

## Artigo Original

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES AGUDAS DO EXERCÍCIO AGACHAMENTO TOTAL E AGACHAMENTO PARCIAL**Gislany Martins Oliveira<sup>1</sup>, Josiely Ferreira Machado<sup>1</sup> e Nuno Manuel Frade de Sousa<sup>1</sup>**RESUMO**

**Introdução:** O treinamento resistido, quando incluído em um programa de atividade física, pode melhorar a função cardiovascular e reduzir fatores de risco. A manipulação de variáveis do treinamento pode controlar essas respostas, modificando a sobrecarga cardiovascular durante os exercícios, como o exercício agachamento parcial e total. **Objetivo:** avaliar a influencia do agachamento total e parcial em series múltiplas dos exercícios resistido sobre respostas cardiovasculares agudas. **Métodos:** 9 mulheres treinadas (25,4 ± 5,6 anos, 63,1 ± 7,4 kg e IMC de 23,9 ± 3,2 kg/m<sup>2</sup>), que não possuem nenhum tipo de problemas articulares nos membros inferiores e nem fazem uso de fármacos, realizaram o agachamento total e parcial em dias destinos com intervalo mínimo de 48 horas (5 séries de exercício realizadas a 80% de 12RM). **Resultados:** as respostas da frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS) e duplo produto (DP) foi sempre maior no final de cada série em relação ao repouso para os dois agachamentos. A pressão arterial diastólica (PAD) manteve-se estável. As respostas cardiovasculares durante as 5 séries foram semelhantes entre os agachamentos. Não ocorreu um efeito acumulativo da pressão arterial durante as 5 séries para os 2 agachamentos. Esse efeito acumulativo só foi observado para a FC. **Conclusão:** as respostas cardiovasculares durante 5 séries de exercício realizadas a 80% de 12RM são semelhantes entre o agachamento total e agachamento parcial.

**Palavras chave:** Frequência Cardíaca, Pressão arterial, treinamento de força.

**ABSTRACT**

**Introduction:** The resisted training, when included on a physical activity program, can improve the cardiovascular function and reduce the risk factors. Manipulation of training variables can control those answers, by modifying the cardiovascular overload during the exercises, like partial squat and total squat. **Objective:** To evaluate the influence of the partial squat and the total squat in multiple series of resisted exercises on cardiovascular acute responses. **Methods:** 9 trained women (25,4 ± 5,6 years, 63,1 ± 7,4 kg and BMI of 23,9 ± 3,2 kg/m<sup>2</sup>), that don't have any type of articular problems in inferior members and don't make use of pharmaceutical drugs, performed the total squat and the partial squat in distinct days with minimal intermission of 48 hours (5 series of exercise accomplished at 80% of 12 MR). **Results:** The responses of heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP) and double product (DP) were always higher at the end of each series compared to the rest for booth squats. The diastolic blood pressure (DBP) remained stable. The cardiovascular responses during the 05 series were similar between the squats. It didn't occur a cumulative effect of blood pressure during the 05 series for the 02 squats. This cumulative effect was only observed for the HR. **Conclusion:** The cardiovascular responses during the 05 series of exercise performed at 80% of 12 MR are similar between the total squat and the partial squat.

**Keywords:** Heart rate, Blood pressure, Strength training.

1. Laboratório de Fisiologia do Exercício e Medidas e Avaliação da Faculdade Estácio de Vitória, Vitória, ES, Brasil.

**Endereço para correspondência**

Rua Jequitibas 43  
Feu Rosa  
Serra, ES

**E-mail**

gislanycontato@hotmail.com

Submetido em 21/02/2015

Aceito em 11/04/2015

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o treinamento de força é utilizado em diferentes contextos e para diversos objetivos atléticos, estéticos e terapêuticos. Indiscutivelmente, um dos exercícios mais utilizados no treinamento de força, visando o desenvolvimento dos membros inferiores, é o exercício de agachamento [1,2]. É unânime a prescrição do agachamento como um exercício seguro e eficaz do ponto de vista da biomecânica, que proporciona resultados de forma equilibrada e funcional. Seus benefícios vão desde o ganho de força e aumento de massa muscular, até permitir que indivíduos tenham menos dificuldade nas tarefas do cotidiano [3].

O exercício de agachamento pode ser analisado em movimentos distintos, baseado no efeito da sobrecarga externa aplicada durante o exercício em relação ao movimento realizado. No entanto, Thompson [4] defende que o agachamento é um exercício complexo, que exige muito controle, e movimentos inadequados aumentam o risco de lesão. Escamilla [5] relata que o principal fator que contribui para lesões no exercício de agachamento é a magnitude da força patelofemoral que afeta a cartilagem da patela. Durante a fase excêntrica do agachamento, o indivíduo flexiona a articulação do joelho e quando a amplitude desejada é atingida inicia-se a fase concêntrica, realizando a extensão do joelho [6,7]. A amplitude completa do movimento (agachamento total) é realizada quando o indivíduo agacha em uma angulação da articulação abaixo de 90°, aproximadamente de 100° a 135° [8]. Segundo Escamilla [5], o agachamento total gera maior segurança, por desencadear a co-ativação dos músculos agonistas e antagonistas, proporcionando estabilidade articular. Assim, considera-se o agachamento total como um exercício complexo que demanda mobilidade, força, equilíbrio, coordenação motora e flexibilidade, com várias estruturas articular solicitadas simultaneamente [5], mas mais seguro biomecanicamente que o agachamento parcial (90° de agachamento).

O treinamento resistido, quando incluído em um programa de atividade física, também pode melhorar a função cardiovascular e reduzir fatores de risco associados aos problemas coronarianos [9]. Por outro lado, é evidente o aumento do estresse cardiovascular durante a

sessão de treino. A quantificação da sobrecarga cardiovascular pode ser determinada pela frequência cardíaca (FC), pela pressão arterial (PA) e pelo duplo produto (DP) [10]. É interessante notar que as respostas agudas durante o TR podem ser influenciadas por diversos fatores [11]. As respostas cardiovasculares agudas ao exercício proporcionam aumento da pressão arterial e frequência cardíaca mediadas pelo sistema nervoso simpático [12,13]. Entretanto, a magnitude das respostas cardiovasculares associadas ao tipo de agachamento realizado ainda permanecem pouco definidas na literatura. Sendo assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar a influência do agachamento total e parcial em séries múltiplas de exercício resistido sobre as respostas cardiovasculares agudas.

## MÉTODOS

### Amostra

A amostra deste estudo foi constituída por 9 mulheres não hipertensas com idade de  $25,4 \pm 5,6$  anos, devidamente treinadas, praticantes de treinamento de força, que já executam o movimento de agachamento. As participantes não apresentam nenhum tipo de doenças articular nos membros inferiores ou lombares, nem fazem uso de fármacos para dores musculares, e drogas ilícitas como anabolizantes. Os participantes foram informados detalhadamente sobre os procedimentos utilizados e participaram voluntariamente do estudo, assinado o termo de consentimento livre esclarecido, que está de acordo com a declaração de Helsink para pesquisas com humanos.

### Desenho experimental

As voluntárias selecionadas foram submetidas a três sessões experimentais de exercício agachamento na barra guiada. A primeira foi constituída por determinação de 12 repetições máximas (12 RM) nos agachamentos completo e parcial. Seguidamente, foram realizadas duas sessões de treinamento, uma constituída por agachamento completo e outra por agachamento parcial, de forma randomizada. As sessões foram realizadas no período de uma semana com intervalo de, no mínimo, 48 horas

entre as mesmas. Durante as sessões de agachamento foram mensuradas a PA e FC.

#### Determinação de 12 repetições máximas

O teste de 12 RM foi realizado nos aparelhos Smith e segundo as normas de Beachle e Earle [14]. O aquecimento foi constituído por 5 minutos de caminhada na esteira ergométrica. Também foi explicado previamente a forma correta de execução dos movimentos de agachamento parcial e total e a padronização do teste. Durante o teste, o avaliador observou atentamente a padronização do mesmo e não estimulou verbalmente o avaliado. Entre as tentativas de realização de 12 RM foi respeitado um intervalo de 3 a 5 minutos. O teste foi interrompido imediatamente quando o avaliado não fosse capaz de realizar o movimento com perfeição ou atingir a falha concêntrica voluntária.

#### Sessões de treinamento

As sessões de treinamento foram realizadas em dias distintos, separadas por, no mínimo, 48 horas. As sessões foram realizadas de forma randomizada com a aplicação de (i) agachamento completo na barra guiada e (ii) agachamento parcial

na barra guiada. O agachamento completo foi realizado até angulação máxima do joelho e o agachamento parcial até uma angulação de 90° do joelho. Para isso, foi utilizado o aparelho Smith. As duas sessões foram constituídas por 5 séries a 80% de 12 RM, com intervalo de recuperação de 120 segundos entre as séries.

#### Mensuração da pressão arterial e frequência cardíaca

A pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e FC foram mensuradas no minuto 5 e minuto 10 antes dos agachamentos e imediatamente após cada série das sessões de treinamento. Para avaliação da PA, foi utilizado um medidor oscilométrico de pressão automático de braço (HEM 7113, Omron, Japão). Segundo as VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão [15], as mensurações de repouso foram realizadas com o voluntário na posição sentado, pernas descruzadas e os pés apoiados no chão, tendo o dorso recostado na cadeira e relaxado. O braço estava na altura do coração,

livre de roupas e com a palma da mão voltada para cima, com o cotovelo ligeiramente fletido. A FC foi mensurada por meio de um cardiófrequencímetro (FT1, Polar, Kemple, Finlândia).

#### Análise estatística

Os resultados são apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. O teste ANOVA de medidas repetidas foi utilizado para comparar a resposta da PA e FC entre os diferentes tipos de agachamento. O nível de significância adotado será  $p \leq 0,05$  e o software estatístico utilizado serão SPSS versão 20.0 (Somers, NY, USA).

## RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as características antropométricas, hemodinâmicas e de força das participantes da pesquisa. Como se pode observar, as mulheres são normotensas e o IMC foi classificado como eutrófico.

**Tabela 1.** Características antropométricas, hemodinâmicas e de força das participantes da pesquisa (média  $\pm$  DP)

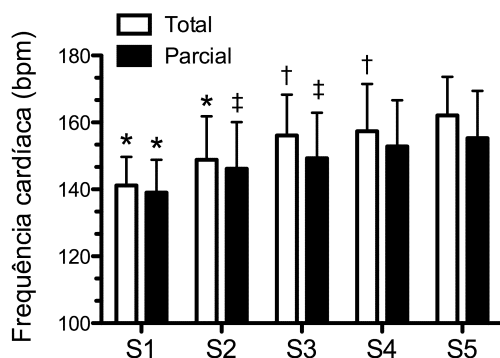
	n = 8
Idade, anos	25,4 $\pm$ 5,6
Massa corporal, kg	63,1 $\pm$ 7,4
Estatura, cm	162,7 $\pm$ 6,7
IMC, kg/m <sup>2</sup>	23,9 $\pm$ 3,2
Massa gorda, %	24,5 $\pm$ 4,8
Pressão arterial sistólica, mmHg	113,1 $\pm$ 15,7
Pressão arterial diastólica, mmHg	76,3 $\pm$ 9,9
Frequência cardíaca, bpm	70,9 $\pm$ 8,6
12 RM agachamento total, kg	33,3 $\pm$ 18,0
12 RM agachamento parcial, kg	61,8 $\pm$ 14,7

IMC, índice de massa corporal; RM, repetições máximas.

Não foram observadas diferenças estatisticamente ( $p > 0,05$ ) significativas entre as sessões de agachamento nos valores de FC, PA e DP em repouso. Todos os valores durante as séries de agachamento são significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ) em relação ao repouso, com exceção da PAD que sempre se manteve estável.

A figura 1 apresenta a resposta da FC durante as cinco séries de exercício para o agachamento parcial e agachamento total. Não foram observadas diferenças estatisticamente

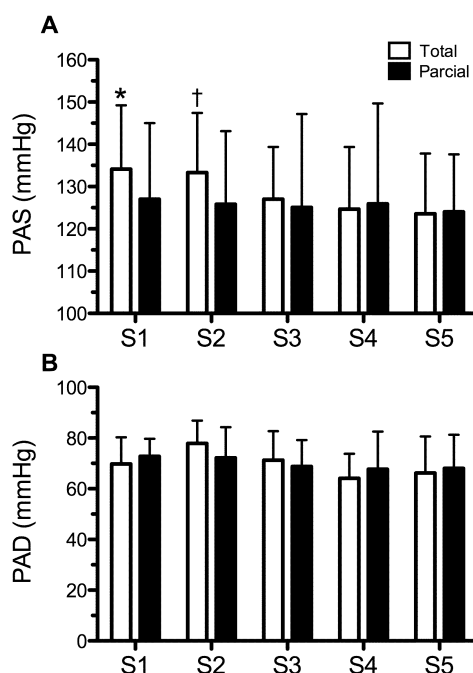
significativas ( $p > 0,05$ ) da FC entre os tipos de agachamento para nenhuma das séries. Porém, tanto no agachamento total como parcial, a FC apresentou uma resposta de aumento durante as séries, terminando com valores estatisticamente superiores ( $p \leq 0,05$ ) em relação à série 1.



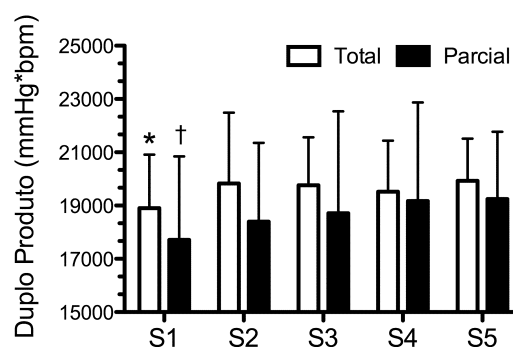
**Figura 1.** Resposta da frequência cardíaca durante as cinco séries de exercício para o agachamento parcial e agachamento total (valores em média  $\pm$  DP). \*  $p \leq 0,05$  para as outras séries; †  $p \leq 0,05$  para S5; ‡  $p \leq 0,05$  para S4 e S5.

A PAS e PAD também não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre o agachamento total e parcial para nenhuma das séries (figura 2). Em relação ao agachamento total, a PAS atingida na série 1 foi estatisticamente superior ( $p \leq 0,05$ ) em relação às séries 3, 4 e 5. A PAS da série 2 também foi estatisticamente superior ( $p \leq 0,05$ ) à série 3. A PAS durante o agachamento parcial não apresentou diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre as séries.

A figura 3 apresenta a resposta do DP durante as cinco séries de exercício para o agachamento parcial e agachamento total. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) do DP entre os tipos de agachamento para nenhuma das séries. Ocorreu um aumento estatisticamente significativo ( $p \leq 0,05$ ) do DP da série 1 para a série 3 no agachamento total e da série 1 para a série 4 no agachamento parcial.



**Figura 2 –** Resposta da pressão arterial sistólica (PAS; A) e pressão arterial diastólica (PAD; B) durante as cinco séries de exercício para o agachamento parcial e agachamento total (valores em média  $\pm$  DP). \*  $p \leq 0,05$  para S3, S4 e S5; †  $p \leq 0,05$  para S3.



**Figura 3 –** Resposta do duplo produto durante as cinco séries de exercício para o agachamento parcial e agachamento total (valores em média  $\pm$  DP). \*  $p \leq 0,05$  para S3; †  $p \leq 0,05$  para S4.

## DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi avaliar a influência do agachamento total e parcial em séries múltiplas dos exercícios resistido sobre respostas cardiovasculares agudas. O presente estudo comparou as respostas da FC, PA e DP em repouso e no final de cada série (5 séries) nos

dois tipos de agachamento, sendo que a FC, PAS e DP foi sempre maior no final de cada série em relação ao repouso, com exceção da PAD, que se manteve estável. Além disso, ao contrário do esperado, as respostas cardiovasculares durante as 5 séries foram semelhantes entre os agachamentos.

Não ocorreu um efeito acumulativo da pressão arterial durante as 5 séries para os 2 agachamentos. Esse efeito acumulativo só foi observado para a FC. Como as participantes eram treinadas em exercício resistido, a utilização da carga de 80% de 12RM poderá ter sido insuficiente para apresentar uma resposta acumulativa, ou seja, poderá ter sido considerado uma carga leve para as voluntárias. Na mesma linha, Kawano et al [16] que submeteram normotensos jovens e de meia-idade a uma série no exercício de leg press com três intensidades (40%, 60% e 80% de 1RM) não observaram diferença nas respostas cardiovasculares nas intensidades testadas, em quaisquer dos grupos. Além disso, o intervalo de 120 segundos entre as séries poderá ter sido mais que suficiente para a recuperação. No estudo de Ratanas et al [17] que observaram os efeitos de diferentes intervalos fixos de recuperação (30s, um, dois, três e 5 minutos) sobre as respostas cardiovasculares e metabólicas durante a realização de 5 séries em duas intensidades de treinamento, foi mostrado que intervalos de recuperação mais longos entre as séries contribuíram significativamente para a redução das respostas cardiovasculares. Ou seja, na presente pesquisa, além das voluntárias serem condicionadas fisicamente, a intensidade de 80% de 12RM associado a um intervalo de 120 segundos de recuperação não provocou efeito acumulativo das respostas cardiovasculares.

Considerando ainda a não observação do efeito acumulativo da PA durante as séries de exercício, é possível que a mensuração da PA logo após a última repetição de cada série de agachamento tenha influenciado negativamente nas respostas cardiovasculares, uma vez que a PA é um parâmetro hemodinâmico e rapidamente volta para valores menores após o exercício.

A literatura especializada evidencia que as sobrecargas mecânicas impostas às estruturas do joelho durante o agachamento total são fator positivo na estabilização da articulação [5,18]. A musculatura que age sob ação dos joelhos como

os quadríceps, isquiotibiais e gastrocnêmio, contam com cerca de 98% da área de secção transversa total do joelho(5). Escamilla [5] relata ainda que exercício em cadeia cinética fechada como o agachamento, gera maior segurança, por desencadear a co-ativação dos músculos agonistas e antagonistas, proporcionando estabilidade articular como dito antes. Assim, é observado que o agachamento total mobiliza uma grande quantidade de musculatura dos membros inferiores, além da estabilização corporal. Por outro lado, as forças máximas de cisalhamento anterior durante o agachamento parcial ocorrem dentro dos primeiros 60° de flexão do joelho, e o pico de força no ligamento cruzado anterior ocorre geralmente entre 15-30° de flexão, diminuindo e se mantendo após os 60° [19]. Grande parte dos estudos e recomendações limitando o movimento se refere ao “agachamento parcial” que é realizado até que as coxas fiquem paralelas ao solo, o que gera amplitudes maiores que 90 graus de flexão dos joelhos. Inclusive, parar em 90 graus é considerado um dos principais erros na execução do agachamento [20]. Escamilla [5] verificou claramente um aumento das forças compressivas tibiofemorais e patelofemorais até se chegar a um ângulo de aproximadamente 80-90 graus, sendo que essas forças caem a medida que a amplitude aumenta. Anteriormente, Zheng et al [21] e Wilk et al [22] também haviam verificado que as maiores forças compressivas tibiofemorais no agachamento ocorrem justamente próximas ao ângulo de 90 graus. O principal papel da patela é aumentar a vantagem mecânica do quadríceps femoral, enquanto que a articulação patelofemoral absorve forças compressivas do fêmur e as transforma em forças tensivas nos tendões do quadríceps e patelar [23].

Durante agachamento parcial, apesar da tensão sobre a patela ser maior, o recrutamento muscular é menor do que no agachamento total. Entretanto, apesar de menor recrutamento muscular, as respostas cardiovasculares são semelhantes entre os agachamentos. Assim, a diferença de recrutamento muscular e nas forças compressivas não influenciou diretamente nas respostas da FC e PA durante as séries de exercício. Mais uma vez, podemos justificar os resultados devido ao possível estímulo fraco com longa recuperação entre as séries.

Quanto à elevação da FC, Hunter et al [24] compararam as respostas metabólicas e da frequência cardíaca a 10 exercícios realizados com duas velocidades de contração, uma 'tradicional' (um segundo para a fase concêntrica e excêntrica, um minuto de recuperação) e 'super slow' (10 s para a fase concêntrica e 5 s para a fase excêntrica). Os autores concluem que uma única mensuração da FC pode não ser suficiente para avaliar adequadamente a sobrecarga cardiovascular imposta pelo exercício resistido. Concluindo, a presente pesquisa mostra que as respostas cardiovasculares durante 5 séries de

exercício realizadas a 80% de 12RM são semelhantes entre o agachamento total e agachamento parcial. Além disso, não foi observado um efeito acumulativo da PA durante as séries de agachamento. Estudos futuros são necessários para analisar as repostas entre os agachamentos em intensidades diferentes, uma vez que a presente pesquisa utilizou uma intensidade submáxima em indivíduos treinados.

Humano. 5th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.

## REFERÊNCIAS

- [1] Grahan IF, Back Squat. National Strength & Conditioning Association. 5th ed.; 2001.
- [2] Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk KE, Andrews JR. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. 4th ed.: Med Sci Sports Exerc; 1998.
- [3] Durward BR, Baer GD, Rowe PJ. Movimento funcional humano: mensuração e análise Barueri: Manole; 2001.
- [4] Thompson F. Manual de cinesiologia estrutural. 14th ed.: Manole; 2002.
- [5] Escamilla RF. Knee biomechanics dynamic squat exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001; 33(1): 127-141.
- [6] American College of Sports Medicine. Position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2009; 41(3): 687-708.
- [7] McCartney N. Acute responses to resistance training and safety. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1st ed.; 1999.
- [8] Monteiro MF, Sobral Filho DC. Exercício físico e o controle da pressão arterial. 6th ed.; 2004.
- [9] Powers SK, Howley ET. Fisiologia do Exercício – Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho. 1st ed. São Paulo: Manole; 2000.
- [10] McCardle WD, Katch FI, KATCH VL. Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho exercicio realizadas a 80% de 12RM são semelhantes entre o agachamento total e agachamento parcial. Além disso, não foi observado um efeito acumulativo da PA durante as séries de agachamento. Estudo futuros são necessários para analisar as repostas entre os agachamentos em intensidades diferentes, uma vez que a presente pesquisa utilizou uma intensidade submáxima em indivíduos treinados.
- [11] Polito MD, Farinatti PTV. Resposta da Frequência Cardíaca, Pressão Arterial e Duploproduto ao exercício contra-resistência: Uma revisão da literatura. *Revista Portuguesa de Desporto*. 2003; 3(1).
- [12] Souto MA. Fisiologia dos exercícios resistidos São Paulo: Phorte; 2008.
- [13] Mediano MFF, Paravidino V, Simão R, Pontes FL, Polito MD. Comportamento subagudo da pressão arterial após o treinamento de força em hipertensos controlados. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2005; 11(6).
- [14] Baechle TR, Earle RW. Essentials of strength training and conditioning: Human kinetics; 2008.
- [15] VI Diretrizes Brasileira de Hipertensão. Sociedade Brasileira de Cardiologia. 2010; 95(1 supl): 1-51.
- [16] Kawano H, Nakagawa H, Onodera S, Higuchi M, Miyach M. Attenuated increases in blood pressure by dynamic resistance exercise in middle-aged men. *Hypertens Res*. 2008; 31(5): 1045-53.
- [17] Ratamess NA, Falvo MJ, Mangine GT, Hoffman JR, Faigenbaum AD, Kang J. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2007; 100(1): 1-17.
- [18] Gentil P. Bases Científicas do Treinamento de Hipertrofia Rio de Janeiro: Sprint; 2011.
- [19] Pereira G, Leporace G, Rodriguez MI, Praxedes J, Chagas D, Batista LA. Estudo da atividade mioelétrica dos adutores de quadril e reto

femural durante o exercício agachamento livre.  
Revista Bras. de Biomecânica. 2007.

- [20] Fairchild D, Hill B, Ritchie M, Sochor D. Common technique errors in the back squat. NSCA J. 1993; 15: 20-27.
- [21] Zheng N, Fleisig GS, Escamilla RF, Barrentine SW. An analytical model of the knee for estimation of internal forces during exercise. J Biomech. 1998; 31: 963-967.
- [22] Wilk KE, Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine SW, Andrews JR, Boyd ML. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. Am J Sports Med. 1996; 24: 518-527.
- [23] Hamill J, Knutzen KM. Bases biomecânicas do movimento humano: Manole; 1999.
- [24] Hunter GR, Seelhorst D, Snyder S. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow contra traditional resistance training. J Strength Cond Res. 2003; 17(1): 76-81.