214.
25. de Souza Bezerra E, Guimarães TM, Gailey AW, Leone R, Brennecke A, Acquesta F, et al. Variabilidade da carga no teste de 10RM em indivíduos treinados. *RBPFX* 2011;3(18):559-565.
26. Silva JB, Lima VP, Castro JBP, Paz GA, Novaes JDS, Nunes RDAM, et al. Analysis of myoelectric activity, blood lactate concentration and time under tension in repetitions maximum in the squat exercise. *Journal of Physical Education and Sport* 2018;18(4):2478-2485.
27. Balsalobre-Fernández C, Tejero-González CM, del Campo-Vecino J, Bavaresco N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J Strength Cond Res* 2014;28(2):528-533. Doi:10.1519/JSC.0b013e318299a52e.
28. Merletti R, Di Torino P. Standards for reporting EMG data. *J Electromyogr Kinesiol* 1999;9(1):3-4.
29. Burden A, Bartlett R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys* 1999;21(4):247-257. Doi:10.1016/s1350-4533(99)00054-
30. Triola MF. Introdução à estatística. Rio de Janeiro: Editora LTC; 2008.
31. Riley J, Roth JD, Howell SM, Hull ML. Increases in tibial force imbalance but not changes in tibiofemoral laxities are caused by varus-valgus malalignment of the femoral component in kinematically aligned TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018;26(11):3238-3248. Doi: 10.1007/s00167-018-4841-6.
32. Song C-Y, Lin Y-F, Wei T-C, Lin D-H, Yen T-Y, Jan M-H. Surplus value of hip adduction in leg-press exercise in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2009;89(5):409-418. Doi:10.2522/ptj.20080195.
33. Coqueiro KRR, Bevilaqua-Grossi D, Bérzin F, Soares AB, Candolo C, Monteiro-Pedro V. Analysis on the activation of the VMO and VLL muscles during semisquat exercises with and without hip adduction in individuals with patellofemoral pain syndrome. *J Electromyogr Kinesiol* 2005;15(6):596-603. Doi:10.1016/j.jelekin.2005.03.001.
34. Irish SE, Millward AJ, Wride J, Haas BM, Shum GL. The effect of closed-kinetic chain exercises and open-kinetic chain exercise on the muscle activity of vastus medialis oblique and vastus lateralis. *J Strength Cond Res* 2010;24(5):1256-1262. Doi:10.1519/JSC.0b013e3181cf749f.

ORCID dos autores:Jurandir Baptista da Silva: <https://orcid.org/0000-0001-6905-4822>Giovanna Moraes Ribeiro: <https://orcid.org/0000-0003-2352-6323>Danielli Braga de Mello: <https://orcid.org/0000-0003-3609-0004>Rodolfo de Alkmim Nunes: <https://orcid.org/0000-0001-9707-2649>Guilherme Rosa: <https://orcid.org/0000-0003-3360-5180>Vicente Lima: <https://orcid.org/0000-0002-7534-265X>Rodrigo Gomes de Souza Vale: <https://orcid.org/0000-0002-3049-8773>

Recebido em 05/04/19.

Revisado em 16/04/20.

Aceito em 10/05/20.

Endereço para correspondência: Jurandir Baptista da Silva. Estrada Pacheco de Carvalho, 1251, Maceió, Niterói, RJ, CEP 24310-090. E-mail: profjurandirsilva@hotmail.com