



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CARLA CRISTIANE DA SILVA

**VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PRÉ-
PÚBERES:
REPRODUTIBILIDADE E EFEITOS DO TREINAMENTO E
DESTREINAMENTO FÍSICO**

Londrina
2014

CARLA CRISTIANE DA SILVA

**VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PRÉ-
PÚBERES:
REPRODUTIBILIDADE E EFEITOS DO TREINAMENTO E
DESTREINAMENTO FÍSICO**

Tese de Doutorado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física Associado UEM-UEL, da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura

Londrina
2014

Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S586v Silva, Carla Cristiane da.
Variabilidade da frequência cardíaca em pré-púberes : reprodutibilidade e efeitos do treinamento e destreinamento físico /Carla Cristiane da Silva. – Londrina, 2014.
124 f. : il.

Orientador: Fábio Yuzo Nakamura.

Tese (Doutorado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esporte, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2014.

Inclui bibliografia.

1. Variabilidade do batimento cardíaco – Teses. 2. Aptidão cardiorrespiratória – Teses. 3. Educação física – Treinamento com crianças – Teses. I. Nakamura, Fábio Yuzo. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esporte. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Universidade Estadual de Maringá. IV. Título.

CDU 796:61

CARLA CRISTIANE DA SILVA

**VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PRÉ-PÚBERES:
REPRODUTIBILIDADE E EFEITOS DO TREINAMENTO E
DESTREINAMENTO FÍSICO**

Tese de Doutorado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física Associado UEM-UEL, da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Bruno Moreira Silva
Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

Prof. Dr. Felipe Fossati Reichert
Universidade Federal de Pelotas – UFPEL

Profa. Dra. Marli Cardoso Martins Pinge
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Londrina, 13 de Outubro de 2014.

Dedico este trabalho a minha amada mãe Dirce Ap. do Carmo Silva ... minha maior incentivadora desde sempre. Uma mulher que não só me trouxe a vida, mas que me ensinou tudo que sei sobre como viver. Grande parte do que tenho construído em mim vem de você! A mais forte e corajosa de todas as mulheres que conheci, por quem tenho a maior admiração, o respeito e o maior amor que consegui sentir nesta vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador e amigo, *Prof. Fábio Yuzo Nakamura* não só pela constante orientação e envolvimento neste trabalho, mas sobretudo por todas as conversas, toda sua disposição e confiança em mim. Ter a orientação de um pesquisador brilhante e excelente orientador foi para mim um privilégio. Meu respeito, admiração e gratidão.

Ao *Prof. Jefferson Rosa Cardoso* pelas excelentes aulas de bioestatística e toda a orientação nos métodos do meu trabalho. Contigo tive a sorte de trabalhar e de conhecer minha querida amiga *Ligia Maxwell Pereira*. Foi um grande presente ter vocês comigo.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação que contribuíram muito para minha formação, em especial a *Profa. Jeane Barcelos Soriano*. Muito obrigada por fazer parte da minha vida acadêmica, sua disciplina no curso, seu direcionamento e orientação me permitiu ser mais firme e mais séria com nossa área.

A *Profa. Solange de Paula Ramos* por toda orientação, amizade, carinho e dedicação. Meu exemplo de amor a profissão e ao trabalho. Ao *Prof. Maurizio Bertollo* por toda sua paciência em me compreender e orientar. A minha querida Professora de inglês *Robin*, sem ela seria impossível todo esse processo.

Ao *Prof. Felipe Fossati Reichert* pela contribuição fundamental para minha coleta e análise de dados. Agradecimentos muito especiais ao *Prof. Emerson José Venancio* por aceitar uma nova empreitada da análise dos dados e minha querida amiga, *Profa. Tamara Beres Lederer Goldberg* que me orientou no Mestrado e mesmo depois de alguns anos continua a me guiar nos estudos em Pediatria. É meu porto seguro. Gratidão!

A todos os meus amigos que compõe o GEAFIT, sem os quais este ensaio clínico e esta Tese jamais aconteceria. Em especial aos meus corredores de plantão: *Julio Cesar Molina Corrêa, Lucas Adriano Pereira, Ricardo Oliveira, Vinícius Milanez, Christiano Papi e Victor de Freitas*. As meninas anotadoras oficiais e digitadoras de planilha: *Nicolle Dias e Priscila Chierotti*. Ao apoio via skype com todas as avaliações durante madrugadas e finais de semana: *Nilo Okuno e Lúcio Caldeira*. Aos treinadores: *Elisa Jacomassi dos Santos e William Yuki*. As

queridas *Sara Crossati* e *Dayla Higashi* no período de recrutamento e avaliação da acelerometria. A todos meus eternos agradecimentos!

A *Camila Ramos dos Santos* e *Rafael Assalim Vilela* que me fazem acreditar no valor de um amigo e em como é bom ter em quem confiar. Muito Obrigada!

Aos queridos amigos que encontrei na Pós-Graduação: *Priscila Maia da Silva*, *Thiago Camata*, *Camila Kawanishi* e *Fernando Pavão*. Obrigada por todas nossas conversas sobre estudos e pesquisa, e claro todos os diálogos informais e relaxantes. Foram fundamentais para mim.

Agradecimento especial a todas as crianças, pais, avós, professores e diretores que participaram do Projeto, e que acima de tudo fizeram dele parte da escola e de suas vidas. Agradecimento super especial a Dona Édna, funcionária do CEFE que com carinho e dedicação motiva os estudantes cansados.

Aos amigos da UENP, particularmente ao *Prof. Antônio Stabelini Neto* que não exitou em correr em meu auxílio durante meu período de licença para realizar este estudo.

E por fim, agradecer imensamente meus amores: Pai, Marido, irmãs, Tia e Miguel. E é exatamente porque são AMORES eles conseguiram suportar, apoiar ajudar e principalmente compreender todo esse processo. Como amor não se agradece, retribuirei com o mais profundo que eu for capaz de sentir por todos vocês pelos próximos 1000 anos.

“Assim como as casas são feitas de pedras, a ciência é feita de fatos. Mas uma pilha de pedras não é uma casa e uma coleção de fatos não é, necessariamente, ciência”

Jules Henri Poincare

SILVA, Carla Cristiane. **Variabilidade da frequência cardíaca em pré-púberes: reprodutibilidade e efeitos do treinamento e destreinamento físico.** 2014. 124 f. Tese de Doutorado (Educação Física), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

As propostas do presente trabalho foram: 1) realizar uma revisão sistemática com meta-análise para determinar a influência do treinamento físico sobre a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em crianças saudáveis; 2) padronizar e analisar a reprodutibilidade interdias para as medidas de VFC de repouso; e 3) verificar os efeitos do treinamento aeróbio de 10 semanas sobre o desempenho aeróbio e a função autonômica cardíaca em repouso. Para realização da revisão sistemática foram realizadas buscas em 10 bases de dados. Dos 6164 registros identificados apenas 2 foram elegíveis e incluídos na meta-análise. A meta-análise não identificou diferenças entre os grupos experimental e controle, em nenhum dos índices de VFC. No segundo estudo, a padronização da medida de VFC em repouso foi testada em três posições: deitada, sentada e em pé. As avaliações da VFC foram realizadas em crianças de sete a nove anos de ambos os sexos em dois momentos separados por sete dias. A confiabilidade foi analisada por meio do coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e o coeficiente de variação (CV). Os resultados demonstraram que a posição supina foi mais reprodutível, com excelente confiabilidade ($CCI > 0,90$) para os intervalos RR, o SDNN, RMSSD e SD1. Assim, esta postura foi a mais indicada para avaliação da VFC interdias em crianças saudáveis. O terceiro estudo foi conduzido seguindo as normas do *Consort-Statement*. Cento e sessenta crianças de sete a nove anos pré-púberes foram aleatorizados para participar no grupo experimental ou controle. O grupo experimental realizou treinamento contínuo e intervalado de alta intensidade durante 10 semanas. Um teste progressivo de campo foi realizado para avaliação do consumo máximo de oxigênio (VO_2max) e determinação da máxima velocidade aeróbia (MVA). A VFC de repouso foi registrada nos momentos Pré, Pós 5 semanas, Pós 10 semanas e *follow-up*. Os resultados demonstraram aumento nos índices parassimpáticos (RMSSD e SD1) e no VO_2max no grupo experimental Pós 10 semanas. O destreinamento ocasionou redução tanto nos índices da VFC como nos relacionados a aptidão aeróbia. Conclui-se que a partir dos dados disponíveis dos ensaios clínicos aleatórios não são fortes o suficiente para confirmar que o treinamento físico influencia sobre a VFC. No entanto, o terceiro estudo demonstrou que treinamento aeróbio misto (intervalado e contínuo) em crianças saudáveis durante 10 semanas respondem positivamente aumentando a modulação autonômica cardíaca de repouso e o desempenho aeróbio (VO_2max e MVA).

Palavras-chave: Variabilidade da frequência cardíaca. Crianças. Máxima velocidade Aeróbia. aptidão cardiorrespiratória.

SILVA, Carla Cristiane. **Heart rate variability in prepubertal children: reproducibility and effects of physical training and detraining.** 2014. 124 p. Tese de Doutorado (Educação Física), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

The purposes of the present study were: 1) to perform a systematic review with meta-analysis to determine the influence of physical training on heart rate variability (HRV) in healthy children; 2) to perform inter-day standardization and reproducibility for measuring resting HRV; 3) to verify the effects of 10 weeks of aerobic training on aerobic performance and cardiac autonomic function at rest. In order to perform the systematic review, searches were conducted in 10 databases. Of the 6,164 records identified, only two were eligible and included in the meta-analysis. The meta-analysis did not identify differences between the experimental and control groups for any of the HRV indices. In the second stage of the study, we performed the standardization for measurements of resting HRV in three different positions: lying, sitting and standing was performed. Two HRV assessments, separated by seven days, were carried out in children aged seven-nine years of both sexes. Reliability was assessed by the coefficient of intra-class correlation (ICC) and the coefficient of variation (CV %). The results showed that the supine position is more reproducible, with excellent reliability ($ICC > 0.90$) for the RR, SDNN, RMSSD and SD1 intervals. Thus, this approach was indicated for assessment of HRV inter-days in children. The third stage of the study was conducted following the guidelines of the *Consort-Statement*. One hundred and sixty, healthy prepubertal children from seven-nine years old were randomized to participate in either an experimental or control group. The experimental group performed continuous and interval training at high intensity for 10 weeks. A progressive field test for the assessment of VO_{2max} and determination of maximal aerobic speed (MVA) was performed. The HRV was recorded at rest at 4 moments: Pre, 5 weeks post, 10 weeks post and follow-up. The results demonstrated an increase in the parasympathetic indices (RMSSD and SD1) and VO_{2max} in the experimental group Post 10 weeks. The detraining caused a reduction in both the HRV indices and those related to aerobic fitness. It is concluded that the available data from randomized clinical trials are not strong enough to confirm the influences of physical training on HRV. However, the third stage of the study showed that combined aerobic training (interval and continuous) for 10 weeks in healthy children generated a positive response; increasing the cardiac autonomic modulation at rest and aerobic performance (VO_{2max} and MVA).

Key-words: Cardiac autonomic modulation. Children. Maximal aerobic speed. Cardiorespiratory fitness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Análise espectral de frequências (<i>Fast Fourier Transform</i> ; painel A) Plotagem de <i>Poincaré</i> (painel B) de uma criança pré-púbere do sexo masculino (Janela de 5 minutos/Posição supina)	25
Figura 2 – Fluxograma da seleção dos ensaios clínicos aleatórios elegíveis de todas as citações identificadas.....	37
Figura 3 – Meta-análise do efeito do treinamento físico nos intervalos RR em função do treinamento.....	42
Figura 4 – Meta-análise do efeito do treinamento físico sobre os índices: SDNN (A), RMSSD (B), pNN50 (C).....	43
Figura 5 – Meta-análise do efeito do treinamento físico sobre os índices: LF (log) (A), HF (Log) (B), balanço LF/HF (C) e Potência Total (Log) (D)	44
Figura 6 – Fluxograma (<i>CONSORT</i> 2010)	78
Figura 7 – Comparação entre os momentos e grupos para aptidão aeróbia (VO_2max).....	84
Figura 8 – Comparação entre os momentos e grupos RMSSD (ms)	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Abreviações comuns dos índices de VFC	24
Quadro 2 – Intervenção: protocolo de treinamento 40 minutos por sessão durante 10 semanas (30 sessões).....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos estudos excluídos e razões para exclusões.....	38
Tabela 2 – Características dos estudos incluídos	39
Tabela 3 – Características dos participantes do estudo (n=40).....	54
Tabela 4 – Resultados descritivos dos parâmetros da VFC – Posição Supina (Interdias)	56
Tabela 5 – Resultados descritivos dos parâmetros de VFC – Posição Sentada (Interdias)	58
Tabela 6 – Resultados descritivos dos parâmetros de VFC – Posição em Pé (Interdias)	59
Tabela 7 – Resultados descritivos de caracterização geral da amostra (Média ± DP) para os parâmetros de crescimento físico, composição corporal, AFH e VO ₂ max entre os grupos no momento Pré- Intervenção.....	80
Tabela 8 – Resultados descritivos e confiabilidade dos parâmetros do teste de Léger entre as duas avaliações.....	82
Tabela 9 – Comparação entre os momentos do estudo e grupos para variáveis de crescimento físico, indicador nutricional e aptidão aeróbia.....	83
Tabela 10 – Comparação entre os momentos do estudo e grupos para parâmetros da VFC	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFH	Atividade Física Habitual
CV	Coeficiente de Variação
CCI	Coeficiente de Correlação Intraclasse
FC	Frequência Cardíaca (bpm)
FCmax	Frequência Cardíaca Máxima
GT	Grupo Treinamento
GC	Grupo Controle
HF	Alta Frequência
IMC	Índice de Massa Corporal
LF/HF	Índice simpato-vagal
LVFC	Limiar de variabilidade da frequência cardíaca
LF	Baixa Frequência
MVA	Máxima velocidade aeróbia
MV	Máxima Velocidade
MCM	Massa Corporal Magra
pNN50	Percentual dos intervalos RR adjacentes com diferenças entre intervalos RR subsequentes com um valor absoluto > 50 ms.
PT	Potência Total
RR	Intervalos R-R (ms)
RMSSD	Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos RR normais adjacentes (ms).
SDNN	Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo.
SD1	Desvio padrão do eixo vertical da elipse de dispersão da plotagem de Poincaré
SD2	Desvio padrão do eixo horizontal da elipse de dispersão da plotagem de Poincaré
SMD	Diferença da Média Padronizada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
VO ₂ max	Consumo máximo de oxigênio
VO ₂ Pico	Consumo pico de Oxigênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	JUSTIFICATIVA	19
3	OBJETIVOS	20
4	REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA	21
4.1	VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)	21
4.2	TREINAMENTO AERÓBIO PARA CRIANÇAS E ADOLESCENTES	28
5	REVISÃO SISTEMÁTICA	33
5.1	ESTUDO 1. EFEITO DO TREINAMENTO FÍSICO SOBRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM CRIANÇAS SAUDÁVEIS: REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE	33
5.2	INTRODUÇÃO	33
5.3	MÉTODOS.....	34
5.4	RESULTADOS.....	36
5.5	DISCUSSÃO	44
5.6	IMPLICAÇÕES PARA PRÁTICA	47
5.7	IMPLICAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	47
5.8	CONCLUSÃO	48
6	ESTUDO 2: REPRODUTIBILIDADE DAS MEDIDAS DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM CRIANÇAS: INFLUÊNCIA DO SEXO E POSIÇÃO DO CORPO DURANTE A OBTENÇÃO DE DADOS	50
6.1	INTRODUÇÃO	50
6.2	MÉTODOS.....	51
6.2.1	TIPO DE ESTUDO	51
6.2.2	SUJEITOS	51
6.2.3	ASPECTOS ÉTICOS DO ESTUDO.....	52
6.2.4	CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA	52
6.2.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	52
6.2.6	MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA	53
6.2.7	ESTATÍSTICA.....	54

6.3	RESULTADOS.....	54
6.4	DISCUSSÃO	60
6.5	CONCLUSÃO	65
7	ESTUDO 3: VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PRÉ-PÚBERES: EFEITOS DO TREINAMENTO E DESTREINAMENTO FÍSICO	66
7.1	INTRODUÇÃO	66
7.2	TIPO DE ESTUDO	67
7.2.1	LOCAL DE ESTUDO	67
7.2.2	ASPECTOS ÉTICOS DO ESTUDO	67
7.2.3	Crêterios de Elegibilidade dos participantes.....	68
7.2.4	CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA	70
7.2.5	AMOSTRA.....	70
7.2.6	ALEATORIZA�O	71
7.2.7	Mascaramento.....	71
7.2.8	TESTE PROGRESSIVO DE CAMPO	71
7.2.9	INTERVEN�O: TREINAMENTO AERÓBIO	72
7.2.10	DESFECHO: VFC DE REPOUSO DE CURTO PRAZO.....	75
7.2.11	TEMPO DE SEGUIMENTO (<i>FOLLOW-UP</i>).....	76
7.2.12	ESTATÍSTICA.....	76
7.3	RESULTADOS.....	77
7.4	DISCUSSÃO	88
7.5	CONCLUSÃO	90
	REFERÊNCIAS.....	92
	APÊNDICES	115
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	116
	ANEXOS	118
	ANEXO A – ARTIGO 1	119
	ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	120
	ANEXO C – AUTORIZA�O E APROVA�O DA SECRETARIA DE EDUCA�O DO MUNICÍPIO	121
	ANEXO D – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA 2014/2012.....	123
	ANEXO E – REGISTRO DO ENSAIO CLÍNICO (IDENTIFIER: NCT02236117	124

1 INTRODUÇÃO

O sistema nervoso autônomo é uma extensa rede de neurônios interconectados que estão amplamente distribuídos no organismo. Suas ações são tipicamente múltiplas. O sistema opera ao longo do tempo, fazendo um balanço entre excitação e inibição, coordenado e graduado para obter um amplo controle. É composto por um conjunto de neurônios situados no tronco encefálico e na medula espinhal e apresenta duas divisões clássicas, a simpática e a parassimpática, as quais têm, de modo geral, funções antagônicas (AIRES, 1999; BERNE; LEVY, 2000; SACHA, 2014).

Com relação ao sistema cardiovascular, o sistema nervoso autônomo influencia tônica e reflexamente, uma vez que, tanto a noradrenalina como a acetilcolina liberadas no coração modificam o débito cardíaco por alterar a força de contração das fibras miocárdias e a frequência cardíaca (FC). Nesse sentido, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é reconhecida como uma ferramenta que investiga a modulação autonômica sobre o coração, estimada pela determinação da variação batimento a batimento. A variação na duração dos intervalos RR é considerada um método simples e não invasivo que fornece uma avaliação indireta do equilíbrio entre os ramos simpático e parassimpático sobre o ritmo intrínseco do nódulo sinusal (TASK FORCE, 1996). Assim, a VFC é uma variável que descreve as oscilações no intervalo entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos RR), estando estes relacionados às influências do sistema nervoso autônomo (TASK FORCE, 1996).

A mensuração do intervalo RR pode ser realizada tanto por eletrocardiograma como por cardiofrequencímetros portáteis (GAMELIN et al., 2008). Quanto maior a variabilidade temporal dos intervalos entre os batimentos consecutivos (RR), maior a modulação parassimpática. A determinação da VFC é realizada de forma não invasiva e como tal, é de fácil aplicabilidade tanto na prática clínica (GRANT et al., 2009) como em situações que envolvem exercícios físicos (PICHOT et al., 2002). Fatores de risco cardiovasculares, como excesso de gordura corporal, hiperglicemia, hiperinsulinemia, dislipidemias e altos níveis pressóricos estão fortemente relacionados à redução da VFC (ZULFIQAR et al., 2010).

Assim, do ponto de vista clínico e funcional, os parâmetros da VFC recebem grande atenção, uma vez que estudos prévios demonstraram que a redução da VFC está associada ao risco elevado de eventos cardíacos e morte prematura em indivíduos saudáveis (KUO et al., 1999; LAING et al., 2010; VOSS et al., 2012). Nesse contexto, embora as manifestações clínicas terminais ocasionadas por doenças cardiovasculares acometam indivíduos em idade avançada, se reconhece que medidas preventivas e acompanhamento de fatores de risco devem ser iniciados já em idade pediátrica (BLOM et al., 2009; BUCHHEIT et al., 2007; LONGIN et al., 2009; ZULFIQAR et al., 2010).

Estudos postulam que a VFC é um parâmetro biológico que sofre alterações com a idade (IWASA et al., 2005; KUO et al., 1999; PIKKUJÄMSÄ et al., 1999). A função autonômica cardiovagal declina de forma considerável com o avançar dos anos (LENARD et al., 2004). Os efeitos do envelhecimento sobre os parâmetros da VFC em homens e mulheres de 40 a 79 anos foram investigados por Kuo et al. (1999). Os autores relataram uma queda importante na regulação parassimpática após os 50 anos de idade em ambos os sexos. No outro extremo da faixa etária, sabe-se que o processo de formação do sistema nervoso tem início na vida intrauterina (DAVID et al., 2007; DIPIETRO et al., 2007;) e se estende por todo período da infância, particularmente indicando um rápido crescimento no tecido cerebral nos primeiros anos da vida pós-natal, alcançando aproximadamente 90% do peso adulto por volta dos cinco anos de idade (PAUS et al., 2005). O processo maturacional acompanha o crescimento morfológico, logo, por volta dos seis a sete anos de idade grande parte das células nervosas e suas conexões, botões sinápticos, crescimento de ramos dendríticos, mielinização e incremento de neurotransmissores já estão em alto padrão de funcionalidade (AXELROLD et al., 2006; PAUS et al., 1999).

Com relação aos indícios maturacionais e o avançar da idade cronológica durante a infância, Finley e Nugent (1995) investigaram a VFC em indivíduos de ambos os sexos de um mês de vida pós-natal até os 24 anos de idade. A VFC foi quantificada por análise espectral das duas bandas de frequência, baixa frequência (LF: 0,03 - 0,15 Hz, predominância simpática) e de alta frequência (HF: 0,15 - 0,6 Hz, modulação parassimpática). Esses índices demonstraram uma dependência da idade, indicando um aumento geral em LF e HF dos primeiros meses de vida até os

seis anos, seguido de um decréscimo gradual até os 24 anos (FINLEY; NUGENT, 1995). Em outra investigação com foco na maturação das funções autonômicas, Lenard et al. (2004) recrutaram 137 voluntários saudáveis e os dividiram por grupo etário, caracterizados como grupo 1, crianças entre sete aos 10 anos, grupo 2, pré-adolescentes (puberdade inicial e média), de 11 a 14, grupo 3, pós-adolescentes (puberdade tardia), 14 a 18 anos e o grupo 4 composto por adultos jovens de 19 a 22 anos. Os achados da VFC apontaram que a banda HF demonstrou uma queda entre os grupos 1 e 2, porém sem significância estatística; contudo, valores de pico foram observados no grupo 3, caracterizados como pós-adolescentes (puberdade tardia) quando comparados com o grupo 4, de adultos jovens ($P < 0,05$) (LENARD et al., 2004). Se por um lado a literatura reporta o impacto do crescimento e maturação, assim como os efeitos do envelhecimento sobre a modulação autonômica cardíaca, por outro, investigações nos últimos anos apontam que as adaptações autonômicas ocorrem durante todo o ciclo vital (KUO et al., 1999; ZULFIQAR et al., 2010). O sistema nervoso autônomo e o sistema cardiovascular são responsivos às demandas funcionais impostas pelo ambiente, e entre as demandas, destaca-se o exercício físico como importante modulador do aumento da VFC, influenciando tanto na redução do risco de disfunções cardiovasculares (LAING et al., 2010), como no monitoramento dos efeitos do treinamento físico em adultos (PICHOT et al., 2002; PLEWS et al., 2012), idosos (ALBINET et al., 2010), e também entre crianças e adolescentes (BUCHHEIT et al., 2007; BUCHHEIT et al., 2008; GAMELIN et al., 2009; GOULOPOULOU et al., 2006).

Os poucos estudos envolvendo crianças e adolescentes sinalizam o efeito protetor do exercício físico aumentando a VFC e reduzindo o risco de doenças cardiovasculares (MANDIGOUT et al., 2002; NAGAI et al., 2004), assim como sendo um recurso sensível no monitoramento do treinamento físico em populações pediátricas (BUCHHEIT et al., 2007), um indicador do período de recuperação pós-exercício (BUCHHEIT et al., 2008; BUCHHEIT et al., 2010a; BUCHHEIT et al., 2010b; GOULOPOULOU et al., 2006; OHUCHI et al., 1999) e na verificação dos efeitos do processo de crescimento físico e maturação biológica (FUKUBA et al., 2009). Entretanto, os mecanismos fisiológicos que explicam as alterações do sistema nervoso autônomo frente ao crescimento físico, maturação biológica e treinamento físico em crianças e adolescentes não estão completamente elucidados.

Muitas das limitações declaradas pelos pesquisadores se encontram no reduzido número de indivíduos recrutados, impossibilitando descrições mais conclusivas (GOULOPOULOU et al., 2006; GOULOPOULOU et al., 2010; IWASA et al., 2004; OHUCHI et al., 1999).

Outro viés que deve ser ressaltado em se tratando particularmente de adolescentes é o controle do *status* maturacional por medidas biológicas e não apenas pela estratificação da idade cronológica, como em estudos previamente conduzidos (FUKUBA et al., 2009; LONGIN et al., 2009; NAGAI et al., 2004). A idade cronológica é um indicador temporal limitado quando se objetiva investigar as alterações de natureza biológica durante a adolescência, pois esse período é caracterizado pelo somatório de fenômenos celulares, biológicos, hormonais, bioquímicos e morfológicos, cuja interação é efetuada por meio de um plano predeterminado geneticamente, e influenciado pelo meio ambiente (LUO et al., 2003; ROGOL et al., 2000; ROWLAND, 2005). Assim, investigações futuras da modulação autonômica cardíaca e suas repercussões frente ao crescimento físico, à maturação biológica e ao treinamento físico devem ser consideradas à luz dos vários fenômenos que ocorrem durante as duas primeiras décadas de vida, bem como, as relações resultantes dessas interações.

O primeiro passo pode ser direcionado ao período infantil, cujas flutuações hormonais e alterações oriundas do crescimento físico são mais discretas. Entretanto, poucas são as investigações com foco em indivíduos pré-púberes, particularmente sobre as respostas do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca.

2 JUSTIFICATIVA

É altamente reconhecido que maus hábitos de saúde incorporados na infância tendem a persistir na vida adulta (MEYER et al., 2014), assim como excesso de massa corporal, altos níveis pressóricos e alterações glicêmicas figuram entre as disfunções que promovem complicações cardiometabólicas (LAMBRICK et al., 2014; ThAYER et al., 2007) paralelamente com desequilíbrio simpato-vagal (FLOREA; COHN, 2014). Embora os defechos terminais relacionados às doenças cardiovasculares acometam adultos e idosos, disfunções que dão origem a condições subclínicas tem início já nos primeiros anos de vida (CASTRO et al., 2014; HONG et al., 2010; LAMBRICK et al., 2014). Por outro lado, é notório que a prática de exercícios físicos regulares se destaca entre uma das estratégias não farmacológicas mais reconhecidas na redução dos riscos de doenças cardiovasculares (HASKELL et al., 2007).

Em adultos, a baixa modulação parassimpática é preditor de mortalidade após infarto (BIGGER et al., 1993; BUCCELLETTI et al., 2009) e risco de doença cardiovascular (HILLEBRAND et al., 2013; THAYER et al., 2007). Inversamente, a alta VFC é reconhecida como um importante marcador relacionado à saúde cardiovascular de adultos, sendo reconhecida como cardioprotetora. De forma correspondente, a alta aptidão aeróbia implica em reduzido risco de ocorrência de doenças cardiovasculares (FÜRHOZ et al., 2012; IWASAKI et al., 2003). Nesse contexto, estudos prévios na literatura demonstraram que o sistema nervoso autônomo e cardíaco sofre influências do treinamento físico aeróbio entre adultos. Essas evidências foram reunidas em uma revisão sistemática da literatura em 2005 (SANDERCOCK et al., 2005). Entretanto, investigações com grupos pediátricos apresentam diversos vieses que impossibilitam resultados mais conclusivos com relação aos reais efeitos do treinamento físico sobre a VFC. É provável que a modulação autonômica cardíaca seja responsiva ao treinamento físico em crianças; porém, a magnitude das respostas não foi testada em um estudo controlado a partir de critérios rígidos de elegibilidade e seguimento.

3 OBJETIVOS

Verificar a treinabilidade das variáveis de VFC em pré-púberes a partir de uma revisão sistemática da literatura;

Padronizar medidas de VFC de curto prazo em repouso em pré-púberes e verificar a reprodutibilidade interdias;

Testar a confiabilidade do teste progressivo de campo;

Verificar o efeito do treinamento aeróbio e destreino sobre a máxima velocidade aeróbia (MVA) em teste progressivo de campo;

Verificar o efeito do treinamento aeróbio e destreino sobre a função autonômica cardíaca de repouso.

4 REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA

4.1 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

O sistema nervoso autônomo exerce importante influência sobre o sistema cardiovascular, fornecendo eferências ao coração na forma de terminações simpáticas por todo o miocárdio e parassimpáticas para o nódulo sinusal e atrioventricular. Dessa forma, as respostas reguladoras na frequência cardíaca (FC) representam adaptações que envolvem a modulação simpática e parassimpática (ACHARYA et al., 2006; MALIK, CAMM, 1995; STAUSS, 2003; THAYER, STERNBERG, 2006). Durante o repouso, é predominante a influência parassimpática, mediada pela liberação de acetilcolina pelo nervo vago, exercendo influência sobre a velocidade de despolarização diastólica lenta do nódulo sinusal e apresentando tanto uma velocidade de remoção rápida e principalmente uma cinética de quebra da acetilcolina pela acetilcolinesterase, provocando oscilações na duração dos intervalos RR. Durante o exercício físico inicialmente ocorre redução da atividade vagal de forma progressiva até o limiar ventilatório, quando então a atividade simpática passa a aumentar de maneira significativa. A predominância do sistema simpático é mediado pela liberação de epinefrina e noraepinefrina, o que ocasiona uma redução na variação dos intervalos RR (ACHARYA et al., 2006; MALIK, CAMM, 1995; STAUSS, 2003; TASK FORCE, 1996).

No sentido de investigar indiretamente estas respostas, a VFC é caracterizada como um método não invasivo de análise de sinais eletrocardiográficos que refletem a atividade dos componentes simpáticos e vagais, proporcionando inferências sobre a modulação do sistema nervoso autônomo na frequência de disparo do nódulo sinusal (ACHARYA et al., 2006; STAUSS, 2003; SZTAJZEL, 2004; ZAZA, LOMBARDI, 2001). Os índices são predominantemente dependentes da regulação extrínseca do coração e refletem a adaptação cardíaca a múltiplas alterações do meio interno e externo, detectando e respondendo rapidamente a algum estímulo (STAUSS, 2003; SZTAJZEL, 2004). Desde a década de 80, pesquisadores já decriviam que as flutuações na FC, pressão arterial e em outros parâmetros hemodinâmicos se caracterizavam como marcadores sensíveis e não invasivos das rápidas reações do controle autonômico no sistema cardiovascular. Naquela ocasião, os pesquisadores descreveram que a análise

quantitativa dos parâmetros hemodinâmicos era uma interessante possibilidade na investigação do controle cardiovascular de curto prazo. Além disso, já sinalizavam que, no futuro, métodos de pesquisa clínica poderiam obter informações sobre a integridade do sistema autonômico e cardíaco nos estados de saúde e doença (AKSELROD et al., 1981; AKSELROD et al., 1985). Ainda nos anos 80, Kleiger et al. (1987) investigaram a VFC em 808 pacientes com medida de 24 horas através de um Holter, 10 dias após infarto agudo do miocárdio. Os resultados após 31 meses de acompanhamento demonstraram que o risco relativo de mortalidade foi de 5,3 vezes maior no grupo com baixa VFC (SDNN <50ms) do que grupo com alta VFC (SDNN >100ms). A hipótese dos autores para explicar este achado é que a baixa VFC correlaciona-se com aumento simpático ou decréscimo no tônus vagal ou ambos, o que pode predispor o indivíduo a arritmias ventriculares e consequentemente à fibrilação ventricular.

Nos anos subsequentes, múltiplas investigações foram conduzidas com olhar nas associações entre VFC e o risco cardiovascular. Entre esses, um famoso estudo em Framingham, nos Estados Unidos, demonstrou que uma reduzida VFC estava associada a um maior risco de morte por todas as causas entre indivíduos idosos (TSUJI et al., 1994). Na sequência, outro estudo realizado na mesma cidade demonstrou que uma reduzida VFC conduzia a um maior risco relativo para ocorrência de eventos cardiovasculares mórbidos, como angina e infarto (TSUJI et al., 1996). Ainda em Framingham, notou-se que a VFC de repouso estava relacionada também à concentração de glicose sanguínea dos participantes (SINGH et al., 2000). Logo observou-se que altos valores de VFC predispunham as pessoas a menores valores de glicemia na condição de repouso. Indivíduos diabéticos demonstraram valores menores de VFC do que os não diabéticos. Ressalta-se que elevados valores de glicemia em repouso representam risco à saúde, e que o diabetes *mellitus* está associado ao risco aumentado para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Dessa forma, apesar dos mecanismos não estarem bem definidos, parece que a alta modulação autonômica cardíaca confere proteção contra alguns males da função cardiovascular e metabólica.

Recentemente, um estudo meta-analítico com 21.988 participantes demonstrou que indivíduos adultos com baixa VFC tinham aumento de 32 a 45% no risco de acometimento do primeiro evento cardiovascular (HILLEBRAND et al., 2013). Os autores destacaram que a disfunção autonômica cardíaca está

comprovadamente associada com um maior risco de doenças cardiovasculares e que a medida da VFC deve ser considerada uma ferramenta clinicamente útil na identificação do risco cardiovascular individual. A utilização da medida de VFC como variável preditora para desfechos clínicos vem ganhando destaque na literatura, representando um promissor marcador autonômico da função cardíaca, sendo amplamente disseminada ao longo dos anos. Nesse contexto, em 1996 foram publicadas pelas Sociedade Européia de Cardiologia e a Sociedade Norte Americana de Eletrofisiologia e Marcapasso, as diretrizes para padronização, interpretação fisiológica e aplicação clínica das medidas de VFC (TASK FORCE, 1996). No documento é clara a necessidade da sistematização das medidas de VFC como função primária em subsidiar estudos clínicos com a utilização dos índices como ferramentas na compreensão das relações do sistema nervoso autônomo com o risco de morte cardiovascular e morte súbita. As diretrizes destacam dois principais métodos para avaliar a variabilidade entre os intervalos RR sucessivos, um deles pelo cálculo dos índices com base em operações estatísticas dos intervalos RR (domínio do tempo) e o outro pela análise espectral dos intervalos RR ordenados (domínio da frequência) (TASK FORCE, 1996).

No quadro 1 estão descritos os índices de forma detalhada. No domínio do tempo, a dispersão da duração dos intervalos entre os batimentos é derivada de cálculos aritméticos, estatísticos ou geométricos (histograma RR), enquanto que no domínio da frequência é derivada da análise do espectro de potência, que apresenta a distribuição da densidade em função da frequência. Para o cálculo da densidade espectral podem ser utilizados os métodos de transformação rápida de *Fourrier* ou modelo auto-regressivo (Figura 1A). Ambos delimitam 4 faixas de frequência distintas: 1) alta frequência (0,15 a 0,40 Hz), modulada pelo sistema nervoso parassimpático e influenciada pela respiração; 2) baixa frequência (0,04 a 0,15 Hz), modulada pelo sistema nervoso parassimpático e sistema nervoso simpático. E essa frequência tem sido relacionada ao sistema barorreceptor e termorregulador, à atividade vasomotora e ao sistema renina-angiotensina; 3) muito baixa frequência (0,003 – 0,04 Hz), considerada um marcador da atividade simpática, e 4) ultra baixa frequência ($\leq 0,003$ Hz), que não apresenta ainda correlato fisiológico claro (MALIK, CAMM, 1995; TASK FORCE, 1996).

Quadro 1. Abreviações comuns dos índices de VFC	
<i>Domínio Tempo</i>	<i>Descrição</i>
Intervalo R-R (ms).	A média de todos os intervalos RR.
Frequência cardíaca (FC)	A média de FC é o seu valor recíproco dos intervalos RR, convertidos em batimentos por minuto (bpm).
SDNN	Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em milissegundos (ms). Medida de variabilidade global.
RMSSD	Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos RR normais adjacentes (ms). Representa atividade parassimpática.
pNN50	Percentual dos intervalos RR adjacentes com diferenças entre intervalos RR subsequentes com um valor absoluto >50 ms. Representa atividade parassimpática.
<i>Domínio da Frequência</i>	
LF absoluto	Baixa frequência (0,04-0,15 Hz) (ms^2). Reflete a modulação pelos tónus simpático e parassimpático por meio da atividade barorreflexa (regulação da pressão sanguínea)
LF normalizado	$(LF/HF + LF) \text{ n.u}$
LF (logaritmo natural=Ln)	Ln do valor absoluto LF (ms^2)
HF Absoluto	Alta frequência (0,15 - 0,40 Hz) (ms^2). Representa a modulação da atividade vagal, especialmente influenciada pela respiração.
HF normalizado	$(HF/LF+HF) \text{ n.u}$
HF (logaritmo natural=Ln)	Ln do valor absoluto HF (ms^2)
Índice LF/HF	Razão LF (ms^2)/HF (ms^2). Índice simpato-vagal sobre o coração.
Potência Total (PT)	HF+LF + VLF (ms^2) (contribuição da soma de todos os domínios espectrais)
<i>Variáveis não Lineares</i>	
SD1	Desvio padrão do eixo vertical da elipse de dispersão da plotagem de Poincaré.
SD2	Desvio padrão do eixo horizontal da elipse de dispersão da plotagem de Poincaré.

Além destes, existem métodos não lineares, que se baseiam na teoria do caos, no qual fenômenos são altamente irregulares e são caracterizados por comportamento não linear, como observado nos sistemas humanos. Entre esses métodos, recebe destaque a análise quantitativa da plotagem de *Poincaré*, caracterizada pelo processamento dos intervalos RR instantâneos por um método geométrico não linear que descreve uma análise dinâmica da VFC na forma de uma elipse. A análise consiste em um diagrama, no qual cada intervalo RR é plotado em função do intervalo anterior e seus parâmetros são SD1 e o SD2 (Figura 1B), sendo esses os eixos vertical e horizontal, respectivamente (HOSHI et al., 2013).

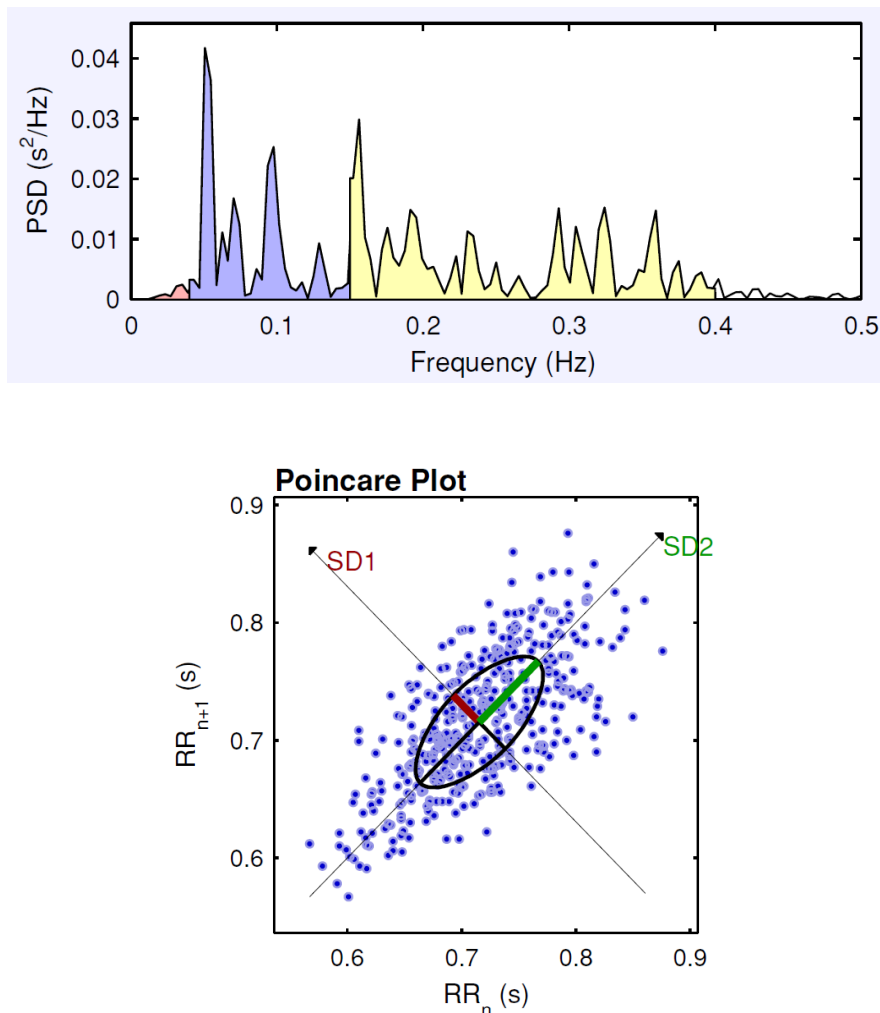


Figura 1 - Análise espectral de frequências (*Fast Fourier Transform*; painel A) Plotagem de *Poincaré* (painel B) de uma criança pré-púbere do sexo masculino (Janela de 5 minutos/Posição supina).

Nota: Resultados da análise da VFC pela FFT: LF(ms^2) = 936 – HF(ms^2) = 1490; e plotagem de Poincaré: SD1 (ms) = 32,2 – SD2 (ms) = 73,1. Análises realizadas no software *Kubios HRV analysis 2.0*.

A despeito dos parâmetros não lineares demonstrarem capacidade preditiva em relação à morbi-mortalidade no âmbito clínico, as pesquisas ainda são incipientes na área com a utilização desses métodos (KRSTACIC et al., 2007). Nesse sentido, a descrição e interpretação dos parâmetros no domínio do tempo e da frequência são predominantes na literatura científica, nas diversas condições de saúde/doença como anteriormente citado, e particularmente têm uma ampla aplicabilidade no treinamento físico (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003; IWASAKI et al., 2003).

Com relação aos efeitos do treinamento físico sobre a VFC de repouso, a literatura tem reportado que a realização de exercícios físicos regulares promove resposta positiva na função autonômica cardiovagal (BUCHHEIT, GINDRE, 2006; HAUTALA et al., 2009; PICHOT et al., 2002; SLOAN et al., 2009; SOARES-MIRANDA et al., 2009). Confirmando esses relatos, Sandercock et al. (2005), a partir uma meta-análise com 22 estudos contemplando 298 indivíduos adultos, destacaram que o exercício físico aeróbio aumentou a VFC significativamente, bem como a atividade parassimpática, avaliada pela banda de alta frequência (HF) na análise espectral. A partir da meta-análise também foi possível verificar o efeito do envelhecimento na resposta do treinamento físico sobre a VFC, como reportado por outros autores (MOODITHAYA, AVADHANY, 2012; OKAZAKI et al., 2005; ZULFIQAR et al., 2010). Observa-se que indivíduos mais velhos são menos responsivos que os mais jovens, mas ainda assim experimentam aumento significativo da VFC em resposta ao treinamento.

Outro foco de investigação é a verificação da variação dos intervalos RR durante o exercício e imediatamente após o exercício. Yamamoto et al. (2001) descreveram as relações existentes entre o limiar ventilatório e a VFC em indivíduos saudáveis submetidos ao treinamento de longa duração (*endurance*). Tulppo et al. (1996) descreveram uma diminuição progressiva dos índices tradutores da modulação vagal até o alcance do limiar ventilatório e uma intensificação dos índices simpáticos em intensidades mais elevadas. Assim, em testes de exercícios com cargas progressivas, o esforço causa inicialmente uma retirada vagal seguida de uma participação mais expressiva da modulação do sistema nervoso simpático, que por sua vez resulta em aumento da FC proporcional ao incremento de carga. Nessa situação, é possível avaliar a resposta do sistema nervoso autônomo mediante a determinação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LVFC) (COTTIN et

al., 2006; KARAPETIAN et al., 2008). Nesse cenário, vários estudos se dedicaram à verificação, localização e correspondência do LVFC com outros limiares em situações de exercício (COTTIN et al., 2006; KARAPETIAN et al., 2008; KARAPETIAN et al., 2012; LIMA; KISS, 1999; NAKAMURA et al., 2005).

Além da medida de VFC repouso descrever predominantemente a modulação autonômica cardíaca, caracterizada pelo balanço dos ramos simpáticos e parasimpáticos (TASK FORCE, 1996), a possibilidade de determinação do LVFC durante exercícios progressivos e no monitoramento das cargas de atletas, como descrito anteriormente, ainda é possível declarar destaque para a FC de recuperação pós-exercício, considerada uma interessante variável na investigação da reativação do tônus parassimpático (COLE et al., 1999; DEWLAND et al., 2007; HEDMAN et al., 1995). Com esse desfecho, vários estudos reportaram o registro da FC de recuperação como um indicativo da retomada vagal pós-exercício em grupos de adultos (AL HADDAD et al., 2012; BUCHHEIT et al., 2007; SCHAAL et al., 2013) e também em grupos pediátricos (BUCHHEIT et al., 2008; BUCHHEIT et al., 2010a; GOULOPOULOU et al., 2006; OHUCHI et al., 2000).

Adicionalmente as medidas durante o exercício e na recuperação a praticidade da medida de VFC em repouso foi descrita como uma variável robusta no monitoramento das cargas de treinamento físico de triatletas e corredores de longa distância (PLEWS et al., 2012; PLEWS et al., 2013; VESTERINEN et al., 2011).

Em todos esses contextos supracitados, são múltiplas as possibilidades de aplicação da determinação da VFC, além de ser uma variável não invasiva e ter uma praticidade altamente reconhecida. Entretanto, a utilização da VFC de repouso como resultado das respostas do treinamento físico foram evidenciadas de forma robusta na literatura, porém em indivíduos adultos. Poucas investigações se dedicaram a verificar a responsividade da VFC com o treinamento físico em crianças, e os poucos estudos já reportados não permitem uma conclusão sobre o efeito do treinamento físico nas respostas da modulação autonômica cardíaca em população infantil.

4.2 TREINAMENTO AERÓBIO PARA CRIANÇAS E ADOLESCENTES

Aptidão cardiorrespiratória reflete a capacidade total do sistema respiratório, cardiovascular e de fornecimento de oxigênio sustentado durante o exercício físico prolongado (ORTEGA et al., 2008; WELSMAN, ARMSTRONG, 1996), sendo reconhecida como um importante marcador dos aspectos de saúde cardiovascular em adultos (HASKELL et al., 2007), assim como em crianças e adolescentes (BAILEY et al., 2012; OBERT et al., 2003; RUIZ et al., 2007).

Nos últimos anos, a literatura especializada tem reportado de forma sistemática um decréscimo substancial no nível de atividade física habitual de crianças e adolescentes (SALLIS et al., 1993; STRONG et al. 2005, VÄISTÖ et al., 2014; WHO, 2003), o que conseqüentemente tem gerado muita preocupação na comunidade científica, com aumento na prevalência de obesidade infantil (DE FERRANTI et al., 2007; KAKINAMI et al., 2012), e para os órgãos governamentais, principalmente pelo elevado ônus nos tratamentos das doenças relacionadas ao sedentarismo (WANG et al., 2004). Toda essa preocupação tem como base a relação existente entre baixo nível de atividade física e aumento no risco de doenças crônicas não transmissíveis, particularmente as que acometem o sistema cardiovascular (McMURRAY et al., 2013; VÄISTÖ et al., 2014; WANG et al., 2004). O baixo nível de atividade física habitual associado ao aumento na prevalência de sobrepeso e obesidade na infância nas últimas três décadas têm demonstrado ser forte indicadores de risco para doenças cardiovasculares (JUONALA et al., 2011; STRONG et al., 2005; SUN et al., 2012; VÄISTÖ et al., 2014). Nesse contexto, a infância recebe duplo destaque, primeiro porque há evidência que a doença cardiovascular aterosclerótica tem início na vida infantil (HALFON et al., 2012; HONG, 2010; TELAMA et al., 2005; URBINA et al., 2009; VERÇOZA et al., 2009), embora seu desfecho clínico terminal ocorra na vida adulta. Segundo, porque se reconhece que a incorporação de bons hábitos, como a prática de atividades esportivas e/ou exercícios físicos, tem maiores chances de obter sucesso, quando iniciados em idades precoces (HALFON et al., 2012; KRISTENSEN et al., 2013; PEARCE et al., 2012).

Investigação sobre a efetividade das intervenções com exercício físico na prevenção da obesidade infantil foi recentemente divulgada. Lien et al. (2013) recentemente publicaram revisão sistemática com 11 ensaios controlados aleatórios

envolvendo crianças e adolescentes obesos entre cinco e 14 anos de idade, com período mínimo de quatro semanas de intervenção. Apesar das diferenças entre os protocolos de exercício, os resultados sugerem que programas entre 30 a 60 minutos por dia, com intensidade moderada, demonstraram efetividade na prevenção do excesso de peso desta população (LIEN et al., 2013). Esses resultados corroboram as recomendações de 60 minutos ou mais de exercícios diários, em intensidades de moderada a vigorosa para crianças e adolescentes, para repercutir de forma significativa na redução da gordura corporal (STRONG et al., 2005).

Se por um lado é reconhecido o elevado risco à saúde cardiovascular gerado pelo baixo nível de atividade física habitual, como supracitado, por outro, existem fortes evidências que denotam o papel fundamental do treinamento aeróbio induzindo adaptações positivas na aptidão aeróbia e na redução do risco cardiovascular em adultos (HO et al., 2012) e em populações pediátricas (ORTEGA et al., 2008).

Crianças e adolescentes possuem características fisiológicas e metabólicas distintas de adultos, proveniente do estado transitório de imaturidade biológica (BERTHOIN et al., 2010; ROWLAND, 2005). Recebe destaque, a imaturidade enzimática e nas capacidades anaeróbias e contráteis, os menores níveis de lactato, a menor fatigabilidade e a recuperação mais rápida a partir de exercícios de alta intensidade (ARMSTRONG, BARKER, 2009; BARALDI et al., 1991; BERTHOIN et al., 2010; ROWLAND, 2005; WILLIAMS, ARMSTRONG, 1991). Nesse sentido, crianças e adolescentes merecem atenção especial por suas características específicas e exclusivas deste período de intenso crescimento físico e maturação fisiológica (ARMSTRONG, BARKER, 2009; ROGOL et al., 2000; ROWLAND, 2005).

Nesse cenário, a aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes demonstra um aumento significativo com o avançar da idade cronológica, e de forma íntima com a maturação pubertária (ARMSTRONG, BARKER, 2009; ROWLAND, 2005). É reconhecido que a determinação direta do $VO_2\text{max}$ em crianças seja uma ferramenta extremamente útil para determinação da aptidão cardiorrespiratória e para a prescrição de exercícios (ARMSTRONG, BARKER, 2009; ROWLAND, 2005); contudo, o alto custo operacional e a dificuldade de efetivação de estudos com amostras mais representativas conduz pesquisadores a mensurações a partir de testes de campo. Estudos prévios indicaram alta validade e/ou reprodutibilidade nos

resultados de testes de corrida entre adultos (DUPONT et al., 2010; LEGER, LAMBERT, 1982) e entre crianças (AHLER et al., 2012). A reprodutibilidade do Yo-Yo IR1 e *Andersen test* ambos adaptados para crianças de seis a nove anos demonstraram alto coeficiente de determinação ($r^2=0,79$) e aceitável coeficiente de variação (CV=19%) para IR1 e ($r^2=0,86$; CV=3%) para *Andersen test* (AHLER et al., 2012).

Com relação às respostas do treinamento aeróbio em crianças e adolescentes, Berthoin et al. (2006) declararam que o sucesso na melhoria da aptidão cardiorrespiratória está associada à prescrição de um programa de exercícios individualizado. Os autores descrevem múltiplas possibilidades de prescrição e controle do treinamento aeróbio, como: percentual do $VO_2\text{max}$, limiares ventilatório e de lactato, ou a porcentagem da máxima velocidade aeróbia (MVA) (BERTHOIN et al., 2006; RATEL et al., 2002). Com relação ao tipo de exercício, Baquet et al. (2003) descreveram que a prescrição de exercícios físicos na infância pode ter caráter contínuo ou intermitente, sendo que ambos contribuem para a melhora na aptidão aeróbia.

De forma similar, resultados mais recentes foram descritos sobre a correspondência do aumento do $VO_2\text{max}$ em resposta ao treinamento contínuo e intermitente entre pré-púberes (BOREL et al., 2010). Baquet et al. em 2002 e 2004, também confirmaram a eficácia do protocolo intermitente de exercícios para pré-púberes, sobre a melhora significativa no consumo de oxigênio pico (VO_2 pico) e na aptidão cardiorrespiratória, respectivamente. As respostas do treinamento aeróbio podem ocasionar um incremento de cinco a 6% no VO_2 pico de crianças ou adolescentes, quando da prescrição de intensidades superiores a 80% da frequência cardíaca máxima (BAQUET et al., 2003; BERTHOIN et al., 2006).

No que diz respeito a prescrição do treinamento fundamentado no percentual da frequência cardíaca máxima (FCmax) existe especificidade para grupos pediátricos. Investigação publicada em 2010 indicou a equação $208 - 0,7 \times (\text{idade})$, ressaltando que a fórmula comumente utilizada de $220 - (\text{idade})$ superestimou a FCmax das crianças em sete batimentos por minuto (bpm) (MAHON et al., 2010). Corroborando com estes achados, investigação no Brasil com adolescentes do sexo masculino de 10 a 16 anos, reforça a equação $208 - 0,7 \times (\text{idade})$ sendo a melhor opção para predição da FCmax em adolescentes (MACHADO, DENADAI, 2011). Outros detalhes da prescrição de treinamento na infância e adolescência devem ser

destacados. Revisão narrativa da literatura publicada em 2003 envolveu 22 estudos sobre a temática. Os resultados indicaram que as intervenções com treinamento aeróbio devem ocorrer por no mínimo de quatro semanas, contemplando 3 a 4 sessões semanais e com intensidade mínima de 80% da FCmax (BAQUET et al., 2003).

Se por um lado é reconhecido o impacto do treinamento físico sobre a aptidão aeróbia em crianças e adolescentes, por outro poucos estudos descreveram o efeito do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em crianças. O que é notório são as alterações na modulação autonômica cardíaca ao longo da infância e adolescência (FINLEY, NUGENT, 1995; GOTO et al., 1997; MASSIN, BERNUTH, 1997; SILVETTI et al., 2001). Nessa direção, a iniciativa de descrever os efeitos do treinamento esportivo sobre a VFC de adolescentes de 16 a 19 anos, foi destacado em investigação de Hedelin et al. (2000). Os resultados demonstraram que uma temporada de sete meses de treinamento de esqui demonstrou aumento da VFC de repouso dos adolescentes. De forma mais robusta, as investigações de Gutin et al. (1997; 2000) trataram a temática da VFC e os efeitos do treinamento aeróbio em grupos de crianças obesas. Os resultados demonstraram aumento na modulação autonômica cardíaca que, de acordo com os autores confere proteção cardiovascular (GUTIN et al., 1997; GUTIN et al., 2000). Posteriormente, investigações demonstraram o efeito agudo do exercício na frequência cardíaca de recuperação e da VFC em crianças e adolescentes (BUCHHEIT et al. 2007; GOULOPOLOU et al. 2006; OHUCHI et al. 2000).

Além desses estudos, outros foram previamente descritos na literatura sobre a influência do controle ventilatório na medida de VFC em crianças (WILLIAMS, LOPES, 2005), a reprodutibilidade da medida de VFC em crianças no repouso e durante exercício leve (LEICHT, ALLEN, 2008), e a validação do Polar S810 para realização das medidas de intervalos RR em crianças (GAMELIN et al., 2008), que se caracteriza em uma ferramenta de fácil aplicabilidade. Mais recentemente, estudo com 460 crianças de ambos os sexos de 5 a 10 anos de idade descreveu valores de referência para VFC repouso distribuídos em percentis referente a sexo e idade (MICHELS et al., 2013). Embora muitos estudos estejam relacionados à temática da VFC em grupos com crianças e adolescentes, raras são as investigações capazes de demonstrar o efeito crônico do treinamento físico sobre a VFC em crianças e adolescentes saudáveis, de forma que atualmente pode-se afirmar que existe

responsividade da VFC ao treinamento físico aeróbio em crianças obesas (GUTIN et al., 1997; GUTIN et al., 2000; GUTIN et al., 2005), em situações pós-exercício (BUCHHEIT et al. 2007; GOULOPOLOU et al. 2006; OHUCHI et al. 2000), efeito pós temporada de treinamento em atletas adolescentes (BUCHHEIT et al., 2010; CARRILLO et al., 2001; HEDELIN et al., 2000), porém com relação ao efeito do treinamento crônico sobre a VFC estudos acima reportados não tiveram grupo controle, o que denota um importante viés em investigações dessa natureza. Assim, com o atual cenário disponível na literatura especializada, não é possível afirmar se ocorre modulação autonômica cardíaca após treinamento crônico em crianças e adolescentes saudáveis, como reportado recentemente em estudo com adultos ($24,9 \pm 4,3$ anos) submetidos a 12 semanas de treinamento intermitente de alta intensidade (HEYDARI et al., 2012).

5 REVISÃO SISTEMÁTICA

5.1 ESTUDO 1. EFEITO DO TREINAMENTO FÍSICO SOBRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM CRIANÇAS SAUDÁVEIS: REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE (ANEXO A).

5.2 INTRODUÇÃO

Altos níveis de atividade física e desempenho aeróbio estão associados com bradicardia de repouso em adultos jovens e saudáveis (GRANT et al., 2012; IWASAKI et al., 2003; SANDERCOCK et al., 2008); isto se deve principalmente por alterações no controle autonômico cardiovascular (CARTER et al., 2003; OKAZAKI et al., 2005). O desequilíbrio autonômico pode ser um fator para o aumento da morbidade e mortalidade a partir de uma série de condições patológicas, incluindo doenças cardiovasculares, que demonstram alta relevância clínica. O treinamento físico exerce um papel importante na saúde cardiovascular, pois é reconhecido como uma intervenção que minimiza a incidência de doenças cardiovasculares, considerada a principal causa de morte entre adultos em todo o mundo (WHO, 2011). Além disso, embora as severas complicações das doenças cardiovasculares ocorram na vida adulta, estratégias de prevenção devem ser iniciadas na infância e adolescência (BLOM et al., 2009; LONGIN et al., 2009; ZULFIQAR et al., 2010). Essas estratégias preventivas precoces têm recebido destaque nas recomendações para a promoção da saúde cardiovascular (MMWR, 2011).

Regulação autonômica do sistema cardiovascular é realizada pelas vias simpática e parassimpática. A variação na duração dos intervalos RR é considerada um método simples e não invasivo que fornece uma avaliação indireta do equilíbrio entre os ramos simpático e parassimpático sobre o ritmo intrínseco do nódulo sinusal (TASK FORCE, 1996). Esta análise foi previamente validada em crianças e adolescentes em repouso (GALEEV et al., 2002; GAMELIN et al., 2008; IWASA et al., 2005; MASSIN et al., 1997; WILLIAMS et al., 2002; WINSLEY et al., 2003), e em situações que envolvem estresse, como exercício físico (BUCHHEIT et al., 2010; HEDELIN et al., 2000; LEICHT et al., 2003; NAGAI et al., 2004; TRIPOSKIADIS et al., 2002; VINET et al., 2005).

Do ponto de vista clínico e funcional, estudos prévios demonstraram que a redução da VFC está associada com um risco aumentado de eventos cardíacos e morte prematura (KUO et al., 1999; LAING et al., 2011). Isso vale também para as crianças (GRUTTER et al., 2012; MASSIN et al., 1999). Sandercock et al. (2005) realizaram uma meta-análise com 22 estudos (298 casos) e concluíram que o exercício aeróbio aumenta significativamente a duração do intervalo RR e a atividade parassimpática, avaliada pela banda HF na análise espectral. Além disso, observaram que os indivíduos mais velhos apresentaram menor capacidade de resposta ao treinamento aeróbio, quando comparados com adultos mais jovens. No entanto, não há nenhuma evidência do efeito do treinamento físico sobre a VFC em crianças. Portanto, se a resposta da modulação autonômica cardíaca pode ser melhorada com o treinamento físico durante todo o ciclo de vida, ainda permanece desconhecido.

Embora a literatura relate estudos envolvendo crianças (LEICHT et al., 2003; OHUCHI et al., 2000; WINSLEY et al., 2002) e atletas adolescentes que praticam diferentes esportes (BUCHHEIT et al., 2010; HEDELIN et al., 2000; TRIPOSKIADIS et al., 2002; VINET et al., 2005), é difícil concluir o real impacto do treinamento físico na VFC nestes grupos, especialmente porque altos níveis de VFC está relacionado com resistência para modificações com o treinamento regular (LEICHT et al., 2003).

Além disso, diferenças metodológicas na avaliação da VFC, tais como diferentes protocolos de treinamento físico, estado inicial de treinamento e estágios de maturação biológica (WINSLEY et al., 2003), delineamento transversal da maioria dos estudos e ausência de grupos controle nos poucos estudos longitudinais tornam difícil elucidar o papel do exercício físico regular sobre a VFC em crianças. Assim, o objetivo desta revisão sistemática foi determinar a influência do treinamento físico sobre a VFC crianças saudáveis.

5.3 MÉTODOS

Busca computadorizada foi executada nas seguintes bases de dados: Medline (1950- Dezembro 2012), Embase (1980 - Dezembro 2012), CINAHL (1982 - Dezembro 2012), Lilacs (1982 - Dezembro 2012) Scielo (1998 - Dezembro 2012), SportDiscus (1975 - Dezembro 2012), ProQuest (1980 - Dezembro 2012); Web of

Science; PEDro; Academic Search Premier e Cochrane Controlled Trials Register Library (Edição 10- Dezembro de 2012). A estratégia de busca foi formulada por uma bibliotecária especialista e incluiu as seguintes palavras-chave utilizadas de forma isolada e em múltiplas combinações: VFC, sistema nervoso autônomo, exercício físico, atividade física, exercício contínuo, exercício intermitente, criança, pré-púbere, adolescentes e saúde. As referências dos artigos identificados também foram buscadas para obter mais estudos não identificados em pesquisas eletrônicas. Não houve restrições de idiomas. Para inclusão no presente estudo, dois pesquisadores examinaram os resultados de pesquisa para estudos potencialmente elegíveis. Quando títulos e resumos sugeriam que um estudo era potencialmente elegível para inclusão, foi obtida uma cópia do artigo texto completo. Divergências entre os dois pesquisadores sobre a elegibilidade de um estudo foram resolvidos por discussão ou, quando necessário, por um terceiro pesquisador. Esta revisão sistemática seguiu as recomendações da Declaração do *Prisma Statement* (LIBERATI et al., 2009).

De acordo com as recomendações propostas pela Colaboração *Cochrane* (HIGGINS, GREEN, 2011), apenas ensaios clínicos aleatorizados, publicados ou não, que avaliaram o efeito do treinamento físico sobre a VFC em crianças foram incluídas nesta revisão. Os ensaios clínicos que não foram aleatorizados ou quasi-aleatórios foram excluídos. Os participantes incluídos de estudos elegíveis eram saudáveis, de ambos os sexos, pré-púberes (Tanner 1), sem evidência clínica ou histórico de doença cardiovascular ou hipertensão, diabetes *mellitus* insulino-dependente, obesidade e sem utilização de qualquer medicação. Com relação ao tipo de treinamento, os estudos elegíveis para inclusão deveriam apresentar um mínimo de quatro semanas de treinamento anaeróbio e/ou aeróbio.

Os estudos incluídos foram aqueles que forneceram garantia de processamento válido e padronizado dos dados de intervalo RR que foram gravados por Holter ou monitor de frequência cardíaca (Polar S810), com uma frequência mínima de 1000 Hz por amostragem. Além disso, os estudos foram incluídos somente se os autores fizeram declaração clara do tratamento de dados para batimentos anormais ou ectópicos. Não houve restrições com relação à posição corporal para gravação dos intervalos RR (sentado, em pé ou deitado) e foram incluídos estudos de curta (10 minutos) ou de longa duração (24 horas). O controle da frequência respiratória não foi um critério de inclusão necessário, no entanto

todos os resultados da VFC deveriam ser necessariamente apresentados numericamente no domínio do tempo e/ou no domínio da frequência. Com relação ao programa de treinamento dos estudos incluídos nesta revisão sistemática, todos obrigatoriamente deveriam documentar o volume, a intensidade e a duração do programa de exercícios, incluindo os intervalos de recuperação entre as séries e sessões. O grupo controle foi caracterizado como aqueles participantes que não realizaram qualquer tipo de exercício físico sistematizado durante o período de intervenção. O risco de viés foi avaliado de acordo com as recomendações do manual da Colaboração *Cochrane* (HIGGINS, GREEN, 2011), envolvendo aleatorização, ocultação da alocação, mascaramento dos participantes, do avaliador e no processamento dos resultados, resultados incompletos e outros vieses. O risco de viés para cada um dos estudos foi avaliado por dois pesquisadores independentes e foi atribuída uma pontuação de acordo com os critérios de alto risco (por exemplo, alto risco, baixo risco ou incerto). Quando houve discordância entre eles, um terceiro pesquisador experiente foi solicitado para a decisão final. Informações pertinentes que estavam ausentes em qualquer um dos estudos, que poderia comprometer o resultado da meta-análise, foram solicitadas mediante contato com o autores. Resultados descritivos foram apresentados com os dados reunidos com intuito de comparar os valores da VFC entre os grupos experimentais e controle. A diferença da média padronizada (SMD), com intervalo de confiança de 95% foi calculado e o efeito aleatório foi utilizado para identificar diferenças devido à intervenção, analisados pelo *software Review Manager 5.1.7* (2011). O coeficiente Kappa foi calculado usando o pacote estatístico *SPSS 20.0* (Chicago, IL, EUA), para avaliar a concordância entre os avaliadores do risco de viés dos estudos incluídos.

5.4 RESULTADOS

Foram identificados inicialmente 6164 artigos pelas bases de dados. Após a triagem preliminar, 32 artigos completos foram avaliados para elegibilidade com base no título, no entanto, 30 foram excluídos de acordo os critérios de elegibilidade (Tabela 1). Após intensa análise, apenas dois estudos foram capazes de serem incluídos na meta-análise (Tabela 2). O fluxograma contendo as informações dos procedimentos desta revisão sistemática é apresentado na Figura 2.

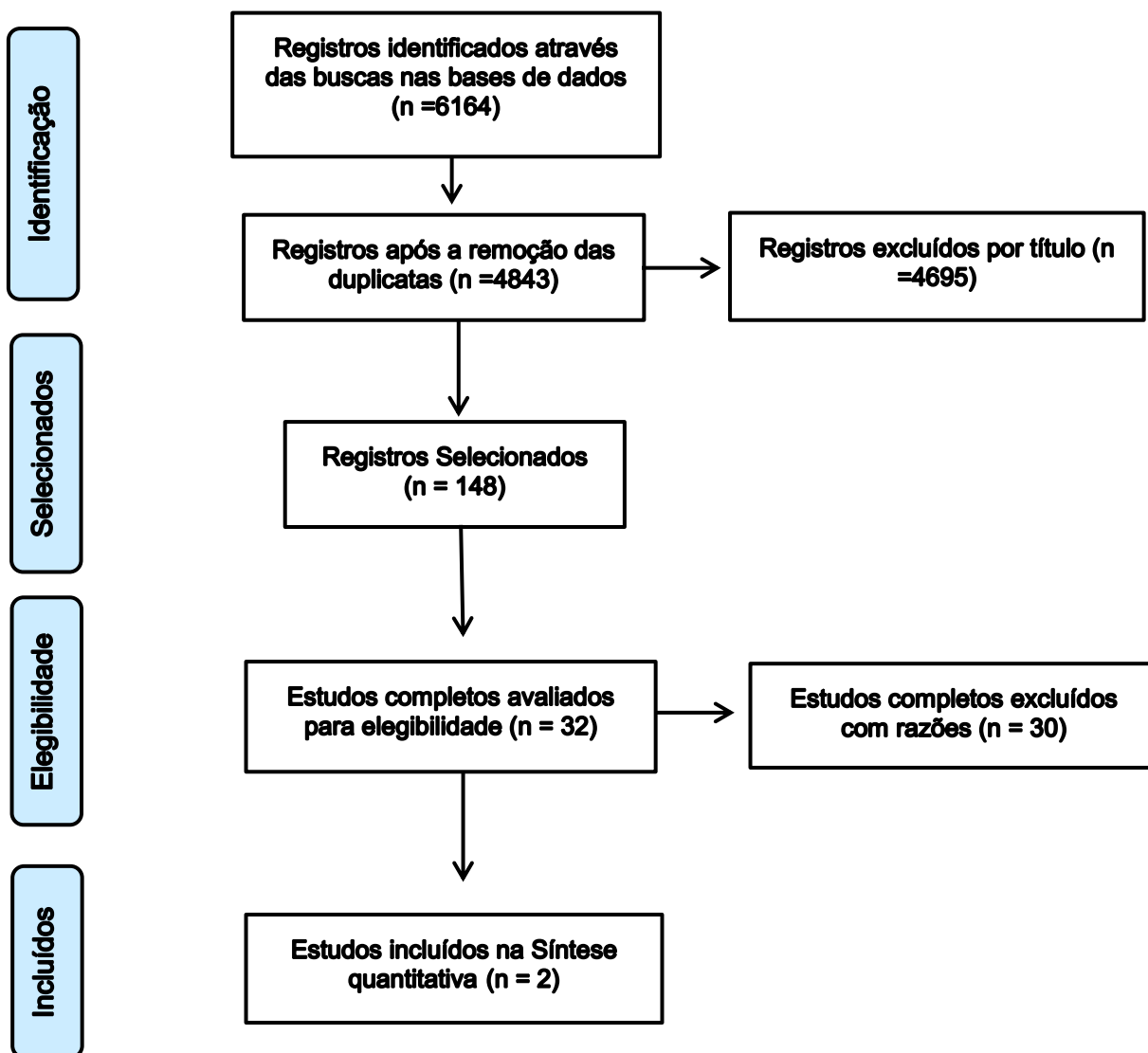


Figura 2 - Fluxograma da seleção dos ensaios clínicos aleatórios elegíveis de todas as citações identificadas.

Tabela 1 - Características dos estudos excluídos e razões para exclusões.

Grupos	Autores	Razões para Exclusão
Reprodutibilidade	Leich et al. 2008 Wisley et al. 2003	Nestes dois artigos foi testada apenas a reprodutibilidade do VFC em crianças, sem envolvimento de treinamento.
Adolescentes	Goulopoulou et al. 2010 Henje Blom et al. 2009 Longin et al. 2009	Os participantes dos estudos elegíveis para esta revisão sistemática deveriam ser pré-púberes (Tanner 1). Os estudos deste grupo de autores avaliaram VFC em adolescentes.
Atletas	Buchheit et al. 2010 Buchheit et al. 2011 Carrillo et al. 2011 Hedelin et al. 2000 Triposkiadis et al. 2002 Vinet et al. 2005 Perini et al. 2006 V.-A. Bricout et al. 2010	Os participantes dos estudos elegíveis para esta revisão sistemática deveriam ser não-atletas e saudáveis. Cargas de treinamento excessivo potencialmente experimentados pelos atletas podem reduzir VFC, gerando viés na interpretação dos efeitos do treinamento em resposta a atividades não esportivas.
Doenças	Chen et al. 2008 Gutin et al. 1997 Gutin et al. 2000 Gutin et al. 2005 Nagai et al. 2004 Prado et al. 2010 Bjelakovic et al. 2010 Katz-Leurer et al. 2010 Fujii et al. 2000	Os participantes dos estudos elegíveis para esta revisão sistemática deveriam ser saudáveis, de ambos os sexos, pré-púberes (Tanner 1) sem evidência clínica ou histórico de doença cardiovascular ou hipertensão, diabetes mellitus insulino-dependente, obesidade, e não poderiam utilizar qualquer medicação. Os estudos neste grupo incluíram crianças com diabetes tipo 1, obesas, asma, arritmias ventriculares, e também que sofreram um traumatismo cranio encefálico grave.
Crianças	Iwasa et al. 2005 Gamelin et al. 2004	Os estudos neste grupo investigaram aVFC de sua associação com os níveis de atividade física, enquanto outros observaram o efeito do treinamento físico em crianças com baixa VFC.
Efeito Agudo	Buchheit et al. 2007 Buchheit et al. 2008 Buchheit et al. 2010 (B) Goulopoulou et al. 2006 Ohuchi et al. 2000	Os estudos neste grupo investigaram a frequência cardíaca e VFC durante a recuperação pós-exercício. Esta revisão sistemática composta apenas estudos com medidas da VFC em repouso.
Pré-adolescentes	Buchheit et al. 2007 (B)	Investigação transversal
Estudos longitudinais	Bricout et al. 2010 Hedelin et al. 2000 Perini et al. 2006 Gutin et al. 1997; 2000; 2005	Efeito significativo positivo do treinamento de futebol sobre VFC Efeito significativo positivo do treinamento de esqui <i>cross-country</i> sobre VFC Efeito significativo positivo do treinamento da natação sobre VFC Efeito significativo positivo do treinamento físico sobre a VFC em crianças obesas.

Tabela 2 - Características dos estudos incluídos.

Autores	Sujeitos	Intervenção	Método	Resultados	Conclusões
Gamelin et al. (2009)	<p>- n=38 Estágio 1 de Tanner. Abaixo de 10 anos</p> <p>-Aleatorização em 2 grupos: (treinamento intermitente e grupo controle)</p> <p>- Grupo Treinamento (GT) (n=7 meninos e n=10 meninas)</p> <p>- Grupo Controle (GC) (n=12 meninos e n=9 meninas)</p>	<p>Treinamento</p> <p>- 7 semanas de corrida de curto tempo com velocidades variando entre 100 a 190% da máxima velocidade aeróbia (MVA)</p> <p>- 3 vezes por semana durante 30 minutos cada sessão</p> <p>Treinamento intermitente com diferentes razões de esforço/pausa:</p> <p>- 5 segundos corrida/15 segundos de pausa;</p> <p>- 10 segundos corrida /10 segundos de pausa;</p> <p>- 15 segundos de corrida/10 segundos de pausa;</p> <p>- 20 segundos de corrida /20 segundos de pausa;</p> <p>- 30 segundos de corrida /30 segundos de pausa</p> <p>- Grupo Controle: sem qualquer treinamento.</p>	<p>- <i>Principal Desfecho:</i> VFC</p> <p>- S810 na posição supina</p> <p>- RR foram continuamente registrados e assumiram-se os 5 minutos finais.</p> <p>- Transformação Log (ln)</p>	<p><i>Domínio do Tempo</i></p> <p>-GT (R-R: 765 ±76 ms- NS). (SDNN: 58± 20 ms- NS); (RMSSD: 54± 25 ms- NS); (pNN50: 97± 61 ms- NS).</p> <p>- GC (R-R: 740 ±80 ms- NS). (SDNN: 61± 28 ms- NS); (RMSSD: 61± 38 ms- NS); (pNN50: 101± 69 ms- NS).</p> <p><i>Domínio da Frequência</i></p> <p>-GT (LF: 5.5 ±0.7 m²). (HF: 5.4 ±1.3 ln m²). (LF/HF: 0.2 ±0.8). NS</p> <p>-GC (LF: 5.8 ±0.8 ln m²). (HF: 5.7 ±1.1 ln m²). (LF/HF: -0.1 ±0.6). NS</p>	<p>- 7 semanas de treinamento intermitente de alta intensidade não foram suficientes para promover efeito sobre a modulação autonômica cardíaca em crianças.</p>

Autores	Sujeitos	Intervenção	Método	Resultados	Conclusões
<p>Mandigout et al. (2002)</p>	<p>- n = 19 - Estágio 1 Tanner com idades entre 10 e 11 anos.</p> <p>- Aleatorização em 2 grupos: Programa de Treinamento com corridas intervaladas e contínuas e outro Grupo Controle.</p> <p>Grupo Treinamento (GT)= (n=6 meninos e n=6 meninas)</p> <p>Grupo Controle (CG) (n=3 meninos e n=4 meninas)</p>	<p>Treinamento</p> <p>- 13 semanas de treino - 1 hora por sessão - 3 sessões/semana</p> <p>- Treinamento</p> <p>O programa de treinamento consistiu em 3 diferentes sessões: uma sessão intervalada com corridas de curta distância repetidas e recuperação (por exemplo, 10 × 100 m, 6 × 200 m, 4 × 600 m), Uma sessão contínua com corridas de longa distância (aproximadamente 15 – 35 min, 1500 – 4500 m) e uma outra sessão de atividades esportivas aeróbias (natação, futebol ou basquetebol)</p> <p>A FC foi monitorada durante as sessões indicou que em 1 hora de treinamento as crianças ficaram na zona alvo entre 25 – 35 minutos (>80%FC máxima)</p> <p>- Grupo Controle: sem qualquer treinamento</p>	<p>- <i>Principal Desfecho</i>: VFC</p> <p>- Análise por Holter na posição supina</p> <p>- Sinais foram continuamente registrados por 5 horas (00:00 às 05:00) durante a noite</p> <p>- Transformação Logarítmica (Log)</p>	<p><i>Domínio do Tempo</i></p> <p>-GT (R-R: 887±118 ms- <i>P</i><0.05) (SDNN:120± 35 ms- <i>P</i><0.05) (RMSSD: 82± 38 ms- NS)</p> <p>-GC (RR: 836 ±59 ms- NS) (SDNN:101±20 ms- NS) (RMSSD: 71± 19 ms- NS)</p> <p><i>Domínio da Frequência</i></p> <p>-GT (LF: 3.3 ±0.3 log m² <i>P</i><0.01) (HF: 3.1 ±0.3 log m² <i>P</i><0.05) (LF/HF: 0.17 ±0.19- NS) (PT: 3.7 ±0.3 m² <i>P</i><0.01).</p> <p>-GC (LF: 3.1 ±0.2 log m²- NS) (HF: 3.9 ±0.3 ln m²- NS) (LF/HF: 0.12 ±0.23- NS) (PT: 3.8 ±0.2 m²- NS)</p>	<p>Os resultados de 13 semanas de treinamento indicaram uma melhora na variabilidade da frequência cardíaca noturna, a exceção, o balanço simpático e parassimpático não foram alteradas por este programa em crianças pré-púberes saudáveis.</p>

A maioria dos estudos publicados examinou o efeito do treinamento físico sobre a VFC em crianças com obesidade (GUTIN et al., 1997; GUTIN et al., 2000; SCHUSTER et al., 2009); diabetes (CHEN et al., 2008); cardiopatias congênitas/cardiomiopatias (GRUTTER et al., 2012; MASSIN et al., 1999); em atletas, por exemplo, natação (TRIPOSKIADIS et al., 2002; VINET et al., 2005), futebol (BUCHHEIT et al., 2010), e em esquiadores *cross-country* (HEDELIN et al., 2000). Investigações com exercício agudo ou reativação parassimpática pós-exercício em crianças foram também excluídas (GOULOPOULOU et al., 2010; OHUCHI et al., 2000; WINSLEY et al., 2002).

A concordância na avaliação de risco de viés para os dois estudos incluídos foi considerada alta (Kappa = 0,88). Os autores dos estudos não descreveram o processo de aleatorização nem o sigilo da alocação. A avaliação do resultado cego não foi citada em um dos estudos (GAMELIN et al., 2009). Nenhum dos estudos realizou *follow-up* ou análise por intenção de tratar.

Os dois ensaios clínicos aleatórios incluídos nesta revisão sistemática estão descritos na Tabela 2. Gamelin et al. (2009) compararam o efeito de sete semanas de treinamento intermitente com medidas de VFC em repouso por cinco minutos na posição supina. O grupo de treinamento intermitente (n= 7 meninos e n= 10 meninas) realizou corridas em velocidades que variaram de 100 até 190% na MVA, três vezes por semana, com sessões de 30 minutos, enquanto o grupo controle (n = 12 meninos e n= 9 meninas) não recebeu qualquer treinamento sistematizado. Os autores concluíram que sete semanas de treinamento intermitente de alta intensidade melhorou a MVA, entretanto não foram observadas melhoras significativas nos índices da VFC neste grupo de crianças pré-púberes.

Mandigout et al. (2002) avaliaram 19 crianças (n=6 meninos e n=6 meninas no grupo experimental, e n=3 meninos e n=4 meninas no grupo de controle), todos pré-púberes (Tanner fase 1). O programa de intervenção de treinamento consistiu de três sessões diferentes: uma sessão de treinamento intermitente com séries repetidas em curtas distâncias seguidas de recuperação, outra sessão de corrida contínua de longa duração, e uma sessão com outras atividades aeróbias (natação, futebol e basquetebol), com as crianças mantendo em média de 25 a 35 minutos dentro da zona alvo da FC (>80% FCmax).

Similar ao estudo anterior, o protocolo proposto por Gamelin et al. (2009), consistiu em sessões de corrida intermitente de alta intensidade. A VFC foi registrada durante cinco dias, antes e após o protocolo de treinamento, com 24 horas de gravações por um Holter. Após 13 semanas de treinamento, verificou-se uma melhora significativa na VFC noturna, com exceção do índice LF/HF. Portanto, Mandigout et al. (2002) e Gamelin et al. (2009) foram os únicos ensaios clínicos aleatórios que atenderam aos critérios de inclusão exigidos. Assim, os resultados destes dois estudos foram reunidos na meta-análise (GAMELIN et al., 2009; MANDIGOUT et al., 2002) (Figuras 3 a 5).

A meta-análise comparou o grupo experimental com o grupo controle para os seguintes parâmetros da VFC: intervalos RR, desvio padrão dos intervalos RR normais (SDNN), raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos RR normais adjacentes (RMSSD), percentual dos intervalos RR adjacentes que diferem em mais de 50 ms (pNN50), a banda de baixa frequência (LF, 0.03-0.15 Hz), a banda de alta frequência (HF, 0,15 0,5 Hz), o índice simpato-vagal (LF/HF) e a potência total (log transformado, 0,03; 0,5 Hz). O número total de crianças do grupo de intervenção foi 29 crianças, enquanto 28 foram incluídos no grupo controle.

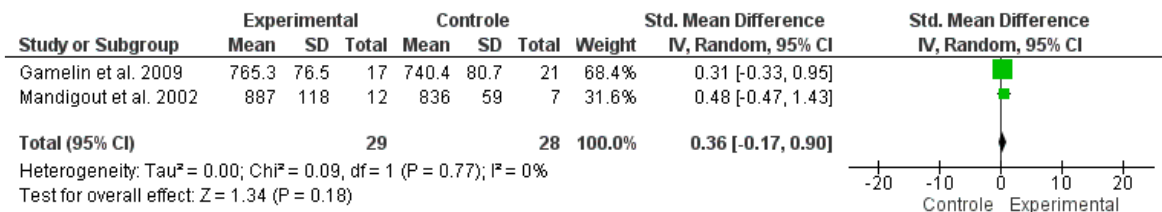
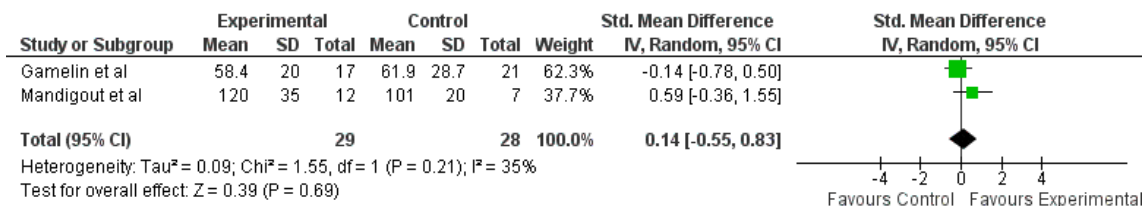


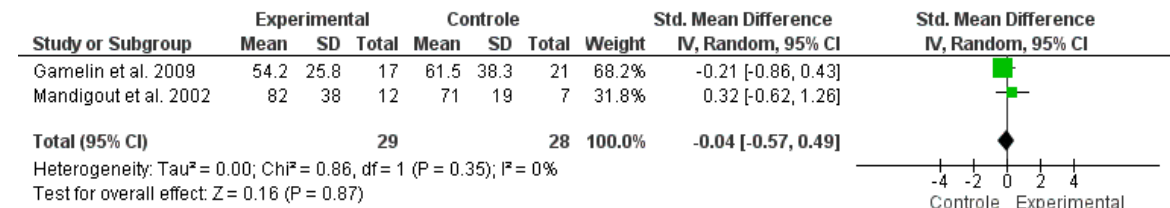
Figura 3 - Meta-análise do efeito do treinamento físico os intervalos RR em função do treinamento.

A Figura 3 expressa os efeitos do treinamento em intervalos RR não indicando diferença significativa nos intervalos RR entre o grupo experimental e controle (SMD = 0,36, IC 95% -17,0; 0,90; P = 0,77).

A



B



C

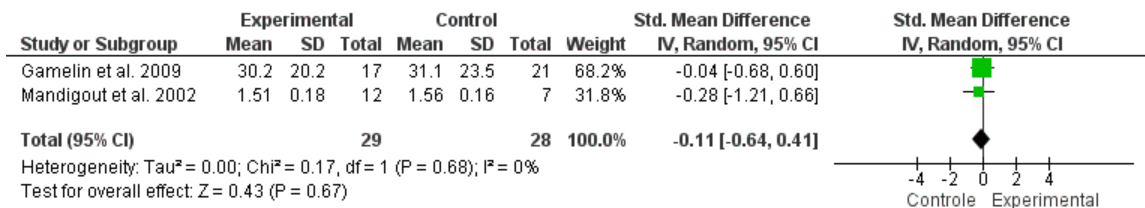
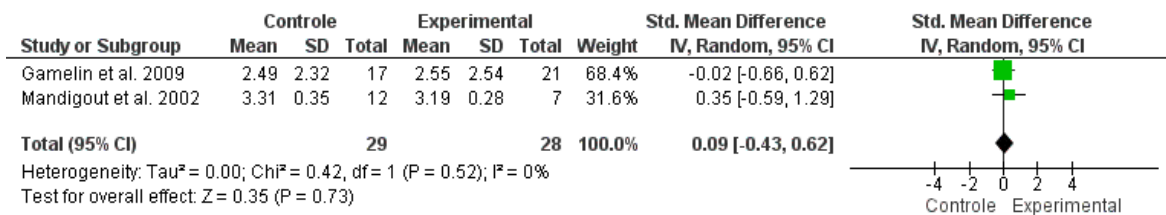


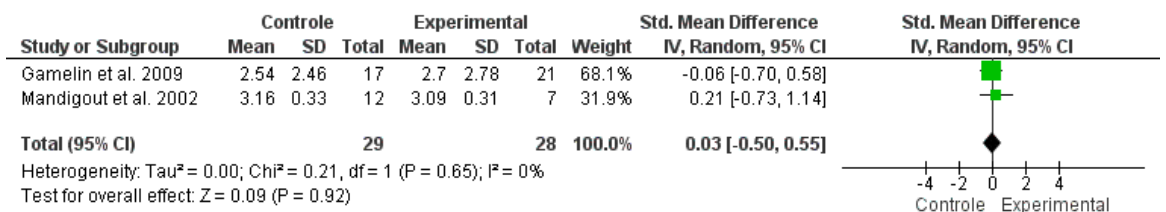
Figura 4 - Meta-análise do efeito do treinamento físico sobre os índices: SDNN (A), RMSSD (B), pNN50 (C).

De forma similar, SDNN (SMD = 0,14, IC 95% -0,55; 0,83, P = 0,21, Figura 4A), RMSSD (SMD= -0,04 IC 95% -0,57; 0,49, P = 0,35, Figura 3B) e pNN50 (SMD= -0,11, IC 95% 0,64, 0,42, P = 0,71, Figura 3C) não foram diferentes entre os grupos experimental e controle. Os valores de LF (SMD = 0,09, IC 95% -0,43; 0,62, P = 0,52, Figura 5A), HF (SMD= 0,03, IC 95% -0,50; 0,55, P = 0,65, Figura 5B), LF/HF (SMD= 0,37, IC 95% -0,16; 0,90, P= 0,73, Figura 5C), e potência total (SMD= -0,05 IC 95% -0,58; 0,48, P= 0,96, Figura 5D) também não diferiram entre os grupos .

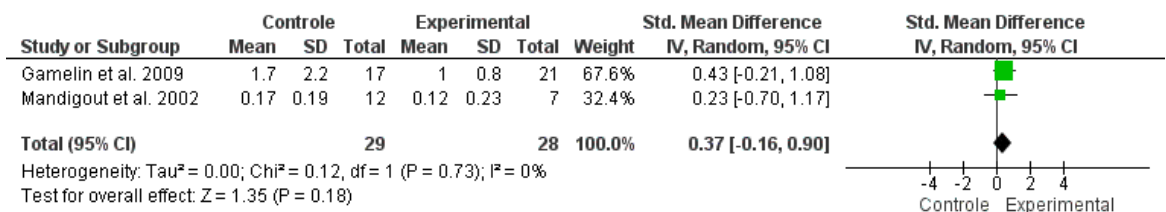
A



B



C



D

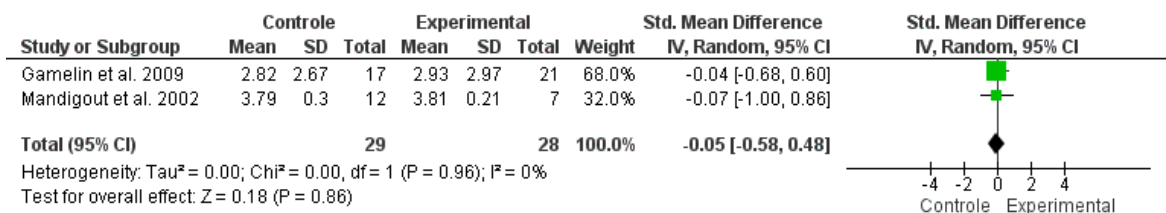


Figura 5 - Meta-análise do efeito do treinamento físico sobre os índices: LF (log) (A), HF (Log) (B), índice LF/HF (C) e Potência Total (Log) (D).

5.5 DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática com meta-análise não revelou qualquer efeito significativo do treinamento físico sobre índices de VFC em crianças pré-púberes saudáveis. Os estudos aqui incluídos demonstraram alto risco de viés devido a uma falha dos autores para descrever adequadamente o processo de

aleatorização e o sigilo de alocação. Nenhum dos estudos realizou seguimento (*follow-up*) nem análise por intenção de tratar. Além disso, as amostras eram pequenas em ambos os estudos incluídos e em nenhum deles foi descrito o cálculo do tamanho da amostra. A análise mascarada dos participantes e pesquisadores também não foi realizada, e as avaliações de resultados não foram descritas pelos autores. Portanto, a ausência de efeitos significativos do treinamento físico sobre a VFC em pré-púberes saudáveis pode ser devido às características fisiológicas inerentes dessa população ou às limitações dos poucos estudos disponíveis.

Os mecanismos exatos das alterações da VFC após treinamento físico crônico em crianças e adolescentes saudáveis não são conhecidos. Além disso, alguns vieses inerentes à avaliação da VFC devem ser destacados, como o uso de janelas de tempo diferentes para gravações dos intervalos RR e dispositivos de gravação diferentes, como por exemplo, Holter e Polar. Dois outros fatores devem ser considerados: 1) os efeitos de diferentes padrões respiratórios (WILLIAMS, LOPES, 2002), e 2) a influência das medições em diferentes posições corporais (DIETRICH et al., 2006; 2010). Além disso, o efeito da idade, sexo e da maturação biológica durante a infância e adolescência têm gerados resultados controversos em estudos prévios na literatura (BUCHHEIT et al., 2011; FINLEY, NUGENT, 1995; GOTO et al., 1997; MASSIN et al., 1997; MICHELS et al., 2013; SILVETTI et al., 2001).

Massin e Bernuth (1997) investigaram durante 24 horas a VFC em 210 crianças com idades de três dias a 14 anos (108 do sexo feminino e 102 do sexo masculino). Os autores observaram influência significativa da idade sobre os valores de VFC, sendo estes resultados consistentes com achados anteriores (FINLEY, NUGENT, 1995). Da mesma forma, Goto et al. (1997) demonstraram um aumento da modulação colinérgica e uma diminuição da adrenérgica na VFC com a idade, o que confirma a progressiva maturação do sistema nervoso autônomo durante toda a infância e adolescência (3 a 15 anos).

O efeito do sexo foi recentemente demonstrado em um estudo transversal (n= 460), envolvendo crianças pré-púberes (5 a 10 anos de idade). Os resultados confirmaram o efeito da idade, bem como maior VFC em meninos em comparação com as meninas (MICHELS et al., 2013). Silveti et al. (2001)

encontraram resultados semelhantes com 103 crianças e adolescentes saudáveis (idades 1 a 5; 6 a 10; 11 a 15; 16 a 20 anos). Em contrapartida, Fukuba et al. (2009) e Longin et al. (2009) não relataram diferenças significativas entre os sexos. Portanto, o efeito do sexo sobre a VFC, que está bem descrita em adultos (FÜRHOZ et al., 2013), permanece incerto em crianças e adolescentes.

Atualmente, muitos estudos têm investigado o impacto do treinamento físico em crianças e adolescentes e indicam efeitos positivos sobre a modulação autonômica cardíaca (Tabela 1). Alguns estudos longitudinais demonstraram melhorias na VFC após treinamento físico em diferentes modalidades esportivas, como futebol (BRICOUT et al., 2010), esqui *cross-country* (HEDELIN et al., 2000) e natação (PERINI et al., 2006). Além disso, dois estudos transversais diferentes demonstraram resultados controversos sobre índices de VFC para nadadores em comparação com seus controles (TRIPOSKIADIS et al., 2002; VINET et al., 2005). Em um estudo, Triposkiadis et al. (2002) observaram maiores índices de VFC para nadadores, em comparação com o grupo de controle, enquanto Vinet et al. (2005) não encontraram efeitos positivos da natação sobre índices de VFC.

Com relação aos efeitos do treinamento em grupo pré-púbere, um estudo realizado com 305 crianças intencionalmente selecionadas com baixa VFC (6 a 11 anos), e outro grupo controle selecionado com VFC normal com idade, massa corporal e estatura correspondentes. Este estudo longitudinal demonstrou que 12 meses com treinamento aeróbio moderado de 20 minutos (140 – 160 bpm) indicou um efeito positivo sobre o sistema nervoso autônomo cardíaco nas crianças que iniciaram com baixa VFC (NAGAI et al., 2004).

Além disso, estudos anteriores mostraram adaptações positivas sobre a modulação vagal cardíaca em crianças e adolescentes com excesso de peso submetidos ao treinamento físico aeróbio. Entre esses estudos com intervenção e treinamento físico, os estudos de Gutin et al. (1997; 2000) recebem destaque. Estes autores demonstraram que quatro meses de treinamento físico, em crianças obesas de sete a 11 anos de idade teve um impacto positivo sobre os índices RMSSD e no índice LF/HF, refletindo um aumento significativo na atividade parassimpática. Além disso, os autores acompanharam as crianças durante um período de quatro meses após o final do protocolo de treinamento com o objetivo de determinar os efeitos do destreinamento sobre índices de VFC. No tempo de seguimento (*follow-up*), os autores observaram redução nos índices

parassimpáticos demonstrando efeito do destreino sobre a modulação autonômica cardíaca.

Embora os estudos não controlados sugiram a treinabilidade do sistema autonômico cardíaco em crianças, os resultados combinados dos dois únicos ensaios clínicos aleatórios não oferecem suporte para essa afirmação. A capacidade de resposta da VFC em crianças saudáveis ao treinamento físico não pode ser garantida, a menos que ensaios clínicos aleatórios sejam realizados com baixo risco de viés. Assim, a questão da treinabilidade sobre a VFC em crianças continua um tema aberto a ser elucidado em estudos futuros.

5.6 IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA

Esta revisão sistemática com meta-análise demonstrou muitas limitações nos estudos de VFC e treinamento físico em crianças, sem qualquer evidência de um efeito significativo do treinamento físico sobre a VFC em crianças saudáveis. Um aspecto positivo é ter a validação de um dispositivo prático, como o Polar S810, para medir intervalos RR em crianças (GAMELIN et al., 2008) e, portanto, ter uma ferramenta simples, não invasiva e de fácil aplicabilidade em populações pediátricas para estudos futuros.

5.7 IMPLICAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

A influência da etnia, do sexo e maturação biológica sobre a VFC não está totalmente compreendida. No entanto, a padronização das medidas de VFC é necessária em todos os estudos, a fim de controlar os possíveis fatores de confusão, tais como a posição corporal e ventilação. Com a melhoria da padronização, será possível destacar o efeito real do treinamento físico sobre a VFC em crianças saudáveis.

Visto que não há evidências suficientes para determinar se existe ou não efeito o treinamento sobre a VFC em crianças saudáveis, recomendamos que mais pesquisas sejam realizadas. Em particular, um ensaio clínico aleatório de

acordo com as diretrizes do *Consort Statement* (MOHER et al., 2012). A principal característica dos ensaios clínicos aleatórios é que os participantes do estudo, após a avaliação da elegibilidade e de recrutamento, são alocados aleatoriamente para receber (ou não receber) a intervenção. Este desenho permite a eliminação de vieses na seleção e outros fatores confundidores, já que os grupos de tratamento e controle são alocados usando técnicas de aleatorização adequadas. Deverá ser dada especial atenção aos critérios de elegibilidade para garantir que todos os participantes incluídos no estudo sejam pré-púberes. Além disso, cuidados devem ser tomados para realizar estudos separando os participantes por sexo, uma vez que sua influência sobre os resultados ainda permanece controversa.

Outros aspectos importantes que não foram realizados nos estudos incluídos nesta revisão sistemática são: a análise de intenção de tratar e o *follow-up*. A análise por intenção de tratar inclui todos os participantes envolvidos no estudo clínico aleatório na análise estatística, mesmo aqueles que não completaram a intervenção. Esta estratégia preserva o benefício da aleatorização, permitindo a distribuição equilibrada para fatores de prognóstico nos grupos quando comparada com o efeito observado resultante do tratamento atribuído. O *follow-up* em estudos com treinamento físico permitirá estabelecer quaisquer efeitos sustentados de treinamento físico sobre a VFC em crianças saudáveis.

5.8 CONCLUSÃO

Fundamentado nos resultados do presente estudo é possível concluir que os dados disponíveis dos ensaios clínicos aleatórios não são fortes o suficiente para confirmar que o treinamento físico como uma estratégia de intervenção para melhorar a VFC em crianças saudáveis, uma vez que não foram encontradas diferenças significantes para qualquer um dos índices de VFC (intervalo RR, SDNN, RMSSD, pNN50, LF, HF, equilíbrio LF/HF e potência total) entre os grupos experimental e controle. Entretanto, é importante ressaltar que este resultado é proveniente de uma meta-análise que incluiu os únicos 2 estudos sobre a temática, e que ambos demonstraram alto risco de viés. Embora os estudos transversais indiquem uma provável resposta do treinamento sobre a VFC em

crianças e adolescentes, com base nos resultados da meta-análise não é possível garantir neste momento, a menos que ensaios clínicos aleatórios sejam realizados com baixo risco de viés, o real efeito do treinamento sobre a modulação autonômica em crianças saudáveis.

6 ESTUDO 2: REPRODUTIBILIDADE DAS MEDIDAS DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM CRIANÇAS: INFLUÊNCIA DO SEXO E POSIÇÃO DO CORPO DURANTE A OBTENÇÃO DE DADOS

6.1 INTRODUÇÃO

A VFC em repouso é reconhecida como um marcador não invasivo, versátil e promissor referente à modulação autonômica cardíaca (TASK FORCE, 1996; SZTAJZEL, 2004; ZAZA, LOMBARDI, 2001). A medida de VFC tem forte impacto na investigação clínica (GRANT et al., 2009), e nos últimos anos tem aumentado no esporte e ciência do exercício (PICHOT et al., 2002). Nesse sentido, é notória a existência de ligações entre a saúde humana, o nível de condicionamento físico e a capacidade de regulação autonômica cardíaca (PLEWS et al., 2012; PLEWS et al., 2013). Assim, a VFC pode ser utilizada como uma importante ferramenta no monitoramento de protocolos de treinamento e outras intervenções clínicas ao longo da vida.

Neste contexto, estudos prévios referentes à padronização da posição assumida durante a avaliação VFC despertaram interesse de pesquisadores (CIPRYAN; LITSCHMANNOVA, 2012; FIONA; LEICHET, 2011; PINNA et al., 2007), entretanto estes estudos tem como foco a população adulta, sendo poucos os que investigaram grupos pediátricos (WINSLEY et al., 2003). Embora recentemente a literatura especializada tenha apresentado dados normativos de VFC em repouso de crianças e adolescentes (MICHELS et al., 2013; JARRIN et al., 2014), investigações relacionadas com a padronização na tomada das medidas deste grupo específico são necessários para possível normatização dos métodos e comparação entre os estudos.

Se por um lado, é expressivo o número de estudos envolvendo o efeito exercício físico aeróbio entre adultos, reportados inclusive em revisão sistemática da literatura previamente (SANDERCOCK et al., 2005), por outro, raros são as investigações de mesma natureza envolvendo crianças e adolescentes (GAMELIN et al., 2008; MANDIGOUT et al., 2002). Além disso, múltiplos foram os vieses documentados em recente meta-análise referente ao efeito do exercício

aeróbio crônico sobre a VFC de crianças (SILVA et al., 2014). Entre as limitações sinalizadas, recebe destaque a ausência de normatização na postura corporal assumida durante a medida de repouso, caracterizado como um fator de confusão quando da análise do real efeito do treinamento físico sobre parâmetros da VFC em grupos infantis. Assim, os objetivos deste estudo foram dois: 1) examinar qual a posição corporal e quais os índices demonstram o melhor confiabilidade na VFC; 2) detectar se há diferenças entre os sexos nas diferentes posições do corpo.

6.2 MÉTODOS

6.2.1 TIPO DE ESTUDO

O delineamento do estudo foi de cunho transversal, com método descritivo (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2012).

6.2.2 SUJEITOS

Este estudo foi conduzido para obtenção da reprodutibilidade interdias dos índices de VFC em função da posição corporal. O objetivo foi detectar a melhor postura para a aquisição dos dados em grupo pediátrico, uma vez que estudos prévios foram realizados somente envolvendo adultos (CIPRYAN, LITSCHMANNOVA, 2013; FIONA et al., 2011). Para tanto, participantes de ambos os sexos, pré-púberes (Tanner 1), eutróficos, sem evidência clínica ou histórico de doença cardiovascular, hipertensão arterial, diabetes *mellitus* e sem utilização de qualquer medicação foram selecionados de uma escola localizada dentro da Universidade Estadual de Londrina.

6.2.3 ASPECTOS ÉTICOS DO ESTUDO

O desenho do estudo e protocolo foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas na declaração de Helsinque e os procedimentos que envolvem seres humanos foram aprovados pelo Comitê de Ética com o parecer 213/2012 (Registro no CONEP 5231/2013) (ANEXO B). A coleta de dados só teve início após a aceitação das crianças como voluntárias e a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos pais ou responsáveis legais pelos menores.

6.2.4 CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA

O cálculo foi estimado levando em consideração a reprodutibilidade analisada por meio do coeficiente de correlação intraclasse (CCI). Considerou-se excelente CCI valores superiores a 0,80, e quando os escores variaram entre 0,60 a 0,80 foi caracterizada como satisfatória (PINNA et al., 2007). Assumiu-se erro tipo I (alfa) de 5% e poder do teste de 80%. Com base nestes indicadores o tamanho amostral mínimo foi de 39 indivíduos considerando teste e reteste para a confiabilidade (WALTER et al., 1998). Assim, foram incluídas 40 crianças entre sete e nove anos de idade, todos em estágio pré-pubertário, sendo 20 do sexo masculino e 20 do sexo feminino.

6.2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

No dia da coleta de dados, as crianças foram retiradas das salas de aula e seguiram para uma sala sem ruídos e com baixa incidência de luz externa para tomada das medidas de VFC em repouso a curto prazo. Um período de pelo menos 20 minutos foi necessário para organizar as crianças e diminuir sua atividade espontânea. Posteriormente, a medida de VFC de repouso foi tomada assumindo três posturas do corpo, nesta sequência: posição supina, sentada e em pé, com a mudança ativa entre posições. Procedimento idêntico foi realizado com sete dias de intervalo, seguindo a mesma padronização (reteste). As

avaliações seguiram os turnos escolares (matutino e vespertino) e a ordem de avaliação dos escolares foi rigorosamente mantida entre os dias, bem como o mesmo avaliador.

6.2.6 MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA

A modulação autonômica cardíaca do nóculo sinusal foi estimada através de VFC repouso. Para tanto, a duração média das gravações do intervalo RR (intervalo RR) foram obtidas a partir de um monitor de frequência cardíaca portátil (Polar RS800, Kempele, Finlândia), com uma taxa de amostragem de 1000 Hz. Gravações de sete minutos foram registradas em cada uma das posições neste estudo. Não houve controle da frequência respiratória, porém as crianças foram orientadas para não bloquear a respiração (apneia), nem hiperventilar, apenas respirar normalmente. O cálculo dos parâmetros no domínio do tempo foi realizado a partir dos índices RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre intervalos RR adjacentes) e o desvio padrão dos intervalos RR normais (SDNN). O RMSSD é considerado como indicador parassimpático e o SDNN como indicador global autonômico pela VFC (TASK FORCE, 1996). Os dados foram interpolados a uma frequência cúbica de 2 Hz em séries corrigidas de intervalos normais, sendo utilizada a transformação rápida de *Fourier* pela janela de *Welch* para estimar a densidade espectral. Foram estimados os componentes de baixa frequência (LF: 0,04–0,15 Hz) como indicador simpático e parassimpático, e de alta frequência (HF: 0,15–0,4 Hz) como indicador parassimpático. Tanto LF quanto HF foram expressos em valores absolutos (ms^2) e em unidades normalizadas (un). Os dados em unidades normalizadas (LFun e HFun) foram utilizados para diminuir o efeito da variação inter-individual nas escalas absolutas (ms^2), sendo obtidos a partir da equação $\{[(\text{HF ou LF})/(\text{HF} + \text{LF})]*100\}$. O índice simpato-vagal foi expresso pela razão entre eles (razão LF/HF) (TASK FORCE, 1996). Além destes parâmetros foi considerado o Pico em HF (Hz) para identificação do padrão ventilatório. A determinação dos componentes espectrais e temporais foi realizada por meio do *HRV Analysis Software v1.1 (Biosignal Laboratory, University of Kuopio, Finlândia)*.

O procedimento foi sempre supervisionado por um pesquisador treinado e experiente. Os resultados foram analisados por outro pesquisador que calculou os índices de VFC e desconhecia o desenho do estudo, tanto na avaliação interdias como as diferentes posições de coleta dos dados.

6.2.7 ESTATÍSTICA

A distribuição dos dados foi verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Os dados são apresentados em valores de média \pm desvio padrão. As comparações entre as diferentes posturas foram efetuadas com dois fatores (sexo e dia) para medidas repetidas ANOVA. A esfericidade foi verificada pelo teste de *Mauchly* seguido pela correção de *Greenhouse-Geisser* quando necessário. Para identificar as diferenças, o teste de Bonferroni foi aplicado. A confiabilidade foi analisada por meio do coeficiente de correlação intra-classe (CCI) e o coeficiente de variação (CV%) (ATKINSON; NEVILL, 1998). A reprodutibilidade foi considerada excelente para CCI > 0,80, e satisfatória quando CCI variou entre 0,60 e 0,80 (PINNA et al. 2007). Todos os dados foram analisados pelo programa SPSS versão 20.0 e o nível de significância foi estabelecido em 5%.

6.3 RESULTADOS

Na tabela 3 estão destacadas as características gerais dos participantes, sendo todos pré-púberes, eutróficos, com massa corporal, estatura e IMC adequados para idade. Nota-se valores significativamente superiores em relação à massa corporal e estatura no sexo masculino quando comparado com o sexo feminino.

Tabela 3. Características dos participantes do estudo (n=40)

	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m²)
Meninos (n=20)	8,0 \pm 10,1	32,5 \pm 6,1*	1,37 \pm 0,07*	17,23 \pm 2,21
Meninas (n=20)	8,9 \pm 0,8	28,1 \pm 5,3	1,31 \pm 0,07	16,20 \pm 2,17

Nota. *Diferença significante entre gênero ($P < 0,05$)

A tabela 4 apresenta os parâmetros da VFC na posição supina. Os resultados demonstram diferenças significantes entre os dias no HF absoluto entre meninos, com os valores mais elevados no segundo dia ($1,443 \pm 942 \text{ ms}^2$) em comparação com o primeiro dia ($977 \pm 756 \text{ ms}^2$). Em relação à diferença entre os sexos, as meninas apresentaram valores significativamente mais elevados do que os meninos no SDNN ($67,0 \pm 15,8$ vs. $56,4 \pm 16,6 \text{ ms}$) no 2º dia de medida, e com o HF absoluto no 1º dia ($1,778 \pm 867 \text{ ms}^2$ vs. $977 \pm 756 \text{ ms}^2$). Os valores de CCI variaram de 0,66 a 0,95 comparando o dia 1 com o dia 2 para meninos e de 0,67 a 0,95 para as meninas, ambos na postura supina.

Os valores de confiabilidade entre os índices de VFC na posição supina demonstraram excelente classificação ($\text{CCI} > 0,80$) para os intervalos RR, o SDNN, o RMSSD, no índice simpato-vagal (razão LF/HF) e SD1 nos meninos. No sexo feminino, os resultados foram similares, exceto na razão LF/HF que demonstrou $\text{CCI}=0,67$. O maior CCI na posição supina foi observado nos intervalos RR ($\text{CCI} =0,95$), seguido pelo RMSSD com o valor de 0,93 para os meninos. As meninas demonstraram valor CCI de 0,93 para os intervalos RR e de 0,95 para SDNN, RMSSD e o SD1.

Tabela 4. Resultados descritivos dos parâmetros da VFC – Posição Supina (Interdias)

	Meninos				Meninas			
	<i>Dia 1</i>	<i>Dia 2</i>	CCI (95% IC)	CV (%)	<i>Dia 1</i>	<i>Dia 2</i>	CCI (95% IC)	CV (%)
RR (ms)	708 ± 83	724 ± 87	0,95 (0,87/0,98)	2,82	718 ± 70	729 ± 77	0,93 (0,83/0,97)	3,30
SDNN	46,9 ± 16,7	56,4 ± 16,6	0,90 (0,75/0,96)	16,66	63,1 ± 16,5	67,0 ± 15,8#	0,95 (0,88/0,98)	8,97
RMSSD (ms)	48,3 ± 21,9	58,5 ± 24,2	0,93 (0,82/0,97)	17,53	61,7 ± 19,7	65,6 ± 18,5	0,95 (0,87/0,98)	11,51
LF (ms ²)	1132 ± 858	1373 ± 947	0,66 (0,19/0,86)	36,0	2036 ± 1240	1947 ± 1067	0,79 (0,48/0,91)	30,07
LFnu	54,5 ± 14,8	49,5 ± 16,9	0,72 (0,30/0,88)	19,18	52,4 ± 12,4	54,7 ± 13,4	0,67 (0,19/0,87)	20,64
HF (ms ²)	977 ± 756	1443 ± 942*	0,70 (0,27/0,87)	41,0	1778 ± 867#	1730 ± 1030	0,70 (0,25/0,88)	23,98
HFnu	45,5 ± 14,8	50,4 ± 16,9	0,72 (0,30/0,88)	17,26	47,6 ± 12,4	45,2 ± 13,4	0,67 (0,16/0,87)	15,58
HF (pico)	0,24 ± 0,09	0,24 ± 0,08	0,76 (0,42/0,90)	21,52	0,23 ± 0,06	0,24 ± 0,06	0,34 (-0,78/0,76)	21,45
LF/HF	1,58 ± 1,42	1,26 ± 1,04	0,88 (0,72/0,95)	34,83	1,26 ± 0,69	1,40 ± 0,75	0,67 (0,17/0,87)	28,85
SD1(ms)	34,4 ± 15,6	41,7 ± 17,2	0,92 (0,82/0,97)	17,51	43,9 ± 14,0	46,7 ± 13,1	0,95 (0,86/0,98)	11,56

Diferenças significantes entre sexos ($P < 0,05$)*Diferenças significantes interdias ($P < 0,05$)

Os resultados descritivos dos parâmetros da VFC na posição sentada e em pé estão expostos nas tabelas 5 e 6, respectivamente. Na postura de sentada (Tabela 5) o único parâmetro que demonstrou diferenças significativas entre os dias foi o HF absoluto (ms^2). As meninas demonstraram diferenças significativas com maior média de $1,641 \pm 884 \text{ ms}^2$ no segundo dia, quando comparado com a primeira medida ($1,083 \pm 545 \text{ ms}^2$). Os valores de CCI variaram de 0,36 a 0,72 para o dia 1 *versus* dia 2 para meninos e 0,12 a 0,56 para as meninas do dia 1 *versus* dia 2. Na posição em pé não foi observada qualquer diferença significativa nem com relação aos dias nem sexos. Os resultados demonstraram que os valores de CCI variaram de 0,36 a 0,72 para o dia 1 *versus* dia 2 para os meninos, e de 0,12 a 0,56 para as meninas na posição sentada. Para postura em pé os valores de CCI variaram de 0,36 a 0,82 nos meninos e de -0,12 a 0,46 para o grupo de meninas.

Adicionalmente foram reportados os valores do pico de frequência em HF, particularmente em função do não controle da frequência respiratória durante a avaliação da VFC de curto prazo em repouso. Os resultados médios para posição supina em ambos os sexos variaram de 0,21 a 0,24 Hz com desvio padrão entre 0,06 e 0,08. Os valores de CCI foram 0,60 e 0,73 para meninos e meninas respectivamente. Na posição sentada e em pé o pico da frequência em HF foi mais variável e menos reprodutível.

Os escores da reprodutibilidade absoluta, caracterizada pela variação intra-individual foi verificada através do coeficiente de variação (CV) expresso em percentual (%). Apesar da excelente reprodutibilidade entre as avaliações interdias na posição supina (dia 1 *versus* dia 2) testada pelo CCI, os resultados nas três posturas e em ambos os sexos indicaram grande variação intra-individual nos parâmetros avaliados da VFC ($\text{CV} > 10\%$), exceto nos valores dos intervalos RR.

Tabela 5. Resultados descritivos dos parâmetros de VFC – Posição Sentada (Interdias)

	Meninos				Meninas			
	<i>Dia 1</i>	<i>Dia 2</i>	CCI (95% IC)	CV (%)	<i>Dia 1</i>	<i>Dia 2</i>	CCI (95% IC)	CV (%)
RR (ms)	670 ± 61	669 ± 60	0,66 (0,17/0,86)	4,72	667 ± 65	685 ± 82	0,32 (-0,72/0,73)	7,24
SDNN	52,4 ± 16,5	51,6 ± 18,5	0,70 (0,25/0,78)	16,04	55,4 ± 13,5	62,3 ± 14,93	0,41 (-0,50/0,76)	17,28
RMSSD (ms)	48,2 ± 20,4	44,9 ± 18,1	0,72 (0,32/0,88)	19,67	46,1 ± 14,2	56,3 ± 18,8	0,56 (-0,10/0,83)	22,71
LF (ms ²)	1631 ± 1117	1752 ± 1282	0,36 (-0,55/0,73)	43,73	1760 ± 898	2111 ± 1220	0,34 (-0,61/0,74)	43,53
LFnu	59,3 ± 12,5	60,4 ± 12,7	0,52 (-0,27/0,80)	14,62	61,5 ± 7,5	56,6 ± 10,9	0,46 (-0,37/0,78)	13,42
HF (ms ²)	1146 ± 926	1115 ± 775	0,52 (-0,15/0,80)	35,70	1083 ± 545	1641 ± 884*	0,12 (-1,16/0,65)	41,33
HFnu	40,7 ± 12,5	39,5 ± 12,7	0,50 (-0,27/0,80)	19,75	38,4 ± 7,5	43,3 ± 10,9	0,46 (-0,37/0,78)	18,99
HF (pico)	0,23 ± 0,08	0,21 ± 0,06	-0,25 (-2,03/-0,49)	20,43	0,22 ± 0,07	0,24 ± 0,06	0,55 (-0,18/0,83)	19,09
LF/HF	1,66 ± 0,85	1,92 ± 1,39	0,70 (0,26/0,87)	32,94	1,70 ± 0,58	1,46 ± 0,65	0,29 (-0,79/0,71)	31,74
SD1 (ms)	34,3 ± 14,5	32,0 ± 12,9	0,72 (0,30/0,88)	19,72	33,0 ± 10,1	40,1 ± 13,3	0,56 (-0,10/0,82)	22,64

*Diferenças significantes interdias ($P < 0,05$)

Tabela 6. Resultados descritivos dos parâmetros de VFC – Posição em Pé (Interdias).

	Meninos				Meninas			
	<i>Dia 1</i>	<i>Dia 2</i>	CCI (95% IC)	CV (%)	<i>Dia 1</i>	<i>Dia 2</i>	CCI (95% IC)	CV (%)
RR (ms)	594 ± 49	603 ± 61	0,64 (0,10/0,85)	5,41	604 ± 58	624 ± 54	0,32 (-0,72/0,73)	6,72
SDNN	35,9 ± 11,0	37,5 ± 13,6	0,52 (-0,18/0,80)	18,75	42,1 ± 10,2	45,9 ± 10,5	0,18 (-1,07/0,67)	19,13
RMSSD (ms)	26,6 ± 12,1	28,0 ± 15,3	0,57 (-,063/0,82)	27,30	30,5 ± 13,0	33,0±10,4	0,27 (-0,85/0,70)	31,74
LF (ms ²)	823 ± 591	988 ± 596	0,36 (-0,55/0,73)	40,50	1040 ± 528	1477 ± 851	-0,12 (-1,8/0,55)	41,95
LFnu	70,1 ± 11,5	73,8 ± 12,0	0,53 (-0,15/0,81)	11,71	67,7 ± 12,8	70,6 ± 10,3	0,46 (-0,36/0,78)	12,02
HF (ms ²)	947 ± 291	407 ± 386	0,78 (0,47/0,91)	51,27	551 ± 439	613 ± 357	0,13 (-1,15/0,65)	52,72
HFnu	29,8 ± 11,5	26,2 ± 12,0	0,53 (-0,15/0,81)	26,93	32,2 ± 12,8	29,3 ± 10,3	0,46 (-0,36/0,78)	26,64
HF (pico)	0,21 ± 0,07	0,19 ± 0,03	0,27 (-0,76/0,70)	16,43	0,20 ± 0,06	0,21 ± 0,05	0,07 (-1,31/0,63)	19,75
LF/HF	2,91 ± 1,87	3,84 ± 2,97	0,82 (0,57/0,93)	37,31	2,69 ± 1,73	2,76 ± 1,11	0,22 (-0,96/0,69)	37,22
SD1(ms)	19,0 ± 8,6	20,0 ± 11,0	0,53 (-0,12/0,81)	27,31	22,0 ± 9,26	23,6 ± 7,38	0,26 (-0,86/0,70)	31,63

6.4 DISCUSSÃO

A aplicação de medidas de VFC para detecção de alterações causadas por tratamentos ou treinamentos físicos depende substancialmente da validade, reprodutibilidade e sensibilidade da medida (CURRELL, JEUKENDRUP, 2008). A determinação da VFC de repouso por meio de cardiofrequencímetro portátil é considerado um instrumento válido para coletas de dados e análise da modulação autonômica cardíaca em população pediátrica (GAMELIN et al., 2008). Menores variações inter dias denotam maior reprodutibilidade, que por sua vez implica na melhora da sensibilidade da medida, caracterizada pela capacidade de detectar pequenas, mas importantes mudanças decorrentes de protocolos de treinamento físico (BUCHHEIT et al., 2010; CURRELL, JEUKENDRUP, 2008; WEIR, 2005) ou outras condições de adaptação fisiológica.

Em adultos, a padronização e confiabilidade da mensuração dos parâmetros da VFC foram reportadas previamente em uma revisão sistemática publicada em 2005 (SANDERCOCK et al., 2005). Os autores declararam baixa reprodutibilidade nos índices de VFC de repouso em indivíduos adultos saudáveis, a despeito da aceitável responsividade dos índices aos efeitos de treinamento (SANDERCOCK et al., 2005); entretanto, limitadas informações existem sobre a padronização e reprodutibilidade da medida em grupos infantis (DIETRICH et al., 2010). Assim, o presente estudo examinou as diferentes posturas corporais no sentido de indicar a posição e os índices de VFC mais reprodutíveis entre dias em um grupo de pré-púberes de ambos os sexos. O melhor resultado foi atribuído à posição supina, com a maior reprodutibilidade das medidas de VFC. Os valores nesta postura foram classificados como excelentes ($CCI > 0,90$) para os intervalos RR, o SDNN, RMSSD e SD1 (CURRELL, JEUKENDRUP, 2008). Estes achados sugerem que o menor estresse cardocirculatório ocasionado por esta posição parece favorecer a repetibilidade dos índices, uma vez que a estimulação ortostática gerada pela postura em pé ocasiona um aumento na atividade simpática (YERAGANI et al., 1994) e pode causar mais oscilações entre dias nos intervalos RR em função dos ajustes autonômicos necessários. Resultados similares, com menor reprodutibilidade na posição em pé, foram reportados previamente em adultos (CIPRYAN et al., 2013).

Os valores de CCI na posição supina dos intervalos RR do presente estudo com amostra infantil foram superiores aos encontrados no estudo com adultos avaliados em situação similar, em diferentes dias (CIPRYAN et al., 2013). Além disso, os CCIs aqui relatados foram superiores aos encontrados por Pinna et al. (2007) para os intervalos RR e para os índices derivados do domínio do tempo (SDNN e RMSSD), incluindo ou não controle respiratório (15 incursões/min) em adultos (26 a 39 anos).

Nesta direção, um aspecto importante em investigações de reprodutibilidade das medidas de VFC é a presença ou não de controle respiratório. A arritmia sinusal respiratória é reconhecida como a relação entre atividade ventilatória e frequência cardíaca (HIRSCH, BISHOP, 1981; BRADA et al., 2001; BERNARDI et al., 2001; ECKBERG, 2003). A magnitude da arritmia sinusal respiratória pode ser avaliada pela potência do componente espectral de alta frequência (HF) na análise da VFC (BROWN et al., 1993; BLOOMFIELD et al., 2001; BERNARDI et al., 2001; YASUMA, HAYANO, 2004; SABOUL et al., 2012), a qual demonstra forte dependência da frequência respiratória e do volume corrente (KOBAYASHI, 2009). Estudos anteriores se dedicaram a verificar a influência do controle ventilatório sobre a VFC em adultos (BLOOMFIELD et al., 2001; BUSHHA et al., 2009; GUZIK et al., 2007; PENTILLÄ et al., 2001; PINNA et al., 2006; ZÖLEI et al., 2007). Os resultados sugerem não haver diferença média nos indicadores no domínio da frequência (LF e HF) com controle respiratório (~15 respirações/min) comparado com a respiração espontânea (PINNA et al., 2006), similar ao encontrado inicialmente por Bloomfield et al. (2001) com o índice HF. No entanto, raras são as propostas direcionadas à população pediátrica, tendo destaque um único estudo que verificou o efeito do controle ventilatório (6 e 12 respirações/min) e do volume corrente fixo de 30% da capacidade vital sobre a VFC de curto prazo na postura sentada em crianças de 9 e adolescentes de 16 anos de idade (WILLIAMS, LOPES, 2002). Os resultados revelaram efeito da frequência respiratória (12 respirações/min) combinado com o volume corrente, tanto entre as crianças (n=29), como nos adolescentes (n= 19) sobre o SDNN, HF ($P<0,01$) e no LF ($P<0,05$) quando comparado à condição sem controle ventilatório. Apesar dos resultados satisfatórios, os autores ressaltam que no grupo de crianças não foi possível a realização do controle ventilatório mais lento (6 respirações/min), mesmo após o processo de familiarização composto por

quarto tentativas de avaliação. Os resultados na condição de seis respirações por minuto demonstraram inconsistência, o que impediu as análises nestas condições com pré-púberes (WILLIAMS, LOPES, 2002). A dificuldade no controle respiratório de pré-púberes demonstra coerência com gráficos de percentis de frequência respiratória do nascimento até os 18 anos (FLEMING et al., 2011). As curvas foram construídas a partir de uma revisão sistemática que incluiu 69 estudos (n=3.881 crianças) e demonstraram decréscimo de 40% na mediana na frequência respiratória desde o nascimento (44 respirações/min) comparado com dados obtidos aos dois anos de idade (26 respirações/min). Na faixa etária investigada no presente estudo (\cong nove anos), os percentis indicam aproximadamente 20 respirações por minuto de forma espontânea; logo, o controle respiratório proposto de 12 incursões ventilatórias por minuto já constituiria um grande desafio para este grupo etário, enquanto a proposta de seis respirações por minuto ficou claramente inviável (WILLIAMS, LOPES, 2002). Por fim, a ausência do controle respiratório pode ser minimizada quando a investigação tiver como foco índices no domínio do tempo, uma vez que a maior influência do controle ventilatório ocorre no domínio da frequência (BROWN et al., 1993; PENTILA et al., 2001). Neste contexto, o presente estudo demonstrou melhor reprodutibilidade (CCI>0,90) da posição supina no RMSSD e no SD1 em ambos os sexos, o que minimiza o efeito da ausência do controle respiratório. Adicionalmente, os valores do HF pico foram identificados no presente estudo. Os resultados na postura supina não demonstraram ampla variação média (0,21 a 0,24 \pm 0,07 a 0,09 Hz) em ambos os sexos. Esta medida em Hz equivale aproximadamente entre 12 e 15 incursões ventilatórias por minuto, o que corresponde ao 10^o percentil para essa faixa etária (FLEMING et al., 2011). É importante destacar que a condição de controle respiratório não demonstrou melhora na reprodutibilidade das medidas de VFC independente da posição em homens saudáveis de 20 a 54 anos (KOBAYASHI, 2009), nem na postura supina em 10 dias consecutivos comparada com a respiração espontânea (ZOLLEI et al., 2007). De forma similar, estudo com adolescentes de 11 a 12 anos com controle respiratório (12 incursões/minuto), na posição supina e com cardiofrequencímetros portáteis, não demonstrou melhor CCI na situação de repouso em todos os parâmetros avaliados quando comparado ao presente estudo (WINSLEY et al., 2003). Os resultados foram inferiores ao do presente

estudo, o que demonstra que o controle respiratório não garante necessariamente maior reprodutibilidade na determinação dos índices de VFC em repouso.

Similar aos procedimentos do presente estudo, Dietrich et al. (2010) avaliaram a reprodutibilidade absoluta e relativa dos índices da VFC em 57 adolescentes de 10 a 13 anos nas posturas supina e em pé, sem controle respiratório. Os resultados mostraram similaridade com nossos resultados com valores de CCI maiores na postura supina (SDNN e no HF) quando confrontadas com a postura em pé (DIETRICH et al., 2010). No entanto, os CV (%) do presente estudo indicaram valores superiores a 10%, caracterizando grande variabilidade intra-individual nos índices das VFC (ATKINSON, NEVILL, 1998). Nossos resultados com relação ao CV foram similares aos reportados por Rüdiger et al (2001), na postura supina em crianças e adolescentes (n=22) e encontrados em crianças (9,5 ± 0,6 anos) (LEICHT, ALLEN, 2008). De forma semelhante, investigação com adultos demonstrou resultados CV acima de 10% para medidas da VFC (YOUNG, LEICHT, 2011), corroborando a grande variação nos parâmetros da VFC intra-individuais, e indicando sua baixa confiabilidade absoluta (PINNA et al., 2007). Adicionalmente, em se tratando de grupos infantis, a grande variação intra-individual (CV>10%) nos parâmetros da VFC pode ter sido potencializada pelo intenso desenvolvimento maturacional do sistema nervoso autônomo durante este período etário (FINLEY et al., 1995; LENARD et al., 2010; MASSIN et al., 1997; KAZUMA et al., 2002).

Com relação às diferenças sexuais, o presente estudo não detectou efeito na análise de variância de medidas repetidas. Houve diferenças pontuais (SDNN e HF) em favor das meninas (Tabela 2). Resultados similares foram descritos anteriormente com adultos, sem efeito de interação sexo e posição (supina, sentada ou em pé) (YOUNG, LEICHT, 2011). Além disso, o HF foi o parâmetro mais variável em todas as posições e em ambos os sexos. No que diz respeito aos parâmetros parassimpáticos investigados no domínio no tempo e no *plot* de *Poincaré*, os CCIs superiores foram observados no RMSSD e SD1 na posição supina, com valores entre 0,93 e 0,92 nos meninos e 0,95 em ambos os índices para as meninas. Estes achados estão de acordo com outras investigações que demonstraram boa reprodutibilidade na VFC avaliada por Holter durante 24 horas em adolescentes (BATTEN et al., 2000) e em relação a sensibilidade baroreflexa

em adolescentes (RÜDIGER et al., 2001). A reprodutibilidade das medidas da sensibilidade baroreflexa de curto prazo na posição supina e em pé foi ligeiramente inferior em relação às medições VFC (DIETRICH et al., 2010). A postura supina demonstrou valores de CCI similares ao presente estudo e superiores aos encontrados na posição em pé, reforçando sua utilização de forma confiável em grupos pediátricos.

A padronização da medida de VFC tomada na posição supina, expressa pela excelente reprodutibilidade ($CCI > 0,90$) para os parâmetros RMSSD e SD1 em ambos os sexos, reforça não apenas resultados prévios na literatura (CIPRYAN et al., 2013; DIETRICH et al., 2010; RÜDIGER et al., 2001), mas também destaca esta postura e estes índices como adequados em estudos com treinamento físico. Uma vez que a detecção dos reais efeitos da intervenção com treinamento físico depende de uma medida reprodutível em repetidas avaliações, de forma que a melhor reprodutibilidade implica no aumento da precisão mensurada (HOPKINS, 2000). Assim, com a maior reprodutibilidade e menor CV há maior probabilidade de observar respostas geradas pelo aumento concomitante de capacidades físicas e fisiológicas (BUCHHEIT et al., 2010; CURRELL, JEUKENDRUP, 2008; WEIR, 2005). Neste sentido, o presente estudo contribuiu de forma significativa, uma vez que não foi observado o efeito do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em crianças a partir de revisão sistemática com meta-análise (SILVA et al., 2014). Entre os múltiplos vieses dos estudos incluídos, recebe destaque a ausência de padronização das medidas, diferentes dispositivos de gravação dos intervalos RR e as diferentes posições do corpo. A presença destes fatores de confusão certamente impedem resultados mais conclusivos sobre a responsividade autonômica cardíaca pelo treinamento físico em crianças.

Similar aos achados do presente estudo, a postura supina e o índice RMSSD configuraram excelente aplicação prática em investigação com o monitoramento do treinamento em atletas adultos (PLEWS et al., 2014). É provável que a utilização de padronização na posição supina e a utilização índices mais reprodutíveis da VFC seja possível verificar com menor viés os efeitos do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca de crianças. Sobretudo a partir dos achados do presente estudo com amostra infantil com

adequada avaliação maturacional e a reprodução das mesmas condições ambientais na tomada das medidas de VFC. Nossos resultados podem representar um referencial da excelente reprodutibilidade do RMSSD ($CCI > 0,90$) na postura supina em pré-púberes saudáveis de ambos os sexos.

6.5 CONCLUSÃO

Os resultados suportam a posição supina como a mais reprodutível para verificação da variação dos índices de VFC interdias. Os valores de confiabilidade demonstraram excelente classificação para os intervalos RR, o SDNN, o RMSSD e SD1 em ambos os sexos. Adicionalmente, não foram detectadas diferenças expressivas entre os sexos, apenas pontuais e sem interação (sexo e dia). Resultados relacionados à reprodutibilidade de medidas de VFC são fundamentais, particularmente pelos escassos estudos com crianças e adolescentes. A padronização da postura mais reprodutível reduz os vieses na comparação entre os estudos tendo maior controle deste fator de confusão.

7 ESTUDO 3: VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PRÉ-PÚBERES: EFEITOS DO TREINAMENTO E DESTREINAMENTO FÍSICO

7.1 INTRODUÇÃO

A VFC é uma ferramenta que investiga a modulação autonômica sobre o coração, estimada pela determinação da variação batimento a batimento, e além de ser uma variável não invasiva tem sua praticidade e validade reconhecida na literatura (GAMELIN et al., 2008; NUNAN et al., 2009). Os índices da VFC receberam nos últimos anos grande atenção, uma vez que estudos prévios demonstraram que a redução da VFC está associada ao risco elevado de eventos cardíacos e morte prematura em indivíduos saudáveis (KUO et al., 1999; LAING et al., 2010; VOSS et al., 2012). Embora condições clínicas terminais ocasionadas por doenças cardiovasculares ocorram em idade avançada, se reconhece que medidas preventivas e acompanhamento de fatores de risco devem ser iniciados já em idade pediátrica (BLOM et al., 2009; BUCHHEIT et al., 2007; LONGIN et al., 2009; ZULFIQAR et al., 2010).

Em adultos, existe uma forte relação dos efeitos do treinamento físico sobre a VFC de repouso (BUCHHEIT, GINDRE, 2006; HAUTALA et al., 2009; PICHOT et al., 2002; SLOAN et al., 2009; SOARES-MIRANDA et al., 2009), uma vez que a realização de exercícios físicos regulares promovem resposta positiva na função autonômica cardiovagal. Corroborando com estas afirmações, Sandercock et al. (2005) realizaram um estudo meta-analítico com incluindo 298 indivíduos adultos incluindo 22 investigações reportadas na literatura. Os resultados demonstraram que o exercício físico aeróbio aumentou a VFC significativamente, bem como a atividade parassimpática, avaliada pela banda de alta frequência (HF) na análise espectral. Entretanto, existem poucas investigações envolvendo crianças e adolescentes relacionadas com o efeito crônico do exercício físico sobre a VFC (GAMELIN et al., 2009; MANDIGOUT et al., 2002; NAGAI et al., 2004). Entre os raros estudos longitudinais, recentemente uma revisão sistemática com meta-análise destacou a impossibilidade de robusta conclusão da treinabilidade sobre a VFC em crianças em função do alto risco de viés dos estudos (SILVA et al., 2014). Embora a literatura reporte ensaios clínicos

aleatórios bem controlados com resultados sugerindo que sistema autonômico cardíaco é treinável a partir de exercícios aeróbios em crianças com excesso de massa corporal (GUTIN et al., 1997; GUTIN et al., 2000), a questão da treinabilidade sobre a VFC em crianças eutróficas e saudáveis continua um tema aberto a ser elucidado em ensaios clínicos aleatórios com baixo risco de viés.

7.2 TIPO DE ESTUDO

Ensaio clínico aleatório, de acordo com as regras do *Consort - Statement* (MOHER et al., 2012).

7.2.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado em duas escolas da rede de ensino do Município de Londrina-Pr. O somatório do número de alunos matriculados contemplava adequadamente o número amostral e a faixa etária pretendida. O Projeto teve aprovação prévia da Secretaria de Educação do Município de Londrina (ANEXO C), bem como dos Diretores das escolas sorteadas pela Secretaria Municipal de Educação. A medida do desfecho foi analisada no Laboratório de Fisiologia do Exercício do CEFE da Universidade Estadual de Londrina- PR.

7.2.2 ASPECTOS ÉTICOS DO ESTUDO

O projeto foi registrado na Plataforma Brasil, com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisas envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, com o parecer 214/2012 (Registro no CONEP 5231/2013) (ANEXO D).

Previamente a coleta de dados, as escolas sorteadas foram informadas, através de uma breve reunião com a direção responsável sobre os procedimentos. Após as explicações e com as dúvidas sanadas, os diretores autorizaram a coleta de dados. Posteriormente foi agendada uma reunião com os pais dos escolares, após a apresentação dos objetivos, métodos e procedimentos do estudo, o TCLE foi entregue a todos os responsáveis presentes. Os

responsáveis que não estavam presentes na reunião receberam os documentos através da agenda escolar das crianças. Esta agenda foi também o meio de comunicação entre pais, professores e pesquisadores. No TCLE constaram todos os procedimentos e os contatos para eventuais necessidades e esclarecimentos sobre o projeto.

No total foram entregues 250 TCLE e retornaram 192 devidamente assinados pelo responsável legal e pela criança. Além disso, é importante ressaltar que mesmo após a assinatura do TCLE, os responsáveis bem como todas as crianças poderiam retirar o consentimento de participação a qualquer momento, sem qualquer prejuízo. Adicionalmente e de acordo com o *The International Committee of Medical Journal Editors (ACMJE)* o ensaio clínico foi registrado no www.clinicaltrials.gov (Identifier: NCT02236117) (ANEXO E)

7.2.3 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE DOS PARTICIPANTES

Participaram do estudo crianças de ambos os sexos que compuseram dois grupos distintos: Experimental e Controle. A rotina das crianças não foi alterada, assim todos participaram das aulas de Educação Física e ninguém estava inserido em qualquer atividade física extra-escolar. O grupo experimental foi submetido ao treinamento aeróbio de corrida durante 10 semanas, enquanto grupo controle realizou sessões de atividades lúdicas sem deslocamentos por igual período.

Os critérios de inclusão exigiram que as crianças apresentassem massa corporal e estatura entre os percentis 10 e 90, segundo critérios adotados pelo *Centers for Disease Control and Prevention (CDC, 2002)*, ou seja, estado nutricional eutrófico para o índice de massa corporal (IMC). Todos os participantes incluídos estavam saudáveis, sem qualquer disfunção endócrina, renal, metabólica, respiratória, osteoarticular, do sistema nervoso ou cardiovascular e não faziam uso de qualquer terapia medicamentosa por no mínimo seis meses antes do processo de recrutamento. Para garantir o estado de saúde, todos os participantes foram submetidos à avaliação médica geral realizada por uma única pediatra convidada a participar do projeto para esta finalidade. A avaliação clínica geral incluiu ausculta cardíaca, medida da pressão

arterial de repouso e avaliação dos caracteres sexuais secundários. Para caracterizar o estado infantil, a avaliação por inspeção visual direta dos caracteres sexuais secundários foi classificada de acordo com os critérios de Tanner (MARSHALL; TANNER, 1970). Foram incluídas as crianças que apresentaram estágio inicial de desenvolvimento pubertário, sendo para meninas (Mamas Estágio 1) e para os meninos (Genitais Estágio 1), cujo significado representa que ainda não eram evidenciadas mudanças morfológicas relacionadas à puberdade.

Com relação ao nível de atividade física habitual foram pré-selecionados indivíduos que não participavam de qualquer modalidade esportiva extraescolar, exceção apenas das aulas de Educação Física. A determinação da atividade física habitual foi quantificada por acelerometria. O aparelho é leve e pequeno, comumente utilizado na cintura, causando pouco ou nenhum incômodo ao usuário. Foram utilizados acelerômetros *Actigraph* modelo GT1M com *epoch* em 15 segundos para a coleta das informações. A média de minutos/dia de utilização dos acelerômetros consideradas válidas foi de, no mínimo, 600 minutos de uso. O procedimento de coleta de dados ocorreu em quatro dias, sendo dois dias durante a semana e os dois dias no final de semana (sábado e domingo), respectivamente. Os acelerômetros foram fixados na cintura das crianças por uma fita elástica. Foram colocados, no momento da entrada da criança na escola, respeitando o turno de estudos, sendo o equipamento removido após os quatro dias de avaliação. Os pais ou responsáveis legais conheciam os procedimentos e acompanharam os filhos na remoção do aparelho em atividades do meio aquático (exemplo atividade em piscina e banho) sendo recolocados imediatamente após o término destas atividades. Foram incluídas nas análises as crianças que utilizaram os acelerômetros por no mínimo três dias. Os seguintes pontos de corte foram adotados para classificação da intensidade das atividades: 0-100 *counts/min*—atividades sedentárias; 101 a 2295 *counts/min*—atividades leves; 2296 a 4011 *counts/min* – atividades moderadas; ≥ 4012 *counts/min*—atividades vigorosas. Como critério de inclusão no estudo só foram elegíveis as crianças que demonstraram classificação entre 101 a 2295 *counts/min*, caracterizados em atividades sedentárias e leves (EVERSON et al., 2008).

No primeiro momento de avaliação inicial (Pré-intervenção), os critérios de inclusão e exclusão acima descritos foram criteriosamente garantidos, sendo a avaliação médica repetida no final do processo de intervenção (Pós-10 semanas),

particularmente com o foco na avaliação da maturação pubertária, no sentido de garantir o estado infantil dos participantes.

7.2.4 CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA

O cálculo foi estimado levando em consideração a possibilidade de aumentar em 17,1% do RMSSD a favor do grupo experimental em relação ao controle (MANDIGOUT et al., 2002). Para tanto, foram considerados o erro tipo I (alfa) de 5% e poder do teste de 80%, seguindo a fórmula para o cálculo amostral de Pocock (1987). O número total estimado para cada grupo foi de 73 participantes. Foram acrescidos 10% deste total devido a possíveis perdas, assim, totalizando 80 participantes por grupo. Neste sentido, o parâmetro parassimpático RMSSD foi considerado desfecho principal entre os índices da VFC para análise entre os grupos do ensaio clínico controlado.

7.2.5 AMOSTRA

A população de referência para o estudo foi selecionada no Município de Londrina. A primeira etapa consistiu na determinação das escolas elegíveis com o maior número de crianças na faixa etária estabelecida. A Secretaria de Educação do Município forneceu todas as informações necessárias e posteriormente sorteou duas escolas. Alguns critérios foram estabelecidos para entrar no sorteio, entre eles, as escolas deveriam apresentar espaço físico com quadra poliesportiva disponível para os treinamentos e ausência de programas de atividade esportiva no contraturno para os alunos. Além disso, os diretores deveriam autorizar a inclusão do Projeto na escola e deveriam contribuir com a comunicação entre os pais ou responsáveis pelas crianças e a equipe de pesquisadores. Foram incluídas 160 crianças entre sete e nove anos de idade, todos em estágio pré-pubertário (Tanner 1), sendo 79 do sexo masculino e 81 do sexo feminino.

7.2.6 ALEATORIZAÇÃO

A aleatorização foi realizada seguindo criteriosamente as recomendações propostas pela Colaboração *Cochrane*. O processo de aleatorização foi composto por duas etapas, sendo a primeira delas a geração dos números por tabela de números aleatórios (www.random.org) e a segunda etapa pela a ocultação da alocação, utilizando envelopes opacos e selados. Após a assinatura do TCLE (APÊNDICE A) pela criança e seu responsável, um envelope foi aberto e instruiu qual grupo o participante foi alocado (Experimental ou Controle).

7.2.7 MASCARAMENTO

A equipe de avaliadores, profissionais que ministraram/auxiliavam nos treinamento/atividades e pesquisadores que processaram os resultados, foi absolutamente independente. Foram mantidos os mesmos avaliadores dos desfechos e professores que ministraram os treinamentos em todas as etapas do estudo (pré- intervenção até o tempo de seguimento). Nenhum dos avaliadores tinham ciência da alocação dos grupos. O profissional que ministrou os treinamentos para o grupo experimental e as atividades com o grupo controle foi contratado especificamente para estas funções e não pertencia à equipe de avaliadores e pesquisadores do projeto.

7.2.8 TESTE PROGRESSIVO DE CAMPO

Todos os participantes foram submetidos a teste progressivo de campo nos momentos antes (Pré), após as 10 semanas da aplicação do protocolo de treinamento (Pós-10) e após o período de seguimento (*Follow-up*). O teste foi realizado em campo com o posicionamento de cones a uma distância de 20 metros, previamente testado e validado em grupo pediátrico (BATISTA et al., 2013). Um sinal sonoro pré-gravado indicava com sons breves o instante em que a criança deveria passar próximo do cone para manter a velocidade. Um som mais forte caracterizou as mudanças de estágio. O primeiro estágio iniciou com uma velocidade de $8,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e um aumento de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada minuto que caracterizava a mudança de estágio. A FC foi monitorada constantemente e o

teste foi encerrado quando a criança não foi capaz de manter a velocidade imposta pelo áudio com dois atrasos no mesmo estágio ou quando a criança interrompia a corrida por exaustão voluntária (LEGER et al., 1988). Na condição de exaustão, foram observados os valores da FC final do teste para garantir que a interrupção deu-se em intensidade máxima ou muito próxima da máxima (MACHADO; DENADAI, 2011; MAHON et al., 2010). Todo o método efetuado neste estudo foi previamente testado em uma amostra de 40 crianças, com idênticos critérios de inclusão e observou-se que o adequado controle para o teste de campo ocorria com grupos de quatro crianças realizando o teste e um indivíduo adulto efetuou cada bateria de teste para garantir o ritmo de cada estágio.

A prescrição do treinamento foi fundamentada nos resultados individuais do último estágio completado no teste de campo de cada criança. É importante ressaltar que no momento inicial (Pré-intervenção) foram realizados três testes de campo, sendo o primeiro caracterizado como familiarização. De posse dos resultados da 2ª e a 3ª avaliação foi verificada a confiabilidade do teste. Os resultados da reprodutibilidade serão apresentados na próxima seção. Foi assumido o valor (Pré-intervenção) respectivo da última aplicação do teste de campo e a partir deste resultado foram calculadas as intensidades das sessões de treinamento.

7.2.9 INTERVENÇÃO: TREINAMENTO AERÓBIO

As crianças alocadas no grupo experimental realizaram 10 semanas de treinamento aeróbio. Foram organizadas três sessões semanais de corrida com 40 minutos, sendo duas sessões intervaladas e uma sessão contínua. As participações nas sessões de treinamento foram acompanhadas diariamente e assumiu-se uma frequência mínima de 80% para a permanência no grupo experimental. As sessões foram conduzidas por um profissional de Educação Física experiente em recreação infantil que esteve presente nas 30 sessões de treinamento físico e nas atividades propostas com o grupo controle. Semanalmente, foi escolhida uma temática infantil e com fantasias e desafios o

professor envolveu todo o grupo no sentido de garantir a motivação e aderência ao protocolo.

A intensidade da corrida foi prescrita individualmente com base na velocidade obtida no último estágio concluído do teste progressivo de campo, caracterizando a máxima velocidade aeróbia (MVA) em $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. A velocidade de corrida do protocolo de exercícios foi mínima de 80% da MVA no protocolo de treinamento contínuo. Para cada sessão de treinamento foi realizado o controle da velocidade de corrida da parte principal do treinamento, todos os participantes utilizaram um cardiofrequencímetro (Polar® RS800, Kempele, Finlândia) para o monitoramento da intensidade global da sessão (aquecimento, parte principal e resfriamento).

A aceitação dos protocolos por parte das crianças foi previamente testada mediante estudo piloto. Ao final das 10 semanas, o teste progressivo de campo foi reaplicado assim como no período de seguimento (*Follow-up*). O quadro 2 descreve a prescrição do protocolo experimental ao longo das 30 sessões de treinamento. As sessões foram norteadas e adaptadas conforme descrição prévia de estudos com o mesmo grupo etário e desfecho principal (GAMELIN et al., 2009; MANDIGOUT et al., 2002).

Para o grupo controle foram organizados oito encontros ao longo das 10 semanas de intervenção. O professor foi caracterizado com os mesmos personagens e as mesmas temáticas das utilizadas no grupo experimental e conduziu atividades de ordem mais sedentárias, tais como alongamentos, brincadeiras cantadas, adivinhações, mímicas e jogos na posição sentada por um período de 40 minutos, no sentido de minimizar o efeito *Hawthorne* (LANDSBERGER, 1958).

Quadro 2 - Intervenção: protocolo de treinamento 40 minutos por sessão durante 10 semanas (30 sessões)

Sessão	Atividades	Sessão	Atividades	Sessão	Atividades
1	1 X (1 X 3 min) a 80% MVA Tempo de exaustão 90% da MVA	11	1 X (10 X 10 seg) a 100% MVA 4 X (10 X 10 seg) a MV	21	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)
2	1 X (1 X 3 min) a 80% MVA Tempo de exaustão 100% da MVA	12	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)	22	1 X (10 X 10 seg) a 100% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV
3	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)	13	1 X (10 X 10 seg) a 100% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV	23	1 X (10 X 10 seg) a 100% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV
4	3 X (10 X 10 seg) a 80% MVA	14	1 X (5 X 20 seg) a 90% MVA 4 X (5 X 20 seg) a 100% MVA	24	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)
5	3 X (10 X 10 seg) a 90% MVA	15	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)	25	1 X (5 X 30 seg) a 100% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV
6	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)	16	1 X (5 X 20 seg) a 100% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV	26	1 X (10 X 10 seg) a 100% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV
7	3 X (10 X 10 seg) a 90% MVA	17	1 X (10 X 10 seg) a 100% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV	27	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)
8	1 X (10 X 10 seg) a 90% MVA 4 X (10 X 10 seg) a 100% MVA	18	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)	28	1 X (10 X 10 seg) a 100% MVA 1 X (10 X 20 seg) a 110% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV
9	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)	19	1 X (5 X 20 seg) a 90% MVA 2 X (10 X 10 seg) a 100% MVA	29	1 X (10 X 10 seg) a 100% MVA 1 X (10 X 20 seg) a 110% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV
10	1 X (10 X 10 seg) a 90% MVA 3 X (20 X 5 seg) a 100% MVA	20	1 X (10 X 10 seg) a 100% MVA 3 X (20 X 5 seg) a MV	30	30 minutos de atividade aeróbia (80-90% MVA)

Adaptado de Gamelin et al (2009) e Mandigout et al. (2002)

7.2.10 DESFECHO: VFC DE REPOUSO DE CURTO PRAZO

Os intervalos RR foram mensurados durante um período contínuo de 10 minutos em repouso na posição supina. As avaliações do desfecho ocorreram antes (Pré), após 5 semanas (Pós-5), após as 10 semanas de intervenção com treinamento aeróbio (Pós-10) e após 8 semanas de seguimento (*follow-up*). As crianças foram levadas para uma sala reservada sem ruídos e com baixa incidência de luz externa para tomada das medidas de VFC em repouso a curto prazo e permaneceram na posição supina por 10 minutos em respiração espontânea (BLOOMFIELD et al., 2001). Foram considerados para efeito de análise os 5 minutos finais dos registros. Todos foram instruídos para não consumirem alimentos e/ou bebidas cafeinadas 24 horas antes da realização da avaliação. A medida da VFC de repouso foi realizada assumindo os turnos escolares (matutino e vespertino) de forma que a criança sempre realizou a avaliação no mesmo período, com as mesmas condições ambientais e pelo mesmo avaliador. A temperatura ambiente foi relatada entre os dias de avaliação. Entre julho e agosto de 2013 a temperatura variou de 15 a 26° (Pré), em Dezembro de 2013 a variação foi de 25 a 41° (Avaliação Pós) e durante o *follow-up* variou de 21 a 38° graus.

A determinação da VFC foi calculada a partir dos intervalos RR registrados por um cardiofrequencímetro (Polar® RS800, Kempele, Finlândia). Este equipamento apresenta validade para populações pediátricas e aos propósitos deste estudo, como previamente descrito (GAMELIN et al., 2008; NUNAN et al., 2009). Os dados foram coletados com frequência de amostragem de 1000 Hz e os registros dos intervalos RR foram filtrados para eliminar possíveis ruídos provenientes de batimentos ectópicos ou erros de leitura do aparelho na ordem de 20 bpm, sendo que o percentual de correção dos intervalos RR não ultrapassou 3%. Um único avaliador experiente realizou a filtragem de todas as avaliações em todos os momentos do estudo, sem qualquer informação quanto a alocação dos grupos.

O cálculo dos parâmetros no domínio do tempo foi realizado a partir dos índices RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre intervalos RR adjacentes) e o desvio padrão dos intervalos RR normais (SDNN). O RMSSD é considerado como indicador parassimpático e o SDNN

como indicador global autonômico pela VFC (TASK FORCE, 1996). Os dados foram interpolados a uma frequência cúbica de 2 Hz em séries corrigidas de intervalos normais, sendo utilizada a transformada rápida de Fourier pela janela de Welch para estimar a densidade espectral. Foram estimados os componentes de baixa frequência (LF: 0,04–0,15 Hz) como indicador simpático e parassimpático, e de alta frequência (HF: 0,15–0,4 Hz) como indicador parassimpático, que por sua vez é influenciado pela frequência respiratória. Tanto LF quanto HF foram expressos em valores absolutos (ms^2) e em unidades normalizadas (un). Os dados em unidades normalizadas (LFun e HFun) foram utilizados para diminuir o efeito da variação inter-individual nas escalas absolutas (ms^2), sendo obtidos a partir da equação $\{[(\text{HF ou LF})/(\text{HF} + \text{LF})]*100\}$. O índice simpato-vagal foi expresso pela razão entre eles (razão LF/HF) (TASK FORCE, 1996). Além destes parâmetros foi considerado o Pico em HF (Hz) para identificação do padrão ventilatório. A determinação dos componentes espectrais e temporais foi realizada por meio do *HRV Analysis Software v1.1 (Biosignal Laboratory, University of Kuopio, Finlândia)*.

7.2.11 TEMPO DE SEGUIMENTO (*FOLLOW-UP*)

Após o término do período de treinamento e das avaliações finais, todas as crianças foram orientadas a não se inserirem em práticas esportivas e/ou de atividades físicas sistematizadas por oito semanas, tal como o descrito por Gamelin et al. (2007) para um adequado período de destreinamento com relação ao desfecho principal da VFC de repouso. Após esse período foram realizadas as reavaliações de VFC, desempenho aeróbio e medidas de crescimento físico, assumindo sequência idêntica a ordem de avaliação Pós 10 semanas em ambos os grupos.

7.2.12 ESTATÍSTICA

A distribuição de normalidade dos dados foi verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Os dados demográficos são apresentados em média e desvio padrão e o teste T para amostras pareadas foi aplicado para verificação de

diferenças entre os grupos no momento Pré-intervenção. Para identificar a existência de diferenças entre os momentos (Pré, Pós-5 semanas, Pós-10 semanas e *follow-up*) de cada grupo (Experimental e Controle) e intergrupos foi utilizada a análise de variância para medidas repetidas. Caso os pressupostos de esfericidade não fossem atendidos (teste de *Mauchly*), foram utilizadas as correções técnicas de Greenhouse-Geisser. Caso o valor de *F* demonstrasse valor significativo, o *post hoc de Bonferroni* foi aplicado para localizar as diferenças. É importante ressaltar que a planilha foi oculta até o término de todo o estudo com a abertura dos envelopes ao final de todos os procedimentos estatísticos. A significância estatística foi considerada em 5% e todas as análises foram realizadas por intenção de tratar no programa SPSS versão 20.0.

7.3 RESULTADOS

Finalizado o segundo estudo para definições metodológicas das variáveis de desfecho, deu-se início ao ensaio clínico aleatório. O fluxograma a seguir destaca o processo recrutamento, alocação, tempo de seguimento e análises.

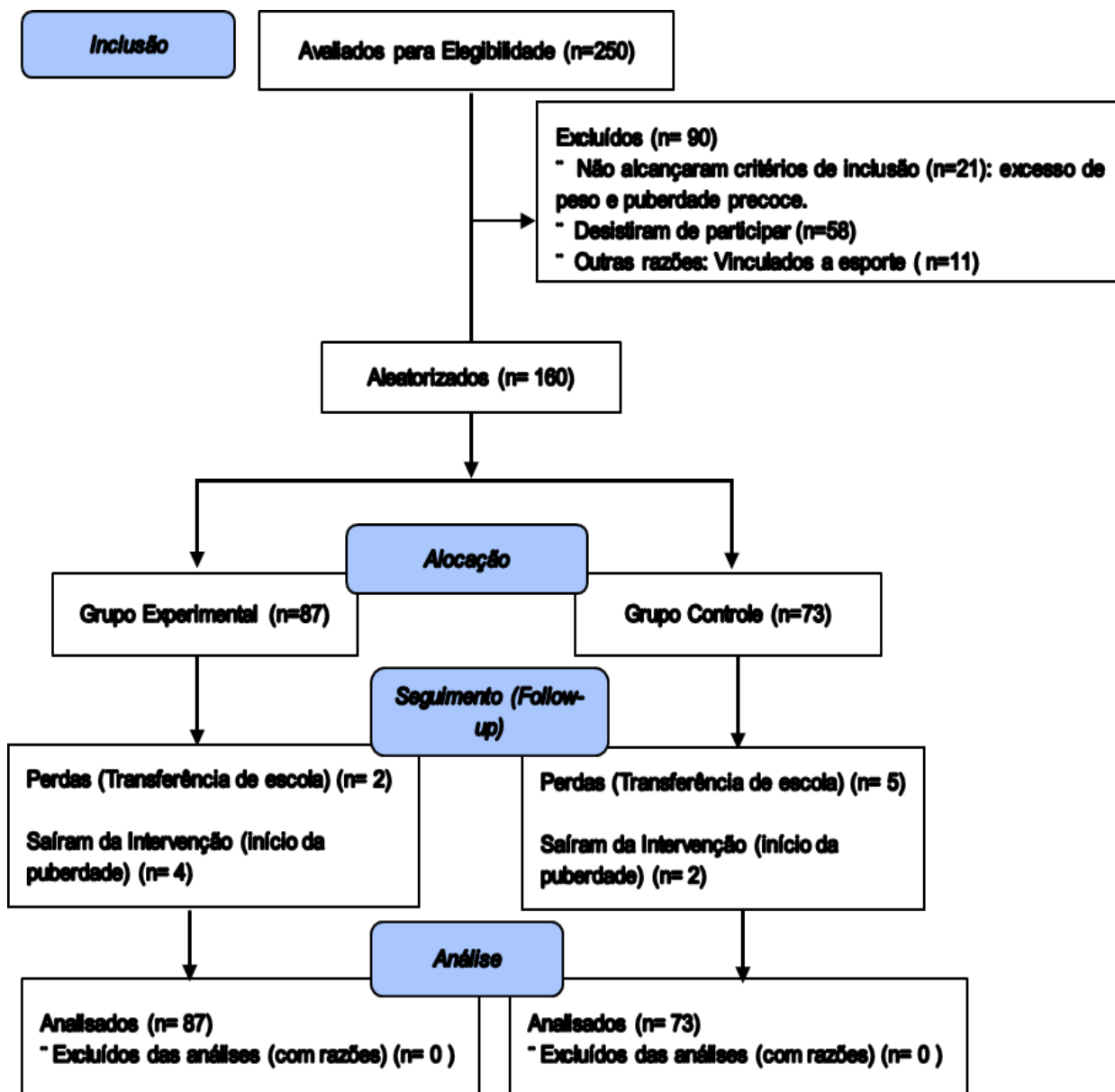


Figura 6. Fluxograma (CONSORT 2010)

O processo de recrutamento teve início em Junho de 2013 com a distribuição de 250 TCLE durante seis reuniões com os pais ou responsáveis legais das crianças nas duas escolas sorteadas para a realização do estudo. Dos 250 TCLE entregues, retornaram 192 devidamente assinados (76,8%). Nos 58 restantes (23,2%), os sujeitos ou seus responsáveis não tiveram interesse em participar do estudo. Do total de 192 interessados em participar 21 (10,9%) deles foram excluídos por apresentarem puberdade precoce ou excesso de massa corporal, não cumprindo assim os critérios de elegibilidade. Outros 11 (5,7%) foram excluídos por participarem de treinamentos sistematizados em esportes. Um total de 160 participantes foram então aleatorizados, o que correspondeu ao cálculo do tamanho da amostra acrescidos 10% referente para possíveis perdas.

Após a geração da tabela de números aleatórios, as crianças foram alocadas nos grupos experimental, com total de 87 participantes (54,3%), sendo o grupo controle composto por 73 participantes (45,6%). Com relação à proporção por sexo, no grupo experimental foram alocados 45 meninos (51,7%) e 42 meninas (48,2%), e no grupo controle 34 meninos (46,5%) e 39 meninas (53,4%). Durante as 10 semanas de treinamento aeróbio e as oito semanas de seguimento (*follow-up*), sete meninos foram transferidos de escola (4,3%) e seis meninas (3,7%) entraram na puberdade, caracterizadas em mamam estágio 2 de Tanner. A análise por intenção de tratar foi realizada com os 160 participantes alocados pela aleatorização.

Com relação ao período de treinamento físico aeróbio de 10 semanas, as sessões foram organizadas aproximadamente com 20 participantes cada, com frequência de três vezes por semana. As sessões ocorreram no contra-turno escolar, sendo exatamente às 10:00 e 11:00 horas do período matutino, e às 15:00 e 16:00 horas no período vespertino. Foi realizado o controle de presença em cada sessão de treinamento, e os resultados apontaram uma frequência de 87% e 81% de participação para meninos e meninas, respectivamente. A FC foi monitorada diariamente em todas as sessões de treinamento e os resultados demonstraram para a parte principal do treino valores iguais ou acima de 80% e 84% FCmax de meninas e meninos, respectivamente.

A descrição das características gerais da amostra referente ao período anterior à intervenção (*Pré*) estão dispostas na tabela 7. Os resultados são

apresentados em média e desvio padrão para variáveis que apresentaram distribuição normal dos dados e posteriormente procedeu-se ao Teste T para amostras independentes na comparação entre os grupos experimental *versus* controle.

Diferenças significantes na estatura, com valores superiores no grupo experimental, média de 1,29 centímetros *versus* 1,25 no grupo controle ($P < 0,01$) e no IMC entre os grupos com valores maiores no grupo controle ($16,4 \pm 1,9 \text{ kg/m}^2$) em relação ao grupo experimental ($15,8 \pm 1,9 \text{ kg/m}^2$) ($P = 0,04$). Para todos os outros indicadores não foi observada diferença significativa entre os grupos, particularmente para idade cronológica, Atividade Física Habitual (AFH) e no VO_2max (ml/kg/min) estimado.

Tabela 7. Resultados descritivos de caracterização geral da amostra (Média \pm DP) para os parâmetros de crescimento físico, composição corporal, AFH e VO_2max entre os grupos no momento Pré-Intervenção.

	<i>Experimental (n=87)</i>	<i>Controle (n=73)</i>	<i>P</i>
Idade (anos)	7,8 \pm 1,0	7,6 \pm 0,9	0,29
Massa corporal (kg)	26,5 \pm 4,8	26,0 \pm 5,1	0,55
Estatura (m)	1,29 \pm 0,07	1,25 \pm 0,07	<0,01*
IMC (kg/m^2)	15,8 \pm 1,9	16,4 \pm 1,9	0,04*
MCM (kg)	22,1 \pm 3,6	21,3 \pm 3,3	0,88
Gordura relativa (%)	16,7 \pm 4,7	16,8 \pm 5,1	0,19
AFH (<i>counts/min</i>)	556,6 \pm 147,4	588,6 \pm 135,6	0,15
VO_2max (ml/kg/min)	46,5 \pm 2,5	47,3 \pm 2,9	0,07

Nota: Teste T – amostras independentes ($*P < 0,05$)
Massa corporal magra (MCM)

Com relação à AFH os valores médios em *counts/min* demonstraram que os participantes incluídos no presente estudo de ambos os grupos apresentaram nível leve nas atividades cotidianas, o que garantiu os critérios de inclusão para participação (EVERSON et al., 2008).

Posteriormente, foi investigada a confiabilidade do teste progressivo de campo (Léger). Os resultados de CCI e CV (%) referentes ao estágio completado do teste, o VO_2max , velocidade final em $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ e a distância final estão

apresentados na tabela 8. A análise do CCI e do CV (%) indicou excelente reprodutibilidade do $VO_2\text{max}$ e na velocidade final do teste em ambos os sexos. Estágio completo e distância final demonstraram bons CCIs, porém com alta variabilidade intra-individual ($CV > 10\%$).

Após essa primeira etapa de aleatorização, alocação dos sujeitos e reprodutibilidade do teste progressivo de campo, deu-se início a parte principal do estudo com a verificação do efeito de 10 semanas de treinamento aeróbio sobre os parâmetros da VFC. A tabela 9 destaca os valores das medidas de crescimento físico, IMC e $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min) ao longo do processo de intervenção entre os grupos. Os resultados apontaram aumento significativo em ambos os grupos nas medidas de massa corporal, estatura e IMC durante o estudo. Os resultados da ANOVA indicaram interação tempo *versus* grupo ($F=5,578$; $P=0,007$) apenas nas medidas de estatura, com valores do grupo controle ligeiramente menores ($P < 0,05$) quando comparados ao grupo experimental (Tabela 9) em todos os momentos avaliados. Na massa corporal e IMC não foram observadas interações.

Tabela 8. Resultados descritivos e confiabilidade dos parâmetros do teste de Léger entre as duas avaliações

	Meninos				Meninas			
	<i>Teste 1</i>	<i>Teste 2</i>	CCI (95%IC)	CV (%)	<i>Teste 1</i>	<i>Teste 2</i>	CCI (95%IC)	CV (%)
Estágio Completo	2,88 ± 1,57	3,05 ± 1,16	0,81 (0,69/0,87)	46,8	2,45 ± 1,02	2,90 ± 1,17	0,79 (0,67/0,86)	41,6
VO ₂ max (ml/kg/min)	48,3 ± 3,48	48,7 ± 2,94	0,84 (0,75/0,90)	6,6	47,0 ± 2,28	48,0 ± 2,67	0,80 (0,69/0,86)	5,1
Velocidade Final (km·h ⁻¹)	9,9 ± 0,75	10,0 ± 0,58	0,80 (0,69/0,87)	6,7	9,7 ± 0,52	9,9 ± 0,58	0,78 (0,66/0,85)	5,8
Distância Final (m)	541 ± 249	554 ± 210	0,86 (0,77/0,91)	42,4	451 ± 164	510 ± 190	0,80 (0,69/0,87)	36,5

Tabela 9. Comparação entre os momentos do estudo e grupos para variáveis de crescimento físico, indicador nutricional e aptidão aeróbia.

	Experimental (n=87)			Controle (n=73)		
	<i>Pré</i>	<i>Pós-10</i>	<i>Follow-up</i>	<i>Pré</i>	<i>Pós-10</i>	<i>Follow-up</i>
Massa corporal (kg)	26,5 ± 4,8	27,2 ± 4,9*	28,3 ± 5,1*♦	26,0 ± 5,1	26,8 ± 5,4*	27,7 ± 5,9*♦
Estatura (m)	1,29 ± 0,07	1,30 ± 0,07*	1,31 ± 0,07*♦	1,25 ± 0,07#	1,27 ± 0,07*♦#	1,28 ± 0,07*♦#
IMC (kg/m ²)	15,8 ± 1,9	16,0 ± 1,9*	16,2 ± 2,0*♦	16,4 ± 1,9#	16,4 ± 2,0	16,6 ± 2,1
VO ₂ max (ml/kg/min)	46,5 ± 2,5	49,1 ± 2,8*	47,8 ± 2,5*♦	47,3 ± 2,9	48,1 ± 3,0*#	48,0 ± 2,8*
Velocidade Final (km·h ⁻¹)	9,7 ± 0,49	10,2 ± 0,58*	9,9 ± 0,51*♦	9,8 ± 0,55	10,0 ± 0,58*#	9,9 ± 0,53*

*Indica diferença em relação aos valores Pré ($P < 0,05$)

♦ Indica diferença em relação aos valores Pós ($P < 0,05$)

Indica diferença em relação ao grupo experimental ($P < 0,05$)

Com relação às medidas da aptidão aeróbia a análise estatística indicou interação tempo *versus* grupo para o $VO_2\text{max}$ ($F=25,259$) e velocidade final ($F=23,543$), e em todos os casos com valores de P menores do que 0,01. É importante destacar que o pressuposto para ECA de igualdade entre os grupos no momento pré-intervenção, foi observado. Para todos os parâmetros da aptidão aeróbia, valores superiores foram detectados no grupo experimental após 10 semanas de treinamento quando comparados com o grupo controle ($P<0,05$). No *follow-up*, o grupo experimental demonstrou queda significativa ($P<0,05$) no $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min) e na velocidade ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$). No grupo controle, os valores entre o Pós-10 semanas e o *follow-up* foram estáveis. Na Figura 7 é possível visualizar as respostas ao longo do estudo para o $VO_2\text{max}$.

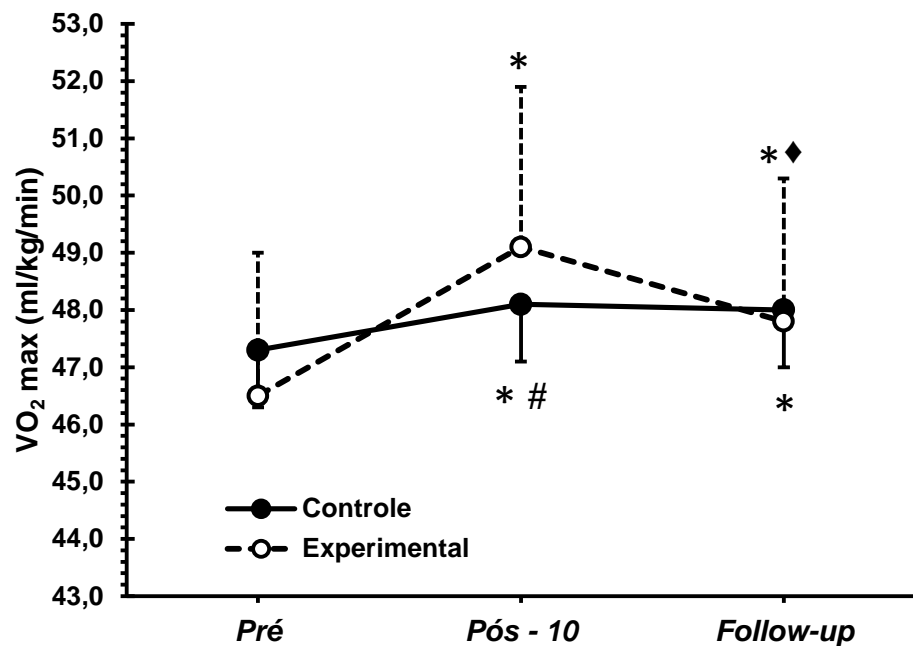


Figura 7. Comparação entre os momentos e grupos para aptidão aeróbia ($VO_2\text{max}$).

Na Tabela 10 estão apresentados os índices da VFC nos diferentes momentos (Pré, Pós-5 semanas, Pós-10 semanas e *follow-up*) para os dois grupos. Não foram observadas diferenças em nenhum dos parâmetros da VFC entre os grupos no momento inicial (Pré), o que suporta o pressuposto do ensaio clínico

aleatório. Com relação aos intervalos RR e ao índice SDNN, a análise de variância não apontou interação tempo *versus* grupo. Os intervalos RR aumentaram entre os momentos Pós-5 e Pós-10 semanas quando comparados ao momento Pré no grupo experimental e grupo controle ($P<0,05$). Diferenças entre os grupos foram detectadas nos momentos Pós-5 e Pós-10 semanas a favor do grupo experimental. Os valores no *follow-up* indicaram uma redução nos valores dos intervalos RR, contudo ainda com média superior aos valores Pré. Para o índice SDNN observou-se um incremento ao longo das semanas de intervenção em ambos os grupos, com destaque para uma redução no *follow-up* (destreinamento) em relação ao Pós-10 semanas no grupo experimental ($P<0,05$). As médias do grupo controle foram menores do que o grupo experimental nos momentos Pós-5, Pós-10 semanas e *follow-up* ($P<0,05$).

Para o principal desfecho entre os parâmetros da VFC, houve interação tempo *versus* grupo para o RMSSD ($F=3,661$ e $P=0,025$). Os resultados apontaram um incremento significativo entre Pós-5 e 10 semanas tanto no grupo experimental como no controle, entretanto valores superiores ($P<0,05$) a favor do grupo experimental. No *follow-up* os valores médios no grupo experimental tiveram um decréscimo ($P<0,05$) (Tabela 10 e Figura 8).

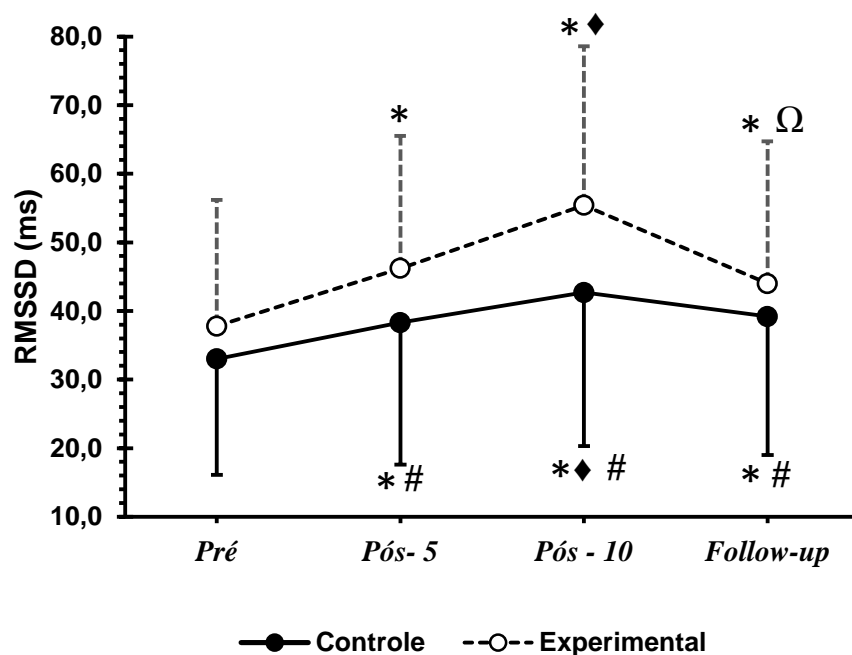


Figura 8. Comparação entre os momentos e grupos RMSSD (ms).

Tabela 10. Comparação entre os momentos do estudo e grupos para parâmetros da VFC

	Experimental (n=87)				Controle (n=73)			
	Pré	Pós-5	Pós-10	Follow-up	Pré	Pós-5	Pós-10	Follow-up
RR médio	642,0±70,4	669,6±70,2*	693,6±76,9*♦	674,3±81,9*	635,5±65,4	650,1±63,8*#	665,3±69,5*♦#	659,9±71,9
SDNN	40,5±15,0	46,9±15,4*	53,4±18,0*♦	46,3±15,8*Ω	35,9±13,8	39,8±16,1*#	43,6±17,5*♦#	41,1 ±16,4#
RMSSD	37,8±18,4	46,2±19,3*	55,4±23,2*♦	44,0±20,7*Ω	33,0±16,9	38,3±20,7*#	42,7±22,4*♦#	39,2±20,2#
LF (ln ms ²)	6,4±0,79	6,5±0,77	6,8±0,79*	6,7±0,83*♦	6,2±0,87	6,4 ±0,81	6,5± 0,76*#	6,3±0,91#
LF (nu)	57,2±12,7	53,3±15,2	51,7±13,9*	60,1±13,4♦Ω	60,0±15,1	56,9 ±14,6	55,2±15,5	57,5±16,2
HF (ln ms ²)	6,12±0,91	6,45±0,87*	6,76±0,98*♦	6,39±0,88Ω	5,79±1,16	6,09±1,14*#	6,35±1,03*♦#	6,12±1,16#
HFnu	42,7±12,7	46,6 ±15,2	48,2±13,9*	39,7±13,6♦Ω	39,9±15,1	43,0±14,6	44,7±15,5	42,4±16,2
PT (ln)	7,1±0,78	7,3±0,74*	7,6±0,82*♦	7,4±0,70*	6,8±0,92	7,0±0,89*#	7,3 ±0,80*♦#	7,1±0,92#
LF/HF	1,57±0,85	1,39±0,83	1,30±0,90	1,84±1,10Ω	1,98±1,48	1,71±1,43	1,58±1,14*	1,85±1,63
SD1	26,9±13,1	32,9±13,7*	39,5±16,5*♦	31,4±14,7*Ω	23,5±12,0	27,3±14,7*#	30,4±15,9*#	28,8±14,3#

* Indica diferença em relação aos valores Pré ($P<0,05$)

♦ Indica diferença em relação aos valores Pós-5 ($P<0,05$)

Ω Indica diferença em relação aos valores Pós-10 ($P<0,05$)

Indica diferença em relação ao grupo experimental ($P<0,05$)

No domínio da frequência o HF (nu) e LF (ln ms²) demonstraram interação tempo *versus* grupo (F=3,357 e P=0,024; F=2,717 e P=0,046, respectivamente). Para os demais parâmetros no domínio da frequência (LF_nu, HF_In, PT e no índice simpato vagal LF/HF) não houve interação entre grupo e tempo.

Para os índices em logaritmo natural (ln), tanto HF como LF os resultados demonstraram aumento ao longo da intervenção, sendo que no período do *follow-up* houve redução significativa em ambos os índices para o grupo experimental. O grupo controle demonstrou valores significativamente menores (P<0,05) do que o grupo experimental no *follow-up*. Para o HF e LF em unidades normalizadas (nu), a resposta foi similar no grupo experimental. Os índices demonstraram aumento após 10 semanas de treinamento aeróbio e posterior decréscimo no *follow-up* (P<0,05). O índice global PT aumentou durante o período de intervenção (Pós-5 e Pós-10 semanas) em ambos os grupos, seguido de um decréscimo no grupo experimental durante o *follow-up* (P<0,05). Os grupos diferiram seus valores médios desde a 5ª semana de intervenção, com valores superiores observados no grupo experimental (P<0,05).

No que diz respeito ao índice simpato-vagal (LF/HF), o grupo experimental demonstrou valores médios superiores estatisticamente no *follow-up* quando comparado com o momento Pós 10 semanas. No grupo controle foi observada queda significativa no Pós 10 semanas em relação ao momento Pré intervenção. Adicionalmente foi investigado o pico da frequência no HF durante as avaliações de VFC e repouso. Os valores médios tiveram pequena variação (0,22 ± 0,07 a 0,24 ± 0,08) e não indicaram diferença significativa em nenhuma das fases do estudo (valores não reportados na tabela).

O SD1, caracterizado como índice não linear demonstrou interação tempo *versus* grupo (F=3,699; P=0,024). Os resultados apontaram aumento significativo nos valores médios em função do treinamento (Pós-5 e Pós-10 semanas) no grupo experimental. No grupo controle os valores do Pós-5 e Pós-10 foram diferentes ao momento Pré, mas não diferiram entre si. Diferenças entre os grupos ocorreram no Pós-5, Pós-10 e *follow-up* em favor do grupo experimental. Os valores médios diminuíram (P<0,05) no *follow-up* do grupo experimental em relação ao momento Pós-10 semanas de intervenção.

7.4 DICUSSÃO

Os principais achados deste estudo suportam a ideia de que o treinamento aeróbio regular durante 10 semanas causa efeitos positivos sobre a modulação autonômica cardíaca parassimpática, e que o efeito exercido é acompanhado por um aumento no desempenho aeróbio ($VO_2\text{max}$). Os resultados apontam aumento nos índices parassimpáticos (RMSSD e SD1) no grupo experimental (Pós-10). Após oito semanas de destreinamento (*Follow-up*) os valores médios destes parâmetros declinaram quando comparados ao momento após intervenção (Pós-10) no grupo experimental, demonstrando uma relação dose-resposta ao treinamento. Neste sentido, é possível afirmar a partir de um ensaio clínico aleatório regido pelas diretrizes do *Consort Statement* (MOHER et al., 2012), que a modulação autonômica cardíaca é responsiva ao treinamento aeróbio em crianças. Estes achados são os primeiros provenientes de um ensaio clínico controlado com pré-púberes saudáveis. Estudos prévios (MANDIGOUT et al., 2002; GAMELIN et al., 2009), com vieses identificados, quando submetidos a meta-análise, não demonstraram efeito do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca (SILVA et al., 2014).

Similar aos nossos achados, a efetividade do treinamento aeróbio sobre a VFC de repouso foi anteriormente relatada em estudos longitudinais bem controlados com crianças e adolescentes obesos (GUTIN et al., 1997; GUTIN et al., 2000; NAGAI et al., 2004; GUTIN et al., 2005; CHEN et al., 2012), com adolescentes diabéticos (CHEN et al., 2008; SHIN et al., 2014) e com asma associada à obesidade na infância (REZVAN et al., 2014). Estudos com atletas saudáveis durante a infância e adolescência já acenavam positivamente acerca dos efeitos do treinamento físico de natação (TRIPOSKIADIS et al., 2002; VINET et al., 2005), futebol (BUCHHEIT et al., 2010; 2011), esqui *cross-country* (HEDELIN et al., 2000), tiro ao alvo (CARRILO et al., 2011) e em ginastas adolescentes (SARTOR et al., 2013).

De fato, a participação de crianças em atividades esportivas de alto volume (>180 minutos/semana) revelou melhora na modulação autonômica cardíaca noturna em adolescentes do sexo feminino entre 10 e 13 anos (RADTKE et al., 2013). Além disso, a intensidade das atividades praticadas foi descrita como um fator chave para

a resposta autonômica cardíaca em pré-púberes (BUCHHEIT et al., 2007), onde apenas a atividade vigorosa se mostrou associada com a melhora no controle parassimpático. A perturbação fisiológica ocasionada pelo treinamento aeróbio crônico parece promover alterações na atividade do sistema nervoso autônomo na regulação da função cardiovascular, aumentando a modulação vagal concomitante a redução da atividade simpática (CARTER et al., 2003; HAUTALA et al., 2009).

Nossos achados demonstraram efeito do treinamento sobre a modulação autonômica cardíaca, uma vez que o grupo experimental sofreu aumento na VFC, particularmente dos índices parassimpáticos (RMSSD, SD1 e HF_In ms^2), enquanto o grupo controle demonstrou aumento em vários índices da VFC, contudo com valores significativamente menores ao grupo experimental (RR médio, SDNN, RMSSD, HF In ms^2 , PT e SD1) nos momentos Pós 5 e 10 semanas, e após período de destreinamento. É provável que o aumento na modulação autonômica cardíaca no grupo controle seja resultado do processo natural de crescimento e maturação biológica, tão evidente neste período etário e já bem descrito em investigações prévias (FINLEY, NUGENT, 1995; MASSIN, BERNUTH, 1997; MICHELS et al., 2013; SEPPÄLÄ et al., 2014; SILVETTI et al., 2001). Isso ressalta a presença do grupo controle, que apontou modificação espontânea da VFC, sem efeito do treinamento físico. Adicionalmente é importante ressaltar em nossos achados a extensa dispersão dos valores da VFC (SDNN, RMSSD, SD1, LF_nu, HF_nue LF/HF), identificado pelo amplo desvio-padrão (Tabela 10) e observado em todos os momentos investigados e em ambos os grupos. Esta ampla variação está de acordo com outras investigações conduzidas com pré-púberes (MANDIGOUT et al., 2002; GAMELIN et al., 2009), púberes (FARAH et al., 2014), e em adultos (GAMELIN et al., 2007; HAUTALA et al., 2009). Múltiplos fatores contribuem de forma significativa para magnitude desta variação observada, destacando-se fatores genéticos (WANG et al., 2009; NEIJTS et al., 2014), étnicos (REED et al., 2006; EYRE et al., 2013), e particularmente durante a infância e adolescência o impacto da maturação biológica e neurológica sobre a VFC (MASSIN et al., 2000; LENARD et al., 2004; BUCHHEIT et al., 2011).

Outro aspecto fundamental é o impacto causado pelo treinamento físico tanto na capacidade cardiorrespiratória como na modulação autômica. Elevada aptidão cardiorrespiratória e VFC são identificados como desfechos cardioprotetores

(OKAZAKI et al., 2005; GRANT et al., 2009; RADTKE et al., 2012). Nossos resultados corroboram com essa correspondência, na qual o treinamento aeróbio ocasionou um aumento no $VO_2\text{max}$ e na VFC, bem como decréscimo com o destreino de oito semanas em ambos os grupos (Figuras 7 e 8) observado no grupo experimental. Nesta mesma direção, os efeitos de destreino sobre a VFC foram observados em adultos saudáveis do sexo masculino (GAMELIN et al., 2007). Os resultados indicaram o melhor controle autonômico cardíaco após 12 semanas de treinamento aeróbio ($>80\%$ $VO_2\text{max}$), e suportaram a queda nos indicadores parassimpáticos em resposta ao destreino. A reversibilidade ocasionada pela interrupção do treinamento durante 8 semanas foi parcial, uma vez que os valores não retornaram às medidas prévias (GAMELIN et al., 2007), tal como apresentado no presente estudo. Resultados similares do destreino sobre a VFC foram relatados com pré-púberes obesos submetidos a quatro meses de treinamento aeróbio e posteriormente quatro de destreino (GUTIN et al., 2000). Nossos resultados reforçam o efeito dose-resposta do modelo de intervenção ofertado para esse grupo de pré-púberes balizado por investigações prévias no que diz respeito à intensidade, duração e frequência do treinamento (BAQUET et al., 2003; BOREL et al., 2010; MANDIGOUT et al., 2002; GAMELIN et al., 2009).

Adequada aleatorização e acompanhamento (*follow-up*) dos grupos experimental e controle associado à intensidade de treinamento individualizada e monitorada por 30 sessões, além de outros fatores, fazem deste ensaio clínico aleatório um estudo com baixo risco de viés (HIGGINS, GREEN, 2011). Neste sentido, marca com forte evidência que pré-púberes saudáveis são responsivos ao treinamento aeróbio melhorando aptidão aeróbia e índices parassimpáticos da modulação autonômica cardíaca.

7.5 CONCLUSÃO

Os resultados apontaram que crianças saudáveis quando submetidas ao treinamento aeróbio misto (intervalado e contínuo) durante 10 semanas respondem positivamente aumentando a modulação autonômica cardíaca na posição supina em repouso e o desempenho aeróbio ($VO_2\text{max}$ e MVA). Adicionalmente foi observado o

efeito da reversibilidade após oito semanas de destreinamento (*follow-up*) tanto nos parâmetros parassimpáticos da modulação autonômica cardíaca como no desempenho aeróbio (VO_2max) no grupo experimental. O grupo controle demonstrou aumento na modulação autonômica cardíaca assim como na aptidão aeróbia, porém com magnitudes significativamente inferiores ao grupo experimental, reflexo provavelmente do intenso processo de crescimento e maturação biológica deste período etário, semelhante ao reportado previamente na literatura.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, U. R. et al. Heart rate variability: a review. **Medical and Biological Engineering and Computing**, Stevenage, v. 44, p. 1031-1051, 2006.

AHLER, T. et al. Aerobic fitness testing in 6- to 9-year-old children: reliability and validity of a modified Yo-Yo IR1 test and the Andersen test. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v. 112, n. 3, p. 871-876, 2012.

AIRES, M. M. **Fisiologia**. 2. ed. Guanabara Koogan, 1999.

AKSELROD, S. et al. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 249, n. 4, p H867-875, Oct. 1985.

AKSELROD, S. et al. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. **Science**, New York, v. 10, n. 213, p. 220-222, 1981.

AL HADDAD, H. et al. Effect of acute hypoxia on post-exercise parasympathetic reactivation in healthy men. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 25, n. 3, 2012.

ALBINET, C. T. et al. Increased heart rate variability and executive performance after aerobic training in the elderly. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 109, n. 4, p. 617-624, Jul. 2010.

ARMSTRONG, N.; BARKER, A. R. Oxygen uptake kinetics in children and adolescents: a review. **Pediatrics Exercise Science**, Champaign, v. 21, n. 2, p. 130-147, 2009.

ATKINSON, G.; NEVILL, A. M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. **Sports Medicine**, Auckland, v. 26, n. 4, p. 217-238, Oct. 1998.

AUBERT, A. E.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart rate variability in athletes. **Sports Medicine**, Auckland, v. 33, n. 12, p. 889-919, 2003.

AXELROLD, F. B.; CHELIMSKY, G. G.; WEESE-MAYER, D. Pediatric autonomic disorders. **Pediatrics**, Springfield, v. 118, n. 1, p. 309- 321, 2006.

BADRA, L. J. et al. Respiratory modulation of human autonomic rhythms. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 280, n. 6, p. H2674-88, Jun. 2001.

BAILEY, D. P. et al. Associations between cardiorespiratory fitness, physical activity and clustered cardiometabolic risk in children and adolescents: the HAPPY study. **European Journal of Pediatrics**, Berlin, v. 171, n. 9, p. 1317-1323, Sep. 2012.

BAQUET, G. et al. Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 24, n. 5, p. 1381-1388. May 2010.

BAQUET, G. et al. Effects of a short-term interval training program on physical fitness in prepubertal children. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 18, n. 4, p. 708-13, 2004.

BAQUET, G. et al. Improving physical activity assessment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: a methodological issue. **Preventive Medicine**, New York, v. 44, n. 2, p. 143-147, Feb. 2007.

BAQUET, G.; VAN PRAAGH, E.; BERTHOIN, S. Endurance training and aerobic fitness in young people. **Sports Medicine**, Auckland, v. 33, n. 15, p. 1127-1143, 2003.

BARALDI, E. et al. Heart rate recovery from 1 minute of exercise in children and adults. **Pediatrics Research**, New York, v. 29, n. 6, p. 575-579, 1991.

BATISTA, M. B. et al. Validity of equations for estimating $\dot{V}O_2$ peak from the 20-m shuttle run test in adolescents aged 11-13 years.

Journal of Strength and Conditioning Research, Champaign, v. 27, n. 10, p. 2774-278, Oct. 2013.

BATTEN, L. A.; URBINA, E. M.; BERENSON, G. S. Interobserver reproducibility of heart rate variability in children (the Bogalusa Heart Study). **The American Journal of Cardiology**, New York, v. 86, n. 11, p. 1264-1266, Dec. 2000.

BERNE, R. B, LEVY, M. N. **Tratado De Fisiologia Humana**. 4 ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2000.

BERNARDI, L. et al. Modulatory effects of respiration. **Autonomic Neuroscience: Basic & Clinical**, New York, v. 90, n. 1-2, p. 47-56, Jul. 2001.

BERTHOIN, S. et al. Critical velocity during continuous and intermittent exercises in children. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 98, n. 2, p. 132-138, 2006.

BERTHOIN, S.; DUPONT, G.; BAQUET, G. Commentaries on Viewpoint: do oxidative and anaerobic energy production in exercising muscle change throughout growth and maturation? Manifestations of a common underlying cause. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 109, n. 5, p. 1565, 2010.

BIGGER, J. T. et al. The ability of several short-term measures of RR variability to predict mortality after myocardial infarction. **Circulation**, Dallas, v. 88, n. 3, p. 927-934, Sep. 1993.

BJELAKOVIC, B. et al. Heart rate variability in children with exercise-induced idiopathic ventricular arrhythmias. **Pediatric Cardiology**, New York, v. 31, n. 2, p. 188-194, 2010.

BLOM, E. H. et al. Heart rate variability is related to self-reported physical activity in a healthy adolescent population. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v. 106, n. 6, p. 877-83, 2009.

BLOOMFIELD, D. M. et al. Comparison of spontaneous vs. Metronome-guided breathing on assessment of vagal modulation using RR variability. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 280, n. 3, p. H1145-150, 2001.

BOREL, B. et al. Correspondences between continuous and intermittent exercises intensities in healthy prepubescent children. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v. 108, n. 5, p. 977-985, 2010.

BRICOUT, V. A.; DECHENAUD, S.; FAVRE-JUVIN, A. Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. **Autonomic Neuroscience: Basic & Clinical**, New York, v. 154, n. 1-2, p. 112-116, 2010.

BROWN, R. B et al. Important influence of respiration on human R-R interval power spectra is largely ignored. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 75, n. 5, p. 2310-2317, 1993.

BUCCELLETTI, E. et al. Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and metanalysis. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**, Rome, v. 13, n. 4, p. 299-307, Jul./Aug. 2009.

BUCHHEIT, M. Effect of maturation on hemodynamic and autonomic control recovery following maximal running exercise in highly trained young soccer players. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 2, n. 69, Oct. 2011.

BUCHHEIT, M. et al. Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v. 109, n. 5, p. 869-878, 2010b.

BUCHHEIT, M. et al. Habitual physical activity, physical fitness and heart rate variability in preadolescents. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 28, n. 3, p. 204-210, 2007.

BUCHHEIT, M. et al. Postexercise heart rate recovery in children: relationship with power output, blood pH, and lactate. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, Ottawa, v. 35, n. 2, p. 142-150, 2010a.

BUCHHEIT, M. et al. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. **Medicine and science in Sports and Exercise**, Madison, v. 40, n. 2, p. 1-9, 2008.

BUCHHEIT, M.; GINDRE, C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 291, n. 1. p. H451-8, 2006.

BUCHHEIT, M.; SPENCER, M.; AHMAIDI, S. Reliability, usefulness, and validity of a repeated sprint and jump ability test **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Champaign, v. 5, n. 1, p. 3-17, 2010.

CARRILLO, A. E. et al. Autonomic nervous system modulation during an archery competition in novice and experienced adolescent archers. **Journal of Sports Science**, London, v. 29, n.9, p. 913-917, 2011.

CARTER, J. B.; BANISTER, E. W.; BLABER, A. P. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. **Sports Medicine**, Auckland, v. 33, n. 1, p. 33-46, 2003.

CASTRO, N. et al. Pre-adolescent cardio-metabolic associations and correlates: PACMAC methodology and study protocol. **BMJ Open**, London, v. 4, n. 9, Sep. 2014.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **2000 CDC growth charts for the United States**: methods and development. Hyaltsville; 2002. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/growthcharts>>. Acesso em: 9 out. 2014.

CHEN, S. R. et al. Impact of physical activity on heart rate variability in children with type 1 diabetes. **Childs Nervous System**, Berlin, v. 24, n. 6, p. 741-747, 2008.

CIPRYAN, L.; LITSCHMANNOVA, M. Intra-day and inter-day reliability of heart rate variability measurement. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 31, n. 2, p. 150-158, 2013.

COLE, C. R. et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **The New England Journal of Medicine**, Boston, v. 34, n. 18, p. 1351-1357, 1999.

COTTIN, F. et al. Assessment of ventilatory thresholds from heart rate variability in well-trained subjects during cycling. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 27, n. 12, p. 959-967, 2006.

CURRELL, K.; JEUKENDRUP, A. E. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. **Sports Medicine**, Auckland, v. 38, n. 4, p. 297- 316, 2008.

DAVID, M. et al. An estimate of fetal autonomic state by time-frequency analysis of fetal heart rate variability. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 2, p.1057–1064, 2007.

DE FERRANTI, S. D.; OSGANIAN, S. K. Epidemiology of paediatric metabolic syndrome and type 2 diabetes mellitus. **Diabetes & Vascular Disease Research**, Edgbaston, v. 4, n. 4, p. 285-296, 2007.

DEWLAND, T. A. et al. Effect of acetylcholinesterase inhibition with pyridostigmine on cardiac parasympathetic function in sedentary adults and trained athletes. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 293, n. 1, p. H86-92, 2007.

DIETRICH, A. et al. Reproducibility of heart rate variability and baroreflex sensitivity measurements in children. **Biological Psychology**, London, v. 85, n. 1, p. 71-78, 2010.

DIETRICH, A. et al. Spontaneous baroreflex sensitivity in (pre)adolescents. **Journal of Hypertension**, London, v. 24, n. 2, p. 345-52, 2006.

DIPIETRO, J. A. et al. Fetal heart rate and variability: stability and prediction to development outcomes in early childhood. **Child Development**, Malden, v. 78, n. 6, p. 1788-1798, 2007.

DUPONT, G. et al. Yo-Yo intermittent recovery test versus the Université de Montréal Track Test: relation with a high-intensity intermittent exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 13, n. 1, p. 146-150, 2010.

ECKBERG, D. L. The human respiratory gate. **The Journal of Physiology**, London, v. 548, Pt 2, p. 339-352, Apr. 2003.

EVERSON, K.R. et al. Calibration of two objective measures of physical activity for children. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 26, n. 14, p.1557-1565, 2008.

EYRE, E. L. et al. Ethnicity and long-term heart rate variability in children. **Archives of Disease in Childhood**, London, v. 98, n. 4, p. 292-298, Apr. 2013.

EYRE, E. L. J.; DUNCAN, JM. J.; BIRCH, S. L.; FISHER, J.P. The influence of age and weight status on cardiac autonomic control in healthy children: A review. **Autonomic Neuroscience: Basic & Clinical**, New York, v. 186, p. 9-21, Dec. 2014.

FINLEY, J. P.; NUGENT, S. T. Heart rate variability in infants, children and young adults. **Journal of the Autonomic Nervous System**, Amsterdam, v. 51, n. 2, p. 103-108, 1995.

FLEMING, S. Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies. **Lancet**, London, v. 377, n. 9770, p. 1011-8, Mar 2011.

FLOREA, V. G.; COHN, J. N. The autonomic nervous system and heart failure. **Circulation Research**, London, v. 114, n. 11, p. 1815-1826, May 2014.

FUJII, H. et al. Autonomic regulation after exercise evidenced by spectral analysis of heart rate variability in asthmatic children. **Annals of Allergy, Asthma & Immunology**, McLean, VA, v. 85, p. 3, p. 233-237, 2000.

FUKUBA, Y. et al. Autonomic nervous activities assessed by heart rate variability in pre – and post – adolescent Japanese. **Journal of Physiological Anthropology**, Tokyo, v. 28, n. 6, p. 269-273, 2009.

FÜRHOZ, M. et al. Training-related modulations of the autonomic nervous system in endurance athletes: is female gender cardioprotective? **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v. 113, n. 3, p. 631-640, 2013.

GALEEV, A. R.; IGISHEVA, L. N.; KAZIN, E. M. Heart rate variability in healthy six- to sixteen year old children. **Fiziol Cheloveka**, Moscow, v. 28, n. 4, p. 54-58, 2002.

GAMELIN, F. X. et al. Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v. 105, p. 731-738, 2009.

GAMELIN, F. X. et al. Effect of training and detraining on heart rate variability in healthy young men. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 28, p. 1-7, 2007.

GAMELIN, F. X. et al. Validity of the polar S810 to measure R-R intervals in children. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, V. 29, N. 2, P. 134-138, 2008.

GAMELIN, F. X.; BERTHOIN, S.; BOSQUET, L. Validity of the Polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 38, n. 5, p. 887-893, 2006.

GOTO, M. et al. Analysis of heart rate variability demonstrates effects of development on vagal modulation of heart rate in healthy children. **Journal of Pediatrics**, St. Louis, v. 130, n. 5, p. 725-729, 1997.

GOULOPOULOU, S. et al. Heart rate variability during recovery from a wingate test in adolescent males. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison v. 38, n. 5, p. 875-881, 2006.

GOULOPOULOU, S.; FERNHALL, B.; KANALEY, J. A. Developmental changes in hemodynamic responses and cardiovagal modulation during isometric handgrip exercise. **International Journal of Pediatrics**, Cairo, p. 1-11, 2010.

GRANT, C. C. et al. Relationship between exercise capacity and heart rate variability: supine and in response to an orthostatic stressor. **Autonomic Neuroscience: Basic & Clinical**, New York, v. 151, n. 2, p. 186-188, 2009.

GRUTTER, G. et al. Heart rate variability abnormalities in young patients with dilated cardiomyopathy. **Pediatric Cardiology**, New York, v. 33, n. 7, p. 1171-1174, 2012.

GUTIN, B. et al. Effect of physical training heart-period variability in on obese children. **Journal of Pediatrics**, St. Louis, v. 130, p. 938-943, 1997.

GUTIN, B. et al. Heart rate variability in adolescents: relations to physical activity, fitness, and adiposity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 37, n. 11, p.1856-1863, Nov. 2005.

GUTIN, B. et al. Heart rate variability in obese children: relations to total body and visceral adiposity, and changes with physical training and detraining. **Obesity Research**, Baton Rouge, v. 8, n. 1, p.12-19, 2000.

HALFON, N.; VERHOEF, P. A.; KUO, A. A. Childhood antecedents to adult cardiovascular disease. **Pediatrics in Review**, Evanston, v. 33, n. 2, p. 51-60, 2012.

HASKELL, W. L. et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 39, n. 8, p. 1423-1434, 2007.

HAUTALA, A. J.; KIVINIEMI, A. M.; TULPPO, M. P. Individual responses to aerobic exercise: The role of the autonomic nervous system. **Neuroscience and Biobehavioral Review's**, New York, v. 33, n. 2, p. 107-115, 2009.

HEDELIN, R. et al. Pre- and post-season heart rate variability in adolescent cross-country skier. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Copenhagen, v. 10, n. 5, p. 298-303, 2000.

HEDMAN, A.E. et al. The high frequency component of heart rate variability reflects cardiac parasympathetic modulation rather than parasympathetic 'tone'. **Acta Physiologica Scandinavica**, Oxford, v.155, n. 3, p. 267-273, 1995.

HENJE BLOM, E. et al. Heart rate variability is related to self-reported physical activity in a healthy adolescent population. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v. 106, n. 6, p. 877-883, 2009.

HEYDARI, M.; BOUTCHER, Y. N., BOUTCHER, S. H. High-intensity intermittent exercise and cardiovascular and autonomic function. **Clinical Autonomic Research**, Oxford, v. 23, n. 1, p. 57-65, 2013.

HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S (Ed.). **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**. 2011. Disponível em: <www.cochrane-handbook.org>. Acesso em: 9 out. 2014.

HILLEBRAND, S. et al. Heart rate variability and first cardiovascular event in populations without known cardiovascular disease: meta-analysis and dose-response meta-regression. **Europace**, London, v. 15, n. 5, p. 742-749, 2013.

HIRSCH, J. A.; BISHOP, B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 241, n. 4, p. H620-629, Oct. 1981.

HO, S. S. et al. The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. **BMC Public Health**, London, v. 28, n.12, p. 704, 2012.

HONG, Y. M. Atherosclerotic cardiovascular disease beginning in childhood. **Korean Circulation Journal**, Seoul, v. 40, n. 1, p. 1-9, 2010.

HOPKINS WG. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine**, Auckland, v. 30, n. 1, p. 1-15, 2000.

HOSHI, R. A. et al. Poincaré plot indexes of heart rate variability: Relationships with other nonlinear variables. **Autonomic Neuroscience: Basic & Clinical**, New York, v. 177, n. 2, p. 271-274, Jun. 2013.

IWASA, Y. et al. The relationship between autonomic nervous activity and physical activity in children. **Pediatrics International**, Carlton South, v. 47, n. 4, p. 361-71, 2005.

IWASAKI, K. et al. Dose-response relationship of the cardiovascular adaptation to endurance training in healthy adults: how much training for what benefit? **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 95, n. 4, p. 1575-1583, 2003.

JARRIN, D. C. et al. Short-term heart rate variability in population-based sample of 10-year-old children. **Pediatric Cardiology**, New York, July, 2014.

JUONALA, M. et al. Childhood adiposity, adult adiposity, and cardiovascular risk factors. **The New England Journal of Medicine**, Boston, v. 365, n. 20, p. 876-85, 2011.

KARAPETIAN, G. K. et al. Effect of caffeine on LT, VT and HRVT. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 29, n. 8, p. 652-657, 2012.

KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 29, n. 8, p. 652-657, 2008.

KATZ-LEURER, M. et al. Heart rate and heart rate variability at rest and during exercise in boys who suffered a severe traumatic brain injury and typically developed controls. **Brain Injury**, London, v. 24, n. 2, p. 110-114, 2010.

KAZUMA, N. Heart rate variability in normotensive healthy children with aging. **Clinical and Experimental Hypertension**, New York, v. 24, n.1-2, p. 83-89, Jan. /Feb. 2002.

KLAKK, H. Six physical education lessons a week can reduce cardiovascular risk in school children aged 6-13 years: a longitudinal study. **Scandinavian Journal of Public Health**, Boston, v. 42, n. 2, p. 128-36, Mar. 2014.

KLEIGER, R. E. et al. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. **The American Journal of Cardiology**, New York, v. 59, n. 4, p. 256-62, 1987.

KOBAYASHI, H. Does paced breathing improve the reproducibility of heart rate variability measurements? **Journal of Physiological Anthropology**, Tokyo, v. 28, n. 5, p. 225-230, Sep. 2009.

KRISTENSEN, P. L. et al. Between-school variation in physical activity, aerobic fitness, and organized sports participation: a multi-level analysis. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 31, n. 2, p. 188-95, 2013.

KRSTACIC, G. The "chaos theory" and nonlinear dynamics in heart rate variability analysis: does it work in short-time series inpatients with coronary heart disease? **Annals of Noninvasive Electrocardiology**, Armonk, v. 12, n. 2, p.130-136, Apr. 2007.

KUO, T. B. et al. Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 277, n. 6 Pt 2, p. H2233-9, 1999.

LAING, S. T. et al. Autonomic effects of exercise-based cardiac rehabilitation. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, Philadelphia, v. 31, n. 2, p. 87-91, 2011.

LAMBRICK, D. M. et al. Preventive medicine needs to begin with our children **International Journal of Preventive Medicine**, Isfahan, v. 5, n. 1, p. 129-131, Jan. 2014.

LANDSBERGER, H. **Hawthorne revisited**: management and the worker, its critics, and developments in human relations in industry. Ithaca, NY: Cornell University, 1958.

LÉGER, L. A. et al. The multistage 20 meter shuttle run test for aerobic fitness. **Journal of Sports Science**, London, v. 6, n.2, p. 93-101, 1988.

LEICHT, A. S.; ALLEN, G. D.; HOEY, A. J. Influence of age and moderate-intensity exercise training on heart rate variability in young and mature adults. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign, v. 28, n. 3, p. 446-461, 2003.

LENARD, Z. et al. Maturation of cardiovagal autonomic function from childhood to young adults age. **Circulation**, Dallas, v. 110, n. 16, p. 2307-2312, 2004.

LIBERATI, A. et al. The PRISMA Statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and Elaboration. **Annals of Internal Medicine**, Philadelphia v. 151, n. 4, p.W65-W94, 2009.

LIEN, A. S.; CHO, Y. H.; TSAI, J. L. Effectiveness evaluation of healthy lifestyle interventions in childhood obesity prevention: asystematic review. **Hu Li Za Zhi The Journal of Nursing**, Taipei, v. 60, n. 4, p. 33-42, Aug 2013.

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

LONGIN, E. et al. Autonomic nervous system function in infants and adolescents: impact of autonomic tests on heart rate variability. **Pediatric Cardiology**, New York, v. 30, n. 3, p. 311-324, 2009.

LUO, Z. C. et al. Growth in early life and its relation to pubertal growth. **Epidemiology**, Cambridge, v. 14, n. 1, p. 65-73, 2003.

MACHADO, F. A.; DENADAI, B. S. Validity of maximum heart rate prediction equations for children and adolescents. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 97, n. 2, p. 136-140, Aug. 2011.

MAHON, A. D. et al. Evaluating the prediction of maximal heart rate in children and adolescents. **Research Quarterly for Exercise & Sport**, Reston, v. 81, n. 4, p. 466-471, 2010.

MALIK, M.; CAMM, A. J. **Heart rate variability**. Armonk, NY: Futura Publishing Company, 1995.

MANDIGOUT, S. et al. Physical training increases heart rate variability in healthy prepubertal children. **European Journal of Clinical Investigation**, Berlin, v. 32, n. 7, p. 479-487, 2002.

MARSHALL, W. A.; TANNER, J. M. Variation in the pattern of pubertal changes in boy. **Archives of Disease in Childhood**, London, v. 45, p.13-23, 1970.

MASSIN, M. M.; DERKENNE, B.; VON BERNUTH, G. Correlations between indices of heart rate variability in healthy children and children with congenital heart disease. **Cardiology**, Basel, v. 91, n. 2, p. 109-113, 1999.

MASSIN, M.; VON BERNUTH, G. Normal ranges of heart rate variability during infancy and childhood. **Pediatric Cardiology**, New York, v. 18, n. 4, p. 297-302, 1997.

McMURRAY, R. G. Insights into physical activity and cardiovascular disease risk in young children: IDEFICS study. **BMC Medicine**, London, v. 11, p. 173, 2013.

MEYER, U. et al. Combined impact of negative lifestyle factors on cardiovascular risk in children: A Randomized Prospective Study. **The Journal of Adolescent Health**, New York, Sep. 2014.

MICHELS, N. et al. Determinants and reference values of short-term heart rate variability in children. **European Journal Applied Physiology**, New York, v. 113, n. 6, p. 477-488, 2013.

MOHER, D. et al. explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomized trials. **International Journal of Surgery**, London, v. 10, n. 1, p. 28-55, 2012.

MOODITHAYA, S.; AVADHANY, S.T. Gender differences in age-related changes in cardiac autonomic nervous function. **Journal of Aging Research**, London, v. 2012, p. 679345, 2012.

NAGAI, N. et al. Moderate physical exercise increases cardiac autonomic nervous system activity in children with low heart rate variability. **Child's Nervous System**, Berlin, v. 20, n. 4, p. 209-214, 2004.

NAKAMURA, F. Y. et al. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo. **Revista Motriz**, Rio Claro, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2005.

NEIJTS, M. et al. Heritability of cardiac vagal control in 24-h heart rate variability recordings: Influence of ceiling effects at low heart rates. **Psychophysiology**, Champaign, v. 51, n. 10, p.1023-1036, Oct. 2014.

NUNAN, D. et al. Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 41, n. 1, p. 243-250, 2009.

OBERT, P. et al. Cardiovascular responses to endurance training in children: effect of gender. **European Society for Clinical Investigation**, Berlin, v. 33, n. 3, p. 199-208, Mar. 2003.

OHUCHI, H. et al. Heart rate recovery after exercise and cardiac autonomic nervous activity in children. **Pediatric Research**, Basel, v. 47, n. 3, p. 329-335, 2000.

OKAZAKI, K. et al. Dose-response relationship of endurance training for autonomic circulatory control in healthy seniors. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 99, n. 3, p. 1041-1049, 2005.

ORTEGA, F.B. et al. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. **International Journal of Obesity**, London, v. 32, n. 1, p. 1-11, 2008.

PÄLVE, K. S. et al. Association of physical activity in childhood and early adulthood with carotid artery elasticity 21 years later: the cardiovascular risk in Young Finns Study. **Journal of the American Heart Association**, Oxford, v. 3, n. 2, p. e000594, Apr. 2014.

PAUS, T. et al. Structural maturation of neural pathways in children and adolescents: in vivo study. **Science**, New York, v. 19, n. 283(5409), p. 1908-1911, 1999.

PAUS, T. Mapping brain development and aggression. **Canadian Child Adolescent Psychiatry Research**, Bethesda, v. 14, n. 1, p. 10-15, 2005.

PEARCE, M. S. et al. Early predictors of objectively measured physical activity and sedentary behaviour in 8-10 year old children: the Gateshead Millennium Study. **PLoS One**, San Francisco, v. 7, n. 6, p. e37975, 2012.

PENTTILA, J. et al. Time domain, geometrical and frequency domain analysis of cardiac vagal outflow: effects of various respiratory patterns. **Clinical Physiology**, Oxford, v. 21, n. 3, p. 365-376, 2001.

PERINI, R. et al. Seasonal training and heart rate and blood pressure variabilities in young swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 97, n. 4, p. 395-403, 2006.

PICHOT, V. et al. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 34, n. 10, p. 1660-1666, 2002.

PIKKUJÄMSÄ, S. M. et al. Cardiac interbeat interval dynamics from childhood to senescence. **Circulation**, Hagerstown, v. 100, p. 393-399, 1999.

PINNA, G. D. et al. Effect of paced breathing on ventilatory and cardiovascular variability parameters during short-term investigations of autonomic function. **American journal of physiology**, Bethesda, v. 290, n. 1, p. H424-433, Jan. 2006.

PINNA, G. D. et al. Heart rate variability measures: a fresh look at reliability. **Clinical Science**, London, v.113, n. 3, p. 131-140, Aug. 2007.

PLEWS, D. J. et al. Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.112, n.11, p.3729-41, 2012.

PLEWS, D. J. et al. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. **Sports Medicine**, Auckland, v. 43, n. 9, p. 773-781, Jul. 2013.

PLEWS, D. J. et al. Monitoring training with heart rate-variability: how much compliance is needed for valid assessment? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Champaign, v. 9, n. 4, p. 783-790, 2014.

POCOCK, S. J. **Clinical trials: A practical approach**. London: Jonh Wiley & Sons, 1987.

PRADO, D. M. et al. Exercise training associated with diet improves heart rate recovery and cardiac autonomic nervous system activity in obese children. **International journal of sports medicine**, Stuttgart, v. 31, n. 12, p. 860-865, 2010.

RADTKE, T. et al. High-volume sports club participation and autonomic nervous system activity in children. **European journal of clinical investigation**, Berlin, v. 43, n. 8, p. 821-828, Aug. 2013.

RATEL, S. et al. Acid-base balance during repeated cycling sprints in boys and men. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 92, n. 2, p. 479-85, 2002.

REED, K. E. et al. Differences in heart rate variability between Asian and Caucasian children living in the same Canadian community. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, Ottawa, v. 31, n. 3, p. 277-282, Jun. 2006.

REVIEW MANAGER. **REVMAN**. [Computer Program]. Version 5.1. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2011.

REZVAN, K.; DABIDI, R. V.; MAHMUDI, S. A. Short-term heart rate variability in asthmatic obese children: Effect of exhaustive exercise and environmental humidity. **The Journal of sports Medicine and physical Fitness**, Torino, 16 Jul. 2014.

ROGOL, A. D.; CLARK, P. A.; ROEMMICH, J. N. Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 72, p. S521-8, 2000.

ROWLAND, T. W. **Children's exercise physiology**. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2005.

RÜDIGER, H.; BALD, M. Spontaneous baroreflex sensitivity in children and young adults calculated in the time and frequency domain. **Journal of the autonomic nervous system**, Amsterdam, v. 93, n. 1-2, p. 71-78, Oct. 2001.

RUIZ, J. R, et al. High cardiovascular fitness is associated with low metabolic risk score in children: the European Youth HeartStudy. **Pediatric Research**, Basel, v. 61, n. 3, p. 350-355, Mar. 2007.

SABOUL, D.; PIALOUX, V.; HAUTIER, C. The breathing effect of the LF/HF ratio in the heart rate variability measurements of athletes. **European Journal of Sport Science**, Champaign, v. 14, Suppl 1, p. S282-288, 2014.

SALLIS, J. F. Epidemiology of physical activity and fitness in children and adolescents. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London, v. 33, n. 4-5, p.403-408, 1993.

SANDERCOCK, G. R. et al. The relationships between self-assessed habitual physical activity and non-invasive measures of cardiac autonomic modulation in young healthy volunteers. **Journal of Sports Science**, London, v. 26, n. 11, p. 1171-1177, 2008.

SANDERCOCK, G. R.; BROMLEY, P. D.; BRODIE, D .A. Effects of exercise on heart rate variability: inferences from meta-analysis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.37, n. 3, p.433-439, 2005.

SARTOR, F. et al. Heart rate variability reflects training load and psychophysiological status in young elite gymnasts. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 27, n. 10, p. 2782–2790, 2013.

SACHA, J. Interaction between heart rate and heart rate variability. **Annals of Noninvasive Eletrocardiology**, v.19, n. 3, p. 207-216, 2014.

SCHAAL, K. et al. Effect of recovery mode on postexercise vagal reactivation in elite synchronized swimmers. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, Champaign, v. 38, n. 2, p.126-133, 2013.

SCHOOL HEALTH GUIDELINES TO PROMOTE HEALTHY EATING AND PHYSICAL ACTIVITY. **MMWR Recommendations and reports**: morbidity and mortality weekly report recommendations and reports, Atlanta, v. 60, n. RR-5, p. 1-76, 2011.

SCHUSTER, I. et al. Cardiac function during exercise in obese prepubertal boys: effect of degree of obesity. **Obesity**, Malden, v. 17, n. 10, p. 1878-1883, 2009.

SEPPÄLÄ, S. et al. Normal values for heart rate variability parameters in children 6-8 years of age: the PANIC Study. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Oxford, v. 34, n. 4, p. 290-296, Jul. 2014.

SILVA, C. C. et al. The effect of physical training on heart rate variability in healthy children: a systematic review with meta-analysis. **Pediatric Exercise Science**, Champaign, v. 26, n. 2, p.147-158, May 2014.

SILVETTI, M. S.; DRAGO, F.; RAGONESE, P. Heart rate variability in healthy children and adolescents is partially related to age and gender. **International Journal of Cardiology**, Amsterdam, v. 81, n. 2-3, p.169-174, 2001.

SINGH, J. P. et al. Association of hyperglycemia with reduced heart rate variability (The Framingham Heart Study). **American Journal of Cardiology**, New York, v. 86, n. 3, p. 309-312, 2000.

SLOAN, R. P. et al. The effect of aerobic training and cardiac autonomic regulation in young adults. **American Journal of Public Health**, Washington, v. 99, n. 5, p. 921-928, 2009.

SOARES-MIRANDA, L. et al. High levels of C-reactive protein are associated with reduced vagal modulation and low physical activity in young adults. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Copenhagen, v. 22, n. 2, p. 278-284, 2012.

STAUSS, H. M. Heart rate variability. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 285, n. 5, p. 927-931, 2003.

STRONG, W. B. et al. Evidence based physical activity for school-age youth. **Journal of Pediatrics**, St. Louis, v. 146, n. 6, p. 732-737, 2005.

SUN, S. S. et al. Secular trends in body composition for children and young adults: the Fels Longitudinal Study. **American Journal of Human Biology**, New York, v. 24, n. 4, p. 506-514, 2012.

SZTAJZEL, J. Heart rate variability: a noninvasive eletrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. **Swiss Medical Weekly**, Basel, v. 134, p. 514-522, 2004.

TASK FORCE OF EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, philological interpretation and clinical use. **Circulation**, Dallas, v. 93, n. 5, p. 1043-1065, 1996.

TELAMA, R. et al. Physical activity from childhood to adulthood: a 21-year tracking study. **American Journal of Preventive Medicine**, New York, v. 28, n. 3, p. 267-273, 2005.

THAYER, J. F.; LANE, R. D. The role of vagal function in the risk for cardiovascular disease and mortality. **Biological Psychology**, Amsterdam, v. 74, n. 2, p. 224-242, Feb. 2007.

THAYER, J. F.; STERNBERG, E. Beyond heart rate variability: vagal regulation of allostatic systems. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 1088, p. 361-72, 2006.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Tradução Ricardo Demétrio de Souza Petersen. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

TRIPOSKIADIS, F. et al. Cardiac adaptation to intensive training in prepubertal swimmers. **European Journal of Clinical Investigation**, Oxford, v. 32, n. 1, p.16-23, 2002.

TSUJI, H. et al. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study. **Circulation**, Dallas, v. 94, n. 11, p. 2850-2855, 1996.

TSUJI, H. et al. Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. **Circulation**, Dallas, v. 90, n. 2, p.878-883, 1994.

TULPPO, M. P. et al. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 271, p. 244-252, 1996.

URBINA, E. M. et al. Noninvasive assessment of subclinical atherosclerosis in children and adolescents: recommendations for standard assessment for clinical research: a scientific statement from the American Heart Association. **Hypertension**, Dallas, v. 54, n. 5, p. 919-950, 2009.

VÄISTÖ, J. et al. Physical activity and sedentary behaviour in relation to cardiometabolic risk in children: cross-sectional findings from the Physical Activity and Nutrition in Children (PANIC) Study. **The international journal of behavioral nutrition and physical activity**, London, n. 11, p. 552014, Apr. 2014.

VERÇOZA, A. M. et al. Cardiovascular risk factors and carotid intima-media thickness in asymptomatic children. **Pediatric Cardiology**, New York, v. 30, n.8, p. 1055-1060, 2009.

VESTERINEN, V. et al. Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Copenhagen, v. 23, n. 2, p. 171-180, 2013.

VINET, A. et al. Effect of intensive training on heart rate variability in prepubertal swimmers. **European Journal of Clinical Investigation**, Berlin, v. 35, n. 10, p.610-614, 2005.

VOSS, A. et al. Short-term heart rate variability--age dependence in healthy subjects. **Physiological measurement**, Bristol, v. 33, n. 8, p. 1289-1311, Aug. 2012.

WALTER, S. D.; ELIASZIW, M.; DONNER, A. Sample size and optimal designs for reliability studies. **Statistics in Medicine**, New York, v. 17, n. 1, p. 101-110, Jan. 1998.

WANG, G. et al. Physical activity, cardiovascular disease, and medical expenditures in U.S. adults. **Annals of Behavioral Medicine**, Knoxville, v. 28, n. 2, p. 88-94, 2004.

WANG, X. et al. Genetic influences on heart rate variability at rest and during stress. **Psychophysiology**, Malden, v. 46, n. 3, p. 458-65, May 2009.

WELSMAN, J.R., ARMSTRONG, N. The measurement and interpretation of aerobic fitness in children: current issues. **Journal of the Royal Society of Medicine**, London, v. 89, n. 5, p. 281P-285P, 1996.

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 19, n. 1, p. 231-240, 2005.

WILLIAMS, C. A, LOPES, P. The influence of ventilatory control on heart rate variability in children. **Journal of Sports Science**, London, v. 20, n. 5, p. 407-415, 2002.

WILLIAMS, J. R.; ARMSTRONG, N. The influence of age and sexual maturation on children's blood lactate responses to exercise. **Pediatrics Exercise Science**, Champaign, v. 3, p. 111-120, 1991.

WINSLEY, R. Acute and chronic effects of exercise on heart rate variability in adults and children: a review. **Pediatric Exercise and Science**, Champaign, v. 14, p. 328-44, 2002.

WINSLEY, R. J. et al. Reliability of heart rate variability measures at rest and during light exercise in children. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 37, n. 6, p. 550-2, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic Diseases**. Geneva: WHO, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on noncommunicable diseases 2010**. Geneva: WHO, 2011.

YAMAMOTO, K., MIYACHI, M., SAITOH, T. et al. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 9, p. 1496-502, 2001.

YASUMA, F.; HAYANO, J. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heartbeat synchronize with respiratory rhythm? **Chest**, Northbrook, v. 125, n. 2, p. 683-690, Feb. 2004.

YOUNG, F. L.; LEICHT, A. S. Short-term stability of resting heart rate variability: influence of position and gender. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, Ottawa, v. 36, n. 2, p. 210-218, Apr. 2011.

ZAZA, A., LOMBARDI, F. Autonomic indexes based on the analysis of heart rate variability: a view from the sinus node. **Cardiovascular Research**, v. 50, n. 3, p. 434-42, 2001.

ZÖLLEI, E. et al. Respiratory effects on the reproducibility of cardiovascular autonomic parameters. *Clin Physiol Funct Imaging*, Oxford, v. 27, n. 4, p. 205-210, Jul. 2007.

ZULFIQAR, U. et al. Relation of high heart rate variability to healthy longevity. **American Journal of Cardiology**, New York, v. 105, n. 8, p.1181-1185, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

“Efeito de 12 semanas de treinamento aeróbio sobre a modulação autonômica de pré-púberes: ensaio clínico aleatório”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) a participar da pesquisa **“Efeito de 12 semanas de treinamento aeróbio sobre a modulação autonômica de pré-púberes: ensaio clínico aleatório”**, realizada no **“Centro de Educação Física – Universidade Estadual de Londrina”**. O objetivo da pesquisa é “verificar os efeitos do treinamento aeróbio, com duração de 12 semanas, em pré-púberes de ambos os sexos sobre o desempenho físico e função autonômica em repouso e durante o período pós-exercício”. A sua participação é muito importante e ela se dará da seguinte forma. Após os testes iniciais referentes a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em repouso e no período noturno, será realizado teste incremental de campo com todos os participantes. Posteriormente os grupos serão aleatorizados em duas etapas: primeiro pela geração dos números – por tabela de números aleatórios e a ocultação da alocação – utilizando envelopes opacos e selados. Após a assinatura do termo de consentimento realizado pela criança e por um de seus responsáveis, um envelope será aberto e instruirá qual grupo o participante será submetido, experimental, que realizará o protocolo de treinamento de 12 semanas ou controle, que não participará de nenhuma atividade esportiva durante as 12 semanas, a exceção apenas das aulas de educação física. É importante esclarecer que uma vez retirado o envelope, o grupo não poderá ser trocado. Gostaríamos de esclarecer também que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Declaramos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Os benefícios esperados são: demonstrar de forma individualizada a avaliação do VFC, os indicadores de nutricionais e o desempenho no teste físico que poderão ser utilizados como indicadores na prescrição de exercícios físicos e em sua vida futura. Informamos que o(a) senhor(a) não pagará nem será remunerado por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contactar **(Carla Cristiane da Silva, Rua Pedro Nolasco da Silva nº 305 Jardim Tóquio - Londrina, (43) 96713000 e ccsilva@uenp.edu.com)**, ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, na Avenida Robert Kock, nº 60, ou no telefone 33712490. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você.

Londrina, _____ de _____ de 2012.

Pesquisador Responsável (RG: 6.516.750-6)

_____ (nome por extenso do sujeito de pesquisa), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica) da criança: _____

Assinatura (ou impressão dactiloscópica) do seu responsável pelo menor: _____

Data: _____

Obs: Caso o participante da pesquisa seja menor de idade, deve ser incluído o campo para assinatura do menor e do responsável.

ANEXOS

ANEXO A

PEDIATRIC EXERCISE SCIENCE

Official Journal of NASPEM and the

European Group of PWP

www.PES-Journal.com

REVIEWS

Pediatric Exercise Science, 2014, 26, 147-158

http://dx.doi.org/10.1123/pes.2013-0063

© 2014 Human Kinetics, Inc.

The Effect of Physical Training on Heart Rate Variability in Healthy Children: A Systematic Review With Meta-Analysis

Carla Cristiane da Silva

GEAFIT

Ligia Maxwell Pereira and Jefferson Rosa Cardoso

PAIFIT

Jonathan Patrick Moore

Bangor University

Fábio Yuzo Nakamura

GEAFIT

The positive effects of physical training on heart rate variability (HRV) in healthy adults are widely recognized; however, the responsiveness to training in healthy children has not yet been established. The aim of this study was to determine the influence of physical training on HRV in prepubertal healthy children. Systematic computerized searches were performed from 1950 to 2012 in the following databases: Medline, Embase, Cinahl, Lilacs, Scielo, SportDiscus, ProQuest, Web of Science, PEDro, Academic Search Premier and the Cochrane Library. The key words used were: heart rate variability, autonomic nervous system, exercise training, physical activity, continuous exercise, intermittent exercise, children, prepubescent, adolescents, and healthy. Although the database search initially identified 6,164 studies, after removing duplicates and excluding by title the number was 148, however, only 2 studies were included in this systematic review. The meta-analysis compared the experimental group ($n = 29$) with the control group ($n = 28$) for the HRV parameters: RR intervals, SDNN, RMSSD, pNN50, LF (log), HF (log), LF/HF and Total Power (log). The meta-analysis demonstrated similar HRV indices between both the experimental and control groups. In conclusion, the available results from randomized controlled trials do not support the hypothesis that physical training improves HRV in healthy children[AUQ2].

Keywords: autonomic nervous system, prepubertal, exercise

High levels of habitual physical activity and endurance training are associated with resting bradycardia in young, healthy adults (24,31,51), this is due primarily to the alteration of cardiovascular autonomic control (10,46). Furthermore, given that autonomic imbalance may be a final common pathway to increased morbidity and mortality from a host of conditions and diseases,

including cardiovascular disease, the clinical relevance of physical training on cardiovascular health is recognized as an important intervention in minimizing the incidences of cardiovascular disease, the main cause of death among adults worldwide (62). Furthermore, although the more severe complications of cardiovascular diseases occur in adulthood, the preventive strategies should begin in childhood and adolescence (1,38,58). These early preventive strategies have been receiving prominent attention in the recommendations for cardiovascular health promotion (52).

Autonomic regulation of the cardiovascular system is affected by the sympathetic and parasympathetic pathways. Heart rate variability (HRV)—i.e., beat-to-beat variation in the duration of the R-R intervals—is considered an easy and noninvasive method of providing indirect

da Silva and Nakamura are with the Physiological Adaptations to Training Research Group- GEAFIT, Londrina, Brazil. Pereira and Cardoso are with the Research Group in Physical Therapy Assessment and Intervention- PAIFIT, Londrina, Brazil. Moore is with the School of Sport, Health and Exercise Sciences, Bangor University, Wales, UK. Address author correspondence to Fábio Yuzo Nakamura at fabioy_nakamura@yahoo.com.br.

ANEXO B



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS
Universidade Estadual de Londrina
Registro CONEP 5231

Parecer CEP/UEL:	213/2012
CAAE:	10731512.0.0000.5231
Data da Relatoria:	18/02/2013
Pesquisador(a):	Carla Cristiani da Silva
Unidade/Órgão:	CEFE – Programa de Pós-Graduação em Educação Física Associado UEM/UUEL

Prezado(a) Senhor(a):

O “**Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina**” (Registro CONEP 5231) – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:

“Efeito de diferentes manobras respiratórias e posições corporais sobre a variabilidade da frequência cardíaca ao longo do ciclo de vida em atletas e não atletas de ambos os sexos”

Situação do Projeto: **Aprovado**

Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá ser encaminhado ao CEP/UUEL relatório final da pesquisa, conforme prevê a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares.

Londrina, 19 de fevereiro de 2013.

Prof. Dra. Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos
Universidade Estadual de Londrina



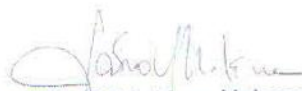
ANEXO C**AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO**

Londrina, 5 de Dezembro de 2012.

Ilmo Sra.

Maria Inês Galvão de Mello
Secretária Municipal de Educação - Londrina

Solicitamos a autorização para realização do Projeto intitulado: " **Efeito de 12 semanas de treinamento aeróbico sobre a modulação autonômica em pré-púberes: ensaio clínico aleatório**". O projeto prevê avaliação da variabilidade da frequência cardíaca noturna, em repouso e pós-exercício. Estão previstas 12 semanas de treinamento físico aeróbico para o grupo experimental. A avaliação da variabilidade da frequência cardíaca é uma medida não invasiva e válida para investigações com crianças e adolescentes. Os pais e/ou responsáveis deverão assinar o Termo de Consentimento Livre e esclarecido antes do início do Projeto e as crianças também deverão consentir em participar como voluntários. Em qualquer momento durante o processo de avaliação e/ou treinamento é permitida a retirada do consentimento sem qualquer prejuízo para os voluntários e seus responsáveis. O projeto será conduzido por Carla Cristiane da Silva, aluna de Doutorado pela Universidade Estadual de Londrina com a orientação do Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura. Os dados serão utilizados exclusivamente com finalidade científica e seus resultados serão entregues de forma individual e sigilosa para os pais e/ou responsáveis.



Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura
Vice-Coord. do Programa de Pós-Graduação
em Educação Física Associado-UEM/UEL
Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura

Programa de Pós-Graduação em
Educação Física Associado UEM/UEL

Autorizado em 07/12/2012

Assinatura e Carimbo

Maria Inês Galvão de Mello
Secretária Municipal de Educação
Dec. 936/12 de 02/08/12



Prefeitura do Município de Londrina
SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO

OF. N° 983/13 – S.M.E.

Londrina, 19 de agosto de 2013.

Departamento de Educação Física
Universidade Estadual de Londrina

Assunto: **Autorização para projeto de pesquisa**

A Secretaria Municipal de Educação de Londrina - PR **autoriza** o desenvolvimento do projeto de estudo de doutorado: **"Efeito de 12 semanas de treinamento aeróbio sobre a modulação autonômica em pré-púberes: ensaio clínico aleatório"**, coordenado pelo Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física, UEL/UEM, a ser realizado nas Escolas Municipais de Londrina pela discente, Ms Carla Cristiane da Silva.

Solicitamos que o resultado da pesquisa seja encaminhado aos diretores das unidades escolares.

Atenciosamente,


Mariangela de Sousa Prata Bianchini
DIRETORIA PEDAGÓGICA

ANEXO D



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS
 Universidade Estadual de Londrina
 Registro CONEP 5231



Parecer CEP/UEL:	214/2012
CAAE:	10332412.7.0000.5231
Data da Relatoria:	22/03/2013
Pesquisador(a):	Carla Cristiani da Silva
Unidade/Órgão:	CEFE - PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UEM/UEL

Prezado(a) Senhor(a):

O “Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina” (Registro CONEP 5231) – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:

“Efeito de 12 semanas de Treinamento aeróbio sobre a modulação autonômica em pré-púberes: ensaio clínico aleatório.”

Situação do Projeto: **Aprovado**

Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá ser encaminhado ao CEP/UEL relatório final da pesquisa, conforme prevê a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares.

Londrina, 05 de abril de 2012.

Prof. Dra. Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli
 Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos
 Universidade Estadual de Londrina



ANEXO E

ClinicalTrials.gov PRS
Protocol Registration and Results System



Protocol Registration Receipt
09/09/2014

Aerobic Training on the Autonomic Modulation in Children

This study is not yet open for participant recruitment.

Verified by Carla Cristiane da Silva, Universidade Estadual de Londrina, September 2014

Sponsor:	Universidade Estadual de Londrina
Collaborators:	
Information provided by (Responsible Party):	Carla Cristiane da Silva, Universidade Estadual de Londrina
ClinicalTrials.gov Identifier:	NCT02236117

► Purpose

The heart rate variability is a tool used to assess non-invasive cardiac autonomic. In fact, many studies have been disseminated of heart rate variability in adults, however few results in a literature this parameters in pediatric population, mainly with children submitted the physical training. Thus, this Project aims to verify the effects of aerobic training, with 10 weeks, in prepubertal on the performance and heart rate variability in rest.

Condition	Intervention	Phase
Healthy	Aerobic Training	N/A

Study Type: Interventional

Study Design: Treatment, Single Group Assignment, Single Blind (Outcomes Assessor), Randomized, N/A

Official Title: The Effects of 10 Weeks of Aerobic Training on the Autonomic Modulation in Prepubertal Children: a Randomized Control Trial

Further study details as provided by Carla Cristiane da Silva, Universidade Estadual de Londrina:

Primary Outcome Measure:

- Rest Heart Rate Variability in short term [Time Frame: 10 weeks] [Designated as safety issue: Yes]