

Artigo original

Influência da força e da área de corte transversal muscular de membros inferiores sobre as potências física e aeróbia máximas em teste de esforço em cicloergômetro

Influence of strength and cross-sectional area of lower limb muscle on the maximal physical and aerobic power in exercise test in cycle ergometer

Thiago Rodrigues Gonçalves*

*Graduado em Educação Física pela Escola de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Rio de Janeiro –UFRJ, Mes-
trando em Ciências Cardiovasculares pela Faculdade de Medicina da Universidade Federal Fluminense - UFF

Resumo

Objetivo: Investigar a relação da força dinâmica máxima (F_{\max}) dos membros inferiores e da área de corte transversal muscular do quadríceps (A_{TQ}) com a potência máxima (W_{\max}) e a potência aeróbia máxima ($VO_{2\max}$). **Métodos:** Nove voluntários masculinos (22 ± 2 anos; 73 ± 9 kg) foram avaliados em dois momentos (M1 e M2). As medidas antropométricas e o teste de esforço máximo no cicloergômetro foram realizados no M1. Os parâmetros de trocas gasosas e ventilatórios foram coletados através da calorimetria indireta de circuito aberto (Aerosport® TEEN 100, EUA). Realizou-se em M2 teste de uma repetição máxima (1RM) no aparelho *Leg Press* horizontal para determinação da F_{\max} . Os dados foram tratados através da análise de regressão para $\alpha \leq 0,05$. **Resultados:** A A_{TQ} ($135,8 \pm 13,7$ cm²) foi significativamente correlacionada ao $VO_{2\max}$ ($46,6 \pm 12,4$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) com $r = 0,70$ e a W_{\max} (270 ± 30 W) com $r = 0,76$; $p \leq 0,05$. A F_{\max} ($94,3 \pm 13,4$ kg) não apresentou correlação significativa ao $VO_{2\max}$ ($r = 0,47$) e a W_{\max} ($r = 0,40$). **Conclusão:** A A_{TQ} apresentou boa associação ao $VO_{2\max}$ e a W_{\max} . As últimas variáveis não apresentaram associação a F_{\max} .

Palavras-chave: 1RM, antropometria, teste de esforço, eficiência mecânica.

Abstract

Objective: To investigate the relationship of maximal dynamic strength (S_{\max}) of the lower limbs and the cross-sectional area of the quadriceps muscle (CSA_Q) at the maximum (W_{\max}) and maximum aerobic power ($VO_{2\max}$). **Methods:** Nine male volunteers (22 ± 2 years, 73 ± 9 kg) were evaluated in two stages (M1 and M2). Anthropometric measurements and maximal exercise test on a cycle ergometer were performed in M1. The parameters of gas exchange and ventilation were collected by indirect calorimetry open circuit (Aerosport® TEEN 100, USA). Held in M2 test of one repetition maximum (1RM) on the unit Horizontal Leg Press for the determination of S_{\max} . The data were treated by regression analysis for $\alpha \leq 0.05$. **Results:** The CSA_Q (135.8 ± 13.7 cm²) was significantly correlated with $VO_{2\max}$ (46.6 ± 12.4 mL·kg⁻¹·min⁻¹) with $r = 0.70$ and W_{\max} (270 ± 30 W) with $r = 0.76$, $p \leq 0.05$. The S_{\max} (94.3 ± 13.4 kg) was not significantly correlated to $VO_{2\max}$ ($r = 0.47$) and W_{\max} ($r = 0.40$). **Conclusion:** The CSA_Q showed good association with $VO_{2\max}$ and W_{\max} , as last variables showed no association with S_{\max} .

Key-words: 1RM, anthropometry, exercise test, mechanical efficiency.

Recebido 22 de dezembro de 2009; aceito 15 de abril de 2010.

Endereço para correspondência: Thiago Rodrigues Gonçalves, Rua Santa Rosa 141/703, Santa Rosa 24240-225 Niterói RJ, Tel: (21) 9731-6594, E-mail: tr.goncalves@yahoo.com.br

Introdução

O termo ergoespirometria nasceu em 1929 sugerido por Kipping & Brauer, posteriormente revisado por Hollmann & Prinz [1]. O teste ergoespirométrico permite um valioso estudo da integração entre os sistemas pulmonar, cardiovascular e musculoesquelético [2,3].

Wassermann *et al.* [4] e posteriormente aprimorado por Buchfuhrer *et al.* [5] propuseram o teste de esforço máximo (TE) no cicloergômetro com incrementos de carga de 1 min, a fim de determinar principalmente variáveis metabólicas e físicas como: a potência aeróbia máxima ($VO_{2\text{máx}}$) e a potência física máxima ($W_{\text{máx}}$), caracterizadas por critérios objetivos [6], em 10 ± 2 min. A pesquisa de Buchfuhrer *et al.* [5] ainda propõe que a força muscular nesse protocolo pode influenciar em sua avaliação.

Alguns estudos se propuseram a investigar a influência da força muscular sobre variáveis máximas em TE, sendo esta a partir de treinamento ou não e em protocolos de testes de esforços diferentes [7,8], e não encontraram resultados significativos para indivíduos adultos. Há algumas dificuldades em se determinar o valor preciso da $F_{\text{máx}}$, pois podem ocorrer limitações em sua mensuração. Bruce *et al.* [9] apresentaram casos de variação da força entre indivíduos adultos e não-treinados em que o fator neural poderia estar influenciando sua determinação a partir de dois fatores principais: 1) uma incompleta ativação muscular ocasionada pela dor e 2) uma incompleta ativação muscular sem dor gerada por mecanismo de segurança.

Ainda não é documentada a utilização de preditores da $F_{\text{máx}}$, a fim de atenuar essas possíveis limitações, sobre a *performance* e variáveis máximas em TE. A área transversal muscular do quadríceps (A_{TQ}) [9,10] pode prever a $F_{\text{máx}}$, sendo um de seus principais associados, que assim se objetiva a diminuir os riscos de lesões articulares, musculares e outros acidentes possíveis e ainda encurtar as sessões de testes propostos para sua determinação. É importante para avaliação do TE, com incremento de carga de 1 min, determinar a influência da $F_{\text{máx}}$ e da A_{TQ} sobre suas variáveis máximas.

O presente estudo teve como objetivo investigar a relação da $F_{\text{máx}}$ e da A_{TQ} dos membros inferiores com o $VO_{2\text{máx}}$ e a $W_{\text{máx}}$ em teste no cicloergômetro.

Material e métodos

Sujeitos

Participaram da presente investigação nove voluntários masculinos (Tabela I), aparentemente saudáveis, avaliados em dois momentos (M1 e M2) entremeados por no mínimo dois e no máximo 14 dias. Em M1 realizou-se as medidas antropométricas e o TE no cicloergômetro (Monark® Brasil). Em M2 realizou-se um teste de uma repetição máxima (1RM) no aparelho *Leg Press Horizontal* (Manejo-Fitness, Brasil) para

determinação da $F_{\text{máx}}$. Foi recomendado para o dia prévio aos exames, a abstinência de atividades físicas extenuantes (≥ 5 METs) e a manutenção da dieta mista. Foi recomendado também evitar a ingestão de alimentos e cafeína nas três horas precedentes ao esforço. Nenhum dos voluntários participou de treinamentos de exercícios resistidos para membros inferiores. Os sujeitos preencheram um termo de consentimento e esclarecimento. Os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital dos Servidores do Estado do Rio de Janeiro para Estudos com Seres Humanos.

Tabela I - Características dos sujeitos.

	Média \pm DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	22 \pm 2	18	25
Estatuta (cm)	176,6 \pm 4,4	166,1	188,9
Peso (kg)	73,3 \pm 8,8	62,0	92,4
%gor (%)	14,3 \pm 5,7	7,0	24,0
LBM (kg)	62,6 \pm 6,4	51,4	71,1
Circ-d (cm)	51,6 \pm 3,0	47,5	58,5
%gor-d (%)	14,8 \pm 5,6	9,5	25,0
Circ-e (cm)	52,1 \pm 3,2	48,0	57,0
%gor-e (%)	14,9 \pm 5,8	9,0	25,0

%gor = percentual de gordura corporal; LBM = massa corporal magra; Circ-d e Circ-e = circunferência do ponto médio da coxa direita e esquerda; %gor-d e %gor-e = percentual de gordura anterior da coxa direita e esquerda.

Antropometria

Primeiramente, foram realizadas as medidas de dobras cutâneas (DC) e perimetria dos membros superiores e inferiores. Para medidas de circunferências utilizou-se uma trena metálica. As medidas de DC foram verificadas através de um adipômetro (Cescorf®, clínico, precisão 1 mm). Para determinação dos componentes corporais, percentual de gordura (%gor) e massa corporal magra (LBM), foi utilizado o protocolo de 3DC de Pollock [11], o qual estima densidade corporal para ser, posteriormente, transformada em %gor e a LBM determinada pela subtração do peso total pelo peso gordo.

Para cada sujeito foi medido o comprimento da coxa direita e esquerda, do trocânter ao côndilo medial, fazendo a mensuração do ponto médio e dobra cutânea anterior da coxa a 50% de distância neste comprimento. A área de corte transversal muscular do quadríceps da coxa direita (A_{TQD}) e esquerda (A_{TQE}), foi determinada através da seguinte equação descrita por Housh *et al.* [12]:

$$A_{\text{TQD,E}} = (2,52 \times \text{circunferência medial da coxa em cm}) - (1,25 \times \text{dobra cutânea anterior da coxa em mm}) - 45,13.$$

A A_{TQ} foi dada pela soma das áreas de corte transversal dos membros inferior direito e esquerdo.

$$\text{Assim: } A_{\text{TQ}} = A_{\text{TQD}} + A_{\text{TQE}} \text{ em cm}^2.$$

Protocolo do teste de esforço

Foi empregado o protocolo escalonado, contínuo e máximo, constituído do repouso inicial de seis minutos sentado no cicloergômetro, seguido pelo aquecimento de quatro minutos pedalando sem carga e, posteriormente, pela fase escalonada com duração máxima ocorrendo entre oito e 12 minutos [5]. Os incrementos da sobrecarga postos a cada minuto foram calculados através de equação de predição da carga máxima [13], usando uma cadência constante. A cadência foi de 60 rpm e controlada através de um metrônomo audiovisual.

As variáveis de trocas gasosas e ventilatórias foram medidas por um analisador metabólico (Aerosport TEEN 100, EUA) de circuito aberto e por um pneumotacógrafo de fluxo médio (Hans Rudolph, EUA). Esses dados foram registrados a cada 20 segundos. A frequência cardíaca foi monitorada ao longo do exame por meio de um cardiocômetro (Polar Vantage, NV, Finlândia).

Previamente a cada exame foram realizadas as calibrações dos equipamentos. Calibrou-se o ergoespirômetro em circuito fechado, fornecendo uma mistura de gases (AGA, Brasil). O fluxo de gases foi calibrado através de uma seringa de três litros (Hans Rudolph, EUA) e o cicloergômetro por um lastro de 3 kg.

Os testes foram considerados máximos quando observados pelo menos três dos seguintes critérios segundo Howley *et al.* [6]: platô no VO_2 (aumento $\leq 150 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ou $2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), RER (*respiratory exchange ratio*) $\geq 1,15$, $\text{FC}_{\text{Máx}} \geq 90\%$ da prevista pela idade ($220 - \text{idade}$), índice de percepção de esforço ≥ 18 (tabela de BORG de 6 a 20), e fadiga voluntária máxima com incapacidade de manutenção do ritmo pré-estabelecido.

Respectivamente, o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e a $W_{\text{máx}}$ foram dados pelo consumo de oxigênio mais alto e pela última carga suportada ao final do teste.

Para cada sujeito, após o TE acima descrito, foi calculada a média por minuto do VO_2 ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$) integrado a cada 20 segundos e da potência física (W) ao final de cada estágio e ao final do TE para análise de regressão. A Δ_{ef} foi determinada observando a inclinação da reta de cada sujeito [14].

Determinação da força dinâmica máxima

Os sujeitos realizaram um aquecimento e uma familiarização prévia no aparelho com duas séries de 10 repetições com intervalo de um minuto entre séries. Seguidamente executaram até três tentativas para mensuração da 1RM com intervalos de três a cinco minutos. Os sujeitos fizeram movimento bilateral dos membros inferiores chegando à 90° na fase excêntrica. Os sujeitos foram aconselhados a executarem duas repetições no aparelho, sendo determinada a $F_{\text{máx}}$ quando os sujeitos conseguissem executar somente uma repetição.

Com o objetivo de reduzir a margem de erro no teste adotaram-se os seguintes procedimentos [15]: a) instruções padronizadas antes do teste, de modo que o avaliado estivesse ciente de toda a rotina envolvida na coleta de dados; b) o avaliado foi instruído sobre a técnica de execução do exercício através da familiarização com o aparelho e execução do exercício sem carga para reduzir o efeito de fadiga; c) o avaliador estava atento quanto à posição adotada pelo praticante; d) todos os sujeitos executaram o teste no mesmo período do dia.

Análise estatística

Os dados foram tratados através da estatística descritiva (média \pm DP). A relação das variáveis estudadas no presente estudo foi tratada por análise de regressão. Para todos os testes foi adotado o nível de significância de $\alpha \leq 0,05$. No presente estudo foram usados os aplicativos *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, EUA) versão 10.0 e Microsoft Excel para Windows XP (EUA).

Resultados

Os valores das variáveis de M1 e da variável de M2 estão descritos na Tabela II.

Tabela II - Valores em média \pm DP das variáveis de M1 e M2.

	Média \pm DP	Mínimo	Máximo
A_{TQD} (cm^2)	68,3 \pm 7,4	59,6	82,2
A_{TQE} (cm^2)	67,5 \pm 6,4	60,8	81,6
A_{TQ} (cm^2)	135,9 \pm 13,7	120,4	163,8
$\text{FC}_{\text{máx}}$ (bpm)	184,0 \pm 16,0	162,0	204,0
$W_{\text{máx}}$ (W)	270,0 \pm 30,0	240,0	330,0
$\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$)	3,40 \pm 0,98	1,72	4,34
$\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	46,6 \pm 12,4	27,8	63,0
Δ_{ef} ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{W}^{-1}$)	11,1 \pm 2,80	6,40	13,6
$F_{\text{máx}}$ (kg)	94,3 \pm 13,4	83,0	125,0

A_{TQD} e A_{TQE} = Áreas de corte transversal muscular do quadríceps do membro direito e esquerdo; A_{TQ} = soma de A_{TQD} e A_{TQE} ; $\text{FC}_{\text{máx}}$ = Frequência Cardíaca Máxima; $W_{\text{máx}}$ = Carga Máxima; $\text{VO}_{2\text{máx}}$ = Potência Aeróbica Máxima em dados absolutos e relativos; Δ_{ef} = Eficiência mecânica delta e $F_{\text{máx}}$ = Força Muscular Máxima.

A Tabela III apresenta a matriz de correlação das variáveis estudadas. Observamos que a $F_{\text{máx}}$ apresentou correlação significativa com a A_{TQ} de $p \leq 0,01$ e $r^2 = 0,66$. A $F_{\text{máx}}$ não apresentou correlação significativa ao $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($p = 0,200$; $r^2 = 0,22$) e a $W_{\text{máx}}$ ($p = 0,293$; $r^2 = 0,16$). A Δ_{ef} também não apresentou resultados significativos para A_{TQ} ($p = 0,176$; $r^2 = 0,24$) e para $F_{\text{máx}}$ ($p = 0,265$; $r^2 = 0,18$). Já a partir de A_{TQ} tivemos correlações significativas com o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($p = 0,036$; $r^2 = 0,49$) e com a $W_{\text{máx}}$ ($p = 0,018$; $r^2 = 0,58$).

Tabela III - Matriz de correlação das variáveis de M1 e M2.

	$F_{m\acute{a}x}$	A_{TQ}	$VO_{2m\acute{a}x}$	$W_{m\acute{a}x}$	Δ_{ef}
$F_{m\acute{a}x}$ (kg)	1.00	0.81**	0.47	0.40	0.42
A_{TQ} (cm ²)		1.00	0.70*	0.76*	0.49
$VO_{2m\acute{a}x}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)			1.00	0.75*	0.87**
$W_{m\acute{a}x}$ (W)				1.00	0.56
Δ_{ef} (mL·min ⁻¹ ·W ⁻¹)					1.00

* Significativo para $\alpha \leq 0,05$; ** significativo para $\alpha \leq 0,01$. $F_{m\acute{a}x}$ = Força dinâmica máxima; A_{TQ} = Área de corte transverso muscular do quadríceps; $VO_{2m\acute{a}x}$ = Potência aeróbia máxima; $W_{m\acute{a}x}$ = Potência máxima; Δ_{ef} = Eficiência mecânica delta.

Discussão

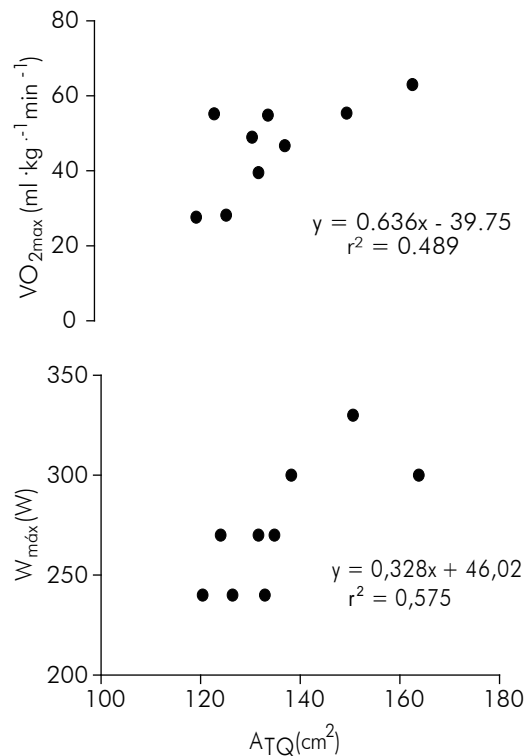
Recomenda-se a progressão 10% da carga máxima por minuto no protocolo escalonado, contínuo e máximo para determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$. O teste deve ser finalizado por meio de critérios de esforço máximos entre oito e 12 minutos. Baseando-se numa melhor avaliação neste protocolo em cicloergômetro, o presente estudo investigou a relação da $F_{m\acute{a}x}$ dos membros inferiores com a A_{TQ} e suas influências sobre o $VO_{2m\acute{a}x}$, a $W_{m\acute{a}x}$ e a Δ_{ef} . A A_{TQ} apresentou correlação significativa e positiva com a $F_{m\acute{a}x}$ (Tabela III) confirmando a associação relatada em outros estudos [9,10,16].

Investigando a influência da $F_{m\acute{a}x}$ com as variáveis máximas apresentadas aqui no estudo no TE não foram observadas relações significativas (tabela III). Outros estudos que investigaram a influência da força muscular sobre variáveis máximas em TE, sendo esta a partir de treinamento ou não e em protocolos de esforço diferentes, encontraram resultados significativos somente para voluntários idosos. Frontera e cols. [17] analisaram o efeito do treinamento da força muscular em variáveis máximas no TE em cicloergômetro com idosos e observou significância no $VO_{2m\acute{a}x}$ relativo a LBM, relatando a importância da massa muscular. Segundo Izquierdo e cols. [8], em seu estudo, encontrou-se relação entre a $W_{m\acute{a}x}$ e $F_{m\acute{a}x}$ também somente para idosos e não para adultos de meia-idade. A pesquisa propõe que a força muscular máxima por decrescer com o envelhecimento, indivíduos idosos teriam uma maior influência e necessidade da força sobre a $W_{m\acute{a}x}$. No estudo de Loveless *et al.* [7], pesquisando o efeito do treinamento da $F_{m\acute{a}x}$ anterior ao TE em cicloergômetro a partir de testes de 1RM não verificou aumento significativo no $VO_{2m\acute{a}x}$, mesmo com a ocorrência de teste de repetibilidade. O teste de repetibilidade da $F_{m\acute{a}x}$ visa atenuar o erro de determinação, recomendando-se no mínimo três sessões de testes para se ter uma estabilização da $F_{m\acute{a}x}$ [18].

Contrapondo os achados no presente estudo sobre a $F_{m\acute{a}x}$, a A_{TQ} teve relação significativa com o $VO_{2m\acute{a}x}$ e a $W_{m\acute{a}x}$. A partir da Figura 1 podemos observar a dispersão de A_{TQ} sobre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e a $W_{m\acute{a}x}$ apresentando a equação da reta de $VO_{2m\acute{a}x} = 0.636A_{TQ} - 39.75$ e da $W_{m\acute{a}x} = 0.328A_{TQ} + 46.02$ e coeficiente de determinação nos mostrando uma influência de

49 e 58%, respectivamente. Numa pesquisa semelhante ao de nosso estudo, Shephard *et al.* [19] mostraram que o volume muscular das pernas, variável que também pode prever a $F_{m\acute{a}x}$, tem uma relação significativa com o $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r = 0,79$). A_{TQ} é determinada por técnicas avançadas como a Imagem de Ressonância Magnética [20] e/ou Ultrassom [21], ou por técnicas mais simples, como análise antropométrica, visando um menor custo e praticidade. A equação proposta por Housh *et al.* [12], descrita e utilizada em nossa pesquisa, tem $R = 0.86$ e erro padrão da estimativa (EPE) igual a 0.92 para A_{TQ} . Assim, dentro dos padrões para validação a partir de regressões. Com isto, a estimativa da A_{TQ} por antropometria nos garantiu uma avaliação mais confiável da $F_{m\acute{a}x}$ e um resultado mais satisfatório em relação ao $VO_{2m\acute{a}x}$ e a $W_{m\acute{a}x}$. Os achados aqui encontrados mostram que a A_{TQ} exerce influência sobre variáveis máximas, podendo ser preditora do $VO_{2m\acute{a}x}$ e da $W_{m\acute{a}x}$ determinadas no protocolo de esforço aqui apresentado.

Figura 1 - Diagrama de dispersão entre A_{TQ} sobre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e a $W_{m\acute{a}x}$.



Conclusão

Portando o presente estudo concluiu que a A_{TQ} apresentou uma associação de moderada a boa com o $VO_{2m\acute{a}x}$ e a $W_{m\acute{a}x}$ e não apresentou associação com a Δ_{ef} determinadas em protocolo de teste com incremento de um minuto. As últimas variáveis não apresentaram associação com a $F_{m\acute{a}x}$. Para pesquisas futuras sugerimos analisar A_{TQ} a partir de métodos mais avançados, utilizar outros fatores representativos do componente anaeróbio como a potência muscular e analisar a influência de interação entre as variáveis estudadas no presente estudo em diferentes populações, principalmente a idosa.

Agradecimentos

Agradeço ao Hospital dos Servidores do Estado do Rio de Janeiro na pessoa do Dr. Aluysio S. Aderaldo Jr. por possibilitar a execução do teste de esforço máximo no laboratório de capacidade física (conveniado com a EEFD/UFRJ) e ao centro esportivo G. Reis - Salesianos na pessoa do Prof. Geraldo Reis por possibilitar a execução do teste de uma repetição máxima em seu setor de musculação. Agradeço também aos amigos e professores Fernando Nogueira, Paula Magrani e Lucenildo Cerqueira por ajudarem na coleta de dados.

Referências

- Hollmann W, Prinz JP. Ergoespirometry and its history. *Sports Med* 1997;23:93-105.
- Astrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Stromme SB. Evaluation physical performance on the basis of tests. In: *Textbook of work physiology*. 4th ed. Champaign: Human Kinetics; 2003:273-97.
- Jones NL. *Clinical exercise testing*. 4th ed. Philadelphia: W. B. Saunders; 1997.
- Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973;35:236-43.
- Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robnison DY, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol* 1983;55:1558-64.
- Howley ET, Basset Junior DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1292-301.
- Loveness DJ, Weber CL, Haseler LJ, Schneider DA. Maximal leg-strength training improves cycling in previously untrained men. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1231-6.
- Izquierdo M, Häkkinen K, Antón A, Garrues M, Ibañes J, Ruesta M, Gorostiaga EM. Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1577-87.
- Bruce SA, Phillips SK, Woledge RC. Interpreting the relation between force and cross-sectional area in human muscle. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:677-83.
- Wernbom M, Augustsson J, Thomeé R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med* 2007;37:225-64.
- Pollock ML, Wilmore J. *Exercício na saúde e na doença*. 2th ed. Rio de Janeiro: Medsi; 1993.
- Housh DJ, Housh TJ, Weir JP, Weir LL, Johnson GO, Stout JR. Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:784-91.
- Nogueira FS, Pompeu FAMS. Modelos para predição da carga máxima no teste clínico de esforço cardiopulmonar. *Arq Bras Cardiol* 2006;87:137-45.
- Poole DC, Gaesser GA, Hogan MC, Knight DR, Wagner PD. Pulmonary and leg VO₂ during submaximal exercise: implications for muscular efficiency. *J Appl Physiol* 1992;72:805-10.
- Monteiro W, Simão R, Farinatti P. Manipulação na ordem dos exercícios e sua influência sobre o número de repetições e percepção subjetiva do esforço em mulheres treinadas. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:146-50.
- Higbie EJ, Cureton KJ, Warren III, Prior BM. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol* 1996;81:2173-81.
- Frontera WR, Meredith CN. Strength training and determinants of VO₂max in older men. *J Appl Physiol* 1990;68:329-33.
- Pereira MIR, Gomes PSC. Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima – revisão e novas evidências. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:325-35.
- Shepard RJ, Boulehlle E, Vanderwalle H, Monod H. Muscle mass as a factor limiting physical work. *J Appl Physiol* 1988;64:1472-9.
- Tracy BL, Ivey FM, Metter J, Fleg JL. A more efficient magnetic resonance imaging-based strategy for measuring quadriceps muscle volume. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:425-33.
- Bemben MG. Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. *J Strength Cond Res* 2002;16:103-08.