



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
FACULDADE DE MEDICINA
INSTITUTO DO CORAÇÃO EDSON SAAD

RAFAEL SANTIAGO FLORIANO

**EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO PRESCRITO PELA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA SOBRE A CAPACIDADE
FUNCIONAL, COM A FORÇA MUSCULAR E MODULAÇÃO AUTONÔMICA
EM INDIVÍDUOS COM FATORES DE RISCO PARA DOENÇAS
CARDIOVASCULARES: UM ESTUDO PROSPECTIVO**

RIO DE JANEIRO

Fevereiro de 2023

RAFAEL SANTIAGO FLORIANO

EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO PRESCRITO PELA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA SOBRE A CAPACIDADE FUNCIONAL, COMBINADO COM A FORÇA MUSCULAR E MODULAÇÃO AUTONÔMICA EM INDIVÍDUOS COM FATORES DE RISCO PARA DOENÇAS CARDIOVASCULARES: UM ESTUDO PROSPECTIVO

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cardiologia, Instituto do Coração Edson Saad, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências Cardiovasculares.

Orientador: Prof. Dr. Michel Silva Reis

Pesquisa realizada no Grupo de Pesquisa em Avaliação e Reabilitação
Cardiorrespiratória (GECARE) / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Apoio financeiro: Aluno bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação Carlos Chagas de Apoio à Pesquisa Científica do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ)

RIO DE JANEIRO

Fevereiro de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na Publicação

F635e FLORIANO, RAFAEL SANTIAGO
EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO PRESCRITO PELA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA SOBRE A
CAPACIDADE FUNCIONAL, FORÇA MUSCULAR E MODULAÇÃO
AUTONÔMICA EM INDIVÍDUOS COM FATORES DE RISCO PARA
DOENÇAS CARDIOVASCULARES: UM ESTUDO PROSPECTIVO /
RAFAEL SANTIAGO FLORIANO. -- Rio de Janeiro, 2023.
97 f.

Orientador: Michel Silva Reis.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio
de Janeiro, Faculdade de Medicina, Programa de Pós
Graduação em Medicina (Cardiologia), 2023.

1. Reabilitação. 2. Fatores de risco. 3. Doença
cardiovascular. 4. Exercícios. 5. Variabilidade da
frequência cardíaca. I. Reis, Michel Silva, orient.
II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

RAFAEL SANTIAGO FLORIANO

EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO PRESCRITO PELA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA SOBRE A CAPACIDADE FUNCIONAL, COMBINADO COM A FORÇA MUSCULAR E MODULAÇÃO AUTONÔMICA EM INDIVÍDUOS COM FATORES DE RISCO PARA DOENÇAS CARDIOVASCULARES: UM ESTUDO PROSPECTIVO

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cardiologia, Instituto do Coração Edson Saad, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para à obtenção do título de Doutor em Ciências Cardiovasculares.

Aprovada em: 16 / 02 / 2023

Prof. Dr. Paolo Blanco Villela – PPG Cardiologia - ICES/UFRJ (Presidente da banca)

Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia dos Santos Alves – Fac.Ciências Médicas (Sta.Casa/SP)

Prof^a. Dr^a. Marlene Moreno – Universidade Metodista de Piracicaba/SP

Prof. Dr. Rodrigo Boemo Jaenisch – UFSM

Prof. Dr. Luiz Fernando Rodrigues Júnior – INC/MS

DEDICATÓRIAS

Ao senhor nosso Deus que sempre me mostrou que com muito trabalho, dedicação, determinação e fé tudo é possível. Seus ensinamentos tornaram minha caminhada mais serena. A espiritualidade tem um papel fundamental em todo este árduo processo de formação acadêmica *strictu sensu*.

Aos meus pais, Weston Floriano e Sidnéa Floriano, que sempre foram meus alicerces. Meus pais me deram todo suporte que puderam na vida e no início da vida acadêmica. E neste momento do doutoramento sempre emanaram forças e palavras de encorajamento para que eu prosseguisse firme em meus objetivos.

A minha esposa e aos meus amados filhos Isabela Floriano e Arthur Floriano, que são minhas fontes de inspiração e meus maiores incentivadores nesta minha luta no crescimento acadêmico-profissional.

Dedico as última palavras desta dedicatória ao meu grande mestre, amigo e orientador Prof. Dr. Michel Silva Reis, que é um ser humano singular, com uma capacidade de transformar pessoas em seres humanos diferenciados em todos os sentidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me conceder à vida e por permitir que eu tivesse todas as oportunidades necessárias para que eu atingisse o mais alto nível de formação acadêmica. Em seguida aos meus pais e aos meus antepassados, que me concederam a oportunidade de ter chegado “até aqui”. Agradecimento com gratidão ao meu grande amigo e orientador Michel Reis, que continuou acreditando na minha capacidade de atingir um degrau ainda mais alto que o anterior (mestrado). Não poderia deixar de agradecer a todos os amigos do nosso grupo de pesquisa (GECARE), que certamente contribuíram para o meu crescimento acadêmico. Gostaria de agradecer também a todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica. Agradecer também aos pacientes e voluntários que de maneira espontânea participaram e contribuíram com as nossas pesquisas. E por fim, agradeço grandemente a todos os familiares e amigos que torceram por mim e pela minha evolução como pesquisador e futuro docente.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Efeito da manobra de acentuação da arritmia sinusal respiratória sob os intervalos R-R.....	25
Figura 2. Traçado eletrocardiográfico representando os intervalos R-R.....	27
Figura 3. Tacograma dos intervalos R-R em um indivíduo do nosso estudo.....	28
Figura 4. Análise espectral através da Transformada Rápida de Fourier.....	29
Figura 5. Gráfico do plot de Poincaré de um adulto jovem [A] e de um recém-nascido normal [B].....	34
Figura 6. Montagem do teste de exercício cardiopulmonar.....	36
Figura 7. Laboratório de pesquisa (GECARE) onde foram realizados os testes e o protocolo.....	37
Figura 8. Alguns tipos de ergômetros onde pode ser testada a capacidade funcional e também realizar o protocolo de treinamento.....	37
Figura 9. Interface utilizada em nossos TECP durante as avaliações.....	40
Figura 10. Execução do teste de exercício cardiopulmonar.....	41
Figura 11. Tipos de protocolos para TECP.....	42
Figura 12. Variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidas durante o teste cardiopulmonar com protocolo do tipo rampa em cicloergômetro.....	43
Figura 13. Gráfico do comportamento das variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidas durante o teste cardiopulmonar com protocolo do tipo rampa.....	44
Figura 14. Tela do programa (<i>aerograph</i> [®]), utilizado em nosso trabalho, com as variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidas durante o TECP.....	45
Figura 15. Escala de BORG CR-10 modificada.....	47
Figura 16. Determinação dos limiares metabólicos pelo método visual gráfico.....	48
Figura 17. Fluxograma da prescrição da intensidade do exercício aeróbio pela VFC.....	63
Figura 18. Fluxograma das etapas do protocolo de avaliação e treinamento físico dos pacientes incluídos no projeto.....	65
Figura 19. Fluxograma descrevendo a análise dos pacientes em cada etapa do estudo; TECP: teste de exercício cardiopulmonar; 1RM: uma repetição máxima.....	66
Figura 20. A) Tempo do limiar anaeróbio ventilatório (LAV); B) A Carga no LAV do TECP; C) Tempo do LAV no Pico do TECP; D) A Carga no Pico do TECP. TECP = teste de exercício cardiopulmonar.....	69
Figura 21. Nos gráficos A, B e C estão os dados referentes as médias dos resultados do agachamento no <i>Smith</i> ; puxada e remada sentada, comparando o antes (PRÉ) com o depois (PÓS) do programa de reabilitação.....	70
Figura 22. Gráfico do SD1 da primeira semana e última semana.....	71

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1. Indicações para a execução do TECP.....	35
Quadro 2. Vantagens e desvantagens da utilização da esteira ou cicloergômetro no teste cardiopulmonar.....	39
Quadro 3. Fatores de correção propostos por Lombradi (1989).....	55
Tabela 1. Dados antropométricos e características clínicas da população do estudo.....	68

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- 1RM – Uma repetição máxima
- ACMS – *American college Sports of Medicine*
- AF – Componente de Alta frequência
- ANOVA – Análise de variância
- ASR – Arritmia sinusal respiratória
- AVF – Vetor ampliado no pé
- AVL – Vetor ampliado à esquerda
- AVR – Vetor ampliado à direita
- BF – Componente de Baixa frequência
- BF/AF – Razão baixa frequência sobre alta frequência
- BRA – Bloqueador de receptor de angiotensina
- BTPS – Condições normais de temperatura e pressão do corpo
- CAAE – Certificado de apreciação de apresentação ética
- CART – Treinamento resistido e aeróbio combinado
- CO₂ – Dióxido de carbono
- DC – Débito cardíaco
- DCV – Doença cardiovascular
- DI – Primeira derivação
- DII – Segunda derivação
- DIII – Terceira derivação
- DP – Desvio padrão
- DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crônica
- E/I Razão expiração/inspiração (E/I) – média dos maiores valores de iRR obtidos durante a fase expiratória dividido pelas médias dos menores valores iRR da fase inspiratória da M-ARS.
- ECG – Eletrocardiograma
- EMG – Eletromiografia
- F – Feminino
- FC – Frequência cardíaca
- FC_{máx.} – Frequência cardíaca máxima
- FECO₂ – Fração expirada de dióxido de carbono
- FEO₂ – Fração expirada de oxigênio

FR – Frequência respiratória

GECARE – Grupo de Pesquisa em Avaliação e Reabilitação Cardiorrespiratória

HFun – *High frequency* unidades normalizadas

HIIT – Treinamento intervalado de alta intensidade

H – Homem

HRV – *Heart rate variability*

HUCFF – Hospital Universitário Clementino Fraga Filho

HZ – *Hertz*

I:E – Relação inspiração sobre a expiração

IAM – Infarto agudo do miocárdio

IC crônica – Insuficiência cardíaca crônica

IECA – Inibidor de enzima conversora em angiotensina

IMC – Índice de massa corpórea

IRPM – Incursão respiratória por minuto

iR-R – Intervalos RR

J/S – Joule por segundo

kg/m² – Quilograma por metro quadrado

Km/h – Quilômetros por hora

Kpm/min – Quilopondmetro por minuto

LAV – Limiar anaeróbio ventilatório

m – Massa

M – Mulheres

M-ASR – Manobra de acentuação da arritmia sinusal respiratória

Máx – Máximo

MBF – Muito baixa frequência

METS – Equivalente metabólico

mmhg – Milímetro de mercúrio

MMII – Membros inferiores

ms – Milissegundos

N – Número de voluntários

NN50 – Número de intervalos RR, com diferença entre eles > 50ms

O₂ – Oxigênio

OMS – Organização mundial de saúde

P – valor estatístico de p

PA – Pressão arterial
PAM – Pressão arterial média
PCR – Ponto de compensação respiratório
PEEP – Pressão expiratória positiva final
PETCO₂ – Pressão expirada de gás carbônico
PETO₂ – Pressão expirada de oxigênio
pNN50 – NN50 dividido pelo número de intervalos RR Razão
QCO₂ – Taxa periférica de dióxido de carbono
QO₂ – Consumo periférico de oxigênio
R – Quociente respiratório
Razão BF/AF – Razão baixa frequência/alta frequência
RER – Razão da troca respiratória
Rmáx – Quociente respiratório máximo ao final do exercício
RMSSD – Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo
SD1 – Dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade e parece ser um índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento
SD2 – Dispersão dos pontos ao longo da linha de identidade e representa a VFC em registros de longa duração
SDNN – Desvio padrão de todos os iRR normais gravados em um intervalo de tempo
SEG – Segundos
SNA – Sistema nervoso autonômico
SNP – Sistema nervoso parassimpático
SNS – Sistema nervoso simpático
SPO₂ – Saturação periférica de oxigênio
STPD – Condições normais de temperatura e pressão
TCLE – Termo de consentimento livre e esclarecido
TECP – Teste de exercício cardiopulmonar
TF – Treinamento de força
TRA – Grupo treinamento
UBF – Ultra baixa frequência
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
V1 – Vetor um
V2 – Vetor dois

V3 – Vetor três
V4 – Vetor quatro
V5 – Vetor cinco
V6 – Vetor seis
VC – Volume corrente
VCO₂ – Liberação de dióxido de carbono
VCO₂/VO₂ – Razão entre a liberação de dióxido de carbono e a captação de oxigênio pulmonares medidos no ar expirado
VD – Espaço morto
VD/ VT – Razão entre o espaço morto sobre o volume total
VE – Ventilação
VE/VCO₂ – Equivalente ventilatório de gás carbônico
VE/VO₂ – Equivalente ventilatório de oxigênio
VFC – Variabilidade da frequência cardíaca
VIGITEL – Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico
VO₂ – Consumo de oxigênio
VO₂/FC – Pulso de oxigênio
VO₂máx. – Consumo de oxigênio máximo
VO₂Pico – Consumo de oxigênio pico
VT – Volume total
VT1 – Primeiro limiar anaeróbio
VT2 – Segundo limiar anaeróbio
W – *Watts*
WVT1 – Carga no primeiro limiar anaeróbio
WVT2 – Carga no segundo limiar anaeróbio
B-BLOCK – Beta bloqueador
ΔVO₂ – Delta de consumo de oxigênio
ΔVO₂/ΔW – Delta de consumo de oxigênio sobre o delta da carga em watts
ΔW – Delta da carga em watts

RESUMO

EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO PRESCRITO PELA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA SOBRE A CAPACIDADE FUNCIONAL, COMBINADO COM A FORÇA MUSCULAR E MODULAÇÃO AUTÔNOMICA EM INDIVÍDUOS COM FATORES DE RISCO PARA DOENÇAS CARDIOVASCULARES: UM ESTUDO PROSPECTIVO

Rafael Santiago Floriano
Orientador: Prof. Dr. Michel Silva Reis

Resumo da tese de doutorado submetida ao Corpo Docente da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro e de docentes externos, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências Cardiológicas.

Introdução: Os fatores de risco para doenças cardiovasculares (DCV) são prejudiciais à saúde e podem levar a cardiopatias. A reabilitação cardiovascular é fundamental para a melhora clínica desses pacientes. Este processo deve ser multiprofissional e feito da forma individualizada. Um programa de reabilitação composto por exercícios aeróbios pode ser prescrito através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). **Objetivo:** Avaliar os efeitos do treinamento aeróbio de doze semanas prescrito pela VFC, sobre a capacidade funcional, força muscular e modulação autonômica cardíaca em voluntários com fatores de risco para doenças cardiovasculares. **Método:** Foram triados vinte indivíduos (homens e mulheres) com pelo menos dois fatores de risco para DCV; divididos em 2 grupos (11 no grupo intervenção e 9 no grupo controle). Os voluntários realizaram avaliações como: teste de exercício cardiopulmonar (TECP); coleta da VFC; teste de 1 repetição máxima (1RM); o grupo controle foi orientado a manter suas atividades físicas. Em seguida o grupo intervenção foi submetido ao programa de treinamento físico onde a prescrição do exercício aeróbio foi feita pela VFC coletada minutos antes deste treinamento. Realizaram também treinamento de força e ao final refizeram as avaliações (TECP, VFC e 1RM) **Resultados:** O TECP mostrou melhora da capacidade funcional quando comparamos o tempo que os voluntários levaram para atingir o LAV na avaliação PRÉ comparada com a mesma variável na avaliação PÓS, pois o tempo para o atingimento do LAV no PÓS foi maior comparativamente ($460,36 \pm 123,62$ vs $513,45 \pm 198,28$; com $P=0,048$); o mesmo ocorreu com o tempo total até o pico do exercício, quando comparamos o tempo PRÉ com o tempo até o pico do exercício no PÓS ($639,73 \pm 127,76$ vs $789,91 \pm 117,38$; com $P=0,048$). A carga em watts (W) atingida no pico do exercício também mostrou diferença significativa quando comparamos o momento PRÉ com o PÓS ($99,09 \pm 26,53$ vs $116,36 \pm 19,12$; com $P=0,008$). O treinamento de força mostrou diferença estatística na variável 1RM em todos os 3 exercícios quando foi comparado o momento PRÉ com o PÓS; no aguachamento no *Smith* ($79,91 \pm 17,65$ e $106,91 \pm 14,29$; sendo o $P < 0,001$); na puxada aberta no *pulley* ($32,45 \pm 9,60$ e $39,64 \pm 11,25$; com o $P < 0,001$); na remada sentada ($33,73 \pm 11,41$ vs $41,18 \pm 9,65$; com $P < 0,05$). A VFC mostrou diferença estatística significativa no índice SD1 comparando a momento PRÉ com o momento PÓS ($13,68 \pm 6,56$ vs $16,44 \pm 7,44$; com o $P=0,01$). **Conclusão:** Os efeitos do treinamento aeróbio de doze semanas prescrito pela VFC mostrou melhora na capacidade funcional, aumento força muscular nos exercícios de força propostos e melhora da modulação autonômica cardíaca, com maior participação parassimpática, em voluntários com fatores de risco para doenças cardiovasculares.

PALAVRAS CHAVE: Reabilitação, fatores de risco, doenças cardiovasculares, exercícios, VFC.

ABSTRACT

EFFECTS OF AEROBIC TRAINING PRESCRIBED BY HEART RATE VARIABILITY ON FUNCTIONAL CAPACITY, MUSCLE STRENGTH AND AUTONOMIC MODULATION IN INDIVIDUALS WITH RISK FACTORS FOR CARDIOVASCULAR DISEASES: A PROSPECTIVE STUDY

Rafael Santiago Floriano

Advisor: Prof. Dr. Michel Silva Reis

Doctoral thesis that was maintained by the faculty of the Faculty of Medicine of the Federal University of Rio de Janeiro, as part of the necessary requirements for obtaining the title of Master in Cardiological Sciences.

Introduction: Risk factors for cardiovascular disease (CVD) are harmful to health and can lead to heart disease. Cardiac rehabilitation is essential for the clinical improvement of these patients. This process must be multidisciplinary and performed individually. A rehabilitation program composed of aerobic exercises can be prescribed through heart rate variability (HRV). **Objective:** To evaluate the effects of aerobic training for twelve weeks prescribed by HRV on functional capacity, muscle strength and cardiac autonomic modulation in volunteers with risk factors for cardiovascular disease. **Method:** Twenty individuals (men and women) with at least two risk factors for CVD; divided into 2 groups (11 in the intervention group and 9 in the control group). The volunteers performed evaluations such as: cardiopulmonary exercise test (CPET); HRV collection; test of 1 maximum repetition (1RM). The control group was instructed to maintain their physical activities. Then the intervention group was submitted to the physical training program where the prescription of aerobic exercise was done by the HRV collected minutes before this training. They also performed strength training and at the end they remade the assessments (CPET, HRV and 1RM) **Results:** The CPET showed an improvement in functional capacity when we compared the time that the volunteers took to reach the VT in the PRE assessment compared to the same variable in the POST assessment, because the time to reach the AT in the POST was comparatively greater (460.36 ± 123.62 vs 513.45 ± 198.28 ; with $P=0.048$); the same occurred with the total time to the peak of the exercise, when we compared the time PRE with the time to the peak of the exercise in the POST (639.73 ± 127.76 vs 789.91 ± 117.38 ; with $P=0.048$). The load in watts (W) reached at the peak of the exercise also showed a significant difference when comparing the PRE with the POST moment (99.09 ± 26.53 vs 116.36 ± 19.12 ; with $P=0.008$). Strength training showed a statistical difference in the 1RM variable in all 3 exercises when the PRE and POST moments were compared; in the Smith squat (79.91 ± 17.65 and 106.91 ± 14.29 ; $P < 0.001$); in the open pulley pulley (32.45 ± 9.60 and 39.64 ± 11.25 ; with $P < 0.001$); in the seated row (33.73 ± 11.41 vs 41.18 ± 9.65 ; with $P < 0.05$). The HRV showed a statistically significant difference in the SD1 index comparing the PRE moment with the POST moment (13.68 ± 6.56 vs 16.44 ± 7.44 ; with $P=0.01$). **Conclusion:** The effects of the twelve-week aerobic training prescribed by HRV showed improvement in functional capacity, increase in muscle strength in the proposed strength exercises and improvement in cardiac autonomic modulation, with greater parasympathetic participation, in volunteers with risk factors for cardiovascular diseases.

KEY WORDS: Rehabilitation, risk factors, cardiovascular diseases, exercises, HRV.

SUMÁRIO

Listas de Ilustrações.....	07
Lista de Quadros e Tabelas.....	08
Lista de Siglas e Abreviaturas.....	09
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	15
SUMÁRIO.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 Epidemiologia dos Fatores de Risco para Doença Cardiovascular.....	19
2.2.1 Sistema nervoso autônomo e a modulação autonômica da frequência cardíaca	22
2.1.1 Análise da variabilidade da frequência cardíaca	27
2.1.2 Métodos lineares no domínio do tempo.....	28
2.1.3 Métodos lineares no domínio da frequência.....	29
2.2 Gênese da arritmia sinusal respiratória	30
2.2.1 Mecanismo Central	30
2.2.2 Mecanismo Barorreflexo.....	30
2.2.3 Reflexo de Bainbridge	31
2.2.4 Feedback Eletromecânico.....	32
2.2.5 Métodos não-lineares.....	32
2.2.6 Plot de Poincaré	33
3.0 Teste de Exercício Cardiopulmonar (TECP).....	34
3.1 Ergômetros.....	37
3.2 Analisador de Gases.....	39
3.3 Tipo de protocolo para o TECP.....	41
3.4 Variáveis do TECP.....	43
3.5 Limiar anaeróbio ventilatório (LAV) ou 1° limiar ventilatório.....	47
3.6 Ponto de compensação respiratória (PCR) ou 2° Limiar ventilatório.....	49
4.0 Treinamento de Força (TF)	50
4.1 Variáveis Agudas do Treinamento de Força.....	50
4.2 Seleção dos Exercícios e Ordem dos Exercícios.....	51
4.3 Número de séries.....	51

4.4 Intensidade.....	52
4.5 Período de repouso.....	52
4.6 Velocidade de Execução.....	52
5.0 Teste de uma repetição máxima (Teste de 1RM).....	53
6.0 Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (<i>high intensity interval training</i> -HIIT).....	55
7 JUSTIFICATIVA.....	56
8 HIPÓTESE.....	56
9 OBJETIVOS.....	56
a. Geral.....	56
b. Específicos.....	57
10 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
10.1.1 Voluntários.....	57
10.1.2 Avaliação.....	58
10.1.2.1 Variabilidade da frequência cardíaca (VFC).....	58
10.1.2.2 Teste de exercício cardiopulmonar máximo ou sintoma limitado.....	59
10.1.2.3 Teste de 1 repetição máxima (Teste de 1RM).....	61
10.1.3 Programa de treinamento físico combinado intervalado de 12 semanas.....	62
11. Análise estatística.....	66
12. RESULTADOS.....	66
12.1.1 Resultados das variáveis do TECP.....	69
12.1.2 Resultados do treinamento de força.....	70
12.1.3 Resultados da VFC.....	71
13. DISCUSSÃO.....	71
14. CONCLUSÃO.....	80
15. REFERÊNCIAS.....	80
16. APÊNDICES.....	91
17. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	92
18. CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	94

1 INTRODUÇÃO

O exercício físico é absolutamente fundamental para manutenção da saúde e as características dos processos de adaptações fisiológicas vem ganhando cada vez mais destaque no cenário científico e clínico (PIMENTA & NAVARRO, 2009). Neste sentido, a concepção de rotinas de treinamento físico e, principalmente, os processos de reabilitação baseado no exercício físico estão sendo cautelosamente estudados, desenvolvidos e implementados. Não é por acaso que os grandes centros de pesquisa que cuidam de pacientes crônicos têm priorizado a prática de exercícios físicos somada a prescrição otimizada de fármacos (GONÇALVES; LAMBOGLIA; CARMINDA; LIMA, 2013); (BAPTISTA *et al.*, 1997); (NACI & IONNIDIS, 2015). Com esse racional, fica claro que uma prescrição segura e individualizada deve ser priorizada neste processo. Com a premissa da manutenção ou resgate da saúde. Neste contexto, torna-se necessário discutir a possibilidade da prescrição do exercício físico de acordo com o comportamento cardíaco diário dos indivíduos. Isso parece ser, em tese, uma boa estratégia para a implementação dos protocolos de reabilitação cardiovascular, uma vez que considera todas as influências circadianas e contextuais no ambiente dos indivíduos que possam impactar no desempenho e na prática de exercício físico.

A modulação dos processos fisiológicos é desempenhada em parte pelo nosso sistema nervoso autonômico (GUYTON & HALL, 1997) (SNA). O SNA irá realizar ajustes modulatórios de suma importância para o funcionamento do organismo humano (por exemplo, controla em parte o sistema cardiovascular), tanto em condições fisiológicas, quanto nas condições fisiopatológicas (VANDERLEI *et al.*, 2009); (AUBERT & BECKERS, 2003). O SNA é dividido em sistema nervoso simpático e sistema nervoso parassimpático (GUYTON & HALL, 1997) e dentre todas as funções orgânicas que regulam, iremos destacar a função miocárdica; mas especificamente a frequência cardíaca (FC). A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem ganhado espaço por sua acurácia e pela vantagem de ser uma medida simples e não-invasiva, onde se afere a modulação autonômica cardíaca (TASK FORCE, 1996). Há algum tempo a VFC é considerada uma ferramenta clínica importante para avaliar e identificar comprometimentos na saúde (REIS *et al.*, 2017). Todavia, ainda que timidamente, a VFC tem sido utilizada na prescrição de exercícios físicos, especialmente para indivíduos saudáveis ou atletas (TASK FORCE, 1996); (REIS *et al.*, 2017); (VESTERINEN *et al.*, 2013). (VESTERINEN *et al.*, 2016); (TULPPO *et al.*, 1998); (TULPPO *et al.*, 2003). A

suposta relevância da prescrição - a partir da VFC - consiste em utilizar uma ferramenta capaz de revelar o comportamento autonômico cardiovascular cotidiano, mais especificamente nos momentos que antecedem a execução do programa de exercícios físicos (TULPPO *et al.*, 1998); (TULPPO *et al.*, 2003). Dessa forma, a reabilitação cardiovascular baseada no exercício físico com a utilização da VFC tem chances de se tornar mais específica, mais segura e mais alinhada com a reserva cardiovascular e metabólica diária e com todas as influências circadianas e circunstanciais.

Diante disso, a proposta deste trabalho foi avaliar a aplicabilidade da VFC na prescrição de exercícios aeróbios realizados regularmente em nosso programa Fisioterapêutico de reabilitação cardiovascular. Isso porque, a VFC parece alinhar as exigências impostas pelo exercício físico dos treinados com a capacidade física cotidiana influenciadas pelas questões contextuais e ambientais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Epidemiologia dos Fatores de Risco para Doença Cardiovascular

No Brasil, é crescente o número de pessoas que tem apresentado mudança significativa no perfil de saúde (HOFFMANN *et al.*, 2012); (NILSON *et al.*, 2015); (VIGITEL, 2018). É notório que ao longo dos últimos vinte anos grande parte da população brasileira tem se alimentado pior, consumindo cada vez mais alimentos classificados como ultraprocessados (VIGITEL, 2018). Estes brasileiros, no conjunto das 27 cidades (26 capitais e o Distrito Federal), aumentaram a frequência do consumo para cinco ou mais grupos de alimentos ultraprocessados. No dia anterior à entrevista, o consumo de alimentos ultraprocessados foi de 18,2%, sendo mais elevada entre homens (21,8%) do que entre mulheres (15,1%). Em ambos os sexos, esse indicador tendeu a diminuir com a idade, e foi mais elevado no estrato intermediário de escolaridade. A frequência de adultos que referiram o consumo de cinco ou mais grupos de alimentos ultraprocessados no dia anterior à entrevista variou entre 12,7%, em Salvador-BA, e 26%, em Porto Alegre-RS (VIGITEL, 2019). Além disso, os brasileiros têm gastado menos calorias diariamente (NILSON *et al.*, 2015). Isso se deve a diminuição ou ausência da prática de atividade física e até mesmo de exercícios físicos. De acordo com o VIGITEL 2019, que atribuiu a condição de prática insuficiente de atividade física a indivíduos cuja soma de minutos despendidos em atividades físicas no tempo livre, no deslocamento para o trabalho/escola e na atividade ocupacional não alcança o equivalente a pelo menos 150

minutos semanais de atividades de intensidade moderada ou pelo menos 75 minutos semanais de atividades de intensidade vigorosa. Considerando o conjunto da população adulta estudada, 44,8% não alcançou um nível suficiente de prática de atividade física, sendo esse percentual mais evidente nas mulheres (52,2%) do que entre homens (36,1%). Em ambos os sexos, a frequência dessa condição tendeu a aumentar com a idade e a diminuir com o nível de escolaridade (VIGITEL, 2019). Os dados do VIGITEL (2019) classificam como fisicamente inativos todos os indivíduos que referiram não ter praticado qualquer atividade física no tempo livre nos últimos três meses e que não realizam esforços físicos relevantes no trabalho; não se deslocam para o trabalho ou para a escola a pé ou de bicicleta (perfazendo um mínimo de 10 minutos por trajeto ou 20 minutos por dia) e que não participam da limpeza pesada de suas casas (VIGITEL, 2019). A frequência de indivíduos fisicamente inativos variou entre as capitais, mas como nossa amostra foi selecionada na cidade do Rio de Janeiro, optamos em colocar somente a alíquota dessa Capital. Entre homens e as mulheres, as maiores frequências de inatividade física foram observadas em 16,7% e 14,5% respectivamente (VIGITEL, 2019). No conjunto das 26 capitais brasileiras mais o Distrito Federal-DF, a frequência de adultos fisicamente inativos foi de 13,9%, com diferenças mínimas entre os sexos (VIGITEL, 2019). Entre mulheres, ela diminui até os 54 anos e aumenta a partir dessa idade (VIGITEL, 2019). Em ambos os sexos, a inatividade física alcançou a maior frequência no estrato de menor escolaridade (VIGITEL, 2019). Já a prática de atividades físicas no tempo livre (equivalente a 150 minutos de atividade moderada por semana), no conjunto das 26 capitais e no Distrito Federal-DF, foi de 39%, sendo maior entre homens (46,7%) do que entre mulheres (32,4%) (VIGITEL, 2019). Em ambos os sexos, a frequência dessa condição tendeu a diminuir com a idade e aumentou fortemente com o nível de escolaridade (VIGITEL, 2019). Isto pode ser consequência direta dos avanços tecnológicos constantes, onde cada vez precisamos nos movimentar menos para realizar alguma tarefa da vida diária ou devido ao sedentarismo corporativo (PALMA, 2014). Nesses dois fatores citados anteriormente, o que mais preocupa é o resultado final destes processos, pois normalmente desencadearão um desequilíbrio no balanço energético (PEREIRA *et al.*, 2011); (SOUZA *et al.*, 2010). Como resultado deste desequilíbrio energético, provavelmente ocorrerá uma ingesta diária desproporcional de calorias em relação ao gasto destas mesmas calorias; obrigando o organismo a armazenar o excedente (PEREIRA *et al.*, 2011); (SOUZA *et al.*, 2010). Resta saber se posteriormente poderão ser utilizadas como substrato energético. Como consequência, esses indivíduos

provavelmente terão acúmulo de gordura, acarretando no desenvolvimento de fatores de risco para doenças cardiovasculares (WHO, 2000). Em estudos epidemiológicos, o diagnóstico do estado nutricional de adultos é feito a partir do índice de massa corporal (IMC), obtido pela divisão do peso, medido em quilogramas, pela altura ao quadrado, medida em metros (kg/m^2) (WHO, 2000). O excesso de peso é diagnosticado quando o IMC alcança valor igual ou superior a $25 \text{ kg}/\text{m}^2$, enquanto a obesidade é diagnosticada com valor de IMC igual ou superior a $30 \text{ kg}/\text{m}^2$ (VIGITEL, 2019). Esses critérios são os utilizados pelo VIGITEL para analisar as informações sobre peso e altura fornecidas pelos entrevistados. A média nacional, utilizando os valores das 26 capitais mais o Distrito Federal-DF, foi de 55,4% de indivíduos com excesso de peso; sendo ligeiramente maior entre homens (57,1%) do que entre mulheres (53,9%) (VIGITEL, 2019). Entre homens, a frequência dessa condição aumentou com a idade até os 44 anos e foi maior nos estratos extremos de escolaridade (VIGITEL, 2019). Entre as mulheres, a frequência do excesso de peso aumentou com a idade até os 64 anos e diminuiu notavelmente com o aumento da escolaridade (VIGITEL, 2019). A frequência de adultos com excesso de peso variou entre 49,1% em Vitória-ES e 60,9% em Manaus-AM. As maiores frequências de excesso de peso foram observadas, entre homens, em Campo Grande-MT (63,7%), Porto Alegre-RS (63%) e Porto Velho-RO (62,2%); e, entre mulheres, em Manaus-AM (60,8%), Recife-PE (58,8%) e no Rio de Janeiro-RJ (56,3%) (VIGITEL, 2019). As menores frequências de excesso de peso, entre homens, ocorreram em Salvador-BA (47,2%), Vitória-ES (50,6%) e Macapá-AP (53%); e, entre mulheres, em Palmas-TO (43,7%), São Luís-MA (44,4%), Vitória-ES e Goiânia-GO (47,8%) (VIGITEL, 2019). No conjunto das 26 capitais e no Distrito Federal-DF, a frequência de adultos obesos foi de 20,3%, sendo semelhante entre homens e mulheres (VIGITEL, 2019). A frequência de obesidade aumentou com a idade até os 64 anos, para homens, e até os 54 anos, para mulheres. Entre as mulheres, a frequência de obesidade diminuiu intensamente com o aumento da escolaridade (VIGITEL, 2019).

Neste sentido, podemos citar outros fatores de risco para doenças cardiovasculares, que são altamente prevalentes em nossa população brasileira (VIGITEL, 2019). A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é um desses fatores de risco (VIGITEL, 2019). A frequência de diagnóstico médico de HAS nas 26 capitais estudadas e no Distrito Federal-DF foi de 24,5% em média, sendo maior entre mulheres (27,3%) do que entre homens (21,2%) (VIGITEL, 2019). Em ambos os sexos, essa frequência

aumentou com a idade e diminuiu com o nível de escolaridade (VIGITEL, 2019). A frequência de adultos que referiram diagnóstico médico de HAS variou entre as Capitais avaliadas, entretanto as mulheres do Rio de Janeiro-RJ (32,8%) estão entre as maiores taxas do país (VIGITEL, 2019). Podemos citar também a diabetes mellitus como outra comorbidade que gera potencial fator de risco para doenças cardiovasculares. No estudo realizado nas 26 capitais e no Distrito Federal-DF, a frequência do diagnóstico médico de diabetes foi de 7,4%, sendo maior entre as mulheres (7,8%) do que entre os homens (7,1%). Em ambos os sexos, a frequência dessa condição aumentou intensamente com a idade e diminuiu com o nível de escolaridade (VIGITEL, 2019). A frequência de adultos que referiram diagnóstico médico de diabetes variou entre 4,6%, em Porto Velho-RO, e 8,6%, em Porto Alegre-RS (VIGITEL, 2019). No sexo masculino, as maiores frequências foram observadas no Distrito Federal-DF (10,7%), em Porto Alegre-RS (8,4%) e São Paulo-SP (7,8%); e as menores em Rio Branco-AC (4,1%), Porto Velho-RO (4,3%) e Palmas-TO (4,5%) (VIGITEL, 2019). Entre mulheres, o diagnóstico de diabetes foi mais frequente no Rio de Janeiro-RJ (9%), em Belo Horizonte-MG e Fortaleza-CE (8,9%) e Maceió-AL (8,8%); e menos frequente em Porto Velho-RO e Palmas-TO (4,9%), no Distrito Federal-DF (5,1%) e em Macapá-AP (5,4%) (VIGITEL, 2019). A frequência de adultos com diabetes que referiram tratamento medicamentoso da doença variou entre 74,1%, em Cuiabá-MT, e 93,8%, em João Pessoa-PB (VIGITEL, 2019). Para o sexo masculino, as maiores frequências foram observadas em Palmas-TO (97,1%), Aracaju-SE (95%) e no Rio de Janeiro-RJ (94%). O consumo de tabaco também é considerado um fator de risco para doenças cardiovasculares, assim como fator predisponente de risco para outras doenças. Segundo o VIGITEL 2019, realizado nas 26 capitais brasileiras e do Distrito Federal-DF, a frequência de adultos fumantes foi de 9,8%, sendo maior no sexo masculino (12,3%) do que no feminino (7,7%) (VIGITEL, 2019). No total da população, a frequência de fumantes tendeu a ser menor entre os adultos jovens (antes dos 25 anos de idade) e entre os adultos com 65 anos e mais (VIGITEL, 2019). No Rio de Janeiro-RJ o percentual de homens fumantes ≥ 18 anos foi de 10,1%, enquanto as mulheres fumantes ≥ 18 anos compreendem 8% da população carioca (VIGITEL, 2019).

2.2.1 Sistema nervoso autônomo e a modulação autonômica da frequência cardíaca

O SNA desempenha modulações em órgãos e sistemas do organismo humano (GUYTON & HALL, 1997). A regulação da modulação cardíaca também é realizada pelo SNA (GUYTON & HALL, 1997). Existem duas vias regulatórias que irão executar esses

ajustes; essas vias eferentes são conhecidas como ramo simpático e ramo parassimpático (GUYTON & HALL, 1997). As informações levadas por estas duas vias eferentes serão responsáveis pelo controle da homeostasia em nosso corpo em diversas situações (GUYTON & HALL, 1997). Estas situações poderão ter origem intrínsecas e/ou extrínsecas (NUMATA *et al.*, 2015). Os fatores anatômicos, farmacológicos e fisiológicos que irão caracterizar as diferenças entre as duas terminações relacionadas a estes mesmos fatores; que irão permitir as respostas oscilatórias do nosso organismo a estímulos ambientais e fisiológicos (GUYTON & HALL, 1997; LOPES *et al.*, 2013). O miocárdio terá sua modulação autonômica realizada pelo sistema nervoso simpático (SNS) (GUYTON & HALL, 1997). O SNS, que possui suas linhas de transmissão menos mielinizadas, inerva todo o miocárdio através do neurotransmissor noradrenalina. A noradrenalina irá estimular o aumento da FC (cronotropismo) e também a força de contração do músculo cardíaco (inotropismo) (GUYTON & HALL, 1997; HARTIKAINEN, TAHVANAINEN & KUUSELA, 1998). No entanto, o sistema nervoso parassimpático (SNP) que possui mais mielina e por isso transmite mais rapidamente seus impulsos nervosos, irá inervar o nodo sinoatrial, o nodo atrioventricular e o miocárdio atrial (GUYTON & HALL, 1997). O SNP tem como neurotransmissor envolvido em suas modulações a acetilcolina (GUYTON & HALL, 1997). Como esta via de modulação é mais rápida devido a sua formação anatômica, participará com respostas mais rápidas e por mais vezes nestas estruturas onde realiza a modulação dessas funções (TASK FORCE, 1996). Como exemplo de atuação do SNP, podemos citar a redução da frequência cardíaca (HARTIKAINEN, TAHVANAINEN & KUUSELA, 1998).

O sistema cardiovascular e respiratório estão intimamente ligados por ocuparem anatomicamente espaços muito próximos em nosso corpo (mediastino) e por este motivo, o funcionamento de ambos os sistemas interfere um no outro durante seus processos fisiológicos e fisiopatológicos (DUKE, 1999). Desta forma os sistemas de controle cardiovascular e respiratório estão interligados. Durante a inspiração a FC aumenta devido ao aumento da pressão intratorácica gerada pelo volume de ar que entrou nos pulmões e também pela sensibilização dos barorreceptores centrais e periféricos, localizados no arco aórtico e no seio carotídeo (DUKE, 1999). Durante a fase expiratória a FC diminui por ocorrer o mecanismo oposto (diminuição da pressão intrapulmonar) com consequente aumento da participação vagal e retirada gradativa da modulação simpática (DUKE, 1999). Logo, isto será possível de maneira mais rápida pela ocorrência

da retirada vagal neste processo de modulação autonômica. Conquanto, na fase expiratória ocorre a redução da FC pela retomada da atividade vagal. Este fenômeno fisiológico é denominado de arritmia sinusal respiratória (ASR), (TASK FORCE, 1996). A ASR ocorre justamente pelas oscilações fisiológicas da FC influenciadas em congruência com a fase inspiratória e expiratória da respiração. Fatores químicos, neurais e reflexos estão inteiramente relacionados a essas variações da VFC, (DICK *et al.*, 2014; REIS *et al.*, 2010^a; BORGHI-SILVA, 2008).

Os reflexos centrais em nível do tronco encefálico estão relacionados com a inibição da resposta do parassimpático para o nó sinusal via neurônios pré-ganglionares, em contrapartida, a resposta periférica deriva dos mecanismos de ativação dos barorreceptores e quimiorreceptores através das alterações da pressão intratorácica e arterial, aumento do retorno venoso e alterações na composição do sangue arterial (BERNE & LEVY, 2004; SASANO *et al.*, 2002; CALABRESE, 2000).

Muito se discute sobre a gênese da ASR e os fatores que estão relacionados com sua ocorrência. Uma vez que a ASR é um fenômeno que depende do momento do ciclo respiratório, ela pode ser acentuada através da realização da manobra de arritmia sinusal respiratória (M-ASR) (HAYANO *et al.*, 1994).

A VFC é um fenômeno que pode ser constatado através de um método não invasivo de avaliação (TASK FORCE, 1996). Pode ser utilizada tanto para verificar a VFC fisiológica, quanto para avaliação da disfunção autonômica a partir das variações oscilatórias da FC batimento a batimento, ou seja, entre os intervalos R-R (iRR), (CATAI *et al.*, 2002; PASCHOAL, 2006; TRIMER *et al.*, 2014). Existe outra forma de avaliação da função autonômica a partir da análise da resposta da FC em testes de função autonômica; a M-ASR, (MELLO *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2010a). A mensuração da VFC tanto em repouso quanto em manobras autonômicas é um importante marcador de saúde e doença, apresentando-se como ferramenta eficaz na detecção e avaliação de disautonomias (TASK FORCE, 1996). Uma alta VFC infere boa adaptação, indicando que o indivíduo é saudável. Já uma baixa VFC pode expressar comprometimento e funcionamento anormal do SNA (VANDERLEI, 2009).

A realização de testes autonômicos para a análise da integridade do SNA é descrita como uma estratégia onde o avaliador irá inferir determinado comportamento fisiológico a uma resposta conhecida, ou, em resposta a administração de drogas que sejam capaz de

interferir direta ou indiretamente na atividade do SNA (TASK FORCE, 1996). Determinados testes, como por exemplo, a M-ASR, Valsava (MARÃES *et al.*, 2004 apud ALVES *et al.*, 2012) e transição postural (PATEL *et al.*, 2016); são eficazes como medida de avaliação e comparação com padrões normais de resposta.

A M-ASR é um método não invasivo de avaliação relativamente simples e seguro para avaliar a modulação vagal no sistema cardiovascular. Esta avaliação consiste na realização de um padrão ventilatório conhecido como ventilação educada ou controlada, onde a frequência respiratória (FR) tem que ser mantida em seis incursões ventilatórias por minuto (IRPM), gerando um relação inspiração/expiração (I:E) de 1:1 (CARRASCO-SOSA *et al.*, 2005). Com a realização correta desta manobra ventilatória (M-ASR) em indivíduos saudáveis, o comportamento regulatório esperado pelo SNA quando analisamos a VFC é a ocorrência de uma modulação autonômica com maior expressão do componente parassimpático (KATONA *et al.*, 1975). Além de avaliar a modulação vagal, a M-ASR tem sido utilizada como recuso terapêutico para a melhora da modulação simpatovagal em indivíduos hipertensos, reduzindo a pressão arterial destes pacientes (SILVA *et al.*, 2005). Isto ocorre através de uma melhor modulação simpatovagal nestes indivíduos quando são submetidos a M-ASR (JOSEPH *et al.*, 2005). Nesta manobra, espera-se que o indivíduo saudável apresente maior expressão do componente parassimpático. Para realizar a análise de possíveis disfunções autonômicas, deve-se registrar a FC e os iR-R, e este sinal, deve apresentar pico espectral em 0,1 Hz, no exemplo de 6 incursões respiratórias por minuto (IRPM), garantindo a boa execução da manobra. (GROSSMAN; TAYLOR, 2007) (Figura 1). Pacientes acometidos por síndromes que geram desbalanço simpatovagal podem se beneficiar da M-ASR; assim como indivíduos acamados ou em internação hospitalar prolongada poderiam também se beneficiar da aplicação desta manobra, devido a melhora no balanço simpatovagal (CARRASCO-SOSA *et al.*, 2005).

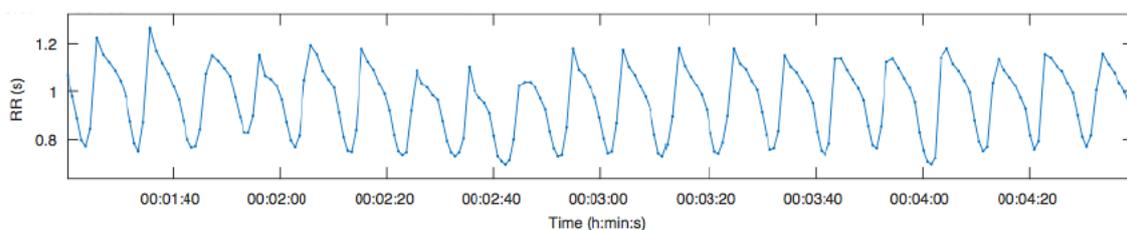


Figura 1. Efeito da manobra de acentuação da arritmia sinusal respiratória sob os intervalos R-R. Fonte: do autor

A M-ASR parece estar ganhando mais espaço na área clínica (GROSSMAN *et al.*, 2004). HAYANO *et al.*, (1994) evidenciaram que a ASR pode estar associada a maior perfusão sanguínea pelo aumento da FC na inspiração, refletindo melhor acoplamento cardiorrespiratório (CARVALHO *et al.*, 2009).

Alguns fatores e condições clínicas podem modificar o comportamento da ASR. Um destes fatores é a variação dos volumes pulmonares. O somatório de pelo menos dois volumes formará uma ou mais capacidades pulmonares, que influencia no balanço simpátovagal (HAYANO *et al.*, 1994). Nas variações onde ocorra um aumento dos volumes e capacidades pulmonares, será possível constatar uma maior participação do componente parassimpático durante a ASR (HIRSH & BISHOP, 1981). Segundo HIRSH & BISHOP, (1981) a relação do volume corrente com a ASR é diretamente proporcional, sendo pautada na observação do seu aumento simultâneo ao aumento da ASR. Estes autores ainda concluíram que o aumento da amplitude da ASR é inversamente proporcional a FR, pois normalmente quanto maior for a FR, menor será aquele volume corrente.

Alterações fisiopatológicas no sistema cardiorrespiratório provocam desbalanço simpátovagal, com conseqüente alteração na modulação da FC. Como doenças que geram este desbalanço simpátovagal, temos a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), (RONCATO, 2013) e a insuficiência cardíaca crônica (IC crônica). Indivíduos com IC crônica, com a fração de ejeção abaixo do valor de normalidade, tem como característica uma hiperatividade simpática e conseqüente redução da atividade parassimpática (CAHALIN, 2013). Estes pacientes com IC crônica possuem um importante componente congestivo, que tem como característica uma redução dos volumes e capacidades pulmonares, levando a um impacto negativo sobre o sistema cardiorrespiratório (CAHALIN, 2013). Pacientes com DPOC possuem duas características principais fisiopatológicas no sistema respiratório: i) limitação ao fluxo aéreo expiratório; ii) hiperinsuflação dinâmica. Ambas influenciam diretamente na mecânica ventilatória, tendo como conseqüência a redução do VC operante; o que leva a um aumento da FR de forma compensatória. Isto acarreta uma maior predominância do componente simpático; promovendo repercussões desfavoráveis ao sistema cardiovascular (REIS *et al.*, 2010a).

Além das alterações fisiopatológicas mencionadas no parágrafo anterior, existem outros fatores que podem influenciar na resposta da ASR. VAN DE LOUW *et al* (2010). Foi observado na análise espectral um aumento da banda de alta frequência (AF),

componente que indica predominância da atividade vagal. O autor constatou isto em pacientes com insuficiência cardíaca congestiva submetidos a aplicação de peep extrínseca. Constatou também que a aplicação de pressão expiratória final positiva (PEEP) durante a ventilação espontânea acarreta em alterações significativas no SNA. Como repercussões hemodinâmicas e respiratórias, tanto em condições fisiopatológicas quanto nas condições fisiológicas (FRAZIER, MOSER & STONE, 2001).

O SNA atua modulando o funcionamento dos nossos órgãos e sistemas, com o objetivo de ser o mais eficiente possível no intuito de promover a homeostasia (GUYTON & HALL, 1997). Fatores antagonistas que interfiram no processo da homeostasia orgânica, geram respostas autonômicas mediadas pelo SNS e SNP, que compõe o SNA (TASK FORCE, 1996; VANDERLEI 2009). O miocárdio está sujeito a modulações, realizadas pelo SNA devido a fatores intrínsecas e extrínsecas (GROSSMAN *et al.*, 2007). Essas alterações modulatórias poderão ser percebidas nas oscilações da VFC conforme podemos observar na Figura 2. Desta forma, a FC é ajustada a cada batimento de acordo com as influências intrínsecas e extrínsecas (VANDERLEI, 2009 ; BORGHI-SILVA, 2008).

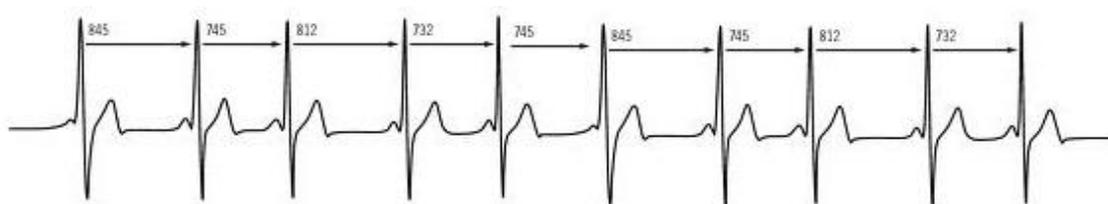


Figura 2. Traçado eletrocardiográfico representando os intervalos R-R.

Fonte: Banco de dados do GECARE

Em indivíduos saudáveis, a interação de fatores fisiológicos sobre a medida da VFC é estudada a fim de se obter padrões de comportamento das variáveis da VFC diante destes fatores (TASK FORCE, 1996). A VFC embora seja amplamente pesquisada, remete a predominância vagal em repouso, com pouca investigação da modulação vagal durante os testes autonômicos. (REIS *et al.*, 2010b).

2.1.1 Análise da variabilidade da frequência cardíaca

No decurso da análise da VFC, os componentes simpáticos e parassimpáticos podem ser decompostos em algumas variáveis que nos permite quantificar e analisar a VFC (TASK FORCE, 1996). Esta análise pode ser realizada a partir de métodos lineares

(domínio do tempo e frequência) e não lineares, sendo os primeiros mais descritos na literatura científica devido a melhor compreensão e interpretação das variáveis (TASK FORCE, 1996; VANDERLEI *et al.*, 2009). Para que seja possível a mensuração da VFC, é necessário captar os sinais cardíacos a cada batimento. Pode-se realizar através do eletrocardiograma convencional, holter ou cardiofrequencímetro (TASK FORCE, 1996). Quando esses sinais são plotados em função do tempo, há a formação de um tacograma (figura 3).

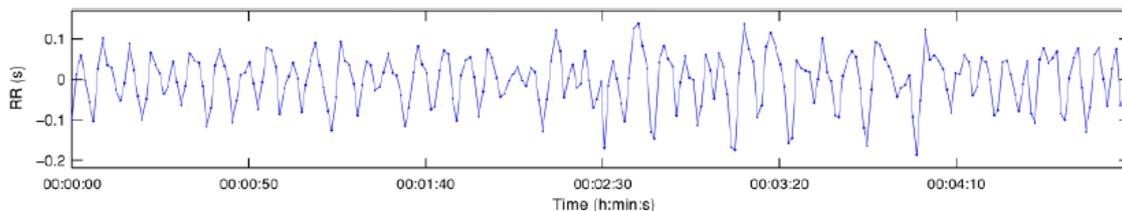


Figura 3. Tacograma dos intervalos R-R em um indivíduo do nosso estudo.

Após o sinal gravado, a análise pode ser executada através de métodos lineares que são divididos em dois tipos: análise no domínio do tempo, realizada por meio de índices estatísticos e geométricos, e análise no domínio da frequência (TASK FORCE, 1996), ou através de métodos não lineares: a partir do *plot de poitcarré*, entropia e flutuações destendenciadas, que são predominantes nos seres humanos devido ao comportamento complexo dos sistemas biológicos (TASK FORCE, 1996). Apesar da carência de estudos mais aprofundados, esses parâmetros são relatados como bons preditores de morbimortalidade na prática clínica (TASK FORCE, 1996).

2.1.2 Métodos lineares no domínio do tempo

Os principais índices estudados e encontrados de forma recorrente na pesquisa são: 1) SDNN – Desvio padrão de todos os iR-R normais registrados em um intervalo de tempo, expresso em milissegundos (ms); e representa a modulação simpática e parassimpática, ou seja, a variabilidade total; 2) RMSSD – É a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre iR-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms. Representa a atividade parassimpática; 3) NN50 – Número iR-R, onde a diferença entre eles é maior que 50ms. O mesmo representa modulação parassimpática e, 4) pNN50 – É o percentual de iR-R, onde a diferença entre eles é maior que 50 ms. Representando modulação parassimpática. (TASK FORCE, 1996; VANDERLEI *et al.*, 2009).

2.1.3 Métodos lineares no domínio da frequência

São descritos como análise espectral ou análise no domínio da frequência, e refletem o espectro da potência gerada pelo iR-R. A VFC é decomposta em componentes oscilatórios representados por bandas de frequência que são: 1) banda de alta frequência (AF) - com variação de 0,15 A 0,4Hz que corresponde à modulação respiratória e é um indicador de atuação do nervo vago sobre o coração; 2) banda de baixa frequência (BF) - com variação entre 0,04 e 0,15Hz (TASK FORCE, 1996), que é decorrente da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, com predominância do simpático; 3) banda de muita baixa frequência (MBF) e ultrabaixa frequência (UBF) - índices menos utilizados, pois suas explicações fisiológicas não estão bem estabelecidas. A relação BF/AF, demonstra o equilíbrio simpátovagal sobre o coração (TASK FORCE, 1996; VANDERLEI *et al.*, 2009). A figura 4 mostra a análise espectral através da Transformada Rápida de Fourier. É através desta análise que podemos observar algumas bandas e seus componentes: componentes de baixa (0,04 e 0,15Hz) e alta (0,15 A 0,4Hz) frequência; além destas faixas de frequência ainda existe as bandas de muito baixa frequência e ultra baixa frequência, que só podem ser estudadas quando coletadas pelo período de 24h (TASK FORCE, 1996). Como citado anteriormente, a VFC pode ser influenciada por diversos fatores, são eles: fisiopatológicos (ie. IC crônica, DPOC, Diabetes Mellitus), fatores fisiológicos (ie. ASR), fatores ambientais (ie. temperatura do ambiente) (VANDERLEI *et al.*, 2009) e fatores físicos extrínsecos (ie. aplicação de pressão positiva via ventilação invasiva e não invasiva, isto devido ao acoplamento do sistema cardiovascular e respiratório). (BORGHISILVA *et al.*, 2008).

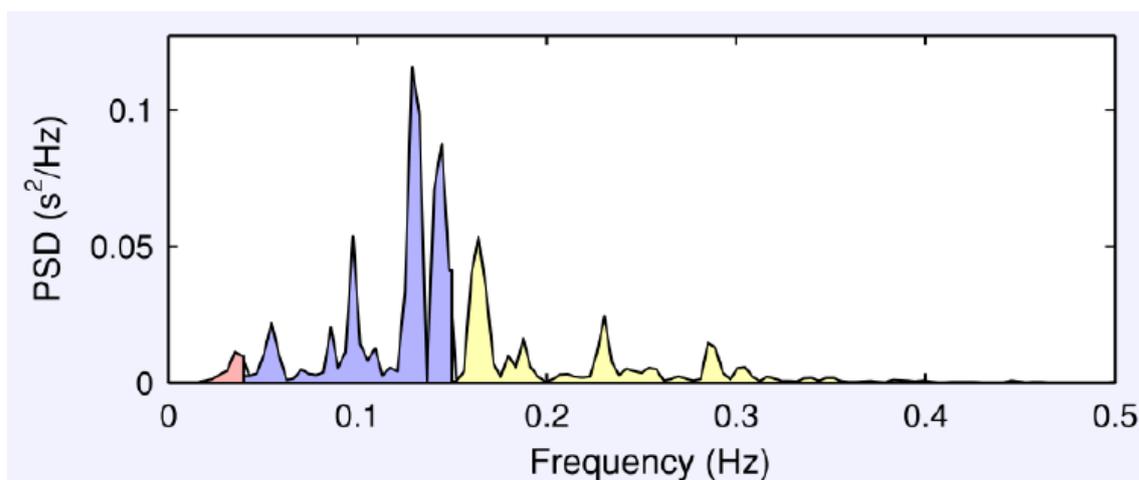


Figura 4. Análise espectral através da Transformada Rápida de Fourier: componentes de baixa (0,04 e 0,15Hz) e alta (0,15 A 0,4Hz) frequência. Fonte: banco de dados Gecare.

2.2 Gênese da arritmia sinusal respiratória

As discussões relacionadas aos mecanismos da ASR apresentam como foco principal a teoria central versus teoria barorreflexa. (LARSEN *et al.*, 2010). No bulbo é onde está localizado o centro parassimpático que recebe aferências a partir dos mecanorreceptores e quimiorreceptores periféricos, assim como de neurônios do centro respiratório. As vias aferentes para o centro cardiorrespiratório têm influência do barorreflexo, quimiorreflexo e no controle das interações cardiorespiratórias (DERGACHEVA *et al.*, 2010). Através disso, sabe-se que o estímulo ou inibição do centro cardiorrespiratório também são estimulados por neurônios aferentes, não apenas advindos do centro respiratório, mas também dos receptores periféricos localizados no seio carotídeo, arco aórtico e parede pulmonar. Em algumas situações, essa modulação respiratória do ciclo cardíaco ocorre pela inibição dos neurônios pré-ganglionares vagais cardíacos. De acordo com a origem, os neurotransmissores envolvidos em cada via aferente (também na via vagal), podem ser inibitórios e excitatórios sobre os neurônios pré-ganglionares vagais cardíacos (NEFF *et al.*, 2003).

2.2.1 Mecanismo Central

A localização anatômica dos corpos celulares dos neurônios cardíacos vagais pré-ganglionares justifica a direta relação com estímulos respiratórios, uma vez que, estão localizados no núcleo ambíguo e no núcleo dorsal motor do vago, próximos aos neurônios considerados como responsáveis pela gênese do ritmo respiratório. Estes corpos celulares dos neurônios cardíacos vagais pré-ganglionares possuem fibras que inervam os nervos vagos para os gânglios cardíacos dentro do tecido conjuntivo e adiposo que inervam o átrio direito e veia cava. Fibras pós-ganglionares emergem desses gânglios para inervarem os nós sinoatrial e atrioventricular (DERGACHEVA *et al.*, 2010). Durante o ciclo inspiratório, nas sinapses que envolvem os neurônios cardíacos vagais pré-ganglionares, a atuação dos neurotransmissores inibitórios GABA e glicina aumentam de forma significativa, com consequente redução da atividade dos neurônios cardíacos vagais pré-ganglionares no núcleo ambíguo e aumentando a FC (NEFF *et al.*, 2003).

2.2.2 Mecanismo Barorreflexo

Este mecanismo possui atuação através do SNA, modulando as variações da PA, alterando o ritmo cardíaco, a força de contração cardíaca e do retorno venoso. Os

barorreceptores encontram-se nas paredes arteriais do seio carotídeo e arco aórtico; estimulados quando há estiramento nestes vasos, provocados pelo aumento da PA sistólica (McMULLAN & PILOWSKY, 2010) Dentro de uma faixa fisiológica, a estimulação dos barorreceptores é mais efetiva do que em condições patológicas. Uma vez que, estes receptores respondem de formas variadas dependendo dos valores da PA média (PAM) (GUYTON & HALL, 1997). Sendo conhecido como fenômeno limiar e de saturação (DeBOER *et al.*, 1987). Quando ocorre um aumento da PA sistólica dentro da faixa fisiológica, os barorreceptores potencializam a transmissão dos sinais aferentes, através dos nervos vago e glossofaríngeo, para o núcleo do bulbo. A resposta que sucede este aumento na transmissão de sinais, faz com que o núcleo do bulbo emita sinais excitatórios aos centros cardiorrespiratórios vagal e sinais inibitórios para o centro vasomotor simpático. Dessa maneira, o centro vagal e o simpático irão enviar sinais eferentes ao coração e aos vasos, fazendo com que haja redução da FC por estimulação vagal, assim como o retorno venoso por inibição simpática, resultando nas reduções do débito cardíaco (DC) e da resistência vascular periférica e, conseqüentemente, redução da PA (GUYTON & HALL, 1997); (AIRES, 1999). Em contrapartida, quando há uma diminuição da PA sistólica, dentro da faixa fisiológica, os barorreceptores diminuem a transmissão dos sinais no bulbo, que por sua vez emite sinais inibitórios ao centro cardiorrespiratório vagal e sinais excitatórios ao centro vasomotor simpático. Assim, o centro vagal é inibido, gerando aumento da FC, e o centro simpático estimulado a emitir sinais eferentes aos vasos, gerando aumento do retorno venoso (por estimulação simpática), resultando no aumento do débito cardíaco (DC) e, conseqüentemente, aumento da PA (GUYTON & HALL, 1997); (AIRES, 1999). Na fase inspiratória do ciclo ventilatório, observa-se a ocorrência da redução da pressão pleural e conseqüente aumento na pressão transmural do ventrículo esquerdo e da artéria aorta, o que reduz o DC, que gera uma queda da PA sistólica. Os barorreceptores enviam sinais aferentes inibitórios para o centro cardiorrespiratório. Ocorre então inibição vagal e conseqüente aumento na FC. Na fase expiratória os sinais aferentes inibitórios são interrompidos, gerando um conseqüente aumento da FC (SHEKERDEMIAN & BOHN, 1999).

2.2.3 Reflexo de Bainbridge

As câmaras atrias ao receberem o retorno do sangue venoso e das veias pulmonares se distendem de acordo com o volume de sangue que recebe. Este volume é detectado pelos receptores de estiramento dos átrios, que enviam sinais aferentes para o

bulbo através do nervo vago. Na sequência, sinais eferentes partem do bulbo pelos nervos do vago e também pelos axônios do ramo simpático em direção ao miocárdio com o objetivo de aumentar a FC e a força de contração do miocárdio (GUYTON & HALL, 1997).

Durante a inspiração a queda da pressão pleural é reverberada até os átrios, que sofrem queda de pressão e com isso tem seu enchimento facilitado (SHEKERDEMIAN & BOHN, 1999). Este enchimento estimula os receptores atriais, resultando no aumento da FC. Este mecanismo ficou conhecido como bomba torácica (DUKE, 1999).

2.2.4 Feedback Eletromecânico

Discussões atuais propõe que a relação de dependência de voltagem e tempo de abertura dos canais iônicos das células do nodo sinusal poderiam ser alteradas pelo estiramento mecânico durante a inspiração. Portanto, seria outro mecanismo que apresenta relação com a ASR que está ligado a distensão da parede atrial direita que provoca o estiramento mecânico do nodo sinusal, gerando um aumento da FC por 10 a 20 % (COOPER & KOHL, 2003).

2.2.5 Métodos não-lineares

O comportamento não-linear é o que predomina nos sistemas humanos, em razão de sua natureza dinâmica complexa, a qual não pode ser descrita adequadamente por métodos lineares. A teoria do Caos descreve elementos manifestando comportamentos que são extremamente sensíveis às condições iniciais, dificilmente se repetem, mas apesar de tudo são determinísticos (GODOY *et al.*, 2005). As teorias dos sistemas não-lineares têm sido progressivamente aplicadas para interpretar, explicar e prever o comportamento dos fenômenos biológicos. Esses parâmetros têm se mostrado bons preditores de morbimortalidade no âmbito clínico (PENTTILA *et al.*, 2001), apesar da necessidade de aprofundamento científico, com amostras expressivas e acompanhamento prolongado. Tais estudos poderão ser úteis na investigação e tratamento de cardiopatias (GODOY *et al.*, 2005). Dentre os métodos não-lineares utilizados para análise da VFC, podemos citar: análise de flutuações depuradas de tendências, função de correlação, expoente de Hurst, dimensão fractal e o expoente de Lyapunov (RAJENDRA ACHARYA, 2006); (GODOY *et al.*, 2005); (NOVAIS *et al.*, 2004). Os registros para análises dos índices de VFC por meio de métodos não lineares podem ser obtidos em curtos períodos (2, 5, 15 minutos)

ou em longos períodos (24h), o que é mais comum na prática clínica (RASSI, 2000), sendo que um mínimo de 256 iR-R é recomendado para esta análise (CATAI, 2002); (TASK FORCE, 1996). Para análise dos índices no domínio do caos um número maior de iR-R é recomendado. Godoy *et al.* utilizaram uma quantidade de 1000 iR-R consecutivos para análise.

2.2.6 Plot de Poincaré

O plot de Poincaré é uma representação gráfica bidimensional da correlação entre iR-R consecutivos, em que cada intervalo é plotado contra o próximo intervalo (CLAUDIA *et al.*, 2003); (KHALED *et al.*,) e a sua análise pode ser feita de forma qualitativa, por meio da avaliação da figura formada pelo seu atrator, a qual mostra o grau de complexidade dos iR-R (TASK FORCE, 1996); (TULPPO, 1996), ou quantitativa, pelo ajuste de uma elipse à figura formada pelo plot, de onde se obtém os índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2 (TASK FORCE, 1996). Além disso, a análise do plot de Poincaré é considerada por alguns autores como baseada na dinâmica não linear (TASK FORCE, 1996). A análise da VFC por métodos não lineares vem ganhando crescente interesse, pois existem evidências de que os mecanismos envolvidos na regulação cardiovascular provavelmente interagem entre si de modo não linear (HUIKURI *et al.*, 2003). Esses métodos descrevem as flutuações complexas do ritmo e conseguem separar estruturas de comportamento não linear nas séries temporais de batimentos cardíacos mais adequadamente do que os métodos lineares (TASK FORCE, 1996). Tem sido especulado que a análise de VFC baseada em métodos da dinâmica não linear pode fornecer valiosas informações para interpretações fisiológicas da VFC e para avaliação do risco de morte súbita (VOSS *et al.*, 2007); (KHALED *et al.*,); além de possibilitar melhor entendimento da natureza de sistemas dinâmicos e complexos que ocorrem no corpo humano, tanto na saúde como na doença (TULPPO, 1996); (VOSS *et al.*, 2007); (KHALED *et al.*,). O gráfico de Poincaré é um diagrama (diagrama de dispersão) em que cada iR-R de um tacograma é traçado como uma função do iR-R anterior (TASK FORCE, 1996), conforme podemos observar na figura 5.

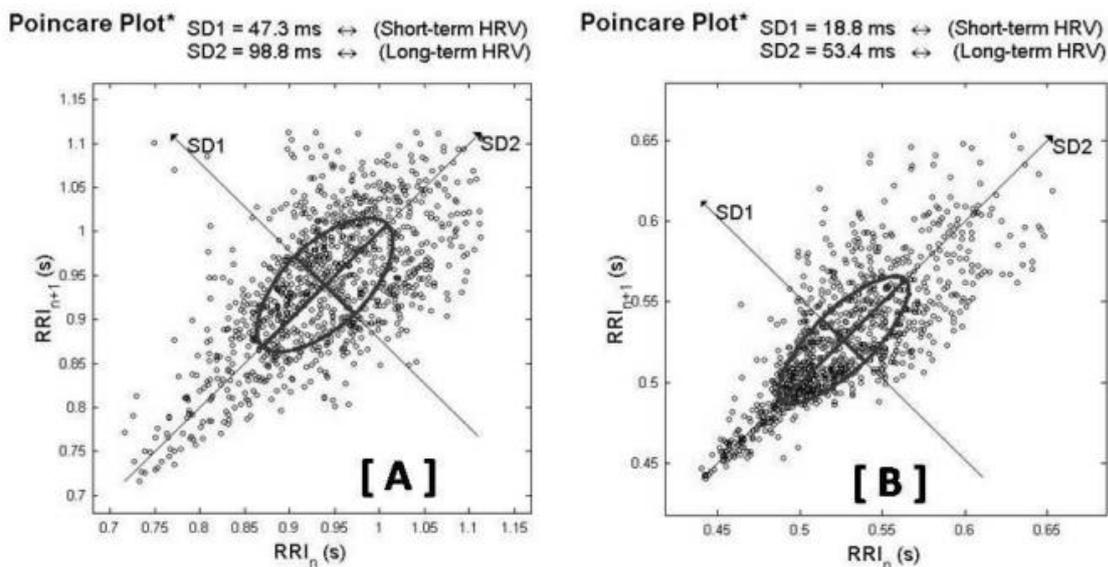


Figura 5: Gráfico do plot de Poincaré de um adulto jovem [A] e de um recém-nascido normal [B]. A dispersão tanto de curto (SD1) quanto de longo prazo (SD2) no painel B está bem menor que no painel A.

3.0 Teste de Exercício Cardiopulmonar (TECP)

O TECP ou teste ergoespirométrico ou cardiorrespiratório é uma metodologia não invasiva de avaliação global da integridade dos ajustes cardiovasculares, respiratórios, musculares periféricos, neurofisiológicos, humorais e hematológicos do organismo humano durante a execução do exercício físico (POWERS, *et al.*, 2000; NEDER; NERY, 2003; WASSERMAN *et al.*, 1999). Na prática, a grande utilidade do TECP é a determinação da capacidade funcional (BALADY *et al.*, 2010, NEDER & NERY, 2003; ACSM, 2006; NEDER & NERY, 2002) pela obtenção de dois índices de limitação funcional mais empregados, que são: 1) o consumo do oxigênio no pico do exercício (VO_2 pico); 2) Consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx.). Além disso, o TECP revela o limiar anaeróbio ventilatório (LAV) e o ponto de compensação respiratório (PCR) em níveis de exercício físico submáximo ou máximo respectivamente (THOMPSON *et al.*, 2013). Embora as indicações deste teste sejam as mais variadas e crescentes, (BALADY *et al.*, 2010, NEDER & NERY, 2003; ACSM, 2006; WASSERMAN *et al.*, 1999) a sua aplicação tem sido realizada em algumas manifestações clínicas não explicadas totalmente pelos dados da anamnese, exame físico, exames de imagem, teste de função pulmonar e eletrocardiografia convencional, como o exemplo na constatação e avaliação do fator etiológico, assim como o grau de intolerância ao esforço (BALADY *et al.*, 2010, NEDER & NERY, 2003; ACSM, 2006; STEIN, 2006). É válido salientar que tanto atletas, assim

como indivíduos saudáveis e também os doentes possam se beneficiar do TECP independente da finalidade para que o teste seja realizado, conforme indicações do Quadro 1. (BALADY *et al.*, 2010, NEDER & NERY, 2003; ACSM, 2006). No entanto, para a área da reabilitação, este teste possui uma finalidade peculiar quando se trata da prescrição individualizada de exercícios físicos. (WASSERMAN *et al.*, 1999; NEDER & NERY, 2003). No condicionamento físico de doenças como a IC crônica de forma mais assertiva; assim como fundamentam o desenvolvimento de protocolos de intervenção mais seguros, confortáveis e confiáveis. A determinação da capacidade funcional, através do teste de exercício cardiopulmonar (TECP), traz informações precisas da capacidade de transporte e utilização do oxigênio, isto é, da capacidade funcional dos pulmões e do sistema cardiovascular, muscular e metabólico, combinado para tentar garantir a homeostase durante o exercício (NEDER & NERY, 2003).

Quadro 1. Indicações para a execução do TECP

<p><i>Avaliação da intolerância ao exercício</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinação da capacidade funcional • Determinação dos fatores limitantes da capacidade funcional <p><i>Avaliação da intolerância ao exercício não diagnosticada</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da limitação cardíaca ou pulmonar ou de ambas • Dispneia a esclarecer <p><i>Avaliação de pacientes com doença cardíaca</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação funcional ou prognóstica • Seleção para transplante <p><i>Avaliação de pacientes com doença pulmonar</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação funcional ou prognóstica na doença pulmonar obstrutiva crônica • Avaliação funcional ou prognóstica na doença intersticial • Avaliação funcional ou prognóstica na hipertensão pulmonar • Avaliação funcional ou prognóstica na fibrose cística • Avaliação do broncoespasmo induzido pelo exercício • Reabilitação pulmonar <p><i>Avaliação pré-cirúrgica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressecção pulmonar • Cirurgia abdominal

Adaptado Neder et al, 2003.

A utilização do TECP tem natureza limitada, por exigir um local em condições e

com características apropriadas (laboratório próprio, refrigerado com a temperatura entre 22 e 24°C e com a umidade relativa do ar entre 50 e 70%), equipamentos caros e complexos, equipe de pelo menos três profissionais bem capacitados para a realização deste teste, conforme mostra a figura 6 (STEIN, 2006; WASSERMAN *et al.*, 1999; NEDER & NERY, 2003) Hoje, o TECP ainda é considerado a melhor alternativa disponível, denominado, ainda nos dias atuais, como o padrão ouro (MENEGHELO *et al.*, 2010; WASSERMAN *et al.*, 1999; NEDER & NERY, 2003).



Figura 6. Montagem do teste de exercício cardiopulmonar.

Existem condições necessárias para a realização do teste e estas devem ser seguidas para que seja possível sua boa execução (POWERS *et al.*, 2000). Um bom ambiente para a realização deste teste, preza por uma sala de exames que deverá conter espaço suficientemente amplo para acomodar todo o equipamento necessário à realização dos testes, além de todo o material a ser usado durante eventuais emergências conforme figura 7 (WASSERMAN *et al.*, 1999). O TECP máximo só pode ser realizado com a presença de um médico, sendo assim, essa exigência restringe a utilização deste importante recurso por outros profissionais da área de saúde não médicos. A área livre da sala deve permitir no máximo a circulação de três pessoas, para que não sature demais o ar daquele ambiente com dióxido de carbono (NEDER & NERY, 2003). No ambiente de testes é necessário um suporte de emergência calibrado e testado previamente a realização dos testes (contendo: desfibrilador, ambu, oxigênio e medicamentos), que devem estar à disposição para o rápido manuseio, caso seja necessário.



Figura 7. Laboratório de pesquisa (GECARE) onde foram realizados os testes e o protocolo.

3.1 Ergômetros

Os ergômetros utilizados na execução do TECP devem ser, preferencialmente, eletrônicos ou eletromagnéticos e dispor de interface de comunicação com o computador central, através de saída analógica ou digital, para onde deverão ser enviados os dados de velocidade, inclinação, ciclos, sinais vitais, assim como as variáveis ventilatórias e metabólicas e recebido os comandos de variação de carga. Como dito anteriormente, existem alguns tipos de ergômetros para a realização do TECP, como o cicloergômetro, a esteira rolante, escada, ergômetro de membros superiores e remoergômetro, conforme mostra a figura 8 (NEDER & NERY, 2003). Os dois ergômetros mais comumente utilizados são o cicloergômetro e a esteira rolante (NEDER & NERY, 2003; MENEGHELO *et al.*, 2010), todavia devemos salientar que a escolha do ergômetro deve ser feita através da atividade, que o indivíduo que será submetido ao teste, tenha mais familiaridade.



Figura 8: Alguns tipos de ergômetros onde pode ser testada a capacidade funcional e também realizar o protocolo de treinamento.

É fundamental que os ergômetros também disponibilizem: 1) controle manual ou automático, através de comando próprio ou de interface com um computador (no caso de sistema de ergometria computadorizado); 2) programação, através do comando da esteira ou do computador (no caso de sistema de ergometria computadorizado), de protocolos em rampa com indicação da velocidade inicial e final, inclinação inicial e final, tempo de exame, sexo do paciente, coeficiente de aumento de carga e consumo em METs previsto (WASSERMAN *et al.*, 1999). As esteiras ergométricas devem ser equipadas com chave de desligamento de emergência, devendo a mesma ser de fácil acesso tanto para o operador quanto para o paciente. Para maior segurança é fundamental o equipamento possuir chaves de desligamento automático. Essas chaves ficam conectadas ao paciente por um pequeno cabo, que desliga o sistema caso o mesmo se afaste demasiadamente do braço frontal da esteira, sofra uma queda ou não consiga vencer a velocidade imposta pelo protocolo escolhido, além de ser útil em caso de ocorrer algum mal súbito que necessite da imediata parada da esteira.

Já os cicloergômetros, podem ser uma alternativa à esteira quando se realiza o exame em pacientes com limitações ortopédica, neurológicas ou vasculares periféricas. Além disto, a qualidade do traçado eletrocardiográfico e a medida da pressão arterial tendem a ser melhores do que na esteira (NEDER & NERY, 2003). O cicloergômetro utilizado deverá apresentar a capacidade de incrementos no trabalho, seja de forma automática ou manual, deverá apresentar guidom e selim ajustáveis de acordo com a altura do paciente; além disso, quanto mais confortável for melhor para o indivíduo realizar o teste, já que uma das maiores queixas durante o teste é a dor provocada pelo selim.

No entanto, torna-se importante ressaltar que as respostas fisiológicas e o estresse metabólico ao exercício em cicloergômetros diferem daqueles do exercício em esteira (NEDER & NERY, 2003; WASSERMAN *et al.*, 1999). Adicionalmente, os ergômetros possuem vantagens e limitações que possam comprometer a interpretação desejada dos testes (Quadro2). Neste sentido, antes da realização do exame, há necessidade de se ter claro os objetivos para a sua execução.

Quadro 2. Vantagens e desvantagens da utilização da esteira ou cicloergômetro no teste cardiopulmonar.

ERGÔMETROS	Cicloergômetro	Esteira
VO ₂ máx	Menor	Maior
Melhor controle da carga	Sim	Não
Coleta de gases sanguíneos	Fácil	Maior dificuldade
Ruídos e artefados	Menor	Maior
Segurança	Menor	Maior
Adequação para obesos	Maior	Menor
Grau de treinamento	Menor	Maior
Mais apropriada para:	Pacientes	Saudáveis ativos

Adaptado Neder et al, 2003.

3.2 Analisador de Gases

O aparelho para realizar a medida da ventilação deverá ter acurácia suficiente para medir diferentes volumes e velocidades de fluxos e baixa resistência e inércia. Além disso, é desejável que o aparelho permita sua conexão ao computador para maior facilidade da correlação dos dados obtidos. A medida da ventilação durante o exercício requer que o indivíduo testado tenha suas narinas fechadas por um clipe nasal e que o bucal não permita qualquer escape de ar (NEDER & NERY, 2003). Atualmente são utilizadas máscaras de um tecido conhecido como neoprene que engloba tanto o nariz quanto a boca (material usado em nosso trabalho), sendo neste segundo caso desnecessário a utilização de clipe nasal, porém a vedação dessa interface deve ser suficientemente justa no contorno da face (Figura 9), vedando de tal forma que não haja em hipótese alguma, escape de ar durante a realização do teste. Por este motivo que indivíduos de barba deverão ser submetidos a tricotomia, enquanto o que tiverem somente bigode poderão realizar o teste normalmente. É importante saber o espaço morto do equipamento (máximo =100ml) (NEDER & NERY, 2003). Atualmente, com os dispositivos mais modernos a análise de gases é realizada *on-line*. Vários tipos de fluxômetro podem ser utilizados: transdutores de massa, pneumotacômetros de Fleish ou de Pitot (WASSERMAN *et al.*, 1999; POWERS *et al.*, 2000; MENEGHELO *et al.*, 2010) e anemômetro. Esses sistemas permitem medidas de trocas gasosas a cada ciclo respiratório (respiração por respiração -do inglês “breath-by-breath”).



Figura 9. Interface utilizada em nossos TECP durante as avaliações.

Como os sistemas disponíveis apresentam diferentes especificações para a realização da calibração dos gases, deve-se sempre seguir o protocolo de calibração indicado no manual do equipamento (POWERS *et al.*, 2000; WASSERMAN *et al.*, 1999; NEDER & NERY, 2003). Para garantir a exatidão dos valores medidos, o analisador deve prover meios de executar sua calibração tanto por meios automáticos, quanto por meio de misturas de gases para a calibração (NEDER & NERY, 2003). Importante salientar que durante a realização dos testes os profissionais envolvidos devem permanecer atentos ao paciente e aos monitores (conforme mostra a figura 10), com o objetivo de detectar ou perceber qualquer tipo de alteração que possa desencadear eventos indesejáveis; desta forma os profissionais envolvidos conseguem antever e evitar as intercorrências clínicas. Para prevenir a contaminação entre os pacientes, as peças que entram em contato com os pacientes devem ser descartáveis ou serem adequadamente preparadas, com a utilização de soluções enzimáticas desinfetantes (NEDER & NERY, 2003).



Figura 10. Execução do teste de exercício cardiopulmonar

3.3 Tipo de protocolo para o TECP

Existem dois tipos básicos de protocolos, onde as respostas do TECP podem ser obtidas, eles são: (i) incremental, com aumento progressivo da carga em períodos predeterminados e (ii) protocolo de carga constante, em que a carga é mantida estável por um tempo fixo definido previamente, ou sustentada até o limite da tolerância (*endurance*). A escolha do protocolo depende do objetivo do teste (Figura 11), (POWERS *et al.*, 2000; WASSERMAN *et al.*, 1999; NEDER & NERY, 2003).

Os protocolos incrementais podem ser em rampa ou degraus; importante ressaltar que em protocolos do tipo rampa, o VO_2 obtido está sempre atrasado em relação a carga imposta naquele momento. Este atraso pode ser explicado pelo retardo dos gases no trajeto músculo-alveolar até serem captados em nível da boca e, adicionalmente, devido a difusibilidade do oxigênio e do dióxido de carbono. Felizmente este atraso é constante e corresponde a aproximadamente 40-60segundos (seg); logo, a carga correspondente ao limiar de anaerobiose ocorreu há 40-60seg atrás (NEDER & NERY, 2003).

Um protocolo adequado para pacientes deve corresponder: (i) uma fase inicial de repouso (2-3 minutos [min] ou mais), no qual se verifica a ausência de hiperventilação

antes do início do teste; (ii) um período de aquecimento em carga mínima (2-3min.); (iii) um período de incrementação (8-12min.); (iv) um período de recuperação ativa na carga mínima (3-6min.) para que o indivíduo recupere seus níveis pressóricos diastólicos gradativamente para que não ocorra uma síncope por baixo débito; e, (v) um período de recuperação passiva em repouso final (2-3 min.). Como exemplo podemos citar o protocolo de Naughton (NAUGHTON *et al.*, 1973) conhecido por ser reservado a indivíduos com limitação importante, em especial idosos e sedentários, bem como pacientes em evolução recente de IAM e pacientes com IC crônica. Outro protocolo seria o de Balke (BALKE *et al.*, 1959) incremento de cargas - de 25w a cada 2min; indivíduos jovens e hígidos - iniciar com 50w; indivíduos limitados - iniciar com carga livre; os demais indivíduos - começar com 25w. Estimativa do VO_2 máx para cicloergômetro: VO_2 máx = $12 \times W + 300$ /Peso (kg), onde W = carga em watts. Neste sentido, embora a estimativa da carga de incremento durante o protocolo de rampa (com duração entre 8-12 min.) (MENEGHELO *et al.*, 2010; BALADY *et al.*, 2012; NEDER & NERY, 2003) possa ser realizada pela fórmula proposta: carga (watts) = [(altura-idade)*12] – [(150+6*peso)]/100 (COOPER, 2005). Torna-se importante ressaltar que tal proposição se aplica de forma mais adequada a indivíduos saudáveis e ativos (FLORIANO *et al.*, 2021), sugerindo que a incrementação por meio da dedução da carga a partir da capacidade funcional relatada, somada a sensibilidade dos avaliadores, tem se mostrado mais adequada para exames em indivíduos sedentários e com disfunções.

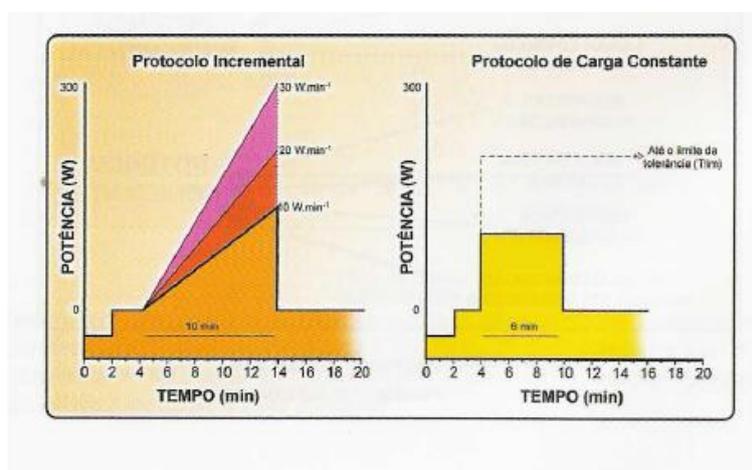


Figura 11. Tipos de protocolos para TECP (à esquerda o protocolo incremental do tipo rampa. À direita, protocolo de carga constante; Neder *et al.*, 2003).

3.4 Variáveis do TECP

Durante o TECP serão fornecidas algumas variáveis como a carga ou potência (conforme figura 12), onde a potência do cicloergômetro representa a quantidade de trabalho (força aplicada x à distância) que é realizada num dado período de tempo. A potência geralmente é expressa em Watts ($1W=1J/s$) ou ($1W=6,12Kpm/min$ – Kilopondmetro por minuto). Vale ressaltar que valores bastante diferentes podem ser obtidos num mesmo indivíduo, caso se usem incrementos mais rápidos (geralmente valores de pico maiores) ou mais lentos (valores menores). Outra variável do TECP e uma das mais importantes é o VO_2 (WASSERMAN *et al.*, 1999; MENEGHELO *et al.*, 2010) que constitui o volume de O_2 extraído do ar inspirado pela ventilação pulmonar num dado período de tempo, calculado, portanto, como a diferença entre o volume de O_2 inspirado e expirado (Figura 13). Em protocolo de carga constante, após considerarmos o tempo de atraso músculo-pulmão (carga incremental), o VO_2 pode ser uma estimativa confiável da taxa periférica de troca de O_2 (NEDER & NERY, 2003). Expresso em ml/min ou L/min (STPD); correções para a massa corporal total devem ser interpretadas com cautela, principalmente nos indivíduos em sobrepeso. E, como seria de se esperar, o VO_2 depende da intensidade do exercício realizado (NEDER & NERY, 2003).

Gráficos		Tabela		Ergoespirometria						
	Tempo min	FC bpm	VE l/min	VO ₂ ml/(kg.min)	VCO ₂ ml/(kg.min)	R	VE/VO ₂	VE/VCO ₂	pO ₂ mmHg	
1	00:04	100	14,03	8,08	8,63	1,07	23,8	22,3	5,9	
2	00:14	91	14,81	9,32	8,49	0,91	21,8	23,9	7,5	
3	00:24	93	15,35	11,23	9,45	0,84	18,7	22,2	8,8	
4	00:35	92	18,59	14,52	11,51	0,79	17,5	22,1	11,5	
5	00:45	94	15,30	10,82	9,86	0,91	19,4	21,3	8,4	
6	00:55	96	17,81	12,74	10,82	0,85	19,2	22,5	9,7	
7	01:05	97	16,38	10,96	10,27	0,94	20,5	21,8	8,2	
8	01:15	99	16,33	10,96	10,14	0,92	20,4	22,1	8,1	
9	01:25	95	17,12	11,92	10,82	0,91	19,7	21,7	9,2	
10	01:35	97	17,02	11,37	10,82	0,95	20,5	21,5	8,6	
11	01:45	100	18,59	12,74	12,05	0,95	20,0	21,1	9,3	
12	01:55	101	17,17	11,64	11,23	0,96	20,2	20,9	8,4	
13	02:05	104	18,93	14,66	11,78	0,80	17,7	22,0	10,3	

VE:	21,0	l/min	R:	0,90	FeCO ₂ :	4,8	%	VE/VCO ₂ Slope = 18,27
VO ₂ :	15,21	ml/(kg.min)	VO ₂ :	4,34	METS	FeO ₂ :	15,6	%
VCO ₂ :	13,70	ml/(kg.min)	O ₂ /FC:	9,5	ml/b			QUES = 2,78, 83

Figura 12. Variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidas durante o teste cardiopulmonar com protocolo do tipo rampa em cicloergômetro (foto do autor).

Logo, a inclinação da relação linear entre o VO_2 e a potência ($\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{W}$) oferece importantes informações relativas à capacidade em suprir, através de vias predominantemente aeróbias, as demandas metabólicas (NEDER & NERY, 2003).

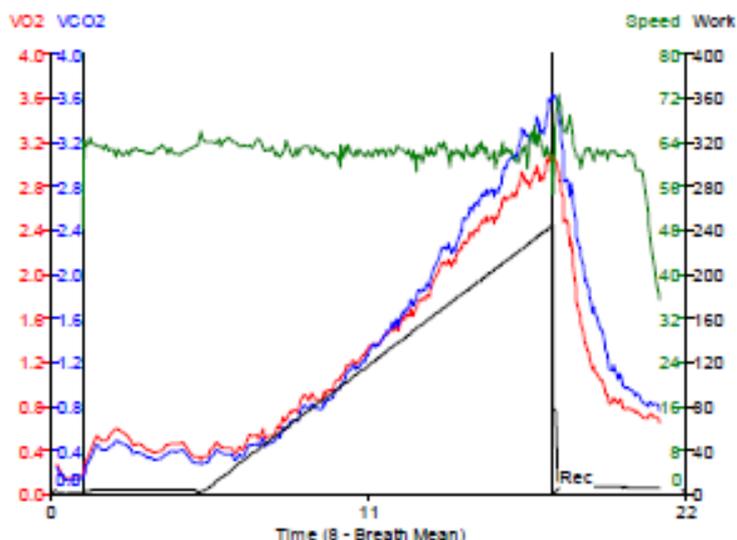


Figura 13. Gráfico do comportamento das variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidas durante o teste cardiopulmonar com protocolo do tipo rampa. Potência (preto), Cadência da pedalada (verde); Consumo de O_2 (vermelho) e Produção de CO_2 (azul).

A produção de dióxido de carbono (CO_2) pode ser definida como o volume de CO_2 adicionado ao ar inspirado pela ventilação pulmonar num dado período de tempo, calculado, portanto, como a diferença entre o volume de CO_2 expirado e inspirado. No exercício de carga constante, após considerarmos o tempo de atraso músculo-pulmão (carga incremental) o VCO_2 pode ser uma estimativa confiável da taxa periférica de troca de CO_2 (QCO_2); (NEDER & NERY, 2003; POWERS *et al.*, 2000), no entanto, o CO_2 é cerca de 20 vezes mais difusível que o O_2 (ou seja, tem vastos depósitos corporais), uma dada mudança na QCO_2 demora mais tempo de ser refletida na VCO_2 do que variações na QO_2 modificam o VO_2 . O VCO_2 , tanto no exercício máximo como no submáximo, apresentam escassa importância prática. Podemos ver algumas dessas variáveis diretamente na tela do programa do analisador de gases, conforme mostra a Figura 14.

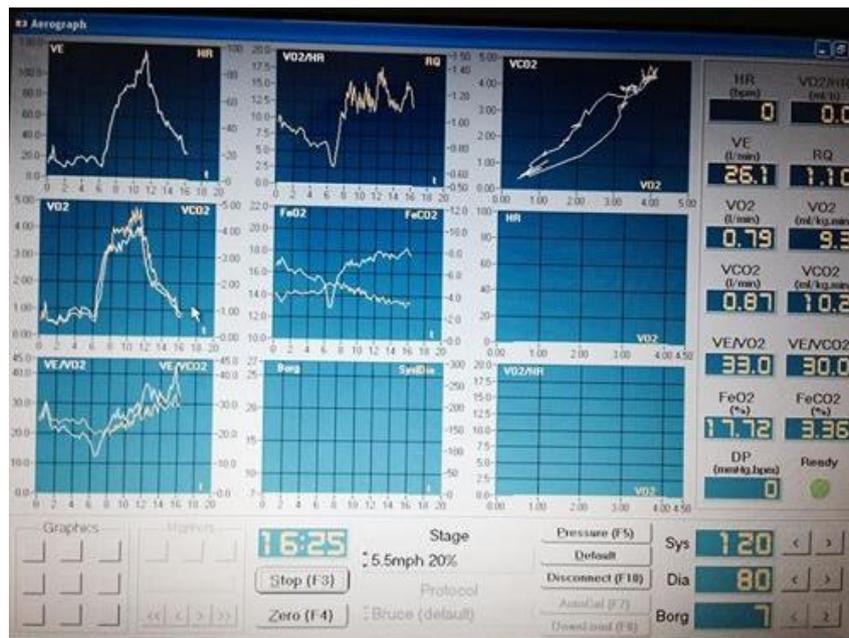


Figura 14. Tela do programa (*aerograph*[®]), utilizado em nosso trabalho, com as variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidas durante o TECP.

A taxa de troca gasosa (R) ou quociente respiratório reflete a razão entre a liberação de CO₂ e a captação de O₂ pulmonares medidos no ar expirado (VCO₂/VO₂). Embora o R tenha sido tradicionalmente utilizado como um indicador de exercício máximo (R_{máx} > 1.15 ou 1.20), deve-se também analisar criticamente este conceito, considerando que quanto mais rápida for a incrementação para a aptidão de um indivíduo ou maior for a utilização de carboidrato, o R será substancialmente maior. Entretanto, os valores de R ao repouso tem significativa importância na identificação de hiperventilação voluntária (R > 0,9 no repouso, na ausência de hipoxemia): nenhum TECP deve iniciar em tais condições. (WASSERMAN *et al.*, 1999; NEDER & NERY, 2003). Nesse sentido, podemos utilizar testes de exercícios físicos denominado de exercício máximo, onde será observado pelo menos um dos critérios (HOWLEY *et al.*, 1995) a seguir: 1) platô no VO₂ (aumento ≤ 150ml/min⁻¹ ou 2ml/kg¹min⁻¹); 2) R (*respiratory Exchange ratio*) ≥ 1,15 FC_{Max} ≥ 90% da prevista pela idade (220-idade) (KARVONEN *et al.*, 1957); 3) índice de percepção de esforço ≥ 18 (Escala de BORG) (BORG, 1998) e fadiga voluntária máxima com incapacidade de manutenção do ritmo preestabelecido.

TECP máximo ou sintoma-limitado está associado ao sistema de ergometria e será realizado com objetivo de avaliar a capacidade funcional dos indivíduos submetidos ao teste (HERDY *et al.*, 2016). Existem alguns tipos de ergômetros para a realização do

TECP, como a bicicleta, esteira, escada, ergômetro de membros superiores e caiaque (NEDER & NERY, 2003).

O exercício físico desencadeia ajustes complexos e imediatos nos sistemas: cardiovascular, ventilatório, no metabólico e em sintomas (NEDER & NERY, 2003) subjetivos, afim de manter o melhor funcionamento dos órgãos e sistemas dessa maquinaria praticamente perfeita que é o corpo humano. A integração harmônica desses ajustamentos mostra que o nosso organismo está sempre tentando compensar situações adversas (WILLIAMSON *et al.*, 2010) da forma mais eficiente possível e com o menor dispêndio energético. Desta forma é possível inferir que o exercício físico não é tão simples quanto parece. Principalmente quando são analisadas as repercussões sofridas pelo corpo e suas compensações, através de um aparato tecnológico que permite observar importantes marcadores e variáveis que irão fornecer informações valiosas para o melhor entendimento dessa máquina complexa.

Durante os testes ergoespirométricos é impossível a comunicação verbal do paciente com o avaliador, (MENEGHELO *et al.*, 2010) pois isso acarretaria em alterações nos gases respirados, sendo assim e por conveniência foi criada uma escala de percepção subjetiva do esforço ou dispneia, que determina a taxa de esforço percebido. Também conhecida com escala de BORG (BORG, 1998); onde um pôster com as escrituras desta escala (0 – 20) é utilizada para a indicação manual da sensação subjetiva de cansaço. No entanto, a taxa de esforço percebido pode ainda ser avaliada através da escala de BORG modificada, *category-ratio* (CR-10), mais concisa (0 – 10) e parece ser mais pragmática e objetiva. Essa ferramenta utilizada na ergoespirometria deverá ser explicada ao paciente antes do início do teste. Poderá ser aplicada antes, durante e depois do TECP. É imprescindível que a escala de BORG esteja legível, no campo visual e ao alcance das mãos do paciente durante o teste, pois assim ele poderá apontar o nível de cansaço com mais facilidade durante a realização do exame (Figura 15).

0	NENHUMA
0,5	NADA CANSADO
1	MUITO FÁCIL
2	FÁCIL
3	MODERADO
4	MODERADAMENTE DIFÍCIL
5	DIFÍCIL
6	DIFÍCIL
7	MUITO DIFÍCIL
8	MUITO DIFÍCIL
9	MUITO, MUITO DIFÍCIL
10	ESFORÇO MÁXIMO

Figura 15. Escala de BORG CR-10 modificada. (BORG, Gunnar. Borg's perceived exertion and pain scales. *Human kinetics*, 1998.modificada CR-10).

3.5 Limiar anaeróbio ventilatório (LAV) ou 1º limiar ventilatório

Caracteriza-se por marcar o início do acúmulo sustentando de lactato na corrente sanguínea, comparados aos valores de repouso. É percebido pela perda da linearidade entre a ventilação (VE) e o VO_2 (primeiro ponto de inflexão - Figura 16). Isso se traduz na prática pelo equivalente de oxigênio mais baixo (VE/VO_2) antes de seu aumento progressivo ou pelo início do aumento no VE/VO_2 em desproporção ao VE/VCO_2 . Além disso, observa-se o aumento na razão de trocas respiratórias ($R = VCO_2/VO_2$) e um aumento progressivo da pressão expirada de oxigênio ($PETO_2$) (ACSM, 2013; NEDER & NERY, 2003; WASSERMAN *et al.*, 1999). O LAV também pode ser identificado por intermédio de equações de regressão pelo método computadorizado *V-Slope* (BEAVER *et al.*, 1986; WASSERMAN *et al.*, 1999; NEDER & NERY, 2003); técnica que permite a

identificação não invasiva do início da lactacidose durante um teste incremental, devendo este sempre ser comparado àquele observado pela análise visual.

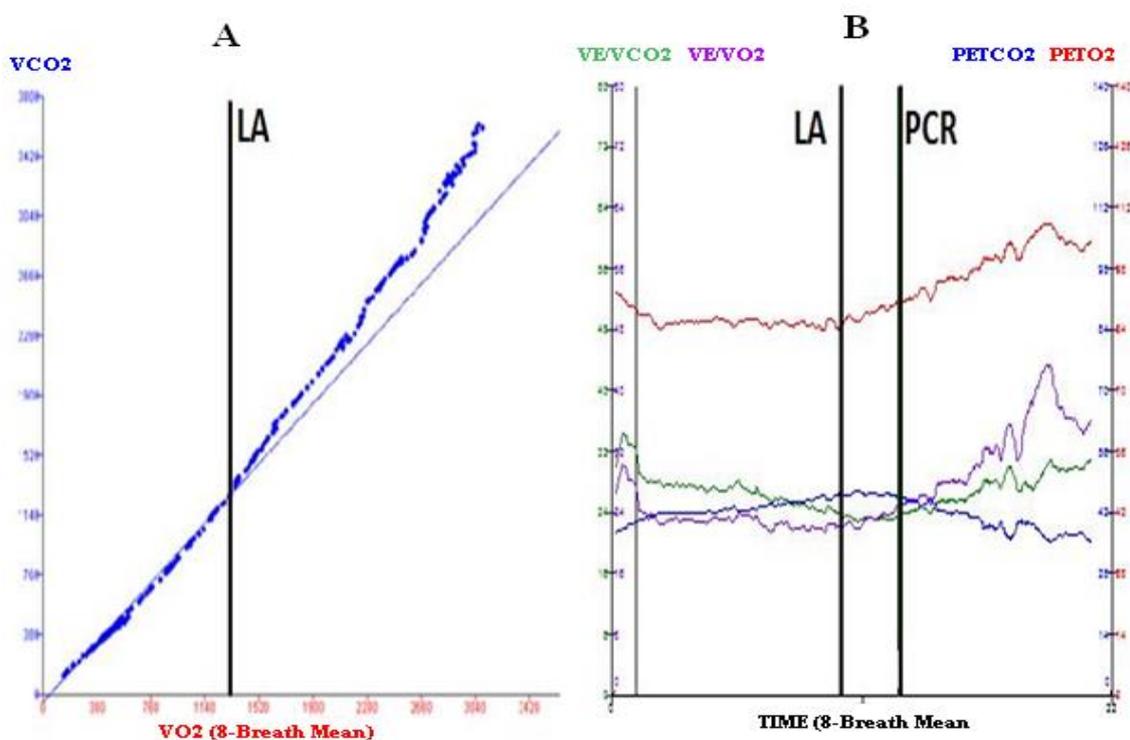


Figura 16. Determinação dos limiares metabólicos pelo método visual gráfico: (A) V-slope. VO_2 : consumo de oxigênio, VCO_2 : produção de gás carbônico; (B) Variáveis V_E/VO_2 (equivalente ventilatório de oxigênio), V_E/VCO_2 (equivalente ventilatório de gás carbônico), $PETO_2$ (pressão expirada de oxigênio) e $PETCO_2$ (pressão expirada de gás carbônico) plotadas em função do tempo utilizadas. LAV, limiar anaeróbico; PCR, ponto de compensação respiratória. (Adaptado de Reis MS, Quitério RJ. Teste Cardiopulmonar. Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo. Departamento de Fisioterapia. 2015).

Diversas metodologias têm sido utilizadas na determinação do LAV (SAKABE *et al.*, 2004) tais como a análise da lactacidemia, na qual o LAV é determinado pelo ponto onde o acúmulo de ácido láctico no sangue é de 2mmol/L (STEGMANN *et al.*, 1981; KIDERMANN *et al.*, 1979), análise das variáveis ventilatórias, sendo que os estudos referem o LAV como ponto onde ocorre um aumento desproporcional da ventilação pulmonar (VE) e da produção de dióxido de carbono (VCO_2) em relação ao VO_2 pela perda da linearidade do comportamento dessas variáveis, apesar da manutenção da linearidade do VO_2 , pela análise do comportamento da frequência cardíaca (FC) e pelo estudo da eletromiografia (EMG) (SAKABE *et al.*, 2004; MARÃES, 2004).

3.6 Ponto de compensação respiratória (PCR) ou 2° Limiar ventilatório.

O segundo limiar ventilatório ou ponto de compensação respiratório (PCR) é caracterizado pela perda da linearidade da relação entre a VE e o VCO_2 (VE/VCO_2 mais baixo, antes do aumento progressivo), queda da $PETO_2$ ($PETO_2$ mais alta, precedendo sua queda abrupta). Além disso, é o ponto na qual a VE passa a aumentar em desproporção ao aumento no VCO_2 (hiperventilação) (WASSERMAN *et al.*, 1999; NEDER & NERY, 2003). Durante o TECP, com o aumento progressivo da carga, a VE progride de maneira numérica até poder alcançar um platô máximo, o qual se caracteriza por uma grande produção de CO_2 . Esse processo de incremento ventilatório serve como marcador de limitação do esforço. O VE é o resultado do produto do volume corrente (VC) pela frequência respiratória (FR). A avaliação isolada destes parâmetros, muitas vezes, pode ser útil. Cabe ressaltar que a FR durante o TECP dificilmente ultrapassa 50irpm (incursões respiratórias por minuto) (NEDER & NERY, 2003). Já o VC, que representa de modo parcial a capacidade de expansibilidade pulmonar, em repouso pode variar de 300 a 600ml por irpm, podendo aumentar em até 70% da capacidade vital quando o indivíduo é exposto ao esforço. Ainda em relação à ventilação, sabemos que alguns equipamentos fornecem dados da afinidade entre o espaço morto (VD) e o VC. O comportamento normal do chamado VD/VT diminui durante o esforço em indivíduos normais. O incremento poderá significar modificações significativas na relação VE/perfusão pulmonar, devendo o paciente ser observado com maior atenção nessas situações.

O equivalente ventilatório de oxigênio e gás carbônico são as razões VE/VO_2 e VE/VCO_2 respectivamente. Durante o exercício progressivo, as relações VE/VO_2 e VE/VCO_2 primeiro diminuem, para depois virem a aumentar até o final do exercício (POWERS *et al.*, 2000).

A pressão expirada de O_2 ($PETO_2$) ou fração expirada de O_2 (FEO_2) diminui transitoriamente logo após o início do exercício, desde que o aumento na VE seja mais lento do que o incremento no VO_2 . Ao ser atingido o LAV, a $PETO_2$ aumenta 10 a 30mmHg até se alcançar o esforço máximo. Esse aumento se deve à hiperventilação provocada pela diminuição do pH (acidose metabólica a ser compensada); a FEO_2 tem o mesmo comportamento, diminuindo no início do esforço e atingindo um valor mínimo, aumentando de maneira progressiva com o aumento na carga até o pico do esforço (NEDER & NERY, 2003). Já a pressão expirada de CO_2 ($PETCO_2$) ou fração expirada de

CO₂ (FECO₂), na qual o valor ao nível do mar varia de 36 a 42mmHg e eleva-se 3 a 8mmHg durante o exercício de intensidade leve a moderada e atinge um valor máximo, quando é caracterizado o PCR e pode em seguida diminuir (WASSERMAN *et al.*, 1999; NEDER & NERY, 2003). FECO₂ tem o mesmo comportamento durante exercícios com cargas crescentes. Já o pulso de oxigênio (VO₂/FC), considerada uma das mais importantes variáveis utilizadas pela ergoespirometria, pois demonstra a quantidade de O₂ que é transportada/consumida a cada sístole cardíaca pela musculatura periférica. Uma diminuição do desempenho do ventrículo esquerdo pode ser detectada pelo TECP, mediante observação de O₂ (WASSERMAN *et al.*, 1999).

4.0 Treinamento de Força (TF)

Aproximadamente nos últimos 15 anos é perceptível o aumento do número de estabelecimentos destinados a prática de exercícios físicos; como exemplo temos as academias de musculação. O TF é hoje uma das formas mais populares de exercícios físico. Geralmente procurada com o objetivo de hipertrofia e melhora da saúde de forma geral. FAIGENBAUM *et al.*, (2000) afirmam que independente da faixa etária, alguns dos benefícios que o treinamento de força proporciona são: o aumento da resistência muscular, aumento de força muscular e aumento da potência muscular; sem mencionar a melhora da auto estima devido a mudança da composição corporal. Isto poderá proporcionar uma melhora da saúde mental, do bem estar e da qualidade de vida destes indivíduos, além de prevenir doenças. Este trabalho de prevenção gerado com o treinamento de força adequado, irá deixar a musculatura mais saudável e como consequência ocorrerá uma diminuição do risco de lesões (FAIGENBAUM, 2000). Entretanto, para se alcançar estes benefícios proporcionados pelo TF, é preciso estar atento as variáveis agudas do treinamento de força, pois serão estas variáveis que determinarão o atingimento dos objetivos com os resultados proposto na estratégia inicial ou programa de treinamento.

4.1 Variáveis Agudas do Treinamento de Força

Para a realização de uma sessão de TF, é importante saber e ter planejado a estratégia correta com as variáveis envolvidas. Isto corresponde a uma combinação de variáveis que irão produzir determinados estímulos físicos em nosso organismo. A escolha dos parâmetros envolvidos em cada uma dessas variáveis é que determinará as demandas fisiológicas/metabólicas de cada sessão (KRARMER, 2003). O sucesso de uma

sessão de TF depende da manipulação das variáveis agudas para maximizar os resultados que se pretende com o treinamento proposto (HATFIELD *et al.*, 2006).

4.2 Seleção dos Exercícios e Ordem dos Exercícios

A seleção dos exercícios compreende a escolha dos exercícios para um programa de TF. BIRD *et al.*, (2005) afirmam que existem diversos termos para classificar tipos de exercícios, mas que todos são baseados no tamanho da área muscular envolvida.

O mesmo autor ainda afirma que os exercícios que movimentam uma única articulação (mono articulares) são frequentemente utilizados para isolar grupos musculares específicos e podem apresentar menores riscos de lesão. Entretanto, exercícios multi-articulares exigem uma maior coordenação inter e intra-muscular e de uma forma geral, segundo a literatura, quanto a ordem dos exercícios, devem vir antes dos exercícios mono-articulares em uma sessão de treinamento (HASS *et al.*, 2001). Sendo assim, a ordem dos exercícios consiste na sequência em que os exercícios serão executados em um programa de treinamento.

BIRD *et al.*, (2005) afirmam que esta recomendação de se executar primeiramente os exercícios multi articulares deve-se ao fato de que este tipo de exercícios multi articulares é mais intenso, leva a uma mobilização de maiores massas musculares, promovendo um maior gasto total de energia do que aqueles que mobilizam pequenas massas musculares, como os exercícios mono-articulares. Os mesmos autores ainda declaram que tanto exercícios mono-articulares quanto os multi-articulares devem estar presentes no treinamento, pois são efetivos para o incremento da força e da hipertrofia muscular. PLATONOV, (2004) afirma que não é conveniente priorizar o desenvolvimento de certos grupos musculares uma vez que o TF deve desenvolver de forma equilibrada a força dos músculos agonistas e antagonistas.

4.3 Número de séries

O número de séries para cada exercício em um programa de TF está diretamente relacionado com o objetivo do mesmo. Essa variável afetará o volume total da sessão de treinamento.

Nos casos de indivíduos destreinados, a literatura aponta que o mais adequado é a utilização de séries simples no seu período inicial de treinamento; já para indivíduos treinados a utilização de séries múltiplas parece ser mais efetiva (BIRD *et al.*, 2005). WOLFE *et al.*, (2004), realizaram um estudo com abordagem meta-analítica para

investigar a existência de pesquisas sobre a utilização de séries simples e séries múltiplas em programas de treinamento de força que corroboram com esta ideia.

4.4 Intensidade

Essa variável é considerada por muitos pesquisadores da área de treinamento como a variável mais importante (BIRD *et al.*, 2005). Pode ser avaliada como o percentual de 1RM e para que se consiga um incremento da força muscular deve-se trabalhar com no mínimo 60% de 1RM (FLECK & KRAEMER, 2017).

Tal importância à intensidade é dada, pois determinará quais adaptações ocorrerão com o treinamento, além disso, ela corresponde a carga que será utilizada nos exercícios. Esta carga a ser utilizada é inversamente proporcional ao número de repetições, ou seja, quanto mais alta é a intensidade (carga), menos será o número de repetições e vice-versa.

Desta maneira, HATFIELD *et al.*, (2006) declararam que o número de repetições que será executado em uma certa intensidade que determinará quais serão os efeitos e adaptações sobre a força muscular com o treinamento. Esse mesmo autor afirma que será desenvolvida: a força máxima com menores números de repetições e cargas mais altas (1-5 repetições com 80-100% RM), a hipertrofia muscular com o número de repetições moderadas (8-12) e cargas também moderadas, e a resistência muscular com altos números de repetições e cargas leves.

4.5 Período de repouso

Essa variável diz respeito aos intervalos tanto entre as séries de um exercício, quanto de um exercício para outro. Sabe-se que o período de repouso está estritamente relacionada à intensidade da sessão de treino. BIRD *et al.*, (2005) acrescentam que esta variável está relacionada também aos objetivos do treinamento e à condição do indivíduo.

Segundo SMILIOS *et al.*, (2003) quando o objetivo do treinamento é potência, de 5 a 8 min de repouso são necessários para se recuperar; enquanto que para desenvolver força máxima são de 3 a 5 min e para hipertrofia muscular o período de repouso deve ser de 1 a 2 min e de 30 a 60 segundos para resistência muscular.

4.6 Velocidade de Execução

De acordo com a relação força-velocidade, a produção de força máxima decresce conforme a velocidade de contração aumenta (SAKAMOTO & SINCLAIR, 2006),

conforme a curva clássica força-velocidade de Hill, na qual a força produzida diminui quando a velocidade de encurtamento dos músculos aumenta.

Todavia, SAKAMOTO & SINCLAIR (2006) encontraram em seu estudo que um número maior de repetições foi possível em velocidades mais altas. A este fato atribuíram o uso do ciclo alongamento-encurtamento durante os movimentos ocorridos na fase inicial de cada repetição, na transposição da fase excêntrica para a concêntrica, o que permitiu então mais repetições em velocidades mais altas.

A recomendação da literatura sobre esta variável, de uma maneira geral, é que os movimentos devem ser executados de forma controlada e com velocidade lenta para indivíduos iniciante e intermediários no treinamento (BIRD *et al.*, 2005) Para indivíduos em estágio avançado no treinamento, estes autores relatam que o incremento da velocidade de execução pode trazer ganhos de força e principalmente potência muscular, porém deve-se ter cuidado, pois em velocidades altas há maior risco de lesão.

Sendo assim, uma das maneiras mais comuns e recomendadas para avaliar a força muscular é o teste de 1RM. A partir da realização deste teste em cada exercício poder-se-á manipular de forma correta todas essas variáveis agudas do treinamento de força e periodizar o treinamento com segurança.

5.0 Teste de uma repetição máxima (Teste de 1RM)

Conforme já mencionado, o teste de 1RM representa a carga máxima levantada em somente uma repetição. PEREIRA & GOMES, (2003) corroboram com esta ideia e completam que a força máxima é frequentemente medida pelo teste de 1RM, que consiste operacionalmente em medir a maior carga que pode ser movida com amplitude de movimento controlada e execução correta uma vez, ou seja, em apenas uma repetição.

Segundo KRAEMER & HAKKINEN, (2004), a prescrição de TF por meio do percentual de 1RM pode ser preciso e eficaz. Para estes autores, depois de obtido o 1RM, deve-se estabelecer um percentual para o treino, em função do objetivo que se tem com o treinamento. No entanto, ressaltam que a avaliação do 1RM deve ser feita com regularidade, pois este valor altera-se com o treinamento.

Existem duas formas de realizar o teste de 1RM, de forma direta ou de forma estimada. A primeira forma é realizada quando um indivíduo consegue realizar apenas uma repetição com determinada carga, selecionada através de tentativa e erro, ou seja, se

o indivíduo consegue realizar mais de uma repetição com uma certa carga, aumenta-se a carga até que ele consiga realizar apenas uma repetição com a execução correta do movimento (KRAEMER & HAKKINEN, 2004).

O teste de 1RM, embora tenha algumas limitações, é um método preciso (BAECHLE & GROVES, 2000) e seguro de avaliação da força tanto para indivíduos treinados quanto para destreinados saudáveis (REYNOLDS *et al.*, 2006). SAKAMOTO & SINCLAIR (2006) concordam com essas afirmações, mas ressaltam que deve-se ter uma certa familiaridade com os exercícios antes do teste, caso contrário lesões podem ser associadas a uma má execução do teste.

A outra forma de realizar o teste de 1RM é por meio da estimativa de 1RM por testes submáximos. Visa avaliar a força muscular sem expor um indivíduo à avaliação direta do 1RM. É mais utilizado para indivíduos que possuem certos problemas de saúde, como cardiopatias (REYNOLDS *et al.*, 2006).

Para se chegar ao 1RM estimado há duas maneiras bastante utilizadas, por meio de testes submáximos ou de coeficientes. Uma dessas maneiras de se estimar o 1RM surgiu a partir de estudos que foram feitos para identificar a relação entre um determinado número de repetições usando uma carga submáxima e a carga máxima possível levantada, uma vez que esta relação possibilitaria a estimativa de um 1RM, sem a necessidade de um teste direto, reduzindo assim os eventuais riscos associados a este teste direto (SAKAMOTO & SINCLAIR, 2006).

A partir desta relação, REYNOLDS *et al.*, (2006) explicam que se podem criar equações para estimar 1RM, equações estas baseadas em indivíduos movimentando a maior carga possível para um pré-determinado número de repetições ou uma determinada carga para o maior número de repetições possível. Sendo que, neste estudo as repetições deveriam ficar entre 2 e 15, com equações lineares para menos do que 10 repetições e não lineares para até 15 repetições.

Outra maneira bastante comum de se estimar o 1RM é pelos fatores de correção, como os proposto por LOMBARDI, (1989) em seu livro, conforme podemos observar no Quadro 3. O mesmo apresenta uma tabela com valores para serem multiplicados relativos ao número de repetições realizados pelo indivíduo com carga testada. Assim sendo o produto desta multiplicação resulta em 1RM estimado (REYNOLDS *et al.*, 2006).

Número de repetições Executadas	Fator de Correção
1	1,00
2	1,07
3	1,10
4	1,13
5	1,16
6	1,20
7	1,23
8	1,27
9	1,32
10	1,36

Quadro 3. Fatores de correção propostos por Lombradi (1989).

Por fim, tem-se como estimar o 1RM também a partir de coeficientes específicos, que segundo BAECHLE & GROVES (2000) constituem-se de um número que foi estabelecido a partir de estudos de homens e mulheres, experientes e inexperientes em TF e que quando multiplicado pela massa corporal, pode ser usado para estimar as cargas de treinamento.

Operacionalmente, esta maneira de se estimar o 1RM é realizada a partir de estudos que identifiquem valores médios relativos à divisão do 1RM avaliado pela massa corporal de um grupo de indivíduos que apresentem características corporais semelhantes as do grupo investigado, sendo este valor definido como coeficientes preditivos de 1RM (BAECHLE & GROVES, 2000).

Conforme já mencionado, além do teste de 1RM existem outros meios de se avaliar a força muscular, e um dos meios mais precisos é a avaliação em dinamômetro isocinético. No entanto, ao contrário do teste de 1RM, o teste isocinético não é utilizado comumente na prática clínica e nem nas academias de musculação; devido ao seu alto custo, grande aparato equipamental e desta forma normalmente é encontrado em Universidades onde se faz pesquisas nesta área e nos grandes clubes de futebol.

6.0 Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (*high intensity interval training*-HIIT)

O HIIT é entendido como a realização de exercício físico em intensidades alternadas, onde o intercalonamento entre intensidades submáximas, máximas e supramáximas podem ser alternadas entre elas, inclusive com a possibilidade de realização de repouso passivo entre estas alternâncias de intensidades (GIBALA, 2008;

GIBALA, 2012; KUEHNBAUM, 2014; BUCHHEIT, 2013). Atualmente o HIIT vem ganhando cada vez mais destaque nos processos de treinamento, isto por que as pesquisas realizadas nesta área vem aumentando e demonstrando resultados promissores neste modelo de exercícios. Principalmente quando se trata das respostas metabólicas relacionadas as adaptações. KESSLER *et al.*,(2012) e WESTON *et al.*,(2014) conseguiram demonstrar que o HIIT pode promover um aumento do VO₂ quando comparado com os exercícios contínuos de moderada intensidade. Além disso, adaptações cardiometabólicas promovidas pelo HIIT ocorrem mais rapidamente em relação ao tempo necessário para as mesmas adaptações realizadas pelo exercício contínuo de moderada intensidade. Diante do exposto, serão necessárias mais pesquisas sobre o HIIT para entendermos melhor a sua aplicabilidade em indivíduos com fatores de risco para DCV.

7 JUSTIFICATIVA

Acreditamos que o programa de reabilitação cardiovascular baseado no exercício físico utilizando a VFC para a prescrição da intensidade do treinamento aeróbio pode ser uma estratégia mais assertiva e fisiológica. E uma outra questão é por ser uma maneira mais acessível e democrática para ser utilizada na prática clínica. A VFC reflete a capacidade de análise na reposta autonômica aguda do organismo diante de condições que alterem o metabolismo como durante o treinamento físico. Entretanto, a literatura ainda é incipiente neste assunto e por este motivo nosso trabalho possui um papel fundamental no entendimento destas questões.

8 HIPÓTESE

Nossa hipótese é que este programa de treinamento físico de 12 semanas, onde a intensidade do treinamento aeróbio prescrito pela VFC, poderá promover adaptações benéficas na capacidade funcional, na força muscular periférica assim como na modulação autonômica cardíaca em indivíduos com pelo menos 2 fatores de risco para DCV.

9 OBJETIVOS

a. Objetivo geral

- Avaliar os efeitos de um programa de treinamento físico combinado de alta intensidade prescrito a partir da VFC com duração de 12 semanas sobre a

capacidade funcional, força muscular periférica e modulação autonômica cardíaca de indivíduos com fatores de risco para doenças cardiovasculares.

b. Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos de um programa de treinamento físico combinado de alta intensidade prescrito a partir da VFC com duração de 12 semanas, sobre a CF através das variáveis ventilatórias e metabólicas do TECP em indivíduos com fatores de risco para doenças cardiovasculares;
- Avaliar os efeitos de um programa de treinamento físico combinado de alta intensidade prescrito a partir da VFC com duração de 12 semanas, sobre a força muscular periférica de indivíduos com fatores de risco para doenças cardiovasculares;
- Avaliar os efeitos de um programa de treinamento físico combinado de alta intensidade prescrito a partir da VFC com duração de 12 semanas, sobre a VFC em indivíduos com fatores de risco para doenças cardiovasculares;

10 MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo longitudinal com amostra por conveniência. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório do Grupo de Pesquisa em Avaliação e Reabilitação Cardiorrespiratória (GECARE) da Faculdade de Fisioterapia, que fica dentro do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (HUCFF/UFRJ).

10.1.1 Voluntários

Foram elegíveis mulheres e homens através de uma amostra de conveniência, com faixa etária compreendida entre 23 e 68 anos de idade. Todos concordaram em participar voluntariamente dessa pesquisa. Esses indivíduos foram divididos em dois grupos, sendo um grupo intervenção (11 participantes) e um grupo controle (9 participantes). Na triagem marcávamos uma reunião presencial inicial para informar como seria a pesquisa e o tempo mínimo de duração (12 semanas de treinamento). Os voluntários deveriam apresentar os seguintes critérios de inclusão: idade maior que 18 anos e apresentar pelo menos 2 fatores de risco para DCV observados a partir de avaliações clínicas, a saber: HAS, dislipidemia, sedentarismo, sobrepeso e obesidade. Foram excluídos indivíduos com história de diabetes, doença cardiovascular instalada (tais como infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca crônica), doença pulmonar crônica, doença osteomioarticular que

impossibilitasse a execução de exercício físico, e, que participassem de outro programa de reabilitação nos últimos 6 meses. Voluntários que faltaram mais que 25% das 12 semanas do programa de exercício entraram nos critérios de descontaminação; Por fim, este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da UFRJ sob parecer CAAE 47813415.8.0000.5257 e os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

10.1.2 Avaliação

As avaliações foram realizadas em pelo menos 3 visitas. Essas visitas tinham um intervalo mínimo de 48h entre elas. Na primeira visita os voluntários foram submetidos a uma anamnese e exame físico, com coleta de dados pessoais, dados antropométricos, sinais vitais e estado nutricional (índice de massa corporal). Nessa primeira visita ainda foram orientados quanto as próximas visitas e receberam instruções e se familiarizaram com os equipamentos que seriam utilizados. Posteriormente foram agendadas a segunda visita para a realização do TECP em cicloergômetro; e, a terceira visita para a realização do teste de 1RM. Ao final do programa de treinamento de 12 semanas os voluntários eram novamente submetidos as mesmas avaliações que realizaram no início do programa de reabilitação; com exceção do teste de 1RM, que foi realizado mensalmente para reavaliação e progressão da carga no treinamento de força.

Para todas as avaliações, os voluntários receberam orientações prévias de como deveriam se comportar pelo menos 48 horas antes dos testes. Foram instruídos com relação à não ingestão de bebidas alcóolicas, bebidas estimulantes (café, guaraná, refrigerantes, energéticos e chás); não realização de atividades físicas vigorosas nas 48h antes dos testes; ter uma noite de sono adequada (8h de sono); ir com roupas apropriadas para a prática de exercício físico. A pesquisa foi realizada em ambiente climatizado com temperatura entre 22 e 24°C. Inicialmente, os voluntários foram familiarizados com o ambiente experimental, com os pesquisadores envolvidos e com os aparelhos de avaliação e treinamento utilizados no estudo. Antes de iniciar os testes, os voluntários ficavam dez minutos em repouso sentado numa cadeira para ficar o mais próximo da sua condição basal naquele dia. Em seguida foram avaliados e examinados para a certificação de que as orientações pré-testes e pré-treinamento fossem rigorosamente seguidas.

10.1.2.1 Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

Antes mesmo do início do programa de treinamento propriamente dito, a VFC foi coletada para a criação de um *baseline*. Isso foi realizado a partir de um dispositivo de

eletrocardiografia (Wincardio USB[®]). Para coletar a VFC, o avaliador utilizou eletrodos que foram fixados ao tórax do voluntário nas derivações MC5, DII, DIII, aVR, aVL, e aVF modificado e V1 a V6. Os intervalos RR foram registrados e armazenados a partir da derivação DII longa. No dia da coleta os participantes foram informados, assim que chegavam no laboratório, que permanecessem sentados numa cadeira para relaxarem cerca de 10 minutos num ambiente tranquilo e refrigerado. Esse procedimento foi realizado em todas as visitas de cada voluntário. Após cada dia de coleta, os dados eram extraídos do Wincardio USB[®] e transferidos para um *software Kubios (release 2.1 Kubios HRV[®])*. Este *software* faz a análise da VFC e fornece os valores do índice utilizado em nossa pesquisa (SD1). Com o intuito de diminuir ou eliminar os artefatos, utilizamos um filtro de nível médio que o próprio *Kubios HRV[®]* possui, específico para esta finalidade. Com a extração desses dados nos três primeiros dias foi realizada uma média dos valores e em seguida foi confeccionado o *baseline* da VFC para cada um dos participantes da pesquisa. Esses dados do *baseline* foram transcritos para a ficha dos voluntários que treinaram. Após esse período inicial de aferições da VFC para a confecção do *baseline*, ocorreu o início do programa de treinamento propriamente dito. Durante as sessões diárias, a VFC era novamente coleta e avaliada com o objetivo de prescrever o treinamento aeróbio – que será descrita detalhadamente num tópico específico.

10.1.2.2 Teste de exercício cardiopulmonar máximo ou sintoma-limitado

O TECP associado ao sistema de ergoespirometria foi realizado com objetivo de avaliar a capacidade funcional dos voluntários e também para identificar o resultado das variáveis respiratórias e metabólicas para posteriormente analisar comparativamente com os resultados obtidos na avaliação pré programa de reabilitação cardíaca com os resultados pós programa de reabilitação cardíaca (ficha utilizada no TECP em anexo). O TECP foi executado por meio do protocolo do tipo rampa em cicloergômetro (Inbramed, Porto Alegre, Brasil). Inicialmente, os pacientes permaneceram três minutos em repouso sentado no cicloergômetro; na sequência, foi iniciado o período de aquecimento por três minutos, pedalando com a carga de 15W. Após esta etapa, o protocolo de exercício físico foi iniciado com incrementos de 10 a 25W de carga a cada min. até a exaustão física – isto é, impossibilidade de o voluntário executar a carga imposta.

A distribuição da carga foi controlada pelo avaliador junto ao sistema de ergometria. Por fim, o período de recuperação pós-teste, consistiu de três minutos na carga de 25W, seguidos de dois minutos de repouso, onde continuaram sentados na

bicicleta ergométrica enquanto a coleta dos sinais vitais, saturação periférica de O₂, das variáveis ventilatórias, metabólicas e subjetivas continuaram a ser captadas, mesmo após a interrupção da carga pelo período de mais 5 minutos após a recuperação passiva inicial de 2min. As variáveis ventilatórias e metabólicas e a FC foram captadas e registradas durante todo o período do teste. A saturação periférica de oxigênio - SpO₂ (Onyx 9500®) e o eletrocardiograma ECG (Wincardio USB, Micromed, Brasília, Brasil.) - nas derivações MC5, DII, DIII, aVR, aVL e aVF modificadas e de V1 a V6 – foram monitoradas continuamente durante todo o procedimento experimental. A pressão arterial, FC, SpO₂ e a sensação subjetiva de esforço para mmii e para a respiração foram verificadas a cada cinco minutos, com cuidados em evitar interferências na coleta das variáveis. Os testes foram conduzidos por uma equipe de pesquisadores composta de fisioterapeutas e médicos, os quais estiveram atentos aos sinais e sintomas de resposta inadequada ao exercício. As variáveis ventilatórias e metabólicas foram obtidas por meio de um sistema computadorizado de análise ergoespirométrica (VO₂₀₀₀ – *Portable Medical Graphics Corporation*®).

O VC foi obtido por meio de um pneumotacômetro de Pitot de alto fluxo, conectado ao sistema VO₂₀₀₀ e acoplado a uma máscara facial, selecionada de acordo com o tamanho da face do voluntário, para ficar devidamente ajustada, evitando escapes de ar. Após o período de colocação da máscara, o voluntário foi instruído a não se comunicar mais de forma verbal e sua comunicação a partir desse momento foi através do gestual das mãos, principalmente para informar a taxa de esforço percebido através da escala de Borg modificada, CR-10 a cada 5min no decorrer do teste; ou até mesmo para sinalizar que a interrupção do protocolo. O teste foi iniciado quando o quociente respiratório (R) estivesse no valor de 0,8. O equipamento fornece em tempo real os valores de VO₂, da VCO₂, da ventilação pulmonar (VE), da FC e da SpO₂. Os valores de equivalentes ventilatórios de O₂ (VE/VO₂), equivalentes ventilatórios de VCO₂ (VE/VCO₂), as variáveis metabólicas, a razão das trocas respiratórias (RER), frações parciais ao final da expiração do O₂ (FEFO₂), frações parciais ao final da expiração de CO₂ (FEFCO₂), volume corrente (VC) e a frequência respiratória (FR), também foram calculados e armazenados. E foram utilizados os seguintes critérios de interrupção do teste (GIBBONS, 2002): não manter a cadência de 60-70 RPM; sudorese profusa, arritmias complexas, angina, palidez, FC máxima (KARVONEM,1957), PA sistólica > 200mmhg, dessaturação periférica menor que 90%, tontura e cianose. Os sinais vitais (FC e PA) e a

SpO₂ em repouso eram aferidos antes, durante e depois. Se houvesse alguma suspeita clínica de alteração no ritmo cardíaco atípica, o ECG era instalado para verificar o possível aparecimento de alguma arritmia que obrigasse a diminuir a intensidade ou até mesmo interromper a reabilitação naquele dia. Se fosse necessário o voluntário era encaminhado ao cardiologista da equipe para um possível ajuste na medicação ou até mesmo a realização de exames para elucidar algum possível diagnóstico.

10.1.2.3 Teste de 1 repetição máxima (Teste de 1RM)

Os voluntários realizaram a avaliação de força máxima pelo teste de 1RM. Esse teste foi realizado antes, durante (a cada mês do programa de exercício) e depois das 12 semanas. Avaliação de 1RM foi feita nos membros inferiores (agachamento no *Smith*); membros superiores (remada sentado); membros superiores e costas (puxada alta). Os voluntários foram instruídos sobre a técnica de execução dos exercícios de agachamento com barra (Builk, Barueri, São Paulo, Brasil), puxada alta à frente com pegada supinada (Builk, Barueri, São Paulo, Brasil) e remada fechada supinada (Builk, Barueri, São Paulo, Brasil) durante 3 dias consecutivos, realizando os exercícios sem nenhuma carga, com o intuito de aprendizagem e segurança na execução dos movimentos. Após o período de familiarização, o paciente era submetido ao teste de 1RM, que consistiu nos seguintes passos: Antes da execução do teste, em cada aparelho o paciente realizava 5 a 10 repetições para aquecimento com uma carga leve que variava de 10kg a 20kg no agachamento com barra (5kg ou 10kg de cada lado); na puxada alta a carga de aquecimento variava entre 5kg a 10kg; e na remada fechada a carga de aquecimento variava de 5kg a 10kg. Depois do aquecimento ter sido feito, era estimada uma carga intermediária em que o indivíduo realizava de 1 ou até 2 repetições completas de acordo com o exercício proposto. Em seguida, a carga era aumentada gradualmente com o objetivo de encontrar a carga máxima suportada em uma repetição. Foram realizadas no máximo de 5 tentativas para encontrar a carga máxima do avaliado, com intervalo de 3 minutos entre cada tentativa. A carga foi aumentada ou diminuída até que o indivíduo realizasse um movimento completo sem ser capaz de realizar a segunda repetição. Caso o limite de tentativas fosse excedido, aguardava 24h para nova tentativa de realização do teste. Todos os avaliadores foram treinados para aplicação do teste.

10.1.3 Programa de treinamento físico combinado intervalado de 12 semanas

Os voluntários que passaram pelas avaliações iniciais e que fazem parte do grupo intervenção, foram realizar o programa de reabilitação cardiovascular prescrito pela VFC durante 12 semanas conforme mostra a figura 17. Esse programa consistiu em realizar o treinamento aeróbico e de força durante estas 12 semanas, com a frequência de 3 dias consecutivos na semana (terça, quarta e quinta). O programa de treinamento aeróbio foi prescrito a partir da VFC coletada diariamente antes do início do treinamento aeróbio dos pacientes (KIVINIEMI *et al.*, 2007; KIVINIEMI *et al.*, 2010). Nesse caso, os voluntários chegavam no laboratório, aguardavam 10min sentados numa cadeira para atingir os seus valores basais de VFC. Em seguida o examinador coletava a VFC do voluntário com o cardiofrequencímetro durante 5min para descobrirem o valor da VFC naquele dia de treinamento. O índice SD1 foi utilizado para a prescrição aeróbia de exercícios. Esse índice foi então analisado no *software Kubious HRV*[®] e caso apresentasse variações acima de 0,5-1,0 ms em relação ao comportamento do *baseline*, o paciente era submetido ao treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT), onde realizava 3 minutos com a carga voltada para a moderada intensidade seguido de 1 minuto em alta intensidade. Se o SD1 permanecesse abaixo de 0,5-1,0, os pacientes realizavam o treinamento em intensidade moderada de forma contínua durante todo o tempo proposto para a realização do exercício aeróbio. Considerava-se as variações de 0,5 ms para valores de *baseline* menores que 20ms e variações de 1ms para valores de *baseline* maiores que 20ms (TULPPO *et al.*, 1998). A intensidade foi determinada pela fórmula da FC de treinamento, a saber: $FC_{\text{treinamento}} = (FC_{\text{máxima}} - FC_{\text{repouso inicial}}) \cdot x\% + FC_{\text{repouso inicial}}$, onde x% representa a variação de 60-70% e 80-90% para treinamento de intensidade moderada e alta, respectivamente.

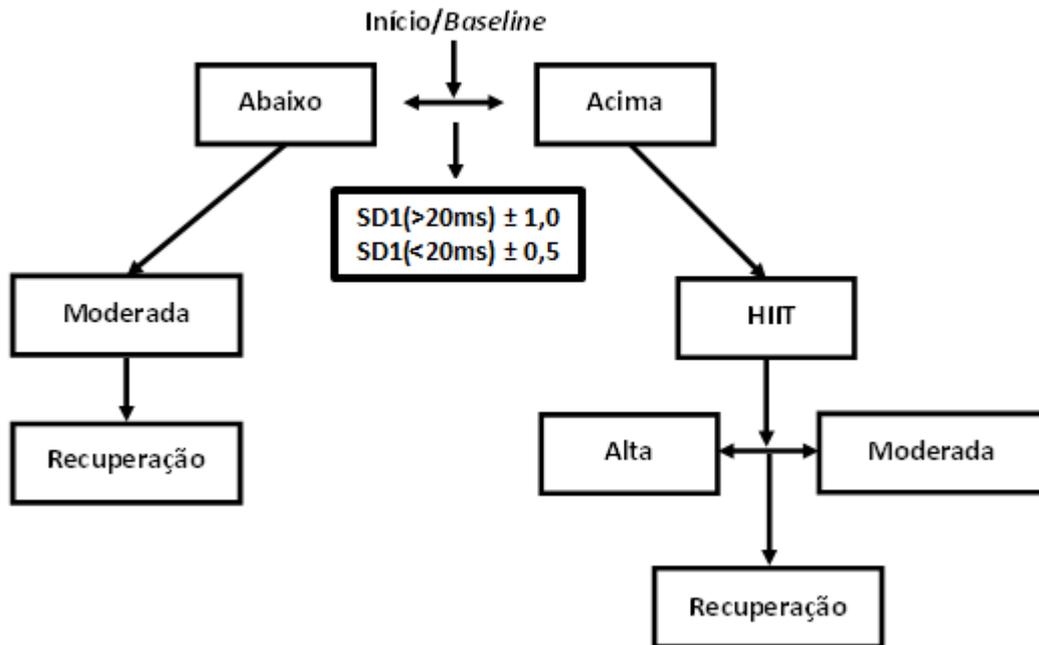


Figura 17. Fluxograma da prescrição da intensidade do exercício aeróbio pela VFC.

HIIT – high intensity interval training.

Na sequência, verificava-se os sinais vitais, a saturação periférica de oxigênio e a escala subjetiva de esforço (BORG CR-10) para membros inferiores e para a respiração. Nesse momento, os voluntários seguiam para a esteira rolante, onde realizavam um aquecimento de 10min com 3,5km/h. Os sinais vitais e a nota da escala subjetiva de esforço foram verificados a cada 5min no momento deste aquecimento na esteira rolante. Se os sinais vitais permanecessem dentro das faixas de normalidade durante o aquecimento e se não houvesse nenhum impeditivo, após os 10min de aquecimento os voluntários eram alocados no cicloergômetro para realizar o treinamento aeróbio daquele dia. Inicialmente, no primeiro mês, os voluntários pedalavam 20min, no segundo mês 25min e no terceiro e último mês pedalavam 30min com a intensidade da carga de acordo com a VFC do dia (durante todo o período de treinamento eram verificados os sinais vitais como FC, PA, Escala de BORG e saturação periférica de oxigênio (SpO₂) a cada 5 minutos). Ao final do treinamento aeróbio, era realizado um período de recuperação ativa de 2 minutos com 25w de carga, seguido de uma recuperação passiva de mais 3 minutos; ao término os sinais vitais, a saturação periférica de oxigênio e o BORG CR-10 foram coletados. Se os resultados destas aferições, pós treinamento aeróbio, estivessem dentro

dos valores esperados após o período de recuperação, o voluntário seguiria para o treinamento de força.

No início do treinamento de força, os voluntários realizaram 1 semana de familiarização com os exercícios: Agachamento no *Smith*, Puxada Aberta, Remada Fechada e Abdominal.

O treinamento de força foi periodizado de forma linear onde na 1ª semana a carga correspondia a 60 a 70% da carga máxima no teste de 1RM com 3 series de 12-15 repetições, na 2ª semana de 70 a 80% com 3 series de 8 – 12 repetições e na 3ª semana de 80 a 90% com 3 séries de 3-6 repetições. A cada final de 3 semanas completas de treino, o voluntário era reavaliado no início da quarta semana com um novo teste 1RM para possível ajuste de cargas (como podemos observar na figura 18). Se o voluntário faltasse um treino, aquela semana da falta só acabaria se completasse 3 dias naquela intensidade. O grupo controle não realizou o mesmo treinamento que o grupo intervenção, mas foi orientado a realizar os exercícios conforme orientação dos pesquisadores deste estudo.

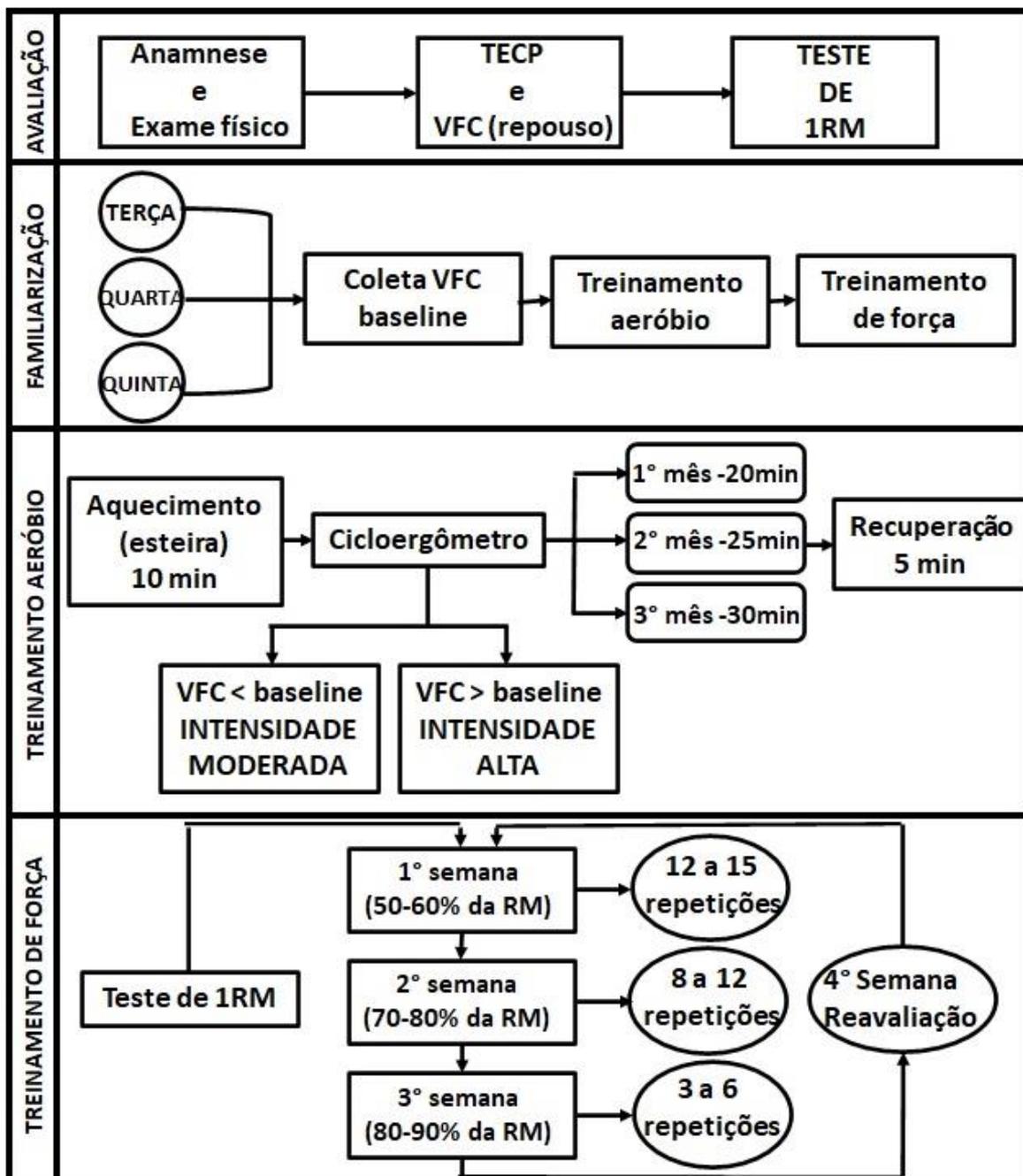


Figura 18. Fluxograma das etapas do protocolo de avaliação e treinamento físico dos pacientes incluídos no projeto.

11. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados no programa estatístico *Sigmaplot 11.0*[®]. Inicialmente, aos dados foram aplicados os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade das variâncias de Levene. Nas variáveis do TECP, nas variáveis do teste de 1RM e VFC, onde foram comparados os períodos pré e pós-intervenção, foi utilizado o *test t-student* pareado. Os dados estão expressos em média, desvio padrão e porcentagem e o nível de significância estabelecido foi $P < 0,05$.

12. RESULTADOS

Foram estudados 37 voluntários. No entanto, ao longo da pesquisa, 13 voluntários desistiram de participar do estudo, outros 4 indivíduos foram excluídos dos resultados por conta do excesso do número de faltas nas sessões de treinamentos no grupo intervenção (faltaram mais de 25% do total de atendimentos). Sendo assim, permaneceram 20 voluntários, sendo 11 do grupo intervenção e 9 do grupo controle. No esquema abaixo podemos visualizar como foi o processo da nossa pesquisa desde a entrada até as reavaliações finais, conforme descrição na figura 19.

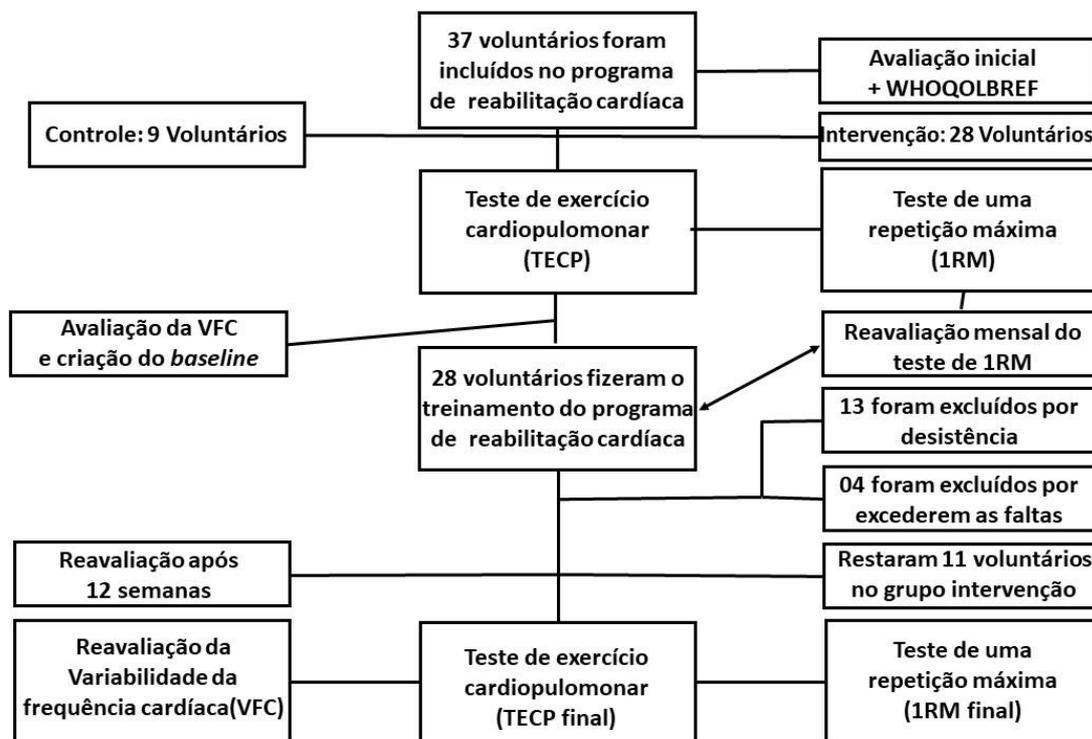


Figura 19. Fluxograma descrevendo a análise dos pacientes em cada etapa do estudo. TECP: teste de exercício cardiopulmonar; 1RM: uma repetição máxima.

As características gerais dos voluntários estudados foram apresentadas na tabela 1. Cabe destacar, que não foram observadas diferenças estatísticas para as variáveis demográficas e antropométricas. Adicionalmente, tanto os voluntários do grupo intervenção e do grupo controle apresentavam VO_2 absoluto e relativo reduzidos, refletindo em baixa aptidão física, embora sem diferença estatística entre os grupos.

Tabela 1. Dados antropométricos e características clínicas da população do estudo.

Variáveis	Intervenção		Controle	
	PRÉ (n=11)	PÓS (n=11)	PRÉ (n=9)	PÓS (n=9)
Gênero (M/F)	10M/1H	10M/1H	6M/3H	6M/3H
Idade (anos)	52,17±10,09	52,17±10,09	53,00±10,09	53,00±10,09
Estatura (cm)	158,75±5,10	158,75±5,10	163,00±0,08	163,00±0,08
Massa corporal (kg)	78,88±12,63	75,69±13,23	71,33±11,10	71,33±11,10
IMC (kg/m ²)	31,29±4,66	29,98±4,63	26,94±3,68	26,94±3,68
Fatores de risco				
Sedentarismo (n)	11	11	9	9
Sobrepeso/obesidade (n)	9	9	8	8
Hipertensão Arterial (n)	11	11	7	7
Dislipidemia (n)	6	6	4	4
Tabagismo (n)	0	0	2	2
Diabetes (n)	0	0	1	1
TECP				
LAV				
VO ₂ LAV (L/min)	0,68±0,18	0,76±0,51	0,61±0,12	0,65±0,28
VO ₂ LAV (mL/kg/min)	8,90±2,41	10,57±8,93	8,64±3,12	9,43±5,65
Pico exercício físico				
VO ₂ pico (mL/min)	0,90±0,23	1,09±0,43	0,93±0,30	0,87±0,30
VO ₂ pico (mL/kg/min)	11,99±3,81	14,89±7,80	12,82±5,0	12,54±6,39
VE (L/min)	21,93±7,29	36,69±32,27	22,74±6,74	22,11±13,68
Medicações				
BRAs	5	5	---	---
IECA	4	4	---	---
Diurético	4	4	3	3
Hipolipomante	2	2	3	3
β-block	1	1	6	6
AAS	---	---	6	6

Dados em média e DP. M: masculino; F: feminino; IMC: índice de massa corporal; TECP: teste de exercício cardiopulmonar; VO₂: consumo de oxigênio; LAV: limiar anaeróbio ventilatório; VE: ventilação; BRAs: bloqueador de receptor de angiotensina; IECA: inibidores da enzima conversora de angiotensina.

12.1.1 Resultados das variáveis do TECP

Na figura 20, podemos constatar através dos quatro gráficos (A, B, C e D) como foi o comportamento das variáveis do TECP. Em relação ao tempo, constatamos que houve diferença estatística entre o momento pré, do grupo intervenção, comparado com o pré do grupo controle; assim como também ocorreu diferença estatística no pós entre o grupo intervenção comparado com o grupo controle. Além disso ainda foi constatado diferença estatística quando comparamos o grupo intervenção no momento pré comparado ao momento pós. Na variável carga, foi observada diferença estatística entre o momento pré, do grupo intervenção, comparado com o pré do grupo controle; assim como também ocorreu diferença estatística no pós entre o grupo intervenção comparado com o grupo controle.

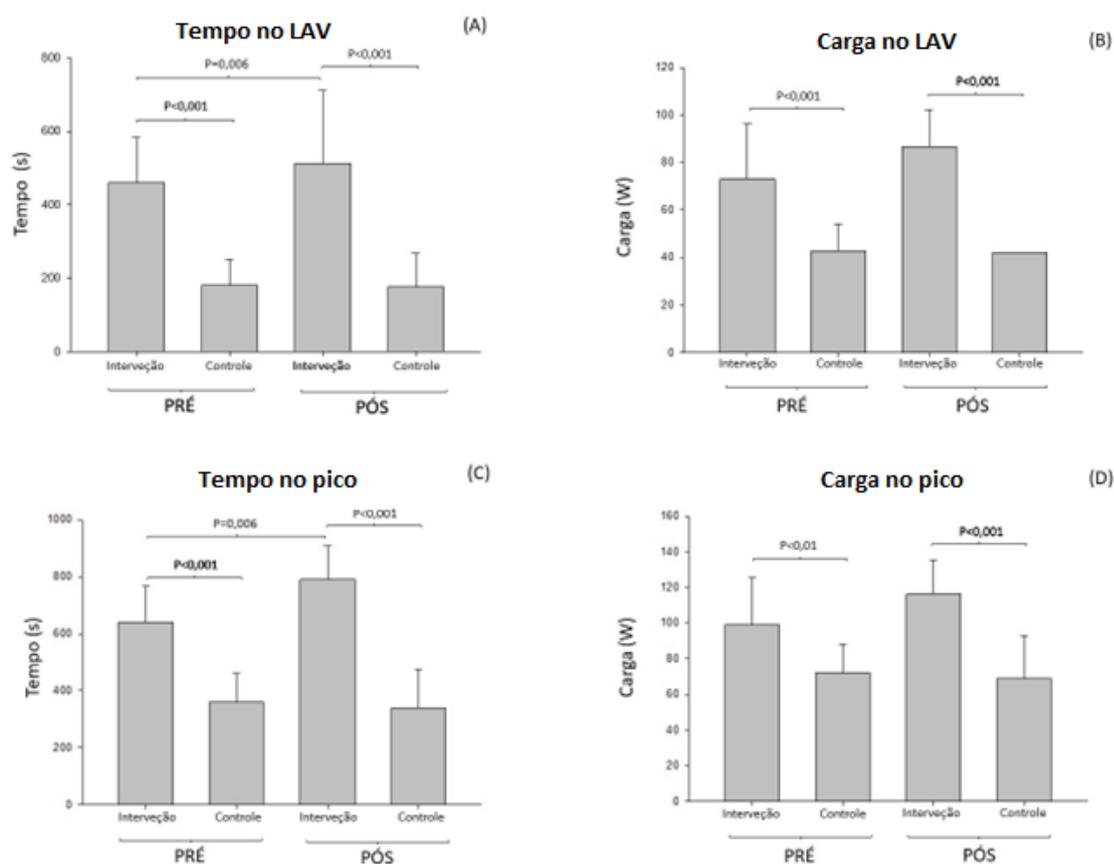


Figura 20. A) Tempo do limiar anaerobio ventilatório (LAV); B) A Carga no LAV do TECP; C) Tempo do LAV no Pico do TECP; D) A Carga no Pico do TECP. TECP = teste de exercício cardiopulmonar.

12.1.2 Resultados do treinamento de força

A seguir a Figura 21 mostra 3 gráficos (A, B e C) referente a cada exercício separadamente. Nesta figura podemos constatar a diferença estatística quando comparamos o momento PRÉ com o momento PÓS. Esta diferença estatística foi encontrada no agachamento no *Smith*, ($73,91 \pm 17,65$ e $106,91 \pm 14,29$; sendo o $P < 0,001$); na puxada no *pulley* ($32,45 \pm 9,60$ e $39,64 \pm 11,25$; com o $P < 0,001$); assim como no exercício de remada sentada ($33,73 \pm 11,41$ e $41,18 \pm 9,65$; sendo o $P < 0,05$).

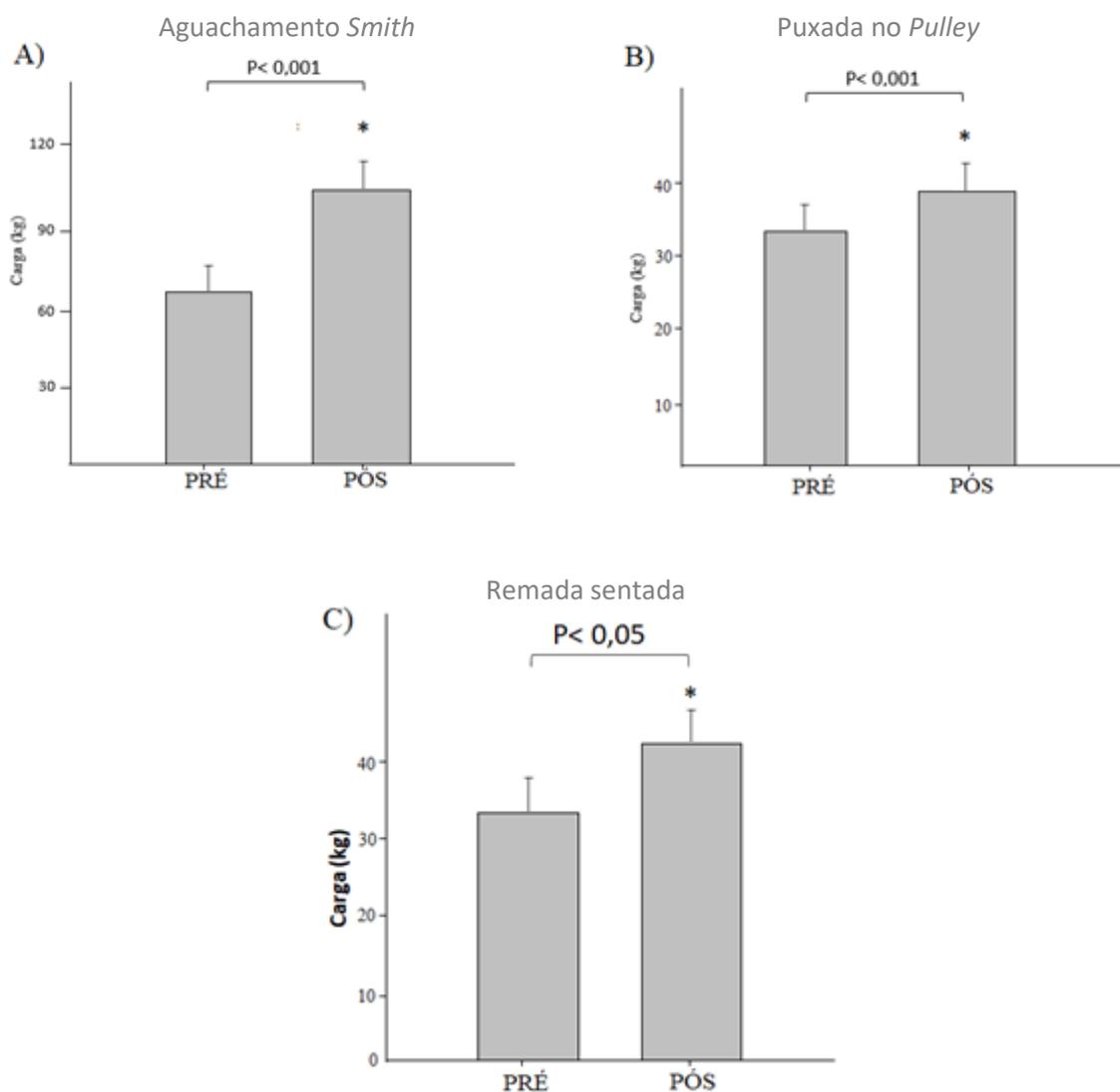


Figura 21. Nas figuras foram apresentados os dados referentes aos resultados da força muscular no agachamento no *Smith* (A); puxada (B) e remada sentada (C), comparando o antes (PRÉ) com o depois (PÓS) das 12 semanas de treinamento.

12.1.3 Resultados da VFC

Conforme a nossa hipótese, foram observadas diferenças significativamente estatísticas do índice SD1 no período PRÉ com o período PÓS (Figura 22) programa de treinamento físico combinado de alta intensidade com duração de 12 semanas com os exercícios aeróbios prescritos através da VFC. O tratamento estatístico destes dados revelou que houve diferença estatística dos dados PRÉ da VFC (referentes aos primeiros sete dias [$13,68 \pm 6,56$]) comparados com os dados PÓS (referentes aos dados dos últimos sete dias [$16,44 \pm 7,47$]), sendo o $P < 0,011$. O resultado se tornou ainda mais interessante devido ao pequeno número de participantes de nossa amostra.

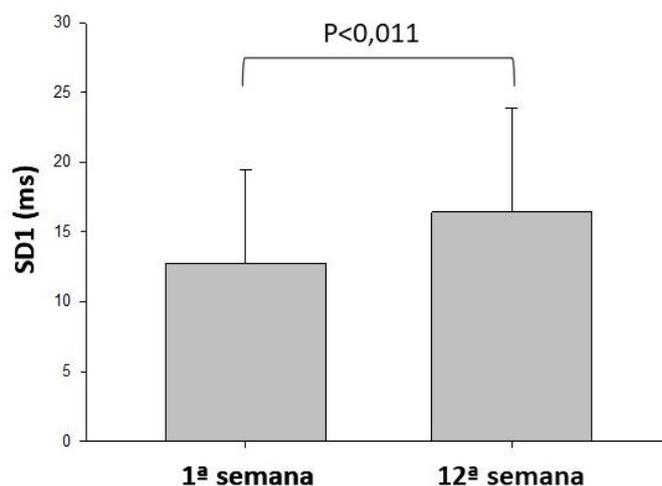


Figura 22. Figura do SD1 da primeira semana e última semana.

13. DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo sugerem que o uso da VFC (através do SD1) como prescritor de exercícios aeróbios num programa de reabilitação deve ser considerado como uma estratégia eficiente. Este modelo parece exigir do sistema cardiovascular um trabalho a altura do seu funcionamento naquele exato momento da realização do exercício físico proposto. Foi constatado neste estudo que houve melhora gradativa em alguns marcadores do TECP como: o tempo total do LAV; o tempo total no pico do exercício, assim como na carga máxima aplicada na realização do TECP. Isto

comparando os testes pré programa de reabilitação cardíaca com os resultados do TECP pós. Além destes achados, ainda constatamos melhora gradativa mês a mês da força muscular periférica de membros inferiores, membros superiores, costas e ombro. Verificamos que a VFC em grande parte dos pacientes se mostrou maior após o programa de reabilitação proposto por este trabalho que preconiza a prescrição de exercícios aeróbios através da VFC minutos antes do programa de reabilitação. Isto é corroborado após a análise estatística quando comparamos a VFC da primeira semana com a última semana do programa de reabilitação realizado em nosso estudo.

O intuito do nosso trabalho foi mostrar modelos de prescrição que atuem de acordo com o condicionamento neurocardiovascular do indivíduo minutos antes do início do programa de reabilitação cardíaca. Além disto, um dos ideais desta pesquisa é conseguir alcançar o maior número possível de indivíduos que necessitam de reabilitação cardíaca ou treinamento de uma forma geral, pois a VFC como ferramenta tem as mais distintas finalidades. Neste sentido, outros autores também têm proposto novos modelos de prescrição de exercícios físicos pela VFC, desta forma esta variável irá ganhar cada vez mais aplicabilidade clínica; seja ela na estratificação de risco, no diagnóstico e prognóstico de patologias. Além de poder prescrever exercícios de forma direcionada e individualizada.

No trabalho de Tulppo *et al.*, (1998), já foi possível começar a entender a aplicabilidade clínica da VFC diante das suas alterações fisiológicas sofridas de acordo com a idade. Neste estudo eles analisaram o índice não linear SD1 (que reflete a modulação parassimpática -encontrado através do plot de *Poincaré*), em diferentes faixas etárias e durante a realização do TECP (exercício físico máximo ou pico) em cicloergômetro em homens saudáveis. Em nosso estudo escolhemos o SD1 por refletir a modulação vagal e ajustes imediatos em todas as faixas etárias. O interessante deste estudo de Tulppo *et al.*, foi a divisão das faixas etárias dos homens (considerados jovens na faixa de 24-34 anos; meia idade indivíduos na faixa dos 35-46 anos e foram considerados idosos os indivíduos que estavam na faixa dos 47-64anos) deixou claro que nos indivíduos mais jovens a modulação parassimpática foi maior que nas demais faixas etárias sucessivamente maiores; o que nos leva a inferir que a idade assim como outras condições intrínsecas e extrínsecas faz com que a VFC seja alterada. Como nosso estudo realizou um programa de reabilitação cardíaca em indivíduos com faixas etárias distintas,

há de se pensar que a realização de reabilitação cardíaca através da prescrição da intensidade da carga do treinamento aeróbio de acordo com a VFC momentos antes do início do treinamento, mais especificamente pelo índice SD1, parece ser mais adequado às condições do sistema neurocardiovascular naquela situação específica que antecede o treinamento aeróbio. No entanto, o SD1 quando avaliado no repouso, foi mais alto nos indivíduos jovens do que nos indivíduos de meia idade e idosos respectivamente (39 ± 14 , 27 ± 16 , e 21 ± 8 com $P < 0.001$). Todavia, durante a realização dos exercícios físicos com a potência em 100W, esta diferença foi menor entre estes grupos e não houve diferença estatística (SD1 de $11\pm 5,9$; $11\pm 5,0$; $8\pm 4,0$ respectivamente nos jovens, meia idade e idosos) o que nos leva a pensar que talvez deveríamos analisar a VFC em repouso (antes de iniciarmos os exercícios propriamente ditos), mas também durante a realização dos exercícios físicos no intuito de prescrever pela VFC da forma mais acurada possível. Os voluntários da mesma idade com VO_{2pico} bom, médio e ruim; não mostraram diferença nos valores do SD1 em repouso (32 ± 17 ; 28 ± 13 e 26 ± 11 respectivamente, porém sem diferença estatística significativa), mas o SD1 diferiu significativamente entre os grupos que treinaram em baixa intensidade, quando comparados aos do grupo de intensidade moderada (SD1 13 ± 6 ; 10 ± 5 e 6 ± 3 para grupos de condicionamento físico bom, médio e ruim respectivamente $P < 0.001$ em 100W). Os dados de Tulppo *et al* mostraram que a baixa aptidão física é associada a um comprometimento da função vagal durante o exercício, enquanto o envelhecimento em si resulta em mais evidente comprometimento da função vagal em repouso. Neste trabalho de Tulppo *et al* conseguimos entender que a capacidade funcional do indivíduo é que irá determinar uma boa VFC e não a menor idade. Com os achados deste estudo de Tulppo *et al.*, ficou claro que a prescrição da intensidade do exercício aeróbio pela VFC tem grande relevância dentro deste contexto. Em nosso estudo visamos a VFC para prescrever a intensidade dos exercícios aeróbios justamente antes do início do treinamento, pois hipotetizamos que a exigência do sistema cardiovascular de acordo com a sua predisposição no dia da prática dos exercícios seria mais coerente para atuar na economia de trabalho e numa possível cardioproteção.

No estudo de Masrro *et al.*, (2018) eles avaliaram 28 mulheres sedentárias (que realizavam menos de 20min de exercício físico por semana) e hipertensas (estágio 1 e 2). Este estudo tinha como um dos objetivos avaliar os efeitos do treinamento resistido e aeróbico combinado (CART) no comportamento da VFC de mulheres hipertensas e sedentárias de meia idade. Devido a faixa etária das participantes, o status pré-menopausa foi avaliado. As avaliações da VFC foram criteriosamente feitas antes e depois do

programa de treinamento (CART). Os voluntários foram randomizados em dois grupos: a) Grupo intervenção denominado CART e b) Grupo controle composto por 13 mulheres (não realizavam exercícios supervisionados, mas mantiveram sua rotina médica usual e as recomendações de alimentação saudável). O protocolo de treinamento do grupo CART consistiu em treinamento aeróbio 3 vezes por semana, intercalado com treinamento de força 2 vezes por semana; totalizando a frequência semanal de 5 vezes por semana. A intensidade do treinamento aeróbio foi escalonado a cada semana, assim como o treinamento de força. Na primeira semana do treinamento aeróbio eles realizavam a corrida na esteira com 50% da FC_{máx}, na segunda semana realizavam o treinamento com 60% da FC_{máx}, na terceira semana com 70% da FC_{máx} e na quarta e última semana eles realizaram o treinamento com 80% da Fc_{máx}. O mesmo escalonamento ocorreu no treinamento de força, todavia as voluntárias realizavam os exercícios de bíceps, tríceps, extensão e flexão de perna, além de abdominal em 3 séries de 10 repetições e a carga de treinamento era escalonado de 50-80% de 1RM durante as 4 semanas. Em nosso estudo, o programa de treinamento era similar ao realizado por Masrrior *et al.*, pois além de combinar um treinamento de força (também com carga progressiva durante os dias da semana de treinamento e reavaliações mensais) com o treinamento aeróbio, realizamos o protocolo do nosso estudo de forma intervalada quando a VFC indicava ser treinamento de alta intensidade ou com intensidade moderada. Os resultados da pesquisa de Masrrior *et al.*, mostraram que ocorreram mudanças significativas após 4 semanas de treinamento no grupo CART; como por exemplo redução da PAS; redução da massa corporal; mudança do perfil de obeso para sobrepeso; aumento da modulação parassimpática. Da mesma forma, também observamos mudanças similares nas mesmas variáveis estudadas por Masrrior *et al.* nos resultados do nosso estudo. A grande diferença do nosso estudo foi prescrever pela VFC o exercício aeróbio como uma forma de exigir o necessário ao sistema cardiovascular e assim procuramos não sobrecarregar e nem substituir este sistema durante o processo de reabilitação.

Kiviniemi *et al.*, (2007) num estudo onde o propósito foi testar a utilidade da VFC na prescrição de exercícios diários; onde 26 homens saudáveis moderadamente aptos à prática de exercícios foram aleatorizados em dois grupos: i) grupo treinamento (TRA, n=8); ii) grupo treinamento guiado pela VFC (n=9) e iii) grupo controle (n=9). O período de treinamento consistiu em quatro semanas de treinamento, seis vezes por semana, onde em cada dia de treinamento foi realizada uma corrida de 40min. O treinamento se dividia em treinos de baixa intensidade, onde a carga seria o correspondente a 65% da Fc_{máx} e

os treinamentos de alta intensidade, onde a carga obrigava o voluntário atingir 85% da $F_{cm\acute{a}x}$ (de acordo com o ACSM, 1998). Foi realizado um TECP em esteira rolante para saber qual foi a velocidade máxima atingida e o VO_2 , além de verificarem as variáveis ventilatórias e metabólicas dos indivíduos. No grupo TRA o treinamento começou com 1 dia de baixa intensidade, seguido de 2 dias de alta intensidade, logo faziam dois treinamentos de baixa intensidade e quatro treinamentos por semana de alta intensidade. O programa de treinamento individual, prescrito pela VFC, foi baseado nos intervalos de oscilações R-R medidos todas as manhãs. O aumento ou não da VFC é que iria resultar no treinamento de alta intensidade ou não. Se houvesse uma diminuição da VFC, que usava como cálculo a média e desvio padrão dos últimos dez dias, o treinamento prescrito seria de baixa intensidade ou repouso naquele dia específico. O VO_{2pico} e a velocidade máxima atingida na esteira durante o TECP foram medidos antes e depois do programa de treinamento. No grupo TRA a velocidade máxima atingida aumentou quanto comparada a velocidade máxima verificada no TECP inicial, todavia o VO_{2pico} não demonstrou diferença estatística significativa. No grupo VFC foi constatado aumento das duas variáveis estudadas (Velocidade máxima atingida e VO_2); sendo a velocidade máxima ao final do TECP na avaliação pré igual a $15,5 \pm 1,0$ km/h e na avaliação pós o valor foi de $16,4 \pm 1,0$ km/h com o $P < 0,001$. Enquanto o VO_{2pico} avaliado no TECP inicial foi de 56 ± 4 mL/kg/min e no TECP feito na avaliação final o valor foi de 60 ± 5 mL/kg/min com o $P = 0,002$. Como resultados finais da pesquisa de Kiviniemi *et al*, foi constatado que a mudança em relação a velocidade máxima atingida no TECP foi significativamente maior no grupo que treinou com a prescrição baseada na VFC, quando comparada ao grupo TRA ($0,5 \pm 0,4$ vs $0,9 \pm 0,2$ km/h com o $P = 0,048$, ajustados pelo valor do *baseline*). Entretanto não foram verificadas diferenças estatísticas significativas no VO_{2pico} entre os grupos. Este trabalho nos mostra como a VFC pode ser utilizada como ferramenta de prescrição de exercícios num programa de reabilitação. Apesar de ser um trabalho em esteira rolante e o nosso ter sido em cicloergômetro, ficou claro que a carga (Km/h) foi aumentada quando comparamos os valores iniciais com os valores ao final do programa de treinamento. Estes achados também ocorreram em nossa pesquisa, pois verificamos que a carga máxima (Watts) ao final do TECP foi aumentada, assim como verificamos que o tempo total de realização do TECP também foi aumentado. Além disso constatamos melhora do índice SD1 quando comparamos o momento PRÉ com o momento PÓS em nosso programa de treinamento aeróbio prescrito pela VFC. Entretanto também não constatamos alterações no VO_2 no momento do LA e no momento do Pico do exercício.

Javaloyes *et al.*, (2018) entendendo que a VFC pode ser uma opção interessante no quesito prescrição de exercícios, decidiu com o seu grupo de pesquisa estudar os efeitos da prescrição de treinamento baseado na VFC em ciclistas de rua. Para isto ele recrutou 17 ciclistas bem treinados para participar do estudo. Iniciaram com uma avaliação que tinha duração de uma semana, onde os ciclistas eram familiarizados com o protocolo e ainda realizaram quatro medidas de *baseline* para estabelecer o padrão de treinamento deles e a VFC de repouso. Em seguida dividiram os voluntários em dois grupos: i) grupo com a prescrição guiada pela VFC e ii) grupo com uma periodização (em blocos) que chamaram de tradicional. Este treinamento em blocos consistia no participante treinar 3 blocos com alta intensidade (4 sessões de treinamento com alta intensidade, seguido de 1 sessão de treinamento em alta intensidade na forma de HIIT por semana), seguido por um bloco de baixa intensidade (4 sessões de treinamento de baixa intensidade, seguido de uma sessão de HIIT) Eles convencionaram o HIIT, a baixa e a alta intensidade da seguinte maneira: (HIIT > VT2; baixa intensidade < VT1 e alta intensidade > VT2, sendo VT1 o primeiro limiar anaeróbico ventilatório e o VT2 o segundo limiar anaeróbico ventilatório). O treinamento prescrito pela VFC foi feito inicialmente com a criação do baseline da VFC, onde durante sete dias seguidos eles aferiram a VFC dos voluntários da pesquisa. O índice vagal RMSSD foi eleito como o marcador de prescrição. Todas as manhãs os participantes coletavam a VFC para decidir qual seria a carga de treino que deveriam realizar. O período de treinamento foi de oito semanas. Os ciclistas realizaram duas avaliações por semana, sempre antes e depois da semana de treinamento, Durante as avaliações semanais, os ciclistas realizavam um TECP para avaliar o VO_2 máx, os limiares ventilatórios e a potência nos limiares ventilatórios (VT1, VT2, WVT1 e WT2 respectivamente). Além disto, realizaram um contra relógio de 40min antes e depois do treinamento para verificarem se a capacidade funcional melhorou a ponto de aumentarem a distância percorrida neste intervalo de tempo. O grupo que prescreveu o treinamento pela VFC apresentou melhora na potência pico e também no teste de contra relógio. O VO_2 e a carga no segundo LAV permaneceram similares os valores na avaliação inicial da pesquisa. O grupo que treinou com periodização tradicional (em blocos), não apresentou melhora significativa antes e depois da semana de treinamento. Não houve diferença entre os grupos. No entanto, a análise de inferência baseada na magnitude mostrou prováveis efeitos benéficos e possíveis benefícios para o grupo que treinou guiado pela VFC quando comparado ao grupo que treinou com periodização tradicional; tanto no contra relógio, quanto na carga de saída. Desta forma

Javaloyes *et al.*, concluíram que a prescrição baseada na VFC diária pode resultar num melhor aprimoramento da performance quando comparada ao treinamento periodizado tradicional em ciclistas bem treinados. Em nossa pesquisa, também utilizamos um período de tempo para a familiarização e criação do baseline para acharmos o valor de corte da VFC (utilizado para prescrever a intensidade do treinamento aeróbio do dia). Além disto, realizamos o treinamento de força e os testes para analisarmos a melhora ou não das variáveis de força e endurance, através do teste de 1RM. A resistência e a carga máxima atingida foram detectadas pelo TECP (pré e pós programa de reabilitação cardiovascular proposto pelo nosso estudo).

Em outro estudo de Tulppo *et al.*, (2003), o objetivo foi avaliar os efeitos de treinamentos em intensidades diferentes analisando as variáveis cardiovasculares. Para isto randomizaram os voluntários em 3 grupos: 1) grupo de moderada intensidade (n=20); 2) grupo de alta intensidade (n=20) e também em um grupo controle (n=15), em indivíduos sedentários. O período de treinamento foi de 8 semanas, onde os participantes treinavam 6 vezes por semana. O grupo 1 treinava 30min por sessão com 60% da FC máxima, enquanto o grupo 2 treinava 60min por sessão com 70-80% da FC máxima; e o grupo controle não treinava. O treinamento para se atingir as devidas faixas da FC de acordo com o grupo em questão foi realizado com os indivíduos andando e “trotando” e o controle da FC foi feito com um cardiofrequencímetro portátil (POLAR®). A VFC foi utilizada para análise tanto no domínio do tempo, no domínio da frequência, assim como medidas fractais em escalas de curto prazo. As análises foram no geral em períodos de 24h. Neste trabalho foram encontrados como achados: aumento significativo do VO_{2pico} no grupo 1 e 2; diminuição da média da frequência cardíaca no grupo 1 e 2 respectivamente; aumento da PA_{dias} somente no grupo 2; aumento da velocidade final no TECP no grupo 1 e 2 respectivamente; diminuição da $FC_{máx}$ no grupo 1 e 2 respectivamente. Entretanto, no grupo controle nenhuma mudança com diferença estatística significativa foi encontrada. Em relação aos achados da VFC: A média dos valores do desvio padrão de todos os intervalos R-R foram aumentados ($P<0,001$). O valor espectral absoluto da banda de LF, HF e a razão LF/HF mostraram diferença estatística significativa em todos as três variáveis ($P<0,001$), com aumento similar em ambos os grupos na avaliação pós programa de treinamento. A média dos valores da banda de HF em unidades normalizadas aumentaram ($P<0,05$) em ambos os grupos (1 e 2), assim como a média dos valores da banda de LF diminuíram em ambos, com o $P<0,05$. Em adicional eles ainda verificaram uma diminuição em ambos os grupos intervenção

quando se tratava da análise de curto prazo ($P < 0,001$). E concluíram, assim como em nosso estudo que o treinamento aeróbio em sedentários com fatores de risco para DAC através dos protocolos de intervenção mostraram alterações benéficas na regulação autonômica da FC no sentido de aumentar a predominância vagal após o programa de treinamento prescrito pela VFC.

Em outro estudo de Kiviniemi *et al.*, (2010) o objetivo principal foi avaliar a efetividade da prescrição de exercícios cardiorrespiratórios através da VFC, mas também tinham como objetivo secundário, avaliar uma possível diferença entre os gêneros nas respostas agudas após realizarem treinamentos com intensidade vigorosa. Neste estudo a amostra foi composta por 24 homens e 36 mulheres; os participantes foram aleatorizados e divididos em grupos. Sendo grupo treinamento padrão, (8H e 8M); grupo que treinou pela VFC (HRV1: 8H e 8M) e o grupo controle (8H e 8M). Um outro grupo foi criado somente com mulheres (HRV2: 12M), pois este tinha um programa de treinamento prescrito pela VFC feito sob medida para mulheres. O treinamento consistia em realizar sessões de 40min em moderada intensidade (70% da FC_{máx}) e em alta intensidade (85% da FC_{máx}). O grupo treinamento padrão foi orientado a treinar 2 vezes por semana com moderada intensidade e 3 vezes por semana com alta intensidade. Os participantes dos grupos HRV1 e HRV2 foram orientados a treinar em moderada ou alta intensidade de acordo com a VFC diária deles verificada em casa antes de ir para o treinamento. Eles tinham feito o *baseline* através da coleta do SD1 em 5 dias diferentes da VFC e a intensidade do exercício seria definido entre moderada e alta intensidade de acordo com o valor da VFC encontrado pela manhã após acordar. Se o valor do *baseline* fosse menor que 20ms, utilizavam um desvio padrão de 0,5ms, mas se fosse maior que 20ms, o desvio padrão para treinar em alta intensidade era de 1,0ms (mesma estratégia utilizada em nosso estudo). Se por acaso o resultado fosse para treinar com de alta intensidade dois dias seguidos, o terceiro dia na sequência seria obrigatoriamente em moderada intensidade. O grupo HRV2 tinha a prescrição dos exercícios baseados nos resultados da VFC quase da mesma forma que o grupo HRV1, entretanto o grupo HRV2 somente realizou treinamento de alta intensidade se a VFC mensurada no dia fosse maior que o *baseline*. Em nosso estudo, utilizamos o mesmo modelo de *baseline* para prescrever pela VFC e também conseguimos demonstrar melhora na VFC através da análise do SD1 PRÉ comparado com o PÓS. Em relação aos nossos achados relacionados com o TECP, constatamos mudanças positivas no que diz respeito ao tempo de atingimento do LA e também do tempo para atingir o pico do exercício, todavia não verificamos alterações

estatisticamente significativas no que diz respeito ao VO_2 . Kiviniemi *et al.*,(2010) ainda observaram diferença estatística significativa no grupo treinamento padrão, na variável VO_{2pico} (valores absolutos) , quando comparado o momento pré com o pós ($P<0,01$). Neste mesmo grupo foi observada diferença estatística significativa na variável VO_{2pico} (valores relativos), quando comparado o momento pré com o pós programa de treinamento ($P<0,05$). Outro achado do grupo treinamento padrão foi a diferença significativamente estatística na variável carga (275 ± 28 e $293\pm 35W$), quando comparado o momento pré com o pós ($P< 0,01$). Nesta variável também encontramos diferença estatística no presente estudo, pois constatamos aumento da carga em watts quando comparamos o momento PRÉ com o PÓS programa de treinamento aeróbio prescrito pela VFC. Ainda no estudo de Kiviniemi *et al.*, o grupo treinamento padrão não mostrou melhora do índice SD1. O grupo HRV1 mostrou diferença estatística nas mesmas variáveis que o grupo treinamento padrão (VO_{2pico} absoluto e relativo e carga máxima, todos com o $P<0,01$), mas além destas variáveis terem apresentado diferença estatística, também mostrou melhora da VFC através do índice SD1 da VFC ($13,7\pm 6,7$ e $16,9\pm 8,7$), com o $P< 0,05$. O grupo HRV2 teve a frequência de treinamento similar ao grupo treinamento padrão, porém mais baixo que o grupo HRV1. O grupo HRV2 fez menos sessões de treinamento de alta intensidade em relação ao grupo treinamento padrão e HRV1. Todavia realizou mais sessões de moderada intensidade do que os grupos treinamento padrão e HRV1. Em nosso estudo também prescrevemos pela VFC e constatamos alterações no índice SD1, o treinamento foi dicotomizado entre moderada intensidade e alta intensidade com HIIT e isto os pareceu mais acertado se tratando de respostas vagais. Podemos afirmar que neste protocolo houve aumento do SD1 no momento PÓS comparado com o momento PRÉ.

Tivemos como limitações do nosso trabalho: 1) A principal foi o número de participantes, por se tratar de uma amostra de conveniência e também pela pandemia ter desencadeado um *lockdown* justamente no período das coletas; 2) O não retorno por parte de alguns voluntários para a realização das reavaliações finais; 3) A caracterização dos fatores de risco.

Por fim, deve-se ressaltar que o uso da VFC pode ser muito valioso para a prescrição de exercícios, pois além de ser um método pouco custoso e de fácil aplicabilidade na prática clínica, tem como característica principal o treinamento mais assertivo em relação as condições metabólicas no momento que antecede o treinamento.

Isto sem mencionar a individualidade na prescrição da intensidade do treinamento aeróbio a cada dia do programa. O modelo aqui apresentado, não procura apresentar-se como o melhor, mas sim como uma opção simples, prática e eficiente para garantir o seu objetivo.

14. CONCLUSÃO

Conclui-se que o nosso programa de reabilitação, onde utilizamos a VFC através do índice SD1, para prescrever a intensidade do treinamento aeróbio diariamente, mostrou melhora da capacidade funcional através de algumas das variáveis do TECP, como aumento no tempo do LAV e aumento no tempo para atingir o pico do exercício, quando comparamos o momento PRÉ com o momento PÓS; houve também o aumento da carga pico no TECP quando comparamos o momento PRÉ com o momento PÓS. Constatou-se também a melhora da valência força, através da constatação do aumento significativo da força máxima nos exercícios resistidos treinados e avaliados (comparando o momento PRÉ com o PÓS); assim como também foi demonstrado uma melhora da VFC, quando comparamos os dados do SD1 no momento PRÉ comparado com os dados do momento PÓS programa de treinamento prescrito pela VFC.

15. REFERÊNCIAS

- 1- PIMENTA, Josleiny Reis; NAVARRO, Francisco. A qualidade de vida e o bem-estar dos idosos: uma análise comparativa entre sedentários e praticantes de exercício físico através do protocolo SF-36. **RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 3, n. 15, 2009.
- 2- GONÇALVES, Francisco Tiago Ricarte; LAMBOGLIA, CARMINDA Maria Goersch Fontenele; LIMA, Danilo Lopes Ferreira. Prevalência de doenças crônicas e uso de fármacos em idosos praticantes de exercício físico supervisionado. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 26, n. 3, p. 372-380, 2013.
- 3- BAPTISTA, Claudio et al. Hipertensão arterial sistêmica e atividade física. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 3, n. 4, p. 117-121, 1997.
- 4- NACI, Huseyin; IOANNIDIS, John PA. Comparative effectiveness of exercise and drug interventions on mortality outcomes: metaepidemiological study. **British journal of sports medicine**, v. 49, n. 21, p. 1414-1422, 2015.

- 5- WASSERMAN, Karlman; HANSEN, James E.; SUE, Darryl Y. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. 3. ed. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1999.
- 6- GUYTON, A.C., HALL, J.E., Tratado de Fisiologia Médica. 9 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1997.
- 7- VANDERLEI, Luiz Carlos Marques et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 24, p. 205-217, 2009.
- 8- AUBERT, André E.; SEPS, Bert; BECKERS, Frank. Heart rate variability in athletes. **Sports medicine**, v. 33, n. 12, p. 889-919, 2003.
- 9- TASK FORCE of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*; 93: 1043–1065; 1996.
- 10- REIS, Michel Silva et al. Análise da modulação autonômica da frequência cardíaca em homens sedentários jovens e de meia-idade. **Fisioterapia em Movimento**, v. 18, n. 2, 2017.
- 11- VESTERINEN V, HAKKINEN K, HYNYNEN E, et al. Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scand J Med Sci Sports* 23: 171–180, 2013.
- 12- VESTERINEN V, NUMMELA A, HEIKURA I, et al. Individual endurance training prescription with heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc* 48: 1347–1354, 2016
- 13- TULPPO, Mikko P. et al. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. **Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 1, p. 364-372, 2003.
- 14- TULPPO, Mikko P. et al. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 274, n. 2, p. H424-H429, 1998.
- 15- HOFFMANN, Rodolfo. Condicionantes do sobrepeso e da obesidade de adultos no Brasil, 2008-2009. **Seg Alim Nutr**, v. 19, n. 2, p. 1-16, 2012.
- 16- NILSON, Eduardo Augusto Fernandes et al. Custos atribuíveis a obesidade, hipertensão e diabetes no Sistema Único de Saúde, Brasil, 2018. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 44, p. e32, 2020.

- 17- VIGITEL Brasil 2018 - Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico. Brasília: Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis. Brasil, Ministério da Saúde; 2019. <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/julho/25/vigitelbrasil-2018.pdf> Acessado em 28 de janeiro de 2020.
- 18- VIGITEL Brazil 2019: surveillance of risk and protective factors for chronic diseases by telephone survey: estimates of frequency and sociodemographic distribution of risk and protective factors for chronic diseases in the capitals of the 26 Brazilian states and the Federal District in 2019. (http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2019_vigilancia_fatores_risco.pdf)
- 19- PALMA, Alexandre et al. Conflitos de interesse na “guerra” contra a obesidade: é possível servir a dois senhores?. **Saúde e Sociedade**, v. 23, n. 4, p. 1262-1274, 2014.
- 20- PEREIRA, Helen Rose Camargo et al. Balanço energético de adolescentes eutróficos e com diferentes graus de excesso de peso. 2011.
- 21- SOUZA, Danielle Ribeiro de et al. Ingestão alimentar e balanço energético da população adulta de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil: resultados da Pesquisa de Nutrição, Atividade Física e Saúde (PNAFS). **Cadernos de Saúde Pública**, v. 26, p. 879-890, 2010.
- 22- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO Consultation on Obesity. Geneva: WHO, 2000.
- 23- NUMATA, T. et al. Extraction of response waveforms of heartbeat and blood pressure to swallowing. Using mixed signal processing of time domain and respiratory phase domain. **Methods Inf Med**, v. 54, n. 2, p. 179-88, 2015.
- 24- LOPES et al. Aplicabilidade clínica da variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Neuro-cienc*, 21(4):600-603, 2013.
- 25- HARTIKAINEN, J.; TAHVANAINEN, K.; KUUSELA, T. Short-term measurement of heart rate variability. In “Clinical Guide to Cardiac Autonomic Tests”(Malik, Ed.). 1998.
- 26- DUKE, G. J. Cardiovascular effects of mechanical ventilation. **Crit Care Resusc**, v. 1, n. 4, p. 388-99, Dec 1999.
- 27- DICK, T. E. et al. Increased cardio-respiratory coupling evoked by slow deep breathing can persist in normal humans. **Respir Physiol Neurobiol**, v. 204, p. 99-111, Dec 2014.

- 28- REIS (a), M.S.; DEUS, A.P.; SIMÕES R.P.; ANICETO I.A.V.; CATAI A.M.; BORGHI-SILVA A. Controle autonômico da frequência cardíaca de pacientes com doenças cardi-orrespiratórias crônicas e indivíduos saudáveis em repouso e durante a manobra de acen-tuação da arritmia sinusal respiratória. **Rev Bras Fisioter**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 106-13, mar./abr.2010.
- 29- REIS, M. S. et al. Acute effects of different levels of continuous positive airway pressure on cardiac autonomic modulation in chronic heart failure and chronic obstructive pulmonary disease. **Arch Med Sci**, v. 6, n. 5, p. 719-27, Oct 2010b.
- 30- BORGHI-SILVA A, REIS MS, MENDES RG, PANTONE CBF, SIMÕES RP, MAR-TINS LEB, CATAI AM. Noninvasive ventilation acutely modifies heart rate variability in chronic obstructive pulmonary disease patients. **Respiratory Medicine**; 102, 1117-1123; 2008.
- 31- BERNE RM, LEVY MN Regulação do Batimento Cardíaco, In: **Fisiologia**, Ed. Elsevier, Rio de Janeiro, p. 337 – 356, 2004.
- 32- SASANO, N.; VESELY, A. E.; HAYANO, J.; SASANO, H., 2002 “Direct effect of Pa-CO₂ on respiratory sinus arrhythmia in conscious humans”, **Am J Physiol. Heart Circ Physiol**. 282: H973–H976.
- 33- CALABRESE P, PERRAULT H, DINH TP; EBERHARD A, BENCHETRIT G. Cardiorespiratory interactions during resistive load breathing. **Am J Physiol. Regulatory Integrative Comp Physiol**. 279: R 2208 - R 2213, 2000.
- 34- HAYANO, JUNICHIRO et al. Effects of respiratory interval on vagal modulation of heart rate. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 267, n. 1, p. H33-H40, 1994.
- 35- CATAI AM et al. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. **Brazilian Journal Medicine of Biology and Research**, v. 35, n. 6, p. 741-752, 2002.
- 36- TRIMER R.; CABIDU R.; SAMPAIO LLM., STIRBULOV R.; POIARES D.; GUIZILINI S.; BIANCHI AM.; COSTA FSM.; MENDES RG.; DELFINO JR A.; ARENA R.; BORGHI-SILVA A. Heart rate variability and cardiorespiratory coupling in obstructive sleep apnea: elderly compared with Young. **Sleep Medicine**, 15 (2014) 1324–1331
- 37- MELO, R. C. *et al.* Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. **Brazilian Journal Medicine of Biology and Research**, v. 38, p.1331-8, 2005.

- 38- SANTOS, M.D.B. *et al.* Estudo da arritmia sinusal respiratória e da variabilidade da frequência cardíaca de homens jovens e de meia idade. **Revista da Sociedade de Cardiologia Estado de São Paulo**, v. 13, n. 3, supl. A, p. 15-26, 2003.
- 39- PASCHOAL MA, VOLANTI VM, PIRES CS E FERNANDES FC . Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. **Rev. bras. fisioter.**, São Carlos, v. 10, n. 4, p. 413-419, out./dez. 2006.
- 40- MARÃES *et al.* Modulação do sistema nervoso autonômico na resposta da frequência cardíaca em repouso e à manobra de valsalva com o incremento da idade. **Rev Bras Fisi-oter.**, 8(2): 97-103, 2004.
- 41- PATEL *et al.* Effect of postural changes on cardiovascular parameters across gender. **Medicine**, 95-28, 2016.
- 42- GROSSMAN, P.; TAYLOR, E. W. Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. **Biol Psychol**, v. 74, n. 2, p. 263-85, Fevereiro 2007.
- 43- CARRASCO-SOSA, S. et al. Baroreflex sensitivity assessment and heart rate variability: relation to maneuver and technique. **European journal of applied physiology**, v. 95, n. 4, p. 265-275, 2005.
- 44- KATONA, Peter G.; JIH, FELIX. Respiratory sinus arrhythmia: noninvasive measure of parasympathetic cardiac control. **Journal of applied physiology**, v. 39, n. 5, p. 801-805, 1975.
- 45- JOSEPH CN, PORTA C, CASUCCI G, CASIRAGHI N, MAFFEIS M, ROSSI M, et al. Slow breathing improves arterial baroreflex sensitivity and decreases blood pressure in essential hypertension. **Hypertension**. 2005;46(4):714-8.
- 46- HIRSCH, J.A.; BISHOP, B. Respiratory Sinus Arrhythmia in Humans: how breathing patterns modulates heart rate”, **Am J Physiol Heart Circ Physiol** 241: H620 - H 629, 1981
- 47- RONCATO, Gabriela. Avaliação da modulação simpática e parassimpática na hipertensão arterial pulmonar acompanhada de hipertrofia ou dilatação cardíacas. 2013.
- 48- CAHALIN LP, et al., Inspiratory muscle training in heart disease and heart failure: a review of the literature with a focus on method of training and outcomes. **Expert Rev Cardiovasc Ther.** v. 11, n. 2, p. 161-77, 2013.
- 49- VAN DE LOUW, A. et al. Positive end-expiratory pressure may alter breathing cardio-vascular variability and baroreflex gain in mechanically ventilated patients. **Respir Res**, v. 11, p. 38, 2010.

- 50-FRAZIER, S. K.; MOSER, D. K.; STONE, K. S. Heart rate variability and hemodynamic alterations in canines with normal cardiac function during exposure to pressure support, continuous positive airway pressure, and a combination of pressure support and continuous positive airway pressure. **Biol Res Nurs**, v. 2, n. 3, p. 167-74, Jan 2001.
- 51-CARVALHO, Tatiana Dias de. Análise de índices lineares e não lineares de variabilidade da frequência cardíaca de portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica. 2009.
- 52-SILVA, Valdo José Dias da; JANUÁRIO, Elisabete Nogueira. Variabilidade da frequência cardíaca e da pressão arterial na insuficiência cardíaca congestiva. **Rev. bras. hipertension**, p. 21-26, 2005.
- 53-LARSEN, P. D. et al. Respiratory sinus arrhythmia in conscious humans during spontaneous respiration. **Respir Physiol. Neurobiological**, v. 174, n. 1-2, p. 111-8, Nov 2010.
- 54-DERGACHEVA, O. et al. Respiratory modulation of premotor cardiac vagal neurons in the brainstem. **Respir Physiol. Neurobiological**, v. 174, n. 1-2, p. 102-10, Nov 2010.
- 55-NEFF, R. A., WANG, J., BAXI, S. Neurons mediate respiratory modulation of brainstem cardioinhibitory parasympathetic respiratory sinus arrhythmia: endogenous activation of nicotinic receptors, **Circulation Research**, v. 93, pp. 565 – 572, 2003.
- 56-MCMULLAN, S.; PILOWSKY, P. M. The effects of baroreceptor stimulation on central respiratory drive: a review. **Respir Physiol Neurobiol**, v. 174, n. 1-2, p. 37-42, Nov 2010.
- 57-DeBOER, R.W, KAREMAKER, J.M., STRACKEE, J. Hemodynamic fluctuations and baroreflex sensitivity in humans: a beat-to-beat model. **American Journal of Physiology (Heart and Circulatory Physiology)**, v. 253, n. 22, pp. H680 – H689, 1987.
- 58-AIRES M M, 1999, Fisiologia. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.
- 59-SHEKERDEMIAN, L; BOHN, D. Cardiovascular effects of mechanical ventilation. **Arch Dis Child**; **80**:475–480; 1999.
- 60-COOPER PJ, KOHL P. Influence of diastolic mechanics on cardiac electrophysiology: effects on sino-atrial node function. **APICE**, v. 18, pp. 309 – 405, 2003.

- 61- GODOY, Moacir F.; TAKAKURA, Isabela T.; CORREA, Paulo R. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. **Arq Ciênc Saúde**, v. 12, n. 4, p. 167-71, 2005.
- 62- PENTTILÄ, Jani et al. Time domain, geometrical and frequency domain analysis of cardiac vagal outflow: effects of various respiratory patterns. **Clinical Physiology**, v. 21, n. 3, p. 365-376, 2001.
- 63- RAJENDRA ACHARYA, U. et al. Heart rate variability: a review. **Medical and biological engineering and computing**, v. 44, n. 12, p. 1031-1051, 2006.
- 64- NOVAIS, L. D. et al. Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em repouso de homens saudáveis sedentários e de hipertensos e coronariopatias em treinamento físico. **Braz. j. phys. ther.(Impr.)**, p. 207-213, 2004.
- 65- RASSI JR, A. Compreendendo melhor as medidas de análise da variabilidade da frequência cardíaca. **J Diag Cardiol**, v. 8, 2000.
- 66- CLAUDIA, Lerma et al. Poincaré plot indexes of heart rate variability capture dynamic adaptations after haemodialysis in chronic renal failure patients. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 23, n. 2, p. 72-80, 2003.
- 67- KHALED, Alia S.; OWIS, Mohamed I.; MOHAMED, Abdalla SA. Employing time-domain methods and poincaré plot of heart rate variability signals to detect congestive heart failure. **BIME journal**, v. 6, n. 1, p. 35-41, 2006.
- 68- TULPPO, Mikko P. et al. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **American journal of physiology-heart and circulatory physiology**, v. 271, n. 1, p. H244-H252, 1996.
- 69- VOSS, Andreas et al. Comparison of nonlinear methods symbolic dynamics, detrended fluctuation, and Poincaré plot analysis in risk stratification in patients with dilated cardiomyopathy. **Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science**, v. 17, n. 1, p. 015120, 2007.
- 70- HUIKURI, Heikki V.; MÄKIKALLIO, Timo H.; PERKIÖMÄKI, Juha. Measurement of heart rate variability by methods based on nonlinear dynamics. **Journal of electrocardiology**, v. 36, p. 95-99, 2003.

- 71- VOSS, A. et al. The application of methods of non-linear dynamics for the improved and predictive recognition of patients threatened by sudden cardiac death. **Cardiovascular research**, v. 31, n. 3, p. 419-433, 1996.
- 72- POWERS, Scott K. et al. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 2000.
- 73- NEDER, José A.; NERY, Luiz E. Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática. São Paulo: Artmed, v.1, 2003.
- 74- BALADY, G.J.; ARENA, R.; SIETSEMA, K. et al. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Society. **Circulation**, v.122, p. 191-225, 2010.
- 75- THOMPSON, Paul D. et al. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. **Current sports medicine reports**, v. 12, n. 4, p. 215-217, 2013.
- 76- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2006.
- 77- STEIN, R. Teste cardiopulmonar de exercício: noções básicas sobre o tema. **Rev.Soc.Cardiol. Rio Grand Sul**, v. 9, p. 1- 4, 2006.
- 78- MENEGHELO, Romeu S. et al. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 5, p. 1-26, 2010.
- 79- NAUGHTON, John; HELLERSTEIN, Herman K. (Ed.). Exercise testing and exercise training in coronary heart disease. **Academic Press**, 1973.
- 80- BALKE, Bruno; WARE, Ray W. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. **United States Armed Forces Medical Journal**, v. 10, n. 6, p. 675- 688, 1959.
- 81- FLORIANO, Rafael; ORSINI, Marco; SILVA REIS, Michel. Importância do teste cardiopulmonar para a fisioterapia cardiovascular. **Fisioterapia Brasil**, v. 20, n. 4, 2019.

- 82- HOWLEY ET, Basset Jr DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med.Sci. Sports Exerc.** v.27, n.9, p.292-301, 1995.
- 83- KARVONEN, J.J.; Kcntala, E.; Mustala, O. The effect of training on the heart rate, a longitudinal study. **Ann Med Exp.Biol.Fenn**, v. 35, p. 307, 1957.
- 84- BORG, Gunnar. Borg's perceived exertion and pain scales. Human kinetics, 1998.
- 85- HERDY, Artur Háddad et al. Cardiopulmonary Exercise Test: Background, Applicability and Interpretation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 107, n. 5, p. 467-481, 2016.
- 86- WILLIAMSON, J. W. The relevance of central command for the neural cardiovascular control of exercise. **Experimental physiology**, v. 95, n. 11, p. 1043-1048, 2010.
- 87- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE et al. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins, 9th ed, 2013.
- 88- BEAVER, WILLIAM L.; WASSERMAN, KARLMAN; WHIPP, BRIAN J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **Journal of applied physiology**, v. 60, n. 6, p. 2020-2027, 1986.
- 89- SAKABE, D.I.; Novaes, L.D.; Sirol, F.N.; Marães, V.R.F.S.; Oliveira, L.; Darezzo, F.; CATAI, AM.; SILVA, E. Comparison of different methods for detecting exercise anaerobic threshold in em .In: **Amer. Physiol. Soc.**, p.352, 2004.
- 90- STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International journal of sports medicine**, v. 2, n. 03, p. 160-165, 1981.
- 91- KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobicanaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 42, n. 1, p. 25-34, 1979.
- 92- MARÃES, V.R.F.S. Determinação do limiar de anaerobiose a partir da análise da frequência cardíaca, da eletromiografia de superfície e das variáveis ventilatórias e metabólicas durante exercício físico dinâmico. Tese Doutorado em Fisioterapia – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- 93- FAIGENBAUM, Avery D. Strength training for children and adolescents. **Clinics in sports medicine**, v. 19, n. 4, p. 593-619, 2000.

- 94- KRAEMER, William J.; KNUTTGEN, Howard G. Strength training basics: Designing workouts to meet patients' goals. **The Physician and sportsmedicine**, v. 31, n. 8, p. 39-45, 2003.
- 95- HATFIELD, Disa L. et al. The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 760-766, 2006.
- 96- BIRD, Stephen P.; TARPENNING, Kyle M.; MARINO, Frank E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. **Sports medicine**, v. 35, n. 10, p. 841-851, 2005.
- 97- HASS, Christopher J.; FEIGENBAUM, Matthew S.; FRANKLIN, Barry A. Prescription of resistance training for healthy populations. **Sports medicine**, v. 31, n. 14, p. 953-964, 2001.
- 98- PLATONOV V.N. Teoria geral do treinamento desportivo olímpico. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- 99- WOLFE, Brian L.; LEMURA, Linda M.; COLE, Phillip J. Quantitative analysis of single-vs. multiple-set programs in resistance training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 1, p. 35-47, 2004.
- 100- FLECK, Steven J.; KRAEMER, William J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. Artmed Editora, 2017.
- 101- HATFIELD DL, KRAEMER WJ, SPIERING BA, HAKKINEN K, VOLEK JS, SHIMANO T, et al. The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**; v.20, n.4, p.760-766, 2006.
- 102- SMILIOS, ILIAS et al. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 4, p. 644-654, 2003.
- 103- SAKAMOTO, Akihiro; SINCLAIR, Peter J. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 20, n. 3, p. 523-527, 2006.
- 104- PEREIRA, Marta Inez Rodrigues; GOMES, Paulo Sergio Chagas. Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima-Revisão e novas evidências. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 9, p. 325-335, 2003.
- 105- KRAEMER, William J.; HÄKKINEN, Keijo. **Treinamento de força para o esporte**. Artmed, 2004.

- 106- BAECHLE, Thomas R.; GROVES, BARNEY R. **Treinamento de força: passos para o sucesso**. Artmed, 2000.
- 107- REYNOLDS, Jeff M.; GORDON, TORYANNO J.; ROBERGS, Robert A. Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 20, n. 3, p. 584-592, 2006.
- 108- LOMBARDI, V. Pattenon. **Beginning weight training: the safe and effective way**. WCB/McGraw-Hill, 1989.
- 109- GIBALA MJ, MCGEE SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?. **Exerc Sport Sci Rev**. 2008;36(2):58-63.13.
- 110- GIBALA MJ, LITTLE JP, MACDONALD MJ, HAWLEY JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **J Physiol**. 2012;590(5):1077-84.14.
- 111- KUEHNBAUM NL, GILLEN JB, GIBALA MJ, BRITZ-MCKIBBIN P. Personalized metabolomics for predicting glucose tolerance changes in sedentary women after high-intensity interval training. **Sci Rep**. 2014;4:1-12.15.
- 112- BUCHHEIT M, LAURSEN PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. **Sports Med**. 2013;43(5):313-38.
- 113- KESSLER, Holly S.; SISSON, Susan B.; SHORT, Kevin R. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. **Sports medicine**, v. 42, n. 6, p. 489-509, 2012.
- 114- WESTON KS, Wisloff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. **Br J Sports Med**. 2014;48(16):1227-34.
- 115- MASROOR, Sidra et al. Heart rate variability following combined aerobic and resistance training in sedentary hypertensive women: A randomised control trial. **Indian heart journal**, v. 70, p. S28-S35, 2018.
- 116- KIVINIEMI, A. M. Hautala AJ, Kinnunen H, Tulppo MP. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. **Eur J Appl Physiol**, v. 101, p. 743-751, 2007.
- 117- JAVALOYES A, SARABIA JM, LAMBERTS RP, MOYA-RAMON M. Training Prescription Guided by Heart Rate Variability in Cycling. **Int J**

Sports Physiol Perform; 29:1-28; 2018. doi: 10.1123/ijsp.2018-0122. Epub ahead of print. PMID: 29809080.

118- KIVINIEMI, Antti M. et al. Daily exercise prescription on the basis of HR variability among men and women. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 42, n. 7, p. 1355-1363, 2010.

16. ANEXO



TESTE CARDIOPULMONAR MÁXIMO

Nome: _____ Tel: _____ Data: ____/____/____

Idade: _____ Endereço: _____

Massa Corporal (kg): _____ Estatura(cm): _____ Ciclo Menstrual: _____

Medicação: _____

FC Máx: _____ FC sub-máx: _____ FC Repouso: _____ PA Repouso: _____ Velocidade Inicial: _____ Incremento: _____

TEMPO	PA	FC	SPO ₂	CARGA	BORG RESPIRAÇÃO	BORG MMII
REPOUSO 3'						
AQUECIMENTO 3'						
TEMPO 3'						
TEMPO 6'						
TEMPO 9'						
TEMPO 12'						
TEMPO 15'						
RECUPERAÇÃO 2'						
REPOUSO 3'						
FINAL						

Tempo em que o teste foi interrompido: _____

Velocidade em que o teste foi interrompido: _____

OBSERVAÇÕES: _____



17. TERMO DE CONSETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto de Pesquisa: Programa combinado de reabilitação cardíaca para pacientes com fatores de risco para doenças cardiovasculares baseado na prescrição de exercício aeróbio pela vfc: um estudo prospectivo.

Prezado Senhor(a),

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa sobre a contribuição da medida de oxigênio da respiração e dos batimentos do coração para avaliação da sua capacidade de exercício no laboratório de fisioterapia cardiovascular. Os pesquisadores Rafael Santiago Floriano e Michel Silva Reis desenvolverão a pesquisa com as seguintes características:

Objetivo do estudo: avaliar a contribuição da variabilidade da frequência cardíaca num programa combinado de exercícios realizados no ambulatório de fisioterapia cardiovascular para reabilitação cardíaca em pacientes com fatores de risco para doenças no coração.

Descrição dos procedimentos do estudo: Inicialmente você passará pela avaliação do médico e pelos seguintes exames: avaliação física (medida da altura, peso, pressão arterial); avaliação do pulmão (escutar os sons dos pulmões e medir a quantidade de ar nos pulmões) e do coração (eletrocardiograma e avaliação do batimento do coração); da força de alguns músculos das pernas e braços; e também um teste para avaliar a capacidade de pedalar na bicicleta ergométrica. Todos eles serão feitos de maneira não invasiva (o que quer dizer que sem a utilização de medicamentos ou de procedimentos cortantes e sem agulhas). Os protocolos experimentais serão realizados no Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Reabilitação Cardiorrespiratória da Universidade Federal do Rio de Janeiro em sala devidamente climatizada com temperatura entre 22 e 24° C e umidade relativa do ar entre 50 e 60%. Os voluntários serão orientados a se prepararem para os testes na véspera e no dia dos mesmos - evitando consumo de bebidas cafeinadas e realização de exercícios físicos, buscando ter uma noite de sono adequada; alimentação leve pelo menos duas horas e meia antes dos testes e trajando roupas leve e que favoreçam a transpiração. As avaliações ocorrerão sempre no período da tarde, iniciando às 13:00h e finalizando no máximo 18:00 em cinco dias de visita ao laboratório.

. Benefícios: o exercício físico associados ao tratamento médico poderão melhorar a respiração, os batimentos do coração, a força dos músculos da perna e a capacidade de pedalar na bicicleta ergométrica. No entanto, a grande contribuição dessa pesquisa será em verificar se a realização deste programa de exercícios prescritos de acordo com a função do coração minutos antes do início dos exercícios poderá ter resultados voltados para a melhora da capacidade de exercício.

Riscos: Durante as avaliações você poderá apresentar algum tipo de desconforto como dor, aumento do suor, tontura, câimbras, falta de ar e palidez. No entanto, os pesquisadores envolvidos estão treinados para identificar esses desconfortos e julgar a necessidade de interromper as avaliações naquele dia. Além disso, durante as avaliações, que acontecerão em 5 visitas, será realizado o acompanhamento do sinal do coração (eletrocardiograma), da pressão arterial e da quantidade de oxigênio disponível no corpo (saturação de oxigênio).

Adicionalmente, havendo necessidade do acompanhamento de médicos especialistas, os pesquisadores arcarão com todas as despesas.

Garantia de acesso ao pesquisador responsável: Em qualquer fase do estudo você terá pleno acesso ao pesquisador responsável pelo projeto (Rafael Santiago Floriano e Michel Silva Reis) e sua equipe no Laboratório do Grupo Pesquisa em Avaliação e Reabilitação Cardiorrespiratória (GECARE), situado no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Rua Prof Rodolpho Paulo Rocco, s/n, 2o andar, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, ou pelos telefones 21 99979-6006 ou 21 979599077. Havendo necessidade, será possível, ainda, entrar em contato com o Comitê de Ética do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho que é um órgão que controla as questões éticas das pesquisas na instituição (UFRJ) e tem como uma das principais funções proteger os participantes da pesquisa de qualquer problema. O Comitê de Ética fica na Rua Prof Rodolpho Paulo Rocco, 255, 7o. andar, ala E, Ilha do Fundão. Rio de Janeiro, RJ, ou pelo telefone (21) 3938-2480, de segunda a sexta-feira, das 8 às 16 horas ou email: cep@hucff.ufrj.br.

Garantia de liberdade: A participação é voluntária e caso você queira desistir de participar da pesquisa, poderá fazê-lo em qualquer tempo e no momento em que desejar sem nenhum prejuízo. Lembramos, assim, que sua recusa não trará nenhum prejuízo à relação com os pesquisadores ou com a Instituição e sua participação não é obrigatória.

Direito de confidencialidade e acessibilidade: Os resultados de suas avaliações, bem como seu prontuário, serão de responsabilidade dos pesquisadores responsáveis pelo projeto e você terá direito de conhecer os resultados. As informações obtidas durante as avaliações serão mantidas em sigilo pela equipe e não poderão ser consultadas por outras pessoas sem sua expressa autorização por escrito. Essas informações, no entanto, poderão ser utilizadas para divulgação dos resultados deste estudo em reuniões, eventos e congressos científicos nacionais e internacionais, como também para publicação dos dados em revistas e jornais científicos. Garantimos sua privacidade, não divulgando nenhum dado pessoal que possibilite sua identificação.

Despesas e compensações: Você não terá, em momento algum, despesas financeiras pessoais. As despesas, assim, se porventura ocorrerem, serão de responsabilidade dos próprios pesquisadores. Também, não haverá compensação financeira relacionada à sua participação e os pesquisadores não receberão qualquer remuneração.

Por fim, em caso de dano pessoal, diretamente relacionados as avaliações, você terá direito à indenização legalmente estabelecida.

Em caso de dúvidas ou questionamentos, você pode se manifestar agora ou em qualquer momento do estudo para explicações adicionais.

Consentimento

Declaro que concordo em participar da pesquisa e receberei uma via desse Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a outra ficará com o pesquisador responsável por essa pesquisa. Além disso, estou ciente de que eu e o pesquisador responsável deveremos rubricar todas as folhas desse TCLE e assinar na última folha.

Rio de Janeiro,

Nome

Data: ___ / ___ / ____

 Assinatura do participante

Data: ___ / ___ / ____

 Assinatura do pesquisador

Paciente No |__|__|

18. Consentimento livre esclarecido

Programa combinado de reabilitação cardíaca para pacientes com fatores de risco para doenças cardiovasculares baseado na prescrição de exercício aeróbio pela vfc: um estudo prospectivo.

Instituição: Hospital Universitário Clementino Fraga Filho-UFRJ

Investigadores: Rafael Santiago Floriano / Michel Reis

Telefone: 39382618 ou 39382434

1. PROPOSTA DO ESTUDO

Estamos desenvolvendo uma pesquisa que procura identificar grupos de pacientes com fatores de risco para doenças cardiovasculares que tenham disponibilidade em participar de um programa de reabilitação cardíaca com frequência de três vezes na semana durante no mínimo três meses, mas não excedendo muito mais tempo que isto.

2. DURAÇÃO DO ESTUDO E NÚMERO DE INDIVÍDUOS

Você será um dos 20 pacientes com fatores de risco para doenças cardiovasculares que irão participar deste estudo. A duração esperada deste estudo é de aproximadamente 2 anos.

Mulheres com possibilidade de engravidar podem participar deste estudo, assim como as que estão utilizando métodos anticoncepcionais adequados, inclusive métodos de barreira. Mulheres que estiverem amamentando e mulheres grávidas não devem participar do estudo.

3. PROCEDIMENTO A SEREM SEGUIDOS

O período deste estudo clínico é de aproximadamente 2 anos e você será solicitado a comparecer a este hospital para realização dos exames num total de 5 visitas no ambulatório de Fisioterapia Cardiovascular, que fica no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, na UFRJ (HUCFF/UFRJ) para as avaliações iniciais. A primeira visita, que acontecerá no dia de sua consulta, você passará por uma avaliação completa, que também terá como finalidades verificar se você preenche os critérios para entrar no estudo. Na segunda visita você deve fazer um exame no dinamômetro isocinético com coleta da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e eletrocardiograma. A terceira visita sua será com objetivo de avaliar a sua força muscular máxima

de pernas e braços. Na quarta visita você será encaminhado para o pesquisador (Rafael Santiago Floriano) para que você seja submetido ao teste de exercício cardiopulmonar (TECP). O teste cardiopulmonar consiste em fazer exercício através de um aparelho, onde será medido sua capacidade cardiopulmonar. Este exame não implica em nenhum risco ou desconforto. O custo de todos os testes, exames e cuidados médicos necessários, como parte deste estudo, não terão nenhum custo para você.. Seu tratamento não será alterado e nada lhe será cobrado. Você poderá vir ao ambulatório mais vezes além do habitual. Poderá vir a ser chamado pelo correio para fazer exames, fora de suas consultas habituais. Você terá acompanhamento pelo médico do nosso programa (Dr Fábio Ákio). Você terá toda liberdade de vir ao ambulatório para resolver qualquer dúvida junto ao seu médico assistente. Na quinta visita você realizará um exame que afere a VFC em algumas posições (deitado, sentado e sentado com uma manobra respiratória), além de utilizar a VFC para gerar a sua linha de base em todas as vezes que chegar no laboratório para realizar o programa de reabilitação proposto.

Você será informado, pelo médico do programa, dos resultados dos exames realizados com a presença dele. Os mesmos serão usados no acompanhamento de suas condições clínicas e também serão alvo de estudos.

É importante também que você informe ao seu médico qualquer mudança ou problema que ocorra durante este estudo, incluindo qualquer sintoma desagradável ou diferente que se manifeste, bem como a melhora que for observada.

4. RISCOS E DESCONFORTOS

O teste cardiopulmonar pode causar um leve desconforto respiratório para você. Você que vai dizer quando parar o exame. Implica em você fazer exercício de modo controlado em uma esteira.

5. EXCLUSÃO DO ESTUDO

Existem neste estudo critérios de inclusão e exclusão que serão discutidos pelo investigador com você. Você estará excluído deste estudo caso não os preencha. O investigador deste estudo pode, a qualquer momento, retirar você do mesmo, sem seu consentimento, se você voluntariamente desobedecer as orientações do estudo, como faltar constantemente às consultas ou faltar constantemente ao exames

Você pode optar por não fazer parte deste estudo ou descontinuar a sua participação no mesmo a qualquer momento, sem que isto acarrete em prejuízos para seu tratamento atual ou futuro.

6. POSSÍVEIS BENEFÍCIOS DESTE ESTUDO

Embora não haja nenhuma garantia de que o(a) sr(a) terá benefícios com este estudo, é possível que o acompanhamento clínico detalhado que o(a) sr(a) receberá durante os 24 meses de duração do estudo poderão ser de auxílio no tratamento da sua doença, independente do benefício direto caso exista. Este acompanhamento clínico poderá permitir a identificação de complicações naturais ou de agravamento da sua doença de forma mais precoce, permitindo uma ação médica mais eficaz nestes casos. Não obstante, outros pacientes podem vir a se beneficiar dos resultados deste estudo. É possível, entretanto, que nenhum benefício à sua saúde ocorra durante ou após o estudo ser completado. As informações de seu histórico médico são confidenciais e serão tomadas todas as precauções para preservá-las. A menos que requerido judicialmente, apenas o investigador, auditores terão acesso a dados confidenciais de seu prontuário médico e dados que o identifiquem pelo nome.

Os resultados do estudo poderão ser publicados em revistas médicas, apresentados em congressos ou eventos científicos ou às autoridades sanitárias, sem que seu nome seja mencionado em parte alguma. Assinando este consentimento você estará autorizando para estas pessoas o acesso ao seu prontuário médico e aos seus dados. Todo o material coletado será utilizado apenas neste estudo para realização dos exames laboratoriais específicos no próprio protocolo. Este material não será utilizado em outros estudos ou para outros fins.

9. PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA

Sua participação neste estudo é voluntária. Você pode se recusar a participar bem como desistir do mesmo a qualquer momento, antes ou durante o período do estudo sem qualquer prejuízo ao seu tratamento. Caso você decida descontinuar do estudo após seu início, para sua própria segurança você deverá retornar ao hospital para conversar com os pesquisadores responsáveis pelo estudo para que eles possam orientá-lo sobre as possíveis opções.

10. CONSENTIMENTO PARA PARTICIPAR DESTE ESTUDO

Li, ou alguém leu para mim, as informações contidas neste documento antes de eu assinar este termo de consentimento. Minha participação neste estudo é voluntária. Poderei retirar-me deste estudo a qualquer momento sem causar mal-estar ou comprometer meu atendimento médico neste hospital, e nem violar meus direitos. Minha participação neste estudo pode também ser encerrada pelos médicos envolvidos, por razões que serão explicadas. Tive chance de fazer perguntas e recebi respostas que me satisfizeram plenamente. Entendo também que posso contatar os indivíduos abaixo mencionados no caso de qualquer preocupação relativa a este estudo.

Por meio deste, decido voluntariamente participar deste estudo. Afirmando que recebi uma cópia assinada deste acordo de consentimento livre e esclarecido e que a minha assinatura neste consentimento, como participante, não significa que estou renunciando aos meus direitos legais, de acordo com as leis vigentes no Brasil

Nome do participante (letra de forma)

Assinatura

data

Atestado da pessoa que obteve o consentimento

Uma das pessoas listadas abaixo, ou ambos, explicou cuidadosamente ao participante a natureza do estudo de pesquisa acima. Atesto por meio deste que, segundo meu melhor entendimento, a pessoa que assinou este termo de consentimento entende a natureza, os requisitos, os benefícios e os riscos de participar e que sua assinatura é válida. Nenhum problema médico ou de linguagem prejudicou seu entendimento.

Nome do investigador (letra de forma)

Assinatura

data

Informação para contato com os membros da equipe da pesquisa

Título: _____ Nome: _____ Telefone: _____

Assinatura do coordenador da pesquisa-investigador data: