

Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício 2018;17(3):141-7

ARTIGO ORIGINAL

Potência muscular de membros inferiores de ciclistas e corredores de rua da cidade de Teresina/PI

Muscular power of inferior members of cyclists and street runners at Teresina/PI

Antônio Carlos Leal Cortez*, Aldenor Fernandes da Silva Neto**, Fernando Henrique Alves Rodrigues**, Antônio Carlos Gomes***, Adriana Ribeiro de Oliveira Napoleão do Rêgo, M.Sc.****

*Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), Teresina/PI, Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Enfermagem e Biociências (PPgEnfBio), Doutorado da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Laboratório de Biociências do Movimento Humano (LABIMH, UNIRIO) Bolsista Demanda Social CAPES, Fisiologista da Confederação Brasileira de Atletismo (CBAt), **Bacharel em Educação Física do Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), ***Academia Brasileira de Treinadores do Comitê Olímpico do Brasil, COB/RJ, Presidente da Sociedade Brasileira de Treinadores do Esporte SOBRATE, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte & Fitness CEFIT/UNIP/SP, Sport Training Aperfeiçoamento em Esporte e Fitness- Londrina/PR, ****Centro Universitário Santo Agostinho UNIFSA

Recebido em 4 de setembro de 2018; aceito em 13 de setembro de 2018.

Endereço para correspondência: Antônio Carlos Leal Cortez, Av. Abdias Neves, 1850, 64015-300 Teresina PI, E-mail: antoniocarloscortez@hotmail.com; Aldenor Fernandes da Silva Neto: neto-fernandes@outlook.com; Fernando Henrique Alves Rodrigues: fernandohenriquear@hotmail.com; Antônio Carlos Gomes: contatoacgomes@gmail.com; Adriana Ribeiro de Oliveira Napoleão do Rêgo: adr.ribeiro@uol.com.br

Resumo

O objetivo do presente estudo buscou comparar a potência muscular de membros inferiores de ciclistas e de corredores de rua a partir dos testes *Squat Jump* (SJ) e *Counter Movement Jump* (CMJ) com um aplicativo para iPhone e do *Sargent Jump Test* (SJT). A amostra foi composta por 10 ciclistas e 10 corredores de rua, do sexo masculino, pertencentes a grupos não organizados. Os resultados demonstraram diferença significativa na potência de membros inferiores de corredores (SJ- 1160W, CMJ- 1257,7W e SJT- 1552,4 kgm/s) em relação aos ciclistas (SJ- 1103W, CMJ- 1133,3W e SJT- 1558,1 kgm/s) no CMJ ($p=0,01$). Concluiu-se que os corredores de rua obtiveram um melhor desempenho em relação a variável potência de membros inferiores nos testes SJ e CMJ, já no SJT houve uma vantagem não significativa para os ciclistas.

Palavras-chave: força muscular, bicicletas para terra, corrida, aptidão física.

Abstract

The aim of this study was to compare the muscle power of cyclists and street runners lower limbs from Squat Jump tests (SJ) and Counter Movement Jump (CMJ) using iPhone application software and a Sargent Jump Test (SJT). The sample consisted of ten cyclists and ten street runners male of non-organized groups. The results showed significant difference in the power of street runners lower limbs (SJ 1160W, CMJ-1257,7W and SJT-1552,4 kgm/s) compared to cyclists (SJ 1103W, CMJ- 1133,3W and SJT- 1558,1 kgm/s) in which the CMJ had $p = 0.01$, showing that street runners had a better power of the lower limbs. We conclude that the street runners have got a better performance for the variable power of the lower limbs in SJ and CMJ tests. The SJT test showed a non-significant advantage for cyclists.

Key-words: muscle strength, bicycles for land, running, physical fitness.

Introdução

Durante muito tempo têm sido abordados, de formas diferentes, os conceitos e aplicações da aptidão física, englobando principalmente a saúde e a *performance*. Entre os componentes da aptidão física podemos destacar a potência muscular como um ótimo preditor

de força máxima, importante tanto para a qualidade de vida como para um melhor desempenho em atividades de alto rendimento [1].

A corrida é uma atividade aeróbica que desenvolve e necessita de potência de membros inferiores, considerada uma destreza natural do ser humano, aparece nos primeiros anos de vida e apresenta estímulos estreitamente ligados ao desenvolvimento motor da criança [1,2]. As atividades aeróbicas, atualmente são vistas como um importante elemento de manutenção de uma vida saudável e ativa. Existe uma relação entre atividade física aeróbica e inúmeros benefícios para a prevenção e tratamento de doenças crônicas como a hipertensão arterial [3], doenças cardiovasculares, resistência à insulina [4], diabetes, dislipidemias [5], taxa metabólica basal [6] e obesidade [7]. Estes benefícios podem ser vistos tanto em praticantes iniciantes quanto em indivíduos ativos e atletas [8].

Outra atividade aeróbica importante para a saúde é o ciclismo, classificado como uma atividade com grande número de adeptos, nos últimos anos [9-11] e cuja prática regular pode promover diversos benefícios para seus praticantes como uma maior proteção dos tendões e cápsulas articulares, prevenção e controle da pressão arterial, fortalecimento da musculatura de membros inferiores, além da promoção de um melhor bem-estar psicológico com melhoria da saúde e qualidade de vida [12].

A potência é uma característica importante tanto para corredores como para ciclistas, tendo em vista sua importância na performance durante as atividades, seja para alcançar uma maior velocidade ou manter um ritmo linear em percursos ou competições de longa duração. A potência muscular é caracterizada por uma força de contração máxima necessária para vencer uma sobrecarga na maior velocidade possível e para tanto é necessária uma combinação excelente entre aplicação de força e velocidade [13,14]. Um ótimo indicador da produção dos níveis de potência muscular gerada pelos músculos de membros inferiores é a medida do desempenho nos saltos verticais (SV) em modalidades que precisam de ações explosivas, tais como corrida e ciclismo [15].

Diversos parâmetros como o nível de força máxima ($F_{\text{máx}}$), tempo para atingir a força máxima ($TF_{\text{máx}}$) e taxa de desenvolvimento da força (TDF), estão relacionados também com o desempenho nos saltos verticais [16,17]. Assim, padrões de força, determinantes da potência de membros inferiores, relacionam-se com a *performance* nos testes de saltos verticais (SV), especialmente no *Counter Movement Jump* (CMJ) e no *Squat Jump* (SJ) [17,18], em que a distinção destes aspectos pode ser útil para a especificidade do treino em modalidades que fazem uso de ações explosivas, porém com ações motoras diferentes como no ciclismo e na corrida de rua.

Levando em consideração a relevância dos estudos nessa linha de pesquisa para orientação de atletas, treinadores e profissionais, subsidiando estratégias de treinamento mais específicas, este estudo teve como objetivo principal comparar a potência de membros inferiores através de testes de salto vertical como instrumentos para estimar variáveis de desempenho no ciclismo e na corrida de rua.

Material e métodos

Tipo de estudo

Descritivo de campo com abordagem quanti qualitativo de corte transversal.

Participantes

Participaram deste estudo 10 praticantes de ciclismo e 10 de corrida de rua selecionados por conveniência.

Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: praticar a modalidade há pelo menos seis meses, ser adulto jovem, do sexo masculino, participar de competições a nível regional, nacional ou internacional e realizar treinamento da modalidade no mínimo três vezes por semana.

Excluíram-se os voluntários que apresentaram lesões osteomioarticulares, alguma patologia ou deficiência motora e que estavam em uso de medicamento ou recurso ergogênico nutricional.

Instrumentos e procedimentos

Antes dos testes os participantes receberam explicações quanto ao objetivo da pesquisa e procederam a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Foi realizada uma avaliação antropométrica com medidas da massa corporal (kg) e estatura (cm). Para a realização dos testes de salto vertical, utilizaram-se os protocolos Liza Lite [19] e *Sargent Jump Test* [20], e os participantes eram orientados pelos pesquisadores a realizarem um aquecimento prévio de 5 minutos, de baixa intensidade, paralelo às instruções técnicas sobre os saltos. Após descanso de 3 minutos, iniciaram-se os testes *Squat Jump* (SJ), *Counter movement Jump* (CMJ), utilizando o aplicativo para iphone, o Liza Lite, e o teste *Sargent Jump* (SJT). Todas as avaliações foram feitas no período da tarde.

Protocolo de avaliação da potência muscular de membros inferiores

O teste de salto vertical (SV) [21], considerado o principal teste para avaliar a potência muscular de membros inferiores, pode ser realizado com e sem agachamento. No SJ os sujeitos realizam um agachamento e após uma breve pausa, saltam para cima o mais rápido e alto possível. No CMJ, o salto é executado a partir da posição em pé, seguido de um agachamento (contra movimento) e, sem pausa, saltam o mais alto possível [21]. Para a realização do *Sargent Jump Test* (SJT) foi utilizada uma tábua de 30 centímetros de largura por 2 metros de comprimento (graduada em centímetros e milímetros), fixada a uma parede, a partir de 2 metros de altura, onde o avaliado posicionava-se em pé, lateralmente à superfície graduada e com o braço estendido acima da cabeça e os dedos sujos de giz, executava-se o salto vertical com o objetivo de tocar com as polpas digitais da mão dominante o ponto mais alto da graduação em centímetros [20].

Em ambos os testes foram realizados 3 saltos verticais com intervalo de 2 minutos entre eles e computado o melhor deles.

Análise estatística

Utilizou-se a estatística descritiva para descrever as médias e desvio padrão das variáveis de potência máxima, tempo de vôo, altura e velocidade do salto e para a comparação dos resultados de potência dos testes, aplicou-se a estatística inferencial com o teste t-Student e nível de significância ($p \leq 0,05$). Para análise e elaboração dos gráficos utilizou-se o programa SPSS. 16.0.

Aspectos éticos

O termo de consentimento livre esclarecido (TCLE) foi distribuído e assinado pelos participantes da pesquisa. Esta pesquisa foi avaliada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Santo Agostinho com o CAAE: 56851115.1.0000.5602.

Resultados

O grupo da amostra constituída de ciclistas apresentou as seguintes médias: estatura de $176,1 \pm 6$ cm, massa corporal de $68,7 \pm 4,7$ kg e idade de $24,3 \pm 3,4$ anos e o grupo de corredores estatura de $173,7 \pm 3,5$ cm, massa corporal de $71,24 \pm 8,4$ kg e idade de $22,6 \pm 3,6$ anos. Em relação ao tempo de prática da modalidade, 70% dos ciclistas praticavam há 6 meses e 30% há 1 ano, diferente dos corredores, onde 50% praticava há 6 meses, 20% há 1 ano e 30% há mais de 1 ano. Todos os participantes do estudo participavam de treinamento da modalidade, pelo menos, três vezes por semana e nenhum apresentou lesões osteomioarticulares ou alguma doença crônica.

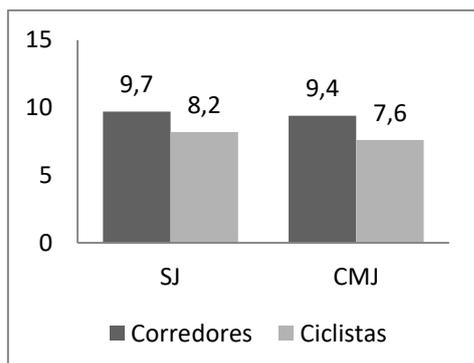
Ao comparar-se a potência muscular de membros inferiores de ciclistas e corredores de rua nos diferentes testes de salto vertical, apresentada na tabela I, observou-se diferença significativa somente no CMJ.

Tabela I - Comparação da potência de membros inferiores de acordo com os testes de impulsão vertical de ciclistas e corredores (W e kgm/s).

	Corredores	Ciclistas	P valor
SJ(W)	1160	1103	0,20
CMJ(W)	1257,7	1133,3	0,01*
SJT (kgm/s)	1552,4	1558,1	0,20

*Diferença estatística $p \leq 0,05$

Os resultados dos testes CMJ e SJ, em relação ao LIZA índice (01 a 10), indicou que quanto maior o índice maior a potência de membros inferiores, demonstrada na figura 1. Os índices médios de potência de membros inferiores dos corredores foram maior nos testes SJ e CMJ.

**Figura 1** - Média da potência de membros inferiores, de acordo com o Liza Índice, de corredores e de ciclistas.

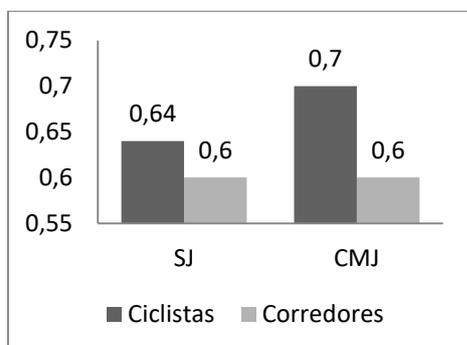
Quanto ao *Sargent Jump Test*, os resultados alcançados em centímetros, na impulsão vertical de corredores e ciclistas, apresentados na tabela II, foram classificados como excelentes (>61 cm), excetuando-se apenas um ciclista que apresentou classificação "acima da média" (49-61 cm). Em relação aos testes SJ e CMJ, a altura do salto vertical foi maior nos corredores com diferença significativa entre corredores e ciclistas no CMJ.

Tabela II - Comparação entre altura do salto (cm) de acordo com os testes de impulsão vertical de corredores e ciclistas.

	Corredores	Ciclistas	p-valor
SJ	51	45,5	0,14
CMJ	60	48,1	0,01*
SJT	75,6	71,2	0,71

*Diferença estatística $p \leq 0,05$

Quanto ao tempo de voo, na figura 2, foi igual nos testes realizados por ciclistas e menor no SJ em corredores.

**Figura 2** - Média do tempo de voo (segundos) em relação aos saltos de impulsão vertical do protocolo Liza Lite.

A velocidade média, na figura 3, foi maior em corredores, tanto no SJ quanto no CMJ, confirmando os resultados do tempo de voo que indicaram velocidade média maior entre corredores no CMJ.

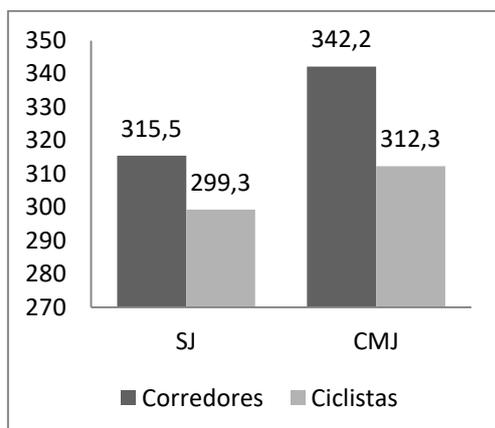


Figura 3 - Média da velocidade do salto (cm/s) em relação ao protocolo Lisa Lite.

Discussão

O principal objetivo deste estudo foi comparar a potência muscular de membros inferiores de ciclistas e de corredores de rua. Para tanto, foram utilizados os protocolos do aplicativo para *Iphone*, o *Liza Lite* subdividido em *Squat Jump* (SJ) e *Counter Movement Jump* (CMJ), e outro protocolo, o *Sargent Jump Test* (SJT) [22-24]. Estes protocolos de saltos verticais são bastante utilizados para avaliar a potência muscular de membros inferiores, não só por apresentarem facilidade de aplicação como também dispensa de treinamento prévio do participante para aplicação do movimento.

Testes parecidos foram realizados com o objetivo de avaliar a potência de membros inferiores de atletas de ginástica artística, em um estudo transversal, no qual se identificou que o programa de treinamento mostrou melhoria na potência de membros inferiores das atletas [25].

Em outro estudo [26], ao avaliar-se a potência de membros inferiores de jogadores de futsal e de futebol de campo, de acordo com as posições adotadas e categorias, através do teste de salto vertical CMJ, identificou-se que tanto os atletas de futebol quanto os de futsal apresentavam níveis semelhantes de potência.

Os resultados dos estudos supracitados tiveram semelhança com o presente estudo no que se refere aos testes aplicados para avaliar a potência muscular de membros inferiores.

As aplicações dos testes de salto vertical do presente estudo resultaram em uma análise diferenciada em cada protocolo. No protocolo que utilizou o aplicativo para *iphone*, *Liza Lite*, encontraram-se resultados de potência muscular maiores em corredores, os quais apresentaram média de força máxima maior (1.160W) no SJ, em relação aos ciclistas (1.103,2W), confirmando os resultados alcançados no CMJ, onde a potência máxima de corredores (1.257,7W) foi maior que a de ciclistas (1.133,3W) com diferença significativa ($p=0,01$).

O fato de o CMJ apresentar resultados superiores ao SJ pode ser explicado devido ao ciclo de alongamento-encurtamento da musculatura envolvida que gera energia elástica na fase excêntrica para posteriormente transferir essa energia cinética para a fase concêntrica do movimento [27].

No SJT a potência média encontrada foi superior aos resultados no SJ e CMJ, entre corredores (1.552,4 kgm/s) e ciclistas (1.558,1 kgm/s), apontando uma pequena vantagem para os ciclistas. Essa diferença pode ser explicada, hipoteticamente, pela elevação do braço sobre a cabeça no momento do salto. Essa elevação do braço pode ser o que diferencia os resultados do SJT quando comparados aos testes SJ e CMJ. Corroborando esta hipótese o SJT tende a superestimar os resultados, justamente pela dependência da utilização dos membros superiores e do tronco para a aquisição dos dados [28].

Em relação às outras variáveis avaliadas, os ciclistas alcançaram média da distância do salto de $71,2 \pm 8,3$ cm enquanto os corredores obtiveram média de $75,6 \pm 8$ cm no SJT, enquanto no SJ os corredores tiveram como média $51 \pm 6,2$ cm e os ciclistas $45,5 \pm 8,3$ cm, no

CMJ tiveram uma diferença significativa ($p=0,01$): os corredores alcançaram $60 \pm 9,2$ cm de altura e os ciclistas $48,1 \pm 7,9$ cm, assim demonstrando que os corredores conseguiram melhores resultados.

Variáveis como tempo de voo e velocidade do salto são dados específicos do aplicativo Liza Lite, cujos dados coletados em relação à potência nos testes SJ e CMJ, indicaram resultados superiores no CMJ, assim como da potência.

É importante ter a certeza de que uma medida mensurada em determinado teste seja reproduzida adequadamente e válida quando comparada a ela mesma [29]. No presente estudo, a aplicação dos testes obedeceu estes princípios na instrução para execução dos mesmos de forma mais homogênea possível, garantindo um resultado mais fidedigno. De acordo com esta premissa, o teste de salto vertical aplicado através do protocolo do SGT [30] apresenta comprovação científica e sua utilização, assim como a de outros instrumentos de salto vertical, no presente estudo é válido para avaliar a potência de membros inferiores [21].

Diferentes metodologias adotadas para avaliar a potência do salto vertical são tendenciosas por apresentarem uma variabilidade de resultados, tendo em vista a utilização de distintos equipamentos ou procedimentos para a análise. A utilização de distintos protocolos de testes muitas vezes inviabiliza as comparações entre os valores encontrados, dificultando a padronização dos resultados das variáveis relativas ao salto vertical. Desta forma, surge uma grande necessidade de estudos voltados para diferentes modalidades, aplicando e comparando outros métodos e protocolos de medidas do Salto Vertical, conservando os critérios de investigação aplicados em relação à aferição das medidas durante a execução do gesto desportivo [31].

Conclusão

Conclui-se que os corredores de rua obtiveram um melhor desempenho em relação a variável potência muscular de membros inferiores nos testes SJ e CMJ. Porém, no SGT foi identificada uma maior variabilidade de resultados na execução do teste. As variáveis do SJ e CMJ em relação à altura, velocidade e tempo de voo apontaram também melhores resultados dos corredores.

Possivelmente os corredores tiveram melhores resultados quanto aos saltos devido à especificidade da modalidade corrida, que nos seus ciclos de movimento apresentam uma fase de voo e outra de impulsão vertical. No entanto, faltam estudos para comprovar tal hipótese, abrindo uma nova lacuna no conhecimento.

Concluiu-se também que os testes podem criar uma tendência de favorecimento para os corredores pela mecânica do gesto técnico.

Baseado no que foi estudado verificou-se a necessidade de novos estudos fazendo uso de outras metodologias para a mensuração da potência de membros inferiores, comparando-se os dados encontrados com os de outras modalidades desportivas, com a finalidade de desenvolver diversos programas de treinamento, a fim de melhorar os ganhos de potência de membros inferiores dos praticantes e atletas.

Referências

1. Miranda CF. Como se vive de atletismo: um estudo sobre profissionalismo e amadorismo no esporte, com olhar para as configurações esportivas [Dissertação]. Porto Alegre: Escola de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.
2. Salgado JVV, Chaconmikhail MPT. Corrida de rua: análise do crescimento do número de provas e de praticantes. *Revista Conexões* 2006;4(1):100-9.
3. Mougios V. Does the intensity of an exercise program modulate body composition changes? *Int J Sports Med* 2006;27(3):178-81.
4. Tirosh A. Normal fasting plasma glucose levels and type 2 diabetes in young men. *New England J Med* 2005;353:1454-62.
5. Coelho VG, Caetano LF, Libertator e Júnior RR, Cordeiro JA, Souza DRS. Perfil lipídico e fatores de risco para doenças cardiovasculares em estudantes de medicina. *Arq Bras Cardiol* 2005;85(1):57-62.
6. Cambri L, Souza M, Mannrich G, Cruz R, Gevaerd M. Perfil lipídico, dislipidemias e exercícios físicos. *Rev Bras Cineantrop Desempenho Hum* 2006;8(3):100-6.

7. Schaan B, Harzheim E, Gus I. Perfil de risco cardíaco no diabetes mellitus e na glicemia de jejum alterada. *Rev Saúde Pública* 2004;38(4):529-36.
8. Voorrips LE, Lemmink KAPM, Heuvelen MJG, Bult P, Staveren WA. The physical condition of elderly women differing in habitual physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25(10):1152-7.
9. Salai M, Brosh T, Blankstein A, Oran A, Chechik A. Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists. *Br J Sports Med* 1999;33(1):398-400.
10. Asplund C, Ross M. Core stability and bicycling. *Current Sports Medicine Reports* 2010;9(3):155-60.
11. Srinivasan J, Balasubramanian V. Low back pain and muscle fatigue due to road cycling – an EMG study. *J Bodyw Mov Ther* 2007;11(3):260-6.
12. Bouchard C. Atividade física e obesidade. Barueri: Manole; 2003.
13. Weineck CA. Manual de Treinamento Esportivo. São Paulo: Manole; 1989.
14. Barbanti VJ. Manifestações da força motora no esporte de rendimento. In: Barbanti Amdio, Bento & Marques, eds.. *Esporte e Atividade Física*. São Paulo: Manole; 2002.
15. Bosco CA. *Força Muscular*. São Paulo: Phorte; 2007.
16. Stone MH, O'bryant HS, Mccoy L, Coglianese R, Lehmkuhl M, Schilling B. Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res* 2003;17(1):140-7.
17. Mcllellan CP, Lovell DI, Gass GC. The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2011;25(2):379-85.
18. Kraska JM, Ramsey MW, Haff GG, Fethke N, Sands WA, Stone ME et al. Relationship between strength characteristics and unweighted and weighted vertical jump height. *Int J Sports Physiol Performance* 2009;4:461-73.
19. Liza Lite. Site do aplicativo para iphone. [citado 2015 Nov 20]. Disponível em: <http://liza.exelio.eu/about-liza.html>.
20. Harman EA, Rosenstein MT, Frykmam PN, Rosenstein RM, Kraemer WJ. Estimation of human power output from vertical jump. *J Appl Sport Sci Res* 1991;5(3):116-20.
21. Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Roseanstein MT. Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31: 572-7.
22. Galdi Ehg. Pesquisa com salto vertical: uma revisão. *Revista Treinamento Desportivo* 2006;1(1):27.
23. Komi PV, Bosco C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1978;10(4):261-5.
24. Cronin JB, Hing, TD, Mcnair, PJ. Reability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance. *J Strength Cond Res* 2004;[s.v.]:590-603.
25. Zettermann CAF. Avaliação de potência de membros inferiores de atletas de ginástica artística [Monografia]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2012.
26. Silva JF, Detanico D, Floriano LT, Dittrich N, Nascimento PC, Santos SG, Guglielmo LGA. Níveis de potência muscular em atletas de futebol e futsal em diferentes categorias e posições. *Revista Motricidade* 2012;8(1):14-22.
27. Wilson JM, Flanagan EP. The role of elastic energy inactivity's with high force and power requirements: a brief review. *J Strength Cond Res* 2008;22:1705-15.
28. Pereira R, Pereira LN, Thiebaut A, Sampaio-Jorge F, Machado M. Jumptest: comparação da performance pelo método clássico e através do Foot Switch. *Fit Perf J* 2009;8:73-89.
29. Currel K, Jeukendrup AE. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med* 2008;38:297-316.
30. Sales PG, Mello DB, Vasconcelos FV, Achor Junior A, Dantas EH. Validade e fidedignidade do sargent jump test na avaliação da força explosiva de jogadores de futebol. *Rev Bras Ciênc Saúde* 2010;14:21-6.
31. Ziv G, Lidor R. Vertical jump in female and male basketball players: a review of observation a land experimental studies. *J Sci Med Sport* 2009;13(3):332-9. doi:10.1016/j.jsams.2009.02.009.