



**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

WILLY ANDRADE GOMES

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DA BANDA ELÁSTICA DE JOELHO
NO SINERGISMO MUSCULAR E NA MECÂNICA DO
AGACHAMENTO EM SUJEITOS TREINADOS**

PIRACICABA

2014

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DA BANDA ELÁSTICA DE JOELHO
NO SINERGISMO MUSCULAR E NA MECÂNICA DO
AGACHAMENTO EM SUJEITOS TREINADOS**

WILLY ANDRADE GOMES

Orientador: PROF. DR. PAULO HENRIQUE MARCHETTI

Dissertação apresentada à banca examinadora do programa de pós- graduação em educação física da UNIMEP, como exigência para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

**PIRACICABA
2014**

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecária: Luciene Cristina Correa Ferreira CRB-8/ 8235

G633e Gomes, Willy Andrade.
 Efeito da utilização da banda elástica de joelho no sinergismo muscular e na mecânica do agachamento em sujeitos treinados. / Willy Andrade Gomes. – Piracicaba, SP: [s.n.], 2014.
 73f.; il.

 Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Saúde / Programa de Pós-Graduação em Educação Física - Universidade Metodista de Piracicaba, 2014.
 Orientador: Dr. Paulo Henrique Marchetti
 Inclui Bibliografia

 1. Força. 2. Eletromiografia. 3. Banda Elástica. 4. I. Marchetti, Paulo Henrique . II. Universidade Metodista de Piracicaba. II Título.

CDU 796.4

WILLY ANDRADE GOMES

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DA BANDA ELÁSTICA DE JOELHO
NO SINERGISMO MUSCULAR E NA MECÂNICA DO
AGACHAMENTO EM SUJEITOS TREINADOS**

Dissertação apresentada a Banca examinadora do Programa de Pós- graduação em Educação Física da UNIMEP, como exigência para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Aprovado pela Banca Examinadora em 26/06/2014

Banca Examinadora

Prof. Dr. PAULO HENRIQUE MARCHETTI- UNIMEP
Orientador

Prof. Dr. AYLTON FIGUEIRA JUNIOR- USJT

Prof. Dr. GUANIS DE BARROS VILELA JUNIOR- UNIMEP

AGRADECIMENTOS

Este espaço é dedicado aqueles que de alguma forma deram a sua contribuição para que este momento fosse possível. A todos eles deixo aqui o meu agradecimento sincero.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me dar saúde e sabedoria nos momentos difíceis para que eu pudesse perseverar e continuar a minha caminhada. Agradeço também por fazer com que meu caminho cruzasse o caminho de pessoas maravilhosas, as quais sempre serei grato.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Henrique Marchetti pelas oportunidades as quais me foram dadas, pela dedicação e paciência durante todo o processo de aprendizado, pelos conselhos e pela lição de humildade e comprometimento com a ciência. Devo muito ao senhor, mais uma vez muito obrigado.

Aos professores do mestrado (Drs. Charles, Guanis, Rosangela e Marlene) e aos amigos de laboratório (Jarbas, Érica, Braulio, Enrico, Fernando, Silvio, Daniel, Claudio, Thais, Viviane e Marcio), juntos seremos sempre fortes.

Aos funcionários da UNIMEP pela dedicação, atenção e cordialidade a qual sempre fui tratado, em especial as secretárias da pós-graduação Cristiane e Dulce e também ao Marcio do almoxarifado pela assistência que sempre foi prestada.

A minha maravilhosa mãe Maria Beatriz Andrade que em momento algum em todas as fazes da minha vida deixou de me apoiar.

Aos meus avós Joaquim Gomes da Silva e Genizia Carneiro Gomes e aos meus tios Mauro Carneiro Gomes e Eliane S. C. Gomes por me apoiarem e por me ensinarem a ser honrado e a nunca desistir dos meus objetivos.

Ao meu irmão Wender Andrade Gomes pela amizade, carinho e incentivo.

A minha namorada Adriane de Medeiros Ferreira, pela amizade, carinho, incentivo, dedicação e paciência durante todos esses anos juntos.

Ao meu pai Celso Carneiro Gomes, pois de alguma forma tudo que me foi dito me fez querer ser cada vez melhor, um dia após o outro.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da utilização da banda elástica no sinergismo e na mecânica muscular durante a realização do meio-agachamento em sujeitos treinados. Os testes foram divididos em três experimentos. O primeiro experimento consistiu na análise mecânica da banda elástica. O segundo experimento comparou o efeito de diferentes tipos de bandas elásticas (*Hard* e *Soft*) na força pico durante o agachamento isométrico máximo. O terceiro experimento foi dividido em 2 sessões. Na primeira sessão, foram realizadas duas familiarizações: familiarização ao uso da banda elástica (4x10 repetições [50 % PC] com banda (CB) e sem banda (SB), e familiarização com o *countermovement jump* (90° de flexão de joelhos [CMJ90°]). Após 10 minutos foi realizado o teste de 1RM. Na segunda foram realizados 3 CMJ90, seguido da coleta de lactato. Após tres minutos, foi realizados 3 meio-agachamentos nas diferentes condições (CB e SB) e em diferentes intensidades (90 e 60% de 1RM). Após a realização do agachamento (intensidades de 90% de 1RM CB e SB somente), uma nova coleta de lactato foi realizada, seguida de 3 CMJ90. Durante o meio-agachamento foram coletados os dados eletromiograficos (sEMG) (glúteo máximo [GM] e vasto lateral [VL]), cinemáticos (joelho, quadril e barra) e força de reação do solo vertical (FRSv). Durante CMJ90° foram coletados dados sEMG e FRSv. Os resultados mostram que a banda *soft* apresentou maior distância entre tramas do que a *hard* ($P = 0.002$). Devido suas propriedades mecânicas, o uso da banda elástica alterou o pico de força isométrica durante o meio-agachamento gerando o efeito *carry over*. Em ações dinâmicas, o efeito *carry over* decorrente da banda elástica mudou o padrão de movimento e a ativação muscular independente de intensidade (60 e 90% de 1RM), sem alterar a participação da via glicolítica, a PSE e o desempenho do CMJ. Portanto, conclui-se que o uso da banda elástica de joelhos alterou a mecânica do movimento independente ativação muscular de intensidade em indivíduos treinados.

Palavras-chave: força, eletromiografia, banda elástica.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of using the knee wrap of muscle synergism and mechanics during squatting in trained subjects. The tests were divided into three experiments. The first experiment consisted of the mechanical analysis of the knee wrap. In the second experiment the effect of two models of elastic band (hard and soft) in peak force during maximal voluntary isometric contraction. The third experiment was divided into 2 sessions. In the first, two familiarization sessions were performed: familiarization with the use of knee wrap (4x10 repetitions [50 % PC] with wrap (CB) and without wrap (SB), and familiarization with countermovement jump (90 ° of knee flexion [CMJ90°]). After 10 minutes the test 1RM was performed. In the second session 3 CMJ90, followed by a collection of lactate were performed. After three minutes, 3 squats were performed under different conditions (CB and SB) and at different intensities (90 and 60% 1RM). After the performed of the squat (for the intensities of 90% 1RM CB and SB only) a new collection lactate, followed by 3 CMJ90 was performed. During the squat electromyographic data (sEMG) (gluteus maximus [GM] and vastus lateralis [VL]), kinematic (knee, hip and bar) and vertical ground reaction forces (FRSv) were collected. During CMJ90° FRSv and the sEMG data were collected. The results show that the soft wrap has a greater distance between strands of the hard ($P = 0.002$). Due to its mechanical properties, the use of knee wraps seem to change the maximum peak isometric force in squat exercise generating the carry-over effect. In dynamic actions, the carry-over effect arising from the knee wrap seems to change the pattern of movement and muscle activation independent of intensity (60 and 90% of 1RM) without changing the participation of the glycolytic pathway, the PSE and performance of CMJ. Therefore, it is concluded that the use of the elastic band on his knees in trained subjects alters the mechanics of movement and muscle activation independent of intensity.

Keywords: strength, electromyography, knee wrap.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Figura esquemática da colocação da banda elástica em “X”: a) colocação da banda na posição horizontal; b) colocação da banda na diagonal (de cima para baixo) e c) colocação da banda na diagonal (de baixo para cima)..... | 17 |
| Figura 2. Figura esquemática da colocação da banda elástica em espiral a) colocação da banda: fase inicial; b) colocação da banda: fase final; c) ajuste final e d) fixação de uma das extremidade da banda elástica..... | 17 |
| Figura 3. Gráfico esquemático da trajetória da barra utilizada no agachamento (a) sem a banda elástica e (b) com o uso da banda elástica..... | 20 |
| Figura 4. Fotografia digital de cada modelo de banda: (a) <i>hard</i> e (b) <i>soft</i> | 25 |
| Figura 5. Protocolo experimental: (a) pesagem e controle das bandas, (b) amostras, (c) análise mecânica de tração..... | 27 |
| Figura 6. Gráfico demonstrativo da curva comprimento..... | 25 |
| Figura 7. Gráfico representativo da curva tensão-deformação dos diferentes tipos de bandas elásticas (<i>Hard e Soft</i>)..... | 28 |
| Figura 8. Mediana e amplitude do intervalo interquartil para as variáveis (a) módulo de Young; (b) ponto de ruptura ;(c) tensão máxima, entre as bandas <i>hard</i> , e <i>soft</i> | 30 |
| Figura 9. Foto demonstrativa de uma condição experimental..... | 34 |
| Figura 10. Média e desvio padrão da força pico durante o meio-agachamento isométrico em diferentes condições (sem banda, com banda <i>Hard</i> , com banda <i>Soft</i>)... | 36 |
| Figura 11. Teste de carga máxima (1RM)..... | 40 |
| Figura 12. Design experimental da sessão 2..... | 41 |
| Figura 13. Colocação da banda elástica em espiral..... | 42 |
| Figura 14. Demonstrativo do <i>counter-movement jump</i> | 43 |
| Figura 15. Procedimento de coleta de lactato..... | 44 |
| Figura 16. Posicionamento dos eletrodos superficiais de eletromiografia..... | 45 |
| Figura 17. Posicionamento do eletrodo de referência (terra)..... | 46 |
| Figura 18. Procedimento de avaliação da CVMI para: (a) glúteo máximo, (b) quadríceps femoral..... | 47 |
| Figura 19. Posicionamento das câmeras nos plano sagital e frontal..... | 48 |

| | |
|--|----|
| Figura 20. Posicionamento das marcas no plano sagital..... | 49 |
| Figura 21. Calibrador para análise 2D..... | 50 |
| Figura 22. Gráfico demonstrativo da força de reação do solo vertical e atividade muscular de vasto lateral e glúteo máximo..... | 51 |
| Figura 23. Gráfico demonstrativo dos (a) ângulos articulares de joelho e quadril e (b) deslocamento vertical da barra no plano sagital..... | 52 |
| Figura 24. Média e desvio padrão do tempo de salto para as condições pré e pós meio-agachamento (com e sem banda)..... | 53 |
| Figura 25. Média e desvio padrão do impulso para as condições pré e pós meio-agachamento (com e sem banda)..... | 54 |
| Figura 26. Média e desvio padrão da atividade muscular (IEMG) de vasto lateral e glúteo máximo para as condições pré e pós meio-agachamento (com e sem banda)... | 55 |
| Figura 27. Média e desvio padrão da participação da via glicolítica entre as condições com e sem a banda elástica de joelhos, para a intensidade de 90%1RM..... | 56 |
| Figura 28. Média e desvio padrão da percepção subjetiva de esforço para as condições com e sem banda nas duas intensidades (60 e 90%1RM)..... | 56 |
| Figura 29. Média e desvio padrão da atividade mioelétrica do vasto lateral para as condições com e sem banda nas duas intensidades (60 e 90%1RM)..... | 57 |
| Figura 30. Média e desvio padrão da atividade mioelétrica do glúteo máximo para as condições com e sem banda nas duas intensidades (60 e 90%1RM)..... | 58 |
| Figura 31. Média e desvio padrão do deslocamento angular, no plano sagital, para as articulações de joelho e quadril nas condições com e sem banda para as duas intensidades (60 e 90%1RM)..... | 59 |
| Figura 32. Média e desvio padrão do deslocamento vertical da barra, no plano sagital, nas condições com e sem banda para as duas intensidades (60 e 90%1RM)..... | 60 |

LISTA DE ABREVIATURAS

1RM – Teste de carga máxima

2D – Análise em Duas dimensões

12RM – Teste de doze repetições máximas

ANOVA – Análise de variância

CB – Com banda elástica de joelhos

CBH - Com banda elástica de joelhos modelo *hard*

CBS - Com banda elástica de joelhos modelo *soft*

CCI – Coeficiente de correlação intra-classe

CMJ – *Counter movement jump*

CVMI - Contração voluntária máxima isométrica

DP - Desvio padrão

FRSv - Análise da força de reação do solo vertical

GM - Glúteo máximo

IEMG – eletromiografia integrada

LS - Levantamento sumô

LT - Levantamento tradicional

PPA - Potencialização pós-ativação

PSE - Percepção subjetiva de esforço

RMS - *Root-mean square*

SB - Sem banda elástica de joelhos

sEMG - Eletromiografia Superficial

TCLE - Termo de consentimento livre e esclarecido

TE – Tamanho do efeito

VL - Vasto lateral

LISTA DE SÍMBOLOS

cm - Centímetros

Hz - Hertz

kg – Quilogramas

kgf – Quilograma força

m - Metros

N - Newtons

P – Significância

< - Menor

> - Maior

μm – Micrômetros

E – Módulo de elasticidade

σ - *Stress*

ε - *Strain*

$\Delta\%$ - Delta percentual

° - Graus

% - Percentual

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 6 |
| ABSTRACT..... | 7 |
| LISTA DE FIGURAS | 8 |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | 10 |
| LISTA DE SÍMBOLOS | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 15 |
| 2.1. Biomecânica do Agachamento..... | 15 |
| 2.2. Efeitos da utilização da Banda Elástica de joelhos durante o agachamento | 15 |
| 3 OBJETIVO | 21 |
| OBJETIVO GERAL: | 21 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS:..... | 21 |
| 4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA | 22 |
| 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 23 |
| 5.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO | 23 |
| 5.2 RECRUTAMENTO E ADESÃO AO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE) | 23 |
| 5.3 EXPERIMENTO 1: Análise das características mecânicas de diferentes tipos de banda elástica de joelhos..... | 25 |
| 5.3.1 Hipótese..... | 25 |
| 5.3.2 Amostra | 25 |
| 5.3.3 Procedimento e análise dos dados..... | 26 |
| 5.3.4 Análise Estatística | 28 |
| 5.3.5 Resultados..... | 28 |
| 5.3.6 Discussão | 30 |
| 5.3.7 Conclusão..... | 31 |
| 5.4 EXPERIMENTO 2: Análise do efeito <i>carry-over</i> produzido pelos diferentes tipos de banda elástica durante o meio-agachamento isométrico máximo. | 32 |
| 5.4.1 Hipótese..... | 32 |
| 5.4.2 Participantes | 32 |
| 5.4.3 Procedimentos | 32 |
| 5.4.4 Análise dos dados..... | 34 |

| | |
|--|----|
| 5.4.5 Análise Estatística | 34 |
| 5.4.6 Resultados..... | 34 |
| 5.4.7 Discussão | 35 |
| 5.4.8 Conclusão..... | 37 |
| 5.5 EXPERIMENTO 3: Análise do sinergismo muscular entre glúteo máximo e vasto lateral, trajetória da barra e deslocamento angular de joelho e quadril com e sem o uso da banda elástica em duas diferentes intensidades (60 e 90%1RM). | 38 |
| 5.5.1 Hipótese..... | 38 |
| 5.5.2 Participantes | 38 |
| 5.5.3 Procedimentos | 38 |
| 5.5.4 Análise de Dados | 48 |
| 5.5.5 Análise Estatística | 50 |
| 5.5.6 Resultados..... | 51 |
| 5.5.6a Análise do Salto Vertical (CMJ):..... | 51 |
| 5.5.6b Análise da Participação da via glicolítica: | 53 |
| 5.5.6c Análise da PSE:..... | 54 |
| 5.5.6d Análise da Atividade Mioelétrica: | 55 |
| 5.5.6e Análise Cinemática: | 56 |
| 5.5.6 Discussão | 59 |
| 5.5.7 Conclusão..... | 64 |
| 6 CONCLUSÃO GERAL..... | 65 |
| 7 APLICAÇÕES PRÁTICAS | 65 |
| REFERÊNCIAS..... | 66 |
| ANEXO I. CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA (CEP)..... | 69 |
| ANEXO II. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO..... | 70 |
| ANEXO III. ARTIGOS PUBLICADOS | 71 |

1 INTRODUÇÃO

Atualmente várias modalidades esportivas vêm utilizando diferentes tipos de acessórios com o intuito de aumentar a segurança e/ou a performance de atletas e sujeitos treinados. Dentre tais modalidades destaca-se o *powerlifting*, o qual apresenta acessórios de treino específicos, e divididos em quatro grupos: roupas suporte (macacão para agachamentos, macacão para levantamento terra, colete para supino, colete eretor e calções para agachamento), faixas/bandas (faixa para punhos, faixas para joelhos), cintos (cintos para levantamentos) e outros como protetores bucais e calçados anti-derrapantes (Groves 2002; Coutinho 2011). No entanto, não somente atletas, mas também sujeitos treinados em força fazem uso desses acessórios. Entretanto a utilização e eficiência de tais acessórios ainda causa certa polêmica de sua utilização durante os treinamentos e competições. Em teoria, a melhora da performance utilizando tais recursos baseia-se no efeito mecânico dos componentes elásticos das roupas suporte e das bandas, as quais aumentam a capacidade de carregamento dos sujeitos que a utilizam, e assim facilitam a fase ascendente do movimento. Esse efeito de força adicional também é conhecido como *carry-over*, que pode ser calculado pela diferença entre a sobrecarga total de um movimento máximo sem e com a banda elástica (Coutinho 2011). O efeito *carry-over*, vem gerando polêmica quanto a utilização desses acessórios por dois princípios básicos: o primeiro princípio refere-se a segurança proporcionada por esses acessórios, pois entende-se que esses acessórios poderiam aumentá-la na realização do agachamento. No entanto, tais equipamentos podem agir de forma oposta ao que se propõe, ou seja, aumentando os riscos de lesões, provocando movimentos mais instáveis e acelerados, além de trajetórias imprevisíveis (Coutinho 2011; Lake, Carden et al. 2012). O segundo ponto de polêmica refere-se à melhora no desempenho, mascarando a produção de força dos sujeitos que a utilizam (Coutinho 2011), o qual, até o presente momento não foi verificado.

Sendo assim, se faz necessário entender os efeitos mecânicos e de controle muscular da utilização de acessórios como as bandas elásticas no agachamento em

sujeitos treinados. Tais informações podem fornecer dados fundamentais para que se possa entender os efeitos na utilização da banda elástica durante o agachamento em sujeitos treinados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Biomecânica do Agachamento

O agachamento é um exercício multi-articular, que pode ser dividido em duas fases (descendente e ascendente). Durante a fase descendente do agachamento (fase excêntrica) o indivíduo flexiona as articulações (quadril, joelhos e tornozelos) e quando a amplitude desejada é atingida inicia-se a fase ascendente (fase concêntrica), para tal, realiza-se a extensão das referidas articulações. Na posição inicial da fase concêntrica as articulações acetábulo-femorais (quadril), joelhos e tornozelos (dorsalmente) encontram-se flexionadas, portanto, os movimentos realizados são a extensão dos quadril e joelhos e flexão plantar (Marchetti, Gomes et al. 2013). Os principais músculos envolvidos são: quadríceps femoral (reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio), glúteo máximo e ísquiotibiais (semimebranoso, semitendinoso e cabeça longa do bíceps femoral) e cabeça curta do bíceps femoral (inserção proximal e distal no fêmur e fíbula respectivamente) que agem de forma isométrica durante o movimento (Hall 1999; Thompson and Floyd 2002; Marchetti, Calheiros Neto et al. 2007; Brown 2008; Baechele and Earle 2010; Marchetti, Gomes et al. 2013). No entanto, é importante ressaltar que as diferentes variações e condições impostas ao exercício agachamento podem acarretar em mudanças na ação dos músculos envolvidos, na cinemática e/ou cinética do exercício, aumentando ou diminuindo sua desempenho e/ou eficiência (Marchetti, Gomes et al. 2013).

2.2. Efeitos da utilização da Banda Elástica de joelhos durante o agachamento

A banda elástica de joelho ou *knee wrap* é um equipamento de proteção e performance que consiste em uma faixa longa de material elástico com aproximadamente 2 metros de comprimento, que é envolvido ao redor dos joelhos de forma bem apertada, geralmente utilizado por levantadores de peso conhecidos como

powerlifters e *strongestmens*. Quando o joelho é flexionado contra uma resistência externa (carga da barra e/ou o peso corporal), o material elástico é distendido atingindo o ponto de maior deformação da região anterior dos joelhos durante a posição profunda do agachamento (transição da fase excêntrica para a concêntrica). A energia potencial acumulada quando o material é deformado é transferida em energia cinética e potencial gravitacional para o levantador e adicionado à força do movimento concêntrico durante a extensão de joelhos (Coutinho 2011). Testes preliminares demonstraram que cada envoltório (banda elástica) atinge um estiramento máximo quando uma força de 446 N é aplicada a banda elástica, quando suspensa por uma das extremidades enquanto a outra extremidade foi ligada a um objeto imóvel. Durante esta simulação, foi aplicada uma força média de 343 ($\pm 20,9$) N na banda elástica com mais de nove voltas em torno dos joelhos que foi registrado por uma escala de enforcamento (Lake, Carden et al. 2012). Adicionalmente Coutinho (2011) demonstrou um efeito *carry-over* médio de 19,8% na condição com a banda elástica (245,7 kgf \pm 63,1) quando comparado a condição sem a banda elástica (205,2 kgf \pm 53,1) através do teste de 1RM. Harman & Frykman (1990) também verificaram um efeito *carry-over* médio de 25,1% em sujeitos treinados quando utilizaram a banda elástica de joelhos através de uma escala eletrônica digital. Devido ao ponto mais crítico do agachamento ocorrer durante o grau de flexão máxima dos joelhos, apresentando maior pico de pressão patelofemoral e tibiofemoral e forças de cisalhamento tibiofemoral que aumentam progressivamente com joelhos flexionado e diminuem com a extensão dos joelhos, atingindo valores pico próximo a flexão máxima de joelho (Escamilla 2001), utiliza-se a banda elástica a qual limita o ângulo articular de joelhos durante o agachamento, além de reduzir substancialmente a percepção subjetiva de esforço (PSE) (Coutinho 2011). Fatores como a tensão imposta no ajuste da banda elástica bem como a forma de enrolá-la podem modificar o efeito final do *carry-over* (Gomes, Coutinho et al. 2013).

Existem diversas formas de se colocar a banda elástica, sendo elas classificadas da seguinte forma: (a) de fora para dentro (puxando a patela para dentro); (b) de dentro para fora (puxando a patela para fora); (c) semi-cruzado; (e) cruzado; (d) espiral. No entanto as formas mais populares entre os levantadores são a espiral e a cruzada em "X" (Coutinho 2011) (Figura 1). Esse efeito *carry-over* resultante da banda elástica que

somado a potência dos glúteos e do quadríceps potencializam o desempenho do movimento máximo (Coutinho 2011).

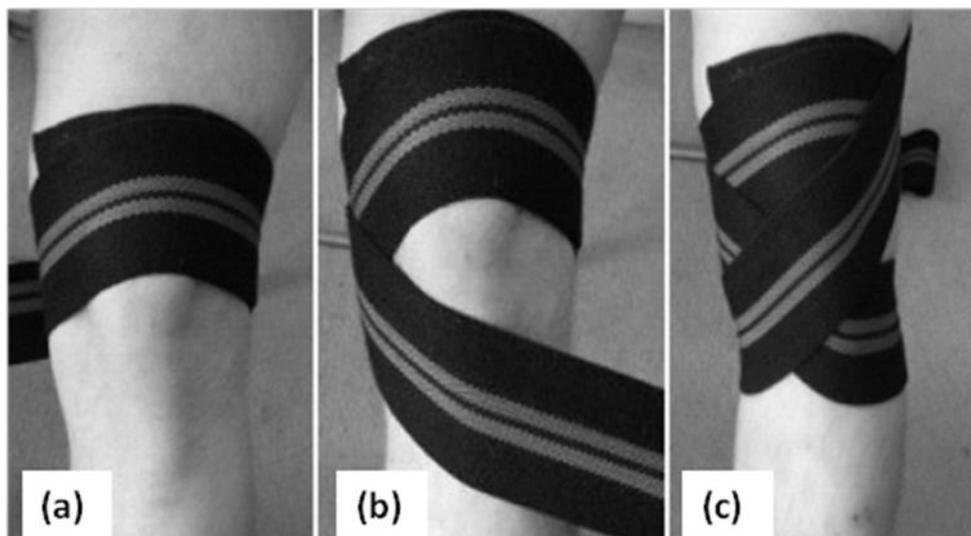


Figura 1. Figura esquemática da colocação da banda elástica em “X”: a) colocação da banda na posição horizontal; b) colocação da banda na diagonal (de cima para baixo) e c) colocação da banda na diagonal (de baixo para cima) (Lake, Carden et al. 2012).

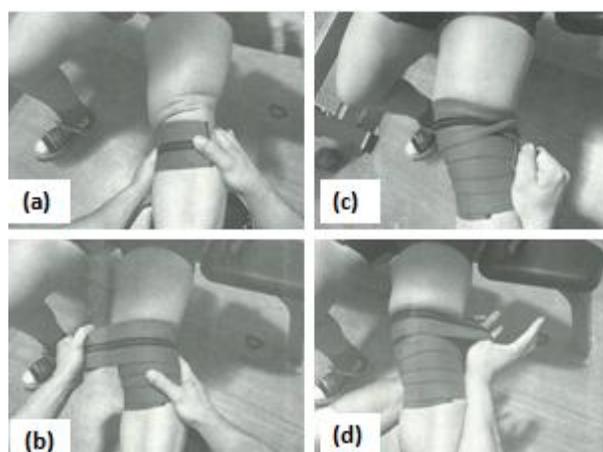


Figura 2. Figura esquemática da colocação da banda elástica em espiral a) colocação da banda: fase inicial; b) colocação da banda: fase final; c) ajuste final e d) fixação de uma das extremidades da banda elástica (Coutinho 2011).

Entendendo que a banda elástica possa alterar o desempenho do agachamento, Eitner et al. (2011) comparou os efeitos da utilização da banda elástica de joelhos através de cinemática e cinética do agachamento em *powerlifters* treinados.

Participaram do estudo 10 sujeitos do sexo masculino. foi realizada 1 série de 6 repetições com sobrecarga para 12RM até que o fêmur estivesse paralelo ao solo, em ambas as condições, com e sem banda elástica. O estudo analisou as características globais do agachamento (tempo de repetições, percentual do ciclo de transição ascendente-descendente, deslocamento do centro de massa e o deslocamento vertical). Observou-se que a utilização da banda elástica nos joelhos em *powerlifters*, não alterou as características globais do agachamento ou as interações entre a posição articular e a condição com a banda elástica. No entanto, coletivamente, um efeito significativo ($P < 0,05$) foi encontrado no pico de flexão articular (quadril, joelho e tornozelo) nas fases concêntrica e excêntrica.

O estudo de Lake et al. (2012) comparou os efeitos da utilização da banda elástica na resposta mecânica e nas características do desempenho no agachamento. Foram analisadas, a força de reação do solo, resposta mecânica, força aplicada ao centro de massa, impulsão vertical, deslocamento horizontal da barra, trabalho mecânico e potência pico através da cinemática e da dinamometria. Participaram do estudo 10 homens, adultos, saudáveis com média de 4,4 anos de experiência no exercício agachamento e que já tivessem realizado o exercício com banda elástica. No entanto, nenhum dos sujeitos utilizava a banda elástica regularmente. A forma de colocar a banda elástica na articulação do joelho foi a de Harman e Frykman (1990) demonstrado na figura 1. Uma marca refletiva foi posicionada na extremidade da barra para o registro dos dados cinemáticos (100Hz), simultaneamente duas plataformas de força (500Hz) foram utilizadas para o registro das forças de reação do solo horizontal (ântero-posterior e vertical). Foram realizadas seis séries de um movimento com 80% 1RM (três séries com e três séries sem a banda elástica). Os sujeitos foram divididos em dois grupos, onde metade dos sujeitos realizou os agachamentos com a banda elástica e a outra metade sem a banda elástica, sendo que o tempo de intervalo entre as séries foi de três minutos. A fase descendente foi executada até que a parte superior da coxa ficasse paralela ao solo, seguido da fase ascendente o mais rápido possível. Os resultados mostraram que o agachamento realizado com a banda elástica implicou em uma redução de 39% do deslocamento horizontal da barra na fase descendente ($P = 0,037$), mas não na fase ascendente ($P = 0,407$) como pode ser observado na figura

3 (a e b). Embora o impulso aplicado ao centro de massa nas fases descendente vertical ($P = 0,366$) e horizontal ($P = 0,409$) não terem sido afetados com a banda elástica, os equivalentes da fase ascendente em ambas as fases (vertical e horizontal) demonstraram um efeito do tamanho de moderado a grande (vertical: 1,12 e horizontal: 0,81). Para a duração da fase descendente absoluta foi identificado uma redução ($P = 0,006$), mas não para a duração da fase ascendente absoluta ($P = 0,391$), descendente relativa ($P = 0,083$) e ascendente relativa ($P = 0,083$). No entanto, houve um aumento da potência pico ($P = 0,019$) com a banda elástica. Concluindo que as propriedades elásticas da banda aumentaram a produção mecânica, alterando a técnica e provavelmente os músculos alvo do exercício, podendo comprometer a integridade articular do joelho. Os autores sugerem que o uso da banda elástica de joelho possa restringir o movimento articular do quadril o que possivelmente possa ocasionar uma postura mais verticalizada, e o mais importante forçando uma maior flexão articular do joelho. Quando comparado os gráficos (a e b) da figura 3, é possível observar diferenças no deslocamento da barra entre as condições com e sem a banda elástica. O eixo Y representa o deslocamento vertical e o eixo X o deslocamento horizontal da barra. Além disso, o gráfico foi dividido em quatro pontos de referência (a; b; c; d). A trajetória dos pontos de referência (a e b) representou a fase descendente e a trajetória dos pontos b, c e d representam a fase ascendente da barra. É possível observar que o deslocamento horizontal foi menor para a condição com banda elástica do que para a condição sem banda elástica, caracterizando uma posição mais verticalizada. Quanto a especificidade do treinamento, a contribuição dos extensores e flexores do quadril podem ter sido limitados com a utilização da banda elástica, devido ao armazenamento da energia elástica de compensação dentro da banda. Em relação ao potencial de lesão, o uso contínuo da banda elástica poderia restringir o desenvolvimento da musculatura extensora e flexora do quadril, e a pressão contínua ao redor do joelho poderia criar uma barreira física a qual comprometeria a integridade estrutural da articulação do joelho.

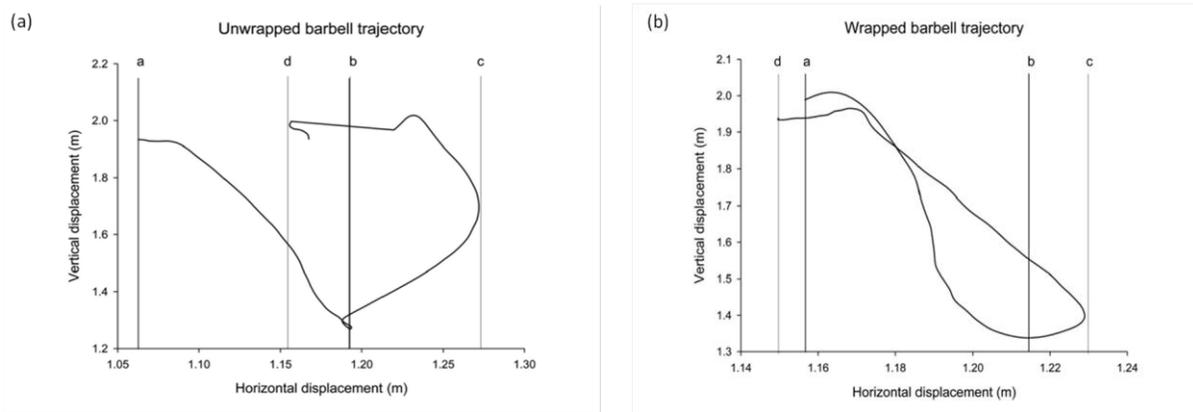


Figura 3. Gráfico esquemático da trajetória da barra utilizada no agachamento (a) sem a banda elástica e (b) com o uso da banda elástica (Lake, Carden et al. 2012).

O estudo de Eitner, Le Favi et al. (2011) analisou as variáveis cinéticas e cinemáticas do agachamento com e sem a banda elástica de joelhos em atletas de *powerlifting*. O estudo concluiu que a utilização da banda elástica durante o agachamento não alterou a biomecânica dos sujeitos. Um aspecto importante que deve ser levado em consideração foi a realização do estudo com atletas de *powerlifting*, já que os mesmos são totalmente adaptados a utilização da banda elástica. Em contrapartida, a sobrecarga utilizada na realização do agachamento nas diferentes condições foi proporcional a doze movimentos máximos. Essa sobrecarga foi utilizada para realização de seis movimentos, comprometendo totalmente a intensidade específica da modalidade e como consequência a confiabilidade dos dados apresentados. Como pode ser observado o estudo não apresentou diferença significativa nas variáveis analisadas. Já o estudo de Lake, Carden et al. (2012) avaliou o efeito da banda elástica de joelhos na produção mecânica e nas características do desempenho no agachamento em indivíduos não profissionais com experiência na utilização da banda elástica de joelhos. Apesar dos sujeitos não serem atletas profissionais, a intensidade utilizada no exercício foi mais específica quando comparada ao estudo de Eitner, Le Favi et al. (2011). Lake, Carden et al. (2012) concluem que a propriedade elástica da banda aumentou a produção mecânica, alterando a técnica e provavelmente os músculos alvo do exercício, podendo comprometer a integridade articular do joelho. Porém a não utilização regular de tal acessório pode ter influenciado

nos resultados. No entanto, nenhum dos estudos supracitados avaliou o efeito agudo da banda elástica de joelho na atividade mioelétrica dos músculos envolvidos no exercício agachamento. Apesar de existirem estudos que avaliaram a cinemática da articulação dos joelhos e a aceleração e deslocamento da barra com e sem o uso da banda elástica (Eitner, LeFavi et al. 2011; Lake, Carden et al. 2012), nenhum desses estudos avaliou tal efeito em diferentes intensidades. Como citado por Lake, Carden et al. (2012) é possível que a utilização da banda elástica de joelhos possa alterar o movimento do quadril, variável a qual ainda não foi analisada. Além disso, nenhum estudo avaliou o deslocamento medial da patela com e sem o uso da banda elástica em diferentes intensidades e tão pouco o efeito deste acessório na *performance* do *counter movement jump* (CMJ) e nas variáveis metabólicas.

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL:

Avaliar os efeitos da utilização da banda elástica de joelho no sinergismo muscular e na mecânica durante o agachamento em sujeitos treinados.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Experimento 1.

Quantificar as propriedades mecânicas das diferentes bandas elásticas de joelhos a partir de um teste de tração.

Experimento 2.

Quantificar a força pico em uma contração voluntária máxima isométrica sem e com o uso de dois tipos de banda elástica de joelho de diferentes níveis de resistência externa.

Experimento 3.

a) Mensurar o efeito agudo do uso da banda elástica de joelho em duas intensidades (60 e 90% de 1RM) na atividade dos músculos glúteo máximo e vasto lateral em indivíduos treinados através da eletromiografia de superfície.

b) Avaliar o pico dos ângulos articulares de joelho e quadril no plano sagital durante o meio-agachamento em sujeitos treinados com e sem o uso da banda elástica de joelhos em diferentes intensidades através da cinemática.

c) Quantificar o deslocamento linear no plano frontal da patela e deslocamento da barra, no plano sagital durante o meio-agachamento em indivíduos treinados com e sem o uso da banda elástica de joelho em diferentes intensidades, através da cinemática.

d) Quantificar os efeitos do uso da banda elástica de joelhos durante o meio-agachamento a 90%1RM, nas forças de reação do solo vertical de membros inferiores durante o *counter movement jump*.

e) Quantificar a cinética de remoção de lactato após a realização do meio-agachamento com e sem banda elástica de joelhos a 90%1RM.

f) Quantificar a percepção subjetiva de esforço (PSE) após a realização do meio-agachamento com e sem a banda elástica de joelhos.

4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A prática de exercícios de força máxima e força explosiva são comuns entre atletas e indivíduos treinados. Dentre os exercícios realizados, o agachamento é o que se atribui maior sobrecarga externa nos membros inferiores. Para tal, atletas e sujeitos treinados em força utilizam uma faixa flexível denominada banda elástica, que envolve a articulação do joelho com o objetivo de maximizar o desenvolvimento das repetições com uma determinada carga ou aumentar seu 1RM (Eitner, LeFavi et al. 2011). De acordo com Gomes, Coutinho e Marchetti (2013) a literatura é escassa quanto a real influência da banda elástica no controle da atividade dos músculos e padrão de movimento que envolvem as articulações do quadril e do joelho visando proporcionar potência e controle durante o agachamento, além do que, poucos estudos testaram os efeitos da banda elástica em indivíduos treinados. Portanto, o presente estudo justifica-se pela importância do conhecimento da influência do uso da banda elástica de joelho no sinergismo muscular e na mecânica de movimento durante o agachamento em sujeitos treinados.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de um estudo transversal, prospectivo, que foi dividido em três experimentos distintos, que foram realizados no laboratório de Performance Humana da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

Para atingir todos os objetivos do presente projeto foram realizados 3 experimentos sequenciais e complementares visando entender as características físicas da banda elástica de joelho, assim como sua interação com o usuário durante o exercício meio-agachamento. O experimento 1 se tratou de uma análise mecânica das características de tensão-deformação da banda elástica de joelhos, definindo, desta forma suas principais características mecânicas. O experimento 2 tratou da quantificação do efeito *carry-over*, sem e com diferentes tipos de banda elástica de joelhos (*Hard* e *Soft*), onde foi determinando o pico de força máxima atingida em contração isométrica na posição de 90° de flexão de joelhos durante o exercício meio-agachamento. O experimento 3 visou analisar o sinergismo muscular entre glúteo máximo e vasto lateral, diferenças na trajetória da barra e diferenças no deslocamento angular (joelho e quadril) com e sem o uso da banda elástica de joelhos em duas diferentes intensidades (60 e 90%1RM).

5.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Os critérios de inclusão adotados nos experimentos 2 e 3 foram: (i) indivíduos saudáveis e treinados em musculação de forma ininterrupta por mais de 1 ano, (ii) sem qualquer cirurgia prévia no membro inferior e ou tronco, (iii) sem quaisquer lesões ligamentares e ósteo-mioarticulares em membros inferiores e ou tronco.

5.2 RECRUTAMENTO E ADESÃO AO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE)

Todos os sujeitos recrutados para os experimentos 2 e 3 foram informados dos procedimentos experimentais por meio de uma reunião, na qual foram esclarecidos de forma clara e detalhada os objetivos, a metodologia, os benefícios relacionados ao estudo e os possíveis riscos envolvidos na pesquisa. Em seguida, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE, Anexo II), aprovado pelo Comitê de Ética

em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP (Protocolo #76/12 em Anexo I). A metodologia proposta foi formulada respeitando resoluções 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Os participantes foram submetidos as mesmas condições biomecânicas específicas do exercício meio-agachamento, amplamente utilizado pelos mesmos. Quando necessário, os procedimentos foram imediatamente interrompidos diante de qualquer relato ou observação de movimento fora do padrão normal do voluntário. Caso os voluntários referissem sintomas após a coleta dos dados, seriam encaminhados a Clínica de Fisioterapia da UNIMEP, setor de Fisioterapia Ortopédica, para receberem os cuidados adequados.

5.3 EXPERIMENTO 1: Análise das características mecânicas de diferentes tipos de banda elástica de joelhos.

5.3.1 Hipótese

O presente estudo teve como hipótese que os diferentes tipos de banda elástica testadas apresentariam características mecânicas diferentes, sendo que a banda *hard* apresentará maior resistência à tração máxima, maior módulo de elasticidade e menor alongamento de ruptura em comparação à banda *soft*.

5.3.2 Amostra

O experimento visou realizar testes mecânicos de deformação dos diferentes tipos de banda elástica (*Hard* e *Soft*) da marca Maba Murphy Confecções Ltda, ambas novas. Inicialmente, as diferentes bandas elásticas de joelho foram fotografadas através de um estereoscópio (Zeiss, modelo Discovery V8) com resolução de 1000 μ m, visando observar as diferenças no espaçamento das tramas (Figura 4). Então, foi utilizada uma máquina universal de ensaio (EMIC, modelo DL-10000) visando mensurar as características mecânicas (curva de tensão-deformação) de cada tipo de banda elástica de joelho (Figura 5).

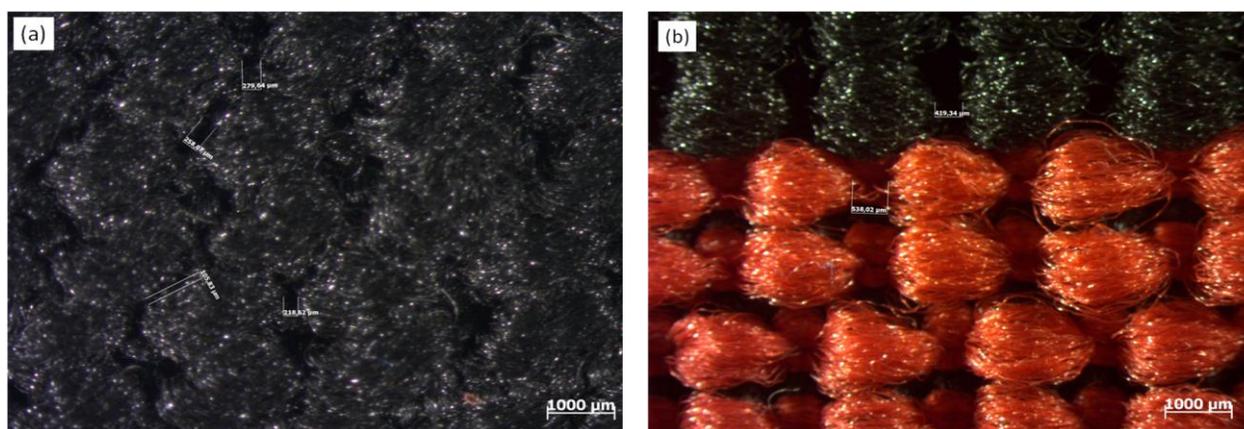


Figura 4. Fotografia de cada tipo de banda elástica através de um estereoscópio com resolução de 1000 μ m visando observar as distâncias entre tramas das bandas: (a) *hard* e (b) *soft*.

5.3.3 Procedimento e análise dos dados

Os corpos-de-prova para os ensaios mecânicos foram preparados com dimensões similares à 12mm de comprimento x 6mm de largura x 2 mm de espessura. Antes de serem ensaiadas, as amostras foram pesadas através de uma balança semi-analítica (Shimadzu, modelo BL 320H, Japão) e condicionadas em uma câmara climática (CIENLAB, modelo CE - 300/350 – U, Brasil) em ambiente com umidade relativa de 53% com temperatura entre 23-26 °C até atingirem massa constante após aproximadamente 15 dias) (Figura 5a). As dimensões dos corpos-de-prova foram determinadas utilizando-se um paquímetro (Digimess analógico, modelo Stainless Hardened, Brasil) com precisão de 0,05mm (Figura 5b). Então, os corpos-de-prova foram ensaiados em uma máquina universal de ensaio, com célula de carga (5kg de pico de carga) e uma velocidade de 50mm/min (Figura 5c).

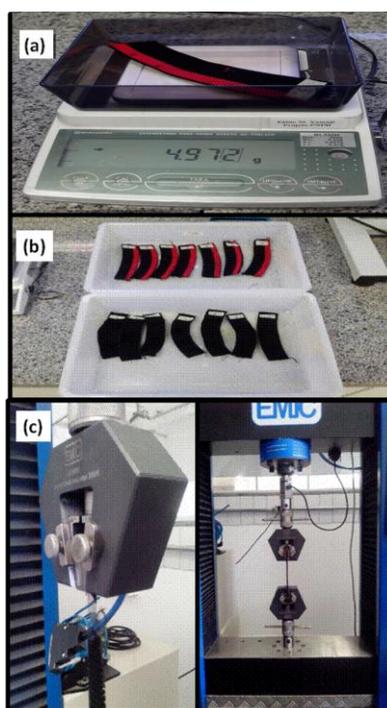


Figura 5. Protocolo experimental: (a) pesagem e controle das bandas, (b) amostras, (c) análise mecânica de tração.

A resistência à tração máxima, alongamento na ruptura e módulo de elasticidade foram determinadas a partir das curvas tensão-deformação (σ versus ϵ) das amostras analisadas (Figura 5 e 6). Foram realizados sete ensaios mecânicos para cada tipo de banda, conforme preconizado por ASTM D 683M (2011). Para a aquisição dos dados do módulo de elasticidade (E) foram utilizados os valores referentes a 3% do início da curva de tensão-deformação, para ambas as variáveis: resistência à tração máxima, e alongamento na ruptura. Então, foi aplicada a seguinte equação 1:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Equação 1. Módulo de elasticidade.

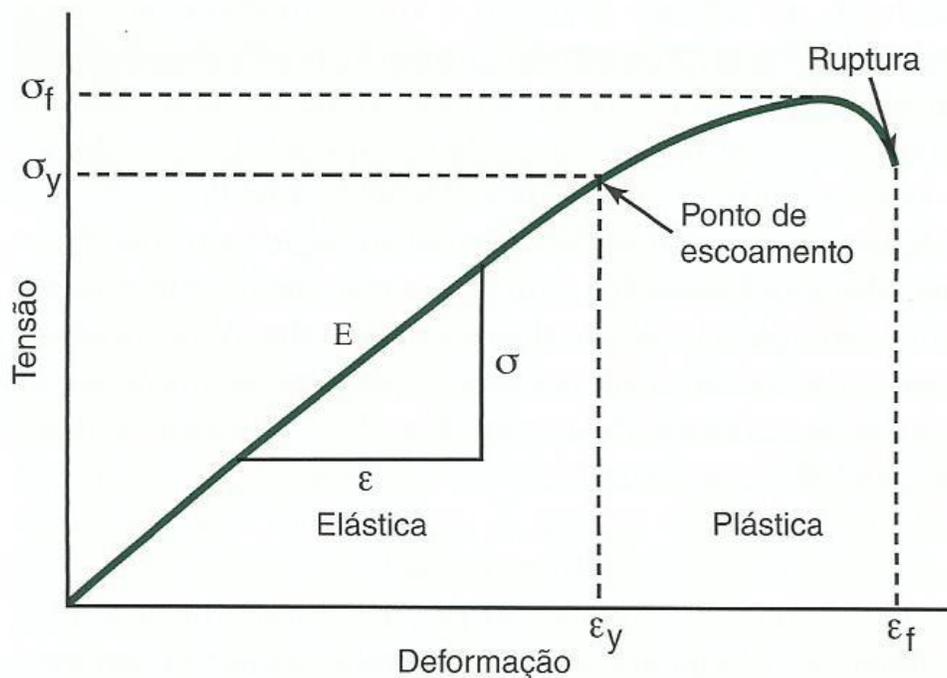


Figura 6. Curva de tensão-deformação idealizada, mostrando a região elástica e o módulo elástico (Hamil and Knutzen 2012).

5.3.4 Análise Estatística

A normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas utilizando o teste de *Shapiro-Wilk* e *Levene*. Todos os dados foram reportados através da mediana e amplitude do intervalo interquartil. Um teste de Wilcoxon Mann-Witney para amostras independentes foi utilizado para comparar as diferenças entre valores para cada variável analisada. Significância de 5% foi utilizada para todos os testes estatísticos, através do *software* SPSS versão 21.0.

5.3.5 Resultados

Os dados baseados em fotografia digital (figura 4) apresentaram diferentes distâncias entre tramas, sendo a banda *hard* ($215 \pm 77 \mu\text{m}$) e a *soft* ($478,5 \pm 84,14 \mu\text{m}$) ($P=0,002$).

Para a curva tensão-deformação (σ - ϵ) das amostras analisadas (figura 7), foi verificado um comportamento padrão característico de materiais elastoméricos demonstrado por Callister (2008)

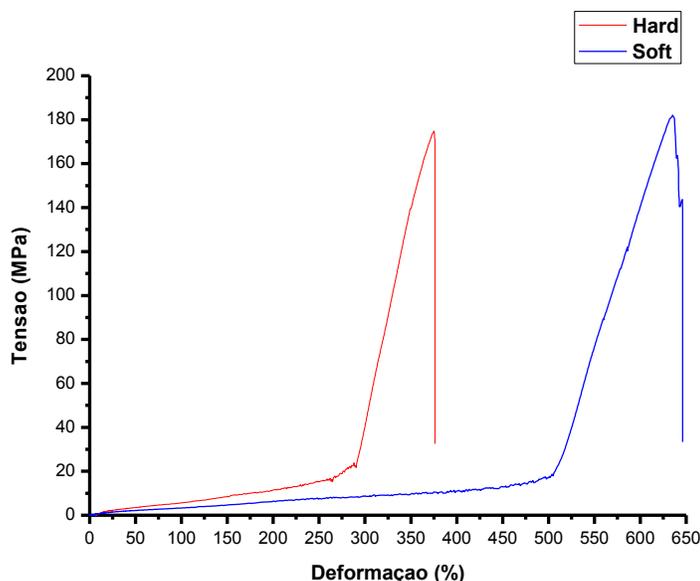


Figura 7. Gráfico representativo da curva tensão-deformação (stress-strain) dos diferentes tipos de bandas elásticas (*Hard* e *Soft*).

Os dados da análise mecânica (Figura 7) demonstraram diferença significativa para o módulo de elasticidade (módulo de Young) (*Hard*: $0,47\pm 0,03$ MPa e *Soft*: $0,27\pm 0,04$ MPa, $P=0,002$), sendo que a banda *Hard* apresentou maiores valores (Figura 8a), e para o ponto de alongamento na ruptura (*Hard*: $373,7\pm 18$ mm e *Soft*: $629,7\pm 49$ mm, $P=0,002$) a banda *soft* apresentou maiores valores (Figura 8b). No entanto, não foi verificada diferença significativa para a tensão máxima de ruptura entre as bandas (*Hard*: $177,2\pm 14$ MPa e *Soft*: $171,8\pm 31$ MPa, $P=0,027$) (Figura 8c).

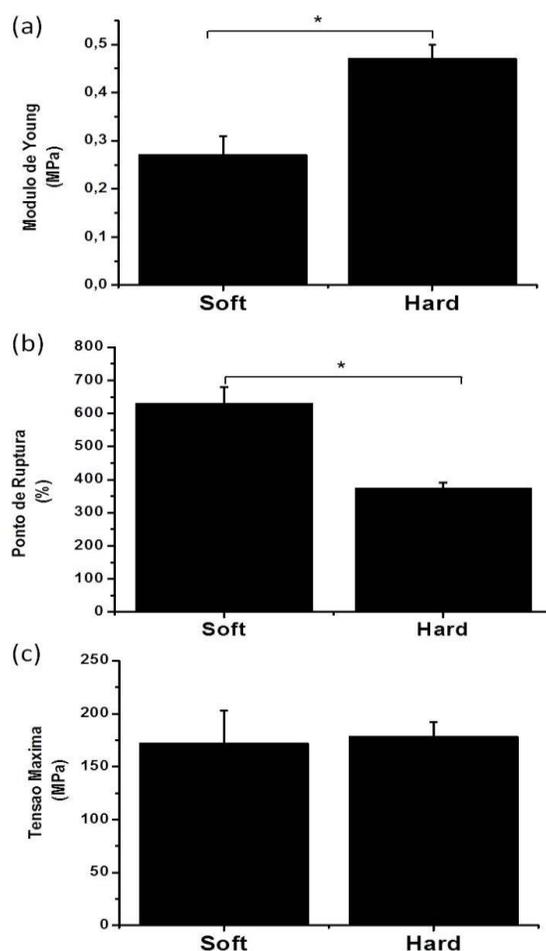


Figura 8. Mediana e amplitude do intervalo interquartil para as variáveis (a) módulo de Young; (b) ponto de ruptura; (c) tensão máxima, entre as bandas *hard*, e *soft*. * $P<0,05$.

5.3.6 Discussão

O objetivo do presente experimento foi observar as características físicas e quantificar as propriedades mecânicas dos diferentes tipos de banda elástica de joelhos, a partir de um teste de tração. A banda elástica pode ser caracterizada como um compósito, já que é composta por dois materiais (Callister 2008), sendo: 70% poliéster e 30% de elastodieno. O poliéster pode ser caracterizado como um polímero resistente com características mecânicas de deformação menores do que as apresentadas pelos elastômeros (Cowie and Arrighi 2008). O elastômero também pode ser classificado como um polímero, no entanto, é considerado um material de grande capacidade elástica (Cowie and Arrighi 2008).

As informações obtidas através das fotografias digitais mostraram que as diferentes bandas apresentaram diferenças nas distâncias entre tramas, sendo que para a banda *soft*, a distância entre tramas foi duas vezes maior do que a banda *hard*, confirmando nossa hipótese inicial.

No teste mecânico, foi possível observar uma diferença significativa no módulo de elasticidade e no alongamento de ruptura entre os tipos de banda (*Hard* e *Soft*). A banda *hard* apresentou um módulo de elasticidade 42,3% maior do que a *soft*, sendo que o alongamento até o ponto de ruptura da banda *soft* apresentou uma deformação de 41,15% maior do que a banda *hard*. Possivelmente, a banda *soft* apresentou maiores valores de alongamento na ruptura, devido à maior distância nos arranjos de suas tramas como verificado na figura 4. De acordo com Callister (2008) fatores como o arranjo e a orientação das fibras podem alterar a resistência e outras propriedades dos compósitos.

No caso da tensão para ruptura entre as bandas, não foi verificada diferença significativa entre as mesmas, e portanto, para essa variável, nossa hipótese inicial não foi confirmada. Provavelmente, os valores verificados para a tensão na ruptura foram determinados pelo poliéster devido à sua menor capacidade de deformação quando comparado ao elastômero (Cowie and Arrighi 2008). Assim, quando os corpos de prova foram testados o poliéster rompeu primeiro do que o elastômero. Apesar de não verificarmos diferença para a tensão máxima na ruptura entre as bandas, foi observada diferença significativa para a deformação na ruptura e para o módulo de elasticidade,

confirmando nossa hipótese inicial. Sendo assim, acredita-se que a distância entre as tramas seja o limitador da deformação e o poliéster o responsável pelo limite de tensão máxima das bandas elásticas analisadas.

5.3.7 Conclusão

Os diferentes tipos de banda elástica de joelhos (*Hard* e *Soft*) apresentaram características físicas (distância entre tramas) e mecânicas diferenciadas, com exceção para a tensão máxima na ruptura. Portanto, verificou-se que a distância entre as tramas foi um fator determinante nas características de alongamento máximo na ruptura e no módulo de elasticidade, e o poliéster o responsável pelo limite máximo de tensão das bandas elásticas analisadas.

5.4 EXPERIMENTO 2: Análise do efeito *carry-over* produzido pelos diferentes tipos de banda elástica durante o meio-agachamento isométrico máximo.

5.4.1 Hipótese

O presente estudo teve como hipótese que os tipos de banda apresentam um efeito *carry-over* diferente devido às suas características mecânicas distintas. A banda *hard* apresentaria maior efeito *carry-over* na força pico durante o exercício meio-agachamento em flexão de joelhos à 90° quando comparado a banda *soft*.

5.4.2 Participantes

A amostra foi composta por 10 indivíduos do sexo masculino (idade: 24±3 anos, estatura: 175±7 cm, massa: 80±9 kg), treinados em musculação por mais de 1 ano, aptos fisicamente para a realização do estudo. O número de sujeitos foi determinado utilizando um estudo piloto previamente realizado, utilizando o pico de força isométrica como variável dependente, com indivíduos que possuem as mesmas características das quais foram empregadas no presente estudo, baseado em significância de 5% e um poder do teste de 80% (Eng 2003).

5.4.3 Procedimentos

Os dados do pico de força isométrica foram coletados em uma única sessão, sendo inicialmente, realizado um breve aquecimento, familiarização com as diferentes condições experimentais (sem banda, com banda: *Soft e Hard*). A definição da largura do posicionamento dos pés, entre membros inferiores, foi realizada para cada sujeito durante a familiarização. A largura entre os membros inferiores foi marcada na plataforma e utilizada como referência para todas as tentativas e condições experimentais.

Os sujeitos realizaram o meio-agachamento isométrico máximo, posicionados com as coxas em paralelo ao solo, e braços cruzados na região do peito. Foram realizadas três tentativas de 3 segundos de contração voluntária máxima isométrica nas diferentes condições: sem banda elástica (SB), com a banda elástica *hard* (CBH) e com banda elástica *soft* (CBS), ambas novas. Uma célula de carga (CEFISE, Brasil) foi fixada perpendicularmente ao solo por uma corrente e presa a um cinto na região da

cintura do sujeito (Figura 9). A técnica de colocação da banda elástica foi em espiral (de fora para dentro) descrita por Coutinho (2011). A colocação da banda foi realizada sempre pelo mesmo pesquisador e o mais apertado possível. Foi mensurada a força pico durante os 3 segundos com intervalos de recuperação de 5 minutos foram entre as condições. Um *software* de aquisição para a célula de carga (CEFISE, Brasil) foi utilizado para armazenar os dados para posterior análise, à uma frequência de aquisição de 100Hz. Todas as condições foram aleatorizadas entre os sujeitos.

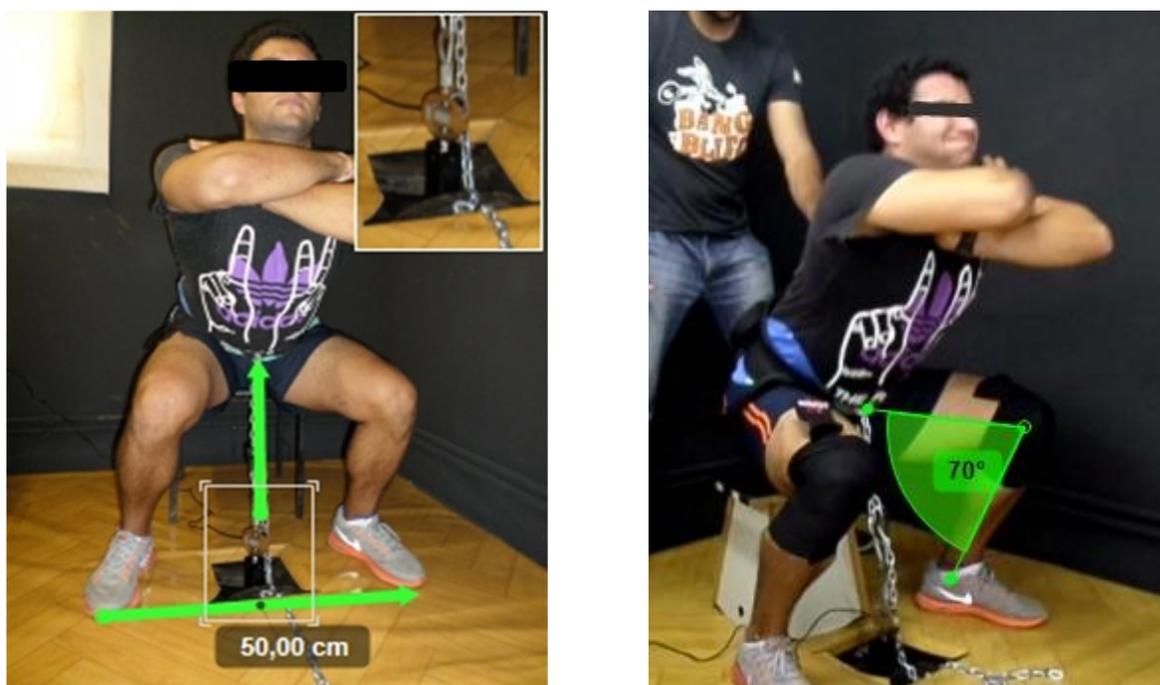


Figura 9. Foto demonstrativa nas duas condições experimentais (com e sem banda elástica de joelhos).

5.4.4 Análise dos dados

Os dados do pico de força durante contração isométrica máxima no exercício meio-agachamento, para cada tentativa e condição, foram filtrados por um filtro *Butterworth* de quarta ordem, passa-baixa de 10Hz e atraso de fase zero e então a média das 3 tentativas do pico de força, para cada condição, foi definida para posterior comparação.

5.4.5 Análise Estatística

A normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas utilizando o teste de *Shapiro-Wilk* e de *Levene*, respectivamente. Todos os dados foram reportados através da média e desvio padrão (DP) da média. A confiabilidade da variável dependente (pico de força) entre tentativas para cada condição (sem banda, com banda: *Soft* e *Hard*) foram determinadas através do coeficiente de correlação intra-classe (CCI), e então a média dos valores foi calculada. One Way ANOVA foi utilizada para comparar as diferenças no pico de força entre condições experimentais. O teste de *post hoc* de *bonferroni* (com correção) foi utilizado para verificar a existência de possíveis diferenças significantes entre as médias. O cálculo do tamanho do efeito (TE) foi realizado através da fórmula de Cohen e os resultados se basearam nos seguintes critérios: <0,35 efeito trivial; 0,35-0,80 pequeno efeito; 0,80-1,50 efeito moderado; e >1,50 grande efeito, para sujeitos treinados recreacionalmente baseado em Rhea (2004). Significância de 5% foi utilizada para todos os testes estatísticos, através do *software* SPSS versão 21.0. O coeficiente de correlação intraclass foi verificado para cada uma das condições (sem banda= 0,96; com banda *Hard*= 0,96; com banda *Soft*= 0,98).

5.4.6 Resultados

Foi verificado aumento significativo para o pico de força entre as condições com e sem banda: SB e CBH ($P<0,029$, $ES=1,27$, $\Delta\%=22\%$) e SB e CBS ($P<0,038$, $ES=1,20$, $\Delta\%=21\%$). No entanto, não foi verificada diferença significativa entre os diferentes tipos de banda (CBH e CBS). A Figura 10 demonstra a média e o desvio padrão do pico da força máxima isométrica para as diferentes condições (SB, CBH e CBS).

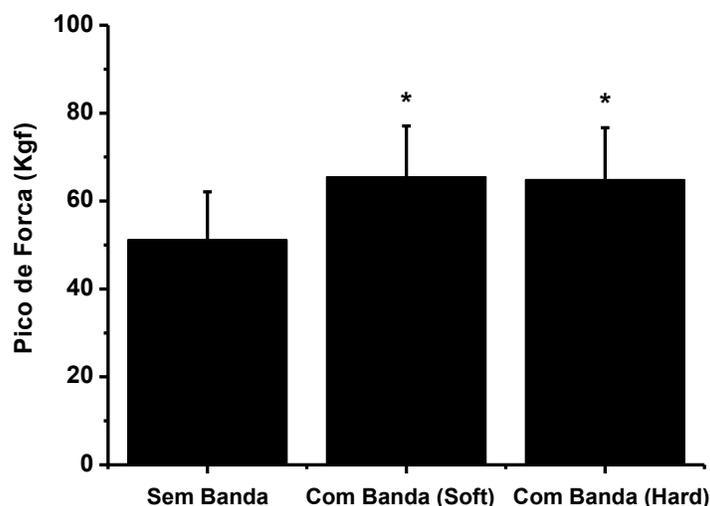


Figura 10. Média e desvio padrão do pico da força máxima isométrica durante o meio-agachamento em diferentes condições (sem banda, com banda *Hard*, com banda *Soft* respectivamente). *Diferença significativa entre as condições sem banda e com banda, $P < 0,05$.

5.4.7 Discussão

O objetivo do presente experimento foi comparar o efeito da utilização de diferentes tipos de bandas elásticas de joelhos (*Hard* e *Soft*) e sem banda, no pico de força isométrica máxima em sujeitos treinados durante a realização do exercício meio-agachamento. Nossa hipótese inicial foi que a utilização da banda elástica produziria o efeito *carry-over*, aumentando a produção de força dos sujeitos, independente do tipo de banda. E nossa segunda hipótese era de que os diferentes tipos de banda elástica de joelho apresentariam um efeito *carry-over* diferente devido às suas características mecânicas distintas, como verificado no experimento 1. A banda *hard* deveria apresentar maior efeito *carry-over* no pico de força isométrica máxima devido a seu maior módulo de elasticidade quando comparado à banda *soft*. Os resultados mostram diferença entre as condições CBH e SB ($P = 0,029$) e entre as condições CBS e SB ($P = 0,038$), resultando em um *carry-over* de 22% (ES = 1,27) e 21% (ES = 1,20)

respectivamente, e corroborando com os achados de Harman and Frykman (1990) que apesar de utilizarem um modelo de colocação da banda diferente, verificaram um *carry-over* de 25% quando comparadas as condições com e sem banda elástica de joelhos. No entanto, não foi verificado diferença significativa entre os tipos de banda elástica de joelhos, portanto nossas hipóteses foram parcialmente confirmadas.

Em relação ao efeito *carry-over*, foi verificado um aumento no pico de força isométrica máxima, provavelmente, devido à energia elástica armazenada no material (banda elástica) quando este sofreu certa deformação mecânica em função da flexão de joelhos à 90° (Coutinho 2011). A banda elástica de joelhos é composta por uma combinação de materiais (elastômero e poliéster), que possuem a capacidade de sofrer grandes deformações e retornar elasticamente à sua forma original, assemelhando-se às molas. Este efeito elástico, devido às ligações cruzadas do polímero, resultam em uma força capaz de retornar o material a suas conformações originais sem que haja uma deformação permanente (deformação plástica) (Callister 2008). Essa energia elástica produzida quando o material é deformado pode ser transferida em energia cinética e adicionada a força muscular durante o levantamento de pesos (Coutinho 2011).

Curiosamente, não foi observado diferença no pico de força isométrica entre os tipos de banda elástica (*Hard x Soft*). Essa similaridade pode ser explicada devido ao diferente número de voltas realizadas para envolver os joelhos dos sujeitos analisados. A banda elástica *soft* permitiu um maior número de voltas quando comparado à banda elástica *hard* (aproximadamente, duas voltas). Provavelmente, o maior número de voltas, permitido pela banda elástica *soft*, resultou em um aumento do número de fibras elásticas em paralelo, adicionando energia e compensando a maior resistência oferecida pela banda elástica *hard* (Ozkaya and Nordin 1998). Essa hipótese foi baseada no princípio dos compósitos laminados citado por Callister (2008), que afirma que a soma das camadas de compósitos sobrepostos resulta em uma resistência relativamente alta. De acordo, com as especificações do fabricante ambas as bandas elásticas são compostas por 70% poliéster e 30% de elastodieno. No entanto, fatores como o arranjo ou a orientação das fibras e o tempo de uso podem influenciar de forma significativa na resistência e em outras propriedades de compósitos reforçados com

fibras (Callister 2008). É importante enfatizar que ambos os tipos de banda (CBH e CBS), eram novos e a mesma técnica de colocação foi utilizada, portanto esta variável não deve ter influenciado os resultados apresentados, já que diferentes tipos de colocação alteram a disposição das fibras da banda. O presente experimento analisou o meio-agachamento isométrico máximo, visando observar o comportamento muscular sem a influência de seus componentes elásticos (ciclo alongamento-encurtamento, CAE). Entretanto, em atividades práticas de agachamento, onde se utilizam contrações dinâmicas, o efeito *carry-over* pode ser ampliado pela combinação dos efeitos mecânicos da banda elástica, CAE e velocidade de execução do exercício (Fukashiro, Hay et al. 2006; Brown 2008).

5.4.8 Conclusão

O uso da banda elástica de joelhos afeta o pico de força isométrica máxima no exercício meio-agachamento quando comparado à ausência no uso da banda. Entretanto, os diferentes tipos de banda não apresentaram diferenças no efeito *carry-over*. Para os treinadores, atletas e praticantes de ciências do esporte o uso da banda elástica de joelhos nas condições apresentadas parecem aumentar a força isométrica máxima durante o exercício meio-agachamento, independente do nível de rigidez da banda elástica.

5.5 EXPERIMENTO 3: Análise do sinergismo muscular entre glúteo máximo e vasto lateral, trajetória da barra e deslocamento angular de joelho e quadril com e sem o uso da banda elástica em duas diferentes intensidades (60 e 90%1RM).

5.5.1 Hipótese

O presente estudo tem as seguintes hipóteses: a) a utilização da banda alterará a ativação muscular (vasto lateral e glúteo máximo), o deslocamento articular (joelho e quadril) e a trajetória da barra durante o meio-agachamento, devido a compressão articular advinda da banda, apenas para a intensidade de 90%1RM; b) alterará a ativação muscular (vasto lateral e glúteo máximo) e a força de reação do solo vertical durante saltos verticais quando precedido pela realização do meio-agachamento com a banda, devido a compressão articular advinda da banda, apenas para a intensidade de 90%1RM; c) alterará a participação da via glicolítica devido a uma possível vasoconstrição advinda da banda após a realização do meio-agachamento, apenas para a intensidade de 90%1RM.

5.5.2 Participantes

A amostra foi composta por 14 indivíduos do sexo masculino (idade: 24 ± 4 anos, estatura: 176 ± 6 cm, massa: 81 ± 11 kg, 1RM: 107 ± 30 kg), treinados em musculação por mais de 3 anos, aptos fisicamente para a realização do estudo. O número de sujeitos ($n=14$) foi determinado utilizando um estudo piloto previamente realizado, com indivíduos que possuíam as mesmas características das que foram empregadas no presente estudo, baseado em significância de 5% e um poder do teste de 80% (Eng 2003).

5.5.3 Procedimentos

Os sujeitos se apresentaram no laboratório em duas sessões distintas, espaçadas de no mínimo 48hs.

Sessão 1: na primeira sessão, foram realizadas medidas de estatura (cm), massa corporal (Kg) e os sujeitos foram questionados quanto ao tempo de prática em

treinamento de força (anos), especificamente no exercício meio-agachamento e idade em anos. Então, os sujeitos foram submetidos à duas familiarizações, a primeira foi composta por 4 séries de 10 repetições utilizando 50% da massa corporal durante o exercício meio-agachamento com e sem a banda elástica de joelhos. Os sujeitos realizaram o exercício meio-agachamento com a amplitude do movimento limitada pelo momento em que a coxa atingia a posição paralela ao solo e a distância entre os membros inferiores foi proporcional a largura do quadril, a qual foi determinada através de avaliação visual. Após o posicionamento dos pés no solo, o local foi demarcado para garantir que os sujeitos posionassem seus pés sempre com a mesma distância entre tarefas. A segunda familiarização foi realizada utilizando o teste de salto vertical "*counter-movement jump*" à 90° de flexão de joelhos (CMJ 90°) (Figura 9).

Após 10 minutos de descanso, um teste de carga máxima foi realizado (1RM) para o exercício meio-agachamento, apenas na condição sem a banda elástica de joelhos, visando determinar posteriormente os valores de sobrecarga externa (60 e 90%1RM). A técnica para a realização do teste de 1RM se baseou nas orientações da "American Society of Exercise Physiologists" (Brown 2008) (Figura 11).



Figura 11. Teste de carga máxima (1RM).

Sessão 2:, foi realizado um breve aquecimento utilizando o meio-agachamento, seguido de 3 saltos máximos (CMJ90°). Após o CMJ90°, foi realizada a coleta de lactato (apenas no caso das condições sem banda e com banda à 90%1RM). Então, após 3

minutos, as condições principais foram realizadas, utilizando 3 repetições do meio-agachamento, em cadência auto-selecionada. As condições e intensidades foram aleatorizadas: com banda (*hard*) à 90%1RM, sem banda à 90%1RM, com banda (*hard*) à 60%1RM, sem banda à 60%1RM. O tempo de intervalo entre as séries foi de 3 minutos, baseado no tempo necessário para a ressíntese da creatina fosfato, fonte energética predominante em exercícios de força máxima, e assim, garantindo a recuperação metabólica necessária e ressíntese dos substratos energéticos predominantes (McArdle, Katch et al. 1998). Após as condições à 90%1RM, foi coletado novamente o lactato e foram realizados mais 3 saltos máximos (CMJ90°). Segue abaixo o design experimental (Figura 12).

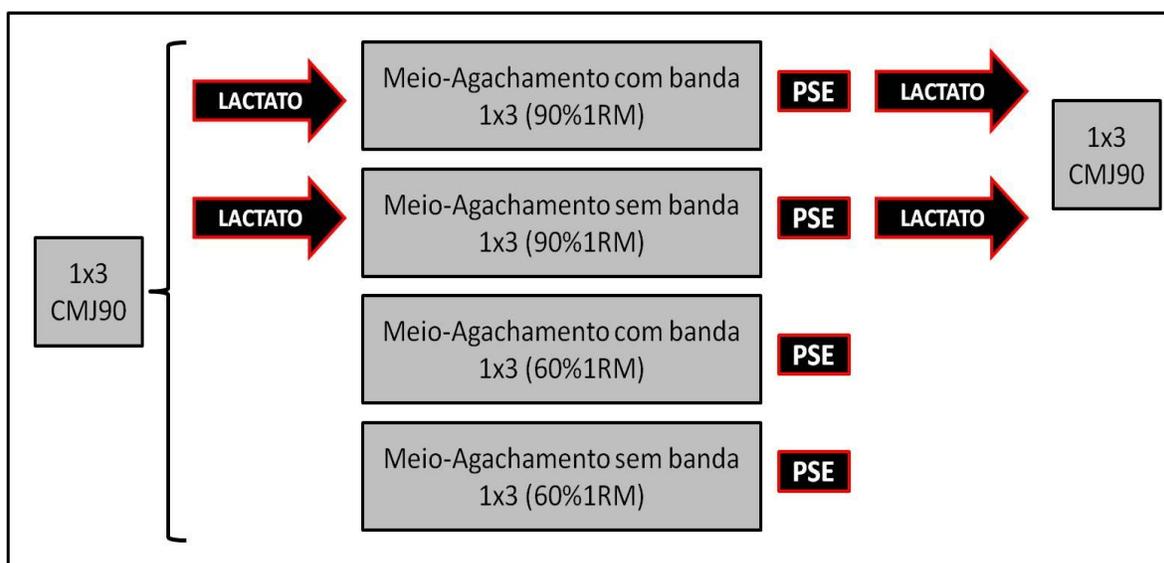


Figura 12. Desenho experimental da sessão 2.

Intervenção:

Nas condições com banda, foi utilizada uma banda elástica nova de 0,02 x 0,08 x 2,00m e composta por tecido de algodão pesado com filamentos entrelaçados de borracha elástica (Maba Murphy Confecções Ltda, Brasil). A técnica de colocação da banda elástica adotada foi a em espiral (Figura 13), sendo a mesma colocada sempre pelo mesmo pesquisador, reduzindo a variabilidade inter-avaliadores e o mais apertado possível.



Figura 13. Forma de colocação da banda elástica em espiral.

Medidas:

Teste de salto vertical (counter-movement-jump, CMJ90°)(Figura 14): Para a realização do CMJ90°, os sujeitos foram posicionados sobre uma plataforma de força (EMG System do Brasil) e efetuaram três saltos máximos. Todos os saltos foram realizados com as mãos apoiadas no quadril para que não afetassem a propulsão dos membros inferiores. Dados da atividade muscular de glúteo máximo e vasto lateral foram adquiridos através de um eletromiógrafo (EMG System do Brasil, Brasil) integrado à plataforma de força. A avaliação do CMJ90° foi realizada no início e após a execução dos meio-agachamentos (sem e com banda) apenas para a condição de 90%1RM.

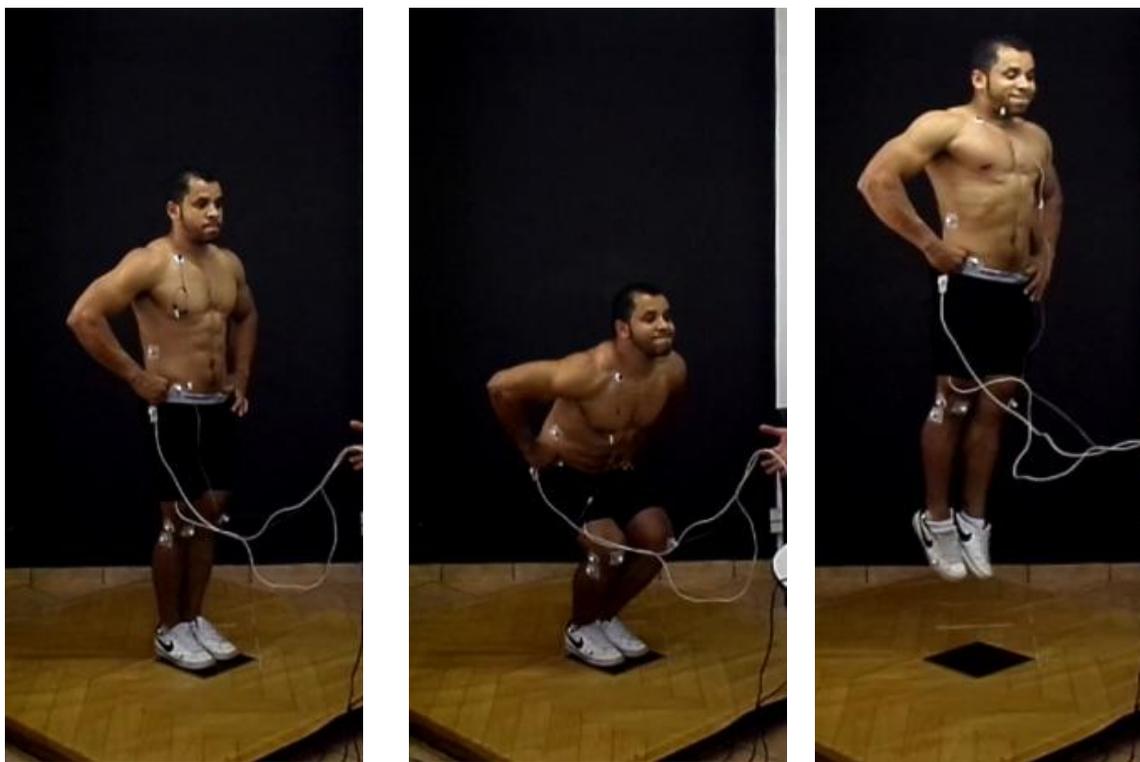


Figura 14. Demonstrativo do *counter-movement jump*.

Coleta de Lactato (Figura 15): foram utilizadas lancetas descartáveis para perfurar a ponta dos dedos dos sujeitos. Em seguida, foram coletados 25 μ L de sangue (por coleta), através de capilares heparinizados. O sangue foi armazenado em *ependorfs* contendo 50 μ L de solução de fluoreto de sódio a 1%, para posterior análise. As coletas de lactato sanguíneo foram realizadas apenas nos momentos pré e pós-meio-agachamento com e sem banda para a intensidade de 90% de 1RM. Foi utilizando 1 minuto de intervalo entre as coletas e a tarefa principal.



Figura 15. Procedimento de coleta de lactato.

Percepção Subjetiva de Esforço CR-10 (PSE): refere-se a tensão relativa sobre o sistema musculoesquelético, cardiovascular e respiratório, geralmente é relacionada a intensidade da tarefa (Tiggemann, Pinto et al. 2010). A PSE foi realizada imediatamente após a realização de todas as condições de meio-agachamento, onde os sujeitos foram questionados sobre sua percepção subjetiva de esforço (PSE) utilizando uma escala de 0 a 10. Onde o número 0 significa que na percepção de esforço do sujeito foi inexistente na realização da tarefa. Já 10 significa que a tarefa realizada pelo sujeito exigiu um esforço máximo percebido pelo mesmo (Borg 2000).

Análise da Força de Reação do Solo Vertical (FRSv): a FRSv foi adquirida através de uma plataforma de força (EMG system do Brasil, Brasil), foi posicionada abaixo do pé dominante dos sujeitos durante as tarefas, e foi integrada ao dados eletromiográficos. Tais informações visaram definir as fases excêntrica e concêntrica do meio-agachamento durante a análise do sinal sEMG. A FRSv também foi coletada durante os CMJ90°, apenas para as intensidades de 90% de 1RM, com e sem banda elástica. Foi utilizada uma frequência de aquisição de 2000Hz.

Análise da Eletromiografia Superficial (sEMG): o sinal sEMG foi adquirido durante os CMJ90° e as condições de meio-agachamento. Para a coleta dos dados de sEMG, foi utilizado um eletromiógrafo de 2 canais (EMG System do Brasil, Brasil). Foram utilizados pares de eletrodos ativos de superfície com ganho de 10x, circulares, auto-adesivos, Ag/AgCl com 1cm de raio, com espaçamento de 2 cm de centro a centro entre os eletrodos, associados à um gel condutor, sendo colocados sobre o Glúteo Máximo

(GM) e Vasto Lateral (VL). A localização específica de cada eletrodo foi norteadada segundo as recomendações do SENIAM (*Surface EMG for a non-invasive assessment of muscles*) (Hermens, Freriks et al. 2000). Os eletrodos foram posicionados como segue: GM na porção média a 50% entre a crista ilíaca e o trocânter maior e para o VL foi a 2/3 na linha a partir da espinha ilíaca anterior superior da porção lateral da patela. Para a colocação dos eletrodos os pelos foram removidos da região e leve abrasão foi realizada na pele para remoção das células mortas e aumento da impedância na interface pele-eletrodo (Figura 16).



Figura 16. Posicionamento dos eletrodos superficiais de eletromiografia.

O eletrodo monopolar de referência auto-adesivo, Ag/AgCl com 1cm de diâmetro, associado à um gel condutor, foi colocado na proeminência óssea da clavícula do lado direito dos sujeitos (Figura 17). A aquisição dos dados sEMG foi feita a uma frequência de 2000 Hz.



Figura 17. Posicionamento do eletrodo de referência (terra).

Para a normalização dos dados sEMG, foi realizada uma tarefa de contração voluntária máxima isométrica (CVMI) específica para cada músculo avaliado, onde foram coletados os dados sEMG específicos para posterior normalização das tarefas principais. Os procedimentos para a realização do CVMI se basearam nas orientações de Winter (1990) e foram realizados separadamente através de contrações máximas isométricas de 5 segundos (glúteo máximo: em extensão de quadril com os joelhos em semi-flexão e vasto lateral: em 90° de flexão de joelhos), ambos contra uma resistência externa fixa imposta pelo avaliador (Figura 18).

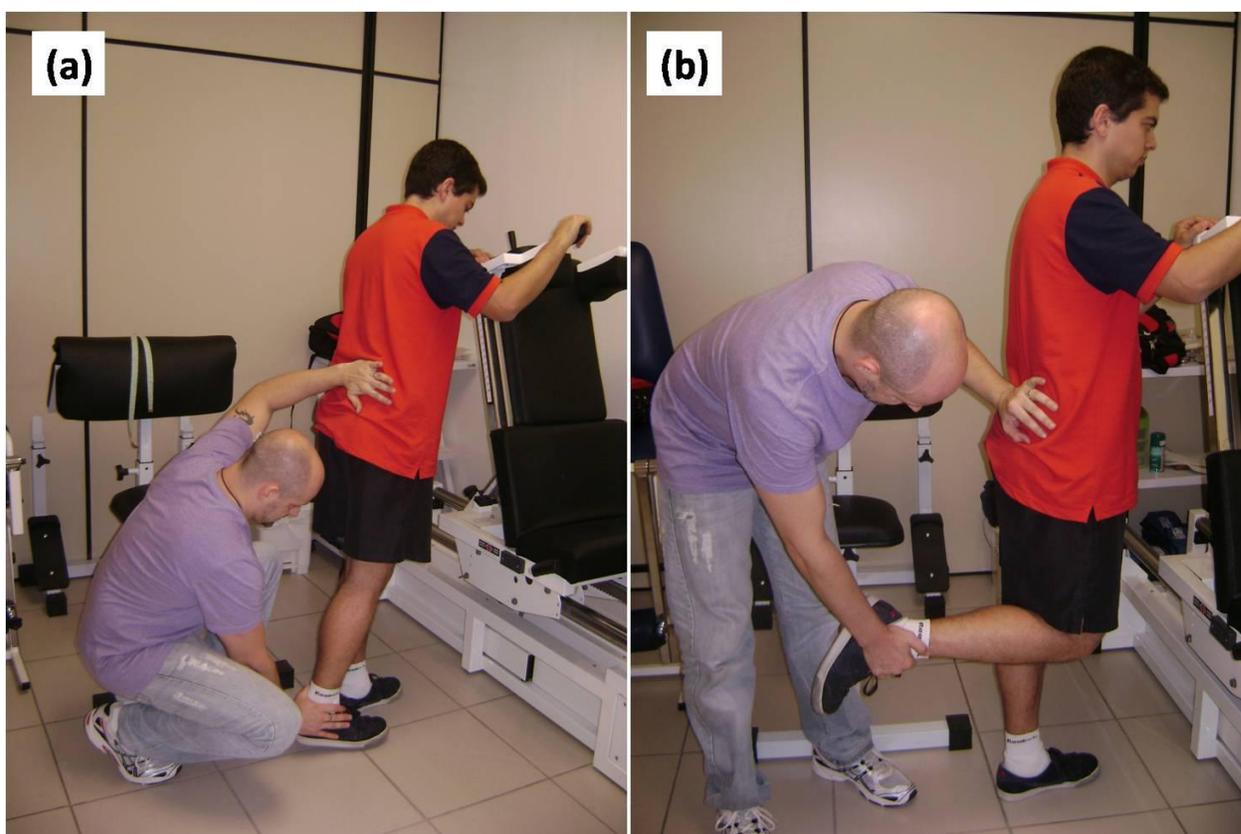


Figura 18. Procedimento de avaliação da CVMI para: (a) glúteo máximo, (b) quadríceps femoral.

Análise Cinemática: Durante a tarefa com e sem a banda elástica e nas diferentes intensidades, o movimento dos membros inferiores e do tronco foram registrados com um sistema de duas câmeras, à frequência de aquisição de 30Hz. Uma câmera foi posicionada perpendicularmente ao plano de deslocamento do membro inferior dominante do sujeito (plano sagital) e a outra câmera foi posicionada perpendicularmente ao plano frontal do sujeito (em frente ao mesmo) (Figura 19).

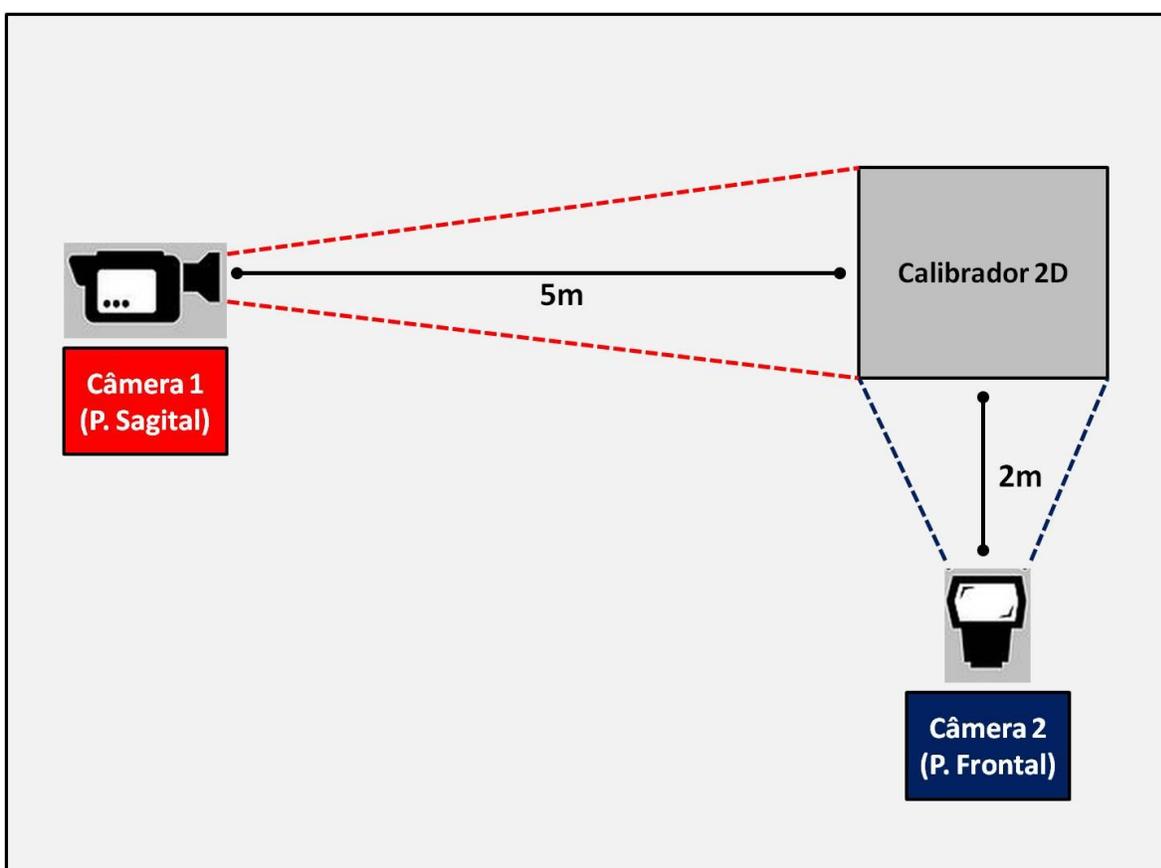


Figura 19. Posicionamento das câmeras nos plano sagital e frontal em relação ao sujeito durante as tarefas.

As marcas de referência foram colocadas nos membros inferiores e tronco apenas no membro dominante, nos seguintes pontos anatômicos: 7° costela, crista ilíaca ântero-superior, trocânter maior, côndilo lateral do fêmur, cabeça da fíbula, maléolo

lateral, 5° metatarso. Uma marca foi adicionada à barra para análise de sua trajetória no plano sagital (Figura 20).



Figura 20. Posicionamento das marcas de referência no plano sagital.

A calibração foi realizada através de um calibrador 2D posicionado perpendicularmente ao eixo óptico da câmera, perpendicularmente ao plano de movimento (sagital ou frontal). Os dados da cinemática 2D foram processados através do programa específico (SkillSpector, 1.3.2) (Figura 21).

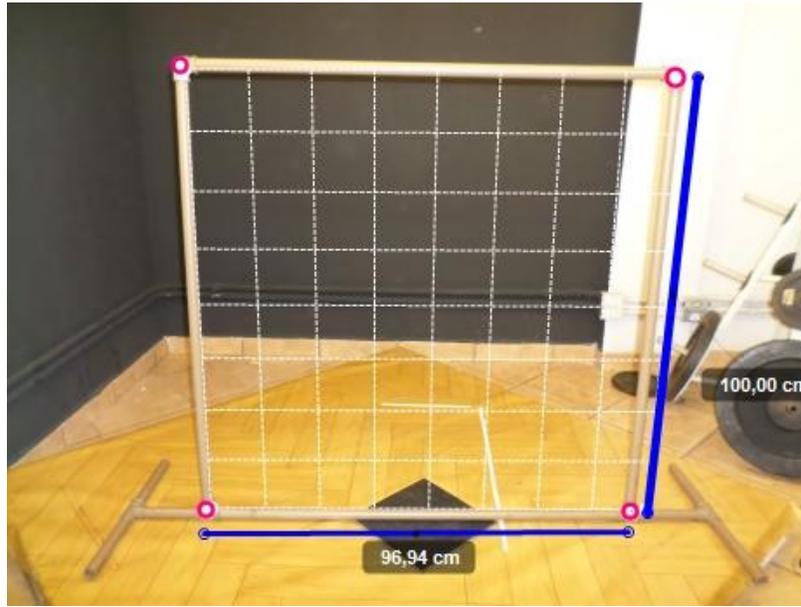


Figura 21. Calibrador para análise 2D.

5.5.4 Análise de Dados

Análise dos Saltos (CMJ90°): a FRSv coletada durante os saltos foi analisada para ambas as condições (pré e pós meio-agachamento) à 90%1RM, com e sem banda. Os dados foram filtrados com um filtro passa-baixa de 100Hz, tipo *Butterworth* de quarta ordem e atraso de fase zero. O salto foi definido através da FRSv, no início e final da fase propulsiva do salto (Figura 22), e integrada aos dados sEMG de vasto lateral e glúteo máximo. Para os dados de FRSv, as seguintes variáveis foram analisadas: (1) impulso, que foi calculado pela integral da FRSv e (2) tempo de salto, que foi definido pelo tempo de contato na fase propulsiva do salto (Dowling and Vamos 1993).

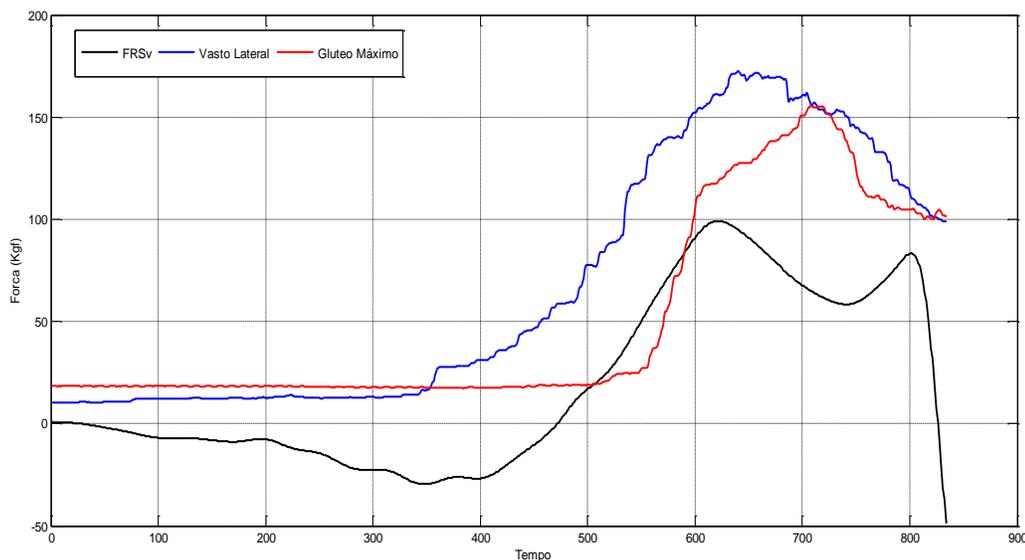


Figura 22. Gráfico demonstrativo da força de reação do solo vertical e atividade muscular de vasto lateral e glúteo máximo.

Análise da participação da via glicolítica: O lactato foi medido através do equipamento *Yellow Springs*, e para verificar a remoção do lactato foram analisadas amostras de sangue antes e após as condições de meio-agachamento apenas para a intensidade de 90%1RM.

Análise da Atividade Muscular (sEMG): Todos os dados sEMG foram processados através de uma rotina escrita no *software* Matlab (Mathworks Inc., USA). Os dados sEMG foram definidos através da FRSv, advindo da plataforma de força, durante todas as tarefas realizadas. O processamento do sinal sEMG (dados da CVMI e tarefas) seguiu a seguinte ordem: os sinais sEMG foram filtrados com um filtro *Butterworth* de 4ª ordem, passa banda entre 20-400 Hz, e atraso de fase zero, então os dados sEMG foram processados por uma *root-mean square (RMS)* janelada a 150 ms (de ponto à ponto)(RMS EMG). Então os dados sEMG das tarefas foram normalizados pelo pico da CVMI e também na base temporal, para todas as condições e intensidades. Então, o RMS EMG normalizado foi integrado (IEMG).

Análise Cinemática: Os dados cinemáticos foram filtrados com um filtro *Butterworth* de 4ª ordem, passa-baixa a 10 Hz e atraso de fase zero. As análises cinemáticas foram divididas em duas fases de acordo com os dados adquiridos em ambas as câmeras: análise 1 (plano sagital): foram digitalizados as marcas que definiram os ângulos articulares de quadril e joelho (7° costela, crista íliaca ântero-superior, trocânter maior, côndilo lateral do fêmur, maléolo lateral) (Figura 23a) e a trajetória da barra. A trajetória da barra foi dividida em seu deslocamento linear horizontal e vertical, sendo o vertical normalizado pela estatura de cada sujeito (Figura 23b).

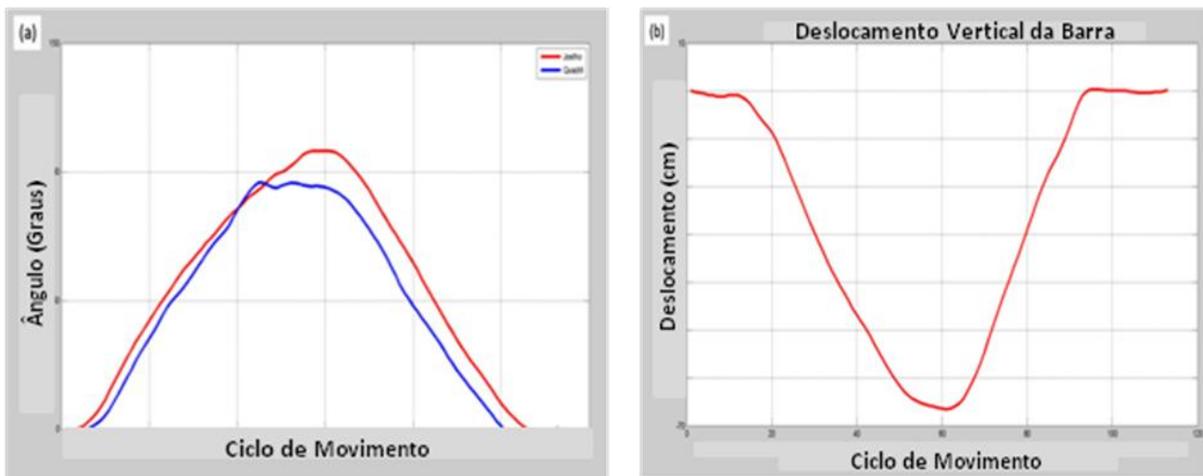


Figura 23. Gráfico demonstrativo dos (a) ângulos articulares de joelho e quadril e (b) trajetória da barra no plano sagital.

5.5.5 Análise Estatística

A normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas utilizando o teste de *Shapiro-Wilk* e de *Levene*, respectivamente. Todos os dados foram reportados através da média e desvio padrão (DP) da média. ANOVA (2X2) foi utilizada com medidas repetidas para comparar as diferenças na PSE. ANOVA (2X2) foi utilizada com medidas repetidas para comparar as diferenças no impulso, tempo de salto e $IEMG_{\text{salto}}$ (vasto lateral e glúteo máximo) nas condições pré e pós (com e sem banda) do meio-agachamento a 90%1RM. ANOVA (2X2) foi utilizada com medidas repetidas para comparar as diferenças no deslocamento angular de joelho e quadril, deslocamento vertical e horizontal da barra, as forças de reação do solo vertical, altura de voo e

cinética de remoção de lactato sanguíneo entre as duas condições (com e sem banda elástica) e entre os dois tipos de intensidades (60 e 90%1RM). Para a IEMG de cada músculo analisado de forma independente (VL e GM) foi utilizado um teste t de *student* pareado. A confiabilidade das variáveis dependentes (IEMG e cinemática) foram determinadas utilizando o coeficiente de correlação intra-classe (CCI). O cálculo do tamanho do efeito (TE) foi realizado através da fórmula de Cohen e os resultados se basearam nos seguintes critérios: <0,35 efeito trivial; 0,35-0,80 pequeno efeito; 0,80-1,50 efeito moderado; e >1,50 grande efeito, para sujeitos treinados recreacionalmente baseado em Rhea (2004). Significância de 5% foi utilizada para todos os testes estatísticos, através do *software* SPSS versão 21.0.

5.5.6 Resultados

5.5.6a Análise do Salto Vertical (CMJ):

Para o tempo de salto (Figura 24) foi verificada diferença significativa entre as condições pós meio-agachamento (com e sem banda) ($P=0,044$, $TE=1,02$), sendo que os maiores valores foram observados para a condição sem banda.

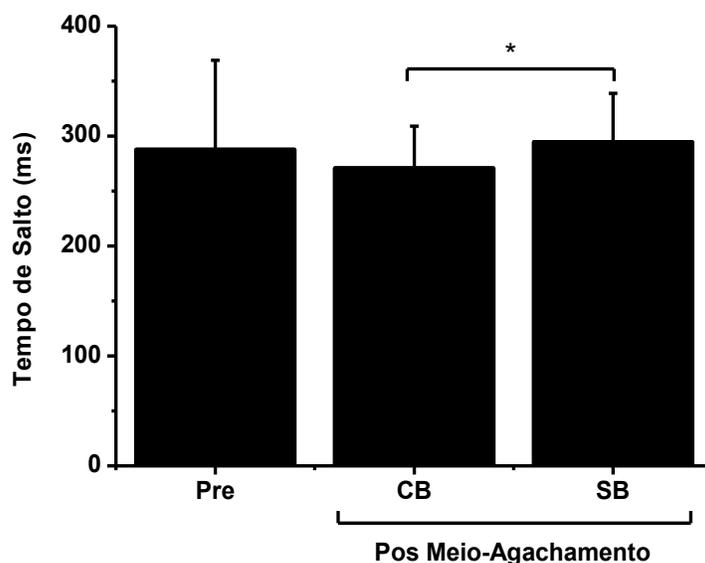


Figura 24. Média e desvio padrão do tempo de salto para as condições pré e pós-

meio-agachamento (com e sem banda). * $P < 0,05$.

Para o impulso (Figura 25) não foram verificadas diferenças significantes entre as condições.

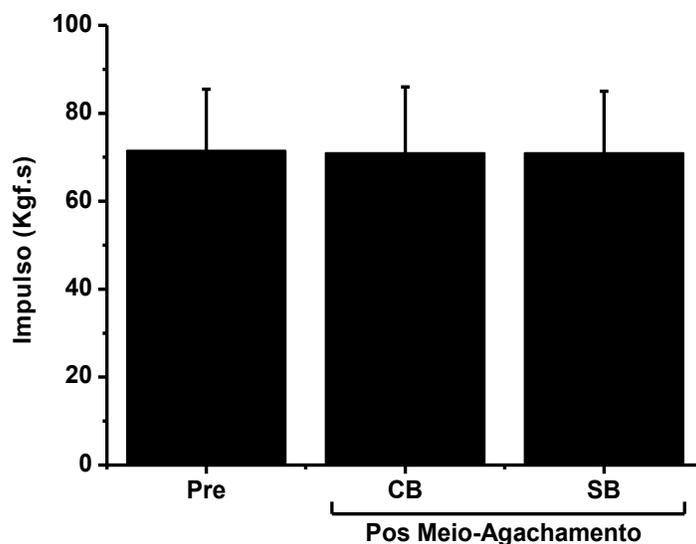


Figura 25. Média e desvio padrão do impulso para as condições pré e pós meio-agachamento (com e sem banda). * $P < 0,05$.

Para a IEMG de vasto lateral (Figura 26) foi verificada diferença significante entre as condições pré e após o meio-agachamento (com banda) ($P=0,029$, $TE=1,68$), sendo que os maiores valores foram observados para a IEMG com banda. Para a IEMG de glúteo máximo (Figura 26) não foram verificadas diferenças significante entre as condições.

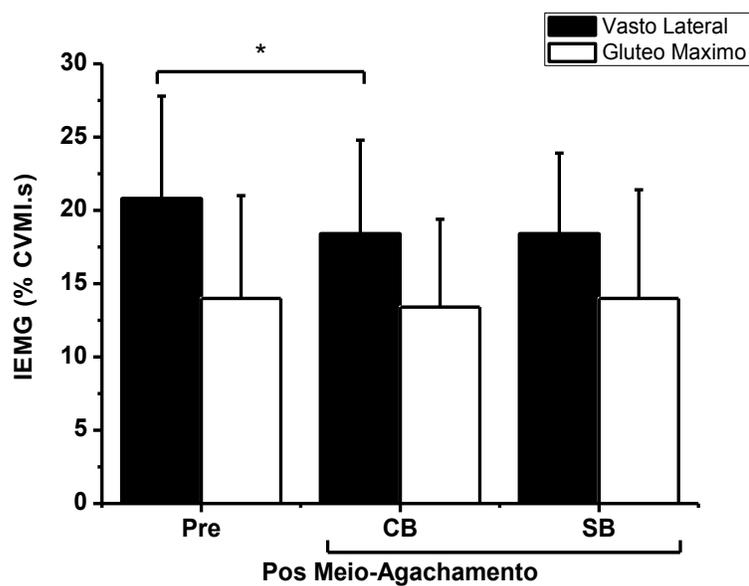


Figura 26. Média e desvio padrão da atividade muscular (IEMG) de vasto lateral e glúteo máximo para as condições pré e pós meio-agachamento (com e sem banda). * $P < 0,05$.

5.5.6b Análise da Participação da via glicolítica:

Para a análise da variação na remoção de lactato não foi verificada diferença significativa entre as condições (com e sem banda) para a intensidade de 90%1RM (Figura 27).

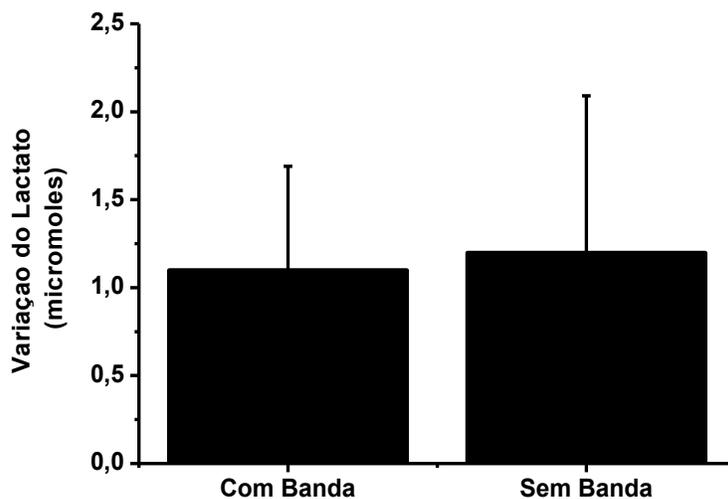


Figura 27. Média e desvio padrão da participação da via glicolítica entre as condições com e sem a banda elástica de joelhos, para a intensidade de 90%1RM.

5.5.6c Análise da PSE: Para a PSE (Figura 28) foi verificado aumento significativo entre as intensidades (60 e 90%1RM) para cada condição: com banda ($P<0,001$, $TE=1,5$) e sem banda ($P<0,001$, $TE=1,5$). Entretanto, não foram observadas diferenças significantes entre as condições (com e sem banda) nas duas intensidades (60 e 90%1RM).

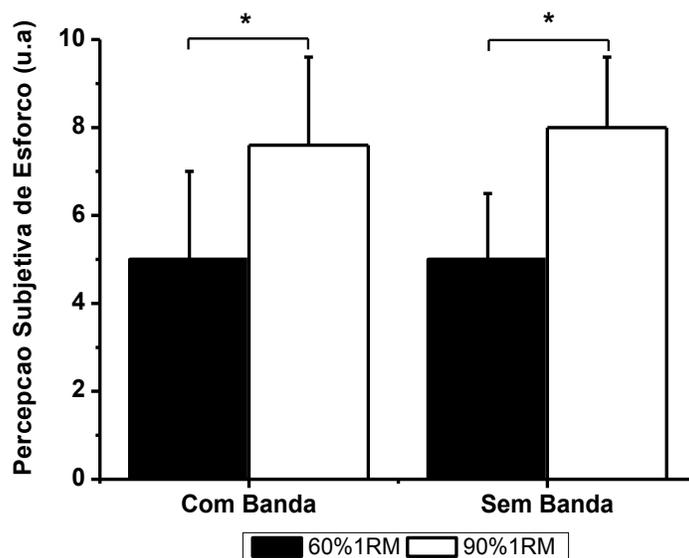


Figura 28. Média e desvio padrão da percepção subjetiva de esforço para as condições com e sem banda nas duas intensidades (60 e 90%1RM). * $P < 0,05$.

5.5.6d Análise da Atividade Mioelétrica:

A tabela 1 apresenta os CCI para os músculos vasto lateral e glúteo máximo nas condições (com e sem banda) e intensidades (60 e 90%1RM).

Tabela 1. Coeficientes de correlação intra-classes para os músculos vasto lateral e glúteo máximo nas condições (com e sem banda) e intensidades (60 e 90%1RM).

| | | 60%1RM | 90%1RM |
|---------------|-----------|--------|--------|
| Vasto Lateral | Com banda | 0,86 | 0,80 |
| | Sem banda | 0,82 | 0,88 |
| Glúteo Máximo | Com banda | 0,93 | 0,89 |
| | Sem banda | 0,99 | 0,94 |

Para a IEMG de vasto lateral (Figura 29) foi verificado aumento significativo entre as condições (com e sem banda) para cada intensidade: 60%1RM ($P=0,013$, $TE=0,93$) e 90%1RM ($P=0,037$, $TE=0,64$).

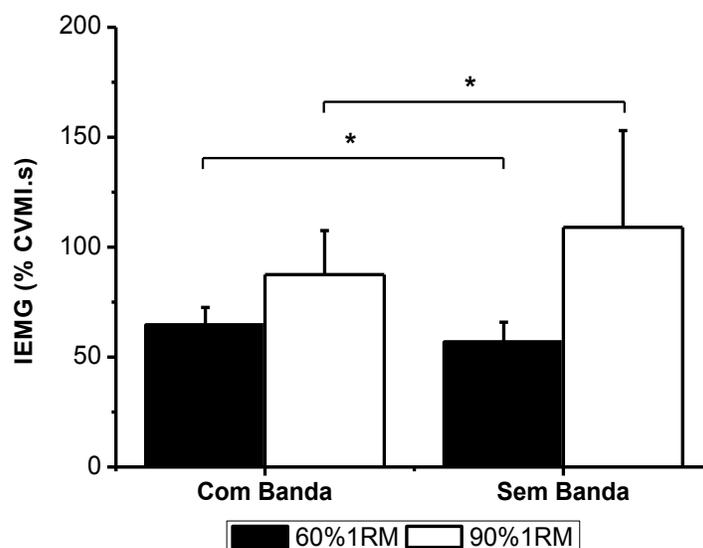


Figura 29. Média e desvio padrão da atividade mioelétrica do vasto lateral para as condições com e sem banda nas duas intensidades (60 e 90%1RM). * $P < 0,05$.

Para a IEMG de glúteo máximo (Figura 30) foi verificado aumento significativo apenas para a intensidade de 60%1RM ($P=0,014$, $TE=0,74$).

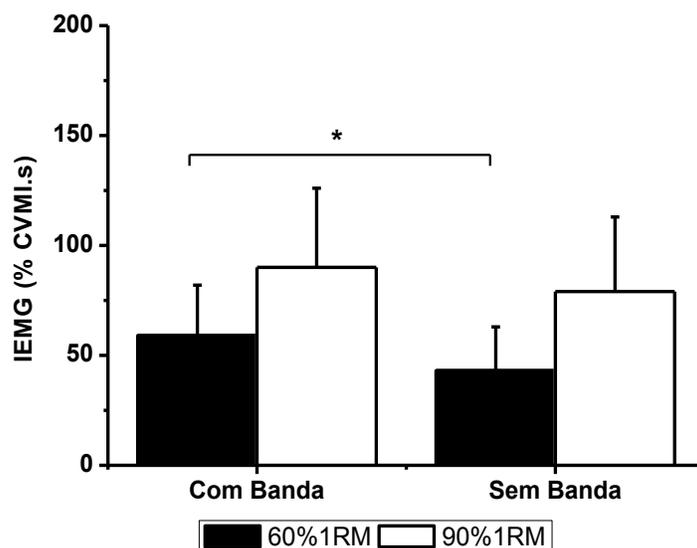


Figura 30. Média e desvio padrão da atividade mioelétrica do glúteo máximo para as condições com e sem banda, nas duas intensidades (60 e 90%1RM). * $P<0,05$.

5.5.6e Análise Cinemática:

A tabela 2 apresenta os CCI para os valores máximos de deslocamento angular de joelho e quadril nas intensidades (60 e 90%1RM) e condição (com e sem banda) para as 3 tentativas.

Tabela 2. Valores dos coeficientes de correlação intra-classes para os valores máximos de deslocamento angular de joelho e quadril nas intensidades (60 e 90%1RM) e condição (com e sem banda) para as 3 tentativas.

| Articulação | 60CB | 60SB | 90CB | 90SB |
|----------------|------|------|------|------|
| Joelho | 0,88 | 0,84 | 0,98 | 0,91 |
| Quadril | 0,90 | 0,85 | 0,97 | 0,89 |

Legenda: CB - com banda elástica; SB- sem banda elástica.

Para o deslocamento angular de quadril (Figura 33) foi verificada diferença significativa apenas sem o uso de banda elástica entre as intensidades de 60 e 90%1RM, sendo que com os maiores valores são observados para a condição de 60%1RM ($P=0,009$, $TE=0,60$).

Para o pico do deslocamento angular de joelho (Figura 31) foi verificada diferenças significantes com o uso de banda elástica e sem o uso da banda elástica para as duas intensidades 60%1RM ($P<0,001$, $TE=1,38$) e 90%1RM ($P=0,018$, $TE=0,86$), sendo que para ambos, os maiores valores foram observados na condição de sem banda.

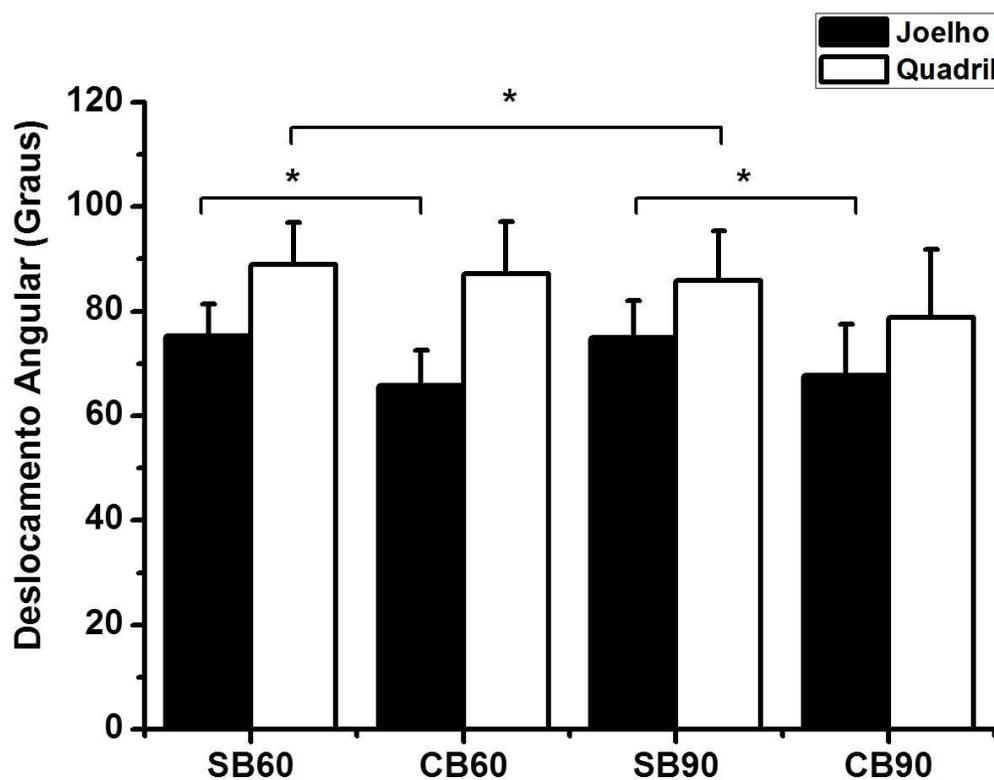


Figura 31. Média e desvio padrão do deslocamento angular, no plano sagital, para as articulações de joelho e quadril nas condições com e sem banda para as duas intensidades (60 e 90%1RM). * $P<0,05$.

Para o deslocamento horizontal da barra não foram encontradas diferenças significantes entre condições (com e sem banda) e intensidades (60 e 90% de 1RM). A média, desvio padrão e CCI, para os valores máximos de deslocamento horizontal da barra nas intensidade (60 e 90%1RM) e a banda (com e sem) para as 3 tentativas foram: 60CB: $3\pm 1,5$; 0,62; 60SB: $3,2\pm 1,6$; 0,70; 90CB: $3,6\pm 1,4$; 0,40 e 90SB: 3 ± 1 ; 0,50.

Para o deslocamento vertical da barra (Figura 33) foi verificada diferença significativa apenas com o uso de banda elástica entre as intensidades de 60 e 90%1RM, sendo que com os maiores valores são observados para a condição de 60%1RM ($P=0,022$, $TE=2$). Os CCI, para os valores máximos de deslocamento vertical da barra nas intensidade (60 e 90%1RM) e a banda (com e sem) para as 3 tentativas foram: 60CB: 0,93; 60SB: 0,95; 90CB: 0,88 e 90SB: 0,93.

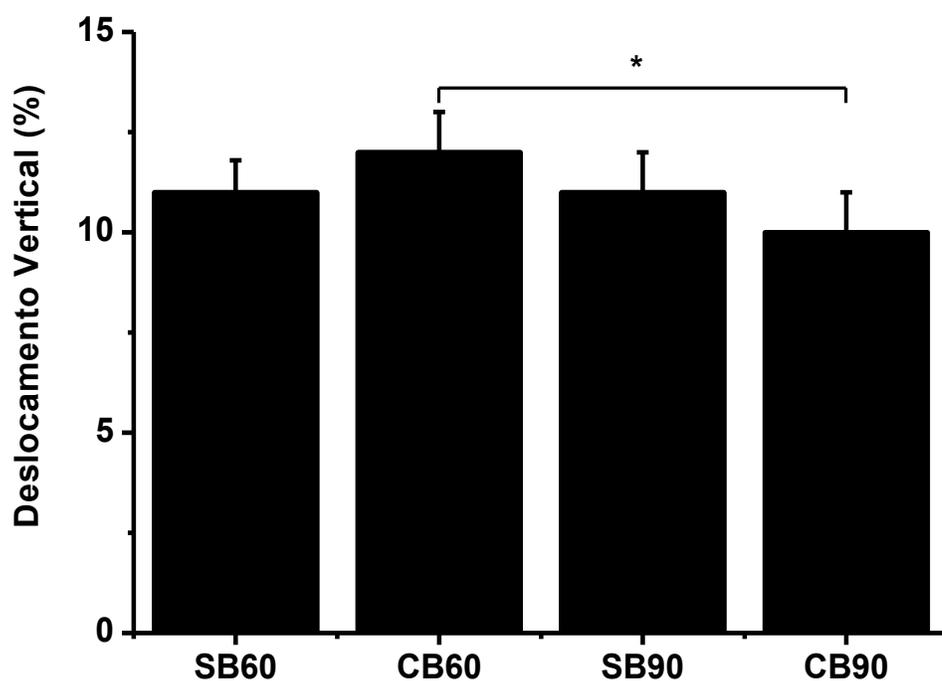


Figura 32. Média e desvio padrão do deslocamento vertical da barra normalizado pela estatura de cada sujeito, no plano sagital, nas condições com e sem banda para as

duas intensidades (60 e 90%1RM). * $P < 0,05$.

5.5.6 Discussão

O experimento 3, teve como objetivo mensurar o efeito agudo do uso da banda elástica de joelho em duas intensidades (60 e 90% de 1RM) na atividade dos músculos glúteo máximo e vasto lateral, na cinemática de membros inferiores e barra. O experimento 3 também avaliou as forças de reação do solo vertical durante o *countermovement jump* (CMJ), além de quantificar a participação do sistema bioenergético (glicolítico) após a realização do exercício meio-agachamento com e sem o uso da banda elástica de joelhos, a 90% de 1RM em indivíduos treinados. A principal hipótese deste experimento foi de que a utilização da banda elástica de joelhos, durante a realização do exercício meio-agachamento, alteraria a ativação muscular (vasto lateral e glúteo máximo) e como consequência o desempenho no CMJ. Portanto, possivelmente a utilização da banda elástica, durante o meio-agachamento, resultaria em alterações no padrão de movimento que poderiam ser verificadas através da cinemática articular (joelho e quadril), e consequentemente, alterariam a trajetória da barra durante o meio-agachamento. Adicionalmente, a possível contribuição da banda elástica na vasoconstrição dos vasos sanguíneos próximos ou que cruzam a articulação do joelho poderiam afetar a participação da via glicolítica, entretanto, esta hipótese não foi testada diretamente. Baseando-se nos resultados de *carry-over* do experimento 2, hipotetizou-se que a percepção subjetiva de esforço (PSE), durante a realização do exercício meio-agachamento, seria menor quando realizado com a banda elástica.

Para os dados sEMG foram observados altos índices de correlação intraclass para os músculos VL e GM em ambas as condições (com e sem banda) e intensidades (60 e 90% de 1RM). Os resultados mostram que o VL apresentou redução significativa da atividade muscular durante a realização do meio-agachamento com banda elástica quando comparado à condição sem a banda elástica de joelhos para a intensidade de 90%1RM, confirmando a hipótese inicial e corroborando com o estudo de Lake et al. (2012), o qual cita que as alterações na técnica de realização do agachamento com a banda elástica poderiam alterar a ativação muscular dos músculos da coxa. Coincidentemente, a amplitude de movimento da articulação do joelho para a

intensidade de 90% de 1RM, foi menor na condição com banda. Possivelmente, a redução da sEMG do VL com a banda elástica de joelhos em 90% de 1RM ocorreu devido a dois fatores, como a alteração no padrão de movimento advindo do uso da banda elástica, o qual resultou na redução do pico da amplitude de joelhos, reduzindo a IEMG, a qual leva em consideração o tempo sob tensão. Este resultado corrobora os achados de Lake et al. (2012) que verificou alteração no padrão de movimento durante o agachamento a 80% de 1RM, em sujeitos treinados com o uso da banda elástica. E como segundo fator, o efeito *carry-over* produzido pela banda elástica, o qual pode ter aumentado a capacidade de carregamento dos sujeitos, reduzindo a necessidade do aumento do recrutamento de unidades motoras para vencer a sobrecarga externa. Como pode ser verificado no experimento 2, onde a realização do meio-agachamento isométrico máximo com a banda tipo *hard* aumentou a força pico em 22%, e corroborando os achados de Harman and Frykman (1990) com um *carry-over* de 25%, além dos valores citados por Coutinho (2011), no agachamento dinâmico, da ordem de 19%.

Quando comparado o deslocamento angular de joelho para a intensidade de 60% de 1RM entre as condições (com e sem banda), também foi observado uma maior redução na condição com banda, além de um aumento da IEMG do VL. É possível que o aumento da IEMG do VL tenha ocorrido devido a um possível ajuste no controle e ativação neuromuscular com o exercício em baixa intensidade, já que o mesmo foi verificado para o GM somente a 60%1RM. Assim, entende-se que a utilização da banda elástica de joelhos, durante o meio-agachamento com baixas intensidades, pode alterar o sinergismo dos músculos envolvidos, confirmando a hipótese inicial. No entanto, o estudo de Eitner et al. (2011) não verificou alterações significantes no padrão de movimento durante realização do exercício agachamento com a banda elástica de joelhos em baixas intensidades e em *powerlifters*. Sendo assim, é possível que o nível de treinabilidade, bem como o tempo de uso do material e o tempo de experiência na utilização da banda elástica de joelhos, possa influenciar no padrão de movimento em baixas intensidades.

Já para o deslocamento angular de quadril e IEMG de GM não foi verificada diferença significativa entre as condições (com e sem banda) para a mesma intensidade

(60 e 90%1RM). Não corroborando com o estudo de Lake et al. (2012) o qual sugeriu que a utilização da banda elástica de joelhos poderia alterar o padrão de movimento da articulação do quadril. Tal hipótese baseou-se nos achados de seu estudo, que verificou uma alteração significativa na trajetória horizontal da barra quando utilizou-se a banda elástica de joelhos. No entanto, o presente estudo não verificou alterações na trajetória horizontal da barra com a utilização da banda elástica para nenhuma das intensidades (60 e 90% de 1RM). Possivelmente a manutenção do deslocamento angular do quadril, entre as condições para cada intensidade, resultou na manutenção do padrão de deslocamento horizontal da barra. No entanto, quando comparado o deslocamento angular do quadril entre as intensidades (60 e 90% de 1RM), foi verificada diferença significativa apenas entre a condição sem banda para as intensidades de 60 e 90% de 1RM, sendo que a condição sem banda a 60% de 1RM apresentou maior deslocamento angular. Mesmo que verificada diferença significativa para o deslocamento angular de quadril, entre as intensidades, para a condição sem banda, tais alterações não influenciaram o padrão de deslocamento horizontal da barra. Já para o deslocamento vertical da barra que foi normalizado pela estatura, verificou-se alteração significativa para a condição com banda entre as intensidades (60 e 90% de 1RM). Curiosamente, não foi observada diferença significativa para o deslocamento angular das articulações de joelho e quadril para a condição com banda entre as intensidades (60 e 90% de 1RM). No entanto, quando verificado o tamanho do efeito (TE) entre as intensidades para o deslocamento angular do quadril, foi possível observar um TE alto para a condição com banda a 60% de 1RM. Sendo assim, é possível que o maior deslocamento vertical da barra para esta condição se deva a um maior deslocamento angular do quadril quando comparado a condição com banda a 90% de 1RM.

Para o *counter movement jump* (CMJ) não foi verificada diferença de desempenho entre os momentos pré e após o meio-agachamento (com e sem banda a 90% de 1RM) para o tempo de salto e para o impulso. No entanto, quando comparado o tempo de salto entre as condições (com e sem banda pós-meio-agachamento a 90% de 1RM), foi verificado menor tempo de salto para a condição com banda. Assim, acredita-se que a utilização da banda elástica durante o meio-agachamento, possa ter

alterado o padrão de movimento da articulação do joelho durante a realização do CMJ. Curiosamente, foi verificada uma redução significativa na sEMG do VL para o momento após o meio-agachamento (com banda) quando comparado ao momento pré no meio-agachamento. No entanto, para o GM não foram verificadas diferenças significantes entre os momentos (pré e após o meio-agachamento). Possivelmente, a redução da sEMG do VL durante a realização do meio-agachamento com banda (90% de 1RM) realizado previamente ao CMJ parece ter afetado a ativação muscular do VL reduzindo-a durante a realização dos saltos, mas não o suficiente para alterar o tempo de salto e o impulso entre os momentos pré e pós meio-agachamento. Assim, os resultados supracitados não confirmam a hipótese inicial. A princípio, a realização de uma série de 3 repetições a 90% de 1RM, com 1' de intervalo não foi suficiente para afetar de forma aguda a capacidade de força e potência durante a realização do CMJ, sendo tal efeito conhecido como potencialização pós-ativação (PPA) (Ide, Lopes et al. 2010). Os mecanismos responsáveis pela PPA parecem estar associados a fosforilação da cadeia leve reguladora de miosina, aumento do recrutamento de unidades motoras de ordem mais elevada, e de uma possível mudança no ângulo de penação das fibras musculares (Tillin and Bishop 2009; Ide, Lopes et al. 2010). Esformes e Bampouras (2013) compararam diferentes tipos de agachamentos na PPA em sujeitos treinados. Participaram do estudo 27 sujeitos do sexo masculino, semiprofissionais de rugby. Foram realizados 3 CMJ, seguido de dez minutos de intervalo, então, foram realizados 3 agachamentos máximos (3RM) para cada condição (agachamento parcial e meio-agachamento 1/4) de forma aleatorizada. Após 5 minutos foram realizados mais 3 CMJ. Foram analisadas as seguintes variáveis: altura de salto, potência pico, impulso e tempo de vôo através de uma plataforma de salto. Os resultados mostram que a realização de CMJ precedidos de diferentes tipos de agachamentos após 5 minutos de intervalo foi suficiente para gerar PPA em todas as variáveis analisadas. Adicionalmente, Seitz et al. (2014) analisaram o efeito do agachamento na PPA em relação ao nível de força dos sujeitos e em diferentes tempos de intervalo. Participaram do estudo 18 jogadores juniores da liga de rugby, divididos em dois grupos de acordo com seu desempenho durante o teste de 1RM: mais fortes (1RM com mais do que 2x o peso corporal) e os mais fracos (1RM com menos do que 2x o peso corporal). Foram

realizados *squat jumps* em seis momentos: antes da realização do agachamento e após a realização do agachamento (15'', 3', 6', 9' e 12'), Foram realizados 3 agachamentos (90% de 1RM). Foi avaliada a altura de salto e o impulso através de uma plataforma de força. Os resultados mostram que ambos os grupos apresentaram efeito de PPA. No entanto, o grupo mais forte apresentou PPA antes, entre 3 e 12', sendo os melhores resultado aos 6'. Já para o grupo mais fraco foi observado um atraso nas respostas a PPA, ocorrendo entre 6 e 12', com os melhores resultados aos 9'. De acordo com os achados Seitz et al. (2014) tempos menores do que 3' não favoreceram a PPA. Sendo assim, é possível que o tempo de intervalo que utilizamos em nosso estudo (1') não foi suficiente para gerar tal efeito. Assim, entende-se que o efeito de PPA pode estar relacionado tanto com o tempo de recuperação entre o meio-agachamento e o CMJ, quanto ao nível de treinabilidade dos sujeitos testados. No entanto, quando comparado o tempo de salto na condição após o meio-agachamento, com e sem banda, foi observado maior tempo de salto para condição pós meio-agachamento sem banda. Curiosamente, não foram verificadas alterações na atividade muscular do VL e do GM durante o CMJ para a condição pós-meio-agachamento (com e sem banda). Assim, acredita-se que a realização do meio-agachamento (com banda) a 90% de 1RM reduza a capacidade de recrutamento de unidades motoras do VL, e como consequência sua capacidade de ativá-lo logo em seguida, durante o CMJ.

Para a análise da participação da via glicolítica, não foi verificada diferença significativa entre as condições (com e sem banda) para 90% de 1RM. Possivelmente, o tempo utilizado após o meio-agachamento para a coleta de lactato (aproximadamente 1minuto) não foi suficiente para verificar alguma alteração significativa advinda do exercício e/ou da banda elástica. Além disso, as características da atividade como a alta intensidade (90% de 1RM) e o baixo volume (3 séries) não foram suficientes para uma produção significativa de lactato. Segundo Baechle and Earle (2010) exercícios realizados com intensidades $\geq 85\%$ de 1RM são utilizadas para o desenvolvimento da força máxima, a qual tem como principal substrato energético o ATP-CP e não a via da glicólise anaeróbia, que por sua vez, tem como subproduto principal o lactato (McArdle, Katch et al. 1998).

Quando analisada a percepção subjetiva de esforço (PSE) para a mesma condição, foi observada diferença significativa entre as intensidades (60 e 90% de 1RM), sendo que a PSE foi maior para 90% de 1 RM. No entanto, não foi verificada diferença significativa entre as condições (com e sem banda), não corroborando com a hipótese de Coutinho (2011) de que a PSE diminui com a utilização da banda elástica de joelhos em atletas de *powerlifting*. É possível que o nível de treinabilidade e habituação ao uso da banda elástica possa influenciar na PSE, já que atletas de *powerlifting* são altamente habituados ao uso da banda elástica.

5.5.7 Conclusão

O efeito *carry-over* advindo da banda elástica alterou o padrão de movimento independente da intensidade (60 e 90% de 1RM). Em alta intensidade (90% de 1RM) a banda elástica reduziu a ativação muscular dos músculos da coxa e o deslocamento vertical da barra durante o meio-agachamento. Em baixas intensidades (60% de 1RM) a banda elástica alterou o sinergismo dos músculos envolvidos no meio-agachamento. Em contra partida, a utilização da banda elástica não alterou o deslocamento horizontal da barra, a participação da via glicolítica, a PSE e o desempenho do CMJ.

6 CONCLUSÃO GERAL

Os diferentes tipos de banda elástica de joelhos (*Hard* e *Soft*) apresentaram características físicas e mecânicas diferenciadas, com exceção para a tensão máxima na ruptura. A distância entre as tramas é um fator determinante nas características de alongamento máximo na ruptura e no módulo de elasticidade, e o poliéster o limitador da tensão máxima da banda elástica. Adicionalmente, o tempo de uso do material pode alterar suas características mecânicas. Devido a suas características mecânicas, a utilização da banda elástica de joelhos alterou o pico de força isométrica máxima no exercício meio-agachamento gerando o efeito *carry-over*. Em ações dinâmicas, o efeito *carry-over* advindo da banda elástica alterou o padrão de movimento e a ativação muscular independente da intensidade (60 e 90% de 1RM) sem alterar a participação da via glicolítica, a PSE e o desempenho do CMJ.

7 APLICAÇÕES PRÁTICAS

Para os treinadores, atletas e praticantes de ciências do esporte o uso da banda elástica de joelhos nas condições apresentadas parecem aumentar a capacidade de levantamento dos sujeitos que a utilizem, independente do nível de rigidez da banda elástica. No entanto, seu uso pode resultar em alterações do padrão de movimento e de ativação muscular, podendo inibir a ativação muscular dos músculos extensores de joelho em altas intensidades. Adicionalmente, a utilização da banda não parece alterar a via energética predominante durante a realização do meio-agachamento.

REFERÊNCIAS

- ASTM, D. M. (2011). Standard test method for tensile properties of plastics. Designation: D638 – 10: 1-16.
- Baechele, T. R. and R. W. Earle (2010). Fundamentos do treinamento de força e do condicionamento. São Paulo, Manole.
- Baechele, T. R. and R. W. Earle (2010). Fundamentos do treinamento de força e do condicionamento. São Paulo, Manole.
- Borg, G. (2000). Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. São Paulo, Manole.
- Brown, L. E. (2008). Treinamento de força. Barueri, Manole.
- Brown, L. E. (2008). Treinamento de Força. São Paulo, Manole.
- Callister, J. W. D. (2008). Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Rio de Janeiro, LTC.
- Coutinho, M. (2011). De volta ao básico: powerlifting - treinamento funcional, esporte de alto rendimento e prática coporal para todos. São Paulo, Editora Phorte.
- Cowie, J. M. G. and V. Arrighi (2008). Polymeres: chemistry and physics od modern materials. Boca Raton, 3.
- Dowling, J. J. and L. Vamos (1993). "Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance." J Appl Biomech **9**: 95-110.
- Eitner, J. D., R. G. LeFavi, et al. (2011). "Kinematic and kinetic analysis of the squat with and without knee wraps." Journal os Strength and Conditioning Research **25**(1): S41.
- Eng, J. (2003). "Sample Size Estimation: How many individuals should be studied?" Radiology **227**(2): 309-313.
- Escamilla, R. F. (2001). "Knee biomechanics of the dynamic squat exercise." Med Sci Sports Exerc. **33**(1): 127-141.
- Esformes, J. I. and T. M. Bampouras (2013). "Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation." Journal of Strength and Conditioning Research **27**(11): 2997–3000.
- Fukashiro, S., D. C. Hay, et al. (2006). "Biomechanical behavior of muscle-tendon complex during dynamic human movements." J Appl Biomech **22**(2): 131-147.

- Gomes, W. A., M. Coutinho, et al. (2013). "Revisão dos efeitos biomecânicos do uso da banda elástica no joelho durante o agachamento no levantamento básico." CPAQV **5**(3): 1-15.
- Groves, B. (2002). Powerlifting: Levantamentos básicos. Técnica e treinamento para o desempenho muscular atlético. São Paulo, Editora Phorte.
- Hall, S. J. (1999). Basic Biomechanics, McGraw-Hill Companies.
- Hamil, J. and K. M. Knutzen (2012). Bases biomecânicas do movimento humano.
- Harman, E. and P. Frykman (1990). "The effects of knee wraps on weightlifting performance and injury." Nat. Strength Cond. J. **12**: 30-35.
- Hermens, H. J., B. Freriks, et al. (2000). "Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures." Journal of Electromyography and Kinesiology **10**(5): 361-374.
- Ide, B. N., C. R. Lopes, et al. (2010). Fisiologia do treinamento esportivo: força, potência, velocidade, resistência, periodização e habilidades psicológicas. São Paulo, Phorte.
- Lake, J., P. Carden, et al. (2012). "Knee wraps affect squat performance." Journal of Strength and Conditioning Research **8**(1): 1-16.
- Marchetti, P. H., R. B. Calheiros Neto, et al. (2007). Biomecânica Aplicada: Uma abordagem para o treinamento de força. São Paulo, Phorte.
- Marchetti, P. H., W. A. Gomes, et al. (2013). "Aspectos neuromecânicos do exercício agachamento." CPAQV **2**(5).
- McArdle, W. D., F. I. Katch, et al. (1998). Fisiologia do Exercício. Energia, Nutrição e Desempenho Humano. . Rio de Janeiro, Guanabara-Koogan.
- Ozkaya, N. and M. Nordin (1998). Fundamental of Biomechanics. Equilibrium, Motion, and Deformation. New York, Springer.
- Rhea, M. R. (2004). "Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size." J Strength Cond Res **18**(4): 918-920.
- Seitz, L. B., E. S. Villarreal, et al. (2014). "The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level." Journal of Strength and Conditioning Research **28**(3): 706-715.

- Thompson, C. W. and R. T. Floyd (2002). Manual de cinesiologia estrutural. São Paulo, Manole.
- Tiggemann, C. L., R. S. Pinto, et al. (2010). "A percepção de esforço no treinamento de força." Revista Brasileira de Medicina do Esporte **16**(4): 301-309.
- Tillin, N. A. and D. Bishop (2009). "Factors modulating post-activation potentiation and its effect performance of subsequent explosive activities." Sports Medicine **39**(2): 147-166.
- Winter, D. A. (1990). Biomechanics and motor control of human movement. USA.

ANEXOS

ANEXO I. CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA (CEP)

| | |
|---|---|
|  UNIMEP Universidade Metodista de Piracicaba | Comitê de Ética em Pesquisa CEP-UNIMEP |
| <h1>Certificado</h1> | |
| <p>Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado <i>"Alterações cinemáticas do uso da banda elástica em membros inferiores durante o agachamento de powerliftings em diferentes intensidades"</i>, sob o protocolo nº 75/12, do pesquisador Prof. Paulo Henrique Marchetti esta de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/1996, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.</p> | |
| <p>We certify that the research project with title <i>"Kinematic changes of lower limbs during the use of elastic band in the squat of powerliftings for different intensities"</i>, protocol nº 75/12, by Researcher Prof. Paulo Henrique Marchetti is in agreement with the Resolution 196/96 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.</p> | |
|  | Piracicaba, 27 de novembro de 2012 |
| Prof. Dr. Rodrigo Batagello Coordenador CEP - UNIMEP | |

ANEXO II. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O presente estudo tem como objetivo medir as modificações da ação dos músculos da coxa e das articulações do joelho e do quadril com e sem o uso da banda elástica de joelho em duas intensidades (60 e 90% de 1RM [repetição máxima]), através da eletromiografia de superfície da cinemática e da dinamometria. Para participar do estudo você precisará comparecer no laboratório em 5 sessões cada uma em dias diferentes. Na primeira sessão você será questionado sobre quanto tempo pratica musculação e se possui lesões. Serão realizadas medidas antropométricas como altura e massa corporal. Em seguida, será realizada uma breve familiarização no exercício agachamento, composta por 4 séries de 10 repetições com 50% do seu peso corporal, com e sem a banda elástica de joelhos, seguidos de 3 saltos verticais sem a banda elástica de joelhos em cima de uma plataforma de força o mais alto possível. Na segunda e terceira sessões, serão realizadas novamente uma familiarização com 4 séries de 10 repetições com e sem a banda elástica de joelhos e os 3 saltos verticais. Na quarta sessão será realizado um aquecimento seguido de uma avaliação de contração voluntária máxima isométrica (CVMI) com e sem a banda elástica, seguido de uma avaliação da força máxima (1RM) com e sem a banda elástica de joelhos. Na quinta sessão será realizado um aquecimento seguido de uma avaliação de contração voluntária máxima isométrica (CVMI) específica para cada músculo avaliado. Então, serão realizados 3 saltos verticais. Em seguida, será realizada uma coleta de lactato sanguíneo da ponta do seu dedo através de uma pequena agulha descartável e esterilizada e própria para isso. A sensação será de uma leve picada no dedo. Após um intervalo de 10 minutos serão realizadas 2 séries de 3 repetições, uma com e outra sem a banda elástica, em 2 intensidades diferentes 60 e 90% de 1 RM, totalizando 4 séries de exercício agachamento. Seguido de uma nova picada no dedo. Para a aquisição do sinal eletromiográfico serão colocados eletrodos de superfície sobre a pele dos músculos vasto lateral, glúteo máximo. Será necessário raspar os pelos do local de colocação dos eletrodos, seguido de uma leve abrasão. A introdução dos eletrodos de superfície é um método não invasivo, descartando qualquer possibilidade de dor ou perfuração da pele ou músculos. Será feita também uma análise por câmeras de vídeo do movimento de joelho e quadril em 2 dimensões para quantificar as alterações articulares durante o movimento com e sem a banda elástica uma plataforma de força para medir a performance do salto vertical e uma célula de carga para medir a força com e sem a banda elástica. Você receberá um *feedback* sobre sua performance através dos dados coletados, assim que o estudo for concluído, de forma direta (pessoalmente) ou indireta (através de e-mail). Além de contribuir para o desenvolvimento científico na área do treinamento com peso, em especial o agachamento. Os procedimentos realizados no estudo serão semelhantes aos realizados por você durante o treinamento. Sendo assim, os riscos envolvidos no estudo são os mesmos existentes em treinamento. Quando julgar necessário, você poderá acessar as informações sobre os procedimentos, riscos e benefícios relacionados ao estudo. Podendo retirar o seu consentimento e deixando de participar do estudo, sem que haja algum prejuízo. Comprometemos em manter o sigilo e privacidade absoluta de suas informações e indenização por eventuais danos a saúde decorrente da pesquisa. Poderão ser realizadas imagens como filmagem e / ou fotografia, que poderão ser anexadas ao estudo, com rosto devidamente encoberto. Você será acompanhado pelos responsáveis da pesquisa, bem como por colaboradores qualificados durante todos os procedimentos da pesquisa. Toda e qualquer dúvida sobre o projeto será esclarecida pelo responsável por meio de telefone ou pessoalmente após agendamento. Os resultados do trabalho serão publicados nos meios acadêmicos. Entretanto, os resultados individuais de cada voluntário e sua identificação serão mantidos em sigilo e os seus dados serão somente acessíveis aos pesquisadores envolvidos no trabalho.

Eu: Data de Nascimento:/...../..... RGNº:

Endereço: Nº Compl:

Bairro: Cidade CEP

Telefone (.....) E-Mail:

Declaro que após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, aceito participar da presente pesquisa.

Assinatura do Participante

ANEXO III. ARTIGOS PUBLICADOS

Revista CPAQV – Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida – ISSN: 2178-7514. V.5, n.3, 2013

ARTIGO DE REVISÃO

REVISÃO DOS EFEITOS BIOMECÂNICOS DO USO DE BANDA ELÁSTICA NO JOELHO DURANTE O AGACHAMENTO NO LEVANTAMENTO BÁSICO

REVIEW OF BIOMECHANICAL EFFECTS OF ELASTIC BAND ON KNEE JOINT DURING SQUAT EXERCISE

Willy Andrade Gomes^{1,2}, Marília Coutinho³, Paulo Henrique Marchetti^{1,2}

¹Grupo de Pesquisa em Neuromecânica do Treinamento de Força (GNTF), Faculdade de Educação Física da Associação Cristã de Moços de Sorocaba, Sorocaba, SP, Brasil.

²Grupo de Pesquisa em Performance Humana, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física, Faculdade de Ciências da Saúde (FACIS), UNIMEP, Piracicaba, SP, Brasil.

³Departamento Técnica da Aliança Nacional da Força (World Powerlifting Congress e International Powerlifting League) e Laboratório de Psico-Sociologia da Universidade de São Paulo (USP).

Endereço para correspondência:

Paulo H. Marchetti

Universidade Metodista de Piracicaba

Rodovia do Açúcar Km 156, Bloco 7, Sala 32, Taquaral

13400-911 - Piracicaba, SP – Brasil

E-mail: pmarchetti@unimep.br

Acute Effects on Maximal Isometric Force with and without Knee Wrap During Squat Exercise

Willy Andrade Gomes, Érica Paes Serpa, Eurico Gori Soares, Josinaldo Jarbas da Silva, Daniel Corrêa, Fernando Henrique Domingues de Oliveira, Francisco de Abreu Neto, Gustavo Martins, Guanús de Barros Vilela Junior, Paulo Henrique Marchetti*

Department of Human Movement Sciences, Methodist University of Piraicaba, Piraicaba, São Paulo, Brazil

Abstract The aim of this study was to investigate the acute effects on maximal isometric force without and with two kinds of knee wraps (hard and soft) during squat exercise. Ten physical active participants were evaluated during this study. All subjects were familiarized with the isometric squat position in all conditions: without and with knee wrap (hard and soft stiffness). The squat exercise position was set up individually, guaranteeing their thigh parallel to the floor, the arms crossed on the chest, and the feet were kept always in the same position for all trials and conditions. All subjects performed three maximal isometric squat contractions in 3 different conditions: without knee wrap (WKW), with soft knee wrap (SKW) and with hard knee wrap (HKW). The peak of force was acquired at a 100Hz sampling frequency, during 3 seconds, 5 minutes of resting and all conditions were randomized. The results shows significant differences for peak force between conditions WKW and HKW ($P=0.029$, ES=1.27, $\Delta\%=-22\%$) and WKW and SKW ($P=0.038$, ES=1.20, $\Delta\%=-21\%$). The use of the knee wrap under the presented conditions seem to increase the maximal isometric force during the squat exercise, independent of the level of stiffness of the knee wrap.

Keywords: Biomechanics, Exercise performance, Strength

1. Introduction

The knee wrap is an equipment commonly used by weightlifters and powerlifters aiming to stabilize the knee, to improve the strength performance (gain mechanical advantage) or to improve the confidence during squat exercises [1, 2]. The knee wrap is a long wrap of elastic material (tick canvas interwoven with rubber filaments) with approximately 2 meter long, which is wrapped around the knees as tight as possible [3, 4]. There are some studies that investigated both kinematics and kinetics of the squat exercise using the knee wrap in powerlifters [5, 6] and trained subjects [4], however little has been known about its effects of loading capacity. Eitar et al. [5] studied the use of knee wrap in powerlifters and analyzed the general characteristics of the squat exercise (execution time, percentage of the transition cycle (upward-downward displacement) of the center of mass and the bar vertical displacement) with and without knee wrap, with no differences between them. Lake et al. [4] studied the use of knee wrap in trained subjects with and without knee wrap. The authors analyzed the ground reaction force, output of the

mechanical force applied to the center of mass, vertical impulse, horizontal displacement of the bar, mechanical work and peak power. They observed that the elastic properties of the knee wrap increased the production of mechanical force by changing the squat technique.

In general, when the knee is flexed against an external resistance during a squat exercise, the elastic material is stretched during the lowering phase, returning this energy during the lifting phase. This potential energy accumulated is transferred to the lifter and added to the strength performance of the movement in the concentric phase [1], and this additional effect on the strength performance is also known as *carry-over*. Only two studies reported the amount of *carry-over* of 19.8% in elite powerlifters [6] and 25.1% in subjects trained [3], respectively, during squat exercise. However, little is known about the effects of different models (stiffness) of knee wrap in the peak force during the squat exercise and how much *carry-over* can actually be related to the knee wrap instead of the stretch-shortening cycle. Therefore, the purposes of the present study was to compare the acute effects on maximal isometric force without knee wrap and two kinds of knee wrap stiffness (hard and soft) during squat exercise.

2. Methods

Subjects

* Corresponding author:
 dr.pmarcbetti@gmail.com (Paulo Henrique Marchetti)
 Published online at <http://journal.sapub.org/sports>
 Copyright © 2014 Scientific & Academic Publishing. All Rights Reserved

ARTIGO DE REVISÃO

ASPECTOS NEUROMECÂNICOS DO EXERCÍCIO AGACHAMENTO

NEUROMECHANICAL ASPECTS OF THE SQUAT EXERCISE

Paulo Henrique Marchetti^{1,2},
Willy Andrade Gomes^{1,2},
Danilo Atanázio da Luz Junior¹,
Bruna Glampaoli¹,
Mariana Antas de Amorim¹,
Heloise de Luna Bastos¹,
Daniel Takeshi Ito³,
Guanis de Barros Vilela Junior^{2,6},
Charles Ricardo Lopes^{2,6},
André Serra Bley⁴.

¹Grupo de Pesquisa em Neuromecânica do Treinamento de Força (GNTF), Faculdade de Educação Física da Associação Cristã de Moços de Sorocaba, Sorocaba, SP, Brasil.

²Grupo de Pesquisa em Performance Humana, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física, Faculdade de Ciências da Saúde (FACIS), UNIMEP, Piracicaba, SP, Brasil.

³Curso de Educação Física, Universidade Nove de Julho (UNINOVE), São Paulo, SP, Brasil.

⁴Curso de Fisioterapia, Universidade Nove de Julho (UNINOVE), São Paulo, SP, Brasil.

⁵Faculdade Adventista de Hortolândia, Hortolândia, São Paulo, Brasil.

⁶METROCAMP, Campinas, SP, Brasil.

Endereço para correspondência:

Paulo H. Marchetti

Universidade Metodista de Piracicaba

Rodovia do Açúcar Km 156, Bloco 7, Sala 32, Taquaral

13400-911 - Piracicaba, SP – Brasil

E-mail: pmarchetti@unimep.br