

LUCAS CHIERICATTI HOMEM ROCHA

**CORRELAÇÕES ENTRE O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E PARÂMETROS  
DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2015

LUCAS CHIERICATTI HOMEM ROCHA

**CORRELAÇÕES ENTRE O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E PARÂMETROS  
DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA**

Monografia apresentado ao Curso de Graduação em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Washington Pires

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2015

## RESUMO

**Introdução:** A análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido utilizada para prever o estado de fadiga crônica em atletas, incluindo corredores de longa distância. Entretanto, não é descrito na literatura se existem correlações significativas entre os parâmetros da VFC e a capacidade aeróbia de corredores.

**Objetivo:** Correlacionar os parâmetros da VFC analisados no domínio do tempo e no domínio da frequência com o consumo máximo de oxigênio, principal parâmetro para inferir a capacidade aeróbia, de corredores de longa distância.

**Método:** 10 corredores (consumo máximo de oxigênio [ $VO_{2max}$ ] =  $58,7 \pm 7,3$  mL $O_2$ ·kg $^{-1}$ ·min $^{-1}$  [50,2 a 72,3 mL $O_2$ ·kg $^{-1}$ ·min $^{-1}$ ]) foram submetidos a um teste de esforço progressivo em esteira rolante até a fadiga. Durante o teste, a frequência cardíaca foi medida continuamente (a cada segundo) por meio de um cardiofrequencímetro (Polar® RS800). Na sequência, foram analisados os parâmetros da VFC no domínio do tempo e no domínio da frequência, tanto no período de repouso pré-exercício e durante o esforço. Estes parâmetros foram então correlacionados com o  $VO_{2max}$  dos corredores. Os dados foram expressos como média e erro padrão da média e o teste de correlação de Pearson foi utilizado para correlacionar os parâmetros da VFC e o  $VO_{2max}$ .

**Resultados:** Não foram encontradas correlações significativas entre os parâmetros da VFC analisados no domínio do tempo e o  $VO_{2max}$ . Entretanto, os componentes da VFC analisados no domínio da frequência (componente de baixa e de alta frequência), apresentaram correlações significativas e negativas com o  $VO_{2max}$ . Quanto maiores os valores dos componentes de baixa e de alta frequência medidos no período de repouso pré-exercício, menores foram os valores de consumo de  $VO_{2max}$  dos corredores (HF:  $r = -0,74$  e  $p = 0,0145$ ; LF:  $r = -0,659$  e  $p = 0,0384$ ). Além disso, nós encontramos correlação significativa e negativa entre o componente de muito baixa frequência (VLF:  $r = -0,76$  e  $p = 0,0107$ ), medido nas fases inicial e intermediária do teste progressivo, com o  $VO_{2max}$ .

**Conclusão:** Existem correlações significativas entre parâmetros da variabilidade da frequência analisados no domínio da frequência com o consumo máximo de oxigênio de corredores de longa distância.

**Palavras-chave:** Desempenho aeróbico. Fadiga. Regulação autonômica. Corredores.

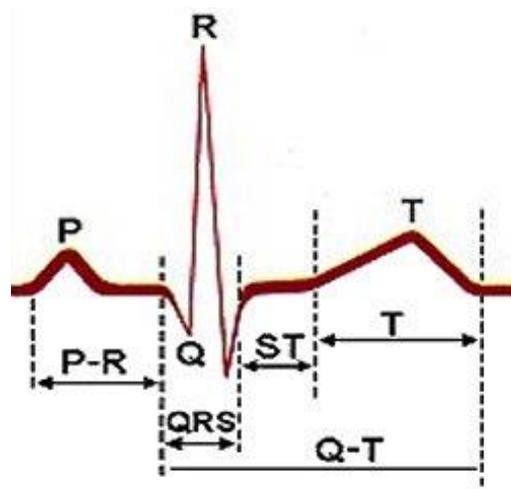
## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
1.1 Objetivo geral .....	5
1.2 Objetivos específicos.....	5
<b>2. METODOLOGIA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Cuidados éticos.....	6
2.2 Amostra.....	6
2.3 Critérios para inclusão na amostra.....	6
2.4 Anamnese .....	6
2.5 Orientações aos sujeitos .....	7
2.6 <i>Protocolos de exercício para determinação do consumo máximo de oxigênio..</i>	<i>7</i>
2.7 <i>Instrumentos de medida da frequência cardíaca .....</i>	<i>8</i>
2.8 Análises da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo e no domínio da frequência .....	8
2.9 Análises Estatística .....	10
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>11</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>24</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Durante o exercício físico o sistema cardiovascular é ajustado para manter um fluxo sanguíneo adequado nos músculos em contração e para dissipar o calor produzido por esses músculos (ROWELL; O'LEARY, 1990). Estes ajustes são mediados principalmente por meio da modulação da atividade do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), o qual é constituído por uma divisão simpática e uma divisão parassimpática. A frequência cardíaca, é regulada por ambas divisões do SNA, o que é denominado como regulação cardíaca extrínseca. O sistema nervoso simpático (SNS) gera efeitos cronotrópicos positivos, que são traduzidos como aumentos da frequência cardíaca (FC), enquanto o sistema nervoso parassimpático (SNP) gera efeitos cronotrópicos negativos, os quais são traduzidos como diminuições da FC (McARDLE; KATCH e KATCH, 2011). Os efeitos da estimulação autonômica podem ser visualizados em detalhes por meio eletrocardiograma (ECG), que é o registro gráfico das correntes elétricas do coração que se propagam até a superfície do corpo. A configuração de um ECG normal é mostrada na figura abaixo:

**Figura 1.** A onda P: Representa a despolarização dos átrios. Intervalo P-Q: É o tempo entre o início da despolarização dos átrios ao início da despolarização dos ventrículos. Complexo QRS: Consiste em 3 ondas: Q, R e S. Elas representam a despolarização dos ventrículos. Onda T: Representa a repolarização dos ventrículos. Intervalo QT: Representa o tempo decorrido entre o início da despolarização ventricular e o fim da repolarização ventricular.



Fonte: <http://www.geocities.ws/doc-cl/ekgs/pqrst.html>

A frequência cardíaca é determinada pelo número de complexos QRS, ou ondas R por minuto, pois elas representam a atividade elétrica mais proeminente do ciclo cardíaco. A duração do ciclo cardíaco é o intervalo R-R (tempo entre uma onda R e a seguinte).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) descreve as oscilações dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R), que estão relacionadas às influências do SNA sobre o nódulo sinusal. O estudo da variabilidade da VFC permite uma análise não invasiva do controle neural da FC durante o exercício (ALONSO *et al.*, 1998). Uma VFC elevada indica que o organismo se adapta continuamente aos estímulos externos, caracterizando esse organismo como saudável, com mecanismos autonômicos eficientes. Já baixos valores de VFC, podem indicar adaptação anormal e insuficiente do SNA, o que está associado as disfunções cardiovasculares (BIGGER JR, 1992).

A análise da VFC tem sido utilizada no contexto esportivo para avaliar o estado de recuperação dos atletas após as sessões de treinamento. Assim, tem sido mostrado

que a fadiga crônica pode ser detectada a partir de parâmetros da VFC, de maneira que os atletas em situação de *overtraining* apresentam menor VFC (SCHMITT *et al.*, 2013). No contexto do treinamento esportivo, é de grande interesse desenvolver e padronizar métodos para o controle da carga de treinamento. Nesse sentido, a análise da VFC pode ser de grande valia uma vez que a obtenção dos dados é simples, podendo ser aplicada em situações reais de treinamento e competições. O primeiro passo para a utilização desta ferramenta no controle da carga de treinamento, é compreender as relações entre a VFC e o desempenho agudo de atletas. Como a capacidade aeróbia é um fator limitante em um número expressivo de modalidades esportivas (McARDLE, KATCH e KATCH, 2011), o objetivo geral do presente estudo é correlacionar os parâmetros da VFC com o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) de corredores.

### 1.1 Objetivo geral

Verificar se existem correlações significativas entre parâmetros da VFC e capacidade aeróbia de corredores de longa distância.

### 1.2 Objetivos específicos

- Correlacionar os parâmetros da VFC no domínio do tempo com o consumo máximo de oxigênio de corredores de longa distância.
- Correlacionar os parâmetros da VFC no domínio da frequência com o consumo máximo de oxigênio de corredores de longa distância.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Cuidados éticos

O presente estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Resolução 466/2012) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG.

Todos os sujeitos selecionados, receberam orientações sobre os procedimentos aos quais foram submetidos, bem como, sobre os riscos e benefícios relacionados aos mesmos, e então assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A).

No presente estudo, todos os dados relacionados ao experimento foram utilizados apenas para fins de pesquisa e a identidade dos sujeitos foi mantida em sigilo. Estes cuidados foram tomados com o intuito de preservar a privacidade, a saúde e o bem-estar dos sujeitos, acima de qualquer outro interesse.

### 2.2 Amostra

A amostra do presente estudo foi constituída por 10 sujeitos, participantes de corridas da região metropolitana de Belo Horizonte (consumo máximo de oxigênio  $[VO_{2max}] = 58,7 \pm 7,3 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  [50,2 a 72,3  $\text{mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ]).

### 2.3 Critérios para inclusão na amostra

Ser do sexo masculino, com idade entre 18 e 35 anos, consumo máximo de oxigênio acima de 50  $\text{mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , ter participado no mínimo de uma prova de Meia Maratona (21,1 Km), caracterizando-os como corredores de longa distância, e ser considerado apto para a prática de exercícios físicos segundo o questionário de prontidão para atividade física PAR-Q (Anexo A) (THOMAS *et al.*, 1992).

### 2.4 Anamnese

Com objetivo de avaliar a aptidão dos sujeitos para a participação no estudo, todos responderam ao questionário de prontidão para atividade física PAR-Q e foram considerados aptos para a realização de exercícios físicos.

## 2.5 Orientações aos sujeitos

Os sujeitos foram orientados a seguir algumas instruções nos dias que antecederam ao teste para determinação do  $VO_{2max}$ . Foram elas: 1) evitar o uso de qualquer tipo de medicamento ou suplemento durante a participação na pesquisa e, caso isso ocorresse, que avisasse aos responsáveis pelo estudo; 2) Ter uma boa noite de sono no dia anterior ao experimento; 3) Abster-se de álcool, cafeína e exercícios vigorosos nas 48 horas que antecederam o teste progressivo; 4) Ingerir 500 ml de água duas horas antes do protocolo de exercício para determinação do  $VO_{2max}$  para garantir o estado de euhidratados (ACSM, 1996); 5) Informar aos pesquisadores responsáveis sobre imprevistos como doenças, lesões e demais problemas.

Caso o sujeito não conseguisse cumprir as orientações dos pesquisadores, o teste seria alterado para outro dia.

## 2.6 Protocolo de exercício para determinação do consumo máximo de oxigênio

Para a medida do consumo máximo de oxigênio foi realizado um exercício progressivo até a interrupção voluntária do esforço (EPIVE) em esteira (Quinton Med-Track ST65) (BRUCE *et al.* 1973), em um ambiente temperado (23°C, 50% URA).

Tabela 1. Exercício progressivo até a interrupção do esforço

Estágio	Velocidade (km/h)	Inclinação (%)	Duração (min.)
1	2,7	10	3 min.
2	4,0	12	3 min.
3	5,4	14	3 min.
4	6,7	16	3 min.
5	8,0	18	3 min.
6	9,0	20	3 min.

Fonte: (BRUCE *et al.*, 1973)

Antes do EPIVE, os voluntários foram questionados se cumpriram todas as instruções pré-teste. Durante o EPIVE, o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e a produção

de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) foram medidos continuamente por meio de espirometria direta de circuito aberto (BIOPAC System<sup>®</sup>, GasSys2, EUA), e analisados a cada minuto. Antes de cada teste, o espirômetro foi devidamente calibrado de acordo com as informações do fabricante. A frequência cardíaca (FC) foi registrada (RS 800, Polar<sup>®</sup>) ao final de cada estágio e na interrupção do esforço. A percepção subjetiva do esforço (PSE; BORG, 1982) foi registrada ao final de cada estágio. O  $VO_{2max}$  e a frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ) corresponderam aos maiores valores registrados durante o EPIVE (ACSM, 2000).

O EPIVE foi considerado válido quando, pelo menos dois dos seguintes critérios (ACSM, 2000) foram observados:

1. FC atingida equivalente a 90% frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ) prevista pela equação ( $FC_{max} = 220 \cdot idade$ );
2. Quociente respiratório (R) > 1,06;
3. PSE igual a 20 (BORG, 1982).

Além disso, o exercício progressivo poderia ser interrompido caso o voluntário solicitasse o término do exercício e/ou caso os pesquisadores notassem a presença de sintomas como tontura, confusão, falta de coordenação dos movimentos, palidez, cianose, náusea, pele fria e úmida.

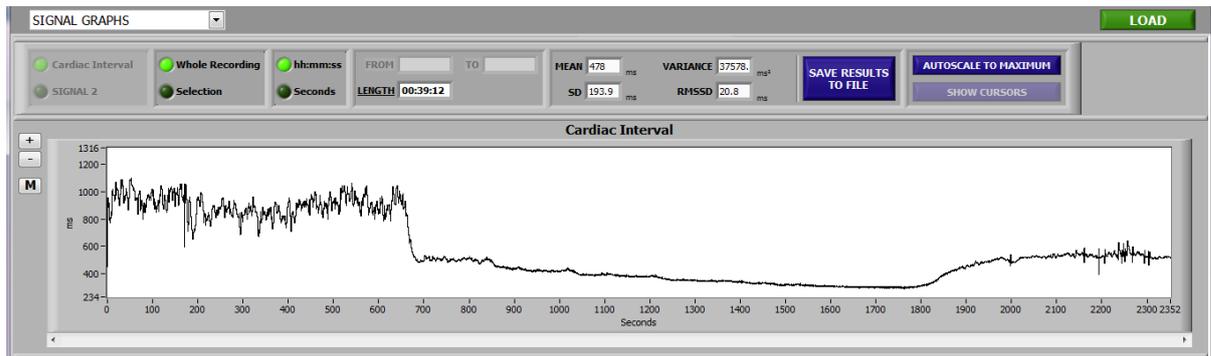
### *2.7 Instrumentos de medida da frequência cardíaca*

Foi utilizado o sistema Polar<sup>®</sup> S800 que consiste de um monitor cardíaco e um software (*Polar Pro Trainer 5*; PPT 5) usado para o registro dos valores da VFC.

### *2.8 Análises da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo e no domínio da frequência*

Os arquivos .txt com os valores dos intervalos cardíacos foram lidos no software CARDIOSERIES versão 2.4. Este software gera os parâmetros de variabilidade no domínio do tempo: média, desvio padrão, variância e a raiz quadrada das diferenças sucessivas (RMSSD) (FIGURA 2).

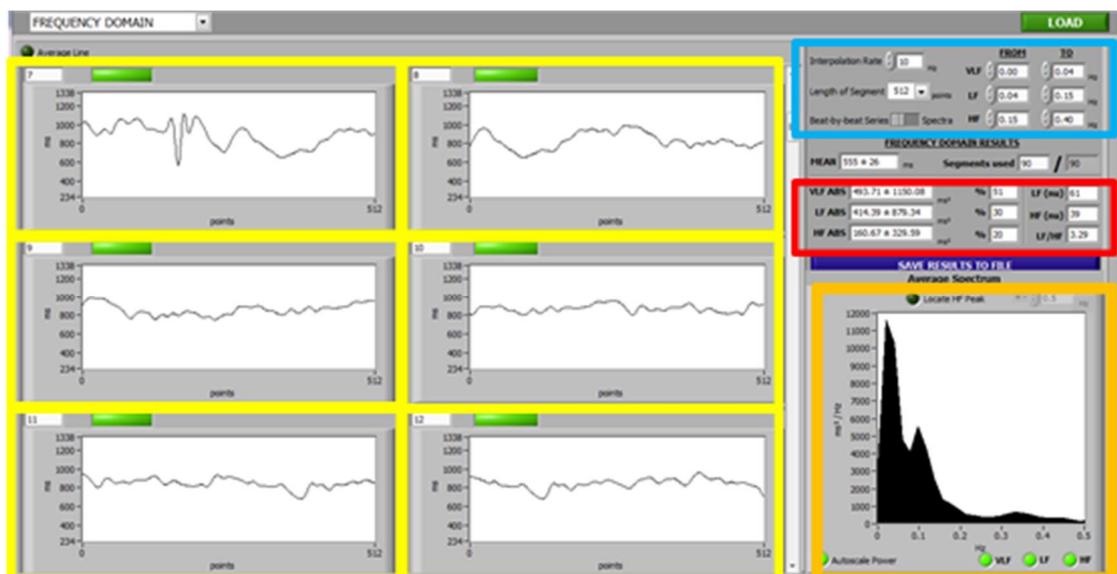
**FIGURA 2-** Programa CARDIOSERIES versão 2.4.



A tela inicial do programa mostra os parâmetros da variabilidade no domínio do tempo. O painel superior mostra os valores do intervalo de pulso: média (MEAN; ms), desvio padrão (SD; ms), variância (VARIANCE; ms<sup>2</sup>) e raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes (RMSSD; ms) em função do tempo (segundos) de um voluntário do presente estudo. Os valores do intervalo de pulso do segundo 0 até aproximadamente o segundo 670, são referentes ao voluntário no período pré-exercício, os valores do intervalo de pulso do segundo 670 até aproximadamente 1800 são referentes ao teste de esforço progressivo e os valores do segundo 1800 até 2352 são referentes aos valores pós-esforço.

Na segunda página do software CARDIOSERIES são gerados os valores dos parâmetros de variabilidade cardiovascular no domínio da frequência (FIGURA 3).

**FIGURA 3-** Programa CARDIOSERIES versão 2.4.



Nos painéis numerados de 7 a 12 (à esquerda), estão representados os parâmetros da variabilidade no domínio da frequência em segmentos de 512 pontos (Em amarelo; o trecho analisado é dividido em subtrechos de 512 pontos). Na parte superior e à direita, estão representados a taxa de interpolação e o tamanho do segmento (Em azul). Logo abaixo estão representadas as larguras das bandas de muito baixa, baixa e alta frequência e a componente LF/HF (Em vermelho). Na parte inferior e à direita, está representado um gráfico da densidade espectral calculada como a média da densidade dos seis segmentos analisados (Em laranja). O gráfico mostra um pico na banda de muito baixa frequência e um pico na banda de baixa frequência. Os dados são referentes à análise da variabilidade da frequência cardíaca de um voluntário do estudo.

Foram realizadas análises no domínio do tempo e da frequência em condições de repouso usando-se um período de 10 minutos selecionados a partir do registro contínuo da frequência cardíaca após a estabilização da mesma enquanto o voluntário estava sentado em uma cadeira ao lado da esteira rolante. Durante o exercício, nós utilizamos segmentos referentes ao valor de frequência imediatamente antes do início do teste até o valor de frequência cardíaca referente a 80% da frequência cardíaca máxima dos voluntários, que corresponde ao limiar de variabilidade de frequência cardíaca de indivíduos treinados aerobiamente (NAKAMURA *et al.*, 2005). Este limiar de VFC (próximo a 3 ms) foi correspondente a 80% da  $FC_{máx}$  dos voluntários do presente estudo, o qual está associado ao limiar de lactato (LIMA e KISS, 1999).

A densidade espectral foi obtida por meio da transformação rápida de Fourier e o tamanho do segmento foi fixado em 512 pontos com 50% de sobreposição. Os componentes espectrais, para as bandas de muito baixa (*Very Low Frequency* . VLF; 0,003 a 0,04 Hz) (USUI e NISHIDA, 2015), baixa (*Low Frequency* . LF; 0,04 a 0,15) e alta-frequência (*High Frequency* . HF; 0,15 a 0,4) foram avaliadas usando as larguras de bandas que foram previamente descritas por (VANDERLEI *et al.* 2009). Os componentes espectrais da VFC em repouso podem estar associados as seguintes funções: VLF . embora não totalmente esclarecido, parece estar relacionado com sistema renina-angiotensina-aldosterona, à termorregulação e tônus simpático vasomotor periférico (VANDERLEI *et al.*, 2009); modulação autonômica mediada pelo barorreflexo (DWORKIN e DWORKIN *et al.*, 2000); LF . atividade vagal e simpática sobre o coração, com predominância da atividade simpática (VANDERLEI *et al.*, 2009); modulação autonômica mediada pelo barorreflexo (GOLDSTEIN *et al.*, 2011); HF . modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração (VANDERLEI *et al.*, 2009); atividade simpática cardíaca e atividade ventilatória (YOSHIMOTO *et al.*, 2011).

## 2.9 Análise estatística

Os dados foram expressos como média e erro padrão da média. Para correlacionar os parâmetros da VFC com o consumo máximo de oxigênio dos corredores foi utilizado o teste de correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi  $p < 0,05$ .

### 3 RESULTADOS

Tabela 2. Parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso e durante o exercício de indivíduos fisicamente ativos (n=10).

Parâmetros da Variabilidade da frequência cardíaca	Repouso	Exercício	P
Média (R-R)	828 ± 153	480.4 ± 26 *	4.0894 <sup>-05</sup>
Desvio padrão (ms)	103.01 ± 40	68.12 ± 16 *	0.0094
Variância (ms <sup>2</sup> )	12066.58 ± 8605	4886.6 ± 2176 *	0.0134
RMSSD (ms)	62.68 ± 32	12.23 ± 6 *	0.0005
Componente VLF (ms <sup>2</sup> )	2321.964 ± 1620	227.436 ± 73 *	0.0023
Componente LF (ms <sup>2</sup> )	2277.422 ± 1759	75.44 ± 92 *	0.0032
Componente HF (ms <sup>2</sup> )	2524.336 ± 2599	41.464 ± 49 *	0.0143
Razão LF/HF	3.346 ± 3.688	3.201 ± 1.676	0.9168

VLF = muito baixa frequência; LF = baixa frequência; HF = alta frequência.

A tabela 2 mostra a comparação entre os valores dos parâmetros da VFC durante o repouso e durante o exercício. Foram encontradas diferenças significativas ao compararmos as duas situações exceto para o parâmetro razão LF/HF.

**TABELA 3.** Correlações entre parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso pré-exercício e o consumo máximo de oxigênio de homens fisicamente ativos (n = 10).

Parâmetros	<i>R</i>	<i>p</i>
<i>Variabilidade da frequência cardíaca</i>		
Desvio padrão (ms)	-0,514	0,129
Variância (ms <sup>2</sup> )	-0,488	0,153
RMSSD (ms)	-0,502	-0,372
Componente VLF (ms <sup>2</sup> )	-0,372	0,29
Componente LF (ms <sup>2</sup> )	<b>-0,659</b>	<b>0,0384</b>
Componente HF (ms <sup>2</sup> )	<b>-0,74</b>	<b>0,0145</b>
Razão LF/HF	-0,0074	0,984

VLF = muito baixa frequência; LF = baixa frequência; HF = alta frequência.

A tabela 3 mostra a correlação entre os parâmetros da VFC durante o exercício e o consumo máximo de oxigênio dos voluntários. Não foram encontradas correlações significativas entre os parâmetros da variabilidade no domínio do tempo e o consumo máximo de oxigênio. Por outro lado, houve uma correlação significativa e negativa entre o componente VLF e o consumo máximo de oxigênio.

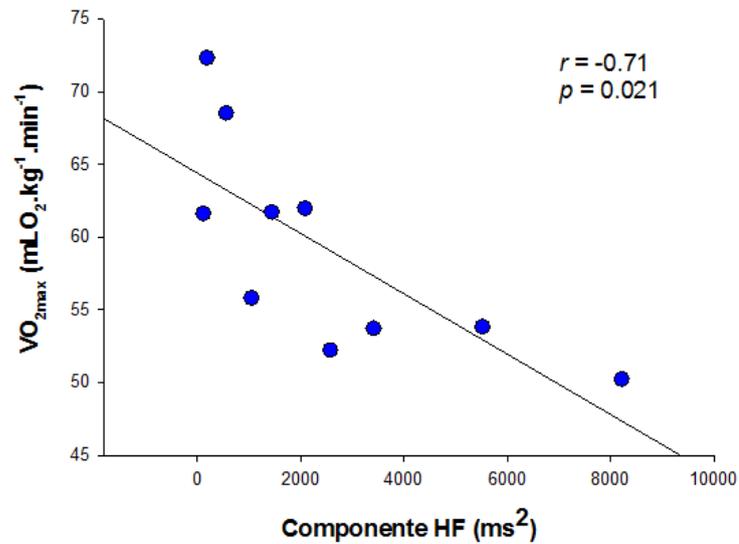
**TABELA 4-** Correlações entre parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca e o consumo máximo de oxigênio de homens fisicamente ativos (n = 10) durante um teste de esforço progressivo.

Parâmetros	<i>r</i>	<i>P</i>
<i>Variabilidade da frequência cardíaca</i>		
Desvio padrão (ms)	-0,54	0,107
Variância (ms <sup>2</sup> )	-0,493	0,148
RMSSD (ms)	-0,0351	0,923
Componente VLF (ms <sup>2</sup> )	<b>-0,76</b>	<b>0,0107</b>
Componente LF (ms <sup>2</sup> )	-0,145	0,69
Componente HF (ms <sup>2</sup> )	-0,129	0,722
Razão LF/HF	-0,138	0,704

VLF = muito baixa frequência; LF = baixa frequência; HF = alta frequência.

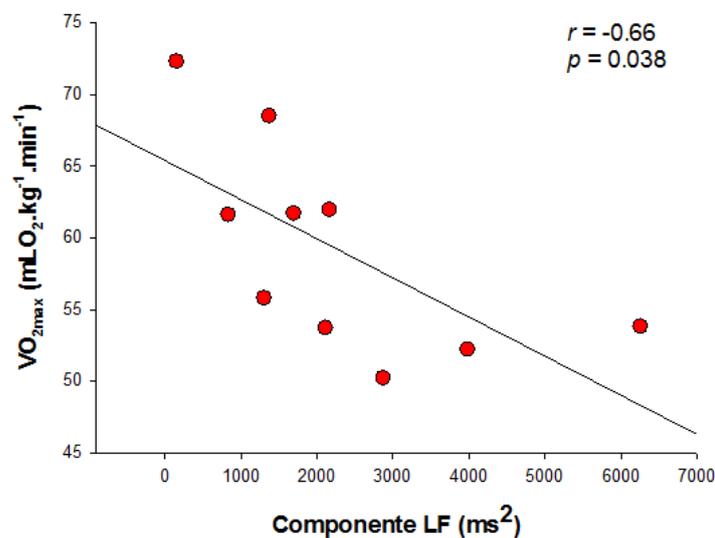
As figuras abaixo apresentam as correlações entre os parâmetros da VFC no domínio da frequência durante o período de repouso pré-exercício e o consumo máximo de oxigênio. A figura 4 mostra que houve correlação significativa entre o componente HF e o consumo máximo de oxigênio.

**Figura 4.** Correlação entre o consumo máximo de oxigênio e o componente HF de homens fisicamente ativos (n=10) durante o repouso.



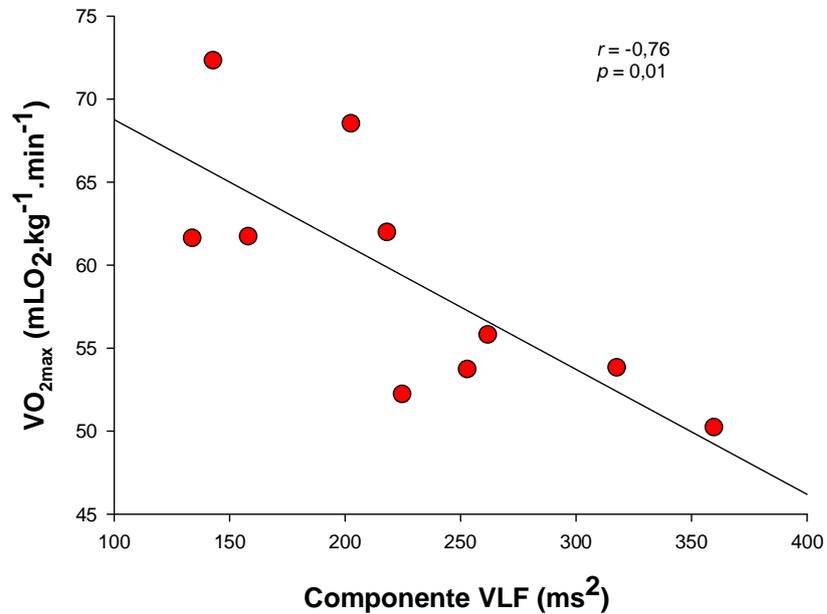
A figura 5 mostra que houve correlação significativa entre o componente LF e o consumo máximo de oxigênio.

**Figura 5.** Correlação entre o consumo máximo de oxigênio e a componente LF de homens fisicamente ativos (n=10) durante o repouso.



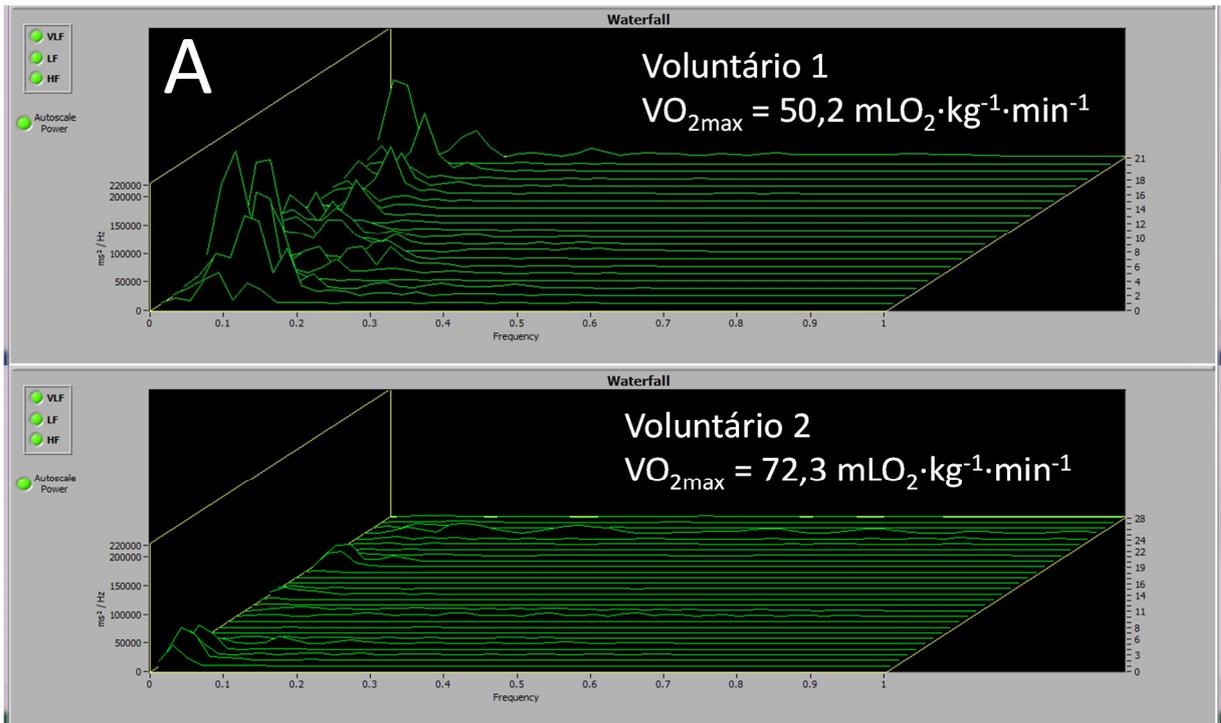
A figura 6 mostra que houve correlação significativa entre o componente VLF e o consumo máximo de oxigênio.

**Figura 6-** Correlação entre o consumo máximo de oxigênio e a componente VLF de homens fisicamente ativos (n=10) durante um teste de esforço progressivo.



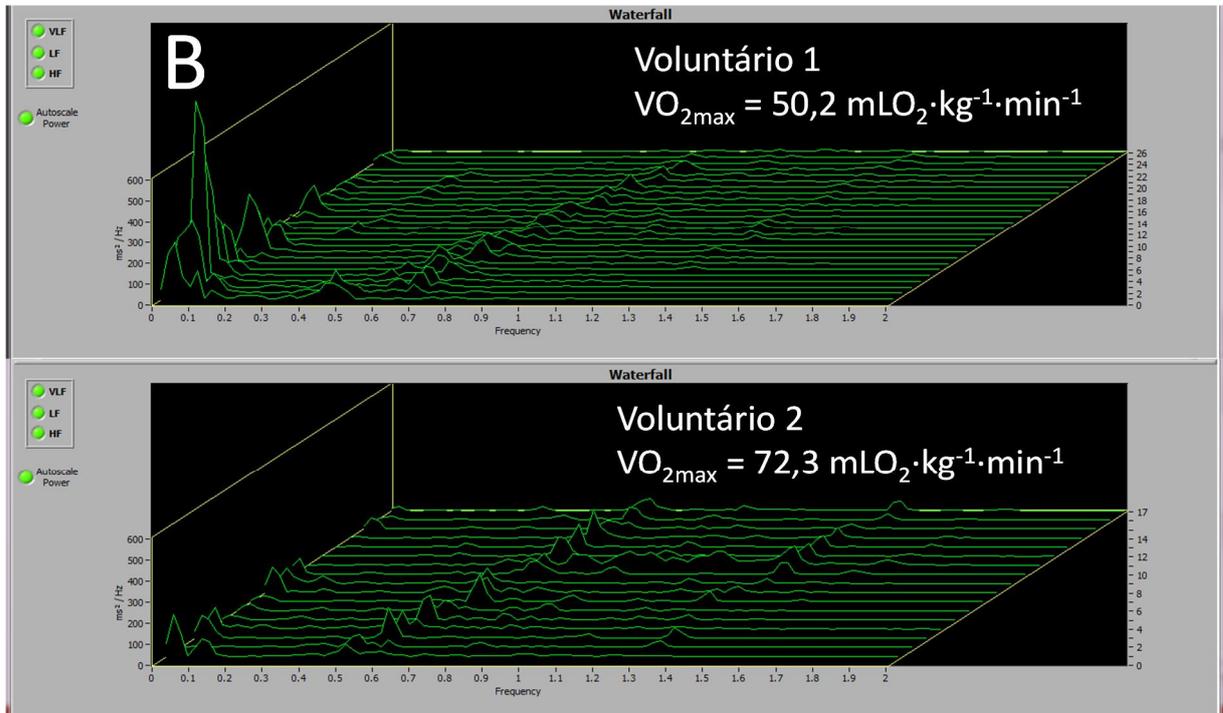
A figura 7-A mostra dois registros típicos da VFC, o primeiro registro é referente ao voluntário com menor consumo máximo de oxigênio do estudo e o segundo registro é referente ao voluntário que apresentou o maior consumo máximo de oxigênio. A figura mostra visualmente que o voluntário com maior consumo máximo de oxigênio apresentou menor VFC médio (domínio do tempo) no período de repouso pré-exercício quando comparado ao voluntário com menor consumo máximo de oxigênio.

**Figura 7A-** Registro típico da densidade espectral em função da frequência de dois corredores de longa distância no período pré-exercício.



Na figura 7-B estão plotados os registros dos mesmos voluntários descritos acima, entretanto, os valores dos parâmetros da VFC são referentes ao período compreendido entre o valor pré-exercício da frequência cardíaca até o valor referente a 80% da frequência cardíaca máxima. A figura mostra visualmente que o voluntário com maior consumo máximo de oxigênio apresentou menores oscilações na região de muito baixa frequência quando comparado ao voluntário com menor consumo máximo de oxigênio.

**Figura 7B-** Registro típico da densidade espectral em função da frequência de dois corredores de longa distância durante um teste de esforço progressivo em esteira rolante.



#### 4 DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que existem correlações significativas entre os parâmetros da análise espectral da frequência cardíaca no domínio da frequência e o consumo máximo de oxigênio de corredores de longa distância. Além disso, o estudo mostrou que os componentes espectrais de baixa e alta frequência medidos em repouso, os quais são amplamente utilizados para inferir a atividade autonômica cardíaca, apresentam correlação significativa com consumo máximo de oxigênio. Por fim, nós encontramos que o componente espectral de muito baixa frequência, medido durante o exercício progressivo até o ponto referente ao limiar de variabilidade da frequência cardíaca, apresenta correlação significativa com o consumo máximo de oxigênio. Juntos, estes resultados indicam que a análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio da frequência pode ser útil para estimar a capacidade aeróbia de corredores.

Quando comparamos a VFC durante o repouso e durante o exercício, verificamos que os valores são menores durante o esforço. Esse dado está coerente com trabalhos prévios que também mostraram a redução da VFC (domínio do tempo) durante o exercício (NAKAMURA *et al.*, 2005).

A análise da VFC no domínio do tempo tem sido utilizada para verificar a modulação autonômica cardíaca induzida pelo exercício (NAKAMURA *et al.*, 2005). Entretanto, no presente estudo, não encontramos correlações significativas entre os parâmetros no domínio do tempo com o consumo máximo de oxigênio. As análises no domínio do tempo são menos detalhadas quando comparadas às análises no domínio da frequência quanto à avaliação da modulação autonômica (VANDERLEI *et al.*, 2009). Uma vez que o exercício físico induz alterações exacerbadas na atividade autonômica, portanto, uma possível explicação para a ausência de correlações entre os parâmetros no domínio do tempo, seja que este tipo de análise talvez não seja capaz de identificar com precisão as alterações da atividade simpática e parassimpática induzida pelo exercício.

No presente estudo nós encontramos correlações negativas e significativas entre o componente espectral de baixa frequência medido durante o repouso e o consumo máximo de oxigênio. Este componente está associado com a ativação simpática (VANDERLEI *et al.*, 2009). Em repouso, indivíduos treinados aerobiamente

apresentam baixos valores do componente de baixa frequência e valores elevados do componente de alta frequência, o qual tem associação com tônus vagal (AUBERT, SEPS e BECKERS, 2003). Indivíduos que se encontram em síndrome do excesso de treinamento tendem a apresentar predomínio do componente de baixa frequência em relação ao componente de alta frequência, o que demonstra um aumento crônico da atividade do eixo simpato-adrenal (SCHMITT *et al.*, 2013). De acordo com tais afirmações, é razoável pensar que no presente estudo, os indivíduos que apresentaram maiores valores do componente de baixa frequência em repouso alcançaram menores valores de consumo máximo de oxigênio. Como esses indivíduos já iniciavam o exercício com maior nível de ativação simpática, é possível que esta ativação alcance valores muito elevados em intensidades relativas menores quando comparados aos indivíduos que apresentaram baixos valores do componente de baixa frequência.

Um resultado não esperado encontrado foi a correlação negativa entre o componente de alta frequência medido em repouso com o consumo máximo de oxigênio. É amplamente descrito na literatura que este componente representa a atividade parassimpática (VANDERLEI *et al.*, 2009). Assim, fica contraditório pensar que indivíduos que apresentam valores elevados de atividade parassimpática em repouso alcancem menores valores de consumo máximo de oxigênio. Uma das adaptações induzidas pelo treinamento aeróbio é um aumento do tônus vagal em repouso (McARDLE, KATCH e KATCH, 2011), assim esperávamos que os indivíduos com maiores valores do componente de alta frequência apresentassem maior consumo de oxigênio durante o teste progressivo. Por outro lado, este componente tem também associação com a atividade respiratória. Como durante o exercício, a atividade respiratória é um dos fatores que interferem na capacidade aeróbia (afeta o equilíbrio ácido-base), é possível que a correlação negativa encontrada no presente estudo entre o componente de alta frequência e o consumo máximo de oxigênio possa ser explicado pela modulação da atividade respiratória.

Por fim, nós encontramos correlação significativa e negativa entre o componente de muito baixa frequência, medido do início do exercício até o ponto no qual a frequência cardíaca tenha alcançado 80% do seu valor máximo, e o consumo máximo de oxigênio. Este componente tem sido associado com a modulação autonômica induzida por alterações na temperatura corporal e na atividade humoral

(DWORKIN e DWORKIN *et al.*, 2000). Entretanto, existem também autores que demonstram que este componente está associado com a atividade adrenérgica (USUI e NISHIDA, 2015). Nos modelos atuais que explicam a fadiga aguda, o desempenho físico é o resultado de uma interação complexa entre os múltiplos sistemas orgânicos, sendo que sistema nervoso central interpreta os sinais aferentes provenientes dos diversos receptores periféricos e decide se é adequado manter aquela intensidade de esforço (AMANN *et al.*, 2008). Com o aumento da intensidade do exercício, a atividade simpática aumenta, para manter a perfusão muscular, disponibilizar ácidos graxos e glicose para a os músculos em contração e ainda dissipar o calor produzido por tais músculos. Nesse contexto, é coerente pensar que os indivíduos que apresentaram maiores valores do componente de muito baixa frequência durante o exercício tenham alcançado os menores valores de consumo máximo de oxigênio. Outra questão interessante, foi o fato que os valores do componente de muito baixa frequência foram medidos na fase inicial e intermediária do teste, sendo os valores nas intensidades mais altas foram excluídos. Isto mostra que existe modulação antecipatória do desempenho físico, o sistema nervoso central interpreta o nível de modulação dos sistemas orgânicos desde o início do exercício, evitando que estes sistemas alcancem seu limite. Do ponto de vista prático, podemos inferir que a medida da variabilidade da frequência cardíaca em intensidades submáximas pode estimar o desempenho máximo.

Em conjunto, nossos resultados mostraram que existem correlações significativas entre os parâmetros da variabilidade no domínio da frequência e o consumo máximo de oxigênio, que é principal parâmetro utilizado para predizer a capacidade aeróbia de atletas. É razoável postular que os parâmetros espectrais da VFC possam ser utilizados no contexto esportivo para controlar a carga de treinamento de corredores de longa distância, pensando que aqueles atletas que apresentam valores elevados dos componentes de baixa e alta frequência em repouso, podem não estar totalmente recuperados de uma sessão de treino. Mais estudos são necessários para a melhor compreensão desta questão.

## **5 CONCLUSÃO**

Existem correlações significativas entre parâmetros da variabilidade da frequência analisados no domínio da frequência com o consumo máximo de oxigênio de corredores de longa distância, sugerindo que é possível prever a capacidade aeróbica.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. B.; RICARDO, D. R.; ARAÚJO, C. G. S. Variabilidade da frequência cardíaca em um teste de exercício verdadeiramente máximo. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro**, v. 18, n. 6, nov./dez. 2005.
- ALONSO *et al.* Comportamento da Frequência Cardíaca e da sua Variabilidade Durante as Diferentes Fases do Exercício Físico Progressivo Máximo. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, v. 71, n. 6, p. 787-92, 1998.
- AMANN, M. *et al.* Commentaries on Viewpoint: Fatigue mechanisms determining exercise performance: Integrative physiology is systems physiology. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, p. 1543-1546, 2008.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE . ACSM. Position stand: exercise and fluid replacement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, p. i- vii, 1996.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE - ACSM. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**. 6th. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
- ARMSTRONG, L. E.; VANHEEST, J. L. The Unknown Mechanism of the Overtraining Syndrome, **Sports Medicine**, v. 32, n. 3, p. 185-209, 2002.
- AUBERT, A. E.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart rate variability in athletes. **Sports Medicine**, n.33, p. 889-919, 2003.
- BIGGER JR, J. T. *et al.* Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. **Circulation**, v. 85, p. 164. 171, 1992.
- BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, p. 377-381, 1982.
- BRUCE, R. A.; KUSUMI, F.; HOSMER, D. Maximal oxygen and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. **American Heart Journal**, v. 85, n. 4, p. 546-562, 1973.
- DWORKIN, B. R.; DWORKIN, S.; TANG, X. Carotid and aortic baroreflexes of the rat: I. Open-loop steady-state properties and blood pressure variability. **American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 279, p. 1910. 1921, 2000.
- GEOCITIES. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/doc-cl/ekgs/pqrst.html>>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- GOLDSTEIN, D. S. *et al.* Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of

cardiac autonomic outflows by baroreflexes. **Experimental Physiology**, v. 96, p. 1255-1261, 2011.

LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. M. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v. 4, n. 1, p. 29-38, 1999.

McARDLE, W. D.; KATCH, F.I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício, energia, nutrição e desempenho humano**. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MEEUSEN, R. *et al.* Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. **Medicine Science and Sports Exercise**, v. 45, p.186-205, 2013.

NAKAMURA, Y. *et al.* Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo. **Motriz**, v.11, n.1, p. 01-09, jan./abr. 2005.

PIRES, *et al.* Physical Exercise Performance in Temperate and Warm Environments Is Decreased by an Impaired Arterial Baroreflex. **Open Access**, v. 8, n. 8, 2013.

ROWELL, L. B.; O'LEARY, D. S. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. **Journal of Applied Physiology**, v. 69, p. 407-418, 1990.

SCHMITT, L. *et al.* Fatigue Shifts and Scatters Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes. **Public Library of Science**, v. 8, n. 8, p. 715-88, 2013.

THOMAS, S.; READING, J.; SHEPHARD, R. J. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). **Canadian Journal of Sport Sciences**, v. 17, n. 4, p. 338-45, 1992.

USUI, H.; NISHIDA Y. Relationship between physical activity and the very low-frequency component of heart rate variability after stroke. **Journal of stroke and cerebrovascular diseases**, v. 24, n. 4, p. 840-843, 2015.

VANDERLEI, L. C. M. *et al.* Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 24, n. 2, p. 205-217, 2009.

## ANEXO

### ANEXO A ó Questionário de Prontidão para a Atividade Física (PAR-Q)

#### PAR-Q

Este questionário deve ser aplicado antes do início de um programa de atividade física regular, visando identificar os indivíduos para quem a atividade física pode ser inadequada ou aqueles que precisam de acompanhamento médico durante o exercício.

#### RESPONDA HONESTAMENTE ÀS QUESTÕES ABAIXO:

**1 - Alguma vez um médico lhe disse que você possui um problema do coração e lhe recomendou que só fizesse atividade física sob supervisão médica?**

Sim  Não

**2 - Você sente dor no peito, causada pela prática de atividade física?**

Sim  Não

**3 ó Recentemente você sentiu dor no peito?**

Sim  Não

**4 - Você tem frequentes sensações de desmaio ou crises severas de tontura?**

Sim  Não

**5 ó Alguma vez seu médico lhe disse que você tem problemas ósseos ou articulares que podem ser agravados ou que pioraram com a prática de exercícios?**

Sim  Não

**6 - Algum médico já lhe recomendou o uso de medicamentos para controle da pressão arterial ou para algum problema cardíaco?**

Sim  Não

**7 - Você sabe de algum outro motivo não mencionado para que você não faça atividade física regular?**

Sim  Não

Se você respondeu SIM a uma ou mais perguntas, recomenda-se avaliação médica antes do início do programa de exercícios.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A ó Conteúdo do TCLE

#### Termo de consentimento livre e esclarecido ó TCLE

---

#### **A INGESTÃO DE ãCHUP-CHUPö COM TEMPERATURA DE -1°C MELHORA O DESEMPENHO FÍSICO DURANTE 21,1 km DE CORRIDA COM INTENSIDADE AUTORREGULADA EM AMBIENTE QUENTE E ÚMIDO?ö**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danusa Dias Soares; Mestrando/Pesquisador: Marcelo Teixeira de Andrade

---

Convidamos você para ser voluntário do projeto de pesquisa intitulado ãA INGESTÃO DE ãCHUP-CHUPö COM TEMPERATURA DE -1°C MELHORA O DESEMPENHO FÍSICO DURANTE 21,1 km DE CORRIDA COM INTENSIDADE AUTORREGULADA EM AMBIENTE QUENTE E ÚMIDO?ö. Este documento fornece informações sobre os experimentos, além de informações sobre riscos e benefícios. Nele, seus direitos como participante de um estudo experimental são detalhados. Por favor, leia este documento completamente e pergunte sobre qualquer dúvida relacionada à sua participação no estudo.

O presente estudo tem como avaliar os efeitos da ingestão de ãChup-Chupö com temperatura de -1 e 4°C sobre o tempo total de corrida e sobre algumas respostas metabólicas, cardiovasculares e termorregulatórias durante uma corrida de 21,1 km com intensidade autorregulada em ambiente quente e úmido.

Você passará, em dias diferentes, por uma sessão de familiarização com o protocolo de exercício físico desta pesquisa e por três situações experimentais. Na sessão de familiarização, você será orientado a percorrer 10 km no menor tempo possível, e todos os procedimentos adotados durante o exercício, serão similares aos das situações experimentais. As condições ambientais serão 35°C e 70% URA.

As situações experimentais serão as seguintes: correr 21,1 km na maior velocidade possível com o a ingestão ãChup-Chupö -1°C, 4°C e 37°C de forma *ad libitum* ou programada. Em todas estas situações, um ou mais pesquisadores estarão presentes monitorando todas as atividades. Essas serão realizadas em ambiente quente (33°C) e úmido (70%).

Nos dias experimentais você deverá chegar ao Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em estado de jejum (água e comida). Os pesquisadores fornecerão o seu café da manhã e 500 mL de água. Após o café da manhã você será encaminhado a uma sala anexa aonde deverá permanecer em repouso. Em seguida, uma fita transmissora do cardiofrequencímetro será colocada sobre o seu tórax e serão marcados pontos de referência para coleta de temperatura no peito, na coxa e no braço. A seguir, você será direcionado ao vestiário para colocação do sensor de temperatura retal descartável. O sensor de temperatura retal é feito de um material flexível, possui 3,5 mm de diâmetro e deverá ser inserida a cerca de 10 cm do esfíncter anal - distância que virá marcada na sonda. As sondas retais que serão utilizadas nos experimentos serão descartáveis. Além disso, você deverá urinar em um copo descartável. A urina será utilizada para a medida da densidade, o que permitirá a nós verificarmos o seu estado de hidratação. Em seguida, a sua massa corporal será aferida em uma balança digital, a seguir, você será direcionado a sala de bioquímica, onde serão realizados os procedimentos de colheita de sangue. Durante o período pré e pós-exercício, um pesquisador, previamente treinado em técnicas de punctura de veias periféricas, escolherá a veia mais proeminente da região anterior do antebraço, onde será retirada uma amostra de sangue de 12 mL. Os aspectos relacionados à biossegurança serão observados antes, durante e após as situações experimentais. Técnicas de higienização, esterilização e assepsia serão respeitadas e previamente treinadas. Todos os materiais relacionados às colheitas de sangue serão descartáveis, sendo o lixo hospitalar apropriadamente armazenado e, se necessário, tratado para descarte no meio ambiente. Além disso, amostras de sangue de 30µL serão coletadas por punção da polpa digital a cada 4 km e

nos períodos pré e pós-exercício. Neste procedimento, serão utilizadas lancetas descartáveis que podem trazer algum desconforto, mas que em geral é bem tolerado por todos.

Após estes procedimentos você será encaminhado para a câmara ambiental, aonde serão realizados os experimentos. As variáveis que serão mensuradas e/ou calculadas durante o experimento serão: tempo total de exercício, concentração de glicose sanguínea, osmolalidade plasmática, temperatura retal, frequência cardíaca, concentração de lactato sanguíneo, percepção subjetiva de esforço, temperatura média da pele, temperatura média do corpo, estado de hidratação, sudorese total, taxa de sudorese, variação percentual do volume plasmático e taxa de acúmulo de calor.

Todos os seus dados pessoais serão confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso a essas informações.

Não está prevista qualquer forma de remuneração para os voluntários. Todas as despesas especificamente relacionadas ao estudo são de responsabilidade do LAFISE.

Serão poucos ou nenhum os possíveis benefícios individuais decorrentes de sua participação no estudo. Apesar disso, espera-se que o estudo aumente as informações disponíveis sobre as respostas metabólicas e termorregulatórias em resposta ao resfriamento corporal pré-exercício. Espera-se que estas informações possam ser úteis a diferentes áreas do conhecimento ou atividades profissionais como Fisiologia do Exercício, Educação Física e Medicina do Exercício.

Os riscos deste estudo são relativamente pequenos e estão associados com a prática de exercícios físicos, como o surgimento de lesões musculoesqueléticas e incômodos causado pela dor durante e após a realização de um exercício com intensidade máxima. Possíveis reações indesejáveis serão monitoradas pela equipe de professores responsáveis pelo estudo.

Você receberá um cartão com a identificação de sua participação no estudo e os nomes e números de telefones dos responsáveis pelo estudo que poderão ser utilizados para qualquer informação complementar sempre que achar necessário. Todas as informações individuais obtidas no estudo estarão disponíveis somente para um número limitado de pessoas diretamente envolvidas com o estudo (professores responsáveis e equipe de avaliação). Sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma.

Na eventualidade da sua participação neste estudo resultar em algum problema médico, inclusive tratamento de emergência, você receberá assistência da equipe responsável pelo estudo. Entretanto, o estudo não dispõe de recursos para pagamentos de exames complementares ou quaisquer outras despesas médicas ou hospitalares, que deverão ser cobertas por seus próprios recursos ou pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Em caso de emergência, o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU / 192) será chamado.

Se você julgar necessária qualquer outra informação antes de dar seu consentimento para participar do estudo, você dispõe de total liberdade para esclarecer as questões que possam surgir durante a pesquisa. Qualquer dúvida, por favor, entre em contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danusa Dias Soares, tel. 3409-2334 e Marcelo Teixeira de Andrade, tel. 3047-5614/ 8868-5929 ou com o Comitê de Ética em Pesquisa: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 ó Unidade Administrativa II ó 2º andar, sl. 2005 cep. 31270901 - BH/MG; tel.: 34094592; e-mail: coep@prpq.ufmg.br. Você poderá se recusar a participar deste estudo e/ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar e sem que isso seja motivo de qualquer tipo de constrangimento para você.

Antes de concordar em participar desta pesquisa e assinar este termo, os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas e, se você concordar em participar do estudo, deve ser entregue uma cópia deste termo para você.

**Eu discuti os riscos e benefícios de minha participação no estudo com os pesquisadores responsáveis. Eu li todo o documento e tive tempo suficiente para considerar minha participação no estudo. Eu perguntei e obtive as respostas para todas as minhas dúvidas. Eu sei que posso me recusar a participar do estudo ou que posso abandoná-lo a qualquer momento, sem qualquer tipo de constrangimento. Eu recebi uma cópia deste documento que foi assinado em duas vias idênticas. Portanto, forneço o meu consentimento para participar dos experimentos do estudo ãA INGESTÃO DE ãCHUP-CHUPö COM TEMPERATURA DE -1°C MELHORA O DESEMPENHO FÍSICO DURANTE 21,1 km DE CORRIDA COM INTENSIDADE AUTORREGULADA EM AMBIENTE QUENTE E ÚMIDO?ö**

Belo Horizonte, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

---

Voluntário CPF:

---

Pesquisador ó Mestrando Marcelo Teixeira de Andrade

---

Pesquisadora ó Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danusa Dias Soares