

## VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ADOLESCENTES SAUDÁVEIS EM REPOUSO

### HEART RATE VARIABILITY IN HEALTHY ADOLESCENTS AT REST

Franciele Marques Vanderlei<sup>1</sup>, Renata Claudino Rossi<sup>2</sup>, Naiara Maria de Souza<sup>3</sup>, Denise Aparecida de Sá<sup>4</sup>, Tatiana Mangetti Gonçalves<sup>4</sup>, Carlos Marcelo Pastre<sup>5</sup>, Luiz Carlos de Abreu<sup>6</sup>, Vitor Engrácia Valenti<sup>7</sup>, Luiz Carlos Marques Vanderlei<sup>5</sup>

#### Resumo

**Objetivo:** descrever a função autonômica cardíaca de adolescentes saudáveis entre 13 e 18 anos. **Método:** foram analisados dados de 93 adolescentes, de ambos os sexos, divididos em três grupos de acordo com a faixa etária: Grupo A de 13 a 14 anos (n=26), Grupo B de 15 a 16 anos (n = 30) e Grupo C de 17 a 18 anos (n = 17). O protocolo consistiu na captação da frequência cardíaca, batimento a batimento, durante vinte minutos em repouso na posição supino, com respiração espontânea. A análise do comportamento autonômico cardíaco foi realizada pelo método da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), por meio dos índices do *plot* de Poincaré (SD1, SD2 e relação SD1/SD2) e sua análise qualitativa, e dos índices lineares no domínio do tempo (RMSSD e SDNN) e da frequência (LFun, HFun e LF/HF). Teste de One-Way Anova ou teste de Kruskal-Wallis foi aplicado para comparação intergrupos, com nível de significância de 5%. **Resultados:** não houve diferença significativa em nenhum dos índices quando comparados os três grupos estudados. Além disso, a análise visual do *plot* de Poincaré permitiu observar para todas as faixas etárias avaliadas grandes dispersões dos intervalos RR, indicando que esses grupos apresentam boa VFC. **Conclusão:** não ocorreram modificações da VFC nas diferentes faixas etárias analisadas, no entanto os resultados permitiram estabelecer um padrão para cada grupo estudado, tornando-se importante ferramenta para comparação da função autonômica cardíaca entre sujeitos saudáveis e doentes, ou em diversos âmbitos.

**Palavras-chave:** frequência cardíaca; sistema nervoso autônomo; cardiologia; adolescente.

#### Abstract

**Objective:** to describe the cardiac autonomic function in healthy adolescents between 13 and 18 years old. **Methods:** data from 93 adolescents, of both sexes, were analyzed; they were divided into three groups according to age. Group A 13-14 years old (n=26), Group B 15-16 years old (n = 30) and Group C 17-18 years old (n = 17). The protocol consisted of raising the heart rate, beat by beat for twenty minutes of rest in supine position with spontaneous breathing. The cardiac autonomic behavior analysis was performed by the method of heart rate variability (HRV) through the indices of the Poincaré plot (SD1, SD2 and ratio SD1/SD2) and its qualitative analysis and indices in linear time domain (RMSSD and SDNN) and frequency (LFnu, HFnu and LF/HF). One-way ANOVA test or Kruskal-Wallis test was used for comparison between groups, with a significance level of 5%. **Results:** there was no significant difference in none of the indices compared the three groups. In addition, visual analysis of Poincaré plot has observed for all age groups large dispersion of RR intervals, indicating that these groups have good HRV. **Conclusion:** there were no changes in HRV in the different age groups analyzed, however the result allowed to establish a standard for each group that was studied, becomes an important tool for comparison of cardiac autonomic function between healthy and patients subjects or in different areas.

**Key words:** heart rate; autonomic nervous system; cardiology; adolescent.

- 1 Doutorado em Medicina (Cardiologia). Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil.
- 2 Doutorado em Ciências da Saúde. Faculdade de Medicina do ABC – FMABC, Santo André, SP, Brasil.
- 3 Mestre em Fisioterapia. Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP, Brasil.
- 4 Graduada em Fisioterapia na Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP, Brasil.
- 5 Departamento de Fisioterapia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP, Brasil.
- 6 Laboratório de Escrita Científica – Faculdade de Medicina do ABC – FMABC, Santo André, SP, Brasil.
- 7 Departamento de Fonoaudiologia – Faculdade de Filosofia e Ciências – FFC/UNESP, Marília, SP, Brasil.

**Correspondência para:** lcvanderlei@fct.unesp.br

Suggested citation: Vanderlei FM et al. Heart rate variability in healthy adolescents at rest. J. Hum. Growth Dev. Journal of Human Growth and Development 2012; 22(2): 173-178.

Manuscript submitted Jan 08 2011, accepted for publication Aug 19 2011.

## INTRODUÇÃO

O sistema nervoso autônomo (SNA) promove modificações no coração frente às necessidades metabólicas e teciduais a que o indivíduo está sujeito em suas atividades de vida diária<sup>1,2</sup>. A integração dos ramos simpático e parassimpático do SNA sobre o coração determina a variabilidade de frequência cardíaca (VFC), ferramenta não invasiva que avalia as flutuações na frequência cardíaca (FC) provocadas pelas adaptações do SNA sobre o sistema cardiovascular<sup>3,4,5</sup> e permite identificar fenômenos relacionados ao SNA<sup>6</sup>.

A análise da VFC pode ser feita tanto por meio de métodos lineares, analisados nos domínios do tempo e da frequência, quanto métodos não lineares<sup>7</sup>. Dentre os métodos utilizados para análise da VFC encontra-se o *plot* de Poincaré, uma representação gráfica bidimensional da correlação entre intervalos RR consecutivos, no qual cada intervalo RR é plotado contra o próximo intervalo<sup>8,9,10</sup>.

O *plot* de Poincaré pode ser analisado de forma quantitativa, por meio dos índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2, obtidos pelo ajuste da elipse da figura formada pelo atrator<sup>11,12</sup>, ou qualitativa, pela avaliação da figura formada pelo seu atrator, a qual mostra o grau de complexidade dos intervalos RR<sup>13,14</sup>.

A análise do *plot* de Poincaré tem sido considerada por alguns autores como baseada na dinâmica não linear<sup>10,15</sup>. Apesar de ainda incipientes na área da saúde, os métodos não lineares estão auxiliando na compreensão de comportamentos de sistemas que os modelos lineares não explicam, pois existem evidências de que os mecanismos envolvidos na regulação cardiovascular provavelmente interagem entre si de modo não linear<sup>16,17</sup>.

A literatura aponta que um dos aspectos que pode modificar os índices de VFC é a idade<sup>2,18,19</sup>. Nesse contexto, Finley & Nugent<sup>18</sup> relataram aumento da atividade simpática e parassimpática em indivíduos com idade de um mês até seis anos, seguido por decréscimo até 24 anos. Migliaro *et al.*<sup>20</sup> ao avaliar sujeitos de 15 a 20 anos observaram uma diminuição da VFC com o avançar da idade, e Goto *et al.*<sup>21</sup>, observaram que o componente HF aumenta com idade entre três e seis anos e diminui entre seis e 15 anos.

Apesar do comportamento não linear ser o predominante nos sistemas humanos, os trabalhos estudando a função autonômica em diferentes faixas etárias, utilizando a VFC como instrumento de medida, avaliam os índices de variabilidade, principalmente, utilizando métodos lineares de análise. Assim, o objetivo é descrever a função autonômica cardíaca de adolescentes saudáveis entre 13 e 18 anos.

## MÉTODO

Foram analisados 93 adolescentes voluntários de ambos os sexos, com idade entre 13 e 18

anos e com índice de massa corpórea (IMC) classificado como normal<sup>22</sup>, selecionados ao acaso, os quais foram alocados em três grupos distintos de acordo com a faixa etária, sendo Grupo A composto por 26 voluntários de 13 a 14 anos (13 feminino e 13 masculino), Grupo B por 30 voluntários de 15 a 16 anos (dez feminino e 20 masculino) e Grupo C por 17 voluntários de 17 a 18 anos (cinco feminino e 12 masculino).

Não foram incluídos no estudo voluntários que apresentassem pelo menos uma das seguintes características: portadores de infecções, doenças metabólicas e do sistema cardiorrespiratório conhecidas, uso de medicações que poderiam alterar a atividade autonômica cardíaca, tais como propranolol e atropina, etilistas e tabagistas.

Os voluntários foram devidamente informados sobre os procedimentos e objetivos do estudo e, após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, passando a fazer parte efetiva do estudo. Todos os procedimentos utilizados no estudo foram apreciados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente – FCT/UNESP (Proc. nº 260/2008) e seguiram as normas estabelecidas pela Resolução 1996/96 do Conselho Nacional de Saúde.

## Procedimentos

Os procedimentos para realização deste estudo foram realizados em uma sala com temperatura ambiente entre 21°C a 23°C e umidade entre 40% a 60%, no mesmo período do dia (14 às 18 horas), para atenuar possíveis influências sobre o ritmo circadiano. Todos os voluntários foram orientados a abster-se de cafeína e atividade física por pelo menos oito horas antes da coleta de dados.

Antes do início do procedimento experimental, os voluntários foram identificados coletando-se as seguintes informações: idade, sexo, peso, estatura e IMC. As medidas antropométricas foram obtidas de acordo com as recomendações descritas por Lohman *et al.*<sup>23</sup>.

O peso foi mensurado em uma balança digital (Filizzola PL 150, Filizzola Ltda., Brasil) com precisão de 0.1kg, com os voluntários usando roupas leves e sem sapatos. A estatura foi mensurada usando um estadiômetro com precisão de 0.1cm e 2 metros de comprimento. O IMC foi calculado usando a seguinte fórmula: peso (kg) / estatura (m)<sup>2</sup>.

Após tais procedimentos, fixou-se uma cinta de captação na altura do processo xifóide do esterno, a qual é composta por dois eletrodos reunidos a um transmissor eletrônico selado, em que os impulsos elétricos do coração são transmitidos por meio de um campo eletromagnético ao monitor do cardiofrequencímetro Polar® S810 (Polar Electro, Kempele, Finlândia) colocado no punho do voluntário. Esse cardiofrequencímetro é um equipamento portátil, previamente validado para captação da frequência cardíaca batimento a batimento e a utilização dos seus dados para análise da VFC<sup>24,25,26</sup>.

O protocolo experimental consistiu em 20 minutos de captação da frequência cardíaca em repouso, de forma contínua, com o voluntário em decúbito dorsal em um colchonete realizando respiração espontânea. Os voluntários foram orientados a não realizar movimentos de ampla amplitude e a não dormir nem falar durante a captação com o cardiofrequencímetro, que foi realizada individualmente.

Para a análise da VFC, o padrão do comportamento foi gravado batimento a batimento, durante todo o protocolo, com uma taxa de amostragem de 1000 Hz. Para análise dos dados foram utilizados 1000 intervalos RR consecutivos após ter sido feita filtragem digital complementada por manual, para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos, e somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo<sup>27</sup>.

### Análise dos índices de variabilidade da frequência cardíaca

A VFC foi analisada por meio do *plot* de Poincaré e por métodos lineares, nos domínios do tempo e da frequência. O *plot* de Poincaré permite que cada intervalo RR seja representado em função do intervalo seguinte. Para análise quantitativa do *plot* foram calculados os seguintes índices: SD1 (desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento), SD2 (desvio-padrão em longo prazo dos intervalos RR contínuos) e a relação SD1/SD2<sup>12</sup>.

A análise qualitativa do *plot* foi feita por meio da análise das figuras formadas pelo seu atrator, as quais foram descritas por Tulppo *et al.*<sup>28</sup> em:

1) Figura na qual um aumento na dispersão dos intervalos RR é observada com aumento nos intervalos, característica de um *plot* normal.

2) Figura com pequena dispersão global batimento a batimento e sem aumento da dispersão dos intervalos RR em longo prazo.

No domínio do tempo, a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes (RMSSD) e o desvio-padrão

da média de todos os intervalos RR normais (SDNN) foram usados. Para análise da VFC no domínio da frequência foram utilizados os componentes espectrais de baixa frequência (LF, 0,04-015 Hz) e alta frequência (HF, 0,15-0,40 Hz), em unidades normalizadas (LFun e HFun, respectivamente), que representa o valor relativo de cada componente espectral em relação à potência total, menos os componentes de muito baixa frequência (VLF), e a relação entre esses componentes (LF/HF). A análise espectral foi calculada usando o algoritmo da Transformada Rápida de Fourier. O *software Kubios HRV* (versão 2.0) foi utilizado para cálculo desses índices<sup>29</sup>.

### Análise estatística

Estatística descritiva foi utilizada para caracterizar o perfil da amostra, com os dados representados em valores de média, desvios-padrão, mediana, valores máximos e mínimos e intervalo de confiança a 95%. A normalidade dos dados foi determinada utilizando o teste *Shapiro-Wills*.

Para a comparação dos índices de VFC nas três faixas etárias estabelecidas foram utilizados análise de variância *One-Way* quando a distribuição foi normal (índices RMSSD, SDNN, LFun, HFun e SD1) e o teste de *Kruskal-Wallis* para dados com distribuição não normal (índices SD2, relação SD1/SD2 e relação LF/HF). Diferenças nesses testes foram consideradas estatisticamente significantes quando o valor de "P" foi menor ou igual a 0,05.

## RESULTADOS

As análises foram inicialmente realizadas separadas por sexo. No entanto, não foram observadas diferenças significantes entre os sexos, portanto as análises foram realizadas sem distinção.

As características antropométricas dos voluntários do estudo estão apresentadas na Tabela 1. Não houve diferenças significantes entre os grupos para essas variáveis, mostrando assim a homogeneidade dos grupos.

**Tabela 1:** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão, e valores mínimos e máximos das variáveis peso, estatura e IMC de cada grupo, de Presidente Prudente, SP, Brasil, 2012

	Grupo A (n = 26) 13 – 14 anos	Grupo B (n = 30) 15 – 16 anos	Grupo C (n = 17) 17 – 18 anos
Peso (Kg)	54,85 ± 6,76 [43,8 – 71,0]	61,6 ± 9,46 [46,0 – 84,4]	63,55 ± 6,01 [51,5 – 72]
Estatura (m)	1,65 ± 0,06 [1,55 – 1,76]	1,69 ± 0,10 [1,48 – 1,86]	1,71 ± 0,08 [1,55 – 1,86]
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	20,00 ± 1,92 [16,64 – 24,50]	21,21 ± 1,70 [17,42 – 24,61]	21,53 ± 1,32 [19,34 – 25,16]

Abreviatura: IMC = índice de massa corpórea; n = número de voluntários; Kg = kilograma; m = metros; m<sup>2</sup> = metros quadrados.

A Tabela 2 apresenta os valores dos índices analisados no domínio do tempo (RMSSD e SDNN) e da frequência (LFun, HFun e relação LF/HF). Não houve significância estatística entre os grupos quando avaliados esses índices ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 2:** Valores médios, seguidos dos seus respectivos desvios padrão, e intervalo de confiança a 95% dos índices lineares no domínio do tempo (RMSSD e SDNN) e no domínio da frequência [LF, HF e relação LF/HF] de cada grupo estudado, de Presidente Prudente, SP. Brasil, 2012

Índices	Grupo A 13 – 14 anos	Grupo B 15 – 16 anos	Grupo C 17 – 18 anos
RMSSD	45,96 ± 11,93 [41,1 – 50,8]	51,35 ± 16,51 [45,2 – 57,5]	43,94 ± 21,65 [32,4 – 55,5]
SDNN	57,44 ± 13,29 [52,1 – 62,8]	62,81 ± 17,38 [56,3 – 69,3]	53,05 ± 18,89 [43,0 – 63,1]
LF (un)	51,71 ± 12,35 [46,7 – 56,7]	49,26 ± 14,35 [43,9 – 54,6]	50,56 ± 17,10 [41,5 – 59,7]
HF (un)	48,28 ± 12,34 [49,3 – 71,5]	50,73 ± 14,35 [45,4 – 56,1]	49,44 ± 17,10 [40,3 – 58,5]
LF/HF*	1,24 ± 0,73 (1,03) [0,94 – 1,53]	1,14 ± 0,63 (1,03) [0,90 – 1,38]	1,32 ± 1,10 (1,00) [0,76 – 1,89]

\* Média ± DP (Mediana) [IC 95%]; Abreviaturas: RMSSD = raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre intervalos RR dividida pelo número dos intervalos RR, em milissegundos, em um intervalo de tempo menos um; SDNN = desvio padrão dos intervalos RR; LF = baixa frequência; HF = alta frequência; un = unidades normalizadas; LF/HF = relação entre baixa e alta frequência.

A Tabela 03 apresenta os valores dos índices SD1, SD2 e da relação SD1/SD2 analisados por meio do *plot* de Poincaré. Também não foram

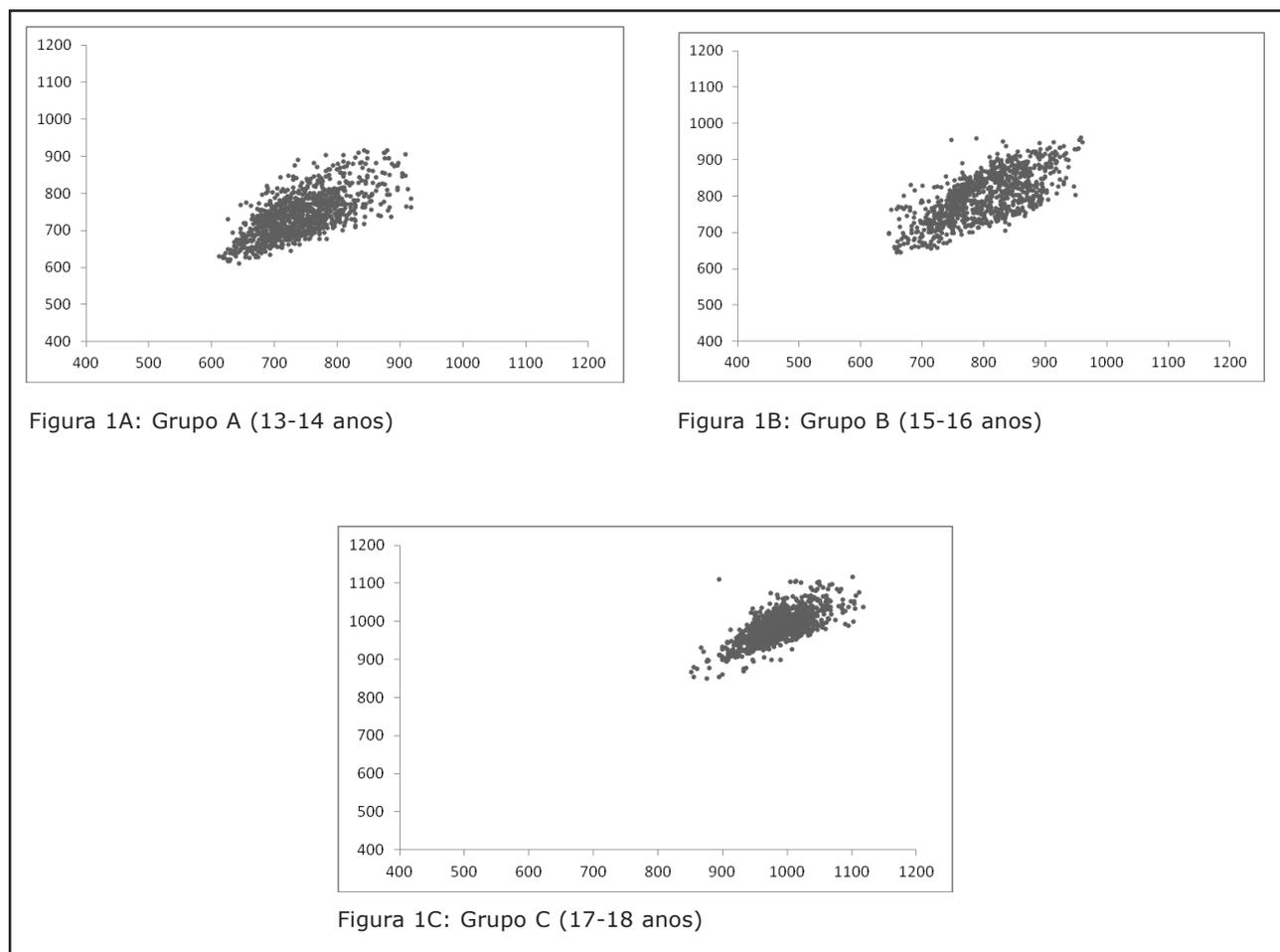
encontradas diferenças estatisticamente significantes nesses índices entre os grupos analisados ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 3:** Valores médios, seguidos dos seus respectivos desvios padrão, e intervalo de confiança a 95% dos índices SD1, SD2 e relação SD1/SD2 de cada grupo estudado, de adolescentes saudáveis em repouso, de Presidente Prudente, SP. Brasil, 2012

Índices	Group A (n = 26) 13 – 14 anos	Group B (n = 30) 15 – 16 anos	Group C (n = 17) 17 – 18 anos
SD1	32,52 ± 8,45 [29,1 – 35,9]	36,33 ± 11,67 [32,0 – 40,7]	31,21 ± 15,30 [23,1 – 39,4]
SD2*	74,24 ± 17,69 (74,9) [67,1 – 81,4]	80,59 ± 23,22 (74,5) [71,9 – 89,3]	69,98 ± 23,00 (62,9) [57,7 – 82,2]
SD1/SD2*	0,44 ± 0,09 (0,43) [0,41 – 0,48]	0,46 ± 0,11 (0,43) [0,42 – 0,50]	0,41 ± 0,18 (0,42) [0,32 – 0,50]

\* Média ± DP (Mediana) [IC 95%]; Abreviaturas: SD1 = desvio-padrão da variabilidade instantânea dos intervalos RR; SD2 = desvio padrão dos intervalos RR contínuos.

A figura 1 mostra um exemplo da análise qualitativa do *plot* de Poincaré nos três grupos estudados.



**Figura 1:** Padrão visual do *plot* de Poincaré observados nos participantes com faixa etária de 13 a 14 anos (1A), 15 a 16 anos (1B) e 17 a 18 anos (1C).

## DISCUSSÃO

A modulação autonômica cardíaca, por meio de índices de VFC obtidos do *plot* de Poincaré e de análises nos domínios do tempo e da frequência, constitui um recurso a ser utilizado para estudar, acompanhar e descrever modulações autonômicas em adolescentes saudáveis entre 13 e 18 anos durante o repouso.

O índice SD1, que representa o eixo transversal do *plot* de Poincaré e indica a influência parassimpática sobre o nódulo sinoatrial<sup>11,30</sup>, não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos estudados. O mesmo ocorreu para os índices RMSSD e HFun, ambos também marcadores da atividade parassimpática. Pequenas elevações da média desses índices na faixa etária entre 15 e 16 anos (Grupo B) foram observadas em relação às faixas de 13 a 14 anos (Grupo A) e 17 e 18 anos (Grupo C).

Resultados contrários aos do presente estudo foram descritos por Finley e Nugent<sup>18</sup>, os quais avaliaram a VFC de indivíduos de um mês a 24 anos de idade e observaram, em geral, um aumento do LF, HF e potência total até os seis anos, seguido por um decréscimo até os 24 anos de idade. Aumento significativo do componente espectral de HF para as idades de três a seis anos e redução desse índice para as idades subsequentes de seis a 15 anos foram também descritos durante o sono de crianças de três a 15 anos de idade<sup>21</sup>.

Utilizando faixas etárias maiores, Paschoal *et al.*<sup>2</sup> avaliaram indivíduos com idade entre 20 e 60 anos, divididos em quatro faixas etárias com intervalo de dez anos, em repouso e mudança de decúbito, e observaram tanto redução da VFC quanto progressiva diminuição da magnitude das respostas dos ramos do SNA frente à mudança de decúbito, com o avançar da idade.

O eixo longitudinal do *plot* de Poincaré, representado pelo índice SD2, o qual indica variabilidade global<sup>7</sup>, também não apresentou diferença significativa entre os grupos, o mesmo ocorrendo para o índice SDNN que reflete o mesmo comportamento<sup>7</sup>.

Em relação ao índice LFun, que indica a atividade simpática, também não foram observadas diferenças entre os grupos. Aumento do índice LF foi relatado por Vuksanovic e Gal<sup>31</sup> com o avançar da idade, quando avaliados voluntários de faixa etária entre oito e 61 anos.

Como observado anteriormente, os resultados deste trabalho não mostraram convergência aos de outros estudos que avaliaram a VFC em diferentes faixas etárias, os quais apontam que com o avanço da idade a VFC tende a sofrer um declínio, devido ao envelhecimento do SNA. No entanto, nas faixas etárias avaliadas no presente estudo, essa diminuição da VFC não foi observada, o que pode ser justificado pelo fato desses estudos considerarem grupos com um maior intervalo entre as faixas etárias, diferentemente do presente estudo, cujos grupos etários foram estabelecidos em grupos menores, sugerindo que na faixa etária estudada não ocorreram alterações do SNA que pudessem modificar os índices de VFC.

Quanto à relação LF/HF, a qual expressa a relação entre os componentes simpático e parassimpático do SNA, e a relação SD1/SD2, que indica

a relação entre o parassimpático e a VFC global, também não foram encontradas diferenças entre os três grupos analisados. Os valores de LFun e HFun apontam para um equilíbrio entre os sistemas simpático e parassimpático.

Em relação à análise visual do *plot* de Poincaré, observaram-se para todas as faixas etárias avaliadas grandes dispersões dos intervalos RR, indicando que esses grupos apresentam boa VFC. Em indivíduos saudáveis, na condição de repouso, os intervalos batimento a batimento são irregulares, fazendo com que o *plot* se apresente em uma forma parecida com uma elipse<sup>7,28</sup>, o que foi observado no presente estudo.

Algumas limitações do estudo que podem ter influenciado os resultados obtidos devem ser apontadas. Na população estudada, não foi avaliado o nível de atividade física, o que poderia ter acrescentado discussões importantes para o estudo, o que representa uma limitação.

A utilização da VFC para avaliação da modulação autonômica em pesquisas e na clínica tem aumentado nos últimos anos e os resultados deste trabalho, em que não ocorreram modificações da VFC nas diferentes faixas etárias estudadas, permitem estabelecer um perfil de VFC em adolescentes, o que pode ser importante para pesquisadores e clínicos realizarem comparações futuras entre sujeitos saudáveis e portadores de doenças, ou em diversos âmbitos.

## REFERÊNCIAS

1. Neves VFC, Perpétuo NM, Sakabe DI, Catai AM, Gallo Jr L, Silva de Sá MF, *et al.* Análise dos índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca em homens de meia idade e mulheres na pós-menopausa. *Rev Bras Fisioter.* 2006; 10(4):401-6.
2. Paschoal MA, Volanti VM, Pires CS, Fernandes FC. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. *Rev Bras Fisioter.* 2006; 10(4):413-9.
3. Grupi CJ. Variabilidade da Frequência Cardíaca. 1998 [Citado 2008 Abr 14]; Disponível em: <http://www.cardios.com.br/Jornais/jornal-02/tese.htm/>
4. Ribeiro TF, Azevedo GD, Crescencio JC, Maraes VR, Papa V, Catai AM, *et al.* Heart rate variability under resting conditions in postmenopausal and young women. *Braz J Med Biol Res.* 2001; 34(7):871-7.
5. Lopes FL, Pereira FM, Reboredo MM, Castro TM, Vianna JM, Novo Jr JM, *et al.* Redução da variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos de meia-idade e o efeito do treinamento de força. *Rev Bras Fisioter.* 2007; 11(2):113-9.
6. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996; 93(5):1043-65.
7. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009; 24(2):205-17.
8. Smith AL, Reynolds KJ, Owen H. Correlated Poincaré indices for measuring heart rate variability. *Australas Phys Eng Sci Med.* 2007; 30(4):336-41.
9. Lerma C, Infante O, Pérez-Grovas H, José MV. Poincaré plot indexes of heart rate variability capture dynamic adaptations after haemodialysis in chronic renal failure patients. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2003; 23(2):72-80.
10. Khaled AS, Owis MI, Mohamed ASA. Employing time-domain methods and poincaré plot of heart rate variability signals to detect congestive heart failure. *BIME Journal.* 2006; 6(1):35-41.
11. Tulppo MP, Makikallio TH, Takala TES, Seppanen T, Huikuri HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *American Journal of Physiology (Heart Circ. Physiol.)* 1996; 271(7):H244-H252.
12. Brunetto AF, Silva BM, Roseguini BT, Hirai DM, Guedes DP. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. *Rev Bras Med Esporte.* 2005; 11(1):22-7.

13. Woo MA, Stevenson WG, Moser DK, Trelease RB, Harper RM. Patterns of beat to beat heart rate variability in advanced heart failure. *Am Heart J*. 1992; 123(3):704-10.
14. Vito GD, Galloway SDR, Nimmo MA, Maas P, McMurray JJV. Effects of central sympathetic inhibition on heart rate variability during steady-state exercise in healthy humans. *Clin Physiol & Func Im*. 2002; 22(1):32-8.
15. Voss A, Schroeder R, Truebner S, Goernig M, Figulla HR, Schirdewan A. Comparison of nonlinear methods symbolic dynamics, detrended fluctuation, and Poincaré plot analysis in risk stratification in patients with dilated cardiomyopathy. *Chaos*. 2007; 17(1):015120.
16. Higgins JP. Nonlinear systems in medicine. *Yale J Biol Med*. 2002; 75(5-6):247-60.
17. Huikuri HV, Makikallio TH, Perkiomaki J. Measurement of Heart Rate Variability by Methods Based on Nonlinear Dynamics. *J of Electrocardiol*. 2003; 36(Suppl):95-9.
18. Finley JP, Nugent ST. Heart rate variability in infants, children and young adults. *J Auton Nerv Syst*. 1995; 51(1):103-8.
19. Meersman RE, Stein PK. Vagal modulation and aging. *Biol Psychol*. 2006; 74(2):165-73.
20. Migliaro ER, Contreras P, Bech S, Etxagibel A, Castro M, Ricca R, *et al*. Relative influence of age, resting heart rate and sedentary life style in short-term analysis of heart rate variability. *Braz J Med Biol Res*. 2001; 34(4):493-500.
21. Goto M, Nagashima M, Baba R, Nagano Y, Nishibata K, Tsuji A. Analysis of heart rate variability demonstrates effects of development on vagal modulation of heart rate in healthy children. *J Pediatr*. 1997; 130(1):725-9.
22. Cole TM, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000; 320(6):1-6.
23. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign: Human Kinetics Books; 1988.
24. Gamelin FX, Berthoins S, Bosquet L. Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Med Sci Sports Exerc*. 2006; 38(5):887-93.
25. Kingsley M, Lewis MJ, Marson RE. Comparison of polar S810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. *Int J Sports Med*. 2005; 26(1):39-44.
26. Vanderlei LCM, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy MF. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Biol Res*. 2008; 41(10):854-9.
27. Godoy MF, Takakura IT, Correa PR. Relevância da análise do comportamento dinâmico não linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Arq Ciênc Saúde*. 2005; 12(4):167-71.
28. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Seppänen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol*. 1998; 274(2Pt 2):H424-9.
29. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Rantaho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV – A Software for Advanced Heart Rate Variability Analysis. *ECIFMBE*. 2008; 1022-5.
30. Lima JRP, Kiss MAPDM, Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*. 1999; 4(1):29-38.
31. Vuksanovic V, Gal V. Nonlinear and chaos characteristics of heart period time series: healthy aging and postural change. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. 2005; 121(1-2):94-100.