

ARTIGO ORIGINAL

EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO DO VO₂MAX EM IDOSAS A PARTIR DA CARGA MÁXIMA EM CICLOERGÔMETRO**Equation to predict VO₂max in older women through the maximum load in cycle ergometer**

João Maurício de Oliveira Coelho¹ ET AL; Marcelo Pereira Magalhães de Sales²; Ricardo Yukio Asano³; Sérgio Rodrigues Moreira^{1,2}; Jeaser Alves de Almeida¹; Willson Botelho Neto¹; Carmen Sílvia Grubert Campbell¹; Herbert Gustavo Simões¹

¹Programa de pós-graduação Stricto Senso em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (UCB) – Brasília-DF-Brasil

²Centro de Educação Física (CEFIS) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) – Petrolina-PE-Brasil

Resumo: Testes indiretos utilizando equações de predição têm sido propostos e utilizados para determinar o VO₂max em diferentes populações, possibilitando ampla aplicação prática. Objetivo: Investigar a validade de uma equação de predição do consumo máximo de oxigênio (VO₂max) em idosas utilizando a carga máxima de um teste incremental (TI). Métodos: A amostra foi composta por 30 idosas (70,5±6,0 anos; 25,7±3,0 kg.m²(-1)) que foram submetidas a um teste incremental (incrementos de 15W a cada 3min) em cicloergômetro para identificação do VO₂max a partir da análise dos gases expirados. Após a realização do TI, a amostra foi aleatoriamente dividida em dois grupos pareados antropometricamente (G1, n = 15) e (G2, n = 15). Através dos dados de VO₂max e da carga máxima em Watts obtidos no TI pelo G1, foi aplicada uma regressão linear entre essas duas variáveis a fim de elaborar uma equação de predição em função da carga máxima (Pmax) [VO₂max (LO₂.min⁻¹) = 0,0102 * Pmax (watts) + 0,6022]. ANOVA one-way com post hoc de Bonferroni foi aplicada para comparação dos valores de VO₂max obtidos pelos diferentes protocolos. Correlação de Pearson foi realizada entre as variáveis estudadas e o nível de significância adotado foi de p<0,05. Limites de concordância entre os métodos foram analisados pelo método de Bland e Altman. Resultados: Não ocorreu diferença significativa entre o VO₂max por análise gasosa (VO₂maxTI) e pela equação de predição (VO₂max-ind) (1,2±0,3 e 1,2±0,2 LO₂.min⁻¹, respectivamente). Observou-se boa correlação (r = 0,66; p<0,05) e concordância entre VO₂maxTI e VO₂maxIND [0,0 ± (0,4) LO₂.min⁻¹]. Conclusão: A equação proposta se mostrou válida em estimar o VO₂max de idosas por meio da carga máxima durante TI em cicloergômetro.

Palavras-chave: Consumo de oxigênio; avaliação indireta; carga máxima; idosas.

Abstract: Tests using indirect prediction equations have been proposed and used to determine VO₂max in different populations, allowing for wide practical application. Objective: To investigate the validity of maximal oxygen uptake (VO₂max) prediction in older women using the maximum load of an incremental test (IT). Methods: The sample comprised 30 women (70.5 ± 6.0 years, 25.7 ± 3.0 kg.m²(-1)) that underwent an incremental test (increments of 15W each 3min) on cycle ergometer for identification of VO₂max from the analysis of expired gases. After the implementation of IT, the sample was randomly divided into two groups matched anthropometrically (G1, n = 15) and (G2, n = 15). Through the data of VO₂max and maximal workload in watts achieved in IT by the G1, was applied a linear regression between these two variables in order to develop a prediction equation as a function of maximum load (Pmax) [VO₂max (LO₂.min⁻¹) = 0.0102 * Pmax (Watts) + 0.6022]. One-way ANOVA and post hoc Bonferroni was applied to compare the values of VO₂max obtained by different protocols. Pearson correlation was performed between variables and the level of significance was p <0.05. Limits of agreement between methods were analyzed by the method of Bland and Altman. Results: No significant difference between VO₂max (VO₂maxIT) and the predictive equation (VO₂max-ind) (1.2 ± 0.3 and 1.2 ± 0.2 LO₂.min⁻¹, respectively). A significant correlation (r = 0.66, p <0.05) and agreement between VO₂maxIT and VO₂maxIND [0.0 ± (0.4) LO₂.min⁻¹] were observed. Conclusion: The proposed equation was considered valid to estimate VO₂max in elderly woman through the maximum load during IT in cycle ergometer.

Keywords: Oxygen consumption; indirect evaluation; load; elderly.

Aceito em 15/10/2010 - Revista de Educação Física 2010 Dez; 150:19-24. Rio de Janeiro - Brasil

INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional já é uma realidade no Brasil. O número de idosos passou de três milhões em 1960, para sete milhões em 1975, 14 milhões em 2002 e estima-se para o ano de 2020 em torno de trinta e dois (32) milhões de idosos no país^(1,2).

A Organização Mundial de Saúde preconiza

o aumento da atividade física através da prática de exercícios físicos como fator importante nas estratégias para controle de doenças na população de idosos. Estudos têm demonstrado efeitos positivos na saúde de idosos que aderem programas de atividade física⁽³⁻⁵⁾.

Além disso, fatores como envelhecimento saudável da população ativa⁽²⁾, aumento da expectativa de vida⁽⁶⁾, influência da mídia⁽⁷⁾, associa-

ção entre saúde, estética, a prática de exercícios físicos, entre outras motivações, aumentam o número de idosos que participam de programas de atividade física.

A aptidão física é um marcador da atividade física habitual e proporciona subsídios adicionais quando relacionada ao risco de morbimortalidade. Valores do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), que avalia a aptidão aeróbia, servem de base para diagnóstico de possíveis doenças cardiovasculares, por exemplo, valores de VO_{2max} menores que $20 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para mulheres com idade superior a 60 anos já são considerados como de risco para doenças cardiovasculares⁽⁸⁾.

Estratégias relacionadas à otimização da prática de atividade física para a população idosa são necessárias. Nessa perspectiva, um fator importante a ser destacado é a avaliação da aptidão aeróbia para essa população, em especial o VO_{2max} que é considerado de extrema importância tanto na avaliação de um programa de treinamento físico⁽⁹⁾ como na prescrição da intensidade do exercício aeróbio⁽¹⁰⁻¹²⁾. Ainda, o VO_{2max} pode ser utilizado como um importante parâmetro em avaliações do risco cardiovascular do indivíduo⁽⁸⁾.

O teste considerado “padrão-ouro” na avaliação do VO_{2max} é realizado através de análise gasosa das concentrações de oxigênio consumidas durante o esforço máximo ou de pico. Entretanto, para essa prática é necessário a utilização de equipamentos de alto custo (analisador de gases de câmara de mistura ou respiração por respiração) em laboratório de fisiologia do exercício, além de um técnico devidamente treinado para operação do mesmo⁽¹³⁾ o que torna a prática onerosa e inviável na prescrição de programas de atividade física para a população e geral. Normalmente, em testes para avaliação direta do VO_{2max} são utilizados protocolos com cargas crescentes podendo ser de forma escalonada ou em rampa⁽¹⁴⁻¹⁷⁾.

Testes indiretos utilizando equações de predição têm sido propostos e utilizados para determinar o VO_{2max} em diferentes populações, o que possibilita uma importante aplicação prática para os profissionais da prescrição do exercício aeróbio⁽¹⁸⁻²¹⁾. Alguns estudos têm utilizado como pa-

râmetros na estimativa do VO_{2max} variáveis como sexo, idade, atividade física, composição corporal, estatura e peso^(22,23).

Contudo, a literatura ainda é escassa quanto a protocolos que utilizam equações de predição do VO_{2max} em idosos, principalmente levando em consideração a carga máxima obtida em teste de esforço. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo elaborar e validar uma equação de predição do VO_{2max} para idosos a partir da carga máxima obtida durante teste incremental (TI) em cicloergômetro.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Laboratório de Avaliação Física e Treinamento (LAFIT), da Universidade Católica de Brasília (UCB), tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Parecer nº 63/2008). A amostra foi composta por 30 idosos sedentárias ($70,5 \pm 6,0$ anos; $25,7 \pm 3,0 \text{ kg.m}^2(-1)$) que após responderem um histórico de saúde e assinar um termo de consentimento livre e esclarecido, foram submetidas a um TI máximo em cicloergômetro para identificação do VO_{2max} .

Teste Incremental

O TI foi realizado em cicloergômetro (Lode mod. Excalibur, Holanda) e tendo como início carga de 0 watts durante 1min, seguido de estágios com incrementos de 15 watts a cada três minutos até a exaustão voluntária da participante. A frequência cardíaca (FC) (Polar, modelo S-810, Finlândia) e parâmetros ventilatórios (Cortex Biofysik modelo Metalyzer 3B, Alemanha) foram mensurados durante todo teste, sendo a análise gasosa realizada respiração a respiração. Os maiores valores de VO_2 obtidos durante os últimos 20 segundos do teste (imediatamente antes da exaustão) foram considerados como VO_{2max} .

Após a realização do TI, as participantes foram aleatoriamente divididas em dois grupos antropometricamente pareados (G1, $n = 15$) e (G2, $n = 15$). A descrição do G1 e G2 está apresentada na TABELA 1 e os resultados demonstram que ambos os grupos foram homogêneos em suas características biométricas, funcionais e metabólicas ($p > 0,05$).

TABELA 1
CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS, FUNCIONAIS
E METABÓLICAS DAS PARTICIPANTES DOS
GRUPOS 1 (N=15) E 2 (N=15).

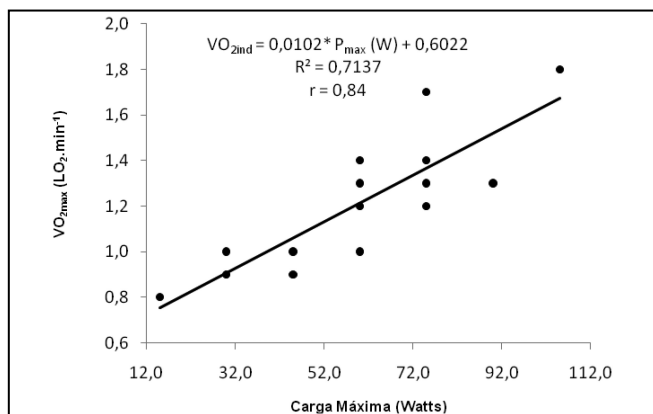
	Idade (anos)	Peso (kg)	Estatura (cm)	IMC (kg.m ²⁽⁻¹⁾)	VO _{2max} TI (LO ₂ .min ⁻¹)	P _{max} TI (Watts)
G1	69,9	61,0	153,7	26,0	1,2	60,0
(DP)	(6,6)	(5,1)	(7,2)	(2,6)	(0,3)	(24,1)
G2	71,0	58,2	152,0	25,1	1,2	61,0
(DP)	(5,4)	(9,9)	(5,7)	(3,6)	(0,3)	(17,4)

Elaboração da equação de predição de VO_{2max}

Regressão linear foi aplicada nos resultados de VO_{2max} (LO₂.min⁻¹) e carga máxima (Pmax) em cicloergômetro (watts) obtidos no TI pelo G1. O objetivo desse procedimento foi gerar uma equação de predição do VO_{2max} a partir dos dados de Pmax, como segue: VO_{2max}(LO₂.min⁻¹) = 0,0102 * Pmax (watts) + 0,6022 (FIGURA 1).

FIGURA 1

REGRESSÃO LINEAR ENTRE CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO DIRETO (VO_{2MAX}TI) (LO₂.MIN-1) E CARGA MÁXIMA (PMÁX) EM CICLOERGÔMETRO (WATTS) DAS PARTICIPANTES DO GRUPO 1 (G1).



A partir da Pmax obtida no TI, o VO_{2max} foi estimado para as participantes do G2, contudo, utilizando-se a equação gerada a partir dos resultados do G1.

Análise estatística

Os dados foram expressos em média e \pm desvio padrão (DP). ANOVA one-way com post hoc de Bonferroni foi aplicada para comparação entre os valores de VO_{2max} determinados pelos diferentes protocolos. Correlação linear de Pear-

son foi aplicada entre as variáveis estudadas e o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. O nível de concordância entre as variáveis foi analisado pela técnica de Bland e Altman(24).

RESULTADOS

Os resultados da Pmax (watts) e os valores de VO_{2max} (LO₂.min⁻¹) obtidos durante o TI estão apresentados na TABELA 1. Alta correlação foi observada entre o VO_{2max} medido e a Pmax no TI ($r = 0,84$; $p < 0,05$) para G1 (Figura 1). A equação gerada a partir da reta de regressão se apresentou como segue: [VO_{2max}IND = 0,0102 * Pmax (watts) + 0,6022].

Os valores de VO_{2max} determinados diretamente durante o TI (VO_{2max}TI) e aqueles preditos pela equação proposta (VO_{2max}IND), estão demonstrados na TABELA 2, onde fica constatado que para o G2 ambos os valores não diferiram entre si ($p > 0,05$) e apresentaram boa e significativa correlação ($r = 0,66$; $p < 0,05$).

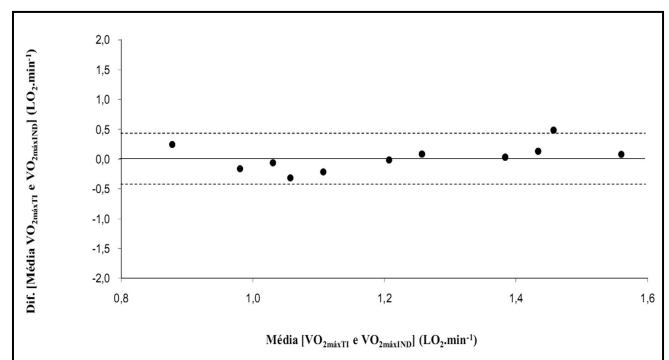
TABELA 2

VALORES DE CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO DIRETO (VO_{2MÁXTI}) OBTIDOS NO TESTE INCREMENTAL DO PRESENTE ESTUDO PARA OS GRUPOS 1 (G1) (N=15) E 2 (G2) (N=15).

	VO _{2max} TI (LO ₂ .min ⁻¹)	VO _{2max} IND (LO ₂ .min ⁻¹)
G1	1,2 (0,2)	-----
G2	1,2 (0,2)	1,2 (0,3)

FIGURA 2

LIMITES DE CONCORDÂNCIA ENTRE CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO DIRETO (VO_{2MAX}TI) E INDIRETO (VO_{2MÁXIND}) NO GRUPO 2 (G2).



DISCUSSÃO

Equações de predição apresentam validade quando aplicadas em populações com características semelhantes às da amostra a qual a equação foi gerada. Partindo desse pressuposto, utilizar a carga máxima em watts obtida em um TI, foi elaborada uma equação específica para indivíduos brasileiros, idosos do sexo feminino e sedentárias, onde ambos os grupos selecionados para os procedimentos experimentais apresentaram-se com características biométricas, funcionais e metabólicas semelhantes (TABELA 1). O principal resultado do presente do estudo foi que a equação gerada no G1 foi válida na predição do VO_{2max} no G2 (TABELA 2). Além disso, boa e significativa correlação foi evidenciada entre o $VO_{2max}TI$ e o $VO_{2max}IND$ (Figura 1). Ainda, boa concordância entre os resultados de VO_{2max} direto e indireto foi demonstrada pela técnica de Bland & Altman(24) (FIGURA 2), o que contribui com a validade da equação proposta.

Outros autores têm apresentado equações de predição da aptidão aeróbia com procedimentos experimentais semelhantes aos utilizados no presente estudo, os quais visam a elaboração da equação em um grupo para se aplicar em outro com características semelhantes. Almeida et al.(21) recentemente sugeriram uma equação de predição do VO_{2max} para jovens fisicamente ativos. Esse estudo utiliza a velocidade média (m.min-1) durante um desempenho máximo em corrida de 1600 metros (1600Vm) em pista de atletismo e a equação proposta é descrita como segue: $VO_{2max} = (0,177 * 1600Vm) + 8,101$. Por outro lado, no estudo de Sotero et al.(25) foi gerada uma equação para predição do limiar anaeróbio (LA), parâmetro que representa a capacidade aeróbia do indivíduo e que também apresenta importante aplicação prática tanto na avaliação como na prescrição das intensidades de treinamento aeróbio. Esses autores também desenvolveram seu trabalho a partir de um desempenho de 1600 metros em pista de atletismo e a equação proposta é descrita como segue: $LA = (0,7507 * 1600Vm) + 21,575$. O que diferencia o presente estudo dos acima citados(21,24) é a equação gerada para

um grupo específico de idosas, o qual pode ter importante aplicação prática na área do treinamento aeróbio para essa população, a qual na atualidade aumenta cada vez mais a busca de práticas alternativas que visam a melhoria da saúde^(1,2).

Além disso, a importância prática da criação de equações de predição do VO_{2max} , especialmente para uma amostra de idosas sedentárias, como a proposta no presente estudo, se justifica na possibilidade da avaliação de grandes grupos, com características semelhantes, de forma prática, rápida, não invasiva e de baixo custo, uma vez que torna dispensável a necessidade de laboratórios especializados e equipados com analisador de gases, além de técnicos altamente treinados.

Outra aplicação da determinação do VO_{2max} , mesmo que de forma indireta, está relacionada a avaliação da função cardiovascular, possibilitando uma estimativa do risco de desenvolvimento de doenças ligadas a condição cardio-metabólica do indivíduo, tais como, hipertensão arterial, coronariopatia, síndrome metabólica e diabetes tipo2⁽²⁶⁻²⁹⁾. Pacientes acometidos com essas doenças podem apresentar valores de VO_{2max} geralmente abaixo de 25-30 (ml.Kg-1.min-1)⁴. Valores de VO_{2max} menores que 20 ml.kg-1.min-1 para mulheres com idade superior a 60 anos já são considerados como de risco para doenças cardiovasculares⁽⁸⁾.

Por outro lado, a elevação do VO_{2max} estaria relacionada a uma capacidade funcional cardiovascular potencializada, o que em termos práticos resultaria em aumento na expectativa de vida desses pacientes, e ainda um estilo de vida mais independente e saudável^(10,30).

CONCLUSÃO

Conclui-se que a equação do presente estudo [$VO_{2max}IND = 0,0102 * Pmax$ (watts) + 0,6022] se mostrou válida em estimar o VO_{2max} de idosas através da carga máxima obtida durante TI em cicloergômetro. Novos estudos são necessários na tentativa de investigar a sensibilidade da equação proposta ao treinamento aeróbio em população de idosas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à MICROMED biotecnologia e SALVAPÉ pelo apoio técnico prestado ao presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lima-Costa MF, Veras R. Saúde pública e envelhecimento. *Cad. Saúde Pública* 2003;19(3):700-1.
2. Giatti L, Barreto SM. Saúde, trabalho e envelhecimento no Brasil. *Cad. Saúde Pública* 2003;19(3):759-71.
3. Valle G, Simões HG, Hiyane W, et al. Respostas cardiovasculares de diabéticos tipo 2 durante exercício realizado em diferentes intensidades. *Diabetes Clinica* 2006;10:271-76.
4. Moreira SR, Simões GC, Hiyane WC, Campbell CSG, Simões HG. Identification of the anaerobic threshold in sedentary and physically active individuals with type 2 diabetes. *Rev Bras Fisioter* 2007;11:253-9.
5. Lima LCJ, Assis GV, Hiyane W, et al. Hypotensive effects of exercise performed around anaerobic threshold in type 2 diabetic patients. *Diabetes research and clinical practice* 2008;81:216-22.
6. Benedetti TRB, Antunes PC, Anez CRR, Mazo GZ, Petroski EL. Reprodutibilidade e validade do Questionário Internacional de Atividade Física em homens idosos. *Rev. Bras. med. Esporte* 2007;13(1).
7. Tahara AK, Schwartz GM, Silva KA. Aderência e manutenção da prática de exercícios em academias. *R. bras. Ci e Mov* 2003;11(4):7-12.
8. Blair SN, Jackson AS. Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:762-4.
9. Denadai, BS. Avaliação aeróbia. In: *Avaliação Aeróbia – Benedito Sérgio Denadai et al. Motrix, cap.1, 2000.*
10. American College of Sports Medicine. *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000.
11. Basset DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:70-84.
12. Hill DW, Poole DC, Smith JC. The relationship between power and the time to achieve VO₂max. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:709-14.
13. Diaz FJ, Montano JG, Melchor MT, Guerrero JH, Tovar JA. Validation and reliability of the 1000 meter aerobic test. *Rev Invest Clin* 2000;52:44-51.17.
14. Myers J, Buchanan N, Walsh D, et al. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *J Am Coll Cardiol* 1991;17:1334-42.
15. Behm DG, Sale DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 1993;15:374-88.
16. Nevill AM, Brown D, Godfrey R, et al. Modeling maximum oxygen uptake of elite endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:488-94.
17. Harling SA, Tong RJ, Mickleborough TD. The oxygen uptake response running to exhaustion at peak treadmill speed. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:663-8.
18. Fairbairn MS, Blackie SP, McElvaney NG, et al. Prediction of heart rate and oxygen uptake during incremental and maximal exercise in healthy adults. *Chest* 1994;105:1365-9.
19. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ. *Principles of exercise testing and interpretation*. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994.14.
20. Cureton KJ, Sloniger MA, O'Bannon JP, Black DM, McCormack WP. A generalized equation for prediction of VO₂peak from 1-mile run/walk performance. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:445-51.16.
21. Almeida JA, Campbell CSG, Pardono E, et al. Validade de equações de predição em estimar o VO₂max de brasileiros jovens a partir do desempenho de 1600m. *Rev Bras Med Esporte* 2010;16.
22. Maranhão Neto GA, Farinatti PTV. Equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem testes de exercício e sua aplicabilidade em estudos epidemiológicos: revisão descritiva e análise dos estudos. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9(5).
23. Carvalho AR, Salvatti AT, Mesquita MG, et al. Correlação entre o consumo máximo de oxigênio de idosos obtidos por mensurações indiretas com e sem exercício físico. *Fit Perf J* 2007;6(6):371-6.

-
24. Bland MJ, Altman GD. Statistical Methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1(8476):307-10.
25. Sotero RC; Pardono E; Campbell CSG; Simões HG. Indirect assessment of lactate minimum and maximal blood lactate steady state intensity. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2009; 23:847-53.
26. Perticone F, Ceravolo R, Pujia A, Ventura G, Iacopino S, et al. Prognostic significance of endothelial dysfunction in hypertensive patients. *Circulation* 2001; 104(2):191-6.
27. American Diabetes Association. Evidence-Based Nutrition Principles and Recommendations for the Treatment and Prevention of Diabetes and Related Complications. *Diabetes Care* 2002; 25(1):202-12.
28. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, et al. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: The JNC 7 Report *JAMA* 2003; 289:2560-71.
29. Carnethon MR, Craft LL. Autonomic regulation of the association between exercise and diabetes. *Exerc Sport Sci Rev* 2008; 36(1):12-8.
30. Whelton PK, He J, Appel LJ, Cutler JA, Havas S, et al. Primary prevention of hypertension clinical and public health advisory from the National High Blood Pressure Education Program. *JAMA* 2002; 288:1882-8.
-
- Endereço para correspondência:
João Maurício de Oliveira Coelho
Universidade Católica de Brasília.
Programa de Mestrado e Doutorado em Educação Física.
Sala G-116 – QS07 LT1 EPCT, Águas Claras – 72022-900 – Taguatinga, DF, Brasil.
Tel: (61) 3356-9350
Email: jmauriciocoelho@yahoo.com.br;
Co-autores:marcelomagalhaessales@gmail.com; ricardokiu@ig.com.br; serginhocapo@gmail.com; jeeser@gmail.com; willsonptc@hotmail.com; campbellcsg@gmail.com; hgsimoes@gmail.com