

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
COMITÊ CIENTÍFICO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Respostas Autonômicas Agudas Durante Três Exercícios Respiratórios em
Indivíduos Submetidos à Cirurgia de Revascularização do Miocárdio.**

Nome: Ana Karoline Souza do Vale, FAPEAM
Orientador: Msc. Guilherme Peixoto Tinoco Arêas

MANAUS – AM
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
COMITÊ CIENTÍFICO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RELATÓRIO FINAL
PIBIC – 2014/2015
RESPOSTAS AUTONÔMICAS AGUDAS DURANTE TRÊS EXERCÍCIOS
RESPIRATÓRIOS EM INDIVÍDUOS SUBMETIDOS À CIRURGIA DE
REVASCULARIZAÇÃO DO MIOCÁRDIO.

Nome: Ana Karoline Souza do Vale, FAPEAM
Orientador: Msc. Guilherme Peixoto Tinoco Arêas

MANAUS-AM
2015

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	pág.04
2.	Objetivos.....	pág.06
3.	Metodologia.....	pág.08
4.	Resultados.....	pág.13
5.	Discussão.....	pág.16
6.	Conclusão.....	pág.19
7.	Referências.....	pág.20

RESUMO

Atualmente, tem sido descrito que a fisioterapia possui um papel primordial no processo da reabilitação cardíaca. Para isso, o fisioterapeuta utiliza diversas estratégias para restaurar a função respiratória, como os exercícios respiratórios (ER), tanto os exercícios com incentivadores respiratórios, como os com inspirações profundas. O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento autonômico cardíaco durante três exercícios respiratórios em indivíduos na fase I da reabilitação cardíaca após cirurgia de revascularização do miocárdio. Para a realização do procedimento experimental foram convocados 10 voluntários internados no setor da clínica cirúrgica no hospital universitário Francisca Mendes, em Manaus/AM. Em relação à função autonômica cardíaca, é bem sabido que o sistema respiratório possui influência direta sobre o sistema cardíaco, tanto mecânico, como autonômico. Os principais achados do estudo foi que os exercícios respiratórios não influenciaram o comportamento autonômico cardíaco dos pacientes que foram submetidos à cirurgia. Além disso, houve aumento da saturação de oxigênio após todos os exercícios estudados, seguida de uma PSE (percepção subjetiva de esforço) de moderada para forte.

Palavras chave: Exercícios Respiratórios, Cirurgia, Miocárdio, Sistema Autônomo.

ABSTRACT

Currently, it has been reported that physical therapy has a major role in the process of cardiac rehabilitation. For this, the therapist uses different strategies to restore respiratory function such as breathing exercises, respiratory exercises with both boosters, as with deep breaths. The objective of this study is to evaluate the cardiac autonomic behavior for three breathing exercises in subjects in Phase I of cardiac rehabilitation after CABG surgery. To carry out the experimental procedure were called 10 volunteers admitted to the surgical clinic at the university hospital sector Francisca Mendes, in Manaus / AM. Regarding the cardiac autonomic function, it is well known that the respiratory system has direct influence on the cardiac system, both mechanical as autonomic. The main findings of the study was that the breathing exercises did not affect the cardiac autonomic behavior of patients who underwent surgery. In addition, an increase in oxygen saturation after all studied exercises, followed by a PSE (perceived subjective exertion) moderate to strong.

Keywords: Breathing exercises, surgery, Myocardial, Autonomous System.

INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares são as que mais afetam os países desenvolvidos e em desenvolvimentos nos dias atuais (Bocchi et al., 2009; Roger et al., 2012), sendo a aterosclerose coronariana a apresentação mais comum (Roger et al., 2012). Normalmente, o tratamento mais indicado para essa afecção é a cirurgia de revascularização do miocárdio pela esternotomia mediana (Brick et al., 2004), técnica essa que tem como consequência importantes alterações cardiopulmonares no pós operatório (Higgins et al., 1992; Bricks et al., 2004; Barbosa & Carmona, 2004).

É sabido que a fisioterapia possui um papel primordial no processo da reabilitação cardíaca (Stiller & Munday, 1992; Herdy et al., 2004; De Castro et al., 2005), sendo preconizada na fase I da reabilitação o restabelecimento da função respiratória com o intuito de evitar ou atenuar as disfunções pulmonares causadas pela cirurgia torácica, tais como a atelectasia e conseqüentemente a insuficiência respiratória hipoxêmica (Renault et al., 2008; Luchesi et al., 2009). Para isso, o fisioterapeuta utiliza diversas estratégias para restaurar a função respiratória, sendo os exercícios respiratórios (ER) uma importante ferramenta (Quaseem et al., 2006; Agostini & Sigh, 2009). Além da reabilitação cardíaca, essas ferramentas terapêuticas são bastante usadas em outras áreas da reabilitação respiratória, como no pós - operatório de cirurgias pulmonares, no pós – operatório de outras cirurgias torácicas e abdominais (Celli, Rodriguez e Snider, 1984; Windler & Kiefer, 2001; Qaseem et al.2006), além do seu conhecido uso nos programas de reabilitação pulmonar, como nos pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) (Ho et al., 2000; Scherer et al., 2000).

Vários tipos de ER têm sido descrito na literatura, como os que utilizam exercícios com respiração profunda (RP), como o exercício diafragmático (ED) (Pryor & Weber, 1998), e exercícios com RP combinado com aparelhos auxiliares, conhecidos como espirômetros de

incentivo (EI). Esses são divididos em EI orientado a fluxo e EI orientado a volume (Agostini & Singh, 2009). Atualmente, estudos mostram que tanto os exercícios com incentivadores respiratórios (Overend et al., 2001; Pasquina et al., 2003; Freitas et al., 2007) como os com apenas inspirações profundas (Westerdahl et al., 2005) favorecem a restauração de áreas pulmonares com atelectasia, comum no pós operatório de revascularização, principalmente pela melhora das trocas gasosas através do aumento da atividade dos músculos inspiratórios e do aumento do recrutamento das áreas colaterais alveolares (Marini, 1984).

No entanto, além da influência respiratória, é conhecido que o controle respiratório possui influência direta no funcionamento cardíaco, especialmente no comportamento autonômico do coração (Billma, 2011). Essa influência é diretamente correlacionada com o aumento da frequência cardíaca (FC) durante a fase inspiratória e diminuição da FC durante a fase expiratória, fenômeno esse conhecido como arritmia sinusal respiratória (ASR) (Ludwig 1847).

Estudos ainda não publicados do nosso grupo demonstraram que o uso de exercícios respiratórios associados ou não por aparelhos auxiliares possuem respostas diretas sobre a FC de indivíduos jovens e idosos saudáveis sedentários. O uso de EI e do ED favorecem ao aumento do comportamento parassimpático e diminuição do comportamento simpático, através da análise da variabilidade da FC (VFC),

Interessantemente, além das alterações respiratórias, é bem documentado que a cirurgia de revascularização provoca aumento do tônus simpático cardíaco, elevando o risco do aparecimento de eventos arrítmicos malignos (Serna et al., 1998). A causa do aumento do comportamento simpático ainda não está totalmente elucidada, mas aparentemente a própria técnica cirúrgica favorece a essa disfunção, sendo controlada clinicamente por drogas como bloqueadores β – adrenérgicos e diversas classes de antiarrítmicos (Serna et al., 1998). Interessantemente, estudo em pacientes com insuficiência cardíaca crônica tem mostrado que

a utilização de respirações controladas e profundas aumenta de forma aguda o comportamento parassimpático cardíaco (Rossi Caruso et al., 2011). Seguindo essa premissa, a prática dos ER no pós – operatório pode ser uma estratégia importante para o auxílio não farmacológico no controle autonômico desses pacientes, sendo importante inferir qual dos tipos de exercícios influenciam o sistema simpátovagal desses pacientes.

Através disso temos como hipótese que a respiração controlada e profunda utilizada nas técnicas de reabilitação respiratória no paciente cardiopata pós-operado de cirurgia torácica aberta, além de restaurar a função respiratória, favorece ao aumento do comportamento parassimpático cardíaco na fase I da reabilitação cardíaca.

OBJETIVO

Geral

- Avaliar o comportamento autonômico cardíaco durante três exercícios respiratórios em indivíduos na fase I da reabilitação cardíaca após cirurgia de revascularização do miocárdio.

Específicos

- Avaliar os padrões da análise do tempo através da FC, iR-R, A raiz quadrada da somatória do quadrado da diferença dos iR-R divididos pelo número de iR-R (rMSSD), desvio padrão da média aritmética de todos os iR-R normais (SDNN), total dos iR-R normais, que tenham diferenças superior a 50 ms, dados em percentagem (pNN50) durante três tipos de exercício respiratório do tipo diafragmático, e com incentivadores respiratórios a fluxo e a volume.
- Avaliar os padrões de análise no domínio da frequência através da baixa frequência (BF), alta frequência (AF) e relação entre a baixa frequência e alta frequência (BF/AF)

durante os exercícios respiratórios do tipo diafragmático, e com incentivadores respiratórios a fluxo e a volume.

- Avaliar os padrões de análise não lineares através dos índices de Poincaré SD1 e SD2 (desvio padrão dos valores perpendiculares e ao longo da linha do índice de Poincaré, respectivamente), entropia aproximada (-ApEn), Valores de flutuações depuradas de tendências do tipo DFA α 1 (Correlação do padrão curto dos iR-R) e do tipo DFA α 2 (Correlação do padrão longo dos iR-R) durante os exercícios respiratórios do tipo diafragmático, e com incentivadores respiratórios a fluxo e a volume.
- Avaliar a oxigenação periférica através da saturação de oxigênio (SatO₂%) durante os exercícios respiratórios do tipo diafragmático, e com incentivadores respiratórios a fluxo e a volume.
- Avaliar a percepção do esforço realizado durante os exercícios respiratórios do tipo diafragmático, e com incentivadores respiratórios a fluxo e a volume.

METODOLOGIA

Participantes

Foram convocados 10 voluntários submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio e internados no setor da clínica cirúrgica no hospital universitário Francisca Mendes, em Manaus/AM, através de convite individual. Os pacientes que concordaram em participar voluntariamente do estudo assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Além disso, todos foram orientados sobre o protocolo que seria realizado durante o procedimento experimental.

O estudo foi aprovado previamente pelo comitê de ética (CAAE: 09784913.3.0000.5020).

Critérios de Inclusão

Pacientes eletivos para a revascularização do miocárdio e submetido à esternotomia mediana e com incisão e interposição da veia safena magna, e/ou artéria mamária interna, e/ou artéria radial.

Crítérios de Exclusão

Pacientes submetidos à cirurgia de revascularização de urgência concomitante com doença valvar ou outra cirurgia cardíaca, usando balão intra – aórtico, ventilação invasiva por mais de 24 h, com marca – passo cardíaco, fração de ejeção < 50%, recente infarto agudo do miocárdio (menos de 6 meses), angina instável, distúrbios crônicos do ritmo cardíaco, arritmias significantes, doenças valvares, doença pulmonar obstrutiva crônica, neuropatia diabética, pobre cognitivo e outras servas doenças não cardíacas.

Avaliação Clínica

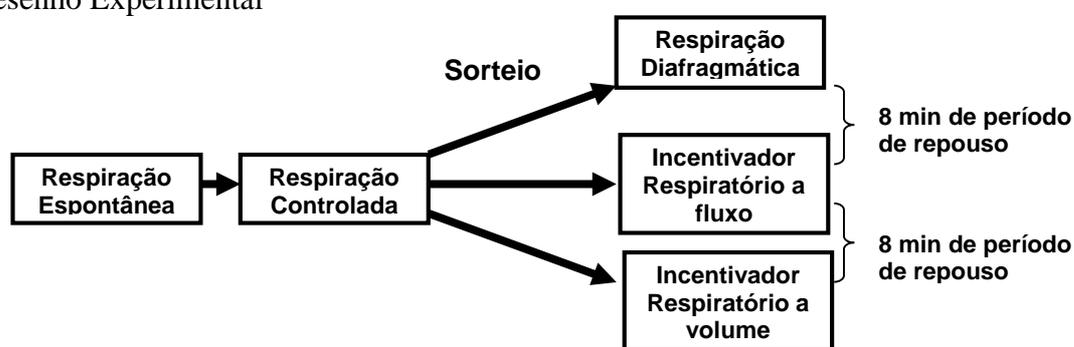
Inicialmente os voluntários eram avaliados pela equipe multidisciplinar da unidade da clinica cirúrgica do hospital Francisca Mendes, composta pelo médico cardiologista, enfermeiro responsável, nutricionista e fisioterapeuta. Após a avaliação clínica, os pacientes eram submetidos à avaliação da força muscular inspiratória (P_{Imáx}). Além disso, os pesquisadores avaliaram o histórico cirúrgico e todos os exames complementares. Todos os pacientes eram mantidos em suas rotinas normais de cuidado e todos estavam estáveis clinicamente.

Procedimento Experimental

Para o procedimento experimental os voluntários eram levados para a sala de ressuscitação no setor das clínicas cirúrgicas e monitorado a função cardiorrespiratória através do eletrocardiograma no padrão vetorial DII (Dixtal DX 2022, Philips, Manaus, Brasil), do cardiofrequencímetro portátil (Polar RS800cx, Polar, Kempele, Finlândia) e da monitorização da SatO₂ através do oxímetro de pulso (Dixtal DX 2022, Philips, Manaus, Brasil). A monitorização foi mantida durante todo o protocolo.

Inicialmente os voluntários eram mantidos em repouso durante 10 minutos para análise das funções cardiorrespiratórias. Após isso era realizado controle respiratório através da respiração monitorada pelo pesquisador por 3 minutos com um padrão respiratório de 2 segundos inspiratórios e 3 segundos expiratórios, provocando um padrão respiratório de 12 incursões respiratórias por minuto (irpm). Após isso, antes do protocolo de exercícios era realizado sorteio das ordens da realização dos ER (**Figura 1**).

Figura 1. Desenho Experimental



Para a realização dos ERs, o padrão respiratório era mantido em 2 segundos inspiratórios e 3 segundos expiratórios durante 4 minutos de exercício (12 irpm). A realização do exercício com EI orientado a volume foi feita utilizando o aparelho Voldyne 5000 (Hudson RCI®, Temecula, CA, EUA/ **Figura 2**), a realização do exercício com EI orientado a fluxo foi feita utilizando o aparelho Respirom (NCI®, Bauru, SP, Brasil/ **Figura 3**). O ED foi realizado através da orientação do pesquisador a qual instruíu o voluntário a realizar inspirações profundas com a mão sobre o abdome, de forma a facilitar a respiração abdominal. Durante a realização dos exercícios os indivíduos eram mantidos sentados com inclinação de 30° (Parreira et al. 2004). Além disso, ao final dos exercícios era realizada a avaliação da percepção subjetiva do esforço através da escala subjetiva de Borg CR10 (Borg, 1982).

Figura 2. Aparelho de Incentivo Respiratório a fluxo da marca Voldyne



Figura 3. Aparelho de Incentivo Respiratório a volume da marca Respirom



Variabilidade da frequência cardíaca

A FC média e a média dos iR – R foram coletados através do monitor cardíaco portátil (RS800cx, Polar®, Kempele, Finlândia) e a cinta elástica (Polar® transmissor WearLink) colocado no tórax dos voluntários, na altura da terceira costela e do processo xifoide. A cinta elástica contém eletrodos que conseguem captar a FC através de uma unidade de processamento eletrônico e um transmissor de campo eletromagnético. Os sinais da FC foram continuamente transmitidos pela unidade receptora Polar Advantage® via campo eletromagnético. A codificação digital do comprimento do iR-R é realizado pelo software Performance Precision Polar® através de um processo tacográfico via monitor cardíaco. A seleção das seções para a análises da VFC foi realizado através dos momentos mais estáveis durante os últimos 3 minutos do exercício, contendo 256 iR-R, e inspecionado artefatos

através de análise visual. A análise da VFC foi realizada através do software de análises Kubios 2.0 para Windows (Grupo de análises de sinais biomédicos e imagens médicas, Departamento de física aplicada, Universidade de Kuopio, Finlândia).

O Software foi usado para analisar a VFC em relação ao domínio do tempo, e domínio da frequência e domínio não linear, através dos seguintes parâmetros do domínio do tempo: A raiz quadrada da somatória do quadrado da diferença dos iR-R divididos pelo número de intervalo R-R (rMSSD), desvio padrão da média aritmética de todos os iR-R normais (SDNN), total dos intervalos R-R normais, que tenham diferenças superior a 50 ms, dados em percentagem (pNN50). Através dos seguintes parâmetros do domínio da frequência: Baixa frequência normalizada (BFun), Alta frequência normalizada (AFun) e relação entre a baixa frequência e alta frequência (BF/AF). Através dos seguintes parâmetros não lineares analisados: Os índices de Poincaré SD1 e SD2 (desvio padrão dos valores perpendiculares e ao longo da linha do índice de Poincaré, respectivamente), (Correlação do padrão longo dos iR-R) (Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996)

Análise Estatística

Os valores foram tabulados em média \pm desvio padrão. Para determinar a distribuição normal dos dados foi utilizado o teste de Shapiro - Wilk. Para análise dos valores de variância dos parâmetros da VFC foi utilizado o teste de ANOVA *one way* para medidas repetidas *post hoc* Bonferroni. Para análise das médias foi utilizado o teste *t student* pareado. Foi aceito como erro do tipo I o valor de 5%, e utilizado o programa estatístico GraphPad Prism.5.0[®] (GraphPad[®] Software Inc., CA, USA). Para análise do erro do tipo II foi analisado o poder do teste de ANOVA *one way* para medidas repetidas, tendo como tamanho do efeito valor acima de 0,8 como alto efeito, valor de 0,6 como moderado efeito, valor de 0,4 como baixo efeito.

Para essa análise foi utilizado o programa estatístico GPower 3.1[®] (Universitat Kiel, Kiel, Alemanha).

RESULTADOS

Na **tabela 1** podemos visualizar as características dos pacientes que participaram do estudo. Todos os pacientes tinham duas ou mais artérias coronárias obstruídas, e não possuíam insuficiência cardíaca sistólica. Além disso, a grande maioria (70%) fazia uso de bloqueador simpático.

Tabela 1. Características Antropométricas, Clínica e Cirúrgica da população estudada. (Média \pm DPM)

	(n = 10)
Gênero (Feminino)	08 (02)
Idade (anos)	60 \pm 5
Altura (m)	1.64 \pm 0.6
Peso (Kg)	71 \pm 10
IMC (Kg/m ²)	25 \pm 4.5
PI _{máx} (cmH ₂ O)	29 \pm 02
PI _{máx} (predito)	37 \pm 05
PAS (mmHg)	119 \pm 14
PAD (mmHg)	70 \pm 11
FC (bpm)	89 \pm 10
FE (%)	56 \pm 4
<i>Comorbidade</i>	
Dislipidemia	02
Hipertensão	06
Diabetes	04
Duas Obstruções	05
Três Obstruções	04
Quatro Obstruções	01
<i>Drogas</i>	
β – bloqueador	07
Diuréticos	02
Bloqueador AT1	02
Estatina	02
<i>Informação Hospitalar</i>	
Hospitalização (dias)	5.9 \pm 2.2
Tempo de Cirurgia (min)	162 \pm 21

Tempo de Bypass (min) 67 ± 14

Tempo de Isquemia (min) 53 ± 20

BMI = body mass index; PImax = Maximal inspiratory pressure; SBP = systolic blood pressure; DBP = Diastolic blood pressure; HR = Heart rate; EF = Ejection fraction.

Em relação ao comportamento autonômico cardíaco analisado através da VFC, os dados demonstram que não houve nenhuma alteração do comportamento simpátovagal durante o momento controle, tão quanto durante os ER, como visto na **tabela 2**. Mesmo não havendo diferença estatística, podemos visualizar altos valores do tamanho do efeito do teste estatístico, principalmente nos desfechos principais AFun ($p = 0.9$; tamanho do efeitos = 3.3) e BFun ($p = 0.9$; tamanho do efeitos = 3.3) mostrando que mesmo com uma amostra pequena, a chance de erro do tipo II é muito baixa.

Tabela 2. Variáveis da variabilidade da frequência durante diferentes tipos de exercícios respiratórios nos pacientes cardiopatas (Média \pm DPM)

	RE	RC	ED	EIV	EIF	<i>p</i> Valor (Tamanho do Efeito)
<i>Domínio do Tempo</i>						
FC média (bpm)	92 ± 16	94 ± 16	98 ± 21	94 ± 18	92 ± 16	0.9 (1.95)
RRi (ms)	672 ± 108	663 ± 94	641 ± 98	667 ± 107	701 ± 152	0.8 (20.7)
SDNN (ms)	20 ± 15	30 ± 38	35 ± 48	35 ± 41	36 ± 42	0.8 (11.3)
rMSSD (ms)	18 ± 12	23 ± 22	30 ± 31	31 ± 28	32 ± 28	0.6 (6.7)
<i>Domínio da Frequência</i>						
BF (nu)	60 ± 30	57 ± 29	57 ± 24	56 ± 21	56 ± 24	0.9 (3.3)
AF (nu)	40 ± 30	42 ± 29	42 ± 24	43 ± 21	43 ± 24	0.9 (3.3)
BF/AF	2.3 ± 2.1	1.8 ± 1.5	2.1 ± 1.5	2.0 ± 2.2	2.3 ± 2.4	0.9 (0.3)
<i>Domínio Não Linear</i>						
SD1(ms)	13 ± 9	16 ± 16	22 ± 22	22 ± 20	23 ± 21	0.6 (4.7)
SD2 (ms)	59 ± 64	69 ± 95	68 ± 89	60 ± 67	84 ± 164	0.9 (36.1)

RE = Respiração Espontânea; RC = Respiração Controle; ED = Exercício Diafragmático; EIV = Espirômetro de incentivo a volume; EIF = Espirômetro de incentivo a fluxo; FC = Frequência Cardíaca; iRR = interval R; SDNN = desvio padrão da média aritmética de todos os iR-R normais; rMSSD = A raiz quadrada da somatória do quadrado da diferença dos iR-R divididos pelo número de intervalo R-R; BF = Baixa frequência; AF = Alta frequência; SD1 = desvio padrão dos valores perpendiculares do índice de Poincaré; SD2 = desvio padrão dos valores ao longo da linha do índice de Poincaré

A **tabela 3**. Mostra o efeito dos exercícios respiratórios sobre a Sat O₂%. Todos os exercícios aumentaram a saturação periférica dos pacientes após os exercícios propostos (ED: antes = 93 ± 3.1 , Depois = 98 ± 3.3 / $p = 0.01$; EIF: antes = 93 ± 3.6 , Depois = 96 ± 2.7 / $p = 0.08$; EIV: antes = 94 ± 2.1 , Depois = 96 ± 1.8 / $p = 0.02$).

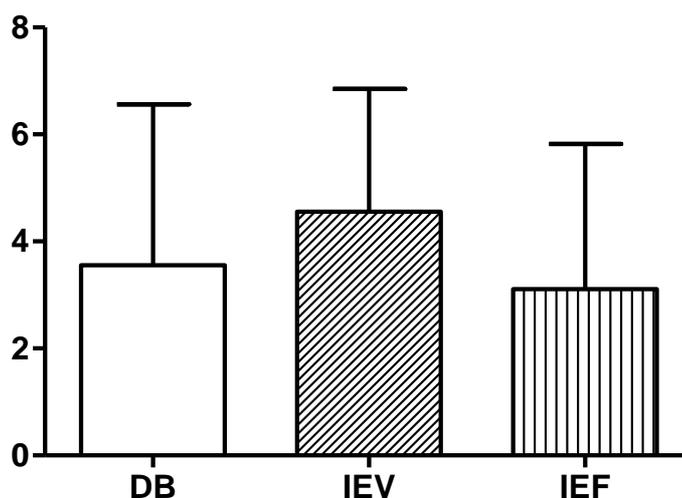
Tabela 3. Resposta da oximetria de pulso antes e após os diversos tipos de exercício respiratório. (Média \pm DPM)

	Antes	Depois	<i>p</i> valor
ED	93 ± 3.1	98 ± 3.3	0.01
EIV	94 ± 2.1	96 ± 1.8	0.02
EIF	93 ± 3.6	96 ± 2.7	0.08

ED = Diaphragmatic exercise; EIV = Espirometry incentive of volume; EIF = Espirometry incentive of flow.

A **figura 4**. Mostra a percepção subjetiva do esforço após os exercícios. Não houve diferença durante os esforços percebidos após os exercícios ($p = 0.51$; tamanho do efeito = 0.4), no entanto, os três exercícios foram tidos, em média, como moderados para forte.

Figura 4. Efeito da percepção subjetiva de esforço após os exercícios respiratórios (Média \pm EPM)



$p = 0.51$; Tamanho do efeito = 0.4.

DISCUSSÃO

Sumarização dos Resultados

O estudo atual teve como desfecho principal analisar o comportamento autonômico cardíaco durante diferentes exercícios respiratórios. Até o seguinte momento nenhum estudo avaliou o comportamento do sistema autonômico durante exercícios respiratórios após a cirurgia de revascularização do miocárdio. Os principais achados do estudo foi que os exercícios respiratórios não influenciaram o comportamento autonômico cardíaco dos pacientes que foram submetidos à cirurgia. Além disso, houve aumento da saturação de oxigênio após todos os exercícios estudados, seguida de uma PSE de moderada para forte.

Efeito do ER sobre a VFC

Em relação à função autonômica cardíaca, é bem sabido que o sistema respiratório possui influência direta sobre o sistema cardíaco, tanto mecânico, como autonômico (Billma, 2011). Além disso, é conhecido que o sistema respiratório influencia diretamente a função autonômica cardíaca (Ludwig 1847; Billma, 2011). No entanto, no estudo atual não foi visualizada nenhuma alteração do comportamento autonômico durante os exercícios. Uma possível explicação para esse efeito é o uso dos fármacos que afetam diretamente o efeito autonômico, como o β bloqueador. Estudos mostram que mesmo não reduzindo o comportamento autonômico na população cardiopata, os fármacos influenciam diretamente a função simpátovagal (Grassi et al., 1997; Montara et al., 2000). Possivelmente, a influência dos fármacos pode ter diminuído o efeito dos exercícios sobre o sistema autonômico cardíaco, mesmo sendo conhecido que esses tipos de fármacos não influenciam o sistema vagal.

Outra explicação para esse comportamento é alteração basal do sistema autonômico cardíaco desses pacientes. Estudo demonstra que pacientes após a cirurgia de revascularização do miocárdio com valores do iRR abaixo de 800 ms possuem pior comportamento autonômico cardíaco e aumento do risco de morte (Lakusic et al., 2013). No estudo atual, em

média, os pacientes possuíam valores de iRR de 672 ms em repouso, o que demonstra uma grande alteração do comportamento autonômico, mesmo com o uso de fármacos que influenciam o sistema autonômico simpático. Devido a isso, possivelmente um menor comportamento autonômico pode influenciar diretamente na resposta dos ERs sobre o comportamento autonômico.

Por último, outra possibilidade é a influência da reduzida força muscular inspiratória sobre o sistema autonômico cardíaco. Estudos com pacientes com disfunção cardiorrespiratória crônica mostram que a força muscular influencia diretamente na disfunção parassimpática cardíaca desses pacientes, sendo que quanto maior a disfunção muscular pior a resposta vagal durante a manobra de acentuação a ASR (Reis et al., 2010). Esse comportamento pode responder o prejuízo da resposta simpátovagal durante os ERs no estudo atual, já que os mesmos possuíam baixos da PImáx. Além disso, um fator importante a ser descrito é que os pacientes estudados não receberam treinamento respiratório no pré e pós-operatório, treinamento este que pode ser importante em uma possível melhora do comportamento autonômico no pós-operatório. No entanto, estudos com outros tipos de pacientes cardíacos necessitam ser realizados para entender se essa resposta é apenas nesse processo patológico submetido à cirurgia cardíaca.

Efeito dos ERs sobre a Sat O2% e PSE

No estudo atual todos os exercícios aumentaram a Sat O2% de forma similar entre eles. Até o seguinte momento nenhum estudo comparou o efeito de diferentes tipos de exercícios na recuperação pulmonar de pacientes coronariopatas. A possível explicação para o efeito encontrado é o aumento do volume pulmonar durante os ERs e a recuperação de áreas atelectasiadas. Estudos mostram que os exercícios respiratórios previnem e recuperam áreas atelectasiadas após cirurgia de revascularização do miocárdio (Overend et al., 2001; Pasquina

et al., 2003; Freitas et al., 2007; Westerdahl et al., 2005). Além disso, estudos em indivíduos saudáveis demonstraram que os exercícios respiratórios com e sem incentivador respiratório possuem a capacidade de aumentar o volume pulmonar de forma significativa, levando ao aumento da Sat O₂% (Tomich et al., 2007). No estudo atual, possivelmente, os exercícios provocaram igualmente o aumento do volume pulmonar. No entanto, Tomich et al, (2007) demonstraram que os exercícios diafragmático e o com incentivador a volume (Voldayne) aumentam mais o volume pulmonar com menor esforço sobre o sistema muscular respiratório comparado ao exercício com incentivador respiratório a fluxo (Respirom). No estudo atual, não foi realizada a mesma análise da atividade muscular, no entanto, avaliamos a percepção subjetiva de esforço após os ER, não sendo possível identificar nenhuma diferença na PSE entre os exercícios. Sendo que, aparentemente, o esforço provocado pelos exercícios são praticamente iguais nessa população. Além disso, o esforço percebido em média foi considerado como moderado e alto em todos os exercícios, possivelmente devido ao tempo do protocolo de exercício e também pela fraqueza muscular inspiratória.

Limitações

Algumas limitações do estudo devem ser ressaltadas. Primeiramente, só foi avaliado o comportamento autonômico cardíaco, não sendo possível avaliar a atividade autonômica devido a limitações técnicas e éticas. Da mesma forma, não foi possível avaliar o comportamento barorreflexo durante a realização dos exercícios. Outra limitação, por fatores éticos, foi a impossibilidade de identificar a influência de fármacos sobre o comportamento autonômico cardíaco durante os exercícios. Além disso, o tempo utilizado de exercício não é compatível com o que normalmente é realizado nas terapias hospitalares, no entanto, a justificativa para esse protocolo é que para analisarmos o comportamento da VFC é necessário 256 pontos de iRR, o que é equivalente a 3 minutos de exercício (Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and

Electrophysiology, 1996). Por último, tivemos limitações técnicas na identificação da influência dos ER sobre os volumes e capacidades durante o protocolo.

Conclusão

Os ER são importantes na melhora da Sat O₂% possivelmente devido a melhora da função pulmonar dos pacientes cardiopatas submetidos a cirurgia de revascularização, não sendo notada nenhuma diferença entre os exercícios e os aparelhos encontrados no mercado. No entanto, os mesmos exercícios não são capazes de influenciar positivamente no comportamento autonômico cardíaco.

REFERÊNCIAS

1. Bocchi EA, Braga FG, Ferreira SM, Rohde LE, Oliveira WA, Almeida DR, Moreira Mda C, Bestetti RB, Bordignon S, Azevedo C, Tinoco EM, Rocha RM, Issa VS, Ferraz A, Cruz FD, Guimarães GV, Montera Vdos S, Albuquerque DC, Bacal F, Souza GE, Rossi Neto JM, Clausell NO, Martins SM, Siciliano A, Souza Neto JD, Moreira LF, Teixeira RA, Moura LZ, Beckda-Silva L, Rassi S, Azeka E, Horowitz E, Ramires F, Simões MV, Castro RB, Salemi VM, Villacorta Junior H, Vila JH, Simões R, Albanesi F, Montera MW; Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Brazilian Guidelines on Chronic Heart Failure. *Arq Bras Cardiol.* 2009; 93(1 Suppl 1):3-70.\
2. Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, et al, American Heart Association Statistics Committee, Stroke Statistics Subcommittee. Executive summary: heart disease and stroke statistics–2012 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.* 2012; 125:188–97.
3. Bricks AV, De Souza DSR, Braile DM, Buffolo E, Lucchese FA et al. Diretrizes da cirurgia de revascularização do miocárdio. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2004; 82 (Suplemento V): 1 – 20.
4. Higgins TL, Estafanous FG, Loop FD, Beck GJ, Blum JM, Parandhi L. Stratification of morbidity and mortality outcome by preoperative risk factors coronary artery bypass patients. *JAMA.* 1992; 267: 2344-8.
5. Barbosa RAG, Carmona MJC. Avaliação da função pulmonar em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. *Revista Brasileira de Anestesiologia.* 2002; 52 (6): 689-99.
6. Stiller KR, Munday RM. Chest physiotherapy for the surgical patient. *British Journal of Surgery.* 1992; 79(8):745-9.
7. De Castro RRT, Negrão CE, Stein R, Serra SM, Teixeira JAC et al., Diretrizes de Reabilitação Cardíaca. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2005. 84 (Suplemento 5): 431 – 440.
8. Herdy AH, López-Jiménez F, Terzic CP, Milani M, Stein R, Carvalho T, Serra S, Araújo CG et al. Diretriz Sul – América de prevenção e reabilitação cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2014; 1 (Suplemento 2): 1 – 41.

9. Renault JA, Costa-Val R, Rossetti MB. Respiratory physiotherapy in the pulmonary dysfunction after cardiac surgery. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. 2008; 23c:562-9.
10. Luchesa CA, Greca FH, Souza LCG, Verde JL dos S, Aquim EE. The role of electroanalgesia in patients undergoing coronary artery bypass surgery. *Revista Brasileira Cirurgia Cardiovascular*. 2009; 24(3):391-6.
11. Quaseem A, Snow V, Fitterman N, Hornblake ER, Lawrence VA, Smetana GW, et al. Risk assessment for and strategies to reduce perioperative pulmonary complications for patients undergoing noncardiothoracic surgery: a guideline from the American College of Physicians. *Annual of Internal Medicine*. 2006;144:575–80.
12. Agostini P, Singh S. Incentive spirometry following thoracic surgery: What should we be doing? *Physiotherapy*. 2009; 95; 76 – 82.
13. Celli BR, Rodriguez KS, Snider GL. A controlled trial of intermittent positive pressure breathing, incentive spirometry, and deep breathing exercises in preventing pulmonary complications after abdominal surgery. *Am Rev Respir Dis* 1984; 130: 12-15.
14. Weindler J & Kiefer R. The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the devices specific imposed work of breathing. *Chest*. 2001; 119: 1858 – 1864.
15. Ho SC, Chiang LL, Cheng HF, Lin HC, Sheng DF, Kuo HP, Lin HC. The effect of incentive spirometry on chest expansion and breathing work in patients with chronic obstructive airway diseases: comparison of two methods. *Chang Gung Medicine Journal*. 2000 Feb; 23:73 – 79.
16. Pryor, JA; Weber, BA. *Fisioterapia para Problemas Respiratórios e Cardíacos*. 2.ed. Guanabara Koogan. São Paulo. 2002. P. 200 – 230.
17. Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications: a systematic review. *Chest* 2001;120:971–8.
18. Freitas ER, Soares BG, Cardoso JR, Atallah AN. Incentive spirometry for preventing pulmonary complications after coronary artery bypass graft. *Cochrane Database System Rev* 2007;3: 44- 66.
19. Pasquina P, Tramer M, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *BMJ* 2003;327:1373–9
20. Westerdahl E, Lindmark B, Eriksson, Friberg O, Hedenstierna G, Tenling A. Deep Breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest*. 2005; 128: 3482 – 8.
21. Marini JJ. Postoperative atelectasis: pathophysiology, clinical importance, and principles of management. *Respir Care* 1984;29:516– 28.
22. Billar GE. Heart rate variability – a historical perspective. *Front Physiol*. 2011; 86
23. Ludwig C. Beitrage zur Kenntniss des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blautlauf im Aorensysteme. *Archive of Anatomic Physiology of Leipzig*. 1847; 13: 242 – 302.
24. Serna DF, Iasbech JA, Oliveira SA. Pós-operatório em cirurgia cardíaca de adultos. *Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo*. 1998; 3:446-54.

25. Rossi Caruso FC, Arena R, Mendes RG, Reis MS, Papa V, Borghi-Silva A. Heart rate autonomic responses during deep breathing and walking in hospitalised patients with chronic heart failure. *Disabilite and Rehabilitation*. 2011;33:751-7
26. Pereira CAC. Espirometria. *Brazilian Journal of Pneumology*. 2002; 28 (Supl 3): S1-S82.
27. Borg BA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine Science of Sports Exercise*. 1982; 14:377-81.
28. Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability – standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*; 93: 1043 – 1065
29. Grassi G, Cattaneo BM, Seravalle G, Lanfranchi A, Pozzi M, Morganti A et al. Effects of chronic ACE inhibition on sympathetic nerve traffic and baroreflex control of circulation in heart failure. *Circulation*. 1997; 96: 1173 – 9.
30. Rich MW, Saini JS, Kleiger RE, Carney RM, teVelde A, Freedland KE. Correlation of heart rate variability with clinical and angiographic variables and late mortality after coronary angiography. *American Journal of Cardiology*. 1988; 62: 714 – 7.
31. Lakusic N, Mahovic D, Sonicki Z, Slivnjak V, Barboski F. Outcome of patients with normal and decreased heart rate variability after coronary artery bypass grafting surgery. *International Journal of Cardiology*. 2013; 166: 516 – 8.
32. Reis MS, Sampaio LM, Lacerda D, De Oliveira LV, Pereira GB, Pantoni CB, Thommazo LD, Catai AM, Borghi-Silva A. Acute effects of different levels of continuous positive airway pressure on cardiac autonomic modulation in chronic heart failure and chronic obstructive pulmonary disease. *Archives of Medicine Science*. 2010.6:719 – 2.
33. Tomich GM, França DC, Diório ACM, Britto RR, Sampaio RF, Parreira VF. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2007; 40: 1409 – 417.