

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Educação Física

ANDRÉ DOMINGOS LASS

**EFEITO DE UMA PROVA DE TRIATHLON NA VARIABILIDADE DA
FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS AMADORES**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2019

ANDRÉ DOMINGOS LASS

**EFEITO DE UMA PROVA DE TRIATHLON NA VARIABILIDADE DA
FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS AMADORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Educação Física, Área de Concentração Exercício e Esporte, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Maressa Krause, Ph.D.

CURITIBA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Lass, André Domingos

Efeito de uma prova de *triathlon* na variabilidade da frequência cardíaca em atletas amadores [recurso eletrônico] / André Domingos Lass.-- 2019.

1 arquivo eletrônico (32 f.) : PDF ; 520 KB.

Modo de acesso: World Wide Web.

Texto em português com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Educação Física. Área de Concentração: Ciências do Movimento Humano. Linha de Pesquisa: Exercício e Esporte, Curitiba, 2019.

Bibliografia: f. 24-29.

1. Educação física - Dissertações. 2. Batimento cardíaco - Avaliação. 3. Sistema nervoso autônomo. 4. Triatlo. 5. Atletas - Treinamento. 6. Desempenho. 7. Estatística matemática. 8. Correlação (Estatística). 9. Esportes - Aspectos fisiológicos. I. Mocellin, Maressa Priscila Krause, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Educação Física. III. Título.

CDD: Ed. 23 -- 790

Biblioteca Central do Câmpus Curitiba - UTFPR
Bibliotecária: Luiza Aquemi Matsumoto CRB-9/794

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 14

A Dissertação de Mestrado intitulada **EFEITO DE UMA PROVA DE TRIATHLON NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS AMADORES** defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **André Domingos Lass** no dia **10 de julho de 2019**, foi julgada aprovada em sua forma final para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, Linha de Pesquisa – Exercício e Esporte, pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

Prof^ª. Dr^ª. Maressa Priscila Krause Mocellin - (UTFPR) - *Orientadora*
Prof. Dr. Oslei de Matos - (UTFPR)
Prof. Dr. João Antonio Palma Setti - (UTFPR)
Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima-Silva - (UTFPR)
Prof. Dr. Fabiano de Macedo Salqueirosa - (Positivo)

Curitiba, 10 de julho de 2019.

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

RESUMO

LASS, André Domingos. Efeito de uma prova de triathlon na variabilidade da frequência cardíaca em atletas amadores. 2019. 32 folhas. – Dissertação – Mestrado em Educação Física, Área de Concentração Exercício e Esporte, Departamento de Educação Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2019.

O presente estudo teve como objetivo descrever o efeito de uma prova de triathlon na variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em sua linha do tempo enquanto mecanismo de biofeedback em dezessete atletas amadores de uma equipe de triathlon ($38,8 \pm 7,8$ anos; $175,9 \pm 6,7$ cm; $77,4 \pm 8,6$ kg) que tiveram seus índices da VFC obtidos imediatamente antes do início e após o término de uma prova do circuito nacional. O estudo proposto foi desenvolvido por meio de pesquisa *ex-post facto* e foram utilizadas a estatística descritiva de tendência central e de variabilidade, demonstradas por média e desvio padrão, e análise inferencial por meio do teste *t* pareado para as comparações pré e pós evento ($p < 0,05$). Valores médios obtidos antes (PRE) e após (POS) o evento foram, respectivamente: SDNN 74,23 ms ($\pm 47,05$ ms) e 32,10 ms ($\pm 12,92$ ms; $\Delta -56,75\%$), RMSSD 42,30 ms ($\pm 39,26$ ms) e 20,01 ms ($\pm 11,21$ ms; $\Delta -52,69\%$), pNN50 14,33 % ($\pm 17,19$ %) e 3,63 % ($\pm 4,48$ %; $\Delta -74,61$ %), MEANRR 863,43 ms ($\pm 182,45$ ms) e 691,70 ms ($\pm 117,10$ ms; $\Delta -19,84\%$), e MEANHR 74,24 bpm ($\pm 18,85$ bpm) e 89,52 bpm ($\pm 16,46$ bpm; $\Delta 20,58\%$). Todos os parâmetros analisados apresentaram alterações significativas, indicando que uma prova de triathlon modifica o balanço do sistema nervoso autônomo por meio da VFC em seu domínio do tempo.

Palavras Chave: variabilidade da frequência cardíaca, sistema nervoso autônomo, triathlon.

ABSTRACT

LASS, André Domingos. Effect of a triathlon event on heart rate variability in amateur athletes. 2019. 32 pages. – Dissertation – Master's Degree in Physical Education, Concentration Area Sports and Exercise, Department of Physical Education, Federal Technological University of Paraná – UTFPR. Curitiba, 2019.

The aim of the present study was describe the effect of a triathlon event on heart rate variability (HRV) in its time domain as biofeedback mechanism in seventeen amateur athletes ($38,8 \pm 7,8$ yrs.; $175,9 \pm 6,7$ cm; $77,4 \pm 8,6$ kg) of a triathlon team who had their HRV indexes obtained immediately prior and after the end of an event as part of the national calendar. This research had an *ex-post facto* design and used the descriptive statistic of central and variability tendency demonstrated as mean and standard deviation and inferential analysis through paired *t* test to comparisons pre and post event ($p < 0,05$). Mean values before (PRE) and after (POST) the event were, respectively: SDNN 74,23 ms ($\pm 47,05$ ms) and 32,10 ms ($\pm 12,92$ ms; $\Delta -56,75\%$), RMSSD 42,30 ms ($\pm 39,26$ ms) and 20,01 ms ($\pm 11,21$ ms; $\Delta -52,69\%$), pNN50 14,33 % ($\pm 17,19$ %) and 3,63 % ($\pm 4,48$ %; $\Delta -74,61\%$), MEANRR 863,43 ms ($\pm 182,45$ ms) and 691,70 ms ($\pm 117,10$ ms; $\Delta -19,84\%$) and MEANHR 74,24 bpm ($\pm 18,85$ bpm) and 89,52 bpm ($\pm 16,46$ bpm; $\Delta 20,58\%$). All analysed parameters changed significantly, indicating that a triathlon event alters the balance in the autonomic nervous system through the HRV in its time domain.

Keywords: heart rate variability, autonomic nervous system, triathlon.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	06
1.1 OBJETIVO GERAL	07
1.1.2 Objetivos Específicos	08
2 REFERENCIAL TEÓRICO	09
2.1 TRIATHLON	09
2.2 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	10
2.2.1 Domínios da Frequência e do Tempo	12
2.2 USO DA VFC COMO MECANISMO DE BIOFEEDBACK	13
2.4 VFC E TRIATHLON	14
3 METODOLOGIA	16
3.1 DESENHO DO ESTUDO	16
3.2 PARTICIPANTES	16
3.3 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS	17
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	18
4 RESULTADOS	19
5 DISCUSSÃO	20
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	24
ANEXOS	30
ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	30
ANEXO II – CARTA WEBTREINO	32

1 INTRODUÇÃO

O triathlon é um esporte de endurance com característica multidisciplinar que envolve natação, ciclismo e corrida. Desta forma, a adequada monitoração de diferentes indicadores fisiológicos é essencial para auxiliar o atleta na obtenção de metas, prevenir resultados abaixo do esperado (BELLENGER *et al.*, 2016b, BORRESEN E LAMBERT, 2008; MILLET, VLECK E BENTLEY, 2011;), além de evitar excessos de treinamento e lesões associadas (AUBRY *et al.*, 2015; BELLENGER *et al.*, 2017). Os indicadores de performance mais comumente utilizados no triathlon são frequência cardíaca (FC), lactato sanguíneo, limiar de lactato, limiares ventilatórios e percepção subjetiva do esforço (LOPES *et al.*, 2009; LOPES, OSIECKI E RAMA, 2012; MAKIVIČ, NIKIČ E WILLIS, 2013). Entretanto, devido a dificuldades na aplicação que alguns desses marcadores requerem, em diversas ocasiões não se realizam registros de performance que possam ser analisados, seja no esporte amador ou de alto nível, comprometendo dessa forma um melhor resultado.

Dentre os indicadores fisiológicos, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) possui vantagens em sua aplicabilidade por se tratar de um mecanismo de biofeedback não invasivo e de fácil aplicação que, por meio da análise da regulação do sistema nervoso autônomo (SNA), vem sendo amplamente utilizado no meio esportivo. Os índices da VFC são obtidos por meio do eletrocardiograma (ECG), aonde as leituras dos intervalos RR do complexo QRS fornecem a média, desvio padrão e outros dados estatísticos. A leitura da VFC no ECG pode ser realizada de maneira espectral, pelo domínio da frequência, ou também na linha do tempo aonde alguns dos índices mais utilizados na literatura são SDNN (desvio padrão dos intervalos RR), RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças quadradas entre intervalos RR sucessivos), pNN50 (percentual de intervalos RR sucessivos que diferem em mais de 50 ms), MEANHR (média da FC) e MEANRR (média dos intervalos RR) (SASSI *et al.*, 2015; VANDERLEI *et al.*, 2009;).

Evidências indicam que as alterações nos índices da regulação autonômica em períodos pré- e pós-exercício e a consequente melhora na performance do praticante são observados como adaptação positiva ao treinamento realizado; porém este fato, assim como a recuperação da FC, pode ser considerado como decorrência de *overreaching* (BELLENGER *et al.*, 2016a). Kiss *et al.* (2016) constataram que a regulação autonômica em atletas é consideravelmente maior, em estudo que visou comparar índices da VFC entre

100 indivíduos praticantes de atividade física não caracterizados como atletas ($n=100$; $28,3 \pm 6,9$ anos) e 138 atletas master e de elite de diversas modalidades esportivas (elite $n=121$; $26,7 \pm 7,1$ anos; master $n=17$; $40,0 \pm 6,8$ anos). Além disso, os autores também relataram que fatores como idade e sexo não aparentaram demonstrar influência nos parâmetros avaliados.

Vários outros esportes e modalidades individuais e coletivas vêm se utilizando da VFC como mecanismo de biofeedback da performance, dentre eles o futebol (PROIETTI *et al.*, 2017; RAVÉ E FORTRAT, 2016), vôlei (PODSTAWSKI *et al.*, 2014), remo (PLEWS, LAURSEN E BUCHHEIT, 2017a), CrossFit™ (WILLIAMS, WATSON E ROWLAND, 2017) e HIIT™ (PIRAS *et al.*, 2014). No triathlon, esta estratégia tem sido apresentada em estudos que analisaram isoladamente um dos esportes que o compõem (FLATT, HORNIKEL E ESCO, 2017; GRONWALD, HOOS E HOTTENROTT, 2019; JAMES *et al.*, 2012; ROSALES-SOTO *et al.*, 2016), sendo portanto escassos os registros na prática multidisciplinar característica do triathlon, e ainda assim com dados obtidos apenas em ambiente controlado, conseqüentemente não havendo registros da utilização da VFC em situação real de prova.

Considerando que, até o presente momento, pesquisas que investigaram a VFC nas disciplinas do triathlon ocorreram apenas de maneira isolada ou em ambiente laboratorial, não é possível estabelecer eventuais alterações no equilíbrio do SNA por meio da VFC em ambiente de competição. Demonstra-se assim uma carência existente de evidências do efeito da realização de um triathlon na VFC de seus praticantes. Portanto, esta pesquisa objetiva descrever as alterações da VFC no seu domínio do tempo em triatletas em situação competitiva, imediatamente antes e após o final de um evento, visando ampliar a validade externa desta estratégia.

1.1 OBJETIVO GERAL

Descrever o efeito de uma prova de triathlon na variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em sua linha do tempo antes e após uma competição oficial da modalidade como ferramenta de leitura das alterações do sistema nervoso autônomo (SNA) em triatletas amadores.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever as alterações autonômicas do SNA por meio da VFC em sua linha do tempo, utilizando os parâmetros SDNN, RMSSD, pNN50, MEANRR e MEANHR.
- Comparar as alterações ocorridas entre os momentos antes (PRE) e após (POS).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TRIATHLON

O triathlon é um esporte de endurance dividido oficialmente, tanto para atletas amadores quanto profissionais, em quatro categorias aonde as distancias individuais para provas acima de 18 anos variam entre 1500-4000 m de natação, 40-200 km de ciclismo e 10-42,2 km de corrida nessa ordem (INTERNATIONAL TRIATHLON UNION, 2019). Devido aos elevados desgastes físicos e psicológicos como consequência da realização de um triathlon, o controle de carga de treinamento é de fundamental importância para a otimização da performance neste esporte multidisciplinar, visando também as consequências que a *open window* imunológica pode causar no atleta (CRUZ *et al.*, 2016; PLEWS *et al.*, 2013).

Conforme Lopes *et al.* (2012), apesar de apresentar predominância aeróbia, o metabolismo glicolítico encontra-se presente durante a realização das três disciplinas do triathlon, sendo o ciclismo (86,3% FCmáx; 6,98mmol de lactato) a mais desgastante, seguido da natação (85,2% FCmáx; 5,75mmol) e corrida (83,6% FCmáx; 4,47mmol). Os mesmos autores afirmam ainda que o controle das cargas de treinamento do triatleta, além de fatores como temperatura e hidratação, pode estar relacionado com os esforços necessários para a realização do referido esporte em provas e competições, devendo sua prescrição ser realizada em intensidades diferentes conforme a disciplina. Entretanto, em um estudo que analisou os dados de 68.557 triatletas de quatro modalidades diferentes do triathlon em 11 eventos no decorrer de cinco anos, Kipps *et al.* (2017) concluíram que a natação foi identificada como a modalidade que representa maior incidência de atendimentos médicos e a corrida o maior número de lesões.

O nível de condicionamento de um atleta proporciona diferentes reações àquelas encontradas em indivíduos fisicamente treinados ou em praticantes recreacionais (HOTTENROTT, HOSS E ESPERER, 2006), sendo suas características psicológicas um elemento chave no desempenho, podendo influenciar aspectos técnicos, táticos e físicos durante uma prova. Em um estudo publicado recentemente (OLMEDILLA *et al.*, 2018) que buscou traçar o perfil psicológico de triatletas e ciclistas de estrada (n=129; 35,7 ± 12,7 anos de idade; 14,9 ± 11,2 anos de prática), foram encontradas diferenças significativas

entre os praticantes das duas modalidades, porém triatletas profissionais apresentaram índices mais elevados em todos os aspectos avaliados (Controle de stress = $t_{116} = -3,711$, $p = 0,000$, $d = 0,48$; Avaliação da influência da performance = $t_{115} = -3,115$, $p = 0,002$, $d = 0,49$; Motivação = $t_{124} = 5,520$, $p = 0,000$, $d = 0,82$; Habilidade mental = $t_{119} = 4,985$, $p = 0,000$, $d = 1,02$). Além disso, não foram encontradas diferenças significativas entre homens e mulheres, apesar de o mesmo ter ocorrido entre atletas amadores e profissionais. Ainda, triatletas profissionais, comparados aos seus pares amadores, demonstraram valores mais altos em todos os aspectos avaliados.

2.2 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

Durante e após o exercício, o sistema nervoso autônomo (SNA) regula parcialmente a função cardiovascular de maneira a satisfazer as demandas metabólicas dos músculos envolvidos na atividade física. O SNA divide-se entre os sistemas simpático (SNS) e o parassimpático (SNP), que tradicionalmente se opõem sendo o primeiro responsável pelas reações de estresse e o último pelo relaxamento, apesar de tal afirmação não encontrar consenso científico (BILLMAN *et al.*, 2015). Enquanto que a estimulação simpática aumenta a frequência cardíaca (FC) e a contratilidade do componente cardíaco, um estímulo parassimpático causa efeitos antagônicos. De acordo com Dong (2016), a VFC é um importante mecanismo de análise dos parâmetros cardiovasculares autônomos provenientes de ambos SNS e SNP, que afetam o ritmo cardíaco e seu ciclo de batimentos.

O ciclo cardíaco é realizado por meio de descargas elétricas e se divide entre sístole, que é a contração ventricular, e diástole, que representa seu relaxamento. A pressão arterial atinge seu pico enquanto o ventrículo esquerdo ejeta o sangue do coração durante a sístole, perfazendo desta forma a pressão arterial sistólica. Já durante a diástole, a pressão arterial atinge seu ponto mais baixo enquanto o ventrículo esquerdo relaxa, momento no qual a pressão arterial diastólica é caracterizada. No decorrer deste processo de bombeamento do coração, a FC é registrada em batimentos por minuto apresentando variações temporais entre dois batimentos consecutivos, e por sua vez seu processo de obtenção envolve uma série de cálculos a serem realizados pela aplicação de diferentes metodologias (ARSLAN E ARAS, 2016; MICHAEL, GRAHAM E DAVIS; 2017).

Esta variação temporal nos intervalos RR é definida como variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e representa as adaptações que sistemas regulatórios interdependentes sofrem para estabelecer o melhor funcionamento do componente cardíaco em diversas circunstâncias. A VFC reflete a modulação cardíaca do SNA por meio do SNS e SNP e é um marcador de relevância para a monitoração de cargas de treinamento no exercício. Para a sua obtenção, o uso de um eletrocardiógrafo (ECG) é o mais recomendado, e por meio deste uma amostra entre 250 e 500 Hz é sugerida (BUCCHEIT, 2014; MICHAEL, GRAHAM E DAVIS, 2017). O ECG registra, por meio das ondas do segmento QRS, os intervalos entre dois momentos dos picos RR formando uma série temporal de milissegundos, caracterizando assim a VFC (Figura 1). Por sua facilidade de obtenção, e também por se tratar de um método não-invasivo, a VFC vêm sendo amplamente utilizada no meio esportivo como mecanismo de biofeedback da performance (AUBERT, SEPS E BECKERS, 2003; COTTIN *et al.*, 2004; DONG, 2016; SIMÕES *et al.*, 2016).

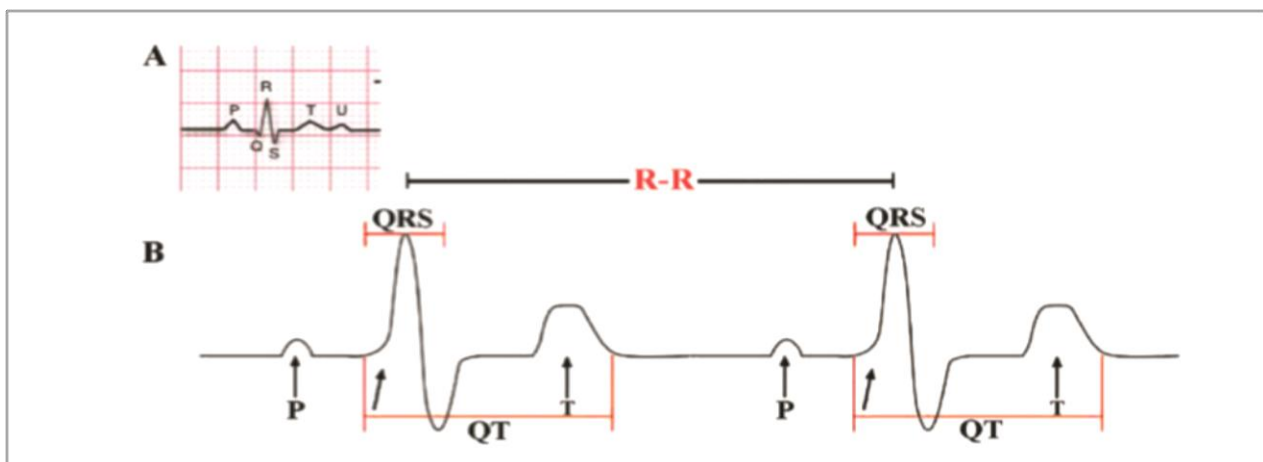


Figura 1. Eletrocardiograma (ECG) no início da mensuração da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). (A): A atividade elétrica do coração é detectada pelo ECG. Os componentes em formato de onda indicam o evento elétrico durante um batimento cardíaco. As ondas são denominadas P (primeira oscilação curta do traço do ECG), seguida do complexo QRS (Q – grande deflexão ascendente; R – pico desta deflexão; S – onda descendente) e mostram a contração e despolarização ventriculares. PR indica o tempo de trânsito requerido para o sinal elétrico se deslocar do sino para o ventrículo do coração. A onda T é normalmente moderada e representa a repolarização ventricular. (B): representação da VFC monitorada e analisada para determinar o estado do sistema nervoso controlando o coração. O SNA é determinado pela detecção de variações em intervalos consecutivos de tempo entre picos RR do complexo QRS do ECG. Originalmente, a VFC era mensurada de forma manual, com cálculos da média dos intervalos RR e seus desvios mensurados em ECGs de curta duração. Adaptado de Dong (2016).

Em extensa revisão sobre a utilização da VFC como mecanismo de biofeedback, Gervitz (2013) relatou sua aplicabilidade primária em diversas áreas dentre elas asma, distúrbios gastrointestinais funcionais, fibromialgia, problemas cardíacos, hipertensão, depressão, insônia, dores musculares crônicas e performance esportiva. Segundo o mesmo

autor, todas as áreas citadas anteriormente apresentaram melhora com o uso da VFC enquanto mecanismo de biofeedback, sugerindo assim melhora na regulação autonômica. Soares-Miranda *et al.* (2014), em um projeto de análise longitudinal com 985 idosos ($71,0 \pm 5,0$ anos), verificaram que, após cinco anos, naqueles participantes que aumentaram a quantidade média de caminhada em quadras por semana ($n=182$) a VFC apresentou índices significativamente mais favoráveis (SDNN média \pm SD= $116,3 \pm 8,2$ ms) do que aqueles que a diminuíram ($n=193$) (média \pm SD= $109,4 \pm 7,2$ ms) ($p<0,0001$). Essa interação entre coração, cérebro e SNA faz da VFC uma medida da função neurocardíaca (SCHAFFER, McCRATY E ZER, 2014), com sua leitura podendo ser analisada em dois domínios: tempo e frequência.

2.2.1 Domínios da Frequência e do Tempo

A VFC é mais comumente obtida por meio da leitura dos intervalos RR do eletrocardiograma (ECG), e pode ser analisada por uma variedade de métodos e cálculos complexos, aonde independentemente do método aplicado o ritmo respiratório do avaliado deve ser mantido normalmente durante a obtenção dos dados para sua melhor interpretação. Dentre eles o domínio da frequência calcula a quantidade absoluta ou relativa do sinal de energia dentre as bandas que o compõem. A sua forma espectral é representada em bandas muito baixa (VLF), baixa (LF) e alta (HF). Segundo vários estudos, a utilização do parâmetro da VFC a ser aplicado deve ser baseada conforme as informações necessárias para o atleta, a sensibilidade do indicador em relação ao nível de treinamento e as limitações práticas da coleta a ser realizada (BUCCHEIT, 2014; DONG, 2016; GRAHAM E DAVIS, 2017; MICHAEL, STANLEY, PEAKE E BUCCHEIT, 2013; PLEWS *et al.*, 2013). Estes mesmos estudos ainda ressaltam que, em análises a serem realizadas durante eventos ou provas, os índices do domínio do tempo são os mais recomendados: a) pela sua praticidade; b) por possuírem baixa sensibilidade em relação a padrões respiratórios, quando comparados aos adquiridos pelo emprego do domínio da frequência; c) pelo uso de uma simples planilha para armazenamento e tabulação de dados, em particular o índice RMSSD, sendo assim acessível a qualquer pessoa; e d) a variação de medidas diárias para leituras curtas (5-10 min) em ambientes externos é menor do que as encontradas no domínio da frequência.

Tabela 1. Índices da VFC em seu domínio do tempo.

Índice	Mecanismo
SDNN	Simpático e parassimpático
RMSSD	Parassimpático
pNN50	Parassimpático
MEANRR/MEANHR	Parassimpático

Legenda: SDNN (desvio padrão dos intervalos RR), RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças quadradas entre intervalos RR sucessivos), pNN50 (percentual de intervalos RR sucessivos que diferem em mais de 50 ms), MEANRR (média dos intervalos RR) e MEANHR (média da FC).

A Tabela 1 demonstra os diferentes índices da VFC e suas relações com o SNS e o SNP do SNA no domínio do tempo, a ser desta forma utilizado neste estudo devido às características da amostra e do ambiente de coleta. Para o seu armazenamento, as variações entre batimentos cardíacos consecutivos são observadas e quantificadas entre dois minutos a vinte e quatro horas. Desde a padronização internacional elaborada pela *Task Force of the European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and Electrophysiology* (1996), que buscou estabelecer medidas, uso e interpretações fisiológicas da VFC, alguns dos índices mais utilizados em sua linha do tempo são SDNN (desvio padrão dos intervalos RR), RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças quadradas entre intervalos RR sucessivos), pNN50 (percentual de intervalos RR sucessivos que diferem em mais de 50 ms), MEANRR (média dos intervalos RR) e MEANHR (média da FC), SDRR (desvio padrão da FC).

2.3 USO DA VFC COMO MECANISMO DE BIOFEEDBACK

Após analisar dados provenientes de 974 atletas olímpicos masculinos e femininos de várias modalidades, Lucini *et al.* (2017) ressaltam a inconsistência resultante das diferentes metodologias de interpretação da VFC e sugerem precaução na utilização de receptores sem o emprego de ECG na sua obtenção devido a tais imprecisões. Por sua vez, outro estudo (PLEWS *et al.*, 2017b), realizado com 26 triatletas de ambos os sexos que tiveram seus dados da VFC obtidos em repouso, visou comparar a confiabilidade nas leituras por *bluetooth* via telefonia móvel por fotopletismografia quando comparadas às obtidas via ECG, que mostrou-se segundo os seus autores possuir elevada validade.

Em conformidade com dados de estudos na revisão de Makivič *et al.* (2013), a detecção de mudanças na intensidade do exercício por meio de medidas obtidas a partir da VFC imediatamente após o término da atividade física é também tida como ferramenta confiável para o controle de carga do treinamento e prevenção de overtraining. Da mesma forma, Dong (2016) ressalta que a intensidade de treinamento e nível dos atletas são fatores relevantes na relação entre a regulação cardíaca e VFC na monitoração e melhora da performance.

As alterações identificadas durante o exercício na modulação autonômica cardíaca por meio da análise da VFC podem ser utilizadas também como mecanismo eficiente de prevenção cardiovascular, já que o excesso de atividade da modulação simpática do SNA está relacionado com risco cardiovascular, de acordo com Simões *et al.* (2016). Os autores ainda atestam seu uso como eficiente para estimar o primeiro limiar de lactato, cujo controle adequado pode trazer benefícios à performance do atleta. Em uma revisão sistemática sobre o uso da VFC como ferramenta de melhora da performance em vários esportes individuais e coletivos (MORGAN E MORA, 2017), em 85,71% dos estudos analisados a utilização da VFC foi tida como eficaz, segura e de fácil manuseio para auxiliar na melhora da regulação autonômica. Entretanto, o mesmo estudo aponta a ausência de pesquisas utilizando a VFC em situações de prova ou competição, reforçando desta forma a lacuna existente na literatura em pesquisas com o tipo de desenho proposto por este estudo.

2.4 VFC E TRIATHLON

Até o presente momento, há poucos estudos que se utilizaram da VFC como mecanismo de biofeedback em triatletas, fazendo uso de ambientes laboratoriais ou realizando a obtenção de seus dados a partir da análise isolada de apenas uma das três disciplinas que compõem o esporte (AUBRY *et al.*, 2015; BELLENGER *et al.*, 2016; BELLENGER *et al.*, 2017). Plews *et al.* (2012) investigaram o índice Ln (algoritmo transformado) de RMSSD da VFC e sua relação com a frequência cardíaca (FC) de repouso de dois atletas de elite de triathlon (Masculino = 22,0 anos, 181,0 cm, 73,9 kg; Feminino = 20,0 anos, 164,0 cm, 57,1 kg) no período de dez semanas que precedeu uma prova oficial. Devido ao fato de um dos atletas ter sido diagnosticado com NFOR (*non-functional overreaching*) durante o processo de coleta e análise dos dados, os resultados se

mostraram controversos. Arslan e Aras (2016) objetivaram comparar as alterações da VFC por meio de um teste de esteira entre seis ciclistas ($32,3 \pm 3,0$ anos; $175,5 \pm 5,5$ cm; $75,4 \pm 7,4$ kg) e oito triatletas masculinos ($36,2 \pm 5,6$ anos; $181,6 \pm 4,1$ cm; $74,3 \pm 3,8$ kg), encontrando valores dos índices SDNN e RMSSD maiores nos ciclistas ($57,2 \pm 20,9$ ms e $42,2 \pm 24,2$ ms; respectivamente) do que em triatletas ($50,2 \pm 16,8$ ms e $35,7 \pm 18,8$ ms; respectivamente). Contudo, os autores não demonstraram a aplicabilidade deste fenômeno em evento competitivo, pois o mesmo também foi realizado em condição laboratorial limitando assim sua validade externa.

Por outro lado, a empregabilidade da VFC em situações de competição no triathlon apresenta registros ainda mais escassos, que foram obtidos com diferentes metodologias das sugeridas por esta pesquisa. Em estudo realizado com 20 triatletas masculinos bem treinados, Menicucci *et al.* (2013) analisaram as alterações dos aspectos cardiovasculares, imunológicos e hormonais em consequência de uma prova de Ironman em sua distância olímpica (3,8 km de natação, 180 km de ciclismo e 42 km de corrida). Os resultados, obtidos com o emprego das bandas VF e HF por meio da análise espectral da VFC, demonstraram uma integração complexa da função cardiovascular com os hormônios estressores e respostas inflamatórias ocorridas no organismo dos atletas durante a prova.

Cruz *et al.* (2016) analisaram a associação de componentes de imunidade celular com a VFC e sua possível associação com doenças e demais consequências da *open window* imunológica em doze triatletas masculinos ($36,41 \pm 5,57$ anos, $81,84 \pm 10,97$ kg) participantes de um evento na modalidade olímpica, utilizando-se de quatro dos índices a serem aplicados neste estudo, com exceção de MEANHR. Além dessa diferença, as leituras da pesquisa em questão foram realizadas uma semana antes do evento, ao final deste, e então duas horas, 48 horas e uma semana após o término da prova; enquanto que no presente estudo a realização das leituras da VFC ocorreu imediatamente antes e após o término do evento.

3 METODOLOGIA

3.1 DESENHO DO ESTUDO

O estudo proposto foi desenvolvido por meio de pesquisa *ex-post facto* (GIL, 2005). A variável dependente é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a variável independente é o evento oficial competitivo de triathlon ocorrido em 4 de março de 2018.

3.2 PARTICIPANTES

Foram pré-selecionados 24 atletas masculinos e femininos de uma equipe amadora de triathlon de Curitiba – PR, de ambos os sexos, os quais participaram de evento oficial do calendário Sesc Triathlon 2018 – Circuito Nacional – Etapa Caiobá, realizado na cidade de Caiobá–PR, em 04 de março de 2018. Seguindo os critérios de inclusão do estudo, aqueles atletas com idade entre 18–50 anos e com participação em provas do calendário nacional do esporte nos dois últimos anos foram selecionados. Conforme os critérios de exclusão estabelecidos, foram excluídos sete atletas que não participaram de um dos momentos de coleta.

Os dezessete atletas incluídos na pesquisa foram informados sobre todos os procedimentos e convidados a tomar parte da mesma voluntariamente, condicionando sua participação ao assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que foi obtido por uma assessoria esportiva, solicitante desta pesquisa (Anexo I). Este projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Centro Universitário Campos Andrade – UNIANDRADE (CAEE 11967819.9.0000.5218) seguindo as normas estabelecidas na Declaração de Helsinki e na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

3.3 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS

O responsável pela assessoria esportiva contatou o pesquisador com o intuito de solicitar a análise dos dados coletados no evento Sesc Triathlon 2018 – Circuito Nacional – Etapa Caiobá. Na sequência, foi requerida a declaração de consentimento do responsável pela assessoria, na qual se autoriza a utilização dos dados coletados (Anexo II). Neste sentido, os dados dos atletas que se dispuseram a participar voluntariamente deste estudo e se enquadrassem nos critérios de inclusão foram repassados ao pesquisador. Além disso, foram explicados todos os procedimentos e esclarecidas quaisquer dúvidas, e solicitado que o participante assinasse o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) condicionando seu envolvimento voluntário. Os dados utilizados nesta pesquisa foram coletados no evento Sesc Triathlon 2018 – Circuito Nacional – Etapa Caiobá, a saber:

- Medidas antropométricas foram mensuradas aproximadamente uma hora antes do início da prova. Massa e estatura corporal foram obtidas por meio de balança digital (Salter, modelo 9106) e estadiômetro (Wiso, modelo 210). Na sequência, ainda antes da prova, assim como imediatamente após seu término, a obtenção e registro da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foram realizados conforme procedimentos e recomendações adotados internacionalmente (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELETROPHYSIOLOGY, 1996);

- Para a coleta dos dados da VFC faz-se necessário fixar no tórax do participante um transmissor de monitoramento cardíaco (Polar, modelo T-31 Coded) na altura do processo xifoide, de maneira a se registrar a frequência cardíaca (FC) e intervalos RR. Os participantes deitaram-se em colchonetes na posição de decúbito dorsal, sendo separados entre si por pelo menos 1,5 m de distância para evitar qualquer interferência nos dados. Os atletas tiveram seus olhos vendados e foi orientado que mantivessem respiração normal, evitando movimentar-se e conversar durante sete minutos (FARAH *et al.*, 2017). Os registros dos intervalos RR foram armazenados em um laptop utilizando um software (Kubios, versão 2.2) (TARVAINEN *et al.*, 2014) para sua conversão e posterior análise. Após este registro, o receptor e o transmissor torácico foram retirados e os atletas liberados para a prova;

- Imediatamente após o término do evento, todos os atletas foram novamente dirigidos para a área de avaliação aonde mesmo o procedimento de obtenção da VFC foi repetido.

- Os índices da VFC analisados em sua linha do tempo foram SDNN (desvio padrão dos intervalos RR), RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças quadradas entre intervalos RR sucessivos), pNN50 (percentual de intervalos RR sucessivos que diferem em mais de 50 ms), MEANRR (média dos intervalos RR) e MEANHR (média da frequência cardíaca).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram utilizadas a estatística descritiva de tendência central e de variabilidade por meio da média e desvio-padrão. A variação percentual entre os momentos de coleta é apresentada pelo delta, adotando o valor pré evento como referência. A distribuição dos dados amostrais demonstrou-se tanto paramétrica quanto não-paramétrica, neste sentido e devido às demais características das variáveis decidiu-se por adotar testes paramétricos para todas as variáveis. A comparação dos valores obtidos em cada variável dependente entre antes (PRE) e após (POS) a realização do evento foi conduzida com o teste *t* pareado adotando o nível de significância de $p < 0,05$. Utilizou-se o software SPSS (Versão 21).

4 RESULTADOS

Todos os dezessete participantes ($38,8 \pm 7,8$ anos; $175,9 \pm 6,7$ cm; $77,4 \pm 8,6$ kg) que fizeram parte deste estudo relataram possuir no mínimo dois anos de experiência no esporte. Comparações entre os parâmetros da VFC em ambos os momentos antes (PRE) e após (POS) o evento são demonstradas na Tabela 2.

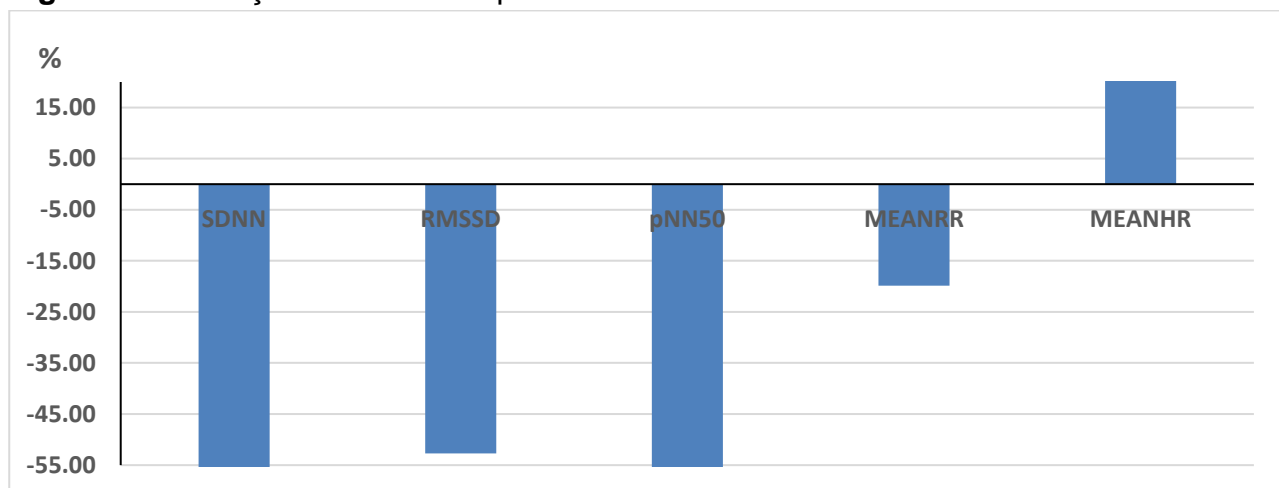
Tabela 2. Parâmetros da VFC no domínio do tempo em triatletas amadores.

Parâmetros	PRE mean \pm SD	POS mean \pm SD	Teste <i>t</i>	p
SDNN (ms)	74,23 \pm 47,05	32,10 \pm 12,92	3,941	0,001
RMSSD (ms)	42,30 \pm 39,26	20,01 \pm 11,21	2,489	0,024
pNN50 (%)	14,33 \pm 17,19	3,63 \pm 4,48	2,812	0,013
MEANRR (ms)	863,43 \pm 182,45	691,70 \pm 117,10	4,346	0,001
MEANHR (beat \cdot min ⁻¹)	74,24 \pm 18,85	89,52 \pm 16,46	-3,104	0,007

Mean (média), SD (desvio padrão), SDNN (desvio padrão dos intervalos RR), RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças quadradas entre intervalos RR sucessivos), pNN50 (percentual de intervalos RR sucessivos que diferem em mais de 50 ms), MEANRR (média dos intervalos RR) e MEANHR (média da FC). ($p < 0,05$).

Comparações entre os momentos PRE e POS da VFC na linha do tempo obtidos em uma prova de triathlon mostraram diferenças significativas para todos os parâmetros analisados. Alterações percentuais nos parâmetros da VFC são demonstradas na figura 2.

Figura 2. Mudanças relativas nos parâmetros da VFC.



5 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi descrever o efeito de uma prova de triathlon na variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em seu domínio do tempo em atletas amadores, tendo sido demonstrada a eficácia na utilização da VFC para a identificação das alterações ocorridas no sistema nervoso autônomo (SNA) quando comparados os valores obtidos antes do início (PRE) e imediatamente após o término (POS) de um evento competitivo de nível nacional de triathlon.

Picanço *et al.* (2017) conduziram uma pesquisa com cinco ciclistas de endurance, sexo masculino, altamente treinados e pelo menos um ano de prática na modalidade de estrada (idade $24,8 \pm 6,9$ anos, peso $71,9 \pm 5,9$ kg, estatura $1,80 \pm 0,1$ m, $4,0 \pm 1,0$ dias de treino/semana, $11,4 \pm 4,4$ horas de treino/semana). Conforme os registros obtidos, a via simpática do SNA apresentou diminuição em sua atividade após o exercício quando seus valores são comparados aqueles obtidos antes do mesmo, representando assim significativa influência do componente simpático por meio do índice **SDNN** durante o exercício ($76,4 \pm 20,9$ ms PRE e $54,9 \pm 14,1$ ms POS; Δ 28,14%). Estes resultados, como os apresentados no presente estudo ($74,23 \pm 47,05$ ms PRE e $32,10 \pm 12,92$ ms POS; Δ -56,75%), demonstram queda no componente simpático. Similarmente, este fato foi indicado por James *et al.* (2012) em análise da influência de diferentes intensidades em 16 corredores (14 homens, 2 mulheres; idade $28,0 \pm 8,0$ anos, peso $73,8 \pm 8,6$ kg, estatura $1,76 \pm 7,9$ m, $3,7 \pm 1,1$ dias de treino/semana, $8,8 \pm 5,3$ anos de treino) experientes (Δ 39,00%) submetidos a seis tiros de 800 m com 3 minutos de intervalo. Entretanto, em uma revisão sistemática (BELLENGER *et al.*, 2016a) foi relatado que as alterações no balanço vagal simpático foram evidenciadas tanto antes quanto após o exercício, acompanhadas de aumento evidente na performance quando uma adaptação positiva ao treino ocorre, apesar de o mesmo estudo também demonstrar que aumentos em valores relacionados à VFC e frequência cardíaca (FC) podem ser uma consequência de *overtraining*.

Em recente estudo, Clemente-Suárez *et al.* (2019) compararam os efeitos da performance na natação e corrida de 32 triatletas amadores com ao menos um ano de experiência em competições nacionais na modalidade (20 homens: idade 27.7 ± 5.7 anos, estatura 175.2 ± 5.0 cm, massa 70.6 ± 6.3 kg; e 12 mulheres: idade 26.8 ± 6.8 anos; estatura 164.7 ± 4.6 cm; massa 58.5 ± 4.1 kg; 7.0 ± 1.5 horas de treino/semana), divididos em três grupos diferenciados pela intensidade do esforço (INT = intensidade, VOL = volume, CON

= controle). Os resultados no índice **RMSSD** apresentaram valores similares ao momento PRE (INT $44,80 \pm 40,30$ ms PRE e $43,0 \pm 36,7$ ms POS, $\Delta -4,01\%$; VOL $36,1 \pm 34,8$ % PRE e $55,2 \pm 88,2$ % POS, $\Delta 52,90\%$; CON $41,2 \pm 42,4$ PRE e $42,9 \pm 26,1$ POS, $\Delta 4,12\%$) em relação aos aqui apresentados ($42,30 \pm 39,26$ ms PRE e $20,01 \pm 11,21$ ms POS; $\Delta -52,69\%$). Ambos estudos mostraram valores menores aos encontrados por Coates, Hammond e Burr (2018), que por sua vez investigou o uso de medidas pré-treino de regulação autonômica para avaliar *overreaching* em 28 homens e mulheres, ciclistas e triatletas recreacionais, após cinco semanas de treino de intensidade reduzida (T1 = uma semana), regular (T2 = três semanas) e de sobrecarga (T3 = uma semana). O resultado apresentado em cada microciclo foi de T1 64,00 ms, T2 57,00 ms e 65,00 ms respectivamente.

No presente estudo, os valores encontrados para o parâmetro **pNN50** ($14,33 \pm 17,19$ % PRE e $3,63 \pm 4,48$ % POS, $\Delta -74,61\%$) foram similares aos apresentados por Picanço *et al.* (2017) em PRE ($18,1 \pm 15,4$ %), porém distantes de POS ($0,6 \pm 1,2$ %; $\Delta -96,68\%$). Os dados do presente estudo diferiram daqueles ($50,4 \pm 5,6$ % PRE and $27,2 \pm 10,0$ % POS; $\Delta 46,03\%$) observados por Rosales-Soto *et al.* (2016) que buscaram descrever as respostas autonômicas após uma semana de treinamento aeróbio em ciclistas de rua do sexo masculino (idade $27,0 \pm 1,5$ anos, estatura $170,0 \pm 6,6$ cm, massa $66,0 \pm 4,3$ kg) de nível nacional. Tais diferenças podem ser resultantes do protocolos aplicados, variações antropométricas, idade e nível de condicionamento das populações analisadas.

Valores apresentados no índice **MEANRR** por Picanço *et al.* (2017) novamente se mostraram similares ($787,58 \pm 135,58$ ms PRE e $546,32 \pm 67,83$ ms POS; $\Delta -30,63\%$) aos adquiridos na presente pesquisa ($863,43 \pm 182,45$ ms PRE e $691,70 \pm 117,10$ ms POS; $\Delta -19,88\%$).

O parâmetro **MEANHR** obtido no presente estudo ($74,24 \pm 18,85$ ms PRE e $89,52 \pm 16,46$ POS; $\Delta 20,58\%$) demonstrou valores não muito distantes daqueles obtidos por Clemente-Suárez *et al.* (2019) ($66,5 \pm 18,6$ bpm PRE e $62,5 \pm 7,5$ bpm POS, $\Delta -6,01$ % INT; $72,8 \pm 20,2$ bpm PRE e $58,7 \pm 8,6$ bpm POS, $\Delta -19,36$ % VOL e $66,9 \pm 12,2$ bpm PRE e $65,5 \pm 6,8$ bpm POS, $\Delta -2,09$ % CON). Os mesmos autores concluíram que não houve diferenças significativas entre os grupos em nenhum momento analisado ($p < 0.05$). Da mesma forma, Arslan e Aras (2016) compararam vários aspectos da performance entre 14 triatletas e ciclistas competitivos masculinos (seis ciclistas $32,3 \pm 3,0$ anos; $175,5 \pm 5,5$ cm; $75,4 \pm 7,4$ kg; oito triatletas $36,2 \pm 5,6$ anos; $181,6 \pm 4,1$ cm; $74,3 \pm 3,8$ kg) e não encontraram diferenças significativas nos índices da VFC que foram avaliados ($p < 0.05$).

Conforme sugerido em vários estudos e pela aparente natureza das diferenças demonstradas entre os índices da VFC naqueles que foram comparados com os resultados encontrados nesta pesquisa, fatores como sexo, idade, peso, estatura, especificidade do esporte e nível de condicionamento físico, dentre outros, podem alterar os índices do SNA via VFC no atleta, seja de nível recreacional, amador ou profissional. Faz-se portanto necessária uma série de análises que venham a fornecer não somente informações precisas sobre como aperfeiçoar a performance, mas também prevenir o excesso de treinamento e suas conseqüentes lesões (ARSLAN E ARAS, 2016; BELLENGER *et al.*, 2017; BELLENGER *et al.*, 2016; HOTTENROTT, HOOS E ESPERER, 2006; MAKIVIČ, NIKIČ E WILLIS, 2013; da SILVA *et al.*, 2015).

Este estudo possui algumas limitações, destacando-se a) o fato de que outros indicadores de performance poderiam ter sido utilizados para comparação da utilização da VFC como mecanismo de biofeedback, porém devido aos dados fornecidos pela assessoria solicitante, apenas os registros aqui apresentados puderam ser utilizados, e b) dadas as condições da realização da coleta, apresentou-se um número desproporcional de atletas em relação ao sexo (14 homens e 3 mulheres). Ainda assim, deve-se ressaltar que a população utilizada, formada por atletas com experiência comprovada no esporte, retrata um perfil fisiológico adequado para a análise dos dados obtidos que, por sua vez, foram coletados em ambiente de prova do calendário nacional do triathlon, suprimindo uma lacuna até então existente na literatura devido à complexidade na obtenção de registros desta natureza em ambiente competitivo. Desta forma, futuros estudos devem ser realizados aonde a obtenção da VFC possa ser acompanhada de outros indicadores fisiológicos para que seus resultados possam ser comparados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos parâmetros da VFC em sua linha do tempo, se obtidos como resultado da influência do exercício, pode proporcionar um amplo entendimento em relação ao funcionamento do componente cardíaco e do sistema nervoso autônomo (SNA) como indicadores de fadiga, *overtraining*, estresse, condições de saúde e outros fatores intervenientes na performance esportiva. Mudanças no domínio do tempo da VFC observadas neste estudo sugerem que um evento competitivo de triathlon é suficiente para afetar o balanço do SNA em triatletas amadores de ambos os sexos, fazendo da VFC uma ferramenta eficiente no uso de monitoramento e aperfeiçoamento da performance.

REFERÊNCIAS

ARSLAN, EA, ARAS, DA. Comparison of body composition, heart rate variability, aerobic and anaerobic performance between competitive cyclists and triathletes. **Journal of Physical Therapy Science**; 28:1325-1329, 2016.

AUBERT AE, SEPS B, BECKERS F. Heart rate variability in athletes. **Sports Medicine** 2003; 33(12): 889-919.

AUBRY A, HAUSSWIRTH C, LOUIS J, COUTTS AJ, BUCHEIT M, LE MEUR Y. The development of functional overreaching is associated with a faster heart rate recovery in endurance athletes. **PLoS One** 2015; 10(10): e0139754.

BELLENGER CR, FULLER JT, THOMSON RL, DAVIDSON K, ROBERTSON EY, BUCKLEY JD. Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine** 2016a; (46): 1461-1486.

BELLENGER CR, THOMSON RL, HOWE PRC, KARAVIRTA L, BUCKLEY JD. Monitoring athletic training status using the maximal rate of heart rate increase. **Journal of Science in Medicine and Sports** 2016b; (19): 590-595.

BELLENGER CR, THOMSON RL, ROBERTSON EY, DAVIDSON K, NELSON MJ, KARAVITA L, BUCKLEY JD. The effect of functional overreaching on parameters of autonomic heart rate regulation. **European Journal of Applied Physiology** 2017; 117(3): 541-550.

BILLMAN G, HUIKURI HV, SACHA J, TRIMMEL K. An introduction to heart rate variability: methodological considerations and clinical applications. **Frontiers in Physiology** 2015; 6(55): 1-3.

BORRESEN J, LAMBERT M. Autonomic control of heart rate during and after exercise – Measurements and implications for monitoring training status. **Sports Medicine** 2008; 38 (8): 633-646.

BUCHHEIT M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? **Frontiers in Physiology** 2014; 5(73): 1-19.

CLEMENTE-SUÁREZ VJ, DELGADO-MORENO R, GONZÁLEZ B, DOMINGO JO, RAMOS-CAMPO J. Amateur endurance triathletes' performance is improved independently of volume or intensity based training. **Physiology & Behavior** 2019; 205: 2-8.

COATES AM, HAMMOND S, BURR JF. Investigating the use of pre-training measures of autonomic regulation for assessing functional overreaching in endurance athletes. **European Journal of Sport Science** 2018; 18(7): 965-974.

COTTIN F, MÉDIQUE C, LEPRÊTE P-M, PAPELIER Y, KORALSZTEIN J-P, BILLAT V. Heart rate variability during exercise performed below and above ventilatory threshold. **Medicine & Science in Sports & Exercise** 2004; 36(4): 594-600.

CRUZ GH, ORELLANA JN, TARACO AR, COLMENERO BR. Leukocyte populations are associated with heart rate variability after a triathlon. **Journal of Human Kinetics** 2016; 54: 55-63.

DONG, JG. The role of heart rate variability in sports physiology. **Experimental and Therapeutical Medicine** 2016; 11(5), 1531–1536.

FARAH L, RIBAS MR, WASH JUNIOR N, CENDON RV, SALGUEIROSA FM, BASSAN JC. Use of individual devices for measuring R-R intervals and heart rate. **JEPonline** 2017; 20(4): 58-65.

FLATT AA, HORNIKEL B, ESCO MR. Heart rate variability and psychometric responses to overload and tapering in collegiate sprint-swimmers. **Journal of Science in Medicine and Sports** 2017; (20): 606-610.

GERVITZ R. The promise of heart rate variability biofeedback: evidence-based applications. **Biofeedback** 2013; 41(3): 110–120.

GIL AC. Metodologia do Ensino Superior. 4ª Edição. 2005. **Editora Atlas**.

GRONWALD T, HOOS O, HOTTENROTT K. Effects of a Short-Term Cycling Interval Session and Active Recovery on Non-Linear Dynamics of Cardiac Autonomic Activity in Endurance Trained Cyclists. **Journal of Clinical Medicine** 2019; 8(2): pii E194.

HOTTENROTT K, HOOS O, ESPERER HD. Herzfrequenzvariabilität und Sport. **Herz** 2006; 31(6): 544–552.

INTERNATIONAL TRIATHLON UNION. **ITU Competition Rules 2019**, p97-98.

JAMES DVB, MUNSON SC, MALDONADO-MARTIN S, DE STE CROIX MBA. Heart rate variability: effect of exercise intensity on post exercise response. **Research Quarterly for Exercise and Sport** 2012; 83 (4): 533-539.

KIPPS C, SMITH R, KNIGHT N, PARKIN J. Injuries and illness during mass-participation triathlon races: optimising competitor safety. **British Journal of Sports Medicine** 2017;51:343-344.

KISS O, SYDÓ N, VARGHA P, VAGÓ H, CZIMBALMOS C, ÉDES E, ZIMA E, APPONYI G, MERKELY G, SYDÓ T, BECKER D, ALLISON TG, MERKELY B. Detailed heart rate variability analysis in athletes. **Clinical Autonomic Research** 2016; 26(4): 245-252.

LOPES A, DIAS V, CUNHA GSC, DE OLIVEIRA AR, STOCCHERO C. Variabilidade da frequência cardíaca: método não-invasivo de avaliação do limiar ventilatório. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício** 2009; 8(2): 99-105.

LOPES RF, OSIECKI R, RAMA LMPL. Resposta da frequência cardíaca e da concentração de lactato após cada segmento do triathlon olímpico. **Revista Brasileira de Medicina no Esporte** 2012; 18(3):158-160.

LUCINI D, MARCHETTI I, SPATARO A, MALACARNE M, BENZI M, TAMORRI S, SALA R, PAGANI M. Heart rate variability to monitor performance in elite athletes: Criticalities and avoidable pitfalls. **International Journal of Cardiology** 2017; 240: 307-312.

MAKIVIČ B, NIKIČ MD, WILLIS MS. Heart rate variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. **JEPonline** 2013; 16(3): 103-131.

MENICUCCI D, PIARULLI A, MASTORCI F, SEBASTIANI L, LAURINO M, GARBELLA E, CASTAGNINI C, PELLEGRINI S, LUBRANO V, BERNARDI G, METELLI MR, BEDINI R, L'ABBATE A, PINGITORI A, GEMIGNANI A. Interactions between immune, stress-related hormonal and cardiovascular systems following strenuous physical exercise. **Archives Italiennes de Biologie** 2013; 151: 126-136.

MICHAEL S, GRAHAM KS, DAVIS GM. Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals – a review. **Frontiers in Physiology** 2017; 8(301): 1-19.

MILLET GP, VLECK VE, BENTLEY DJ. Physiological requirements in triathlon. **Journal of Human Sport & Exercise** 2011; 6(2): 1-21.

MORGAN SJ, MORA JAM. Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance, a systematic review. **Applied Psychophysiology and Biofeedback** 2017; 42(3): 235-245.

OLMEDILLA A, TORRES-LUQUE G, GARCÍA-MAS A, RUBIO VJ, DUCOING E, ORTEGA E. Psychological Profiling of Triathlon and Road Cycling Athletes. **Frontiers of Physiology** 2018; 9(825): 1-9

PICANÇO LM, CAVALHEIRO G, VAZ MS, DEL VECCHIO FB. Cardiac autonomic responses of trained cyclists at different training amplitudes. **Archivos de Medicina del Deporte** 2017; 34(1): 15-20.

PIRAS A, PERSIANI M, DAMIANI N, PERAZOLLO M, RAFFI M. Peripheral heart action (PHA) training as a valid substitute to high intensity interval training to improve resting cardiovascular changes and autonomic adaptation. **European Journal of Applied Physiology** 2014; 115(4): 763-773.

PLEWS DJ, LAURSEN PB, KILDING AE, BUCHHEIT M. Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. **European Journal of Applied Physiology** 2012; 112(11): 3729-3741.

PLEWS DJ, LAURSEN PB, STANLEY J, KILDING AE, BUCHHEIT M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. **Sports Medicine** 2013; 43: 773-781.

PLEWS DJ, LAURSEN PB, BUCHEIT M. Day-to-day heart rate variability (HRV) recordings in world Champion rowers: appreciating unique athlete characteristics. **International Journal of Sports Physiology and Performance** 2017a; 12(5): 697-703.

PLEWS DJ, SCOTT B, ALTINI M, WOOD M, KILDING AE, LAURSEN PB. Comparison of Heart Rate Variability Recording With Smart Phone Photoplethysmographic, Polar H7 Chest Strap and Electrocardiogram Methods. **International Journal of Sports Physiology and Performance** 2017b; 12(10): 1324-1328.

PODSTAWSKI R, BORACZYŃSKI M, NOWOSIELSKA-SWADŹBA D, ZWOLIŃSKA D. Heart rate variability during pre-competition and competition periods in volleyball players. **Biomedical Human Kinetics** 2014; (6): 19-26.

PROIETTI R, DI FRONSO S, PEREIRA LA, BORTOLI L, ROBAZZA C, NAKAMURA FY, BERTOLLO M. Heart rate variability discriminates competitive levels in professional soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research** 2017; 31(6):1719-1725.

RAVÉ G, FORTRAT JO. Heart rate variability in the standing position reflects training adaptation in professional soccer players. **European Journal of Applied Physiology** 2016; 116(8): 1575-82.

ROSALES-SOTO G, CORSINI-PINO R, MONSÁLVES-ÁLVARES M, YÁÑEZ-SEPÚLVEDA R. Respuesta del balance simpático-parasimpático de la variabilidad de la frecuencia cardíaca durante una semana de entrenamiento aeróbico em ciclistas de ruta. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte** 2016; 9(4): 143-147.

SASSI R, CERUTTI S, LOMBARDI F, MALIK M, HUIKURI HV, PENG CK, SCHMIDT G, YAMAMOTO Y. Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. **Europace** 2015; 17: 1341-1353.

SHAFFER F, McCRATY R, ZERR CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. **Frontiers in Physiology** 2014; 5(1040): 1-19.

DA SILVA VP¹, DE OLIVEIRA NA, SILVEIRA H, MELLO RG, DESLANDES AC. Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review. **Annals of Noninvasive Electrocardiology** 2015; 20(2): 108-18.

SIMÕES RP, MENDES RG, CASTELLO-SIMÕES V, CATAI AM, ARENA R, BORGHI-SILVA A. Use of Heart Rate Variability to Estimate Lactate Threshold in Coronary Artery Disease Patients during Resistance Exercise. **Journal of Sports Science and Medicine** 2016; 15(4): 649–657.

SOARES-MIRANDA L, SATTELMAIR J, CHAVES P, DUNCAN GE, SISCOVICK DS, STEIN PK, MOZAFFARIAN D. Physical activity and heart rate variability in older adults: The Cardiovascular Health Study. **Circulation** 2014; 129(21): 2100-2110.

STANLEY J, PEAKE JM, BUCHHEIT M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. **Sports Medicine** 2013; 43(12): 1259–1277.

TARVAINEN MP, NISKANEN JP, LOPPONEN JA, RANTA-AHO PO, KARJALAINEN PA. Kubios HRV – Heart rate variability analysis software. **Computer Methods and Programs in Biomedicine** 2014; 113.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY – Heart Rate Variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **European Heart Journal** 1996; 17(3): 354-381.

VANDERLEI LCM, PASTRE CM, HOSHI RA, DE CARVALHO TD, DE GODOY MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular** 2009; 24(2): 205-217.

WILLIAMS S, BOOTON T, WATSON M, ROWLAND D, ALTINI M. Heart Rate Variability is a Moderating Factor in the Workload-Injury Relationship of Competitive CrossFit™ Athletes. **Journal of Sports Science and Medicine** 2017 (16): 443-449.

ANEXO I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título da pesquisa: Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca no Domínio do Tempo em Triatletas

Pesquisador: André Lass

Endereço: Rua Amazonas de Souza Azevedo 337 – Curitiba/PR

Fone: +55 41 99118 2011

Orientador: Prof. Maressa Krause, PhD

Endereço: Av. Sete de Setembro 3165 – Curitiba/PR

Fone: +55 41 98836 2079

Local de realização da pesquisa: Sesc Triathlon Caiobá 2018

Endereço: R. Rio Branco, 141 - Caiobá, Matinhos - PR

Fone: +55 41 3473-3177

A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

Este é um convite especial para que você participe voluntariamente da pesquisa intitulada de: Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca no Domínio do Tempo em Triatletas, utilizando recursos não-invasivos, sob responsabilidade do pesquisador André Lass, orientado pela Professora Maressa Krause, PhD. As informações existentes neste documento são para que você entenda perfeitamente os objetivos da pesquisa, e saiba que a sua participação é de forma autônoma, consciente, livre e esclarecida. Se durante a leitura deste documento ocorrer alguma dúvida, você deverá fazer perguntas aos pesquisadores envolvidos que lhe atenderão no momento para que possa entender perfeitamente do que se trata. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, no caso de aceitar assine ao final deste documento e realize sua rubrica em todas as páginas.

1. Apresentação da pesquisa

É necessário que algumas medidas preventivas sejam tomadas para que se preserve a saúde física do participante, sendo assim é viável que exista um protocolo de procedimentos onde constem todos os parâmetros de cuidados a serem tomados, como o registro da frequência cardíaca em repouso, obtenção da variabilidade da frequência cardíaca e oximetria de pulso. Desta forma, o estudo pretende registrar e identificar os dados obtidos.

2. Objetivos da pesquisa

O objetivo desta pesquisa é estabelecer a efetividade da variabilidade da frequência cardíaca enquanto mecanismo de biofeedback da performance.

3. Participação na pesquisa

A coleta de dados será realizada conforme o que se segue:

- obtenção de massa corpórea e estatura;
- registro da variabilidade da frequência cardíaca por cinco minutos antes da prova;
- registro da variabilidade da frequência cardíaca por cinco minutos após a prova.

4. Confidencialidade

Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Entretanto, tendo como compromisso assumir a responsabilidade de utilização dos dados coletados, que serão destinados apenas para esta pesquisa, os pesquisadores da mesma forma assumem o compromisso da utilização dos dados conforme prescreve a ética profissional.

5. Riscos e Benefícios

a. Riscos

Os riscos aos quais você estará sujeito serão o de experimentar desconfortos e padrões fisiológicos decorrentes da prática do evento ao qual irá participar, tais como sudorese, ritmo cardíaco acelerado, pressão arterial elevada, entre outros. Na eventualidade de alguma ocorrência de acidente decorrente da prática do exercício, a instituição conta com atendimento de saúde conveniado.

b. Benefícios

O participante da pesquisa terá acesso aos resultados obtidos dos seus padrões fisiológicos descritos acima, tendo assim a oportunidade de avaliar e monitorar suas capacidades físicas de maneira segura, não invasiva e gratuita.

6. Critérios de Inclusão e Exclusão

a. Inclusão

Entre 18-50 anos, praticante de triathlon pelo período mínimo de dois anos antecedentes à data da coleta de dados com comprovação de participação prévia em provas oficiais.

b. Exclusão

Serão excluídos da amostra participantes que por algum motivo não tenham participado de um dos momentos de coleta ou apresentem dados incompletos, aqueles que não completaram a prova, e/ou os que tenham sido flagrados no exame antidoping.

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo

Cabe salientar que a sua privacidade é respeitada, ou seja, o nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, o identificar, será mantido em sigilo, a fim de evitar algum tipo de discriminação e/ou estigmatização, seja individual ou coletiva. Caso não concorde com o que foi exposto até o presente momento, você poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar o seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerá qualquer prejuízo. A pesquisadora envolvido com o referido projeto, Professora Maressa Krause, PhD telefone +55 41 98836 2079 assegurará a assistência durante toda a pesquisa, bem como garantirá livre acesso a todas as informações em se tratando de esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que você queira saber antes, durante e depois da sua participação, ou se optar estas informações não lhe serão repassadas.

Você pode assinalar o campo a seguir para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:

() quero receber os resultados da pesquisa (email para envio _____).

() não quero receber os resultados da pesquisa.

3. Ressarcimento

Você deve estar totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por sua participação. No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento em dinheiro. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da sua participação no estudo, relacionado aos procedimentos da pesquisa, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei, pelo pesquisador André Lass +55 41 99118 2011.

ESCLARECIMENTO SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA

O comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que estão trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Caso considere que a pesquisa não está sendo realizada de forma como você foi informado ou que está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica do Paraná (CEP/UTFPR) na Av. Sete de Setembro 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, fone +55 41 3310 4494, email coep@utrpr.edu.br.

CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos, benefícios, ressarcimento e indenização relacionados a este estudo. Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo _____

RG _____ Data de Nascimento ____ / ____ / ____ Telefone _____

Endereço _____

CEP _____ Cidade _____ Estado _____

Assinatura _____ Data ____ / ____ / ____

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Assinatura do Pesquisador (ou seu representante) _____

Data ____ / ____ / ____

OBS.: este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao participante da pesquisa.

RUBRICA DO PARTICIPANTE E DO PESQUISADOR

ANEXO II – Carta Webtreino

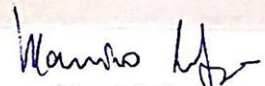


Curitiba, 15 de janeiro 2019

Prezados Senhores,

Declaramos que estamos de acordo com o desenvolvimento do projeto intitulado “Análise Simpatovagal da Variabilidade da Frequência Cardíaca”, a ser conduzido pelo Professor Leonardo Farah Msc, o qual fará uso pleno dos nossos dados que foram obtidos em coleta realizada durante o evento Sesc Triathlon Caiobá no dia 04 de março de 2018.

Faz-se necessário ressaltar que os resultados obtidos neste projeto são de grande interesse por parte da nossa empresa pois nos proporcionarão melhores condições de análise, monitoramento e prescrição de treino para nossos atletas e clientes.


Mauricio Letzow