

Efeitos da mobilização precoce na resposta cardiovascular e autonômica no pós-operatório de revascularização do miocárdio

Effects of early mobilization on cardiovascular and autonomic behavior in postoperative myocardial revascularization

Priscila Barbosa¹; Francisco Valdez Santos¹; Peter Michael Neufeld¹; Graziella França Bernardelli¹; Shamyry Sulyvan Castro²; José Honório Palma Fonseca³; Gerson Cipriano Jr³

¹Especialista, Universidade Federal De São Paulo – UNIFESP. São Paulo, SP [Brasil]

²Mestre, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, SP [Brasil]

³Doutor, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP. São Paulo, SP [Brasil]

Endereço para correspondência

Gerson Cipriano Jr
Rua dos Otonis, 546 – Vila Clementino
CEP 04025-001 - São Paulo, SP [Brasil]
ciprianeft@uol.com.br

Resumo

Objetivos: Observar respostas cardiovasculares ante a mobilização precoce no pós-operatório de revascularização do miocárdio. **Método:** Intervenção com 5 pacientes submetidos à revascularização do miocárdio, com idade entre 45 e 65 anos. Mobilização realizada no segundo dia pós-operatório, consistindo na mobilização passiva ou ativa de membros inferiores por 6 minutos, um minuto para cada membro, com 30 segundos para descanso. Analisadas a frequência cardíaca (FC, bpm), frequência respiratória (f, rpm), pressão arterial sistólica (PAs, mmHg) e diastólica (PAd, mmHg), duplo produto (DP) e variabilidade da frequência cardíaca (VFC). **Resultados:** Houve aumento da FC na mobilização precoce ($p=0,004$) e exercício ativo ($p<0,01$) com diminuição após a atividade ($p<0,05$); FC foi maior na mobilização ativa em relação a passiva ($p<0,05$). O DP aumentou com a mobilização ativa. Não houve alterações nas demais variáveis. **Conclusões:** As respostas cardiovasculares ocorreram, como esperado, com elevação da FC e retirada vagal, sem ativação simpática e elevação da PA no exercício ativo.

Descritores: Cirurgia cardíaca; Mobilização precoce; Sistema nervoso autonômico

Abstract

Objectives: To observe the cardiovascular responses in the face of early mobilization in the postoperative coronary artery bypass grafting. **Method:** Intervention with five patients undergoing coronary artery bypass surgery, aged between 45 and 65. Mobilization held on the second postoperative day, consisting of active or passive mobilization of the lower limbs for six minutes, one minute for each member, with 30 seconds to rest. Analyzed heart rate (bpm), respiratory rate (f, bpm), systolic blood pressure (SBP, mmHg) and diastolic (DBP, mmHg), double product (DP) and heart rate variability (HRV). **Results:** Increased HR in early mobilization ($p = 0.004$) and active exercise ($p < 0.01$) decreased after exercise ($p < 0.05$), HR was higher in active mobilization for passive ($p < 0.05$). The DP increased with the active mobilization. No change in other variables. **Conclusions:** The cardiovascular responses occurred, as expected, an increase in HR and vagal withdrawal, without sympathetic activation and BP elevation in active exercise.

Key words: Cardiac surgery; Early mobilization; Autonomic nervous system.

Introdução

As disfunções cardiovasculares são comuns no pós-operatório imediato de cirurgia cardiovascular. Entre essas, podemos destacar uma redução da fração de ejeção do ventrículo esquerdo; aumento do índice de volume sistólico final e na demanda de oxigênio, com diminuição nos valores da saturação venosa de oxigênio (SvO_2) e da pressão venosa de oxigênio (PvO_2); e incremento no consumo de oxigênio (VO_2).^{1,2,3,4} Adicionalmente, observa-se uma depressão da modulação cardíaca autonômica, com supressão da regulação vagal e aumento da atividade cardíaca adrenérgica, atingindo níveis reduzidos até 6 dias de pós-operatório, com retorno progressivo entre 30 e 60 dias após a cirurgia.^{5,6,7,8}

Nos últimos anos, os programas Reabilitação Cardiovascular e Metabólica, iniciados desde a fase hospitalar com exercícios físicos de baixa intensidade, têm proporcionado impacto positivo no restabelecimento do condicionamento cardiorrespiratório de pacientes submetidos à Cirurgia Cardiovascular recuperando as disfunções decorrentes do imobilismo^{9,14}. Os efeitos em longo prazo desse grupo de exercícios em pacientes cardiopatas compreendem uma redução do consumo de oxigênio miocárdico, diminuição da frequência cardíaca e da pressão arterial sistólica, maior tolerância ao esforço.^{9,11}, incremento da sensibilidade barorreflexa e variabilidade cardíaca, sendo esse último achado ainda pouco evidente na literatura.^{12,13}

Entretanto, pouco se sabe a respeito das respostas agudas aos exercícios realizados de forma precoce na modulação autonômica e da função cardiovascular no período pós-operatório imediato em pacientes submetidos à revascularização do miocárdio (RM). Dessa forma, o objetivo desse estudo foi o de observar as respostas cardiovasculares e autonômicas agudas da mobilização precoce no pós-operatório de revascularização do miocárdio, especificamente no período pós-operatório imediato.

Materiais e métodos

Sujeitos

Participaram do estudo 5 pacientes, com idade média de $56 \pm 4,6$ anos, sendo 4 indivíduos do sexo masculino (80%), todos com diagnóstico prévio de insuficiência coronariana (ICO) e indicação para cirurgia de revascularização do miocárdio eletiva. A pesquisa foi realizada na Unidade de Cuidados Intensivos (UCI), da Disciplina de Cirurgia Cardiovascular da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina (UNIFESP-EPM) no Hospital São Paulo entre novembro e dezembro de 2007. O protocolo foi previamente aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da instituição. Os critérios de inclusão foram os seguintes: idade entre 45 e 65 anos, cirurgia eletiva via esternotomia mediana, com ou sem circulação extracorpórea e extubados até o primeiro dia pós-operatório. Foram excluídos do estudo pacientes com cirurgia cardíaca prévia recente, sinais de hemorragia, instabilidade hemodinâmica, altas doses de droga vasoativa (Dobutamina $> 15\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, Dopamina $> 10\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, Noradrenalina $> 0,6\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ isolada ou combinada), balão intra-aórtico, hipertensão arterial necessitando utilizar nitroprussiato de sódio, arritmias complexas, déficits neurológicos e/ou motores, limitações musculoesqueléticas e/ou cognitivas que impossibilitaram realização do protocolo.

Preparação e protocolo de atendimento

Inicialmente, os pacientes foram avaliados na admissão da Unidade Pós-Operatória de Cirurgia Cardíaca, conforme rotina do setor, quanto à avaliação hemodinâmica, instalação e adequação da ventilação mecânica, e coleta de exames laboratoriais e radiografia torácica. Após avaliação, obedecendo aos critérios de inclusão e exclusão, os pacientes foram aleatorizados para um dos grupos de estudo como se seguem: Grupo de Mobilização Passiva (GMP)

ou Grupo de Mobilização Ativa (GMA). Os pacientes foram submetidos a um protocolo de mobilização no segundo dia pós-operatório, em decúbito dorsal e cabeceira elevada a 30°. Os exercícios consistiam em um período de repouso por 6 minutos seguido por uma fase de mobilização passiva ou ativa de membros inferiores (tríplice flexão, e adução e abdução coxofemoral com duração de 2 a 3 segundos cada) por 6 minutos alternadamente, sendo 1 minuto para cada membro e movimento, com intervalos de 30 segundos para descanso entre cada movimento, finalizando, após a mobilização, com um período de repouso por 6 minutos.

O protocolo seria interrompido, caso fossem verificados sinais e sintomas que indicassem intolerância ao esforço, tais como fadiga, dispnéia, cianose, palidez, náusea e aumento da frequência cardíaca (FC) acima de 20 bpm em relação à FC basal.

Variáveis analisadas no estudo

Os pacientes foram monitorizados continuamente com traçado eletrocardiográfico (ECG), frequência cardíaca (FC, bpm), pressão arterial sistólica (PAs, mmHg) e diastólica (PAd, mmHg), e frequência respiratória (f, rpm) com monitor *Dixtal DX 2010* (*Dixtal Biomédica Ind. Com. LTDA, Manaus, Brasil*). Posteriormente, a variável duplo produto (DP) foi obtida por meio do produto da PAs pela FC. A aquisição da variável variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foi realizada com o *Polar® S810i*, (*Polar Electro Oy, Finland*), e armazenadas em um software específico, *Polar Precision Performance SW3.0*. As variáveis analisadas, FC e f, eram captadas a cada minuto, a PAs e PAd no primeiro, terceiro e sexto minuto de cada etapa, e a VFC, de forma contínua, durante os 30 minutos de protocolo.

A VFC foi representada no domínio do tempo (DT) e frequência (DF). No DT, as variáveis analisadas foram o RMSSD (ms), Pnn50 (%) e desvio-padrão que representam atividade vagal. No DF foram observados o LF (ms²) e HF

(ms²), que indicam atividade simpática e vagal, respectivamente.

Os intervalos R-R foram captados numa frequência de 1, 000 Hz. Os dados do intervalo R-R foram “filtrados” em uma frequência de 2Hz para eliminar alterações ou batimentos prematuros (YAMAMOTO et al., 1991). Como recomendado pela *Task Force of the European Society of Cardiology* e pela *North American Society of Pacing and Electrophysiology* (1996), a análise espectral foi realizada para a transformação rápida de Fourier para quantificar o poder da densidade espectral para muito baixa frequência (*Very Low Frequency*; 0.00-0.04 Hz), componente de baixa frequência (*Low Frequency*; 0.04-0.15 Hz), e de alta frequência (*High Frequency*; 0.15-0.40 Hz). Adicionalmente, os dados foram expressos em unidades normalizadas, LF e HF. A análise estatística constou de normalização dos dados em base logarítmica 10.

Análise estatística

As características da população foram apresentadas em média e desvio-padrão (DP) para dados semicontínuos e paramétricos. E as variáveis categóricas em frequência absoluta (n) e relativa (%).

Os dados da FC e f foram analisados na forma de área sobre a curva, e aplicado o teste de variância para dados repetidos (ANOVA). Em caso de significância estatística (valor de $p < 0,05$) o pós-teste, método de Newman-Keuls, foi utilizado para verificar em que momentos ocorreram as diferenças entre os valores.

Os dados de PAs, PAd e DP foram analisados também pelo teste de variância para dados repetidos (ANOVA), e, em caso de significância estatística (valor de $p < 0,05$), o pós-teste, método de Newman-Keuls, foi utilizado para verificar em que momentos ocorreram as diferenças entre os valores. Esses dados foram expressos em média e desvio-padrão.

Para todos os testes estatísticos, o nível de significância adotado foi de alfa $< 0,05$ ou 5%.

Resultados

Todas as características demográficas dos pacientes incluídos no estudo estão devidamente descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Característica demográficas da amo

Característica	Média±DP	(n)	(%)
Idade	56±4,69		
FE	53±18,96		
Sexo	Masculino	4	80
	Feminino	1	20
CEC	Sim	3	60
	Não	2	40
Beta-Bloqueador	Sim	2	40
	Não	3	60

Dados expressos em média e desvio-padrão para dados paramétricos semicontínuos, e frequência absoluta (n) e relativa (%) para dados categóricos. FE (Fração de ejeção); CEC (Circulação extracorpórea).

Analisando a FC, observou-se uma diferença estatisticamente significativa ($p=0,004$) durante o protocolo de mobilização precoce. Observando-se o comportamento da área da FC no exercício ativo, verificou-se que houve um aumento significativo ($p<0,01$), no entanto, após o exercício ocorreu uma diminuição significativa ($p<0,05$). A mobilização ativa, também promoveu elevação da FC em relação à mobilização passiva ($p<0,05$). Esta, porém, não levou ao aumento da FC. Não ocorreram alterações da f durante o protocolo ($p=0,48$) (Tabela 2).

Na Tabela 3 estão descritos o comportamento da PAs, PAD e DP durante o programa de exercícios.

Destas, observou-se modificação significativa apenas do DP ($p= 0,007$) durante a mobilização ativa. Não ocorreram variações estatisticamente significativas de PAs e PAD nos momentos de estudo ($p>0,05$)

Na análise da VFC descritas em valores médios (Tabelas 4), assim como os dados de LF e HF para logaritmo natural na base 10 (Tabela 5), não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p>0,05$).

Discussão

Em nosso estudo, o exercício ativo no segundo dia de pós-operatório, promoveu significativo aumento da FC e duplo produto, porém o mesmo não aconteceu com a PA e f , o que pode demonstrar que os ajustes e a mobilização de intensidade leve a moderada ocorreram predominantemente com a retirada vagal, capaz de aumentar a FC até 100bpm.¹⁷ O incremento no duplo produto deve-se a subida da FC, pois não houve acréscimo significativo da PA. Nossos resultados corroboram com estudo realizado em indivíduos saudáveis avaliando respostas cardiovasculares, metabólicas e de catecolaminas circulantes ao exercício ativo e passivo, em que verificou-se que o aumento da FC ocorreu apenas no exercício ativo, explicado pela capacidade desse tipo de exercício de promover alterações químicas musculares (metaborreptores) e estimular a resposta cronotrópica, mecanismo este que não é ativado durante a mobilização passiva. Nesse mesmo estudo, de forma semelhante, a PA não se alterou, sendo justificada por uma redução da resistência vascular periférica, in-

Tabela 2: Distribuição das médias e desvios-padrão de frequência cardíaca (FC) e frequência respiratória (f) durante e após as técnicas de mobilização

Variáveis	Mobilização Passiva		Mobilização Ativa	
	Durante	Após	Durante	Após
FC (bpm)	24560±2853	24200±2945	25720±2428*#	24770±2946†
f (rpm)	6456±1548	24200±2945	24768±2634	6342±1743

Dados expressos em média e desvio-padrão, baseados na forma de área sobre a curva.* $p<0,05$; # $p<0,05$ entre mobilização passiva e ativa; † $p<0,05$ para ANOVA com pós-teste de Newman-Keuls.

Tabela 3: Comportamento das pressões arteriais sistólica (PAs), diastólica (PAd) e duplo produto durante e após as técnicas de mobilização no 1º, 3º e 6º minutos.

Variáveis	Mobilização passiva		Mobilização ativa	
	Durante	Após	Durante	Após
PAs (mmHg)				
1º minuto	116,2±14,4	119,2±14,9	124,4±21,4	116,6±13,3
3º minuto	121,60±15,9	119,4±16,9	120,8±13,9	117±14,4
6º minuto	115,4±13,6	113,8±14,2	121,4±17,3	117,8±15,1
PAd(mmHg)				
1º minuto	64,4±10,7	65,8±9,7	67,8±9,2	68,6±11
3º minuto	69,8±9,4	66,6±8,7	67,2±9,9	65,8±9,8
6º minuto	67,2±8,1	63,6±10,4	65,4±7,5	66,2±6,5
DP				
1º minuto	9490,2±611,6	9634±683,2	10357,4±1138,3*	9521,4±656,7
3º minuto	9879,6±883,6	9649,6±560,8	10249,6±756,3*	9633,4±861,9
6º minuto	9291,2±593,1	8865,2±184,1	10307,4±662,1*	9611,2±652,1

*p<0,05 para ANOVA com pós-teste de Newman-Keuls.

Tabela 4: Comportamento da variabilidade da frequência cardíaca durante e após a mobilização

	Mobilização passiva		Mobilização ativa	
	Durante	Após	Durante	Após
DT				
RMSSD (ms)	37,520 ± 20,25	37,36 ± 39,78	24,36 ± 31,82	26,28 ± 30,70
Pnn50 (%)	1,160 ± 2,042	0,820 ± 1,274	0,940 ± 1,774	1,220 ± 2,232
Desvio-Padrão	31,46 ± 9,74	33,68 ± 26,93	27,56 ± 22,89	26,28 ± 20,36
DF				
LF (ms ²)	277,98 ± 109,43	512,87 ± 649,71	273,20 ± 492,68	296,87 ± 325,88
HF (ms ²)	450,49 ± 333,01	697,24 ± 1166,15	379,31 ± 748	335,11 ± 577,23

Dados expressos em média e desvio-padrão. DT (domínio do tempo); DF (domínio da frequência); RMSSD (desvio-padrão das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes); Pnn50 percentagem de intervalos RR adjacentes com diferença de 50 milissegundos; LF (baixa frequência); HF (alta frequência).

Tabela 5: Comportamento da variabilidade da frequência cardíaca para logaritmo natural na base 10 e após normalização, em ms², dos dados durante e após as técnicas de mobilização.

Variáveis	Mobilização passiva		Mobilização ativa	
	Durante	Após	Durante	Após
Log natural base 10				
Baixa Frequência (LF)	2,39 ± 0,22	2,14 ± 1,01	1,68 ± 0,97	1,93 ± 0,97
Alta Frequência (HF)	2,38 ± 0,63	2,07 ± 0,95	1,71 ± 0,88	1,76 ± 0,87
Dados normalizados				
Baixa Frequência (LF)	49,34 ± 23,11	51,69 ± 27,17	47,91 ± 22,43	57,12 ± 27,75
Alta Frequência (HF)	62,65 ± 25,17	48,29 ± 27,17	52,06 ± 22,43	42,83 ± 27,72

Dados expressos em média e desvio-padrão. DT (domínio do tempo); DF (domínio da frequência); RMSSD (desvio-padrão das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes); Pnn50 percentagem de intervalos RR adjacentes com diferença de 50 milissegundos; LF (baixa frequência); HF (alta frequência).

fluenciada por metabólicos e vasodilatadores endoteliais locais, liberados com a atividade muscular.¹⁸

As respostas cardiovasculares ao exercício são de fundamental importância para manutenção das necessidades metabólicas periféricas. Vários estudos demonstram que esses ajustes no pós-operatório de revascularização do miocárdio podem estar alterados por uma depressão da regulação autonômica e/ou por uma própria disfunção miocárdica.^{1,2,3,5,8,12}

Algumas pesquisas para verificar os efeitos da mobilização precoce, utilizando protocolos de sedestação e deambulações no pós-operatório imediato, demonstraram que o índice cardíaco durante o exercício foi maior no segundo dia de pós-operatório de revascularização do miocárdio do que no primeiro dia, e acompanhado por uma maior SvO₂, indica melhora da função cardiovascular, evidenciada pela maior oferta e menor extração de O₂ para mesma demanda.^{14,15,16}

Analisando o comportamento autonômico durante o protocolo, as variações vagais, parasimpáticas e simpáticas, não obtiveram significância, porém podem-se fazer algumas inferências sobre seu comportamento.

Na análise das variáveis de VFC, a RMSSD, Pnn50, desvio-padrão e HF sofreram redução durante a mobilização ativa, quando comparadas com a passiva. Apesar de não terem sido estatisticamente significativas, essas alterações podem sugerir uma retirada do sistema nervoso parassimpático e vagal. Pesquisas realizadas avaliando a função autonômica no pós-operatório de RM demonstraram redução significativa da atividade vagal, quando comparada ao pré-operatório, por até 10 a 30 dias.^{5,8,19,20,21}

A análise integrada das respostas cardiovasculares e autonômicas, ao protocolo de mobilização aplicado em nossa pesquisa, reforça a ideia de que sua intensidade foi baixa, pois de acordo com Yamamoto et al.²² a diminuição da atividade parassimpática acompanhada de aumento simpático só ocorre quando o exercício excede 50% do consumo máximo de oxigênio.

Conclusão

Em nosso estudo, podemos concluir que as respostas cardiovasculares e autonômicas à mobilização no segundo dia de pós-operatório ocorreram na forma esperada, para um protocolo de baixa intensidade, com elevação da FC e retirada vagal, sem ativação simpática e elevação da PA, no exercício ativo. Essa pesquisa é apenas um estudo inicial, por isso novos estudos devem ser realizados para que o tema seja estudado mais profundamente.

Referências

1. Breisblatt WM, Stein KL, Wolfe CJ, et al. Acute myocardial dysfunction and recovery: a common occurrence after coronary bypass surgery. *J Am Coll Cardiol* 1990;15(6):1261-9.
2. Wasir H, Mehta Y, Pawar M, et al. Predictors of operative mortality following primary coronary artery bypass surgery. *Indian Heart J.* 2006 Mar-Apr;58(2): 144-8.
3. Kirkeby-Garstad I, Stenseth R, Sellevold OFM. Post-operative myocardial dysfunction does not affect the physiological response to early mobilization after coronary artery bypass grafting. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005;49:1241-7.
4. Viale JP, Annat G, Lehot JJ, Quard S, Quintin L, Parlow J, et al. Relationship between oxygen uptake and mixed venous oxygen saturation in the immediate postoperative period. *Anesthesiology* 1994;80 (2):278-83.
5. Bauernschmitt R, Malderg H, Wessel N, Kopp B, Shirmbeck EU, Lange R. Impairment of cardiovascular autonomic control in patients early after cardiac surgery. *Eur J Cardiorac Surg* 2004; 25:320-6.
6. Johansson M, Karlsson AK, Myredal A, Lidell E. Arterial baroreflex dysfunction after coronary artery bypass grafting. *Interac Cardiovasc Thorac Surg.* 2009 Apr; 8(4):426-30.
7. Licker M, Spiliopoulos A, Tschopp JM. Influence of thoracic epidural analgesia on cardiovascular autonomic control after thoracic surgery. *Br J Anaesth* 2003;91(4):525-31.

8. Soares PPS, Moreno AM, Cravo SLD, Nobrega ACL. Coronary artery bypass surgery and longitudinal evaluation of the autonomic cardiovascular function. *Crit Care* 2005;9(2):124-31.
9. Regenga MM, Perondini GB, Mafra JMS. Reabilitação precoce do paciente infartado. In: Regenga, MM. *Fisioterapia em cardiologia*. São Paulo: Roca; 2000:243-58.
10. Jünger C, Rauch B, Schneider S, Liebhart N, Rauch G, Senges J, Bestehorn K. et al Effect of early short-term cardiac rehabilitation after acute ST-elevation and non-ST-elevation myocardial infarction on 1-year mortality. *Curr Med Res Opin*. 2010. Apr;26(4):803-11.
11. Killewich LA. Strategies to minimize postoperative deconditioning in elderly surgical patients. *J Am Coll Surg*. 2006;203(5):735-45.
12. Iellamo F, Legramante JM, Massaro M, Raimondini G, Galante A. et al. Effects of a residential exercise training on baroreflex sensitivity and rate variability in patients with coronary artery disease. *Circulation*. 2000;21:2588-92.
13. Brown CA, Wolfe LA, Hains S, Ropchan G, Parlow J. Heart rate variability following coronary artery bypass graft surgery as a function of recovery time, posture, and exercise. *Can J Physiol Pharmacol* 2004;82:457-64.
14. Kirkeby-Garstad I, Sellevold OFM, Stenseth R, Skogvoll E, Karevold A. Marked mixed venous desaturation during early mobilization after aortic valve surgery. *Anesth Analg*. 2004;98:311-7.
15. Kirkeby-Garstad I, Wisloff U, Skogvoll E, Stolen T, Tjonna AE, Stenseth R, et al. The marked reduction in mixed venous oxygen saturation during early mobilization after cardiac surgery: the effect of posture or exercise?. *Anesth Analg*. 2006;102:1609-16.
16. Kirkeby-Garstad I, Sellevold OFM, Stenseth R, Skogvoll E. Mixed venous oxygen desaturation during early mobilization after coronary artery bypass surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2005;49:827-34.
17. Neder JA, Nery LE. *Fisiologia clínica do exercício teoria e prática*. São Paulo: Artes Médicas; 2003: 105-110.
18. Krzeminski K, Kruk B, Nazar K, Ziemba W, Cybulsky G, Niewiadomski W. et al Cardiovascular, metabolic and plasma catecholamine responses to passive and active exercises. *J Physiol Pharmacol* 2000;51(2):267-78.
19. Yavuz B, Duman U, Abali G, Dogan OF, Yazicioglu A, Sahiner L, et al. Coronary artery bypass grafting is associated with a significant worsening of QT dynamicity and heart rate variability. *Cardiol*. 2006;106: 51-5.
20. Kalisnik JM, Avbelj V, Trobec R, Gersak B. Position-dependent changes in vagal modulation after coronary artery bypass grafting. *Comput Biol Med*. 2007;37:1404-8.
21. Bryniarski L, Kawa J, Rajzer M, Stolarz K, Kavecka-Jaszcz A. et al. Heart rate variability in patients after coronary artery bypass grafting: early and late effects of cardiac rehabilitation. *Acta Cardiol* 2002;57(1):35-6.
22. Yamamoto Y, Hughson RL, Peterson JC. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *J Appl Physiol*. 1991;71:1136-42.



