

## CORRELAÇÃO ENTRE APTIDÃO AERÓBICA E OS PARÂMETROS DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM NADADORES ADOLESCENTES

Rogério Macedo da Conceição<sup>1,2</sup>, Rodrigo Coutinho Santos<sup>3</sup>, Daianne Freires Fernandes<sup>1,4</sup>  
Wollner Materko<sup>1,2,4</sup>

### RESUMO

Na aptidão aeróbica um condicionamento adequado influencia em alta eficiência cardíaca e aumento na variabilidade da frequência cardíaca. A proposta do presente estudo foi correlacionar a aptidão aeróbica ( $VO_2$  máx) e os parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em nadadores adolescentes. Participaram deste estudo 17 voluntários do sexo masculino, adolescentes com faixa etária entre 13-16 anos de idade com uma frequência em torno de 12 meses de treino na piscina olímpica. Todos os voluntários passaram por uma avaliação antropométrica prévia e posteriormente foram instruídos a ficar em repouso na posição supina por 5 min, com respiração espontânea, e assim foi adquirido o sinal dos intervalos RR e, posteriormente, o  $VO_2$  máx, ambos foram estimados por um monitor cardíaco Polar V800. Para análise dos dados foi utilizado a média, desvio padrão e o intervalo de confiança de 95% em torno da média e para observar a relação entre os parâmetros da VFC e o  $VO_2$  máx foi utilizado a correlação de Pearson. Foi adotado em todos os testes empregados  $\alpha = 0,05$ . Todos os procedimentos estatísticos foram processados no software Matlab versão R2019B (Mathworks, EUA). Foram demonstradas baixas a moderadas ( $r = 0,34-0,61$ ) associações lineares, porém, significativa somente no parâmetro da média dos intervalos RR ( $p = 0,008$ ). O aumento na média dos intervalos RR está relacionado com o grau de condicionamento físico, evidenciando um aumento na variabilidade da frequência cardíaca em nadadores adolescentes.

**Palavras-chave:** Variabilidade da frequência cardíaca. Consumo máximo de oxigênio. Natação. Adolescentes.

1 - Laboratório de Fisiologia do Exercício do Curso de Licenciatura em Educação Física da Universidade Federal do Amapá, Macapá, Amapá-AP, Brasil.

2 - Programa de Pós-Graduação em Residência Multiprofissional em Saúde Coletiva da UNIFAP, Brasil.

### ABSTRACT

Correlation between aerobic fitness and the parameters of heart rate variability in adolescent swimmers

In aerobic fitness, proper conditioning influences high heart efficiency and increased heart rate variability. The purpose of the present study was to correlate aerobic fitness ( $VO_2$  max) and parameters of heart rate variability (HRV) in adolescent swimmers. Participated in study 17 male volunteers, adolescents aged 13-16 years old, with a frequency of around 12 months of training in the Olympic swimming pool. All volunteers underwent a previous anthropometric assessment and were later instructed to rest in the supine position for 5 min with spontaneous breathing, thus acquiring the RR interval signal and subsequently  $VO_2$  max, both were estimated by a monitor heart rate V800. For data analysis we used the mean, standard deviation and 95% confidence interval around the mean and to observe the relationship between HRV parameters and  $VO_2$ max was analyzed by Pearson's correlation. It was adopted in all tests  $\alpha = 0.05$ . All statistical procedures were processed using Matlab version R2019B software (Mathworks, USA). Low to moderate ( $r = 0.34-0.61$ ) linear associations, but significant only in the RR interval mean parameter ( $p = 0.008$ ). The increase in average RR intervals is related to the degree of fitness, showing an increase in heart rate variability in adolescent swimmers.

**Key words:** Variability of heart rate. Maximum oxygen consumption. Swimming. Adolescents.

3 - Secretaria do Estado da Educação do Amapá, Governo do Estado do Amapá, Brasil.

4 - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da UNIFAP, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O exercício físico é de extrema importância na adolescência associado com um menor risco para o desenvolvimento de doenças hipocinéticas ou crônico-degenerativas com melhoria da saúde, elevando os níveis de aptidão aeróbia, melhoria na força, resistência muscular, flexibilidade, e principalmente, diminuição na gordura corporal (Carneiro e colaboradores, 2015; Aparecido e colaboradores, 2015).

Dentre os exercícios físicos na adolescência, a natação tem sido recomendada, principalmente por melhorar o estado de humor, qualidade de vida aptidão aeróbia, além de aumento do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx) e atuando no sistema cardiorrespiratório (Agostinete e colaboradores, 2017), além das respostas metabólicas, proporcionando através da sua avaliação uma maneira confiável da capacidade do condicionamento aeróbio e do estado de saúde (Wasserman e colaboradores, 2005; Wasserman e Whipp, 1975) aplicado ao treinamento (Azevedo e colaboradores, 2019).

A demanda metabólica da musculatura ativa causa um aumento de  $VO_2$  máx (volume máximo de captação de  $O_2$  para gerar energia), de frequência cardíaca (FC) e de intensidade de exercício físico; e esse mecanismo ocasiona em uma maior obtenção e aproveitamento de  $O_2$  (Davis e colaboradores, 1979), principalmente se o organismo for predominantemente, aeróbio (Garnacho-Castaño e colaboradores, 2019).

Neste contexto, um adequado condicionamento aeróbio pode influenciar na variabilidade da frequência cardíaca, e partindo dessa perspectiva, ainda que ocorra um aumento da intensidade do exercício físico, não haveria um aumento da captação de  $O_2$ , o qual tem relação direta com a FC máxima (Davis e Convertino, 1975), em vista disso, outros estudos constatam essas respostas de eficiências cardioventilatórias em modalidades de exercício físico intenso em metabolismos predominantemente aeróbios (Albesa-Albiol e colaboradores, 2019).

A FC consiste em números de contrações do coração sendo modulado pelo sistema nervoso autonômico (Valipour e colaboradores, 2005; Tulppo e colaboradores, 1998), ou seja, o aumento da FC é consequência da maior ação da via simpática e da menor atividade parassimpática (Materko

e colaboradores, 2015), ou seja, inibição vagal, enquanto que, a sua redução depende basicamente do predomínio da atividade vagal (Buchheit e colaboradores, 2010).

Portanto, a variabilidade da frequência cardíaca é um método não-invasivo utilizado para avaliar o controle autonômico no coração, e com ampla aplicação em diferentes situações fisiológicas (Billman e colaboradores, 2015).

E no que refere a aptidão aeróbia ela promove a remodelagem cardíaca levando ao aumento do tônus parassimpático em repouso (Buchheit, Gindre, 2006; Pichot e colaboradores, 2005), resultando num efeito hipotensivo (Azevedo e colaboradores, 2019).

A principal hipótese desse estudo é que o bom condicionamento aeróbio dos nadadores esteja relacionado à alta eficiência cardíaca; e a um mecanismo que contribui para um adequado rendimento aeróbio, denominado de fração de ejeção melhorada (Aissa e colaboradores, 2018) e, conseqüentemente, aumento na variabilidade da frequência cardíaca, concomitantemente a uma maior atividade parassimpática ou menor atividade simpática (Materko, 2018a; Materko, 2018b).

Nesta condição, frequências cardíacas mais baixas são necessárias para manter a pressão sanguínea arterial, e isto é obtido por um aumento tônus vagal (Boyett e colaboradores, 2013; Matelot e colaboradores, 2013).

Adicionalmente, nenhum desses estudos investigou o uso dos parâmetros da VFC em repouso em nadadores adolescentes com o objetivo de associar a aptidão aeróbia, sendo este um campo ainda aberto para a investigação científica.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi correlacionar o  $VO_2$  máx estimado, com os parâmetros derivados da VFC de repouso no domínio do tempo em nadadores adolescentes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Amostra

Participaram deste estudo 17 voluntários adolescentes (13-16 anos) do sexo masculino, nadadores atletas com uma frequência em torno de 12 meses, selecionados aleatoriamente no momento da matrícula na piscina olímpica no Centro Aquático Capitão Rodrigues (CACR) na cidade

de Macapá, AP. A presente pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade Federal do Amapá cujo número do parecer é CAEE: 70015417.0.0000.0003 e conforme Resolução de pesquisa que envolve seres humanos nº 466/2012.

Como critérios de exclusão foram considerados os seguintes procedimentos: uso de recurso ergogênico, incluindo compostos cafeinados, uso de esteróides anabolizantes; utilização de medicamentos que atuem no sistema cardiovascular, pulmonar ou autônomo; tabagismo; histórico de doenças pulmonares ou cardiovasculares; lesões osteomioarticulares prévias ou que apresentassem problemas endócrinos ou hormonais. E os critérios de inclusão: que fossem homens, estivessem com a idade entre 13 a 16 anos e praticantes de natação da piscina olímpica do CACR.

### Procedimentos Experimentais

Na visita ao CACR todos os voluntários foram orientados a realizarem uma avaliação antropométrica, sequencialmente, um teste cardiopulmonar e aquisição do sinal

do intervalo RR. Os voluntários foram previamente instruídos a não realizarem exercícios extenuantes nas 48h precedentes ao teste, não consumirem composto cafeinado, não comerem nas 2h antecedente ao teste e se mantivessem bem hidratados ao longo dos testes, e foram avaliados numa temperatura entre 28°C com intuito de não influenciar nas medidas analisadas (Consolazio e colaboradores, 1963).

### Avaliação Antropométrica

Esta avaliação foi realizada pelas medidas de massa corporal com precisão de 0,1 kg e estatura medida em centímetros, realizadas numa balança mecânica com estadiômetro acoplado (Filizola, Brasil); efetuadas as medidas das dobras cutâneas, seguindo as técnicas descritas por Lohman (1992) através de um compasso científico (Sanny, Brasil).

A partir destas medidas, estimou-se o percentual de gordura corporal usando o protocolo de Guedes e Guedes (1997), para Crianças e Adolescentes (7-18 anos) pós-pubere, conforme a equação (1):

$$G\% = 1,21 * (S) - 0,008 * (S)^2 - 5,5 \quad (1)$$

onde  $S$  é o somatório das dobras cutâneas do tríceps e subescapular.

### Aquisição do sinal do intervalo RR e VO<sub>2</sub> máx

Todos os voluntários foram instruídos a ficar quietos em posição supina por 5 min em repouso com respiração espontânea (Materko e colaboradores, 2018d), então foi adquirido o sinal do intervalo RR e do VO<sub>2</sub> máx no monitor cardíaco V800 (Polar®, Finlândia) com o posicionamento do transmissor elétrico na região do processo xifóide do esterno com uma frequência de amostragem de 1000 Hz para aquisição do sinal do intervalo RR e, e quanto ao resultado do VO<sub>2</sub> máx foi verificado através da função teste, e posteriormente ocorreu o teste fitness. Os tacogramas de intervalos RR foram transferidos usando um dispositivo de interface de bluetooth para o Polar FlowSync software (Polar®, Finlândia).

### Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

A análise da VFC foi estimada pelo software Kubios HRV Standard, para obter os parâmetros clássicos no domínio do tempo: média de todos os intervalos RR normais (MRR), desvio padrão de todos os intervalos normais (SDNN), proporção de intervalos RR com diferenças sucessivas de mais de 50 Mv (pNN50) e raiz quadrada da média das somas dos quadrados das diferenças entre intervalos normais adjacentes (RMSSD).

Todos esses parâmetros no domínio do tempo foram computados como recomendado pela Força Tarefa da Sociedade Europeia de Cardiologia e da Sociedade Norte-americana de Eletrofisiologia (Task Force, 1996).

## Análise Estatística

Para determinar a normalidade da distribuição, utilizou-se o teste Kolmogorov-Smirnov, verificando-se que a amostra seguiu uma distribuição gaussiana. A análise estatística foi dividida em descritiva e inferencial.

A primeira buscou a definição do perfil dos grupos, sendo expressa como média e desvio padrão, além do intervalo de confiança de 95% em torno da média (IC95%), enquanto a segunda foi relacionar os parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca e consumo máximo de oxigênio pelo teste de correlação de Pearson.

Foi adotado em todos os testes empregados  $\alpha = 0,05$ . Todos os procedimentos estatísticos foram processados

no software Matlab versão R2019B (Mathworks, EUA).

## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características físicas, antropométricas e os parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) do grupo de voluntários.

A baixa dispersão dos dados devido aos baixos valores de desvio padrão aponta para um grupo bastante homogêneo.

Os valores de correlação entre os parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca e o  $VO_2$  máx estão resumidos na Tabela 2, mostrando correlações positivas de baixas a moderadas e associações lineares, porém, significativa somente o parâmetro MRR (Figura 1).

**Tabela 1** - Características antropométricas, físicas e os parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca dos voluntários

Variáveis	Média $\pm$ DP	95% IC
Idade (anos)	14,5 $\pm$ 1,1	13,9 – 15,0
Estatuta (cm)	165,1 $\pm$ 6,2	158,7 – 171,3
Massa corporal (kg)	60,3 $\pm$ 11,7	57,5 – 63,2
Gordura corporal relativa (%)	14,6 $\pm$ 5,7	13,2 – 16,0
$VO_2$ Max (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	54,2 $\pm$ 4,3	53,1 – 55,2
RMSSD (ms)	137,9 $\pm$ 133,3	74,5 – 201,3
SDNN (ms)	120,8 $\pm$ 110,6	94,0 – 105,6
pNN50 (%)	14,9 $\pm$ 11,9	12,0 – 17,8
MRR (ms)	672,5 $\pm$ 80,2	653,0 – 692,0

**Legenda:** DP é o desvio padrão e 95% IC é o intervalo de confiança de 95% em torno da média.

**Tabela 2** - Correlação entre os parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca e o  $VO_2$  máx.

Variáveis	R	Valor p
MRR	0,62	0,008*
SDNN	0,34	0,178
RMSD	0,38	0,131
PNN50	0,35	0,159

\*Diferença estatisticamente significativa.

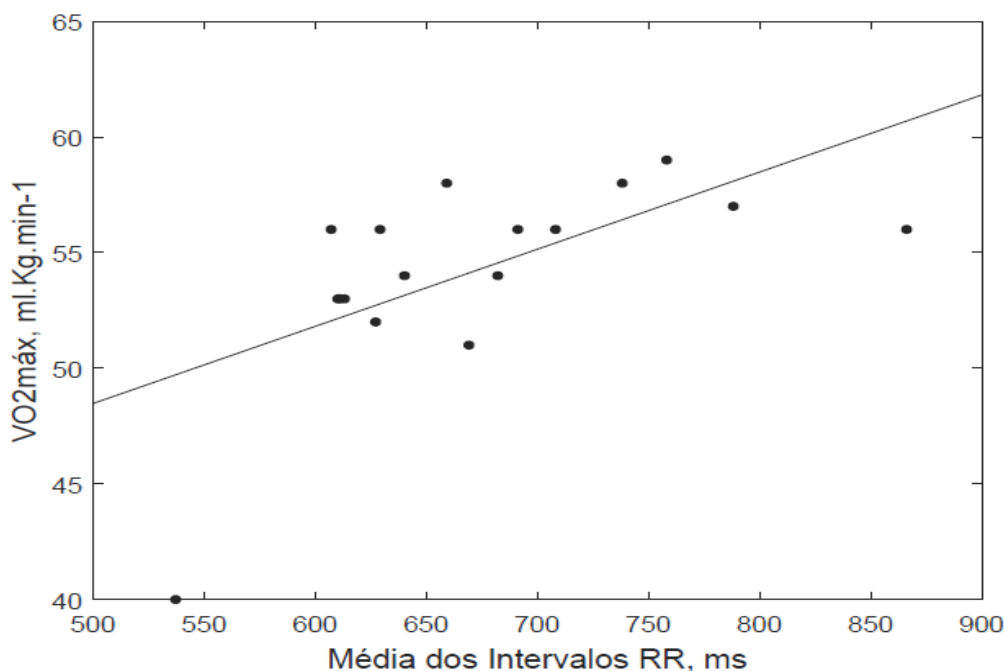


Figura 1 - Gráfico de dispersão entre a média dos intervalos RR e o VO<sub>2</sub> máx.

## DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo correlacionar o VO<sub>2</sub> máx estimado, com os parâmetros derivados da VFC de repouso no domínio do tempo em nadadores adolescentes do sexo masculino baseado no monitor cardíaco da Polar V800 (Polar®, Finlândia).

O monitor V800 possui praticidade e confiabilidade para intervalos RR (Tsitoglou e colaboradores, 2018; Caminal e colaboradores, 2018; Giles e colaboradores, 2016) e na estimativa do VO<sub>2</sub> máx (Colosio e colaboradores, 2018), em vista disso, foi elegido para utilização nesse presente estudo.

No qual, evidenciou que somente o parâmetro MRR foi o que melhor ajustou aos dados do VO<sub>2</sub> máx dos voluntários, o que indica maiores intervalos RR está relacionada com o grau de condicionamento físico, evidenciando uma diminuição na variabilidade da frequência cardíaca nos nadadores.

Estudos recentes (Materko, 2018a; Materko, 2018b) têm associado a VFC e a capacidade aeróbia dos voluntários, mostrando que voluntários jovens de alta aptidão aeróbia possuem uma alta variabilidade da frequência cardíaca e índices de frequência cardiorespiratória significativamente mais baixos (Aslani e colaboradores, 2011; Buchheit e Gindre, 2006;

Yataco e colaboradores, 1997; Meersman, 1993).

Dessa forma, aumento da capacidade aeróbia dos atletas tendem a apresentar valores mais elevados de energia para a banda de alta frequência (Materko, 2018a; Materko, 2018b) e aumento nos parâmetros em domínio do tempo da VFC relacionados com a atividade parassimpática, tais como, o pNN50 (Meersman, 1993; Yataco e colaboradores, 1997), o índice SDNN (Pumprla e colaboradores, 2002) e o RMSSD (Aubert e colaboradores, 2003) sendo diretamente relacionado à aptidão aeróbia (Tonello e colaboradores, 2016; D'Silva e colaboradores, 2015; Kaikkonen e colaboradores, 2014).

Entretanto, nenhum desses parâmetros obtiveram uma boa correlação linear e significativa com o VO<sub>2</sub> máx relatando resultados contraditórios, indicando que a aptidão física não está associada ao controle autonômico vascular (Grant e colaboradores, 2013; Bosquet e colaboradores, 2007) e que a avaliação da VFC isolada pode revelar uma interpretação controversa do status do sistema nervoso autônomo ou da tolerância ao treinamento em atletas de elite da natação (Solana-Tramunt e colaboradores, 2018) e em adolescentes nadadores (Casuso e colaboradores, 2014), principalmente, pela influência do meio líquido, alicerçando em

razão disso, como uma das justificativas dos resultados encontrados.

Os resultados do presente estudo indicam que os sujeitos com menores valores de frequência cardíaca de repouso ou maiores MRR estão associados com alta aptidão aeróbia relacionando ao fenômeno da bradicardia em atletas (Bessem e colaboradores, 2018; Schnell e colaboradores, 2018).

Vários pesquisadores têm investigado os mecanismos responsáveis da bradicardia de repouso em voluntários com boa aptidão aeróbia (Plews e colaboradores, 2013; Buchheit e colaboradores, 2010).

Mudanças nos mecanismos intrínsecos que atuam sobre o nodo sinusal e alterações no controle do sistema nervoso autonômico do coração foram relatadas para contribuir para este fenômeno (Kitmitto e colaboradores, 2017; Carter e colaboradores, 2003).

Estas conclusões levam à hipótese de que o bom condicionamento aeróbio está relacionado à alta eficiência cardíaca, auxiliando na fração de ejeção melhorada (Matelot e colaboradores, 2013; Sacha, 2014).

Nesse sentido, recentemente (Materko e colaboradores, 2018b) foi introduzido um índice através da taxa de desaceleração cardíaca (CDR) baseado num vetor das diferenças entre elementos sucessivos da série do MRR, e em seguida, a CDR foi definida como a média dos valores positivos, conseqüentemente, desenvolveram um modelo por regressão logística, separando os sujeitos com alta e baixa capacidade aeróbia.

Posteriormente, Materko e colaboradores (2018c) construíram e validaram um modelo por regressão linear para o  $VO_2$  máx em jovens adultos saudáveis do sexo masculino baseado no intervalo RR médio em repouso, pNN50 e na CDR mensurados em repouso.

Entretanto, nesse presente estudo não foi investigado a CDR, parâmetro da VFC, o que sugere introduzir o CDR na investigação da associação com a aptidão física.

Vale ressaltar, que o resultado do presente estudo se limitou a analisar a correlação entre o  $VO_{2máx}$  e os parâmetros derivados da VFC de repouso no domínio do tempo de nadadores adolescentes do sexo masculino.

Sendo assim, recomendam-se outras pesquisas a correlacionar a aptidão aeróbia e os parâmetros derivados da VFC de repouso,

principalmente, em indivíduos de diferentes faixas etárias, de ambos os sexos, utilizando a ergoespiometria para avaliação do  $VO_2$  máx e levando em consideração para a análise os parâmetros da VFC do domínio da frequência com o controle da frequência respiratória (Materko e colaboradores, 2018d).

## CONCLUSÃO

Dessa forma, a correlação entre aptidão aeróbia e os parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca em nadadores adolescentes resultou no aumento na média dos intervalos RR está relacionado ao grau de condicionamento físico, evidenciando um aumento na variabilidade da frequência cardíaca em nadadores adolescentes.

## REFERÊNCIAS

- 1-Agostinete, R.R.; Maillane-Vanegas, S.; Lynch, K.R.; Turi-lynch, B.; Coelho-e-Silva, M.J.; Campos, E.Z.; Cayres, Su.; Fernandes, R.A. The impact of training load on bone mineral density of adolescent swimmers: a structural equation modeling approach. *Pediatric Exercise Science*. Vol. 29. Num. 4. 2017. p. 520-528.
- 2-Aissa, J.C.; Andrade, P.S.E.; Baldissera, V.; Souza, L.A.D. Relação entre frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço em indivíduos entre 10 e 15 anos na natação. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. Vol. 12. Num. 76. 2018. p. 597-604.
- 3-Albessa-Albiol, L.; Serra-Payá, N.; Garnacho-Castaño, M.A.; Cano, L.G.; Cobo, E.P.; Maté-Muñoz, J.L.; Garnacho-Castaño, M.V. Ventilatory efficiency during constant-load test at lactate threshold intensity: Endurance versus resistance exercises. *PloS one*. Vol. 14. Num. 5. 2019. p. e0216824.
- 4-Aslani, A.; Kheirkhah, J.; Aslani, A.; Sobhani, V. Cardio-pulmonary fitness test by ultra-short heart rate variability. *Journal of Cardiovascular Disease Research*. Vol. 2. Vol. 4. 2011. p. 233-236.
- 5-Aparecido, J.M.; Marquezi, M., Sayuri, D.O.; Uzunian, M.A.; Tozato, C.; Kochi, C. Evaluation of physical fitness in obese children and adolescents. *Science in Health*. Vol. 6. Num. 2. 2015. p. 80-8.

- 6-Aubert, A.E.; Seps, B.; Beckers, F. Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*. Vol. 33. Num. 12. 2003. p. 889-919.
- 7-Azevedo, J.A.S.; Pureza, D.Y.; Materko, W. Efeito crônico da corrida na resposta hemodinâmica em mulheres normotensas. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. Vol. 13. Num. 81. 2019. p. 36-42.
- 8-Azevedo, O.J.B.; Roesler, H.; Pereira, S.M.; Ruschel, C.; Pulz, N.E. Nado amarrado: uma revisão histórica e sua aplicabilidade. *Caderno de Educação Física e Esporte*. Vol. 17. Num.1. 2019. p. 331-342.
- 9-Bessem, B.; De Bruijn, M.C.; Nieuwland, W.; Zwerver, J.; Van Den Berg, M.L. The electrocardiographic manifestations of athlete's heart and their association with exercise exposure. *European Journal of Sport Science*. Vol. 18. Num. 4. 2018. p. 587-593.
- 10-Billman, G.E.; Huikuri, H.; Sacha, J.; Trimmel, K. An introduction to heart variability: Methodological considerations and clinical applications. *Frontiers in Physiology*. Vol. 6. Num. 55. 2015. p. 55.
- 11-Bosquet, L.; Gamelin, F.X.; Berthoin, S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 100. Num. 3. 2007. p. 363-9.
- 12-Boyett, M.R.; D'souza, A.; Zhang, H.; Morris, G.M.; Dobrzynski, H.; Monfredi, O. Is the resting bradycardia in athletes the result of remodeling of the sinoatrial node rather than high vagal tone? *Journal of Applied Physiology*. Vol. 114. Num. 9. 2013. p. 1351-1355.
- 13-Buchheit, M.; Chivot, A.; Parouty, J.; Mercier, D.; Al Haddad, H.; Laursen, P.B.; Ahmaidi, S. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 108. 2010. p. 1153-1167.
- 14-Buchheit, M.; Gindre, C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology*. Vol. 291. Num. 1. 2006. p. H451-458.
- 15-Caminal, P.; Sola, F.; Gomis, P.; Guasch, E.; Perera, A.; Soriano, N.; Mont, L. Validity of the Polar V800 monitor for measuring heart rate variability in mountain running route conditions. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 118. Num. 3. 2018. p. 669-677.
- 16-Carneiro, A.B.; Aranha, A.C.; Soares, P.M.; Andrade, R.A.; Lamboglia, C.M.; Moura, F.C. Efeitos do exercício físico na aptidão física e saúde de adolescentes. *Motricidade*. Vol. 11. Num. 4. 2015. p. 195.
- 17-Carter, J.B.; Banister, E.W.; Blaber, A.P. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Medicine*. Vol. 33. Vol. 1. 2003. p. 33-46.
- 18-Casuso, R.A.; Martínez-López, E.; Hita-Contreras, F.; Ruiz-Cazalilla, I.; Cruz-Díaz, D.; Martínez-Amat, A. Effects of in-water passive recovery on sprint swimming performance and heart rate in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine*. Vol. 13. Num. 4. 2014. p. 958.
- 19-Consolazio, C.F. Physiological measurements of metabolic functions in man. *The Computation of Metabolic Balances*. 1963. p. 313-317.
- 20-Colosio, A.L.; Pedrinolla, A.; Da Lozzo, G.; Pogliaghi, S. Heart Rate-Index Estimates Oxygen Uptake, Energy Expenditure and Aerobic Fitness in Rugby Players. *Journal of Sports Science & Medicine*. Vol. 17. Num. 4. 2018. p. 633.
- 21-D'silva, L.A.; Cardew, A.; Gasem, L.; Wilson, R.P.; Lewis, M.J. Relationships between oxygen uptake, dynamic body acceleration and heart rate in humans. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Vol. 55. Num. 10. 2015. p. 1049-57.
- 22-Davis, J.A.; Frank, M.H.; Whipp, B.J.; Wasserman, K. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 46. Num. 6. 1979. p. 1039-1046
- 23-Davis, J.A.; Convertino, V.A. A comparison of heart rate methods for predicting endurance training intensity. *Medicine and Science in Sports*. Vol. 7. Num. 4. 1975. p. 295-298.

- 24-Garnacho-Castaño, M.V.; Albesa-Albiol, L.; Serra-Payá, N.; Bataller, M.G.; Felíu-Ruano, R.; Cano, L.G.; Cobo, E.P.; Maté-Muñoz, J.L. The slow component of oxygen uptake and efficiency in resistance exercises: A comparison with endurance exercises. *Frontiers in physiology*. Vol. 10. 2019. p. 357.
- 25-Giles, D.; Draper, N.; Neil, W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 116. Num. 3. 2016. p. 563-571.
- 26-Grant, C.C.; Murray, C.; Janse Van Rensburg, D.C.; Fletcher, L. A comparison between heart rate and heart rate variability as indicators of cardiac health and fitness. *Frontiers in Physiology*. Vol. 4. Num. 337. 2013. p. 1-5.
- 27-Guedes, D.P.; Guedes, J.E.R.P. Crescimento, composição corporal e desempenho motor de crianças e adolescentes. São Paulo. CLR Balieiro. 1997.
- 28-Kaikkonen, K.M.; Korpelainen, R.L.; Tulppo, M.P.; Kaikkonen, H.S.; Vanhala, M.L.; Kallio, M.A.; Keinänen-Kiukaanniemi, S.M.; Korpelainen, J.T. Physical activity and aerobic fitness are positively associated with heart rate variability in obese adults. *Journal of Physical Activity and Health*. Vol. 11. Num. 8. 2014. p. 1614-1621.
- 29-Lohman, T.G. Advances in body composition assessment. *Human Kinetics*. 1992. p. 1-23.
- 30-Matelot, D.; Schnell, F.; Kervio, G.; Du Boullay, N.T.; Carré, F. Athlete's bradycardia may be a multifactorial mechanism. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 114. Num. 12. 2013. p. 1755-1756.
- 31-Materko, W. Stratification Fitness Aerobic Based on Heart Rate Variability during Rest by Principal Component Analysis and K-means Clustering. *Journal of Exercise Physiology Online*. Vol. 21. Num. 1. 2018a. p. 91-101.
- 32-Materko, W. Stratification of the level of aerobic fitness based on heart rate variability parameters in adult males at rest. *Motricidade*. Vol. 14. Num. 1. 2018b. p. 51-57.
- 33-Materko, W.; Bartels, R.; Peçanha, T.; Lima, J.R.P.; Carvalho, A.R.S.C.; Nadal, J. maximum oxygen uptake prediction model based on heart rate variability parameters for Young Healthy Adult Males at Rest. *Open Access Biostat Bioinform*. Vol. 2. Num. 3. 2018c. OABB.000536.
- 34-Materko, W.; Bartels, R.; Motta-Ribeiro, G.C.; Lopes, A.J.; Nadal, J.; Carvalho, A.R.S.C. influence of the respiratory signal in heart rate variability analysis in the respiratory pattern in healthy elderly and with COPD. *Journal of Engineering Technologies and Management Research*. Vol. 5. Num. 10. 2018d. p. 1-8.
- 35-Materko, W.; Nadal, J.; Sá, A.M.F.L.M. Investigating cardiocomotor synchronization during running in trained and untrained males. *Research on Biomedical Engineering*. Vol. 31. Num. 2. 2015. p. 176-186.
- 36-Meersman, R.E. Heart rate variability and aerobic fitness. *American Heart Journal*. Vol. 125. Num. 3. 1993. p. 726-731.
- 37-Pichot, V.; Roche, F.; Denis, C. Interval training in elderly men increases both heart rate variability and baroreflex activity. *Clinical Autonomic Research*. Vol. 15. Num. 2. 2005. p. 107-115.
- 38-Pumpřla, J.; Howorka, K.; Groves, D. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *International Journal of Cardiology*. Vol. 84. Num. 1. 2002. p. 1-14.
- 39-Sacha, J. Interaction between heart rate and heart rate variability. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. Vol. 19. Num. 3. 2014. p. 207-16.
- 40-Schnell, F.; Behar, N.; Carré, F. Long-QT Syndrome and Competitive Sports. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*. Vol. 7. Num. 3. 2018. p. 187.
- 41-Solana-Tramunt, M.; Morales, J.; Buscà, B.; Carbonell, M.; Rodríguez-Zamora, L. Heart Rate Variability in Elite Synchronized Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 14. Num. 4. 2018. p. 464-71.
- 42-Tonello, L.; Reichert, F.F.; Oliveira-Silva, I., Del Rosso, S.; Leicht, A.S.; Boulosa, D.A.



Correlates of heart rate measures with incidental physical activity and cardiorespiratory fitness in overweight female workers. *Frontiers in Physiology*. Vol. 6. Num. 405. 2016. p. 1-11.

43-Tsitoglou, K.I.; Koutedakis, Y.; Dinas, P.C. Validation of the Polar RS800CX for assessing heart rate variability during rest, moderate cycling and post-exercise recovery. *F1000Research*. Vol. 7. 2018. p. 1501.

44-Tulppo, M.P.; Mäkikallio, T.H.; Seppänen, T.; Laukkanen, R.T.; Huikuri, H.V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*. Vol. 274. Num. 2. 1998. p. 424-429.

45-Valipour, A.; Schneider, F.; Kossler, W.; Saliba, S.; Burghuber, O.C. Heart rate variability and spontaneous baroreflex sequences in supine healthy volunteers subjected to nasal positive airway pressure. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 99. Num. 6. 2005. p. 2137-2143.

46-Wasserman, K.; Whipp, B.J. Exercise physiology in health and disease. *The American Review of Respiratory Disease*. Vol. 112. Num. 2. 1975. p. 219-249.

47-Wasserman, K.; Hansen, J.E.; Sue, D.Y.; Stringer, W.W.; Whipp, B.J. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 37. Num. 7. 2005. p. 1249.

48-Yataco, A.R.; Fleisher, I.A.; Katzel, L.I. Heart rate variability and cardiovascular fitness in senior athletes. *American Journal of Cardiology*. Vol. 80. Num. 10. 1997. p. 1389-1391.

## AGRADECIMENTOS

Ao apoio da Fundação de Amparo de Pesquisa do Amapá (FAPEAP) que financiou a pesquisa que deu origem ao artigo científico através da Chamada Pública 003/2018, Programa Pesquisa para o SUS: Gestão Compartilhada em Saúde - PPSUS e ao Ministério da Educação (MEC).

## CONFLITO DE INTERESSES

Não há conflito de interesses.

Autor Correspondente:

Wollner Materko.

Laboratório de Fisiologia do Exercício do Curso de Licenciatura em Educação Física da Universidade Federal do Amapá.

Rod. Juscelino Kubitschek de Oliveira - Km 02. Jardim Marco Zero, Campus Marco Zero, Macapá-AP, Brasil.

CEP: 68903-419.

Recebido para publicação 30/12/2019

Aceito em 29/04/2020