

Relato de Caso / Case Reports

Variabilidade da frequência cardíaca em repouso e resposta da frequência cardíaca e do torque durante exercício isométrico máximo de flexão do joelho em dois voluntários: um com padrão de vida sedentário e outro ativo – Relato de casos

Ester da Silva¹,
Lilian Cristine de Andrade
Teixeira²,
Valéria Ferreira³,
Marcos Leandro Honório⁴,
Robison José Quitério⁵,
Lucien de Oliveira⁶,
Aparecida Maria Catai⁷

Heart rate variability at rest and heart rate and torque responses during maximum isometric exercises on knee flexion for two volunteers: one with sedentary life style and another with active life style – Case reports

¹ Graduada em Fisioterapia pela PUCAMP. Especialista em tratamento neuro-evolutivo. Especialista em análise e programação de condições para o ensino. Mestre em Ciências Biológicas (Fisiologia) pela UNICAMP. Doutora em ciências (Fisiologia) pela UNICAMP. Docente do curso de graduação e pós-graduação em fisioterapia da UFSCAR. Docente do Curso de Graduação em Fisioterapia da UNIMEP.

² Graduada em Fisioterapia pela UNAERP. Mestranda no curso de pós-graduação Interunidades Bioengenharia pela USP - São Carlos.

³ Graduada em Fisioterapia pela UFSCAR. Aperfeiçoamento em fisioterapia cardiovascular pela UFSCAR. Mestranda no curso de pós-graduação interunidades bioengenharia pela USP - São Carlos.

⁴ Graduado em Fisioterapia pela UFSCAR.

⁵ Graduado em Educação Física pela Universidade Moura Lacerda - Jaboticabal. Graduado em Fisioterapia pela UNICLAR - Batatais. Especialização em bases neuromecânicas pela UNICLAR. Mestre em fisioterapia pela UFSCAR. Docente do curso de graduação em fisioterapia da UFSCAR.

⁶ Graduando em Física pela UFSCAR.

⁷ Graduada em Fisioterapia pela UFSCAR. Especialização em ciências da performance humana pela UFRJ. Mestre em Educação Física pela UNICAMP. Doutora em Ciências (Fisiologia) pela UNICAMP. Docente do curso de graduação e pós-graduação em Fisioterapia da UFSCAR.

Endereço para correspondência: Ester da Silva. Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico - DFisio - Universidade Federal de São Carlos. Via Washington Luis, Km 235 - CEP: 13565-905 - São Carlos/SP.
e-mail: esters@power.ufscar.br

RESUMO: A proposta deste estudo foi investigar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em repouso, a magnitude da resposta da frequência cardíaca (FC) e do torque médio máximo (TMM) aos testes de exercício isométrico (TEI) de contração voluntária máxima (CVM) de flexão do joelho nos ângulos de 30°, 45° e 60°. Um voluntário sedentário (26 anos) e outro ativo (22 anos), ambos saudáveis, realizaram TEI de CVM de flexão do joelho durante 10s, na posição sentada, em um dinamômetro eletrônico que forneceu os dados de TMM. A VFC foi calculada a partir dos índices de RSM e RMSSD dos intervalos R-R da FC registrada por 6 minutos em repouso na posição sentada. A variação da FC (ΔFC) foi obtida pela diferença entre a FC pico aos 10s de CVM e a FC média dos 60s de repouso pré-teste. O voluntário ativo e o sedentário apresentaram os seguintes resultados: Durante o repouso: FC (66 e 73 bpm); RSM (61 e 39 ms); RMSSD (47 e 35 ms), respectivamente. Durante o exercício: ΔFC (bpm) em 30° (34 e 17), em 45° (33 e 21) e em 60° (31 e 16), respectivamente; TMM (N.m) em 30° (120 e 75); em 45° (111 e 68) e em 60° (96 e 92), respectivamente. Nossos dados sugerem que o treinamento físico pode modificar a modulação autonômica sobre o coração,

bem como a magnitude do torque e que o ângulo articular não interfere na retirada vagal no início do TEI de CVM, porém parece influenciar a magnitude do torque.

DESCRIPTORIOS: Frequência cardíaca. Exercício. Joelho. Torque. Estudos de casos e controles.

ABSTRACT: The purpose of the present study was to investigate the heart rate variability (HRV) at rest and the magnitude of the heart rate response and the maximum average torque (MAT) during isometric exercise with maximum voluntary contraction (MVC) during knee flexion at 30°, 45° e 60° angles. One sedentary volunteer (26 years of age) and another active (22 years of age), were submitted to a isometric exercise test involving knee flexion with MVC, for 10 seconds period at sitting position on an electronic dynamometer, which provided data from MAT. The HRV was calculated from RSM and RMSSD indexes of R-R intervals obtained for 6 minutes at rest in seat position. The variation of HR (ΔHR) was calculated by the difference between HR observed at 10s of maximum voluntary contraction and the average obtained during a period of 60s immediately before the

beginning of exercise. The sedentary and active volunteers showed the following results: during rest: heart rate = 66 and 73 beats/min; RMSM = 61 and 39 ms; RMSSD = 47 and 35 ms, respectively. During exercise: variation of heart rate (beats/min) at 30° (34 and 17), at 45° (33 and 21) and at 60° (31 and 16), respectively. These results suggest that, a) physical activity might change the autonomic modulation over the heart as well as the torque magnitude; b) The

articular angle does not interfere at the vagal withdrawal in the beginning of the isometric exercise with maximum voluntary contraction, however it seems to influence the torque magnitude.

KEYWORDS: Heart rate. Exercise. Knee. Torque. Case-control studies.

INTRODUÇÃO

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido descrita como sendo as oscilações periódicas da frequência cardíaca (FC) com intervalos R-R de batimentos cardíacos consecutivos, moduladas pela atuação do sistema nervoso autônomo sobre o coração^{12,26}. A VFC demonstra ser um importante parâmetro na caracterização da integridade neurocardíaca, que pode ser investigada a partir de diferentes condições, tais como: repouso, manobras autonômicas e durante exercício físico, com ou sem bloqueio farmacológico. A VFC pode ser analisada tanto por métodos no domínio do tempo, quanto no domínio da frequência^{1,12}.

A modulação autonômica do coração também pode ser avaliada a partir da análise do padrão e da magnitude da resposta da FC, frente a um estímulo externo como o exercício físico. Em relação ao exercício isométrico, a literatura^{14,6,23} tem referido que o padrão de resposta da FC é caracterizado por uma elevação inicial rápida, até os 10 segundos iniciais do exercício e está relacionado à retirada vagal, que diminui sua modulação sobre o nó sinusal.

Poucos trabalhos têm investigado a variação da FC e a magnitude do torque frente ao exercício isométrico dos músculos flexores do joelho. NG et al.¹⁶, Silva et al.²⁴ e Quitério¹⁷ referem que a magnitude da variação da FC independe do grau articular. Em relação à magnitude do torque, alguns autores^{11,15} consideram que os maiores torques são alcançados quando as fibras do grupo muscular flexor do joelho encontram-se mais encurtadas, enquanto outros^{4,10,28,25} verificaram que, durante o exercício isométrico de contração voluntária máxima (CVM), o maior torque ocorreu quando o músculo estava na posição alongada.

Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi investigar a VFC em repouso e a magnitude da resposta da FC e do torque médio máximo (TMM) aos testes de exercício isométrico (TEI) de CVM de flexão do joelho nos ângulos de 30°, 45° e 60° em dois voluntários, sendo um com padrão de vida ativo e um outro sedentário.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

Voluntários

Foram estudados 2 voluntários do sexo masculino, não obesos, não fumantes e não usuários de qualquer tipo de drogas, considerados saudáveis após avaliação clínica, exames laboratoriais, eletrocardiograma completo em repouso e teste ergométrico de avaliação da capacidade física e funcional. Foram classificados de acordo com os resultados do teste ergométrico e com o nível de atividade física realizada, sendo um sedentário (26 anos de idade), que não realizava atividade física regular, e um ativo (22 anos de idade), que praticava voleibol e basquete regularmente 3 vezes por semana, por um período de 4 horas semanais, com distribuição aleatória das duas modalidades durante a semana. A classificação funcional e as características antropométricas dos voluntários estudados estão apresentadas na Tabela 1. Ambos assinaram um termo de consentimento formal de participação em pesquisa, conforme determina a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, Processo nº 057/2000.

TABELA 1 - Classificação funcional, idade e características antropométricas dos voluntários estudados

Voluntário	Classificação funcional	Idade (anos)	Peso (Kg)	Altura (m)	IMC (Kg/m ²)
NLVC	sedentário	26	83	1,78	26,20
LKB	ativo	22	79	1,80	24,38

Kg = quilograma; m = metros; Kg/m² = quilograma por metro quadrado; IMC = índice de massa corpórea.

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Os voluntários realizaram TEI de CVM de flexão do

joelho da perna direita nos ângulos de 30°, 45° e 60°. A seqüência dos testes de exercício isométrico foi determinada aleatoriamente. Cada teste teve a duração de 10s e foram

realizadas três repetições para cada um dos ângulos testados, com intervalos entre os mesmos o suficiente para que a FC retornasse aos valores controle da condição de repouso da avaliação inicial. Os testes foram realizados no mesmo período do dia, ou seja, à tarde, para evitar possíveis alterações nos resultados provenientes das influências circadianas. A temperatura ambiente foi mantida entre 22 e 24°C e a umidade relativa do ar do laboratório entre 42 e 54%. Previamente à realização do protocolo experimental, os voluntários foram orientados para que, no dia anterior e no dia do TEI, não ingerissem bebidas alcoólicas ou estimulantes (café, chá, etc.), não realizassem qualquer tipo de esforço físico, evitassem exageros alimentares e dormissem bem. Os experimentos foram realizados duas horas após a última refeição.

Torque

Os testes foram realizados em um dinamômetro computadorizado (Biodex Multi-Joint System 2, Biodex Medical Systems Inc., New York, USA), com os voluntários na posição sentada (quadril fixado no ângulo de 90°) e com flexão de joelho nos ângulos articulares de 30°, 45° e 60°. O epicôndilo lateral do fêmur do voluntário foi alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro e, para minimizar a contração de outros músculos não diretamente envolvidos nos testes, o tronco foi estabilizado com uma correia de contenção transversal sobre o tórax e outra sobre a região infraumbilical. O membro inferior direito foi fixado à cadeira em dois pontos: na região distal da coxa e em 2 cm acima do maléolo lateral junto ao braço de alavanca do dinamômetro.

Os voluntários foram instruídos a respirar espontaneamente, a não realizar manobra de Valsalva e manter os braços posicionados lateralmente ao tronco e relaxados e evitar a contração muscular do membro inferior contra-lateral durante os testes. Foram orientados a realizar a sua força máxima durante todo o período do TEI de CVM de flexão do joelho e estimulados por comandos verbais dos pesquisadores (tais como: “força”, “vamos lá!” “muito bem!”) e por estímulo visual do gráfico de torque, que era plotado em tempo real no monitor do dinamômetro a sua frente, com o objetivo de manter o traçado do torque o mais estável possível durante a CVM.

Frequência cardíaca

A FC e os intervalos R-R foram registrados a partir de um monitor cardíaco de um canal (TC-500, ECAFIX) conectado a um microcomputador por meio de um conversor analógico/digital Lab-PC+ (National Instruments, Co). A FC e os intervalos R-R foram calculados e amostrados em tempo real, batimento a batimento, usando um *software* específico²¹. Os voluntários foram monitorizados na derivação MC5

modificada, utilizando eletrodos de carbono ativado, auto-adesivos e descartáveis que foram colocados na seguinte configuração: o pólo negativo no manúbrio esternal, pólo positivo na região do 5º espaço intercostal na linha hemiclavicular esquerda e o terra no 5º espaço intercostal direito.

A FC foi captada e registrada em duas situações: na condição de repouso, antes de iniciar os TEI, durante 360s na posição sentada; durante cada teste de exercício isométrico de CVM de flexão do joelho por um período de 170s, sendo 60s de repouso pré-teste, 10s de CVM e 120s de recuperação.

ANÁLISE DOS DADOS

Variabilidade da frequência cardíaca

A VFC dos 360s de repouso na posição sentada foi estudada no domínio do tempo, por meio de dois índices: RMSM e RMSSD, que são convencionalmente aceitos para caracterização da VFC pela alta sensibilidade dos mesmos devido ao uso do quadrado das diferenças^{18,19,26}. O RMSM corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais dos intervalos R-R em relação ao valor médio dividido pelo número de intervalos R-R, ou seja, o desvio padrão dos intervalos R-R normais em um tempo determinado (Equação 1). O RMSSD corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado da diferença dos intervalos R-R menos os intervalos R-R subsequentes, divididos pelo número de intervalos R-R em um tempo determinado menos um (Equação 2)^{1,12}.

$$RMSM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (RR_i - \overline{RR})^2}{N}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (RR_i - RR_{i+1})^2}{N-1}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

RR = intervalos R-R e

N = número de intervalos R-R na série de dados selecionados.

Para obtenção destes índices, foi utilizado o programa: “Analisador gráfico de intervalos R-R, frequência cardíaca e eletrocardiograma”, desenvolvido no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular da UFSCar⁸.

VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

A variação da FC foi obtida a partir da diferença entre o maior valor de FC atingido aos 10s (FC pico) de TEI de CVM de flexão do joelho e o correspondente a média da FC de repouso dos 60s pré-esforço (Equação 3).

$$\text{Variação da FC} = \text{FC pico} - \text{FC média de repouso pré-esforço} \quad (\text{Equação 3})$$

Torque médio máximo

Considerando que a resposta da FC é resultado do esforço empreendido durante todo o período da CVM e ainda que o torque não se mantém constante durante toda a contração isométrica (Figura 1) não foi utilizado para análise o torque pico, mas sim os valores de torques médios máximos (TMM), pois este atende de modo mais adequado ao objetivo deste trabalho.

Os valores de TMM de cada um dos TEI de CVM foram obtidos a partir do relatório fornecido pelo Biodex.

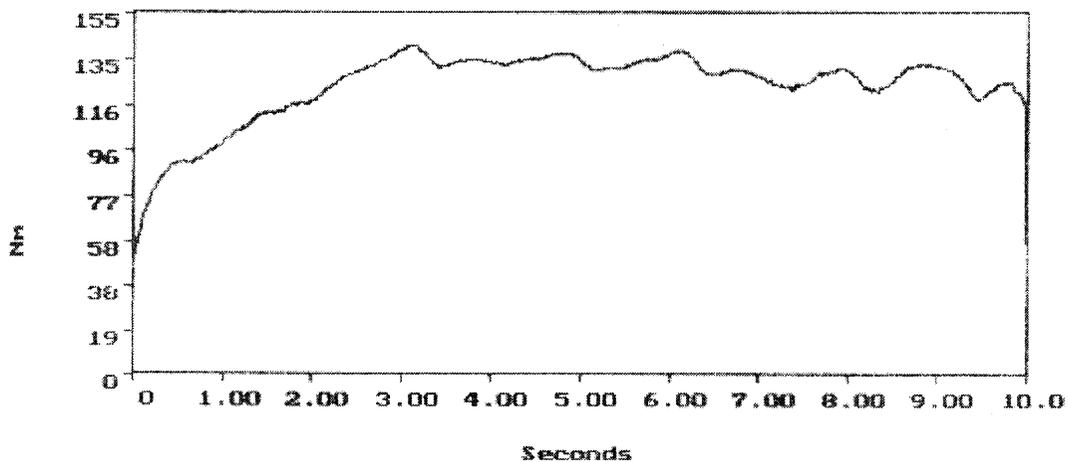


FIGURA 1 - Ilustração do gráfico de torque (N.m) obtido durante 10s do exercício isométrico de contração voluntária máxima de flexão do joelho no ângulo de 30 graus do voluntário ativo.

RESULTADOS

Na Tabela 2, verifica-se que o voluntário ativo apresentou maior VFC, analisada a partir dos índices de

RMSM e RMSSD dos intervalos RR (ms) e menor valor absoluto de FC média na condição de repouso na posição sentada, em relação ao voluntário sedentário.

TABELA 2 – Valores dos índices de RMSM e RMSSD dos intervalos R-R (ms) e da frequência cardíaca média (bpm), obtidos dos voluntários sedentário e ativo na condição de repouso na posição sentada durante um período de seis minutos.

Voluntário R-R (ms)	RMSM dos intervalos R-R (ms)	RMSSD dos intervalos (bpm)	FC média de repouso
Sedentário	39	35	73
Ativo	61	47	66

ms = milissegundos; FC = frequência cardíaca; bpm = batimentos por minuto.

Observa-se na Figura 2, que a taquicardia evocada ao esforço isométrico apresenta um padrão semelhante nos dois indivíduos, caracterizada por uma elevação rápida durante o TEI de CVM e após o término do exercício continua se elevando por alguns segundos, seguido de um decréscimo rápido após 20s, retornando aos valores basais.

Esse padrão de resposta foi observado nos três ângulos articulares estudados. Ainda, a magnitude das respostas da FC de cada um dos voluntários, aos 10s de TEI de CVM (Tabela 3), foram similares nos três ângulos estudados. Entretanto, o voluntário ativo apresentou uma maior variação da FC em relação ao sedentário em todos os ângulos articulares.

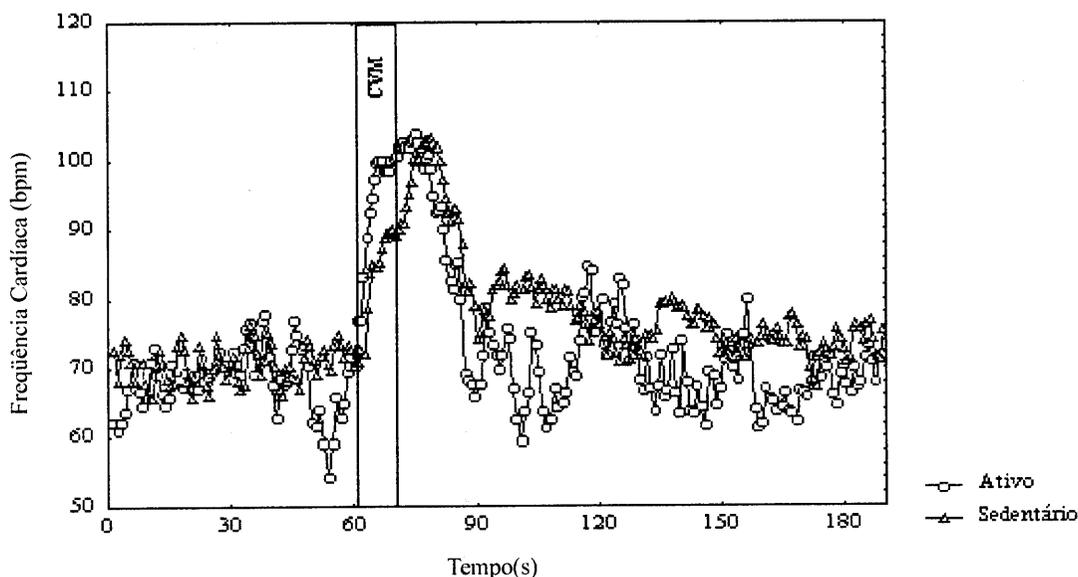


FIGURA 2 - Resposta da frequência cardíaca (bpm) registrada batimento a batimento, em tempo real, do voluntário sedentário (▲) e do ativo (○), durante 60 segundos de repouso, 10 segundos de exercício isométrico de contração voluntária máxima de flexão do joelho no ângulo de 60 graus e 120 segundos de recuperação.

TABELA 3 - Valores da variação de frequência cardíaca (bpm) e do torque médio máximo (Nm) dos voluntários sedentário e ativo durante a execução do exercício isométrico de contração voluntária máxima de flexão do joelho nos ângulos de 30, 45 e 60 graus.

Voluntário	30 graus		45 graus		60 graus	
	Varição da FC (bpm)	Torque (Nm)	Varição da FC (bpm)	Torque (Nm)	Varição da FC (bpm)	Torque (Nm)
Sedentário	20	77	21	73	13	100
Sedentário	18	80	25	69	19	96
Sedentário	14	69	16	61	16	79
Média	17	75	21	68	16	92
Ativo	28	106	33	121	27	106
Ativo	36	126	31	114	32	89
Ativo	39	129	35	98	34	92
Média	34	120	33	111	31	96

Na Tabela 3 constata-se que o ângulo em que ocorreu o maior valor de TMM diferiu entre os dois voluntários, ou seja, o ativo apresentou o maior valor de torque médio no ângulo de 30° enquanto o sedentário no ângulo de 60°. Além disso, observamos que os TMM gerados pelo voluntário ativo nos ângulos de 30° e 45° foram maiores que o do sedentário. Porém, no ângulo de 60° os resultados do torque foram semelhantes para ambos os voluntários.

DISCUSSÃO

Os maiores valores dos índices de VFC (RMSM e

RMSSD) do voluntário ativo em relação ao sedentário, obtidos na condição de repouso, são concordantes com dados da literatura^{7,9}, os quais referem que indivíduos praticantes de atividade física apresentam maior VFC em relação aos indivíduos sedentários. Ainda na condição de repouso, constata-se que o voluntário ativo apresentou valores absolutos de FC inferiores ao voluntário sedentário. Esses dados são corroborados com os observados na literatura^{2,3,27}, os quais mostram que indivíduos participantes de programas de treinamento físico apresentam níveis notavelmente inferiores aos observados em indivíduos de vida sedentária.

No que se refere ao padrão de resposta da FC ao exercício isométrico de CVM, nossos dados apresentam características semelhantes às descritas por Maciel et al.^{13,14}, Silva et al.²³ e Quitério¹⁷, ou seja, uma taquicardia de manifestação inicial muito rápida, mediada pela liberação vagal^{13,14,22} independente do ângulo articular.

Quanto à magnitude das respostas da FC ao exercício isométrico de contração voluntária máxima, encontramos resultados concordantes com NG et al.¹⁶, Silva et al.²³ e Quitério¹⁷, os quais observaram que a magnitude das respostas da FC independe do grau articular do joelho nos exercícios isométricos de CVM, sugerindo que o comprimento muscular não influencia na magnitude da resposta da FC ao exercício isométrico. O maior valor de variação de FC, apresentado pelo voluntário ativo, indica que a dinâmica de retirada vagal do mesmo foi maior que a do sedentário. Fator que pode ocorrer em função de uma adaptação ao treinamento físico. Entretanto, nos estudos de Seals et al.²⁰ e Maciel et al.¹⁴ não foram encontradas diferenças na magnitude das respostas da FC entre voluntários atletas e sedentários nos primeiros 10s de exercício isométrico.

Com relação ao comportamento da FC após o esforço, este se mostrou similar ao referido por Silva²² e Quitério¹⁷, os quais mencionam que a FC continua a elevar-se por alguns segundos após a interrupção do exercício, para, em seguida, começar a diminuir e difere de Gallo Jr et al.⁵ que encontraram redução abrupta da FC imediatamente após o exercício isométrico. Isto ocorreu, provavelmente, porque estes utilizaram para análise a média da FC a cada 10s e não o seu valor batimento a batimento.

Em relação ao torque, observa-se que o voluntário ativo atingiu o maior valor de TMM no ângulo de 30° de flexão de joelho, enquanto que o sedentário atingiu o maior valor no ângulo de 60°. Nos estudos de Knapik et al.¹⁰, Yasuda e Sasaki²⁸; Suter e Herzog²⁵; Ebersole et al.⁴, os maiores valores de torque foram evidenciados quando o músculo estava na posição alongada. Entretanto, outros autores^{11,15} consideram que os maiores torques são alcançados quando as fibras musculares se encontram mais encurtadas. Isto tem sido atribuído à interação entre os fatores fisiológicos, como a relação comprimento-tensão (comprimento do sarcômero e número de pontes cruzadas ativas) e aos fatores mecânicos, como o comprimento do braço de alavanca. Por outro lado, tem sido referido na literatura que as alterações no ângulo articular não influenciam as respostas de torque^{17,24}. A divergência em relação ao ângulo em que ocorreu o maior TMM pode ser explicada pela possível diferença na elasticidade muscular dos dois voluntários, o que teria contribuído para que a relação ideal de comprimento-tensão dos sarcômeros tenha ocorrido em ângulos articulares diferentes. Fator que pode ainda estar relacionado a alguma

outra característica intrínseca do voluntário ativo, justificando a realização de mais estudos, com um número maior de voluntários para uma avaliação mais criteriosa do fato. Além disso, devemos considerar que os autores acima referidos^{4,10,11,15,25,28} utilizaram para análise o valor de pico de torque, que é o maior valor observado durante TEI de CVM. Já no presente trabalho, bem como nos estudos de Silva et al.²⁴ e Quitério¹⁷, foi utilizado o TMM desenvolvido durante todo o período de teste de exercício isométrico de CVM de cada uma das repetições, obtido a partir do cálculo da média dos valores máximos atingidos durante toda a curva de torque, pois este expressa melhor o comportamento da força produzida pelo voluntário durante todo o período de esforço e, portanto, esta forma de análise atende de modo mais adequado ao objetivo deste trabalho.

Comparando os valores de TMM dos dois voluntários em cada ângulo articular estudado, verificamos que somente no ângulo de 60° os voluntários apresentaram valores semelhantes. Nos outros ângulos (30° e 45°), o ativo apresentou maior geração de força muscular, que pode acontecer em decorrência de um melhor padrão de recrutamento das fibras musculares. Ainda sobre o TMM, podemos verificar em nossos resultados que a magnitude do mesmo não teve influência sobre a resposta da FC frente ao exercício isométrico.

CONCLUSÃO

Em conclusão, os dados do presente estudo sugerem que:

- a) o nível de aptidão física do indivíduo pode ter influenciado as respostas da FC e de sua variabilidade, na condição de repouso, bem como a magnitude das respostas da FC durante os TEI de CVM, uma vez que o treinamento físico pode modificar a modulação autonômica sobre o coração;
- b) para o mesmo indivíduo, o ângulo articular não influencia a magnitude da resposta da FC à CVM de flexão do joelho que pode estar relacionada à irradiação central, na inibição do tônus vagal sobre o coração, ter atingido seu máximo aos 10s de esforço, independente das alterações dos comprimentos das fibras musculares, causadas pela mudança nos ângulos articulares utilizados, e da magnitude do torque;
- c) o ângulo articular do joelho e o padrão de atividade física dos voluntários podem influenciar a magnitude do TMM. Entretanto, são necessários estudos envolvendo um número maior de voluntários para verificar e validar tais observações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTILA, K. Quantitative characterization of heart rate during exercise. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, v. 80, p. 153-5, 1979.
2. CATAI, A.P. **Estudo da capacidade aeróbia e da variabilidade da frequência cardíaca em homens jovens e de meia idade submetidos a treinamento físico aeróbio.** Campinas, 1999. Dissertação (Doutorado) – Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
3. CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; FORTI, V.A.M.; CATAI, A.M.; SZRAJER, J.S.; GOLFETTI, R.; MARTINS, L.E.B.; LIMA-FILHO, E.C.; WANDERLEY, J.S.; MARIN-NETO, J.A.; MACIEL, B.C.; GALLO JR, L. Cardiorespiratory adaptations induced by aerobic training in middle-aged men: the importance of a decrease in sympathetic stimulation for the contribution of dynamic exercise tachycardia. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v. 31, n. 5, p. 705-12, 1998.
4. EBERSOLE, K.T.; HOUSH, T.J.; JOHNSON, G.O.; EVETOVICH, T.K.; SMITH, D.B.; PERRY, S.R. MMG and EMG responses of the superficial quadriceps femoris muscles. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, n. 9, p. 219-27, 1999.
5. GALLO Jr, L.; MACIEL, B.C.; MARIN-NETO, J.A.; MARTINS, L.E.B.; LIMA-FILHO, E.C.; MANÇO, J.C. The use of isometric exercise as a means of evaluating the parasympathetic contribution to the tachycardia induced by dynamic exercise in normal man. *Pflügers Arch.*, n. 412, p. 128-32, 1988.
6. GALLO Jr, L.; MACIEL, B.C.; MARIN-NETO, J.A.; MARTINS, L.E.B.; LIMA-FILHO, E.C.; GOLFETTI, R.; CHACON, M.P.T.; FORTI, V.A.M. Control of heart rate during exercise in health and disease. *Braz. J. Med. Biol.*, v. 28, p. 1179-84, 1995.
7. GOLDSMITH, R.I.; BIGGER, J.T.; STEINMAN, R.C.; FLEISS, J.L. Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance – trained and untrained young men. *J. Am. Coll. Cardiol.*, v. 20, p. 552-8, 1992.
8. GOUVÊA, E.C.; CATAI, A.M.; SILVA, E.; OLIVEIRA, L.; MILAN, L.A.; GALLO Jr, L.; BARCELOS, S.R.; TREVELIN, L.C. Implementação e incorporação dos módulos de análise de dados e emissão de relatórios ao sistema computacional de eletrocardiografia de esforço. In: VI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCar, São Carlos, 1998. *Anais...*, São Carlos, UFSCar, 1998.
9. KATONA, P.; McLEAN, M.; DIGHTON, D.; GUZ, A. Sympathetic and parasympathetic cardiac control in athletes and nonathletes at rest. *J. Appl. Physiol.*, v. 82, p. 1652-7, 1982.
10. KNAPIK, J.J.; WRIGHT, J.E.; MAWDSLEY, R.H.; BRAUN, J. Isometric, isotonic, and isokinetic torque variations in four muscle groups through a range of joint motion. *Physical Ther.*, v. 63, n. 6, p. 938-47, 1983.
11. KOUTEDAKIS, Y.; FRISCHKNECHT, R.; VRBOVA, G.; SHARP, N.C.C.; BUDGETT, R. Maximal voluntary quadriceps strength patterns in Olympic overtrained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 27, n. 4, p. 566-72, 1995.
12. LONGO, A.; DANIEL, F.; CORREIA, M.J. Variabilidade da frequência cardíaca. *Rev. Port. Cardiol.*, v. 14, n. 3, p. 241-62, 1995.
13. MACIEL, B.C.; GALLO Jr, L.; MARIN-NETO, J.A.; MARTINS, L.E.B. Autonomic nervous control of the heart rate during isometric exercise in normal man. *Pflügers Archiv. Eur. J. Physiol.*, v. 408, p. 173-7, 1987.
14. MACIEL, B.C.; GALLO Jr, L.; MARIN-NETO, J.A.; MARTINS, L.E.B. Leg endurance training has no effect on the autonomic control of heart rate during isometric exercise. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v. 22, p. 225-32, 1989.
15. NARICI, M.V.; HOPPELER, H.; KAYSER, B.; LANDONI, L.; CLAASSEN, H.; GAVARDI, C.; CONTI, M.; CERRETELLI, P. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiol. Scand.*, n. 157, p. 175-86, 1996.
16. NG, A.V.; AGRE, J.C.; HANSON, P.; HARRINGTON, M.S.; NAGLE, F.J. Influence of muscle length and force on endurance and pressor responses to isometric exercise. *J. Appl. Physiol.*, v. 76, n. 6, p. 2561-9, 1994.
17. QUITÉRIO, R.J. **Efeito do ângulo articular nas respostas do torque, eletromiografia e frequência cardíaca durante exercício isométrico.** 2002. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.
18. RIBEIRO, T.F.; CUNHA, A.; LOURENÇO, G.C.D.; MARÃES, V.R.F.S.; CATAI, A.M.; GALLO Jr, L.; SILVA, E. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em dois voluntários de meia-idade, um coronariopata e outro saudável – relato de caso. *Rev. Soc. Cardiol. Est. São Paulo*, v. 10, n. 1 (Supl. A), p. 1-10, 2000.
19. RIBEIRO, T.F.; AZEVEDO, G.D.; CRESCÊNCIO, J.C.; MARÃES, V.R.F.S.; PAPA, V.; CATAI, A.M.; VERZOLA, R.M.M.; OLIVEIRA, L.; SILVA De Sá, M.F.S.; GALLO Jr, L.; SILVA, E. Heart rate variability at resting conditions in postmenopausal and young woman. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v. 34, p. 871-7, 2001.
20. SEALS, D.R.; WASHBURN, R.A.; HANSON, P.G.; PAINTER, P.L.; NAGLE, F.J. Increased cardiovascular response to static contraction of larger muscle group. *J. Appl. Physiol.*, v. 54, n. 2, p. 434-7, 1983.
21. SILVA, E.; CATAI, A.M.; TREVELIN, L.C.; GUIMARÃES, J.O.; SILVA Jr, L.P.; SILVA, L.M.P.; OLIVEIRA, L.; MILAN, L.A.; MARTINS, L.E.B.; GALLO Jr, L. Design of a computerized system to evaluate the cardiac function during dynamic exercise. In: WORLD CONGRESS ON MEDICAL PHYSICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING, Rio de Janeiro, 1994. *Annals...*, Rio de Janeiro, 1994. v. 39, p. 409.
22. SILVA, E. **Influência do exercício isométrico nas respostas da frequência cardíaca e eletromiográficas no homem.** 1998. Dissertação (Doutorado) – Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1998.

23. SILVA, E.; OLIVEIRA, L.; CATAI, A.M.; FERREIRA FILHO, P.; BERZIN, F.; GALLO Jr, L. Evaluation of electromyography activity and heart rate responses to isometric exercise. The role played by muscular mass and type. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v. 32, n. 1, p. 115-20, 1999.
24. SILVA, E., HONÓRIO, M.L.; TEIXEIRA, L.C.A.; CATAI, A.M.; OLIVEIRA, L.; QUITÉRIO, R.J. Relação entre torque e frequência cardíaca durante exercício isométrico de extensão do joelho em diferentes ângulos. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, Gramado, 2001. **Anais....** Gramado, 2001. p. 321-6.
25. SUTER, E., HERZOG, W. Extent of muscle inhibition as a function of knee angle. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, v. 7, n. 2, p. 123-30, 1997.
26. Task Force - Heart Rate Variability – Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043-65, 1996.
27. TULPPO, M.P.; MAKIKALLIO, T.H.; SEPPÄNEM, T.; LAUKKANEN, R.T.; HUIKURI, H.V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **Am. J. Physiol.**, v. 274, p. H424-9, 1998.
28. YASUDA, K.; SASAKI, T. Exercise after cruciate ligament reconstruction. **Clin. Orthop. Rel. Res.**, v. 220, n. 7, p. 275-83, 1987.

Recebido para publicação: 29/08/2002

Aceito para publicação: 01/10/2002