CARLOS ALBERTO CORDEIRO HOSSRI

**Efeitos da reabilitação cardiopulmonar sobre o tempo de
tolerância ao exercício e a cinética do consumo de oxigênio
em cardiopatas isquêmicos**

Tese apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em
Ciências.

Programa de Pneumologia

Orientador: Prof. Dr. André Luís Pereira
de Albuquerque

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Roberto
Ribeiro Carvalho

Versão corrigida, a original se encontra disponível na FMUSP

**São Paulo
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Hossri, Carlos Alberto Cordeiro

Efeitos da reabilitação cardiopulmonar sobre o tempo de tolerância ao exercício e a cinética do consumo de oxigênio em cardiopatas isquêmicos / Carlos Alberto Cordeiro Hossri. -- São Paulo, 2014.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Pneumologia.

Orientador: André Luís Pereira de Albuquerque.

Coorientador: Carlos Roberto Ribeiro Carvalho.

Descritores: 1.Doenças cardiovasculares/reabilitação 2.Tolerância ao exercício/fisiologia 3.Cinética 4.Consumo de oxigênio 5.Qualidade de vida 6.Doença arterial coronariana 7.Cardiopatia isquêmica

USP/FM/DBD-271/14

A meu Pai, Prof. Antonio Mauricio Hossri, "Nenê", que sempre foi meu melhor exemplo de humanismo. Meu primeiro incentivador para o curso de Medicina. Sempre me recitava essas palavras: – Veja quantas pessoas você poderá ajudar, quantas pessoas você poderá estender a mão e resgatá-las do solo após a queda, emitir uma palavra de apoio amigo, um olhar de atenção, um ato médico que promoverá, antes de tudo, um pouco de conforto ao sofrimento de tantos. Aqui está meu trabalho científico mais importante, Pai.

A minha Mãe, Profa. Maria Aparecida Cordeiro Hossri, "Vó Maria", que me proporcionou a vida. O poder da reflexão de hoje, me remete ao aconchego do carinho constante do nosso lar da infância. À Sra. Mãe, com amor, de seu filho.

A minha esposa Eliana: “Li”, sei da paciência necessária para estar sempre me esperando. Minhas vitórias são suas vitórias, meus méritos sempre estarão ligados à sua companhia e ao seu amor.

Aos meus filhos, Guilherme, Flávio e Gustavo, minhas maiores motivações, meus amores eternos e incondicionais. Os melhores frutos que Deus me deu.

Aos meus Avós (in memorian), Cecília e Miled, e Lourdes e Mansour, a lembrança dos melhores momentos da infância. Sempre me recordo deles e penso como seria bom poder mostrar meus trabalhos, discutir meus problemas saboreando aquelas comidas gostosas das casas dos avós.

Ao meu Tio Daniel (in memorian), seu exemplo me demonstrou que sem dedicação não existe o verdadeiro sucesso e que todos fazemos parte de uma Energia Maior que chamamos de Deus, que estará sempre conosco, mas que, paradoxalmente, nos lembramos mais Dele nos momentos de dor do que nos de alegria.

Aos meus irmãos de sangue Mauricio (Ito), Henrique (Feriche), Paulo (Saraiva) e Ricardo (Cadão). À Dra. Mara, exímia advogada e minha querida cunhada que sempre procurou me defender e me apoiar em todos os momentos. Aos meus amigos irmãos Dr. Nelson Zilli Baptista, Prof. José Ricardo (Zeca), Prof. José Eduardo (Du) e Engenheiro e Mestre Luis Carlos Biella, pelo incentivo e pela amizade incondicionais.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Ribeiro Carvalho, o primeiro “apoiador”, o responsável por essa empreitada acadêmica, exemplo de médico, amigo e Professor Orientador, minha gratidão será eterna, assim como minha dívida.

Ao Prof. Dr. André Albuquerque, meu Orientador, um modelo de profissional e de integridade humana e acadêmica exemplares, serei sempre grato pela atenção sempre dispensada e pela orientação em todas as fases desta tese.

Ao Prof. Dr. Romeu Sérgio Meneghelo, mestre eterno da seção de Ergometria e Reabilitação, pelos primeiros ensinamentos da especialidade, agradeço de coração pelo modelo exemplar de médico, professor e amigo que sempre demonstrou para com seus pupilos.

Ao Prof. Dr. Horácio Arakaki, meu Pai na profissão de Ergometrista, meu melhor exemplo de integridade moral e postura profissional, minha eterna gratidão.

Aos Doutores José Eduardo e Maria Helena Fraga Azôr Abib, que me abriram as portas da Cardiologia quando cheguei a São Paulo para fazer a residência médica, pelos primeiros livros desde a época da Faculdade de Medicina, como agradecer todos estes presentes, apoios e considerações? Maria Helena e Zé Eduardo, muito obrigado sempre!!!

Ao Prof. Dr. Luiz Eduardo Mastrocolla, meu exemplo de perseverança, de dedicação e de vida. O mais completo Ergometrista do Brasil. Obrigado pelos ensinamentos e pelas orientações sempre apropriados, como todas críticas, sempre construtivas.

Ao Prof. Dr. Gilson Tanaka Shinzato, grande amigo e exímio fisiatra, pelas avaliações musculoesqueléticas de todos os pacientes antes de entrarem no programa de reabilitação.

Ao Prof. Dr. Abrão Cury Júnior, pelo apoio desde o 1º Curso de Reabilitação Cardiopulmonar em 2001, sempre acreditando e valorizando essa área do conhecimento dentro de toda extensão de procedimentos preventivos e terapêuticos da clínica médica.

Ao Prof. Dr. Mário Terra Filho, pela generosidade em me acolher na Pós-Graduação da FMUSP, meu sonho de espírito acadêmico, muito obrigado.

Aos meus colegas da equipe da Pneumologia, que participaram da minha vivência no laboratório de ergoespirometria: Prof. Dr. Bruno Baldi, Prof. Dr. João Marcos Salge, Profa. Dra. Eloara Vieira, Prof. Dr. Fernando Pinho Queiroga e ao Dr. Dany Jasinowodolinski, pelo auxílio na organização das referências bibliográficas, agradeço todo apoio recebido e estímulo que muito me auxiliou durante o desenvolvimento dessa tese.

Aos Professores da Pós-Graduação da FMUSP, Geraldo Lorenzi Filho, Pedro Caruso, Tereza Takagaki, Rogerio de Souza, Alvaro Avezum, Leopoldo Piegas, Helio Magalhães, Michel Batlouni, Carlos Pedra, Simone Pedra, Maria Aparecida de Paulas, Virgínia, meus agradecimentos perenes pelos ensinamentos recebidos.

À Profa. Dra. Susimeire Buglia, muito grato pela ajuda e pelas dicas sempre oportunas, Dr. Bruno Zaccara, Dr. Alexandre Novacoski Alves, meus sócios na Ergocor, pelo apoio contínuo nesta longa jornada. Aos amigos da equipe de ergometria do HCor, Dra. Renata, Dra. Fabíola, Dra. Cláudia, Dr. Tsuneo, Dra. Carolina, Dr. Gustavo, Dr. Bruno, Dra. Mariana, Dra. Luciana e, em especial, à Dra. Adriane Reis (in memoriam), cuja alegria contagiante deixou um vazio irreparável no coração de toda equipe.

Ao Prof. Dr. Ricardo Pavanello, amigo de longa data no Hospital do Coração, pelo apoio, pela atenção e pelas orientações a mim dispensados, meu muito obrigado.

À Profa. Dra. Rica Büchler, minha primeira mestre e incentivadora na seção de Reabilitação, pelo apoio contínuo e pelos ensinamentos, minha eterna gratidão.

Aos meus amigos e colegas da Seção de Ergometria e Reabilitação do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, Dra. Angela Fuchs, Dr. Almir Ferraz, Dr. Sandro Pinelli, Dra. Flavia Moraes, Dr. Luis Saliba e à minha primeira residente em Ergometria & Reabilitação e Ergoespirometria no HCor, Dra. Guacira Grecca, meu muito obrigado a todos pelo apoio e pela compreensão.

A todos os amigos e funcionários do Setor de Reabilitação Cardíaca, Pulmonar e Metabólica do Hospital do Coração, em especial, aos educadores físicos e fisioterapeutas, Profª. Eliane Cordeiro e Reginaldo Ceolin, que estiveram sempre presentes na execução do treinamento físico pelos pacientes durante o programa de reabilitação.

Às secretárias que me auxiliaram de forma vital durante toda pós-graduação Sra. Luciana e Sra. Carmem.

À secretária Silvania, do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, por todo apoio dispensado durante todo o processo de desenvolvimento da tese.

À Dona Eliana Abla, secretária da nossa equipe no HCor, pela dedicação e pelo carinho ímpares durante todo percurso.

À estatística Mestre Soane, pelo auxílio nas análises estatísticas imprescindíveis nesta jornada.

Ao meu amigo Mestre Luis Carlos Biella, pelo incentivo incondicional no desenvolvimento e na realização da minha tese de doutorado, a despeito, da importância da sabedoria com fundamento (PVA), meus sinceros agradecimentos pelas orientações e pela amizade.

À Direção do Hospital do Coração ASS, em especial, na pessoa da superintendência executiva do Dr. Antonio Carlos Kfoury, pelo apoio na sustentação do Programa de Reabilitação e possibilitar a realização dos exames complementares que tornaram possível a realização desta tese.

A todos os pacientes que me motivaram na perseverança da busca de conhecimentos para ganhos na qualidade de vida em geral e na promoção de saúde para um mundo melhor...

*“A busca do conhecimento é o movimento que fornece o
substrato energético da alma”.*

Carlos Hossri

NORMATIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AHA	<i>American Heart Association</i>
ADP	Difosfato de adenosina
ATP	Trifosfato de adenosina
ACC	<i>American College of Cardiology</i>
BTPS	<i>Body Temperature and Pressure Saturated</i>
bpm	batimentos cardíacos por minuto
C(a-v)O ₂	diferença arteriovenosa de oxigênio
Cinética do VO ₂	cinética do consumo de oxigênio
DC	débito cardíaco
DCV	doenças cardiovasculares
ECG	eletrocardiograma
FC	frequência cardíaca
FC rec	frequência cardíaca no 1 min da fase de recuperação
FR	frequência respiratória
IAM	infarto agudo do miocárdio
ICC	insuficiência cardíaca congestiva
IMC	índice de massa corpórea
IMG	índice de massa gorda
IMM	índice de massa magra
m	metro
min	minuto
MET	equivalente metabólico
MRT	<i>mean response time</i> – tempo médio de resposta
MVO ₂	consumo de oxigênio miocárdico
O ₂	Oxigênio
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAS	pressão arterial sistólica
PAD	pressão arterial diastólica
PRCPM	Programa de Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica
LV1	limiar ventilatório 1

PCR	ponto de compensação respiratória
PCr	fosfocreatina
PuO ₂	pulso de oxigênio
PETCO ₂	pressão expiratória final de dióxido de carbono
PETO ₂	pressão expiratória final de oxigênio
Pot. Circ.	Potência Circulatória
RCPM	reabilitação cardiopulmonar e metabólica
RC	reserva cronotrópica
RER	razão de trocas gasosas
RFC	recuperação da frequência cardíaca
rpm	incursões respiratórias por minuto
RV	reserva ventilatória
SpO ₂	saturação periférica de oxigênio
seg.	segundos
SF-36	<i>Short-Form Healthy Survey 36 Questionnaire</i>
TE	teste ergométrico
TCPE	teste cardiopulmonar de exercício
TSCC	teste submáximo de carga constante
Tlim	Tempo até o limite da tolerância no TCPE de carga constante
TAU(τ)	constante de tempo na cinética do consumo do oxigênio
TD	<i>Time delay</i> – tempo de atraso
V'CO ₂	produção de gás carbônico
V'E	ventilação minuto
VEF ₁	volume expiratório forçado no primeiro segundo
V'O ₂	consumo de oxigênio
VVM	ventilação voluntária máxima
WHO	<i>World Health Organization</i>
Δ	delta
Δt	intervalo de tempo
τ	constante de tempo (do grego “ <i>tau</i> ”)
Φ	fase da cinética (do grego “ <i>f</i> ” ou “ <i>ph</i> ”)
Σ	somatória

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação do grupo intervenção vs grupo excluído da análise por não adesão ao programa de RCPM.....	42
Tabela 2	Características demográficas, clínicas e funcionais dos 69 pacientes, pré e pós-reabilitação.	44
Tabela 3	Resultados do TRIM e do TSCC quanto à resposta isquêmica e arritmias.	46
Tabela 4	Variáveis do TRIM: comparação pré e pós-RCPM.....	49
Tabela 5	Correlações entre o aumento no tempo de teste incremental (pós – pré RCPM) e as diversas variáveis.	50
Tabela 6	Respostas cardiovasculares, metabólicas e ventilatórias à intervenção pelo Teste Submáximo de Carga Constante (TSCC).....	51
Tabela 7	Correlação entre o TLIM pós e pré-reabilitação e as diversas variáveis.	52
Tabela 8	Correlações da qualidade de vida com as diversas variáveis antropométricas e funcionais.	55
Tabela 9	Regressão múltipla com o sumário físico como desfecho e suas variáveis preditoras.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema para identificação das fases da cinética do $\dot{V}O_2$, evidenciando a fase II.....	7
Figura 2	Fluxograma das visitas realizadas durante o estudo. PRCPM: Programa de Reabilitação Cardíaca, Pulmonar e Metabólica.	18
Figura 3	Equipamentos para realização do TCPE	22
Figura 4	Monitoração eletrocardiográfica.....	24
Figura 5	Fotografia durante a realização do TCPE em paciente do programa de RCPM.....	27
Figura 6	Fases da cinética do $\dot{V}O_2$	34
Figura 7	A) Ilustração do conceito que descreve a cinética do $\dot{V}O_2$ até o estado estável do exercício. B) Representação do gráfico exibido pelo <i>software da MedGraphics- Breeze</i> de um paciente submetido ao teste submáximo de carga constante.	35
Figura 8	Esquema de treinamento intervalado do Programa de Reabilitação - duração completa da sessão: 60 min.	37
Figura 9	Paciente do programa de RCPM realizando treinamento aeróbico sob monitorização por telemetria multicanal	38
Figura 10	Pacientes durante o treinamento aeróbico de uma sessão de reabilitação (RCPM).....	38
Figura 11	Paciente realizando treinamento resistido de membros superiores	39
Figura 12	Dados obtidos pela bioimpedância elétrica (BIE).	43
Figura 13	Gráfico de distribuição percentual do uso dos principais fármacos	45
Figura 14	Evolução da classe funcional pela <i>New York Heart Association</i> (NYHA) pré e pós-reabilitação cardiopulmonar e metabólica (RCPM)	47

Figura 15	Exemplo de curvas cinéticas “fitadas” antes e após o treinamento.....	52
Figura 16	Gráfico da diferença do tempo (Δt) de exercício realizado entre os protocolos de rampa incremental máximo (TRIM) e submáximo de carga constante	53
Figura 17	Gráfico das respostas aos diversos domínios do questionário de qualidade de vida SF-36 antes e após a intervenção do programa de reabilitação (RCPM).....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Domínios do SF 36	21
Quadro 2	Escala de Borg modificada	28

RESUMO

Hossri CAC. *Efeitos da reabilitação cardiopulmonar sobre o tempo de tolerância ao exercício e a cinética do consumo de oxigênio em cardiopatas isquêmicos* [Tese]. São Paulo, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2014.

Introdução: A reabilitação cardiopulmonar e metabólica (RCPM) é uma importante estratégia no tratamento da insuficiência cardíaca isquêmica. Entretanto, os seus principais mecanismos de melhora e as correlações com aumento na capacidade de exercício e menos sintomas ainda não estão totalmente esclarecidos. **Objetivos:** Investigar os efeitos de um programa multidisciplinar de RCPM sobre o tempo de tolerância ao esforço (TLim) e a resposta da fase rápida (fase II) da cinética do consumo de oxigênio (variável relacionada ao desempenho oxidativo muscular) em cardiopatas isquêmicos. Adicionalmente, avaliar as variáveis cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas nos TCPE máximo (TRIM) e de endurance (TSCC), além da composição corporal pela bioimpedância elétrica, fração de ejeção (FE) e qualidade de vida. **Métodos:** Cento e seis pacientes com cardiopatia isquêmica encaminhados ao PRCM foram submetidos ao TRIM em esteira rolante e, após intervalo de 1 a 7 dias, ao TSCC, com 80% da carga atingida no TRIM. Trinta e sete (37) pacientes foram excluídos, 31 por adesão < 50% às sessões de treinamento, 3 com IMC > 35kg.m⁻² e 3 com FE < 35%. Após 12 semanas de RCPM, 69 pacientes foram ressubmetidos aos mesmos testes e analisados os efeitos sobre o TLim, fase II da cinética do V'O₂ e a qualidade de vida. **Resultados:** Os pacientes tiveram evidente redução da sua limitação funcional e 95,6% tornaram-se classe I (pré-RCPM era 62,3%), 4,3% classe II (31,8% antes intervenção) e nenhum mais na classe III da NYHA (5,8% anteriormente), após a intervenção da RCPM. Apresentaram melhora significativa no desempenho ao esforço em ambos protocolos TRIM e TSCC, no entanto, o aumento no tempo de tolerância ao esforço foi quase 3 vezes superior no TSCC. Dentre os diversos sistemas avaliados pelo TCPE, o componente periférico foi o que apresentou melhora mais significativa, principalmente pelo incremento na fase II da cinética do V'O₂, com redução da constante de tempo (tau) τ ($p < 0,001$) e de modo paralelo o *mean response time* ($p < 0,001$), que engloba também a fase III. Houve redução dos índices isquêmicos ao esforço, bem como da densidade arritmogênica significativa em 37%. Houve melhora significativa em todos os domínios do questionário de vida ($p < 0,001$) e modesta, mas com significância estatística na composição corporal pela BIE com incremento da massa magra e redução da massa gorda após treinamento e, também, da FE. A qualidade de vida se correlacionou com a fase II da cinética do V'O₂ (tau), tanto no sumário físico quanto mental. Na análise de regressão

múltipla, o sumário físico pós-RCPM teve como variáveis preditoras a fase II da cinética do $\dot{V}O_2$ e a FE. **Conclusões:** A RCPM resultou em importantes benefícios fisiológicos e de qualidade de vida aos pacientes com cardiopatia isquêmica com CF predominante I e II. A qualidade de vida esteve associada à obtenção da resposta mais rápida da cinética do $\dot{V}O_2$, que reflete a melhora no metabolismo oxidativo muscular. O treinamento físico regular promoveu retardamento do limiar de isquemia miocárdica e redução da densidade arritmogênica. O TSCC, em relação ao TRIM, detectou ganhos de maior magnitude após o programa de RCPM, como o TLim, e proporcionou a mensuração de novos índices na avaliação das respostas à intervenção do treinamento físico como a cinética do $\dot{V}O_2$.

Descritores: Doenças cardiovasculares/reabilitação; Tolerância ao exercício/fisiologia; Cinética; Consumo de oxigênio; Qualidade de vida; Doença arterial coronariana; Cardiopatia isquêmica.

SUMMARY

Hossri CAC. *Effects of cardiopulmonary rehabilitation in exercise tolerance time and oxygen kinetics in ischemic heart disease* [Thesis]. Sao Paulo, University of Sao Paulo Medical School, 2014.

Introduction: Cardiopulmonary and Metabolic Rehabilitation (CPMR) is an important strategy in the treatment of ischemic heart failure. However, their main mechanisms of improvement and correlations with increased exercise capacity and fewer symptoms are still not fully understood. **Objectives:** To investigate the effects of a multidisciplinary CPMR program on exercise tolerance time (TLim) and the response of the fast phase (phase II) of the kinetics of oxygen consumption (variable related to muscle oxidative performance) in ischemic cardiomyopathy. Additionally, to evaluate cardiovascular, ventilatory and metabolic variables in maximal (Max) and endurance (End) cardiopulmonary tests, and body composition by bioelectrical impedance analysis, ejection fraction (EF) and quality of life. **Methods:** One hundred and six patients with ischemic cardiomyopathy referred to CPMR underwent Max on a treadmill and, after an interval of 1 to 7 days, the End with 80% load achieved in Max. Thirty-seven (37) patients were excluded, 31 with participation of <50% in the training sessions, 3 with BMI > 35kg.m⁻² and 3 with EF <35%. After 12 weeks of CPMR, 69 patients underwent the same tests and analyzed the effects on TLim. **Results:** The patients had an evident reduction in functional limitation and 95.6% became Class I (pre-CPMR was 62.3%), 4.3% class II (31.8% before intervention) and no longer in class III (5.8% previously), after the intervention of the CPMR. They had significant improvement in performance when effort on both Max and End protocols, however, the increase in exercise tolerance time was nearly 3 times higher in End. Among the various systems assessed by CPET, peripheral component showed the most significant improvement, especially the increase in the phase II kinetics V'O₂, reducing the time constant (tau) τ ($p < 0.001$) and so parallel the mean response time ($p < 0.001$), which also includes the phase III. There was a reduction of ischemic effort indices as well as the significant arrhythmogenic density by 37%. There was significant improvement in all domains of quality of life ($p < 0.001$) and modest, but with statistical significance, in body composition by bioelectrical impedance with increasing lean mass and decreasing fat mass after training and also the EF. The quality of life was correlated with the phase II kinetics V'O₂ (tau), both physical and mental domains. In multiple regression analysis, the physical summary post CPMR had as predictors phase II kinetics V'O₂ and EF. **Conclusions:** The CPMR has resulted in important physiological benefits and quality of life for patients with ischemic heart disease with predominant NYHA I and II. The quality of life was associated

with obtaining more rapid response kinetics $\dot{V}O_2$, reflecting the improvement in muscle oxidative metabolism. Regular physical training promoted retardation in the threshold of myocardial ischemia and reduced arrhythmogenic density. The End, when compared to Max, detected gains of greater magnitude after CPMR as T_{lim} , and provided the measurement of new indices in the evaluation of responses to the intervention of physical training as the kinetics of $\dot{V}O_2$.

Descriptors: Cardiovascular diseases/rehabilitation; Exercise tolerance/physiology; Kinetics; Oxygen consumption; Quality of life; Coronary artery disease; Ischemic cardiopathy.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

RESUMO

SUMMARY

1 INTRODUÇÃO.....	2
1.1 Doença arterial coronária e relevância clínica	2
1.1.1 Considerações iniciais	2
1.1.2 Quadro clínico	2
1.1.3 Abordagem propedêutica e terapêutica	3
1.1.4 Reabilitação cardiopulmonar e metabólica	3
1.1.5 Racional do estudo	4
1.1.6 Testes submáximos de carga constante (TSCC).....	5
1.1.7 Implicação clínica.....	9
2 HIPÓTESE DO ESTUDO.....	12
3 OBJETIVOS	14
3.1 Objetivos primários	14
3.2 Objetivos secundários.....	14
4 MÉTODOS.....	16
4.1 Desenho do estudo e população	16
4.1.1 Critérios de inclusão	16
4.1.2 Critérios de exclusão	17
4.2 Delineamento do estudo	17
4.3 Avaliações.....	19
4.3.1 Avaliação clínica e multidisciplinar	19
4.3.1.1 Avaliação nutricional e bioimpedância elétrica.....	19
4.3.1.2 Avaliação fisiátrica	20
4.3.1.3 Avaliação psicológica.....	20
4.3.1.4 Ecodopplercardiograma	20

4.3.2 Caracterização funcional e qualidade de vida.....	21
4.3.3 Testes Cardiopulmonares de Exercício (TCPE)	22
4.3.3.1 <i>Espirometria</i>	23
4.3.3.2 <i>Preparo para o TCPE e monitorização eletrocardiográfica</i>	24
4.4 Variáveis analisadas	27
4.4.1 Variáveis clínicas	27
4.4.2 Variáveis cardiovasculares	28
4.4.3 Variáveis metabólicas	30
4.4.4 Variáveis ventilatórias e de trocas gasosas	31
4.4.5 Variáveis obtidas pelos testes submáximos de carga constante	31
4.4.5.1 <i>Cinética do consumo de oxigênio (Cinética do $V'O_2$)</i>	31
4.4.5.2 <i>A análise da cinética do $V'O_2$</i>	32
4.4.5.3 <i>Fases da cinética do $V'O_2$</i>	34
4.5 Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica (RCPM) (intervenção).....	36
4.5.1 Programação das sessões de exercício	36
4.5.2 Tipos de exercício nas sessões de treinamento	37
4.5.2.1 <i>Treinamento aeróbico</i>	37
4.5.2.2 <i>Treinamento resistido</i>	39
4.6 Análise estatística	40
5 RESULTADOS	41
5.1 Respostas clínicas e antropométricas	42
5.2 Respostas da fração de ejeção ventricular e das alterações eletrocardiográficas ao programa de RCPM	45
5.3 Respostas quanto à classe funcional.....	46
5.4 Respostas do Teste de Rampa Incremental Máximo (TRIM) à RCPM	47
5.5 Respostas no Teste Submáximo de Carga Constante (TSCC) à RCPM	50
5.6 Comparação das respostas entre os protocolos TRIM e TSCC à intervenção do PRCPM	53
5.7 Respostas quanto à qualidade de vida: diversos domínios do SF 36.....	54
6 DISCUSSÃO.....	57
6.1 Respostas gerais à reabilitação: clínicas, de composição corporal, eletrocardiográficas/rítmicas e funcionais	58
6.2 Respostas no Teste Incremental Máximo (TRIM).....	60

6.3 Respostas no Teste Submáximo de Carga Constante	61
6.4 Limitações.....	64
7 CONCLUSÕES.....	66
8 ANEXOS.....	68
Anexo A - Termo de consentimento livre e esclarecido	68
Anexo B - Ficha clínica	72
Anexo C - Questionário de qualidade de vida relacionada à saúde.....	76
9 REFERÊNCIAS	81
APÊNDICES	

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Doença arterial coronária e relevância clínica

1.1.1 Considerações iniciais

A doença arterial coronária (DAC) situa-se entre as principais causas de morbimortalidade no mundo ocidental.^{1,2} Tal dado epidemiológico coloca a DAC, em associação com o acidente vascular cerebral (AVC), como as mais impactantes doenças cardiovasculares (DCV) e, portanto, merecedora de ações mais efetivas no gerenciamento de sua prevenção e tratamento.^{3,4}

1.1.2 Quadro clínico

A DAC consiste na presença de processos ateroscleróticos intracoronários comprometendo o fluxo sanguíneo e a consequente nutrição dos cardiomiócitos. Pode manifestar-se de diversas formas clínicas: a) agudas, caracterizadas por síndromes coronárias agudas que variam da angina instável até o infarto agudo do miocárdio, com ou sem supradesnivelamento do segmento ST; e b) crônicas, em que o quadro clínico pode ser silente (isquemia silenciosa)⁵, ou manifestar-se por dor torácica (angina do peito), aos esforços (angina estável), ou no repouso (angina instável), com risco potencial de evolução para o infarto agudo do miocárdio (IAM).

1.1.3 Abordagem propedêutica e terapêutica

O diagnóstico da DAC pode ser clínico pela presença de manifestações clássicas de dor ou desconforto torácico opressivo, relacionado ao esforço físico ou situações de estresse psicossocial. Em sua abordagem diagnóstica laboratorial não invasiva, as provas funcionais, como o teste ergométrico (TE), teste cardiopulmonar de exercício (TCPE), são as habitualmente realizadas. Essas provas podem estar associadas a outras metodologias, como a cintilografia miocárdica ou a ecocardiografia, e aumentar a acurácia dessas. O diagnóstico anatômico da DAC pode ser feito por meio da tomografia computadorizada de coronária, mas, para a localização e quantificação real das lesões ateroscleróticas, a cineangiocoronariografia ainda é considerada como o padrão-ouro.

Sua abordagem terapêutica não se limita às ações farmacológicas ou intervencionistas, como a revascularização miocárdica cirúrgica (RM) ou intervenções coronárias percutâneas (IPC) com ou sem implantes de próteses (*stents*). De fato, diversas terapias não farmacológicas e não intervencionistas podem ser atribuídas como opções no tratamento de portadores de (DAC).⁶⁻⁸ No entanto, essas ações não farmacológicas são, frequentemente, subutilizadas, haja vista o pequeno número de centros de reabilitação cardiovascular existentes em nosso meio.

De acordo com a organização mundial da saúde (OMS)¹, a DAC está em crescimento em países em desenvolvimento como o Brasil.² Ações educacionais poderiam ter maior impacto epidemiológico se fossem mais abrangentes e realmente efetivadas.^{1,9,10}

1.1.4 Reabilitação cardiopulmonar e metabólica

A reabilitação cardiovascular apresenta ação preventiva primária e secundária de doenças cardiovasculares (DCV) e promove melhora da qualidade de vida^{8,10}, especialmente nos indivíduos com cardiopatia

isquêmica. Esses, habitualmente, apresentam comorbidades, como pneumopatias, distúrbios osteomioarticulares, sobrepeso ou obesidade, além de distúrbios psicológicos, que impõem abordagem mais abrangente, atualmente denominada Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica (RCPM).¹¹ Adicionalmente, os cardiopatas, normalmente, são encaminhados aos centros de reabilitação em uma fase avançada das doenças cardiovasculares, já com comprometimento importante da sua capacidade funcional.

De acordo com a OMS, de 50% das mortes e complicações decorrentes das DCV poderiam ser evitadas se a combinação de esforços simples e custos efetivos em âmbito nacional e individual fossem direcionados à redução dos fatores de risco.²

Estratégias no âmbito de saúde pública necessitam ser implementadas a fim de que a população de cardiopatas isquêmicos possa usufruir de programas reabilitação cardíaca, cujas ações preventivas e terapêuticas^{10,11} sejam promovidas e seus benefícios ainda mais corroborados. Para obtenção dessas metas, os mecanismos pelos quais a intervenção da RCPM promove seus efeitos precisam ser melhores compreendidos, especialmente em cardiopatas com disfunção leve a moderada que correspondem à maior parte da população com DAC.^{11,12} No entanto, ainda são poucos os centros que a promovem, havendo, na prática clínica geral, uma disparidade entre a evidência da importância e a real prescrição de terapias na prevenção secundária de DCV (acidente vascular cerebral e doença arterial coronariana)¹³ e, por consequência, pouco estudadas as maneiras que avaliem seus efeitos.

1.1.5 Racional do estudo

Embora sejam conhecidos muitos benefícios dos programas de reabilitação, tais como a melhora da capacidade funcional e da qualidade de vida em cardiopatias (insuficiência coronária e/ou insuficiência cardíaca)^{11,12},

ainda existem dúvidas sobre qual a melhor forma de se aplicar um teste de exercício para detectar os efeitos do treinamento sobre os diversos sistemas quando submetidos a uma maior demanda energética.

Diversos marcadores extraídos das provas para a avaliação da capacidade funcional, como o teste ergométrico (TE) e o teste cardiopulmonar de exercício (TCPE), apresentam comprovado valor prognóstico, tais como o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2$ máx), a tolerância ao exercício e o gasto energético em equivalentes metabólicos (MET), a resposta ou reserva cronotrópica (RC) e a recuperação da frequência cardíaca (RFC)¹⁴⁻²⁰, dentre outros.

Assim, tais provas, normalmente, são realizadas em esteira rolante e aplicam protocolos de rampas incrementais ou escalonados tradicionais, como o de Bruce ou Ellestad^{21,22}, os quais são os mais utilizados na avaliação diagnóstica e prognóstica da doença arterial coronária, bem como na prescrição do treinamento físico. Contudo, muitos pacientes podem não atingir sua capacidade máxima de trabalho e interromperem o esforço precocemente.

Neste sentido, o $\dot{V}O_2$ máx atingido nem sempre reflete a melhor resposta aos programas de reabilitação cardiovascular. Os testes submáximos de carga constante, que avaliam o tempo total de exercício em uma carga contínua (TLim), em que há um estado estável de oferta e consumo de oxigênio (*steady state*), poderiam traduzir de forma mais adequada às respostas obtidas pelo treinamento físico supervisionado após a intervenção da reabilitação.

1.1.6 Testes submáximos de carga constante (TSCC)

Testes submáximos de carga constante (TSCC), também denominados de testes de “endurance”, aos quais, por definição, impõe-se um percentual do teste de rampa incremental máximo (TRIM), podem estar mais próximos da intensidade de esforço realizado durante as atividades da vida diária em

comparação aos testes máximos. Deste modo, o teste de esforço com protocolos submáximos pode ser mais sensível na identificação dos efeitos do treinamento físico sobre o cotidiano dos pacientes.²³⁻²⁶ Durante o teste de carga constante, também é possível fazer análises adicionais das respostas metabólicas e ventilatórias.^{20,27-29} Um parâmetro de especial importância relacionado a este tipo de protocolo de exercício é a cinética do consumo de oxigênio (cinética do $\dot{V}O_2$).

A caracterização da cinética do $\dot{V}O_2$ ³⁰ fornece informações valiosas sobre a eficácia do acoplamento na entrega de oxigênio para os tecidos, bem como sobre a capacidade de fosforilação oxidativa do próprio músculo. Durante o exercício moderado, indivíduos normais atingem o estado estável em torno de três minutos, com pequena e não sustentável elevação do lactato sérico.^{28,29,31,32}

A cinética do consumo de oxigênio, por determinar a magnitude do déficit de oxigênio e a dependência de fontes finitas de energia (glicólise e fosfocreatina), possui impacto direto na tolerância ao exercício. Além disso, a compreensão dos fatores limitantes e/ou determinantes da cinética do $\dot{V}O_2$ é fundamental para a elaboração de programas de reabilitação e de treinamento que aperfeiçoem o desempenho físico de pacientes e, também, de atletas.^{33,34}

Durante a transição do repouso para o exercício de carga constante, são identificadas três fases da cinética do $\dot{V}O_2$ (Figura 1). Destas, a fase II tem especial destaque por ser um índice indireto do metabolismo energético oxidativo da musculatura periférica. Deste modo, o estudo das respostas na fase II, após um programa de RCPM, torna-se um importante parâmetro das alterações advindas da musculatura periférica.³⁵

Figura 1 - Esquema para identificação das fases da cinética do $\dot{V}O_2$, evidenciando a fase II, de nosso maior interesse, que representa o consumo muscular de oxigênio, sucede a fase I cardiodinâmica e precede a fase III, que representa o estado estável. Esta figura ainda demonstra a presença do componente lento que é observado em provas com cargas acima do limiar anaeróbico, em que o $\dot{V}O_2$ máximo atingido torna-se próximo ao de provas incrementais máximas.³⁵

A fase II da cinética do $\dot{V}O_2$ representa o metabolismo oxidativo periférico, depende deste modo, da extração muscular e também do oxigênio carreado pelo sistema cardiovascular.

A análise da cinética do $\dot{V}O_2$ é feita por meio da equação que descreve uma curva (decrecente positiva ou assintótica) do consumo de O_2 pelo tempo, em um teste de esforço submáximo de carga constante com 70 a 80% da carga atingida no teste incremental máximo. Portanto, este grau de esforço é, habitualmente, supralimiar de lactato, ou seja, um pouco acima do limiar anaeróbico (LA).^{32,36,37} Desse modo, quando a carga do exercício for intensa, a fase II eleva-se exponencialmente, com incremento proporcional da amplitude do consumo de oxigênio, entretanto com a mesma constante de tempo do exercício moderado.^{30,38,39} Assim, ocorre o desenvolvimento de uma elevação adicional no $\dot{V}O_2$, correspondendo a um atraso (componente lento – Figura 1 e Figura 6) no estado estável (fase III), relacionado à maior elevação do lactato sérico e possível utilização de fibras musculares tipo IIb.⁴⁰

A desaceleração na cinética do consumo de oxigênio, ou seja, uma cinética mais lenta, é reflexo de um déficit de oxigênio para a musculatura

periférica, que pode ser secundário à baixa oferta sanguínea, como nas cardiopatias, em senescência ou nas doenças do metabolismo oxidativo muscular.⁴¹⁻⁴³

Embora existam poucos trabalhos que avaliaram portadores de DAC com TCPE sob protocolos submáximos de carga constante (TSCC), esses estudos prévios comprovaram a importância da análise da cinética de O_2 como um marcador prognóstico especialmente na presença de disfunção ventricular como a insuficiência cardíaca secundária ou não à DAC.^{19,41,42} Os pacientes com uma fase II mais lenta apresentavam maior risco de mortalidade.⁴⁴

Em relação aos efeitos do treinamento sobre a cinética do O_2 , Roditis e colaboradores⁴⁵ demonstraram que, após um período de treinamento físico tanto contínuo quanto resistido, houve aceleração na cinética do $\dot{V}O_2$ pela maior oferta sanguínea periférica e, por consequência, um incremento na capacidade oxidativa muscular. Entretanto, o estudo foi realizado em um número reduzido de pacientes com insuficiência cardíaca e submetidos aos testes somente em cicloergômetro. Myers e colaboradores⁴² encontraram incremento no $\dot{V}O_{2\text{ PICO}}$, mas não observaram melhora na resposta da cinética do $\dot{V}O_2$ após o esforço (*cinética off*) em cardiopatas com importante disfunção ventricular esquerda, após período de dois meses de exercício de alta intensidade. Estudo de Koike⁴⁶ evidenciou redução na constante de tempo da cinética do $\dot{V}O_2$ em portadores de DAC, mas após ação farmacológica vasodilatadora por meio da administração de nitrato. Adachi e colaboradores⁴⁷ evidenciaram a mesma resposta após a realização de angioplastia transluminal coronária. Kay e colaboradores observaram incremento da cinética de oxigênio no início do exercício associada com a melhora da dispneia após ajuste adequado na frequência de estimulação do marca-passo, assim como Feldman com a utilização de dispositivos intracardíacos na presença de disfunção ventricular esquerda.^{26,48}

O aumento da capacidade funcional está relacionado com incremento na expectativa de vida e com a aceleração na cinética de oxigênio. Em contrapartida, a diminuição da tolerância ao exercício e a lentificação da fase

II da cinética do $\dot{V}O_2$ estão relacionadas com piores prognósticos em pacientes portadores de insuficiência cardíaca.^{17,22,27,49-51}

A resposta da cinética do oxigênio em cardiopatas isquêmicos submetidos ao programa de reabilitação cardiopulmonar, no entanto, ainda não foi devidamente estudada. Assim, foi levantada a hipótese de que o treinamento físico supervisionado (com componentes aeróbicos e resistidos) poderia promover ações semelhantes às intervenções invasivas no metabolismo oxidativo muscular, com redução da constante de tempo (τ) na fase II da cinética do $\dot{V}O_2$ em associação com um maior tempo de tolerância ao exercício submáximo (TLim). Em adição, esta resposta na musculatura periférica poderia se correlacionar também com variáveis sintomáticas, como respostas na qualidade de vida.

Contudo, apesar das possíveis vantagens na utilização de um teste submáximo como avaliação pré e pós-reabilitação, sua aplicabilidade clínica ainda não foi totalmente comprovada, principalmente nos programas de reabilitação.

Os estudos em nosso meio sobre o tempo de tolerância ao exercício (TLim) em protocolo submáximo, bem como o comportamento da cinética do $\dot{V}O_2$ na cardiopatia isquêmica antes e após a intervenção de um programa de treinamento físico supervisionado, são muitos escassos e especialmente os avaliados em esteira rolante. Assim, ganha importância esta pesquisa por meio de um programa de reabilitação multidisciplinar denominado Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica (RCPM) com abrangentes avaliações pré e pós-intervenção.

1.1.7 Implicação clínica

A exploração mais ampla dos dados cardiovasculares e metabólicos obtidos pelo TCPE, especialmente em estudos com testes submáximos, como os de carga constante (TSCC), poderá fornecer valiosas ferramentas na geração de novos índices de relevância na avaliação de cardiopatas

isquêmicos em programa de RCPM. Os valores do Tlim e do tempo da cinética do $V'O_2$ deverão proporcionar novas informações e poderão ser utilizados como novos marcadores prognósticos cardiovasculares, além de propiciar análise mais acurada do impacto da intervenção dos programas de reabilitação.

Outras análises de abrangência multiprofissional, como a avaliação nutricional com composição corporal pela bioimpedância elétrica (BIE), análise de diversos domínios dos espectros da qualidade de vida (questionário *Short Form-36*) e avaliação da função ventricular pela fração de ejeção (FE), devem, em conjunto com os dados diretos do Tlim e da cinética do $V'O_2$, proporcionar ampla abordagem no gerenciamento clínico dos pacientes com cardiopatia isquêmica.

2 HIPÓTESE DO ESTUDO

2 HIPÓTESE DO ESTUDO

Testar a hipótese de que a intervenção de um programa de reabilitação cardiopulmonar por meio de mecanismos do treinamento físico prescrito e orientado por equipe multidisciplinar, promovendo a melhora da extração periférica de oxigênio deverá aumentar o tempo de tolerância ao exercício (TLim) por meio do teste submáximo de “*endurance*” e reduzir o valor de τ (*tau*), ou seja, incrementar a cinética do consumo de oxigênio em pacientes portadores de cardiopatia isquêmica. Além disto, estas respostas no metabolismo muscular periférico podem apresentar correlações importantes também com melhora sintomática nestes pacientes.

3 OBJETIVOS

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos primários

- Avaliar as respostas ao tempo de tolerância ao exercício (TLim) e a fase II da cinética do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), em protocolo submáximo de carga constante (TSCC) derivado do teste de rampa incremental máximo (TRIM), antes e após a intervenção do programa de reabilitação cardiopulmonar e metabólica (RCPM);
- Adicionalmente, analisar as respostas obtidas após o treinamento físico supervisionado nos diferentes sistemas orgânicos (cardiovascular, ventilatório e muscular periférico) quando avaliados pelos testes máximo e nos de carga constante em pacientes com cardiopatia isquêmica.

3.2 Objetivos secundários

- Avaliar as respostas clínicas (Classe funcional – NYHA), antropométricas e da composição corporal pela bioimpedância elétrica (BIE) após a intervenção da RCPM;
- Mensurar o impacto das respostas ao questionário de qualidade de vida SF-36, antes e após o programa de RCPM;
- Analisar e comparar os resultados da intervenção do programa de reabilitação sobre os parâmetros das respostas clínicas e eletrocardiográficas obtidas por meio dos testes ergoespirométricos antes e após a intervenção;
- Avaliar a resposta da função ventricular pela fração de ejeção ventricular esquerda (FE), pré e pós-reabilitação pela ecodopplercardiografia bidimensional.

4 MÉTODOS

4 MÉTODOS

4.1 Desenho do estudo e população

Estudo observacional, prospectivo, unicêntrico com intervenção (pré e pós-reabilitação). Foram selecionados, consecutivamente, pacientes com cardiopatia isquêmica, entre os períodos de abril de 2011 a março de 2013. Esta investigação foi realizada no Serviço de Reabilitação Cardíaca, Pulmonar e Metabólica do Hospital do Coração (HCor), sendo aprovada pela Comissão de Ética em Pesquisa do Hospital do Coração (CEP/HCor) e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) com Protocolo de Pesquisa nº 048/11. Após a aprovação, o estudo foi submetido ao Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos – REBEC (identificador primário: RBR- 7x429s).

Os pacientes foram previamente informados sobre os objetivos do estudo e os procedimentos a serem aplicados, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo A), e, a seguir, foram incluídos no estudo.

4.1.1 Critérios de inclusão

Os seguintes critérios de inclusão foram estabelecidos: 1) Pacientes com diagnóstico de cardiopatia isquêmica, cuja DAC foi definida por história clínica de angina ou laboratorial por cineangiocoronariografia, 2) infarto agudo do miocárdio (há mais de um mês), 3) revascularização cirúrgica do miocárdio ou angioplastia transluminal coronariana (ATC), com ou sem implante de *stent* (há, pelo menos, uma semana), de ambos os sexos e maiores de 18 anos.

4.1.2 Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão foram: 1) pacientes cuja fração de ejeção do ventrículo esquerdo fosse menor que 35% (método de Simpson), 2) classe funcional IV da NYHA, 3) doenças musculoesqueléticas ou qualquer outra situação que inviabilizassem a realização de exercício, 4) doenças pulmonares em estado crítico com utilização de suplementação de oxigênio, 5) tumores em graus avançados, além de obesidade com IMC $> 35\text{kg.m}^{-2}$, 6) aqueles que não cumprissem, pelo menos, 50% das sessões de treinamento físico programadas, ou não realizassem todos os quatro testes cardiorrespiratórios de acordo com o protocolo da pesquisa.

4.2 Delineamento do estudo

Os pacientes encaminhados ao programa de reabilitação cardiopulmonar e metabólica do HCor, que apresentassem o diagnóstico de DAC e preenchessem os critérios de inclusão, foram convidados a participar do estudo. Todos os fármacos em uso foram mantidos durante todo o protocolo.

Na visita inicial (visita 1), os pacientes foram submetidos à avaliação clínica-cardiológica (ficha clínica – Anexo B), além da avaliação multidisciplinar (nutricional, fisiátrica e psicológica). Assim, responderam ao questionário de qualidade de vida relacionado à saúde-Short Form 36^{52,53} (Anexo C) e submeteram-se à bioimpedância elétrica. Na sequência, realizaram o teste cardiopulmonar de exercício com o protocolo de rampa incremental máximo (TRIM) para mensuração da capacidade máxima, estimativa do limiar de lactato e identificação dos mecanismos limitantes.

Cada paciente foi submetido a quatro testes ergoespirométricos, sendo dois antes e dois após a intervenção de três meses do programa de reabilitação cardiopulmonar e metabólica (RCPM), que consistiu em três sessões semanais de treinamento físico supervisionado. As visitas para as

avaliações foram em dias distintos, com intervalo entre os dois primeiros testes de, pelo menos, 24 horas, bem como para os dois últimos após a intervenção da RCPM (Figura 2).

Na visita 2, os pacientes incluídos no programa de RCPM realizaram o TCPE sob o protocolo de carga constante (TSCC), com o objetivo de mensurar a tolerância ao esforço. Após três meses de intervenção pela RCPM, foram submetidos, durante a visita 3, aos mesmos procedimentos da visita inicial e, após intervalo de 1 a 7 dias (visita 4), realizaram, novamente, o TSCC.

O desenho do estudo está sumarizado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma das visitas realizadas durante o estudo. PRCPM: programa de reabilitação cardíaca, pulmonar e metabólica, DAC: doença arterial coronariana, TCPE: teste cardiopulmonar de exercício, TRIM: teste de rampa incremental máximo, TSCC: teste submáximo de carga constante, BIE: bioimpedância elétrica, SF36: *Short-Form Healthy Survey 36 Questionnaire* (questionário de qualidade de vida SF-36).

4.3 Avaliações

4.3.1 Avaliação clínica e multidisciplinar

O preparo clínico do paciente iniciou-se pela obtenção pormenorizada de seus antecedentes, dados demográficos, antropométricos, identificação da forma clínica de apresentação da DAC, história prévia de infarto ou não, (Ficha clínica – Anexo B), analisando-se os principais exames e procedimentos prévios, em especial, o ecodopplercardiograma, cineangiocoronariografia, angioplastias transluminais coronárias, implantes de *stents*, enxertos da revascularização miocárdica cirúrgica. Todos foram submetidos a exame físico, à aferição da pressão arterial e ao registro de eletrocardiograma de 12 derivações.

4.3.1.1 Avaliação nutricional e bioimpedância elétrica

Na avaliação nutricional, foi realizado recordatório alimentar, aferido peso corporal (balança digital Felizola ®), calculado índice de massa corporal (IMC), por meio da divisão do peso pelo quadrado da altura, composição corporal pela bioimpedância elétrica (BIE) *Bioelectrical Body Composition Analyzer – modelo Quantum II- TBW* ®, com obtenção do percentual de gordura corporal e da massa magra. A nutricionista do programa de RCPM fez as aferições antropométricas, realizou as bioimpedâncias e deu suporte nutricional a todos os pacientes incluídos no estudo.

4.3.1.2 Avaliação fisiátrica

Na avaliação fisiátrica, foram analisados aspectos osteomioarticulares dos pacientes, bem como equilíbrio e força muscular, capacidade de flexibilidade e identificadas eventuais limitações articulares ou musculoesqueléticas, direcionando-se tipos mais adequados de exercícios para serem realizados durante as sessões de treinamento físico. As avaliações fisiátricas foram feitas pelo médico fisiatra do programa de reabilitação, que ainda fornecia medidas de suporte nas queixas de ordem musculoesquelética.

4.3.1.3 Avaliação psicológica

Na avaliação psicológica, os pacientes responderam aos questionários de estresse e qualidade de vida (SF-36) durante a primeira visita e, após a intervenção da RCPM, durante a terceira visita. Adicionalmente, o grupo de psicologia prestava suporte psicológico geral e no auxílio à abolição do tabagismo.

4.3.1.4 Ecodopplercardiograma

O ecodopplecardiograma bidimensional colorido (*Sonos 5500 e IE-33, transdutor 3MHZ*) foi solicitado após a intervenção e comparado com o prévio (dos últimos seis meses no prontuário do paciente) para análise principal da função ventricular sistólica do ventrículo esquerdo pelo método de Simpson.⁵⁴ Os ecodopplercardiogramas foram realizados na mesma instituição do programa de reabilitação cardiopulmonar por ecocardiografistas que não dispunham de informações do estudo.

4.3.2 Caracterização funcional e qualidade de vida

Os pacientes selecionados para o estudo apresentavam estabilidade clínica, classe funcional inicial inferior à classe IV da *New York Heart Association* (NYHA)⁵⁵ e fração de ejeção ventricular esquerda igual ou superior a 35%.

Para avaliação da qualidade de vida, utilizou-se o questionário genérico SF-36 (*Short-Form Health Survey* - 36), validado para a população brasileira⁵² (Anexo C). O SF-36 é um questionário de fácil administração e compreensão, autoaplicável e composto por 36 itens, que se apresenta em dois domínios maiores (saúde física e saúde mental), subdivididos em oito domínios menores, que estão descritos a seguir. Para cada domínio menor, é estabelecido um escore final de zero a 100, de modo que, quanto menor a pontuação, maior a limitação no domínio em questão. A aplicação do questionário foi feita pelos psicólogos do programa de RCPM. A mensuração da pontuação foi realizada em cada um desses domínios (Quadro 1) e refeita após a intervenção do programa de reabilitação.

Quadro 1 - Domínios do SF 36

Capacidade física
Limitação por problemas físicos
Limitação por problemas emocionais
Bem-estar emocional
Vitalidade
Desempenho social
Dor
Saúde geral

4.3.3 Testes Cardiopulmonares de Exercício (TCPE)

A Integração de diversos instrumentos: analisador de fluxo e volume, analisador de oxigênio e gás carbônico, sistema de registros eletrocardiográficos, pressurômetro e oxímetro de pulso, promovem, em conjunto, a obtenção dos parâmetros ergoespirométricos. Esses instrumentos integrados permitem a obtenção dos parâmetros fornecidos pela ergoespirometria, unindo dados de ordem ventilatória, hemodinâmica, metabólica, eletrocardiográfica e de troca gasosa.

A Figura 3 expõe os equipamentos utilizados em nosso estudo.

Figura 3 – Equipamentos para realização do TCPE: **A**- Carro cardiometabólico, **B**- Sistema de registros eletrocardiográficos e **C**- Esteira ergométrica

O TCPE constitui-se no método que aborda de forma abrangente os pacientes com relação à capacidade funcional, integrando parâmetros fisiológicos e de performance aos substratos metabólicos subjacentes e fornecendo elevada reprodutibilidade na avaliação da capacidade de exercício.^{27,56,57}

Os testes cardiopulmonares de exercício (TCPE) foram realizados com módulo analisador de gases pelo método respiração por respiração da *Medgraphics* – modelos *Cardio O₂* e *Ultima CPXTM* – software *Breezesuite 6.4* (Figura 3A), na esteira ergométrica *Super ATL – Inbrasport* (Figura 3C), utilizando os protocolos de rampa incremental máximo (TRIM) e submáximo de carga constante (TSCC) ou endurance descritos abaixo.

Os valores de referência utilizados para o $\dot{V}O_2$ e limiares ventilatórios foram de Hansen e Wasserman.⁵⁸ Todos os TCPE foram limitados por sintomas, seguindo-se os seguintes critérios: exaustão, dispneia importante, angina progressiva, arritmia complexa (taquicardia supraventricular, ventricular sustentada), de acordo com as diretrizes do *American College of Cardiology/American Heart Association*^{59,60} e, também, da Sociedade Brasileira de Cardiologia.⁶¹

4.3.3.1 Espirometria

Realizada previamente ao TCPE sob o protocolo de rampa incremental máximo (TRIM), todos os 69 pacientes fizeram prova de função pulmonar (espirometria simples) com obtenção das seguintes variáveis em valores absolutos e relativos: capacidade vital forçada (CVF), volume no 1º segundo de uma expiração forçada (VEF₁) e relação VEF₁/CVF, e ventilação voluntária máxima (VVM) – aferida diretamente, para cálculo da reserva ventilatória ($1 - VE/VVM$). Foram realizadas, pelo menos, três manobras expiratórias forçadas, aceitáveis e reproduzíveis, de acordo com os critérios sugeridos pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT), e os valores de referência utilizados foram os estabelecidos e validados para a população brasileira.^{62,63}

4.3.3.2 Preparo para o TCPE e monitorização eletrocardiográfica

O preparo para o TCPE se consistiu de jejum de até 2 horas, manutenção de todos os fármacos prescritos pelo médico assistente e a realização da espirometria prévia ao TRIM.

A sala para execução do TCPE manteve temperatura entre 20 e 22 graus, umidade relativa do ar entre 40 e 60% e estava equipada adequadamente para atendimento de eventuais emergências. Todos pacientes tiveram seus registros eletrocardiográficos gravados em 12 derivações contínuas durante todas as provas e registradas a cada 2 minutos pelo sistema *Quinton – QStress- USA*. A colocação dos eletrodos foi de acordo com Mason e Likar⁶⁴ – Figura 4 abaixo.

Figura 4 - Monitoração eletrocardiográfica: RA = eletrodo correspondente ao braço direito; LA = eletrodo correspondente ao braço esquerdo; RL = eletrodo correspondente à perna direita; LL = eletrodo correspondente à perna esquerda; V1 a V6 = eletrodos correspondentes ao plano horizontal.

A aferição da pressão arterial foi feita pelo sistema automático *Sun Tech Medical Tango – Automated Blood Pressure Monitor for Stress and Exercise Testing – USA*. As aferições foram realizadas na posição supina antes do exercício, na posição ortostática, a cada minuto durante o esforço e nos minutos 1, 2, 4 e 6 da fase de recuperação que foi ativa na velocidade de 2 km/h durante o primeiro minuto após o pico do esforço. Nas situações de falhas de aferição ou valores discrepantes, a pressão arterial era conferida com esfigmomanômetro aneroide da marca *Tycos - USA* no braço contralateral.

Para a execução dos TCPE (Figura 5), todos os sistemas de gases e fluxos foram, previamente, calibrados para obtenção fiel das variáveis metabólicas e ventilatórias. Após explicação detalhada do procedimento e combinar sinais de graus de cansaço com o paciente, ajustava-se uma máscara de neoprene, e conectava-se o fluxômetro (*PreVentTM*) promovendo medida do fluxo de ar para análise dos gases expirados. A análise da concentração de oxigênio foi feita por meio de célula de zircônio e de dióxido de carbônico com auxílio de analisador óptico por absorção de luz infravermelha. Os gases expirados são levados para o módulo por um sistema de amostragem a vácuo. De modo geral, no método respiração por respiração, o ar expirado é amostrado, o que permite uma elevada densidade de pontos e um acompanhamento muito próximo das variações rápidas nas frações gasosas expiradas. Devido ao sinal de fluxo e volume serem virtualmente instantâneos, e o sinal gasoso demorar algum tempo para ser gerado (tempo de transporte da boca ao analisador + tempo de análise), o sinal gasoso está sempre atrasado em relação ao sinal de fluxo-volume. Esse atraso de fase (*phase delay*) é levado em consideração pelo microprocessador, por meio de calibração frequente, a fim de que as medidas respiração por respiração sejam obtidas acuradamente.

A determinação da saturação da hemoglobina com oxigênio foi realizada com oxímetro de pulso da marca *OnyxTM (Nonin, Plymouth, MN, USA)* que registra cada onda de pulso com a diferença de absorção de dois comprimentos de onda infravermelha.

A) Protocolo de rampa incremental máximo (TRIM)

A programação e execução do teste de rampa incremental máxima (TRIM) foi individualizada de acordo com a aptidão física estimada para cada paciente, com questionamento da capacidade de andar, andar rápido, trotar ou correr, para programação da velocidade máxima a ser atingida num tempo de duração do exercício de 8 a 12 minutos. O mesmo protocolo da rampa programada foi repetido após a intervenção da reabilitação. As três variáveis de composição da rampa foram:

- 1- Unidades metabólicas (METs) estimadas pela classificação da Sociedade Americana de Cardiologia entre fraca a regular aptidão cardiorrespiratória (*American Heart Association* (AHA)).⁽⁶⁵⁾ A estimativa dos METs variou, assim, de acordo com o gênero, idade e percepção do momento atual sobre a capacidade física de 4 a 12 METs⁶⁶;
- 2- Carga máxima estimada (velocidade em km/h) (de 4 a 14 Km/h);
- 3- Tempo estimado do teste entre 8 e 12 minutos.

B) Protocolo do teste submáximo de carga constante (TSCC)

O protocolo do TSCC foi realizado após o intervalo de 1 a 7 dias da execução do TRIM 1 (mínimo de 24 hs para descanso do paciente). A velocidade (km/h) e a inclinação (%) impostas eram 80% do máximo atingido no TRIM 1. O TSCC foi programado para o paciente caminhar durante o primeiro minuto da prova a 2 km/h e, imediatamente, atingir a velocidade correspondente aos 80% do TRIM 1, em que se mantinha de forma constante até atingir os critérios descritos de interrupção ou o tempo máximo de 25 minutos. O TSCC, após a RCPM, foi feito com a mesma velocidade imposta no teste submáximo antes da intervenção.

Figura 5 - Fotografia durante a realização do TCPE em paciente do programa de RCPM.

Os TCPE forneceram as principais variáveis clínicas, cardiovasculares, metabólicas, ventilatórias e de trocas gasosas.

As variáveis dos TCPE foram analisadas em ambos os protocolos TRIM e TSCC, entretanto, a cinética do $\dot{V}O_2$ e o tempo de tolerância ao exercício (T_{lim}) foram considerados os principais parâmetros extraídos exclusivamente dos testes submáximos de carga constante (TSCC).

4.4 Variáveis analisadas

4.4.1 Variáveis clínicas

Dentre as variáveis clínicas, a investigação de sintomas de desconforto ou dor torácica foi a de maior relevância para identificação de manifestação típica de DAC ou de equivalente anginoso, além da mensuração do desempenho, pela maior carga de esforço atingida.

Ainda foi realizada a avaliação do grau de percepção do esforço com a escala de Borg modificada⁶⁷ de 0 a 10 para dispneia e cansaço de membros

inferiores (MMII). Tal escala também foi utilizada nos TCPE após a intervenção da reabilitação para mensuração da percepção do grau de cansaço nos mesmos protocolos prévios à intervenção: incremental máximo (TRIM) e submáximo de carga constante (TSCC).

Quadro 2 - Escala de Borg modificada

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouco intensa
5	Intensa
6	
7	Muito intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima

4.4.2 Variáveis cardiovasculares

As principais variáveis cardiovasculares analisadas foram a pressão arterial, a frequência cardíaca, presença de arritmias cardíacas, as alterações do segmento ST induzidas pelo exercício, o pulso de oxigênio (PuO_2), a inclinação da eficiência do consumo de oxigênio (OUES) e a potência circulatória (Pot. Circ). Tais variáveis, em especial, o PuO_2 , a OUES e a Pot. Circ., em estudos mais recentes, demonstraram ter relevância diagnóstica e prognóstica em diversas disfunções cardiovasculares.⁶⁸⁻⁷⁰

O comportamento dos componentes sistólico e diastólico da pressão arterial foram avaliados e comparados antes e após a intervenção da reabilitação, especialmente no protocolo de rampa incremental máxima (TRIM).

A resposta cronotrópica (RC) foi analisada frente ao exercício, bem como seu comportamento após esse (FCR), em ambos os protocolos dos TCPE.

Os critérios eletrocardiográficos adotados para resposta isquêmica miocárdica, por análise visual do segmento ST, foram: Infradesnívelamento do ponto J, com segmento ST ascendente com valor igual ou maior que 1,5mm para homens e mulheres, medidos no ponto Y, ou seja, 80 milissegundos após o ponto J, em, pelo menos, 4 batimentos sucessivos em 2 ou mais derivações clássicas.⁽⁷¹⁾ Se a morfologia do segmento ST fosse horizontal ou descendente, o infradesnívelamento de 1,0mm medido em nível do ponto J, configurava-se como critério de positividade. Foi registrado e considerado para análise o maior valor do infradesnível do segmento ST na derivação V5.

O critério clínico adotado para resposta isquêmica do miocárdio foi a presença de dor ou desconforto retroesternal sugestivo de insuficiência coronária, de caráter opressivo, reproduzível, progressivo ao esforço, limitante ou não.

O pulso de oxigênio corresponde à razão entre o consumo de oxigênio e à frequência cardíaca, e tem relação direta com o comportamento do volume sistólico frente ao exercício. Assim, o valor máximo atingido e a morfologia de sua curva foram importantes na confirmação de distúrbio cardiocirculatório ao esforço.⁷²⁻⁷⁴

A OUES (*Oxygen Uptake Efficiency Slope* = inclinação da eficiência do consumo de oxigênio pela razão logarítmica da V'E) não apresenta variações significativas em relação ao tempo da prova em que é aferido, permitindo análise funcional, ou seja, avaliar a capacidade cardiorrespiratória mesmo em nível submáximo de exercício.^{75,76} Adicionalmente, esta variável também é sensível ao treinamento físico.⁷⁷ A Potência Circulatória ($VO_{2\text{ PICO}} \times PAS_{\text{PICO}}$), de modo paralelo ao OUES, também apresenta relevância prognóstica^{78,79}, tornando-se facilmente disponível para agregar valor de performance ao método ergoespiométrico.

4.4.3 Variáveis metabólicas

As principais variáveis metabólicas estudadas foram:

- **Consumo máximo de oxigênio ou no pico** (VO_2 máx ou pico em $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ e $\text{ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$), identificado como a média dos últimos 60 segundos do exercício. O VO_2 máx é considerado como uma das mais importantes variáveis obtidas pelo TCPE, que traduz a potência aeróbica e possibilita a classificação da capacidade funcional.^(20, 80) Representado pela equação diretamente proporcional ao débito cardíaco (DC) e diferença do conteúdo arteriovenoso de oxigênio: $\text{V}'\text{O}_2 = \text{DC} \times \text{C(a-v)}\text{O}_2$.
- **Consumo de oxigênio no Limiar Anaeróbico (LA) ou Limiar Ventilatório I (LV1)**: descrito, inicialmente, por Wasserman e McIlroy como a carga de trabalho na qual o metabolismo anaeróbico suplanta os mecanismos aeróbicos durante um exercício progressivo^{81,82}, foi expresso sob a forma de consumo de oxigênio. O LA foi determinado pela perda da linearidade entre o $\text{V}'\text{CO}_2$ e o $\text{V}'\text{O}_2$ (método V-slope) e também pela identificação do menor equivalente ventilatório de oxigênio ($\text{VE}/\text{V}'\text{O}_2$) antes de sua elevação contínua (método dos equivalentes ventilatórios).⁸³
- **Razão de trocas respiratórias, RER ou R**, dada pelo quociente (VCO_2/VO_2), apresenta importância na identificação de provas consideradas máximas ($R > 1.10$), bem como no predomínio do tipo de metabolismo durante o exercício.
- **VCO_2** , corresponde ao dióxido de carbono produzido pelo organismo e foi mensurado em $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ou $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$.

4.4.4 Variáveis ventilatórias e de trocas gasosas

As variáveis ventilatórias extraídas das provas ergoespirométricas foram a frequência respiratória (FR, rpm), o volume corrente expirado (V_T , L), a ventilação minuto (VE, L.min⁻¹), a inclinação da relação ventilação minuto e produção de dióxido de carbono (VE/ VCO_2 slope) que traduz a eficiência ventilatória e apresenta valor prognóstico em pacientes com insuficiência cardíaca.⁸⁴⁻⁸⁶

A reserva ventilatória foi calculada com a equação: $1 - VE / VVM$. Sua análise em conjunto com os outros dados cardiovasculares e metabólicos permite mensurar o grau de importância do componente ventilatório na avaliação funcional.

4.4.5 Variáveis obtidas pelos testes submáximos de carga constante

O tempo de tolerância ao exercício (TLim) ou tempo de *endurance* foi considerado como a capacidade de sustentar a carga constante a 80% da carga máxima atingida no TRIM, sendo aferido em minutos (min).

4.4.5.1 Cinética do consumo de oxigênio (Cinética do $V'O_2$)

A Cinética do $V'O_2$ foi aferida em segundos (s), e o objeto principal para análise foi a constante de tempo tau (τ), obtida pelo *software* Sigmaplot 10.0. Também foi mensurado o tempo médio de resposta (MRT) fornecido diretamente pelo *software* Breeze que gerenciou todas as variáveis metabólicas e ventilatórias obtidas durante a realização dos TCPE.

4.4.5.2 A análise da Cinética do $\dot{V}O_2$

Os valores do $\dot{V}O_2$ foram obtidos respiração por respiração e interpolados segundo a segundo previamente à análise da cinética. As respostas do $\dot{V}O_2$ ao exercício nos domínios de intensidade usados no nosso estudo foram caracterizadas pela presença de três fases:

Fase I (ou $\Phi 1$): No início do exercício, ou seja, durante a transição repouso-esforço, há um rápido aumento no $\dot{V}O_2$ que se inicia logo após o início da ventilação e representa a troca gasosa associada à elevação do débito cardíaco (fluxo sanguíneo pulmonar). Nesta fase, as alterações oriundas do metabolismo muscular ainda não atingiram a circulação pulmonar. Esta fase, também chamada de fase cardiodinâmica, apresenta duração em torno de 20 a 30 segundos.

Fase II (ou $\Phi 2$): Nesta fase, ocorre a utilização do O_2 pelos músculos esqueléticos. Após a chegada aos pulmões do metabolismo muscular, através do retorno venoso, ocorre um aumento exponencial do $\dot{V}O_2$ positivo e decrescente a uma posterior estabilização. Esta fase representa a cinética do consumo de oxigênio da musculatura esquelética. A fase II corresponde à constante de tempo tau (τ), que equivale a 63% da resposta da função monoexponencial (equação 1), e é de fundamental importância na análise do metabolismo oxidativo.^{40,45} Assim, quanto menor a τ do $\dot{V}O_2$, mais eficiente está a musculatura para realizar o trabalho imposto. Esta fase também é chamada de fase rápida, componente “primário”, ou “fundamental” que precede o estado estável.⁵¹

Fase III (ou $\Phi 3$): Quando ocorre estabilização da resposta ou formação de um componente lento (“*slow component*”), principalmente nos exercícios de carga constante acima do limiar ventilatório I (LV1) e abaixo do limiar ventilatório II (LV2) – momento imediatamente antes da queda da pressão expiratória final-PETCO₂ ou da segunda elevação dos equivalentes ventilatórios. Esta fase, também chamada de estado estável (“*steady-state*”), ou seja, em que há a real tendência de estabilização entre a oferta e o consumo de oxigênio.³⁵

Para a análise da cinética do $\dot{V}O_2$, os seguintes dados foram considerados: a partir dos 60s antes do exercício (imposição da carga) até o (I) estado-estável, ou até (II) 180s após o início do exercício de carga constante correspondente a 80% da carga máxima atingida no TRIM 1.

A $\Phi 1$ foi identificada por meio de inspeção visual e comparada com análise sistemática de 20 e 30 segundos (sem diferença estatisticamente significativa com kappa intraobservador = 0,92, exemplos demonstrados no Apêndice), e, em seguida, “deletada”, de acordo com estudos prévios (Chiappa, Nery e Whipp)⁸⁷⁻⁸⁹ para realização do ajuste cinético ou “*fitting*” da regressão não linear do modelo matemático monoexponencial decrescente positivo para caracterizar dinamicamente as respostas no início do exercício (“fase on”).

Como em nosso estudo o TSCC foi supralimiar de lactato (acima do LA ou LV1), houve a formação do componente lento, correspondendo à fase III da cinética do $\dot{V}O_2$, que foi próxima ao consumo máximo de oxigênio obtido no TRIM 1^{35,86}, como observado no modelo expresso na Figura 6.

A equação que descreve a cinética do $\dot{V}O_2$ e permite mensurar a constante de tempo (τ) está descrita abaixo:

$$\dot{V}O_2 = \dot{V}O_{2\text{basal}} + A \cdot (1 - e^{-(t/\tau)})$$

Onde: $\dot{V}O_2$ = Consumo de oxigênio; A = amplitude de resposta; t = tempo; e = número neperiano; τ = constante de tempo (tempo necessário para atingir 63% da resposta máxima do $\dot{V}O_2$).

Equação 1: Equação monoexponencial que descreve a cinética do $\dot{V}O_2$.⁴¹

A Figura 6, a seguir, demonstra o *fitting* da curva da cinética do $\dot{V}O_2$, bem como identifica as suas fases. Representa, graficamente, a resposta “fase on” de um paciente do estudo durante um teste submáximo de carga constante (TSCC), em que se pode observar a formação do componente lento, por corresponder a uma carga acima do limiar ventilatório I ou anaeróbico.

4.4.5.3 Fases da cinética do $\dot{V}O_2$

Figura 6 - Fases da Cinética do $\dot{V}O_2$: $\Phi 1$ = fase I, ou cardiodinâmica, $\Phi 2$ = fase II, ou rápida, $\Phi 3$ = fase III ou estado estável. Observar a linha pontilhada que tangencia a fase II, correspondendo 63% do $\dot{V}O_2$ máximo atingido, ou seja, a constante de tempo tau (τ).

O cálculo da cinética do $\dot{V}O_2$ também pode ser feito algebricamente, obtendo-se o tempo médio de resposta ou *mean response time* – MRT^{43,90,91} (Figura 7A), que pode ser obtido por alguns *softwares* que realizam o teste cardiopulmonar de exercício (TCPE). No entanto, esta análise se diferencia por avaliar, também, a fase 3, a qual reflete, ainda, o metabolismo anaeróbico.

A mensuração do MRT foi obtida diretamente pelo *software Breeze* (Medical Graphics, USA) nos 69 pacientes após a realização dos TSCC antes e após a intervenção. Seu cálculo é baseado na relação entre o déficit do $\dot{V}O_2$ e o $\dot{V}O_2$ obtido no período até se atingir o estado estável. Para isto, a partir de um período de pelo menos um minuto de repouso para obtenção do $\dot{V}O_2$ de base; são colocadas linhas verticais entre o 3º e o 6º minuto do exercício; realizado o melhor *fitting* (ajuste cinético) usando os dados entre as linhas verticais; subtraindo-se o O_2 de repouso da linha ajustada aos 3($\dot{V}O_2(3)$) e 6 minutos ($\dot{V}O_2(6)$); relatando-se a diferença de O_2 no 3º e 6º minuto ($\dot{V}O_2(6-3)$) para avaliar a resposta no estado estável do indivíduo. Caso o estado estável seja atingido além do 6º minuto, o MRT é aumentado.

Figura 7 - A) Ilustração do conceito que descreve a cinética do $\dot{V}O_2$ até o estado estável do exercício. Cuja equação algébrica é: $\text{Déficit } O_2 = t * \Delta O_2 - \Sigma O_2$, onde: t = tempo de exercício; ΔO_2 = diferença entre o $\dot{V}O_2$ do estado estável e do repouso; Σ = soma das medidas de consumo de oxigênio durante o exercício. **B)** Representação do gráfico exibido pelo *software da MedGraphics- Breeze* de um paciente submetido ao teste submáximo de carga constante, em que as linhas verticais tracejadas A e B correspondem, respectivamente, ao $\dot{V}O_2$ no 3º minuto e no 6º minuto do exercício de carga constante e supralimiar de lactato.

4.5 Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica (RCPM) (intervenção)

4.5.1 Programação das sessões de exercício

Um programa de RCPM consiste na promoção de atividades físicas regulares acompanhadas e orientadas por equipe multidisciplinar composta por médicos, educadores físicos e fisioterapeutas, adicionadas de orientação e seguimento nutricional, além de suporte psicológico no enfrentamento de suas morbidades.^{11,12} Os pacientes do nosso estudo estavam na chamada fase 3 da reabilitação, ou seja, estavam em controle e seguimento ambulatorial. Por outro lado, muitos não haviam sido submetidos às fases iniciais da reabilitação (fase 1 e 2 quando ainda estavam em ambiente hospitalar). Assim, os pacientes portadores de cardiopatias podem reduzir a chance de novos eventos cardiovasculares.^{12,92,93}

As sessões de treinamento físico foram compostas por sessões supervisionadas de exercício com componentes aeróbicos e resistidos, sempre precedidos de alongamentos de membros superiores e inferiores, além da fase de aquecimento prévio ao treinamento. O treinamento físico aeróbico foi prescrito pela velocidade e faixa de frequência cardíaca obtidas com a identificação do limiar anaeróbico ou limiar ventilatório I (LV1)^{94,95}, durante a realização do TCPE pelo protocolo de rampa incremental máximo ou pela capacidade funcional útil (CFU) (cerca de 10 batimentos cardíacos antes do aparecimento de infradesnívelamento do segmento ST maior que 1,0mm, com morfologia horizontal ou descendente, manifestação de dor torácica ou arritmia complexa induzida e/ou sustentada).

4.5.2 Tipos de exercício nas sessões de treinamento

4.5.2.1 Treinamento aeróbico

O treinamento aeróbico ou dinâmico, trabalhando grandes grupos musculares, esteve presente em todas as sessões de treinamento e caracterizou-se, predominantemente, pelo treino em esteira rolante (Figura 10) e períodos em cicloergômetro. Durante as primeiras 4 a 6 sessões, o treinamento aeróbico foi contínuo de intensidade moderada, sempre respeitando os limites do limiar anaeróbico ou da capacidade funcional útil (CFU).⁹⁴⁻⁹⁶ Posteriormente, a forma intervalada do treinamento aeróbico foi introduzida, depois de estarem seguros e familiarizados com as sessões e todo ambiente do programa de reabilitação. Assim, após o cumprimento das primeiras sessões de treinamento, os pacientes foram submetidos ao treinamento intervalado conforme a Figura 8.

Aquecimento (<i>warm-up</i>)	Carga	Desaceleração	Carga	Desaceleração	Desaquecimento (<i>cool-down</i>)
50-70% VO ₂ pico	80-90% VO ₂ pico	60-70% VO ₂ pico	80-90% VO ₂ pico	60-70% VO ₂ pico	50-70% VO ₂ pico
10-15 min	3 min	4 min	3 min	4 min	10-15 min

Figura 8 - Esquema de treinamento intervalado do Programa de Reabilitação – duração completa da sessão: 60 min.

Durante toda a sessão de treinamento físico, os pacientes ficaram sob monitorização eletrocardiográfica pelo sistema de telemetria multicanal. Todos os registros eletrocardiográficos eram armazenados, permitindo, deste modo, a identificação de arritmias cardíacas e alterações do segmento ST em até 4 derivações modificadas (habitualmente, as gravadas foram DI,

DII, V1 e V5). O monitor com traçado eletrocardiográfico do sistema de telemetria multicanal está exemplificado na Figura 9 a seguir.

Figura 9 - Paciente do programa de RCPM realizando treinamento aeróbico sob monitorização por telemetria multicanal.

Figura 10 - Pacientes durante o treinamento aeróbico de uma sessão de reabilitação (RCPM).

4.5.2.2 Treinamento resistido

O treinamento resistido ou de força foi individualizado de acordo com as condições físicas e orientações fisiátricas, estimando-se 40 a 50% da força voluntária máxima obtida pela capacidade de realizar 15 repetições e atingir um grau leve a moderado de cansaço^{97,98} (escala 13 da percepção do esforço de Borg não modificado), na frequência de duas a três vezes semanais. As sessões de treinamento resistido foram compostas por 3 séries de 10 repetições, com intervalo de descanso de 1 min entre as séries. Foram alternadas as sessões da seguinte forma: para cada 2 sessões de membros inferiores, 1 sessão de membros superiores, bem como rodízio entre os grupos musculares a serem treinados.

A Figura 11, a seguir, demonstra um paciente realizando treinamento resistido durante a sessão de reabilitação.

Figura 11 - Paciente realizando treinamento resistido de membros superiores.

Mesmo durante os exercícios resistidos, os pacientes permaneceram monitorizados pelo sistema de telemetria multicanal (*Qtel-Quinton- USA*). As

sessões de treinamento tiveram a duração de cerca de 60 min (40 min treinamento aeróbico e 20 minutos resistido).

Após realizarem 12 semanas de treinamento e cumprirem, pelo menos, 18 (50%) das 36 sessões (3 vezes por semana), os pacientes foram, novamente, submetidos aos TRIM e TSCC, repetindo-se as mesmas programações protocolares prévias para comparação dos principais parâmetros propostos analisados.

4.6 Análise estatística

Os dados foram apresentados como média e desvio padrão para variáveis paramétricas. Para as variáveis de distribuição normal, foi usado o teste t pareado, e, para aquelas com distribuição não normal, o teste de Wilcoxon. As variáveis categóricas foram expressas porcentagem (%) e comparadas utilizando-se o teste do qui-quadrado. Para as correlações, foi usada a análise de Pearson e Spearman para distribuição normal e não paramétrica, respectivamente. O teste Kolmogorov-Smirnov foi usado para verificação da condição de normalidade das variáveis. Por fim, utilizamos a análise de regressão múltipla para identificarmos as variáveis preditoras do ganho de tempo de tolerância no teste de carga constante e também do sumário físico do questionário SF-36 após a reabilitação.

O estudo adotou uma significância estatística de 5%, com um poder β de 80%. O cálculo amostral baseou-se em estudos de Roditis⁴⁵, Myers⁴², Koike⁴⁶ e Adachi⁴⁷, sendo considerada variação significativa maior que 10% em min pelo tempo de tolerância ao exercício de carga constante (TLim) ou *endurance*. O número mínimo foi de 52 pacientes. No entanto, buscamos obter o maior número possível devido às perdas relacionadas a vários fatores, dentre os quais a aderência efetiva ao programa⁹⁹, uma vez que a manutenção das sessões de treinamento ao longo do tempo é um desafio a ser conquistado. Os dados foram analisados no pacote estatístico SPSS v18.0.

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1 Respostas clínicas e antropométricas

Dos 106 pacientes que iniciaram o protocolo do estudo, 37 foram excluídos, 31 por não darem seguimento ao programa, (25 abandonaram e 6 não cumpriram, pelo menos, 50% das sessões de treinamento), 3 devido ao IMC ser superior à 35kg.m^{-2} , e 3 por apresentarem fração de ejeção menor que 35%. Assim, 69 pacientes foram arrolados, sendo 59 do sexo masculino. Os 31 pacientes excluídos da análise por não cumprimento das sessões de treinamento (não adesão protocolar mínima prevista) apresentaram características clínicas e demográficas semelhantes ao grupo submetido à intervenção protocolar da RCPM (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação do Grupo Intervenção Vs Grupo Excluído da Análise por não Adesão ao Programa de RCPM

	Grupo Intervenção (n=69)	Grupo Excluído (n=31)	p
Idade, anos	60,0 ± 12,0	60,5 ± 11,5	n/s
Sexo	85% (masc)	95%(masc)	
IMC, kg.m^{-2}	27,2 ± 3,8	27,7 ± 3,5	n/s
Classe Funcional I NYHA (%)	62,3%	75,6%	
II NYHA (%)	32,5%	18,9%	
III NYHA (%)	5,8%	5,4%	
$\text{V'O}_2 \text{ PICO (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$	20,8 ± 5,3	23,2 ± 4,2	0,02
Fração de ejeção %	55,7 ± 9,9	55,9 ± 6,8	n/s
IAM prévio (%)	59,4%	54,8%	n/s

Dados expressos em porcentagem (%), em média ± desvio-padrão, n/s não significativo, IAM: infarto agudo do miocárdio, IMC: Índice de massa corpórea (peso/altura^2), NYHA: *New York Heart Association*.

A idade variou de 30 a 84 anos com média de 60,5 anos (Tabela 2). A aderência média às sessões de treinamento foi de $83,4\% \pm 10,3$ variando de 55 a 100%. Os principais antecedentes clínicos foram: hipertensão arterial sistêmica ($>80\%$), tabagismo prévio e atual, dislipidemia e diabetes mellitus. Significativa parte da população estudada ($59,4\%$) já havia sofrido quadro prévio de IAM, e apenas 22% dos pacientes mantiveram-se em tratamento clínico (78% tinham sido submetidos a algum procedimento terapêutico intervencionista prévio), com tempo médio de 8,7 meses entre o procedimento invasivo (ICP ou RM) até o início do programa de reabilitação (Tabela 2).

A população caracterizou-se pelo sobrepeso (IMC médio de $27,7\text{kg.m}^{-2}$), com redução modesta, mas significativa, após a intervenção da RCPM ($p=0,04$). Resposta semelhante foi observada no percentual de gordura corporal pela bioimpedância elétrica que também evidenciou redução estatisticamente significativa ($p=0,0018$) do percentual de massa gorda após as sessões supervisionadas de treinamento físico (Figura 13-A). Simultaneamente à perda do percentual de massa gorda, houve incremento modesto, mas estatisticamente significativo no percentual da massa magra ($p=0,002$) (Figura 13-B e Tabela 2).

Porcentual de Massa Gorda e Massa Magra Pré e Pós Reabilitação

Figura 12 - A- Porcentual de massa gorda antes e após o treinamento supervisionado, B- Porcentual de massa magra antes e após a intervenção. Dados obtidos pela bioimpedância elétrica (BIE).

Tabela 2 - Características demográficas, clínicas e funcionais dos 69 pacientes, pré e pós-reabilitação

Idade (anos)	60,5 ± 11,5		
Sexo	59(masc) (85,3%)	10(fem) (14,7%)	
Aderência às sessões da RCPM	83,4% ± 10,3		
Comorbidades			
Sobrepeso (IMC: 25,1 à 30 Kg.m ⁻²)	33 (47,8%)		
Obesidade (IMC > 30 Kg.m ⁻²)	18 (26,4%)		
Hipertensão	56 (81,1%)		
Diabetes	28 (41,1%)		
Dislipidemia	49 (71,0%)		
Tabagismo			
Atual	7 (10,3%)		
Prévio	42 (61,7%)		
Ausente	20 (28%)		
História Clínica da DAC			
Infarto prévio (IAM)	41 (59,4%)		
Revascularização Miocárdica (RM) prévia	26 (37,6%)		
Angioplastia/Stent (IPC) sem IAM	32 (46,3%)		
IAM + RM prévia	14 (14,7%)		
IAM +RM + IPC prévias	7 (10,2%)		
Tipo de tratamento da DAC			
Tratamento clínico	15 (22,0%)		
Tratamento Invasivo (IPC ou RM)	54 (78,0%)		
Composição Corporal (n=67)	Pré Reabilitação	Pós Reabilitação	P
Massa gorda pela BIE (%)	26,5 ± 5,6	25,4 ± 5,8	0,0018
Massa magra pela BIE (%)	66,3±7,6	67,2±7,0	0,002
IMC (kg.m ⁻²)	27,7 ± 3,5	27,1 ± 3,4	0,004
Qualidade de vida			
SF 36 sumário físico	68,1 ± 16,4	81,8 ± 12,1	<0,001
SF 36 sumário mental	66,6 ± 19,4	81,3 ± 12,6	<0,001
Fração de ejeção (n=61)	55,7±10,1	58,2 ± 10,3	<0,001
Simpson			

Dados expressos em porcentagem (%), em média ± desvio-padrão. IMC: índice de massa corpórea (peso/altura²), DAC: doença arterial coronariana, RCPM: reabilitação cardiopulmonar e metabólica, IAM: infarto agudo do miocárdio, RM: revascularização miocárdica, IPC: intervenção percutânea coronária, BIE: bioimpedância elétrica, SF 36: questionário de qualidade de vida *Short-Form* 36.

O uso de fármacos utilizados na população explicitada na figura 13 demonstrou a vigência superior a 90% de estatina e de ácido acetil salicílico (AAS), além de 80% dos agentes betabloqueadores. No entanto, outras classes de anti-hipertensivos eram também bastante prevalentes.

Figura 13 - Gráfico de distribuição percentual do uso dos principais fármacos. Bloqueador: beta bloqueador; AAS: ácido acetil salicílico; BRA: bloqueador do receptor da angiotensina II; IECA: inibidor da enzima de conversão da angiotensina.

5.2 Respostas da fração de ejeção ventricular e das alterações eletrocardiográficas ao programa de RCPM

A fração de ejeção (FE) analisada pelo método de Simpson, após as 36 sessões de treinamento supervisionado, apresentou incremento estatisticamente significativo ($p < 0,001$) (Tabela 2). Os resultados eletrocardiográficos e as manifestações clínicas, tanto das provas incrementais máximas (TRIM) quanto submáximas de carga constante (TSCC), apresentaram mudanças significativas com redução da positividade para resposta isquêmica miocárdica, ou seja, as alterações eletrocardiográficas tenderam a ficar mais tardias, ou deixaram de ocorrer. Paralelamente, houve redução da manifestação de dor torácica, bem como expressiva queda da densidade arritmogênica (Tabela 4). Na comparação entre os testes alterados (manifestações isquêmicas eletrocardiográficas, clínicas ou arritmias) pré e pós-intervenção, houve redução expressiva tanto

no teste incremental (68,2% para 36,8%, $p<0,001$), quanto no teste de carga constante (63,1% para 30,9%, $p<0,001$).

Tabela 3 - Resultados do TRIM e do TSCC quanto à resposta isquêmica e arritmias

Resultados	TRIM1	% pré	TRIM 2	% pós	TSCC 1	% Pré	TSCC 2	% pós
TE negativo	21	30,0	41	59,4	24	34,7	45	65,2
TE positivo (+)	27	39,1	17	24,6	27	39,1	15	21,7
TE (DOR)	4	5,7	1	1,4	1	1,4	1	1,4
TE não conclusivo	3	4,3	4	5,7	4	5,7	4	5,7
TE com arritmia	14	20,2	6	8,6	13	18,8	4	5,7

TRIM: Teste de rampa incremental máximo, TSCC: Teste submáximo de carga constante. TE NEGATIVO (-): Teste com ausência de alterações clínicas ou eletrocardiográficas, TE POSITIVO (+): Teste com infradesnívelamento do segmento T ($> 1,0\text{mm}$), TE (DOR): Teste alterado pela manifestação clínica de dor torácica típica, TE NÃO CONCLUSIVO: Teste sem condições para análise do segmento ST (p.ex.: marca-passo, bloqueio de ramo esquerdo), TE COM ARRITMIA: Teste com surgimento de arritmia complexa (p ex. taquiarritmia supra ou ventricular induzida pelo exercício).

5.3 Respostas quanto à classe funcional

No tangente à classe funcional de acordo com a *New York Heart Association* (NYHA), os pacientes apresentaram evidente redução da sua limitação: de 43 (62,3%) que estavam na classe I pré-intervenção passaram a 66 (95,6%) ($p<0,001$), de 22 (31,8%) da classe II para apenas 3 (4,3%) ($p<0,001$) e dos 4 (5,8%) que estavam na classe III, nenhum mais se encontra nessa classe após o programa de reabilitação ($p=0,13$) (Figura 14).

Figura 14 - Evolução da classe funcional pela *New York Heart Association* (NYHA) pré e pós-reabilitação cardiopulmonar e metabólica (RCPM). O eixo da ordenada (y) corresponde ao número de pacientes submetidos ao estudo.

5.4 Respostas do Teste de Rampa Incremental Máximo (TRIM) à RCPM

Os pacientes foram capazes de alcançar uma velocidade mais alta, com consequente maior tempo de teste após o treinamento. As respostas cardiovasculares no teste incremental se caracterizaram por redução da pressão arterial sistêmica de repouso, mantendo os níveis máximos ao esforço do teste pré-treinamento (Tabela 4). Apesar da frequência cardíaca de repouso apresentar discreta redução em relação à fase pré-reabilitação, os pacientes foram capazes de atingir níveis mais elevados após a intervenção, ou seja, conseguiram esgotar mais a reserva cronotrópica. O pulso de oxigênio de pico não se alterou, mas houve aumento significativo desse ao nível do limiar anaeróbico (LA). As variáveis com poder de análise prognóstica em nível submáximo de exercício, como a inclinação da eficiência do consumo de oxigênio (OUES) e a potência circulatória (Pot. Circ.), demonstraram respostas incrementais significativas (Tabela 4).

As repostas metabólicas evidenciaram aumento do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{ PICO}}$) no esforço máximo e ao nível do limiar anaeróbico ($\dot{V}O_{2\text{ LA}}$). Houve, também, um aumento da FC no LA após as sessões de treinamento físico de $100,5 \pm 15,9\text{bpm}$ para $107,6 \pm 15,5\text{bpm}$ ($p < 0,001$). Além da melhora metabólica na fase de incremento do esforço, houve uma queda mais rápida do consumo de oxigênio na fase de recuperação ($T_{1/2}$) (Tabela 4).

Dentre as respostas ventilatórias, os pacientes continuaram a ter uma ampla reserva de ventilação ($\dot{V}E/\dot{V}M < 60\%$). Após o treinamento, eles alcançaram uma ventilação minuto e frequência respiratória significativamente superiores. Entretanto, de maior relevância dentre as repostas ventilatórias foi a redução leve, mas significativa, na inclinação da razão ventilação minuto e produção de gás carbônico ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2 \text{ Slope}$), indicando melhor eficiência ventilatória, portanto, ventilação menos excessiva. Com relação às trocas gasosas, a maior demanda ventilatória após a intervenção não resultou em piora na saturação da oxi-hemoglobina ($p = 0,59$) (Tabela 4).

Da parte sensorial, apesar de uma maior velocidade na condição pós-RCPM, a sensação de dispneia manteve-se a mesma e houve uma redução no cansaço de membros inferiores. A manifestação de dor torácica ao esforço incremental também teve uma redução significativa.

Apesar da maior demanda de esforço atingida após a RCPM, a sensação de dispneia e de cansaço de membros inferiores foi menor ao final do teste em comparação à pré-reabilitação, assim, os graus de percepção subjetiva de esforço obtidos por meio dos escores da escala de Borg⁶⁷ evidenciaram significativa redução em ambos os testes, TRIM e TSSC (Tabelas 4 e 6).

Tabela 4 - Variáveis do TRIM: comparação pré e pós-RCPM

	Pré RCPM (n = 69)	Pós RCPM (n = 69)	P
Desempenho			
Velocidade máx (km.h ⁻¹)	7,6 ± 2,1	8,5 ± 2,2	0,000
Velocidade LA (km.h ⁻¹)	5,6 ± 1,7	6,7 ± 1,5	<0,001
Inclinação máx (%)	2,2 ± 2,8	3,5 ± 3,0	0,029
Distância (m)	659,5 ± 222,4	893,4 ± 268,1	<0,001
Tempo (min)	7,59 ± 1,53	9,49 ± 2,41	0,001
Cardiovasculares			
FC rep (bpm)	71,4 ± 11,3	67,7 ± 9,8	0,043
FC Max (bpm)	131,7 ± 20,0	137,7 ± 19,7	0,01
FC rec (bpm)	20,7 ± 7,3	29,1 ± 8,4	<0,001
PAS rep (mmHg)	131,2 ± 20,4	123,1 ± 13,9	<0,001
PAD rep (mmHg)	78,6 ± 10,7	74,5 ± 7,5	0,001
PAS pico (mmHg)	170,0 ± 31,2	172,6 ± 22,8	0,36
PAD pico (mmHg)	82,9 ± 15,7	78,4 ± 9,9	0,012
Pulso O ₂ PICO ml.bat ⁻¹	12,6 ± 3,3	13,1 ± 3,1	0,112
Pulso O ₂ LA ml.bat ⁻¹	9,9 ± 2,6	11,1 ± 2,8	<0,001
OUES, (ml.min ⁻¹)	1539,2 ± 425,9	1695,5 ± 491,1	<0,001
Pot.Circ.(mmHg.ml.kg ⁻¹)	1963,2 ± 913,5	2149,0 ± 1105,8	0,0043
Metabólicas			
% V'O ₂ max predito	77,6 ± 17,0	88,8 ± 24,2	0,002
V'O ₂ PICO (ml.kg.min ⁻¹)	20,8 ± 5,3	23,1 ± 5,8	<0,001
V'O ₂ LA (ml.min ⁻¹)	12,6 ± 3,2	15,1 ± 4,0	<0,001
V'O ₂ LA (%Pico)	60,6 ± 7,9	67,1 ± 6,9	<0,001
T 1/2 (seg)	114,0 ± 51,5	85,6 ± 28,5	<0,001
RER	1,14 ± 0,09	1,18 ± 0,09	0,01
Ventilatórias e Trocas			
Gasosas			
V'E pico (L.min ⁻¹)	63,3 ± 19,0	75,2 ± 20,9	0,001
V'E/VVM (%)	51,0 ± 12,6	55,8 ± 13,0	0,02
FR pico (rpm)	35,8 ± 8,4	40,7 ± 8,8	<0,001
V'E/V'CO ₂ SLOPE	35,8 ± 6,4	34,0 ± 5,7	0,001
SpO ₂ (%)	96,9 ± 1,2	96,8 ± 1,2	0,597
Sintomas			
Escore de Borg Dispneia	7 (4-9)	6 (3-9)	<0,001
Escore de Borg MMII	8 (4-9)	5 (3-9)	<0,001
Dor torácica	4 (5,7%)	1 (1,4%)	<0,001

TRIM: Teste de Rampa Incremental Máximo (TRIM 1 e 2- pré e pós-reabilitação), FC rep: frequência cardíaca de repouso, FC Max: frequência cardíaca máxima atingida, PAS rep: pressão arterial sistólica de repouso, PAD: pressão arterial diastólica de repouso, PAS pico: pressão arterial sistólica no pico do esforço, PAD pico: pressão arterial diastólica no pico do esforço, FCrec: queda da frequência cardíaca no 1º min da fase de recuperação, OUES: *Oxygen Uptake Efficiency Slope*, Pot.Circ.: Potência circulatória (V'O₂ PICO . PAS pico), % V'O₂ max predito: porcentual do consumo máximo de oxigênio predito, V'O₂ LA ml.min⁻¹: consumo de oxigênio no limiar anaeróbico, RER: razão de trocas respiratórias (V'O₂ / V'CO₂), T1/2: tempo de queda de 50% do valor do V'O₂ máximo atingido (pico); V'E: ventilação minuto, FR: frequência respiratória, V'E/V'CO₂ SLOPE= inclinação da relação ventilação minuto e produção de gás carbônico, SpO₂ (%): saturação periférica de oxigênio. Dados foram expressos em média ± desvio padrão e em mediana (interquartis 25% e 75%).

O aumento no tempo de teste incremental após o programa de RCPM teve associação pequena, mas significativa, com a FE e com o desempenho no teste incremental pré-intervenção, sendo que um menor desempenho se correlacionou com um maior ganho na duração do teste (Tabela 5).

Tabela 5 - Correlações entre o aumento no tempo de teste incremental (pós – pré-RCPM) e as diversas variáveis.

	Coeficiente de correlação (r)	P
FE, %	- 0,231	0,073
V'O₂ PICO (ml/kg/min)	-0,290	0,016
Distância, m	-0,333	0,005

FE: fração de ejeção ventricular esquerda, V'O₂(pico): Consumo máximo de oxigênio.

5.5 Respostas no Teste Submáximo de Carga Constante (TSCC) à RCPM

O impacto observado no TSCC foi ainda mais contundente do que no TRIM. O incremento no tempo de tolerância ao exercício (Tlim) e, por conseguinte, a maior distância percorrida foram os resultados mais expressivos: aumento médio de 10 min ou 94,3%, correspondendo a um incremento médio adicional de 962,8 m ou de 76% na distância percorrida (Tabela 6). Apenas 1 paciente não apresentou incremento no Tlim. Neste único caso em particular, houve reestenose *intra-stent* com necessidade de reintervenção, sendo que o diagnóstico não invasivo fora obtido pelo TCPE com surgimento de dor torácica. De modo similar ao protocolo de rampa incremental, a pressão arterial sistêmica apresentou queda em relação à condição basal pré-treinamento.

Diferentemente do TRIM, o V'O₂ PICO não apresentou alteração significativa, no entanto, o coeficiente respiratório (razão de trocas – RER) foi significativamente menor após a intervenção, representando menor acidose láctica metabólica. Nesta linha, houve, também, uma menor demanda ventilatória caracterizada por uma redução no *slope* V'E/V'CO₂ e na ventilação minuto. Por fim, a oxigenação não teve alteração (SpO₂), mas os

pacientes referiram menor grau de dispneia e de cansaço de membros inferiores ao final do teste (Tabela 6).

Tabela 6 - Respostas cardiovasculares, metabólicas e ventilatórias à intervenção pelo Teste Submáximo de Carga Constante (TSCC)

	Pré-Reabilitação	Pós-Reabilitação	P
Desempenho			
TLim (min)	10,6 ± 4,2	20,6 ± 6,3	<0,001
Distância (m)	997,1 ± 492,0	1971,8 ± 865,9	<0,001
Cardiovasculares			
FC rep (bpm)	71,6 ± 11,3	70,3 ± 12,2	0,37
FC max (bpm)	125,1 ± 25,0	121,5 ± 26,8	0,048
PAS rep (mmHg)	126,6 ± 18,0	116,7 ± 13,8	<0,001
PAD rep (mmHg)	75,5 ± 12,6	72,7 ± 7,6	0,021
PAS pico (mmHg)	164,9 ± 25,5	162,6 ± 22,6	0,33
PAD pico (mmHg)	83,2 ± 14,0	76,9 ± 8,4	<0,001
Pulso O ₂ PICO ml.bat ⁻¹	12,9 ± 3,5	13,2 ± 4,2	0,40
FC rec (bpm)	19,7 ± 10,1	29,1 ± 8,4	<0,001
Metabólicas			
V'O ₂ PICO ml.kg.min ⁻¹	20,8 ± 6,0	20,8 ± 6,8	0,592
RER	1,05 ± 0,11	0,98 ± 0,11	<0,001
Cinética do V'O ₂ τ(tau) (seg)	68,4 ± 19,5	45,0 ± 15,3	<0,001
MRT (seg) Déficit O ₂ /ΔO ₂	141,6 ± 25,2	104,2 ± 26,0	<0,001
Ventilatórias e troca gasosa			
VE max L.min ⁻¹	60,8 ± 21,0	56,3 ± 20,7	0,03
FR (rpm)	35,0 ± 8,0	33,6 ± 9,0	0,066
V'E/V'CO ₂ Slope	35,1 ± 5,8	33,4 ± 5,4	0,006
SpO ₂ pico	97,6 ± 1,1	97,6 ± 1,0	0,402
Sintomas			
Dor torácica	1 (1,7%)	1 (1,7%)	
Escore de Borg Dispneia	7 (3-9)	5 (0-9)	<0,0001
Escore de Borg MMII	7 (3-9)	5 (2-9)	<0,0001

Dados foram expressos em média ± desvio-padrão e em mediana (interquartis 25 e 75).

Tabela 6. Respostas cardiovasculares, metabólicas e ventilatórias à intervenção pelo TSCC: Tlim: Tempo limite de tolerância ao exercício de carga constante, FC rep: frequência cardíaca de repouso, FC Max: frequência cardíaca máxima atingida, PAS rep: pressão arterial sistólica de repouso, PAD: pressão arterial diastólica de repouso, PAS pico: pressão arterial sistólica no pico do esforço, PAD pico: pressão arterial diastólica no pico do esforço, VO₂: consumo máximo de oxigênio, Pulso O₂: razão entre o V'O₂ e a FC, RER: razão de trocas respiratórias (V'O₂/V'CO₂), Cinética do V'O₂: cinética do consumo de oxigênio (representada pela constante de tempo (tau), MRT: *mean response time*, VE: ventilação minuto, FR: frequência respiratória, V'E/V'CO₂ SLOPE= inclinação da relação ventilação minuto e produção de gás carbônico, SpO₂: saturação periférica do oxigênio.

Mais especificamente na resposta metabólica, houve incremento substancial na aceleração da fase II da cinética do consumo de $\dot{V}O_2$, com expressiva redução da tau (Tabela 6 e Figura 15), representando melhora da capacidade oxidativa muscular após o treinamento.

Figura 15 - Exemplo de curvas cinéticas “fitadas” antes e após o treinamento. Tau 1, Tau 2 = constantes de tempo da fase II da cinética do $\dot{V}O_2$, respectivamente, pré e pós a intervenção da reabilitação.

O aumento no tempo de tolerância ao esforço (TLim) no teste submáximo de carga constante teve correlação baixa, mas significativa, com as variáveis descritas na Tabela 7, sendo que, quanto menor o valor destas, maior o ganho no tempo de teste.

Tabela 7 - Correlação entre o TLIM pós e pré-reabilitação e as diversas variáveis.

	Coeficiente de correlação (r)	P
FE, %	- 0,275	0,032
$\dot{V}O_2$ pico Inc (ml/kg/min)	-0,286	0,017
MRT (s)	-0,259	0,031

FE: fração de ejeção ventricular esquerda, $\dot{V}O_2$ pico inc: Consumo de oxigênio no pico do teste incremental máximo, MRT: *mean response time*.

Na análise de regressão múltipla para verificar as variáveis preditoras do ganho de tempo no teste de endurance, no modelo final, obtivemos um r^2

de 0,172, em que permaneceu somente o MRT com significância estatística ($p= 0,05$ e $t= -2,006$).

5.6 Comparação das respostas entre os protocolos TRIM e TSCC à intervenção do PRCPM

Nas respostas aos testes de rampa incrementais (TRIM), apenas 2 pacientes (2,8%) não apresentaram incremento no tempo de duração da prova, sendo que o restante resultou em uma média de incremento de 25,6% em relação ao basal. Já com relação ao delta tempo ($\Delta t\%$) pelo TSCC houve elevação média de 104,0%, portanto muito mais sensível à análise da resposta à intervenção da reabilitação (Figura 16).

Embora a distância percorrida tenha sido estatisticamente significativa para ambos os protocolos ($p<0,001$), a resposta dessa foi quase 3 vezes maior no TSCC (ganho de 97,7%, contra 35,4% pelo TRIM), demonstrando-se, assim, de forma mais evidente esse efeito da reabilitação cardiopulmonar.

Figura 16 - A- Gráfico da diferença do tempo (Δt) de exercício realizado entre os protocolos de rampa incremental máximo (TRIM) e submáximo de carga constante (TSCC). B- Porcentual do incremento de tempo entre o TRIM e o TSCC.

5.7 Respostas quanto à qualidade de vida – diversos domínios do SF 36

Com relação aos dados do questionário de qualidade de vida, o programa de RCPM proporcionou incremento significativo dos índices obtidos pelo questionário SF-36 em todos os seus oito domínios ($p < 0,001$) – Figura 17.

Figura 17 - Gráfico das respostas aos diversos domínios do questionário de qualidade de vida SF-36 antes e após a intervenção do programa de reabilitação (RCPM). Notar a linha do padrão de normalidade em preto, demonstrando que a qualidade de vida após o programa de reabilitação atingiu níveis compatíveis com indivíduos saudáveis da mesma faixa etária.

Os sumários físico e mental obtidos após o treinamento apresentaram correlações significantes com as seguintes variáveis (Tabela 8). A fase II da cinética do consumo do oxigênio, no teste de carga constante, correlacionou-se com ambos os sumários. Além disto, a tau (τ) obteve correlação com maior número de variáveis dos domínios da qualidade de vida do SF-36: limitação dos aspectos físicos ($r = -0,39$, $p = 0,002$), estado de saúde ($r = -0,32$, $p = 0,006$), limitação dos aspectos emocionais ($r = -0,25$, $p = 0,003$).

Tabela 8 - Correlações da qualidade de vida com as diversas variáveis antropométricas e funcionais

Sumário Físico (pós)	Coefficiente de correlação (r)	P
Cinética do $\dot{V}O_2 \tau$ (tau) (seg)	- 0,39	0,001
Delta tau ($\Delta\tau$)	- 0,30	0,011
FE, %	-0,36	<0,04
Sumário Mental (pós)		
Cinética do $\dot{V}O_2 \tau$ (tau) (seg)	- 0,32	0,007
Delta tau ($\Delta\tau$)	-0,29	0,014

Correlações dos escores de qualidade de vida SF- 36 (sumário físico e mental) com as variáveis do teste submáximo de carga constante pré-reabilitação: r: coeficiente de correlação de Pearson, fase II da cinética do $\dot{V}O_2$: cinética do consumo de oxigênio representada pela constante de tempo tau (τ), Δ = delta, FE: fração de ejeção ventricular esquerda.

Na análise de regressão múltipla, o sumário físico pós-RCPM teve como variáveis preditoras a fase II da cinética do $\dot{V}O_2$ e a FE (Tabela 9).

Tabela 9 - Regressão múltipla com o sumário físico como desfecho e suas variáveis preditoras

	T	P	R² ajustado= 0,251
FE	3,039	0,004	
Tau	-3,427	0,01	

FE: fração de ejeção ventricular esquerda, Tau: constante de tempo da cinética do $\dot{V}O_2$.

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Poucos estudos quantificaram objetivamente e compararam as respostas à intervenção da reabilitação cardíaca com protocolos distintos para os testes de avaliação ao esforço: incremental máximo (TRIM) e submáximo de carga constante (TSCC ou de *Endurance*). Esta ampla análise com diferentes provas de esforço em cardiopatas isquêmicos com leve disfunção ventricular é inédita na literatura.

A cinética do consumo de oxigênio, mais especificamente, a fase II que está ligada ao importante papel da musculatura periférica, foi um fator de relevante melhora e apresentou correlações com diversas variáveis, especialmente a qualidade de vida. As descrições dos efeitos da reabilitação, normalmente, não envolvem uma avaliação tão ampla no mesmo indivíduo.^{100,101} Em nosso estudo, apresentamos aspectos abrangentes que foram analisados de forma conjunta, fornecendo dados globais dos efeitos do treinamento físico supervisionado e orientado por equipe multidisciplinar.

Neste sentido, realizamos ampla abordagem na avaliação das respostas de inúmeras variáveis de ordem clínica e funcional (qualidade de vida com SF-36, classe funcional da NYHA, dor torácica e sensação de cansaço pela escala de Borg), composição corporal pela BIE e fração de ejeção ventricular esquerda), de ordem cardiovascular (FC, PA, Pulso de oxigênio no pico do exercício e no limiar anaeróbico, OUES e Potência Circulatória), de ordem metabólica (consumo máximo de oxigênio e no limiar anaeróbico), medidas de desempenho (tempo de tolerância ao exercício submáximo (TLim) e distância percorrida), medidas de ordem ventilatória (ventilação minuto, frequência respiratória, reserva ventilatória e inclinação da razão ventilação minuto/produção de gás carbônico – $V'E/V'CO_2$ slope), além de índice do metabolismo oxidativo, como a cinética do consumo de oxigênio (fase II da cinética e tempo médio de resposta – MRT).

6.1 Respostas gerais à reabilitação: clínicas, de composição corporal, eletrocardiográficas/rítmicas e funcionais

As respostas de ordem clínica, como a redução da manifestação de dor torácica e a melhora na classe funcional da NYHA, foram muito expressivas e relevantes em nosso estudo. Tais respostas, embora descritas de modo menos frequente na literatura, constituem-se como alicerces dos objetivos dos programas de reabilitação cardíaca.^{11,101}

Os dados disponíveis em grandes estudos prévios não contemplam, em sua maioria, aferições diretas da capacidade aeróbica, análises simultâneas metabólicas e ventilatórias, como demonstradas em nosso trabalho. Alguns estudos anteriores utilizavam apenas estimativas em equivalentes metabólicos (METs) utilizando testes ergométricos convencionais ou em associação com cintilografia miocárdica^{12,15,49}, embora trabalho mais recente de Mezzani e colaboradores tenha considerado o TCPE como o método ouro.⁹⁵

As respostas gerais à reabilitação permitiram adaptações sistêmicas integradas: cardiorrespiratórias, musculoesqueléticas e neuro-humorais, com redução da frequência cardíaca e da pressão arterial sistêmica basal e em comparação à mesma carga submáxima de exercício (maior eficiência motora). Desta forma, tais adaptações promoveram a redução da sensação de cansaço (Escala de Borg) tanto no teste máximo com maior velocidade atingida, quanto no submáximo de carga constante, com maior tempo de exercício realizado. A melhora da eficiência mecânica para o trabalho realizado, e do aprimoramento aeróbico, refletiram nas manifestações sintomáticas de angina e das alterações eletrocardiográficas compatíveis com isquemia miocárdica dependentes da intensidade do exercício. Tais respostas clínicas e eletrocardiográficas foram acompanhadas de menor densidade arritmogênica após o treinamento físico supervisionado.

O exercício físico crônico e regular pode contribuir para um aumento da estabilidade elétrica do miocárdio por meio da redução da isquemia regional em nível submáximo de exercício, redução das catecolaminas no miocárdio em repouso e em níveis submáximos de esforço, e aumento do limiar de fibrilação, devido à redução do AMP cíclico.¹⁰² Assim, tais mecanismos podem, ao menos parcialmente, explicar os efeitos observados sobre os sintomas e a redução das ectopias induzidas pelo exercício.

Possivelmente, mecanismos integrados promoveram adaptações periféricas que levaram à melhor perfusão sistêmica e retorno venoso, proporcionando maior consumo de oxigênio, além de modesto, mas significativo incremento na fração de ejeção ventricular esquerda (FE). Tal efeito ainda controverso na literatura. Se, por um lado, os estudos de Bellardinelli e colaboradores^{22,103} observaram aumento na perfusão miocárdica, sem explicar a ausência de mudança na FE, bem como o estudo de Myers e colaboradores⁴² (que estudaram a cinética do $\dot{V}O_2$ na recuperação em portadores de cardiopatia isquêmica com importante disfunção ventricular), não demonstraram diferença na FE após dois meses de treinamento de alta intensidade. Por outro lado, o estudo de Haddadzadeh e colaboradores evidenciou importante incremento na FE após o treinamento físico.¹⁰⁴ O incremento no $\dot{V}O_{2\text{max}}$ está associado com maior extração periférica do consumo de oxigênio, secundária a maior densidade mitocondrial obtida pelo aumento de fibra muscular tipo I¹⁰⁵, com incremento na diferença do conteúdo arteriovenoso de oxigênio e débito cardíaco. Adicionalmente às mudanças na função endotelial pela ação crônica do exercício regular, e melhores respostas cardiovasculares e sistêmicas, que, paralelamente, podem sugerir outros possíveis mecanismos no aumento da FE.

O conjunto das adaptações fisiológicas permitiu que houvesse, simultaneamente, redução do percentual de gordura corporal e aumento da massa magra, de maneira modesta, mas com significância estatística. Certamente, a combinação das modalidades de treinamento físico aeróbico e resistido, além do modo intervalado, possibilitou uma melhor composição

corporal evidenciada pela bioimpedância elétrica (BIE). Os dados disponíveis na literatura^{106,107} estão na mesma direção dos resultados obtidos com o programa de RCPM. As respostas obtidas pela BIE, especialmente quanto ao percentual de gordura, estão de acordo com as ações fisiológicas do treinamento físico descritas por Poirier e colaboradores.¹⁰⁸

6.2 Respostas no Teste Incremental Máximo (TRIM)

Nossos resultados, no tocante às respostas hemodinâmicas, foram semelhantes aos estudos anteriores descritos na literatura, em concordância na redução da pressão arterial sistêmica, redução da frequência cardíaca basal, maior resposta cronotrópica e queda mais rápida da FC de recuperação (FC rec).^{109,110} Na mesma direção de trabalhos prévios de Hambrecht e de Van Laethem^{77,105}, as respostas metabólicas obtidas como o $\dot{V}O_2$ máximo atingido e o $\dot{V}O_2$ ao nível do limiar anaeróbico ($\dot{V}O_{2LA}$) apresentaram incremento semelhante, após as 36 sessões do programa de reabilitação. Os mecanismos fisiológicos descritos no tangente à maior extração periférica de oxigênio e incremento na diferença do conteúdo arteriovenoso de oxigênio, adicionados à melhora cardiovascular, proporcionaram, por consequência, maior oferta de oxigênio, incrementando o seu consumo muscular após o treinamento (maior massa muscular, maior capilarização da fibra e aumento na densidade mitocondrial).

Outras variáveis cardiovasculares apresentaram respostas positivas frente à intervenção do treinamento físico: a inclinação da eficiência do consumo de oxigênio (OUES) e a potência circulatória evidenciaram incremento significativo em nosso estudo. Esses índices de relevância prognóstica e sensíveis ao treinamento físico em cardiopatas isquêmicos apresentaram resultados concordantes com os descritos na literatura.^{76,78,111,112} Possivelmente, essas melhores respostas obtidas após o treinamento estejam relacionadas com a menor acidose láctica, em que maior

consumo de oxigênio é alcançado com menor custo do trabalho ventilatório e cardiovascular.

Com relação às respostas ventilatórias, o programa de RCPM evidenciou maior eficiência ventilatória, com redução da inclinação da relação ventilação minuto e produção de gás carbônico ($V'E/V'CO_2$ SLOPE), um índice prognóstico para portadores de cardiopatia com disfunção ventricular esquerda⁹⁶ e ainda pouco explorado para cardiopatas isquêmicos com leve disfunção ventricular. Na presença de insuficiência cardíaca ou disfunção ventricular esquerda, a deficiência no metabolismo muscular esquelético ocasiona a ventilação excessiva ao exercício, secundária às alterações dos reflexos nos receptores musculares. Assim, dentre os possíveis mecanismos envolvidos na melhora da eficiência ventilatória, esteja o próprio aprimoramento do condicionamento aeróbico, em que ocorre: mudança do tipo de fibra muscular com maior densidade mitocondrial e consequente retardamento da acidose láctica metabólica (pela redução da depleção de fosfocreatina (PCr), incremento na ADP durante o exercício com aumento na taxa de ressíntese de ATP, e de PCr na recuperação) promovendo substancial melhora da capacidade oxidativa e tornando mais eficiente o trabalho muscular respiratório e periférico.^{77,113}

6.3 Respostas no Teste Submáximo de Carga Constante

O teste submáximo de carga constante apresentou ganho na tolerância ao esforço mais nítido, quando comparado ao incremental máximo. Tal observação que reforça a sua utilidade na prática clínica ainda não havia sido descrita para avaliação de cardiopatas isquêmicos submetidos a programa de reabilitação. Portanto, esse é o primeiro estudo que avaliou o comportamento da cinética do $V'O_2$ de cardiopatas isquêmicos em nível supralimiar de lactato (acima do LV1). Realizado por meio de protocolo tipo onda quadrática para obtenção dos valores da constante de tempo tau (τ), um índice do metabolismo oxidativo periférico,

além de adicionar análise que contemplou a formação do componente lento, com aquisição do MRT fornecido pelo cálculo algébrico⁴⁴ dos primeiros 6 minutos do exercício de carga constante. Os estudos prévios^{35,36} foram baseados em níveis sublimiares de lactato (abaixo do LV1), além de não estudarem especificamente o efeito do treinamento físico em cardiopatas isquêmicos estáveis e, predominantemente, sem disfunção ventricular significativa.

O ganho observado na cinética do $\dot{V}O_2$, tanto na fase II como no MRT, representa melhora no transporte e na utilização do oxigênio na musculatura periférica. Tal comportamento foi na mesma direção dos resultados obtidos por Roditis e colaboradores⁴⁵, entretanto, o estudo foi realizado em um número reduzido de pacientes com insuficiência cardíaca e submetidos aos testes somente em cicloergômetro. As respostas obtidas em nosso estudo apresentaram efeitos tão contundentes quanto as ações observadas por fármaco vasodilatador no trabalho de Koike⁴⁶, que evidenciou redução na constante de tempo da cinética do $\dot{V}O_2$ (fase II) em portadores de DAC. Nossos resultados também foram ao encontro dos obtidos por Adachi e colaboradores⁴⁷, tendo a mesma resposta após a realização de angioplastia transluminal coronária, bem como as respostas de Kay com a estimulação adequada da frequência cardíaca por marca-passo e de Feldman com a utilização de dispositivos de assistência cardíaca em presença de disfunção ventricular esquerda significativa.^{26,48}

Os valores obtidos de MRT em nosso estudo estiveram acima dos evidenciados na literatura devido aos testes submáximos de carga constante serem supralimiar de lactato (acima do limiar anaeróbico). Deste modo, houve a formação do componente lento que retardou o platô assintótico da fase III da cinética do $\dot{V}O_2$, assim, o tempo decorrido até o estado estável ficou mais prolongado. No entanto, a resposta caracterizada pela sua redução esteve no mesmo sentido do estudo prévio de Schalcher e colaboradores⁵¹ que estudaram indivíduos em estágios mais avançados de insuficiência cardíaca. Estudo recente de Tomczak¹¹⁴ e colaboradores evidenciou correlação entre a massa magra e a cinética do $\dot{V}O_2$ após o

treinamento físico em indivíduos submetidos a transplante cardíaco, no entanto, outras análises clínicas e de qualidade de vida não foram abordadas

A cinética do consumo de oxigênio ficou mais rápida (τ), cujo incremento esteve relacionado com a fração de ejeção (FE) e com os índices de qualidade de vida, tanto nos aspectos físicos quanto nos emocionais. Os estudos prévios envolvendo cinética do $\dot{V}O_2$ denotaram que seu retardamento esteve associado aos piores prognósticos a médio e longo prazo.^{51,115} Por fim, nosso estudo evidenciou, na análise de regressão múltipla, que a fase II da cinética do $\dot{V}O_2$ foi preditora de melhor desfecho no sumário físico da qualidade de vida. Adicionalmente, observamos que os pacientes submetidos ao PRCM apresentaram valores em todos os oito domínios do questionário de qualidade de vida (*Short Form-36*) semelhantes ao padrão de indivíduos dentro da normalidade (Figura 17). Com isto, esta melhora no metabolismo muscular periférico tem relação significativa com uma menor limitação da vida diária, principalmente no aspecto físico. Para nosso conhecimento, tal achado ainda não tinha sido descrito na literatura.

Assim, uma exploração mais ampla dos dados cardiovasculares e metabólicos obtidos pelo TCPE, em especial, por meio do nosso estudo, utilizando testes submáximos como os de carga constante (TSCC) forneceram importantes ferramentas que poderão ser geradoras de novos índices de relevância na avaliação de cardiopatas isquêmicos. Neste sentido, os valores do TLim e a duração do tempo da cinética do $\dot{V}O_2$, agregam valor aos tradicionais marcadores prognósticos cardiovasculares, além de propiciar análise mais acurada do impacto da intervenção dos programas de reabilitação.

Em suma, esses avanços na análise ergoespirométrica por meio de testes submáximos, com a extração destes novos marcadores fisiológicos, demonstraram, efetivamente, sua aplicação na prática clínica.

6.4 Limitações

Dentre nossas limitações, a ausência de um grupo controle, bem como a não realização de biópsia muscular, deixou o desenho e a realização do estudo abaixo da plenitude máxima desejada. Entretanto, no mundo real de um programa de reabilitação em um hospital assistencial, as dificuldades encontradas não nos permitiram evitar tais limitações.

Embora tenham sido feitas avaliações fisiátricas com análise de força muscular e flexibilidade, tais respostas não foram mensuradas objetivamente.

O tempo decorrente do evento cardiovascular, (IAM, RM ou IPC), até o início do programa de RCPM superior a 8 meses, é considerado muito longo. De acordo com estudos atuais, quanto mais precocemente houver a intervenção pelo treinamento físico, melhor será o remodelamento ventricular.¹¹⁶ Desta forma, entendemos que a conduta do encaminhamento mais precoce de cardiopatas isquêmicos aos programas de reabilitação seja mais benéfica do que medidas mais conservadoras, sem a intervenção do exercício físico.

Embora a aderência dos pacientes incluídos no estudo tenha sido considerável, as barreiras encontradas para continuidade dos programas de reabilitação tornam-se limitações habituais de qualquer trabalho científico nesta área do conhecimento.¹¹⁷

Os desafios em derrubar as barreiras para a efetivação de programas de reabilitação cardíaca, juntamente com a conquista da aderência dos pacientes¹¹⁷, bem como o desenvolvimento e a manutenção de novos centros de reabilitação, certamente, carecem da atenção de dirigentes públicos, para que os inúmeros benefícios promovidos por programas, como este de RCPM, sejam difundidos e incentivados em todas as comunidades.

7 CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

Os efeitos estudados do programa de reabilitação cardiopulmonar e metabólica em pacientes com cardiopatia isquêmica evidenciaram as seguintes conclusões:

- 1) Maior tolerância ao exercício, maior carga de trabalho atingida no teste incremental e distâncias percorridas. A evidência do ganho no tempo de tolerância ao exercício foi maior no TSCC;
- 2) Redução da constante de tempo da cinética do consumo de oxigênio (fase II) e do tempo médio de resposta, obtidos pelo protocolo submáximo de carga constante, traduzindo melhora no metabolismo oxidativo periférico;
- 3) A melhora da classe funcional, com menor limitação ou restrição ao exercício;
- 4) Retardamento do limiar de isquemia sintomática com melhora das manifestações de dor torácica anginosa, bem como das alterações eletrocardiográficas e, adicionalmente, redução da densidade arritmogênica, em ambos os protocolos TRIM e TSCC;
- 5) Incremento discreto na fração de ejeção ventricular esquerda;
- 6) Redução discreta da massa gorda com ganho modesto da massa magra;
- 7) Significativo ganho nos índices de qualidade de vida que se correlacionaram com a cinética do $\dot{V}O_2$ e atingiram níveis compatíveis com indivíduos normais sem cardiopatia isquêmica;
- 8) A fase II da cinética do $\dot{V}O_2$ foi preditora de melhor desfecho no sumário físico da qualidade de vida.

8 ANEXOS

ANEXO A - Termo de consentimento livre e esclarecido

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME: :.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : .M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO Nº

APTO:

BAIRRO: CIDADE

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)

2. RESPONSÁVEL LEGAL

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)

DOCUMENTO DE IDENTIDADE :SEXO: M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO.:/...../.....

ENDEREÇO: Nº APTO:

BAIRRO: CIDADE:

CEP:.....TELEFONE: DDD (.....).....

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: **“Efeitos da Reabilitação Cardiopulmonar sobre o tempo de tolerância ao exercício (Tlim) e Cinética de Oxigênio em Cardiopatas Isquêmicos”**

PESQUISADOR : Carlos Roberto Ribeiro de Carvalho

CARGO/FUNÇÃO: Médico Pesquisador

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº CRM 31143

Hospital do Coração – Hcor-

UNIDADE DO HCFMUSP: Disciplina de Pneumologia - Instituto do Coração

2. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO	☒	RISCO MÉDIO	☐
RISCO BAIXO	☐	RISCO MAIOR	☐

3.DURAÇÃO DA PESQUISA : 6 meses

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP

1 – Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo, que visa entender melhor a resposta da tolerância ao exercício em portadores doença arterial coronária acompanhados pelo setor de Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica do Hospital do Coração –Hcor . 2- Serão realizados testes de exercício cardiorrespiratórios , também conhecidos como teste de esforço cardiopulmonar, onde caminha-se num esteira rolante até o máximo possível, com uma máscara facial que auxilia na leitura dos valores dos gases expirados. Antes desse teste na esteira realiza-se uma espirometria . A espirometria, ou prova de função pulmonar, é o exame realizado para medir a quantidade de ar que cabe dentro dos pulmões e a maior velocidade possível do ar ao sair dos pulmões. Este exame é realizado assoprando-se através de um aparelho.3 – O teste Cardiopulmonar de esforço pode causar cansaço intenso, dor no peito, arritmias ou palpitações, que normalmente são controladas e passageiras.

A espirometria pode causar um pouco de tontura, dor no peito pela força muscular e, muito raramente, chiadeira. Todos esses efeitos são passageiros e de pequena repercussão.

4 – O maior benefício para o participante é o maior entendimento sobre a sua doença e o controle dos fatores de risco, evitando-se novos episódios cardíacos.

5 – Garantia de acesso: em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Dr. **Carlos Alberto Cordeiro Hossri**, que pode ser encontrado no Hospital do Coração, Setor de Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica, localizado nas dependências do HCor ou na Disciplina de Pneumologia, localizada no Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas, telefones 3069-5034/3069-5695.

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel: 3069-6442 ramais 16, 17, 18 ou 20, FAX: 3069-6442 ramal 26 – E-mail: cappesq@hcnet.usp.br. Ou no email do HCor, do Instituto de Ensino e Pesquisa ou da Reabilitação Cardiopulmonar. hcor@hcor.com.br ou reabcario@hcor.com.br.

6 – É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

7 – Direito de confidencialidade – As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente;

8 – Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores;

9 – Despesas e compensações: não há despesas adicionais pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação.

10 – Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos ou tratamentos propostos neste estudo (nexo causal comprovado), o participante tem direito a tratamento médico na Instituição- Hospital do Coração.

11 - Compromisso do pesquisador de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo **“Efeitos da Reabilitação Cardiopulmonar sobre o tempo de tolerância ao exercício (Tlim) e Cinética do Consumo de Oxigênio em Cardiopatas Isquêmicos”**

“Eu discuti com o Dr. Carlos Alberto Cordeiro Hossri sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante legal

Data ____ / ____ / ____

Assinatura da testemunha

Data ____ / ____ / ____

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo

Data ____ / ____ / ____

ANEXO B - Ficha clínica

Ficha Clínica da Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica

1) Variáveis clínicas (Avaliação/ Visita1)

(1ª Pré – Reabilitação):

- Nome:
- Data de nascimento: Idade:
- Sexo:
- Peso: Altura: IMC:
- Infarto prévio ()
- Revascularização miocárdica ()
- Angioplastia transluminal coronária prévia ()

Histórico de fatores de risco

Sobrepeso (IMC : 25,1 à 30)

Obesidade (IMC > 30)

Hipertensão

Diabetes

Tabagismo:

() não () sim

() atual () progresso

- Classe Funcional NYHA () I () II () III

2) Teste cardiopulmonar de exercício com rampa incremental máximo através de esteira rolante (TRIM) Pré – Reabilitação (Avaliação/Visita 1):

Ausculata cardíaca e pulmonar(repouso):

PA (repouso):

Electrocardiograma (repouso):

CARGA atingida (velocidade/km/h e Inclinação %)

$V'O_2$ máx:

 $V'CO_2:$

RER máximo:

VE no pico do exercício:

Reserva ventilatória (VE/VVM):

FR no pico do exercício:

FC máxima:

Reserva cronotrópica:

VO₂/FC máximo:

VO₂/FC no limiar anaeróbico:

SpO₂ mínima durante exercício:

Comportamento da PA no exercício (DELTA (Δ) PAS):

Alteração no ECG durante exercício:

Arritmia complexa :

Critério para término do exercício:

Escala de Borg

TRIM I – Pré-Reabilitação: Dispneia:

Pernas:

3) Teste cardiopulmonar de exercício com carga constante através de esteira rolante (TCC ou Endurance) (Avaliação/ Visita 2 – Pré-reabilitação) : (80% o TRIM 1)

Endurance I- Borg :

Dispneia:

Pernas:

- Duração do teste (Tempo de tolerância ao exercício)=

Distância percorrida (Endurance I):

RER= SLOPE/VE/VCO₂= VO₂=

FC= Δ PAS=

**INTERVENÇÃO DE: 3 MESES DE TREINAMENTO FÍSICO
SUPERVISIONADO/ MONITORIZADO (PROGRAMA DE
REABILITAÇÃO CARDIOPULMONAR E METABÓLICA- RCPM)**

4) Variáveis clínicas (Avaliação/ Visita 3)- 1ªPós – Reabilitação:

- Peso: Altura: IMC:

- INTERCORRÊNCIAS (desfechos):

Infarto ()

Revascularização miocárdica ()

Angioplastia transluminal coronária ()

- Classe Funcional NYHA () I () II () III

5) Teste cardiopulmonar de exercício com rampa incremental máximo (TRIM 2) (pós- reabilitação) (Avaliação/ Visita 3):

Ausculta cardíaca e pulmonar (repouso):

PA (repouso):

SpO₂ (repouso):

Electrocardiograma (repouso):

CARGA atingida (velocidade/km/h e Inclinação %)

$\dot{V}'O_2$ máx:

 $V'CO_2:$

RER máximo:

VE no pico do exercício:

Reserva ventilatória (VE/V_M):

FR no pico do exercício:

FC máxima:

Reserva cronotrópica:

VO₂/FC máximo:

VO₂/FC no limiar anaeróbico

SpO₂ mínima durante exercício:

Comportamento da PA no exercício- DELTA (Δ) PAS:

Alteração no ECG durante exercício :

Arritmia Complexa :

Critério para término do exercício:

Escala de Borg

TRIM II – Pós-Reabilitação: Dispneia:

Pernas:

6) Teste cardiopulmonar de exercício com carga constante (80% Max do TRIM 1) Avaliação/Visita 4 - 2ª Pós-Reabilitação

Endurance II Borg :

Dispneia:

Pernas:

- Duração do teste (Tempo de tolerância ao exercício)=

Distância percorrida (Endurance II):

RER=

SLOPE/VE/ VCO_2 =

VO_2 =

FC=

Δ PAS=

ANEXO C - Questionário de qualidade de vida relacionada à saúde***Medical Outcome Short-Form 36 (SF-36)*****Nome:**.....

Instruções: Esta pesquisa questiona você sobre sua saúde. Estas informações nos manterão informados de como você se sente e quão bem é capaz de fazer suas atividades de vida diária. Responda cada questão marcando a resposta como indicado. Caso esteja inseguro em como responder, por favor tente responder da melhor forma que puder.

1. Em geral, você diria que sua saúde é: (circule uma)

Excelente	1
Muito boa	2
Boa	3
Ruim	4
Muito ruim	5

2. **Comparada a um ano atrás**, como você classificaria sua saúde em geral, agora: (circule uma)

Muito melhor agora do que a um ano atrás	1
Um pouco melhor agora que a um ano atrás	2
Quase a mesma do que um ano atrás	3
Um pouco pior agora do que a um ano atrás	4
Muito pior agora do que a um ano atrás	5

3. Os seguintes itens são sobre atividades que você poderia fazer atualmente durante um dia comum. **Devido a sua saúde**, você tem dificuldade para fazer essas atividades? Neste caso quanto? (circule uma em cada linha)

Atividades	Sim Dificulta muito	Sim Dificulta um pouco	Não. Não Dificulta de modo algum
a – Atividades vigorosas , que exigem muito esforço, tais como correr, levantar objetos pesados, participar em esportes árduos	1	2	3
b- Atividades moderadas , tais como mover uma mesa, passar aspirador de pó, jogar bola, varrer a casa	1	2	3
c- Levantar ou carregar mantimentos	1	2	3
d- Subir vários lances de escada	1	2	3
e- Subir um lance de escada	1	2	3
f- Curvar-se, ajoelhar-se ou dobrar-se	1	2	3
g- Andar mais de 1 quilômetro	1	2	3
h- Andar vários quarteirões	1	2	3
i- Andar 1 quarteirão	1	2	3
j- Tomar banho ou vestir-se	1	2	3

4. Durante as **últimas 4 semanas**, você tem alguns dos seguintes problemas com seu trabalho ou com alguma atividade diária regular, **como consequência de sua saúde física** (circule uma em cada linha)

	Sim	Não
a- Você diminuiu a quantidade de tempo que se dedicava ao seu trabalho ou a outras atividades?	1	2
b- Realizou menos tarefas do que gostaria?	1	2
c- Esteve limitado no seu tipo de trabalho ou em outras atividades?	1	2
d- Teve dificuldade de fazer o seu trabalho ou outras atividades (por exemplo: necessitou de um esforço extra)	1	2

5. Durante as **últimas 4 semanas**, você teve algum dos seguintes problemas com o seu trabalho ou com outra atividade diária regular, como consequência de algum problema emocional (como sentir-se deprimido ou ansioso)? (circule uma em cada linha)

	Sim	Não
a- Você diminuiu a quantidade de tempo que se dedicava ao seu trabalho ou a outras atividades?	1	2
b- Realizou menos tarefas do que gostaria?	1	2
c- Não trabalhou ou não fez qualquer das atividades com tanto cuidado como geralmente faz ?	1	2

6. Durante as **últimas 4 semanas**, de que maneira sua saúde física ou problemas emocionais interferiram nas suas atividades sociais normais, em relação a família, vizinhos, amigos ou em grupo?

(circule uma)

De forma nenhuma	1
Ligeiramente	2
Moderadamente	3
Bastante	4
Extremamente	5

7. Quanta **dor no corpo** você teve nas **últimas 4 semanas**?

(circule uma)

Nenhuma	1
Muito leve	2
Leve	3
Moderada	4
Grave	5
Muito grave	6

8. Durante as últimas 4 semanas, quanto a dor interferiu com o seu trabalho normal (incluindo tanto o trabalho fora de casa e dentro de casa)?

(circule uma)

De maneira nenhuma 1
 Um pouco 2
 Moderadamente 3
 Bastante 4
 Extremamente 5

9. Estas questões são sobre como você se sente e como tudo tem acontecido com você durante as últimas 4 semanas. Para cada questão, por favor, dê uma resposta que mais se aproxima da maneira como você se sente. Em relação às **últimas 4 semanas:**

(circule uma em cada linha)

	Todo tempo	A maior parte do tempo	Uma boa parte do tempo	Alguma parte do tempo	Uma pequena parte do tempo	Nunca
a- Quanto tempo você tem se sentido cheio de vigor, cheio de vontade e cheio de força?	1	2	3	4	5	6
b- Quanto tempo você tem se sentido uma pessoa muito nervosa?	1	2	3	4	5	6
c- Quanto tempo você tem se sentido tão deprimido que nada pode animá-lo?	1	2	3	4	5	6
d- Quanto tempo você tem se sentido calmo ou tranquilo?	1	2	3	4	5	6
e- Quanto tempo você tem se sentido com muita energia?	1	2	3	4	5	6
f- Quanto tempo você tem se sentido desanimado e abatido?	1	2	3	4	5	6
g- Quanto tempo você tem se sentido esgotado?	1	2	3	4	5	6
h- Quanto tempo você tem se sentido uma pessoa feliz?	1	2	3	4	5	6
i- Quanto tempo você tem se sentido cansado?	1	2	3	4	5	6

10. Durante as últimas 4 semanas, quanto do seu tempo a sua saúde física ou problemas emocionais interferiram com suas atividades sociais (como visitar amigos, parentes, etc) ?
(circule uma)

Todo o tempo..... 1
 A maior parte do tempo..... 2
 Alguma parte do tempo..... 3
 Uma pequena parte do tempo..... 4
 Nenhuma parte do tempo..... 5

11. O quanto verdadeiro ou falso é cada uma das afirmações para você?
(circule uma em cada linha)

	Definitiva- mente verdadeiro	A maioria das vezes verdadeiro	Não Sei	A maioria das vezes falsa	Definitiva- mente falsa
a- Eu costumo adoecer um pouco mais facilmente que as outras pessoas	1	2	3	4	5
b- Eu sou tão saudável quanto qualquer outra pessoa que eu conheço	1	2	3	4	5
c- Eu acho que a minha saúde vai piorar	1	2	3	4	5
d- Minha saúde é excelente	1	2	3	4	5

9 REFERÊNCIAS

9 REFERÊNCIAS

1. Yusuf S, Reddy S, Ounpuu S, Anand S. Global burden of cardiovascular diseases: part I: general considerations, the epidemiologic transition, risk factors, and impact of urbanization. *Circulation*. 2001;104(22):2746-53.
2. Yusuf S, Reddy S, Ounpuu S, Anand S. Global burden of cardiovascular diseases: Part II: variations in cardiovascular disease by specific ethnic groups and geographic regions and prevention strategies. *Circulation*. 2001;104(23):2855-64.
3. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Dans T, Avezum A, Lanas F, et al. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet*. 2004;364(9438):937-52.
4. Mathers CD, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. *PLoS Med*. 2006;3(11):e442.
5. Wang TJ, Levy D, Benjamin EJ, Vasan RS. The epidemiology of "asymptomatic" left ventricular systolic dysfunction: implications for screening. *Annals Int Med*. 2003;138(11):907-16.
6. Hambrecht R, Walther C, Mobius-Winkler S, Gielen S, Linke A, Conradi K, et al. Percutaneous coronary angioplasty compared with exercise training in patients with stable coronary artery disease: a randomized trial. *Circulation*. 2004;109(11):1371-8.
7. Boden WE, O'Rourke R A, Teo KK, Hartigan PM, Maron DJ, Kostuk W, et al. Design and rationale of the Clinical Outcomes Utilizing Revascularization and Aggressive Drug Evaluation (COURAGE) trial Veterans Affairs Cooperative Studies Program no. 424. *Am Heart J*. 2006;151(6):1173-9.

8. Leon AS, Franklin BA, Costa F, Balady GJ, Berra KA, Stewart KJ, et al. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity), in collaboration with the American association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation*. 2005;111(3):369-76.
9. de Carvalho T, Curi AL, Andrade DF, Singer Jda M, Benetti M, Mansur AJ. Cardiovascular rehabilitation of patients with ischemic heart disease undergoing medical treatment, percutaneous transluminal coronary angioplasty, and coronary artery bypass grafting. *Arq Bras Cardiol*. 2007;88(1):72-8.
10. Taylor RS, Brown A, Ebrahim S, Jolliffe J, Noorani H, Rees K, et al. Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med*. 2004;116(10):682-92.
11. Carvalho T CA, Ferraz A, Nóbrega ACL, Brunetto AF, Herdy AH, Hossri CAC, et al. Diretriz Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica: aspectos práticos e responsabilidades. *Arq Bras Cardiol*. 2006;83(supl. 5):448-52.
12. Thompson PD, Buchner D, Pina IL, Balady GJ, Williams MA, Marcus BH, et al. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation*. 2003;107(24):3109-16.
13. Heeley E, Anderson C, Patel A, Cass A, Peiris D, Weekes A, et al. Disparities between prescribing of secondary prevention therapies for stroke and coronary artery disease in general practice. *Int J Stroke*. 2012;7(8):649-54.

14. Lauer MS, Francis GS, Okin PM, Pashkow FJ, Snader CE, Marwick TH. Impaired chronotropic response to exercise stress testing as a predictor of mortality. *JAMA*. 1999;281(6):524-9.
15. Marwick TH, Shaw LJ, Lauer MS, Kesler K, Hachamovitch R, Heller GV, et al. The noninvasive prediction of cardiac mortality in men and women with known or suspected coronary artery disease. Economics of Noninvasive Diagnosis (END) Study Group. *Am J Med*. 1999;106(2):172-8.
16. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Lauer MS. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA*. 2000;284(11):1392-8.
17. Shaw LJ, Olson MB, Kip K, Kelsey SF, Johnson BD, Mark DB, et al. The value of estimated functional capacity in estimating outcome: results from the NHBLI-sponsored Women's Ischemia Syndrome Evaluation (WISE) study. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47(3 Suppl):S36-43.
18. Morris CK, Ueshima K, Kawaguchi T, Hideg A, Froelicher VF. The prognostic value of exercise capacity: a review of the literature. *Am Heart J*. 1991;122(5):1423-31.
19. Koike A, Hiroe M, Adachi H, Yajima T, Itoh H, Takamoto T, et al. Cardiac output-O₂ uptake relation during incremental exercise in patients with previous myocardial infarction. *Circulation*. 1992;85(5):1713-9.
20. Weber KT, Janicki JS, Likoff MJ. Exercise testing in the evaluation of cardiopulmonary disease. A cardiologist's point of view. *Clin Chest Med*. 1984;5(1):173-80.
21. Bruce RA, McDonough JR. Stress testing in screening for cardiovascular disease. *Bull New York Acad Med*. 1969;45(12):1288-305.
22. Ellestad MH, Wan MK. Predictive implications of stress testing. Follow-up of 2700 subjects after maximum treadmill stress testing. *Circulation*. 1975;51(2):363-9.

23. Herda AA, Lentz AA, Mattlage AE, Sisante JF, Billinger SA. Cross-validation of the recumbent stepper submaximal exercise test to predict peak oxygen uptake in older adults. *Phys Ther.* 2014;94(5):722-9.
24. Noonan V, Dean E. Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther.* 2000;80(8):782-807.
25. Woods PR, Bailey KR, Wood CM, Johnson BD. Submaximal exercise gas exchange is an important prognostic tool to predict adverse outcomes in heart failure. *Eur J Heart Fail.* 2011;13(3):303-10.
26. Kay GN, Ashar MS, Bubien RS, Dailey SM. Relationship between heart rate and oxygen kinetics during constant workload exercise. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1995;18(10):1853-60.
27. Wasserman K, Whipp BJ. Exercise physiology in health and disease. *Am Rev Resp Dis.* 1975;112(2):219-49.
28. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol.* 1986;60(6):2020-7.
29. Wasserman K, Beaver WL, Whipp BJ. Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. *Circulation.* 1990;81(1 Suppl):II14-30.
30. Barstow TJ. Characterization of VO₂ kinetics during heavy exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(11):1327-34. Epub 1994/11/01.
31. Poole DC, Barstow TJ, Gaesser GA, Willis WT, Whipp BJ. VO₂ slow component: physiological and functional significance. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(11):1354-8.
32. Koike A, Wasserman K, Beaver WL, Weiler-Ravell D, McKenzie DK, Zanconato S. Evidence supporting the existence of an exercise anaerobic threshold. *Adv Exp Med Biol.* 1990;277:835-46.
33. Jones AM, Burnley M. Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2009;4(4):524-32..

34. Jones AM. Comments on point: counterpoint: the kinetics of oxygen uptake during muscular exercise do/do not manifest time-delayed phase. Delays and their determinants. *J Appl Physiol.* 2009;107(5):1670.
35. Whipp BJ. The slow component of O₂ uptake kinetics during heavy exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(11):1319-26.
36. Whipp BJ. The bioenergetic and gas exchange basis of exercise testing. *Clin Chest Med.* 1994;15(2):173-92.
37. Wasserman K, Whipp BJ, Koyl SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol.* 1973;35(2):236-43.
38. Burnley M, Jones AM, Carter H, Doust JH. Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *J Appl Physiol.* 2000;89(4):1387-96.
39. Casaburi R, Barstow TJ, Robinson T, Wasserman K. Influence of work rate on ventilatory and gas exchange kinetics. *J Appl Physiol.* 1989;67(2):547-55.
40. Xu F, Rhodes EC. Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Med.* 1999;27(5):313-27.
41. Sietsema KE, Ben-Dov I, Zhang YY, Sullivan C, Wasserman K. Dynamics of oxygen uptake for submaximal exercise and recovery in patients with chronic heart failure. *Chest.* 1994;105(6):1693-700.
42. Myers J, Gianrossi R, Schwitter J, Wagner D, Dubach P. Effect of exercise training on postexercise oxygen uptake kinetics in patients with reduced ventricular function. *Chest.* 2001;120(4):1206-11.
43. Babcock MA, Paterson DH, Cunningham DA, Dickinson JR. Exercise on-transient gas exchange kinetics are slowed as a function of age. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(4):440-6.

44. Kemps HM, De Vries WR, Hoogeveen AR, Zonderland ML, Thijssen EJ, Schep G. Reproducibility of onset and recovery oxygen uptake kinetics in moderately impaired patients with chronic heart failure. *Eur J Appl Physiol.* 2007;100(1):45-52.
45. Ruditis P, Dimopoulos S, Sakellariou D, Sarafoglou S, Kaldara E, Venetsanakos J, et al. The effects of exercise training on the kinetics of oxygen uptake in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007;14(2):304-11.
46. Koike A, Hiroe M, Yajima T, Adachi H, Shimizu N, Kano H, et al. Effects of nicorandil on kinetics of oxygen uptake at the onset of exercise in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 1995;76(7):449-52.
47. Adachi H, Koike A, Niwa A, Sato A, Takamoto T, Marumo F, et al. Percutaneous transluminal coronary angioplasty improves oxygen uptake kinetics during the onset of exercise in patients with coronary artery disease. *Chest.* 2000;118(2):329-35.
48. Feldman CM, Khan SN, Slaughter MS, Sobieski M, Graham JD, Eaheart B, et al. Improvement in early oxygen uptake kinetics with left ventricular assist device support. *ASAIO J.* 2008;54(4):406-11.
49. Gulati M, Pandey DK, Arnsdorf MF, Lauderdale DS, Thisted RA, Wicklund RH, et al. Exercise capacity and the risk of death in women: the St James Women Take Heart Project. *Circulation.* 2003;108(13):1554-9.
50. Arena R, Myers J, Abella J, Pinkstaff S, Brubaker P, Kitzman DW, et al. Cardiopulmonary exercise testing is equally prognostic in young, middle-aged and older individuals diagnosed with heart failure. *Int J Cardiol.* 2011;151(3):278-83.
51. Schalcher C, Rickli H, Brehm M, Weilenmann D, Oechslin E, Kiowski W, et al. Prolonged oxygen uptake kinetics during low-intensity exercise are related to poor prognosis in patients with mild-to-moderate congestive heart failure. *Chest.* 2003;124(2):580-6.

52. Campolina AG, Ciconelli RM. [SF-36 and the development of new assessment tools for quality of life]. *Acta Reumatol Port.* 2008;33(2):127-33.
53. Ware JE, Jr., Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care.* 1992;30(6):473-83..
54. Otterstad JE. Measuring left ventricular volume and ejection fraction with the biplane Simpson's method. *Heart.* 2002;88(6):559-60.
55. Bennett JA, Riegel B, Bittner V, Nichols J. Validity and reliability of the NYHA classes for measuring research outcomes in patients with cardiac disease. *Heart Lung.* 2002;31(4):262-70.
56. Weisman IM, Zeballos RJ. An integrated approach to the interpretation of cardiopulmonary exercise testing. *Clin Chest Med.* 1994;15(2):421-45.
57. Zeballos RJ, Weisman IM. Behind the scenes of cardiopulmonary exercise testing. *Clin Chest Med.* 1994;15(2):193-213.
58. Hansen JE, Sue DY, Wasserman K. Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Resp Dis.* 1984;129(2 Pt 2):S49-55.
59. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2013;128(8):873-934.
60. Myers J, Arena R, Franklin B, Pina I, Kraus WE, McInnis K, et al. Recommendations for clinical exercise laboratories: a scientific statement from the american heart association. *Circulation.* 2009;119(24):3144-61.
61. [II Guidelines on Ergometric Tests of the Brazilian Society of Cardiology]. *Arq Bras Cardiol.* 2002;78(Suppl 2):1-17.
62. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2007;33(4):397-406.

63. Duarte AA, Pereira CA, Rodrigues SC. Validation of new brazilian predicted values for forced spirometry in caucasians and comparison with predicted values obtained using other reference equations. *J Bras Pneumol.* 2007;33(5):527-35.
64. Mason RE, Likar I. A new system of multiple-lead exercise electrocardiography. *Am Heart J.* 1966;71(2):196-205.
65. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J.* 1973;85(4):546-62.
66. Arena R, Myers J, Abella J, Pinkstaff S, Brubaker P, Moore B, et al. Determining the preferred percent-predicted equation for peak oxygen consumption in patients with heart failure. *Circ Heart Fail.* 2009;2(2):113-20.
67. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-81.
68. Myers J, Arena R, Dewey F, Bensimhon D, Abella J, Hsu L, et al. A cardiopulmonary exercise testing score for predicting outcomes in patients with heart failure. *Am Heart J.* 2008;156(6):1177-83.
69. Arena R, Arrowood JA, Fei DY, Helm S, Kraft KA. Maximal aerobic capacity and the oxygen uptake efficiency slope as predictors of large artery stiffness in apparently healthy subjects. *J Cardiopul Rehab Prev.* 2009;29(4):248-54.
70. Davies LC, Wensel R, Georgiadou P, Cicoira M, Coats AJ, Piepoli MF, et al. Enhanced prognostic value from cardiopulmonary exercise testing in chronic heart failure by non-linear analysis: oxygen uptake efficiency slope. *Eur Heart J.* 2006;27(6):684-90.
71. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation.* 2001;104(14):1694-740.

72. Belardinelli R, Lacalaprice F, Carle F, Minnucci A, Cianci G, Perna G, et al. Exercise-induced myocardial ischaemia detected by cardiopulmonary exercise testing. *Eur Heart J*. 2003;24(14):1304-13.
73. Oliveira RB, Myers J, Araujo CG, Abella J, Mandic S, Froelicher V. Maximal exercise oxygen pulse as a predictor of mortality among male veterans referred for exercise testing. *Eur J Cardiovasc Prev Rehab*. 2009;16(3):358-64.
74. Munhoz EC, Hollanda R, Vargas JP, Silveira CW, Lemos AL, Hollanda RM, et al. Flattening of oxygen pulse during exercise may detect extensive myocardial ischemia. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(8):1221-6.
75. Akkerman M, van Brussel M, Hulzebos E, Vanhees L, Helders PJ, Takken T. The oxygen uptake efficiency slope: what do we know? *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2010;30(6):357-73.
76. Hollenberg M, Tager IB. Oxygen uptake efficiency slope: an index of exercise performance and cardiopulmonary reserve requiring only submaximal exercise. *J Am Coll Cardiol*. 2000;36(1):194-201.
77. Van Laethem C, Van De Veire N, De Backer G, Bihija S, Seghers T, Cambier D, et al. Response of the oxygen uptake efficiency slope to exercise training in patients with chronic heart failure. *Eur J Heart Fail*. 2007;9(6-7):625-9.
78. Cohen-Solal A, Tabet JY, Logeart D, Bourgoin P, Tokmakova M, Dahan M. A non-invasively determined surrogate of cardiac power ('circulatory power') at peak exercise is a powerful prognostic factor in chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2002;23(10):806-14.
79. Giardini A, Specchia S, Berton E, Sangiorgi D, Coutsoumbas G, Gargiulo G, et al. Strong and independent prognostic value of peak circulatory power in adults with congenital heart disease. *Am Heart J*. 2007;154(3):441-7.

80. Weber KT, Kinasewitz GT, Janicki JS, Fishman AP. Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic cardiac failure. *Circulation*. 1982;65(6):1213-23.
81. Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol*. 1964;14:844-52.
82. Casaburi R, Wasserman K, Patessio A, Ioli F, Zanaboni S, Donner CF. A new perspective in pulmonary rehabilitation: anaerobic threshold as a discriminant in training. *Eur Resp Journal Suppl*. 1989;7:618s-23s.
83. [Statutes of the Brazilian Society of Cardiology]. *Arq Bras Cardiol*. 1986;47(3):221-9.
84. Arena R, Myers J, Aslam SS, Varughese EB, Peberdy MA. Peak VO₂ and VE/VCO₂ slope in patients with heart failure: a prognostic comparison. *Am Heart J*. 2004;147(2):354-60.
85. Arena R, Myers J, Aslam SS, Varughese EB, Peberdy MA. Influence of subject effort on the prognostic value of peak VO₂ and the VE/VCO₂ slope in patients with heart failure. *J Cardiopulm Rehabil*. 2004;24(5):317-20.
86. Arena R, Myers J, Abella J, Peberdy MA, Bensimhon D, Chase P, et al. Development of a ventilatory classification system in patients with heart failure. *Circulation*. 2007;115(18):2410-7.
87. Chiappa GR, Borghi-Silva A, Ferreira LF, Carrascosa C, Oliveira CC, Maia J, et al. Kinetics of muscle deoxygenation are accelerated at the onset of heavy-intensity exercise in patients with COPD: relationship to central cardiovascular dynamics. *J Appl Physiol*. 2008;104(5):1341-50.
88. Nery LE, Wasserman K, Andrews JD, Huntsman DJ, Hansen JE, Whipp BJ. Ventilatory and gas exchange kinetics during exercise in chronic airways obstruction. *J Appl Physiol*. 1982;53(6):1594-602.
89. Whipp BJ, Ward SA, Lamarra N, Davis JA, Wasserman K. Parameters of ventilatory and gas exchange dynamics during exercise. *J Appl Physiol*. 1982;52(6):1506-13.

90. Behnke BJ, McDonough P, Musch TI, Poole DC, Arena R. Comparison of oxygen uptake on-kinetics calculations in heart failure. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(4):708-9; author reply 9.
91. Whipp BJ. Rate constant for the kinetics of oxygen uptake during light exercise. *J Appl Physiol.* 1971;30(2):261-3.
92. Armbruster RA, Lim MJ. Modern cardiac rehabilitation: Integrating the best measures to reduce a second cardiac event. *Mo Med.* 2013;110(2):154-8.
93. Weintraub WS. Do more cardiac rehabilitation visits reduce events compared with fewer visits? *Circulation.* 2010;121(1):8-9.
94. Balady GJ, Williams MA, Ades PA, Bittner V, Comoss P, Foody JM, et al. Core components of cardiac rehabilitation/secondary prevention programs: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation.* 2007;115(20):2675-82.
95. Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, Stone JA, et al. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation. *Eur J Prev Cardiol.* 2013;20(3):442-67.
96. Arena R, Myers J, Williams MA, Gulati M, Kligfield P, Balady GJ, et al. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation.* 2007;116(3):329-43.

97. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*. 2007;116(5):572-84.
98. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, et al. AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation*. 2000;101(7):828-33.
99. Robison JI, Rogers MA. Impact of behavior management programs on exercise adherence. *Am J Health Prom*. 1995;9(5):379-82.
100. Barletta GA, Fattirolli F, Bisi G, Bertini G, Malfanti PL, Gallini C, et al. Short-term responses to cardiac rehabilitation after acute myocardial infarction. Cardiac function evaluation before and after physical training at rest and during stress test. *Eur Heart J*. 1983;4(11):761-72.
101. Ades PA. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease. *N Engl J Med*. 2001;345(12):892-902.
102. Lehmann M, Keul J. Sympatho-vagal changes induced by physical training in cardiac patients. *Eur Heart J*. 1988;9(Suppl F):55-61.
103. Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G, Purcaro A. Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure: effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation*. 1999;99(9):1173-82.
104. Haddadzadeh MH, Maiya AG, Padmakumar R, Shad B, Mirbolouk F. Effect of exercise-based cardiac rehabilitation on ejection fraction in coronary artery disease patients: a randomized controlled trial. *Heart Views*. 2011;12(2):51-7.

105. Hambrecht R, Fiehn E, Yu J, Niebauer J, Weigl C, Hilbrich L, et al. Effects of endurance training on mitochondrial ultrastructure and fiber type distribution in skeletal muscle of patients with stable chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1997;29(5):1067-73.
106. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes*. 2011;2011:868305.
107. Trapp EG, Chisholm DJ, Freund J, Boutcher SH. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obes*. 2008;32(4):684-91.
108. Poirier P, Despres JP. Exercise in weight management of obesity. *Cardiol Clin*. 2001;19(3):459-70.
109. Ghashghaei FE, Sadeghi M, Marandi SM, Ghashghaei SE. Exercise-based cardiac rehabilitation improves hemodynamic responses after coronary artery bypass graft surgery. *ARYA Atheroscler*. 2012;7(4):151-6.
110. Tsai SW, Lin YW, Wu SK. The effect of cardiac rehabilitation on recovery of heart rate over one minute after exercise in patients with coronary artery bypass graft surgery. *Clin Rehabil*. 2005;19(8):843-9.
111. Defoor J, Schepers D, Reybrouck T, Fagard R, Vanhees L. Oxygen uptake efficiency slope in coronary artery disease: clinical use and response to training. *Int J Sports Med*. 2006;27(9):730-7.
112. Van Laethem C, Van de Veire N, De Sutter J, Bartunek J, De Backer G, Goethals M, et al. Prospective evaluation of the oxygen uptake efficiency slope as a submaximal predictor of peak oxygen uptake in aged patients with ischemic heart disease. *Am Heart J*. 2006;152(2):297 e9-15.
113. Adamopoulos S, Coats AJ, Brunotte F, Arnolda L, Meyer T, Thompson CH, et al. Physical training improves skeletal muscle metabolism in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1993;21(5):1101-6.

114. Tomczak CR, Tymchak WJ, Haykowsky MJ. Effect of exercise training on pulmonary oxygen uptake kinetics in heart transplant recipients. *Am J Cardiol.* 2013;112(9):1489-92.
115. Koike A, Hiroe M, Adachi H, Yajima T, Yamauchi Y, Nogami A, et al. Oxygen uptake kinetics are determined by cardiac function at onset of exercise rather than peak exercise in patients with prior myocardial infarction. *Circulation.* 1994;90(5):2324-32.
116. Lawler PR, Filion KB, Eisenberg MJ. Efficacy of exercise-based cardiac rehabilitation post-myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am Heart J.* 2011;162(4):571-84 e2.
117. Daly J, Sindone AP, Thompson DR, Hancock K, Chang E, Davidson P. Barriers to participation in and adherence to cardiac rehabilitation programs: a critical literature review. *Prog Cardiovasc Nurs.* 2002;17(1):8-17.

APÊNDICES

APÊNDICES

APÊNDICE A - Comparação da análise visual versus exclusão sistemática de 30 segundos da fase I

Paciente 2 ABF. Comparação dos ajustes cinéticos: Análise Visual Vs Exclusão de 30 segundos Pré e Pós-Reabilitação

Pré-Reabilitação

Nonlinear Regression

Data Source: Data 1 Análise Visual

Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF

$f = \text{if}(t < td1, y0, y0 + a1 * (1 - \exp(-(t - td1)/\tau1)))$

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate
0.9532	0.9085	0.9071	84.8112

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	972.9220	14.1352	68.8297	<0.0001	6.4167<
a1	1334.7355	18.2294	73.2190	<0.0001	6.7621<
tau1	76.1004	3.5387	21.5051	<0.0001	4.7059<
td1	19.7542	2.1024	9.3959	<0.0001	2.7344

Nonlinear Regression

Data Source: Data 1 in Análise 30 segundos

Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF

$f = \text{if}(t < td1, y0, y0 + a1 * (1 - \exp(-(t - td1)/\tau1)))$

R **Rsqr** **Adj Rsqr** **Standard Error of Estimate**
0.9628 0.9269 0.9257 84.9559

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	852.5955	14.3602	59.3723	<0.0001	6.6000<
a1	1448.0114	17.9734	80.5640	<0.0001	6.7446<
tau1	72.0117	3.0651	23.4937	<0.0001	4.2939<
td1	16.6032	1.8805	8.8290	<0.0001	2.6658

Pós -Reabilitação

Endurance II- Análise Visual

Endurance II- Análise Exclusão 30 seg

Data Source: Data 1 A.B.F. in Endurance 2 Analise Visual

Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF

$f = \text{if}(t < \text{td1}, y_0, y_0 + a_1 * (1 - \exp(-(t - \text{td1})/\text{tau1})))$

R **Rsqr** **Adj Rsqr** **Standard Error of Estimate**
0.9190 0.8445 0.8419 59.4587

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	1033.9169	7.4323	139.1106	<0.0001	3.7656
a1	651.1625	8.9266	72.9460	<0.0001	3.7127
tau1	26.1349	1.7266	10.6192	<0.0001	2.1529
td1	19.2306	1.1650	8.7814	<0.0001	2.0270

Data Source: Data 1 in A.B.F. ENDURANCE 2 FASE ON -30 SEG

Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF

$f = \text{if}(t < \text{td1}, y_0, y_0 + a_1 * (1 - \exp(-(t - \text{td1})/\text{tau1})))$

R **Rsqr** **Adj Rsqr** **Standard Error of Estimate**
0.8982 0.8068 0.8033 61.2415

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	987.2893	9.0296	109.3396	<0.0001	4.6522
a1	701.2413	10.4920	66.8358	<0.0001	4.5151
tau1	25.9696	1.7205	12.0297	<0.0001	2.0646
td1	20.4189	1.1211	24.4561	<0.0001	1.9470

APÊNDICE B - Ajustes cinéticos pré e pós-reabilitação

AJUSTES CINÉTICOS PRÉ E PÓS-REABILITAÇÃO – VISUAL E 30 SEG

–(*Kappa intraobservador -0,89*)

Exemplos de “fitting” completos da cinética do $\dot{V}O_2$ antes e após o programa de reabilitação, adicionado da análise comparativa entre ajuste visual e exclusão sistemática dos primeiros 30 seg da fase I da cinética.

Exemplo do caso 32

Nonlinear Regression**Data Source: Data 2 in J. K.S. END 1 PRE - VISUAL****Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF**

f=if(t<td1,y0,y0+a1*(1-exp(-(t-td1)/tau1)))

R Rsqr Adj Rsqr Standard Error of Estimate

0.9315 0.8678 0.8658 73.8225

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	675.2403	10.4401	64.6777	<0.0001	5.0000<
a1	754.5109	14.6729	51.4222	<0.0001	5.6809<
tau1	73.1844	5.0671	14.4431	<0.0001	4.8965<
td1	12.231	2.7974	0.7983	0.4257	2.7223

Nonlinear Regression**Data Source: Data 3 in J.K.S. END 1 PRE REAB- 30 seg****Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF**

f=if(t<td1,y0,y0+a1*(1-exp(-(t-td1)/tau1)))

R Rsqr Adj Rsqr Standard Error of Estimate

0.8704 0.7576 0.7537 75.7273

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	702.1220	10.2111	68.7609	<0.0001	4.5455<
a1	719.6741	14.1598	50.8251	<0.0001	5.0814<
tau1	69.6611	4.8542	13.3207	<0.0001	4.3995<
td1	12.161	2.8028	4.3388	<0.0001	2.6418

Nonlinear Regression**Data Source: Data 3 in J.K.S END 2 FASE ON POS REAB- visual****Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF**

f=if(t<td1,y0,y0+a1*(1-exp(-(t-td1)/tau1)))

R Rsqr Adj Rsqr Standard Error of Estimate

0.9544 0.9109 0.9096 46.1919

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	479.7456	6.5988	72.7015	<0.0001	5.1837<
a1	580.9181	9.5956	60.5399	<0.0001	6.0924<
tau1	59.4738	5.0029	17.8843	<0.0001	5.5316<
td1	12.5786	2.6621	0.9686	0.3339	2.8491

Nonlinear Regression**Data Source: Data 4 in J.K.S END 2 FASE ON POS REAB- 30 seg****Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF**

f=if(t<td1,y0,y0+a1*(1-exp(-(t-td1)/tau1)))

R Rsqr Adj Rsqr Standard Error of Estimate

0.9159 0.8389 0.8363 46.8459

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	654.1784	5.9494	109.9564	<0.0001	4.0968<
a1	411.4026	10.5788	38.8895	<0.0001	6.2410<
tau1	56.0619	8.4627	11.3512	<0.0001	7.2716<
td1	11.7338	4.0039	7.9258	<0.0001	3.0239

APENDICE C- Comparação entre a exclusão de 20 e 30 segundos da fase I

–(*Kappa intraobservador* = 0,92)

CASO 12 . CGS

Deletando 20 seg (fase 1) e 30 segundos para ajuste cinético

Dados fornecidos nas análises dos ajustes cinéticos pelo Sigma Plot 10.0

Nonlinear Regression

Data Source: Data 1 in CGS DELETANDO 20 seg –Fase On – PRE REAB

Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF

$f = \text{if}(t < t_{d1}, y_0, y_0 + a_1 * (1 - \exp(-(t - t_{d1})/\tau_{a1})))$

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
0.9717	0.9442	0.9426	61.1378		
	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	1084.6180	9.7899	110.7897	<0.0001	3.6923
a1	899.3080	14.0789	63.8763	<0.0001	4.2005
tau1	50.0905	3.1157	16.0766	<0.0001	3.6023
td1	27.9961	1.7286	16.1956	<0.0001	2.2562

Nonlinear Regression

Data Source: Data 1 in CGS – DELETANDO 30 seg- FASE On- PRE REAB

Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF

$f = \text{if}(t < t_{d1}, y_0, y_0 + a_1 * (1 - \exp(-(t - t_{d1})/\tau_{a1})))$

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
0.9475	0.8977	0.8962	100.9958		
	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	1046.6499	16.3837	63.8837	<0.0001	6.2105
a1	1317.3547	18.8103	70.0338	<0.0001	5.8794
tau1	52.9148	3.0444	17.3808	<0.0001	2.6633
td2	26.61	2.0108	48.0807	<0.0001	2.3258

Data Source: Data 2 in CGS – DELETANDO 20 seg- FASE On- POS REAB

Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF

$f = \text{if}(t < t_{d1}, y_0, y_0 + a_1 * (1 - \exp(-(t - t_{d2})/\tau_{a2})))$

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
0.8981	0.6369	0.6328	61.5612		
	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	556.0490	10.5577	52.6678	<0.0001	8.9118
a2	563.4394	11.2750	49.9723	<0.0001	8.6755
tau2	20.9938	2.6087	8.0476	<0.0001	2.1787
td2	25,72	2.0629	1.8057	<0.0001	2.1842

Nonlinear Regression

Data Source: Data 2 in CGS – DELETANDO 30 seg- FASE On- POS REAB

Equation: User-Defined, 1 component exp in curve-fit_LFF

$f = \text{if}(t < t_{d1}, y_0, y_0 + a_1 * (1 - \exp(-(t - t_{d2})/\tau_{a2})))$

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
y0	556.0490	10.4577	51.6678	<0.0001	8.8037
a2	563.4394	11.3750	48.9723	<0.0001	8.5755
tau2	21.8753	2.5087	8.1272	<0.0001	2.1587
td2	26,53	2.0629	1.9645	<0.0001	2.1642