

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA
NÍVEL MESTRADO



ALITA PAULA LOPES DE NOVAES

**USO DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DOS
EFEITOS DA VENTILAÇÃO NÃO-INVASIVA NA VENTILAÇÃO EAERAÇÃO
PULMONAR NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA:ENSAIO
CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

RECIFE- PE

2018

ALITA PAULA LOPES DE NOVAES

**USO DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DOS
EFEITOS DA VENTILAÇÃO NÃO-INVASIVA NA VENTILAÇÃO E AERAÇÃO
PULMONAR NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA: ENSAIO
CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para a obtenção de título de mestre em Fisioterapia

Linha de Pesquisa: Avaliação e intervenção fisioterapêutica em pacientes submetidos a cirurgias toracoabdominais

Orientadora: Prof^a Dr^a Daniella Cunha Brandão

Co-orientadoras: Prof^a Dr^a Armèle de Fátima Dornelas de Andrade
Prof^a Dr^a Shirley de Lima Campos

Mestranda: Alita Paula Lopes de Novaes

RECIFE- PE

2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4:1895

N935u Novaes, Alita Paula Lopes de.
 Usos da tomografia de impedância elétrica na avaliação dos efeitos da ventilação não-invasiva na ventilação e aeração pulmonar no pós-operatório de cirurgia cardíaca: ensaio clínico controlado e randomizado / Alita Paula Lopes de Novaes. – Recife: o autor, 2018.
 80 f.; il.; 30 cm.

 Orientadora: Daniella Cunha Brandão.
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências da Saúde. Programa de pós-graduação em Fisioterapia.
 Inclui referências, apêndices e anexos.

 1. Ventilação não-invasiva. 2. Cirurgia torácica. 3. Impedância elétrica. I. Brandão, Daniella Cunha (orientadora). II. Título.

615.8 CDD (23.ed.) UFPE (CCS 2018 - 161)

ALITA PAULA LOPES DE NOVAES

“USO DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA VENTILAÇÃO NÃO-INVASIVA NA VENTILAÇÃO E AERAÇÃO PULMONAR NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA: ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO”.

APROVADA EM: 27/02/2018

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. DANIELLA CUNHA BRANDÃO

COORIENTADORA: PROF^a. DR^a ARMELE DE FÁTIMA DORNELAS DE ANDRADE

COMISSÃO EXAMINADORA:

PROF^a. DR^a. PATRÍCIA ERIKA DE MELO MARINHO – FISIOTERAPEUTA/CSS/UFPE

PROF^o. DR^a. MARIA INÊS REMIGIO DE AGUIAR- MEDICINA CLÍNICA/CCS/UFPE

PROF^o. DR^a LUCIANA ALCOFORADO MENDES DA SILVA-FACULDADE ESTACIO DO RECIFE

Coordenadora do PPGFISIOTERAPIA/DEFISIO/UFPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe Niedja, aos meus pais Ricardo e Ralf e aos meus irmãos Isabela, Felipe e André, por estarem sempre ao meu lado, me incentivando e me apoiando sempre que preciso.

Aos professores que contribuíram para minha evolução acadêmica, em especial a minha orientadora Daniella Cunha Brandão, que tanto admiro, pois além de ser uma excelente professora e pesquisadora, é um exemplo de pessoa, é compreensiva, atenciosa e está sempre disposta a ajudar, seu apoio foi fundamental nos momentos difíceis.

Às minhas coorientadoras Shirley Campos e Armèle Dornelas, também excelentes professoras e pesquisadoras, pelo apoio e pelas contribuições à minha pesquisa

À Catarina Rattes e Caio Morais do grupo de pesquisas do LACAP e LINDEF, por terem dado contribuições tão importantes para a minha pesquisa, e pela disponibilidade em ajudar mesmo estando tão ocupados com seus respectivos doutorados.

À Wagner Leite, companheiro de coletas, pela paciência e por tanto ter me ajudado nos momentos que precisei.

À minha amiga Roberta Garret, por me apoiar em todos os momentos, e pela sua amizade verdadeira.

A Helga Cecília e Taciano Rocha, do grupo de pesquisas do LACAP, por me receberem no primeiro contato com o laboratório, pela amizade e pelos conselhos.

À Dr. Pedro Casé e equipe da URCT do Real Hospital Português pela confiança e colaboração.

À Niége Melo, secretária do programa de pós-graduação de Fisioterapia, pela atenção e disponibilidade.

Aos demais amigos (as) de turma e do LACAP e LINDEF por esses anos de convivência agradáveis e pelas trocas de experiência.

RESUMO

Esta dissertação está estruturada sob a forma de dois artigos, um ensaio clínico controlado e randomizado e um estudo de caso. O objetivo do primeiro artigo foi comparar os efeitos da ventilação não-invasiva com os da oxigenoterapia na ventilação e aeração pulmonar em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca. Trata-se de um ensaio clínico controlado e randomizado, onde os pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca foram alocados em dois grupos: um grupo que realizou ventilação não-invasiva (VNI) e um grupo que realizou a oxigenoterapia, todos com início logo após a extubação. Foi realizada uma avaliação da aeração e distribuição da ventilação pulmonar através da Tomografia de Impedância Elétrica (TIE) e avaliação da gasometria arterial. A Tomografia de Impedância Elétrica foi realizada cinco minutos antes da extubação, cinco minutos após extubação, durante a intervenção e até 2 horas após a extubação. A gasometria arterial foi realizada antes da extubação e 2 horas após a extubação. Durante a VNI foi observada maior aeração pulmonar global e posterior ($\Delta EELZ$ global e dorsal), porém após a VNI não houve manutenção da melhora da aeração. Durante a VNI também houve maior ventilação pulmonar (variação de impedância $-\Delta Z$) em concordância com o aumento do volume corrente, assim como maior parte dos pacientes mantiveram maior ventilação dorsal do pulmão. Além disso, houve melhora do índice PaO_2/FiO_2 no grupo VNI após a intervenção. O segundo artigo foi um estudo de caso, que teve o objetivo de avaliar o efeito da respiração espontânea na reversão da atelectasia através da análise da TIE. Um paciente no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca foi admitido intubado e ainda sob efeito de sedação na unidade de terapia intensiva, e logo foi observada uma distribuição heterogênea da ventilação, com predominância significativa da ventilação no pulmão direito, sugerindo atelectasia no pulmão esquerdo. No momento em que o paciente despertou e estava sendo ventilado em teste de respiração espontânea, observou-se melhora significativa da distribuição da ventilação. Esse comportamento pode ter sido atribuído a uma maior atividade diafragmática através da respiração espontânea, possibilitando uma distribuição da ventilação mais homogênea.

Palavras-chave: Ventilação não invasiva. Cirurgia torácica. Impedância elétrica.

ABSTRACT

This dissertation is structured as two articles, a randomized controlled trial and a case report. The objective of the first article was to compare the effects of noninvasive ventilation with oxygen therapy on ventilation and pulmonary ventilation in patients in the postoperative period of cardiac surgery. This was a randomized controlled trial in which the patients were divided into two groups: a group that performed NIV and a group that underwent only oxygen therapy, all of them starting immediately after extubation. An evaluation of ventilation and pulmonary ventilation was performed through Electrical Impedance Tomography (TIE) and arterial blood gas evaluation. Electrical Impedance Tomography was performed five minutes before extubation, five minutes after extubation, during the intervention and up to 2 hours after extubation. Arterial blood gas analysis was performed before extubation and 2 hours after extubation. During the NIV, greater global and dorsal lung aeration (global and dorsal $\Delta EELZ$) was observed, but after the NIV there was no maintenance of the aeration improvement. There was also greater pulmonary ventilation (impedance variation $-\Delta Z$) during NIV, in agreement with the increase in tidal volume, and the majority of patients maintained greater dorsal lung ventilation during NIV. In addition, there was an improvement in the PaO_2 / FiO_2 index in the NIV group after intervention. The second study was a case study in which a patient in the immediate postoperative period of myocardial revascularization surgery was admitted intubated and still under sedation in the intensive care unit, and then a heterogeneous distribution of ventilation was observed, with significant predominance of ventilation in the right lung, suggesting atelectasis in left lung. At the time the patient awakened and was in a spontaneous breathing trial, a significant improvement of ventilation distribution was observed. This result may have been attributed to a greater diaphragmatic activity through spontaneous breathing, allowing a more homogeneous ventilation distribution.

Key words: Noninvasive ventilation.thoracicsurgery.electrical impedance.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ΔZ Variação de impedância

$\Delta EELZ$ Variação de Impedância Pulmonar Expiratória Final

AVM Assistência ventilatória mecânica

Bi-level Ventilação não-invasiva com dois níveis de pressão

CEC Circulação Extracorpórea

CNAF Cânula nasal de alto fluxo

CPAP Pressão positiva contínua nas vias aéreas

CRF Capacidade Residual Funcional

CRM Cirurgia de Revascularização do Miocárdio

CoV Centro da Ventilação

Csr Complacência do Sistema Respiratório

EELV Volume Pulmonar Expiratório Final

EELZ Impedância Pulmonar Expiratória Final

FC Frequência Cardíaca

FiO₂ Fração inspirada de O₂

FR Frequência Respiratória

IMC Índice de massa corpórea

PAS Pressão Arterial Sistólica

PAD Pressão Arterial Diastólica

PAM Pressão Arterial Média

PaO₂ Pressão arterial de O₂

PaO₂/FiO₂ Índice Pressão arterial de O₂ sobre Fração inspirada de O₂

PaCO₂ Pressão arterial de CO₂

ROI Região de Interesse

SpO₂ Saturação periférica de oxigênio

TCLE Termo de consentimento livre e esclarecido

TIE Tomografia de Impedância Elétrica

URCT Unidade de Reabilitação Cardiorácica

VNI Ventilação não-invasiva

V_t Volume Corrente

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1- Características da população

64

Tabela 2- Gasometria arterial**65**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

DISSERTAÇÃO

Figura 1	Tomografia de Impedância Elétrica da tecnologia ENLIGHTER (Dixtal, Brasil).	27
Figura 2	Instalação da TIE no momento da admissão do paciente.	27
Figura 3	Momentos de gravação dos dados da TIE	29
Figura 4	Coleta de dados no grupo VNI. Pneumotacógrafo conectado entre a máscara e o circuito da VNI.	29
Figura 5	Coleta de dados no grupo controle (oxigenoterapia). Pneumotacógrafo conectado à máscara da VNI.	29
Figura 6	Tela do programa EIT <i>Analisis Tools</i> . 1- Pletismograma da variação de impedância global com um intervalo selecionado de 3000 frames; 2- Divisão em ROIs da imagem funcional pulmonar gerada nos frames selecionados; 3,4,5 e 6: Pletismogramas da variação de impedância nos 4 ROIS.	31

ARTIGO 1

Figura 1	Fluxograma de captação dos pacientes	59
Figura 2	Comparação da média de Δ EELZ global entre os grupos VNI e O ₂ durante os tempos do estudo	60
Figura 3	Comparação da média de Δ EELZ dorsal entre os grupos VNI e O ₂ durante os tempos do estudo	61
Figura 4	Variação de aeração pulmonar (EELZ) global e dorsal nos grupos controle (O ₂) e VNI. Tempo basal: imediatamente após a extubação. No grupo VNI, os tempos 5, 30 e 60 minutos correspondem ao período durante a VNI.	62

Figura 5 Volume corrente (Vt) e relação anterior/posterior da ventilação pulmonar nos grupos controle (O2) e VNI. Tempo basal: imediatamente após a extubação. No grupo VNI, os tempos 5, 30 e 60 minutos correspondem ao período durante a VNI. **63**

ARTIGO 2

Figura 1 Figure 1. Ventilation maps and plethysmograph waveform graph obtained from electrical impedance tomography. Dark to light shades of blue on the ventilation maps represent increasing values of regional ventilation, while gray indicates total absence of ventilation. The waveform graph reflects changes in impedance values with respect to each moment. Note that in pressure controlled ventilation (RASS= -5), the plethysmograph values for the right side are higher than the left side of the lung, as observed in the ventilation map. But during the spontaneous breathing trial, when the patient had a better level of consciousness (RASS=0), better ventilation distribution was observed and was maintained five minutes after extubation. PCV: pressure-controlled ventilation; SBT: spontaneous breathing trial; PEEP: positive end-expiratory pressure. **72**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Cirurgia Cardíaca e complicações pulmonares	16
2.2. Ventilação não-invasiva no pós-operatório.....	17
2.3 Tomografia de Impedância Elétrica.....	19
2.3.1 <i>Princípios básicos</i>	19
2.3.2 <i>Aplicabilidade</i>	20
3 JUSTIFICATIVA.....	22
4 HIPÓTESES.....	23
5 OBJETIVOS.....	23
5.1 Objetivos Gerais	23
5.2 Objetivos Específicos	23
6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
6.1 Aspectos Éticos	24
6.2 Delineamento do estudo.....	24
6.3 População do estudo	24
6.4 Cálculo Amostral	25
6.5 Coleta de dados.....	25
6.5.1 <i>Intervenção e monitorização da ventilação e aeração pulmonar regional</i>	26
6.6 Análise dos dados off-line da TIE.....	30
6.6.1 <i>Mapeamento da distribuição da ventilação pulmonar regional</i>	30
6.6.2 <i>Medida de aeração pulmonar regional</i>	31
6.7 Definição e categorização de variáveis	31
6.7.1 <i>Variáveis independentes</i>	31

6.7.2 Variáveis dependentes	31
6.7.3 Variáveis de controle	32
6.8 Desfecho primário.....	32
6.9 Desfechos secundários	32
7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
8 RESULTADOS.....	33
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	
.....	34
REFERÊNCIAS	
.....	35
APÊNDICE A– Avaliação dos efeitos da ventilação não invasiva no pós-operatório de cirurgia cardíaca através da tomografia de impedância elétrica: ensaio clínico controlado e randomizado.....	40
APÊNDICE B – spontaneous breathing revert atelectasis detected by electrical impedance tomography: a case report.	66
APÊNDICE C- Termo de consentimento livre e esclarecido.....	73
ANEXO 1 – Parecer do Comitê de Ética.....	76

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação integra a linha de pesquisa “Instrumentação e intervenção fisioterapêutica” do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fisioterapia. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar, do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e é descrito ao longo do texto, atendendo às normas vigentes do Programa. No presente exemplar os resultados obtidos nessa dissertação são apresentados no formato de artigo original. O trabalho originou dois artigos, sendo um ensaio clínico controlado e randomizado e um estudo de caso. O artigo 1 cujo título é “Uso da tomografia de Impedância Elétrica na avaliação dos efeitos da Ventilação Não-Invasiva: Ensaio clínico controlado e randomizado”, a ser submetido ao *Critical Care Medicine*, com Qualis A1. Já o artigo 2 intitulado: “Respiração Espontânea reverte atelectasia detectada pela Tomografia de Impedância Elétrica: Estudo de caso”, tendo sido submetido ao *American Journal of Critical Care Medicine*, também Qualis A1.

A doença cardiovascular, incluindo uma de suas principais formas de apresentação, a doença arterial coronária (DAC), permanece com uma das principais doenças do século 21 por sua morbidade e mortalidade, contribuindo significativamente para o aumento de despesas com saúde (HERDY *et al*, 2014; MORAN *et al*, 2014). Os dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) mostram que a causa cardiovascular corresponde a perto de 30% das causas de morte no Brasil (MANSUR & FAVARATO, 2012). Ainda no Brasil, a doença valvar representa uma significativa parcela das internações por doença cardiovascular. Diferentemente de países mais desenvolvidos, a Febre Reumática é a principal etiologia das valvopatias no território brasileiro, responsável por até 70% dos casos.

Um dos tratamentos da DAC consiste na Cirurgia de Revascularização do Miocárdio (CRM), que ainda é um dos procedimentos cirúrgicos mais frequentemente realizados no mundo (PAROLARI *et al*, 2015). Estima-se que 800 mil pessoas sejam submetidas a CRM no mundo a cada ano (FILARDO *et al*, 2017). Já para o

tratamento das valvopatias, a utilização de procedimentos terapêuticos invasivos para correção das lesões valvares provocadas por doenças estruturais do coração é muitas vezes necessária como a única opção capaz de restaurar a função dessas valvas. Porém, após a cirurgia cardíaca, os pacientes estão sujeitos a complicações como acidente vascular cerebral, infecções nosocomiais, insuficiência renal aguda, fibrilação atrial e complicações respiratórias (DIODATO & CHEDRAWY, 2014; RAHMANIAN et al, 2013).

As complicações pulmonares são comuns após cirurgia cardíaca, como demonstrado no estudo de Rahmanian *et al* (2013), que coletaram dados de mais de 5 mil pacientes, onde a complicação mais frequente foi insuficiência respiratória (8,1%), seguida de insuficiência renal aguda (5,5%). Segundo Jaber, Chanques, & Jung, (2010), a hipoxemia pós-operatória e insuficiência respiratória aguda (IRpA) podem se desenvolver após cirurgia torácica ou abdominal. A anestesia, a dor pós-operatória e a cirurgia induzem a alterações respiratórias como hipoxemia, redução de volumes pulmonares, e atelectasias associada a uma síndrome restritiva e a uma disfunção diafragmática. Essas modificações do sistema respiratório ocorrem precocemente no pós-operatório e podem levar à IRpA, sendo a manutenção da adequada oxigenação no período pós-operatório de grande importância.

Um dos objetivos do tratamento fisioterapêutico no pós-operatório de cirurgias cardíacas são prevenir a ocorrência de complicações pulmonares, evitando reintubação em casos de IRpA (JABER; CHANQUES; & JUNG, 2010). Algumas intervenções podem prevenir complicações pulmonares após a cirurgia cardíaca, incluindo padrões ventilatórios, espirometria de incentivo, ventilação não-invasiva (VNI) e mobilização precoce (YAZDANNIK *et al*, 2016). Recentemente, há um interesse no uso da VNI no pós-operatório de cirurgia cardíaca, pois tem sido demonstrado benefícios como melhora da troca gasosa e oxigenação, e redução de atelectasias (AL JAALY, 2013).

Para a avaliação dessas complicações respiratórias, a tomografia de impedância elétrica (TIE) vem se destacando na prática clínica. É uma técnica não-invasiva que consiste na criação de imagens transversais bidimensionais baseadas nas mudanças da distribuição da impedância pulmonar (KOTANI *et al*, 2016). A TIE é capaz de detectar áreas de hiperdistensão alveolar, atelectasias, recrutamento e

desrecrutamento em pacientes em ventilação mecânica. Além disso, a TIE também pode fornecer informações diagnósticas em pacientes em respiração espontânea, facilitando o diagnóstico precoce e início de terapia em pacientes com doenças e condições pulmonares de naturezas diversas que não são detectadas por métodos de avaliação convencionais (VOGT *et al*, 2012)

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Complicações pulmonares associadas à cirurgia cardíaca

As complicações pulmonares pós-operatórias são comuns após a cirurgia cardíaca (BADENES, LOZANO & BELDA, 2015). Em relação à CRM, trata-se de uma técnica efetiva para o tratamento da doença arterial coronariana, aliviando os sintomas, reduzindo a isquemia miocárdica e aumentando a sobrevivência. No entanto, as complicações associadas a esse procedimento estão associadas ao aumento da morbidade (sepse, pneumonia, mediastinite, entre outros) e mortalidade, resultando em aumento do tempo de estadia nas unidades de terapia intensiva, aumento da estadia hospitalar, e aumento dos custos (MENDES *et al*, 2015).

Rahmanian *et al* (2013) avaliaram 5318 pacientes adultos submetidos a cirurgia cardíaca (55,6% foram cirurgias de revascularização do miocárdio isoladas, 24% cirurgias de válvulas e 13,1% cirurgias de revascularização associadas à cirurgias de válvulas). Foram observadas 1321 complicações não-cardíacas (15,9%), das quais a mais frequente foi insuficiência respiratória (8,1%), seguida de insuficiência renal (5,5%), complicações gastrointestinais (2,9%), acidente vascular cerebral (2,8%), infecção de ferida operatória (2,7%) e sepse (2,7%).

As principais alterações na função respiratória ocorrem após cirurgia torácica e abdominal por causa da anestesia e consequências cirúrgicas. A anestesia diminui o tônus muscular, aumentando as forças de retração do pulmão, contribuindo assim para o desenvolvimento de atelectasias. Mecanismos associados à cirurgia, como a esternotomia, alteram as forças dos músculos torácicos, abdominais e do diafragma, reduzem a função do nervo frênico e induz à dor. Esses fatores juntos podem alterar a relação ventilação/perfusão, levando à hipoxemia, e

podem levar à insuficiência respiratória, através do prejuízo da bomba ventilatória e da capacidade de trocas gasosas (JABER, CHANQUES & JUNG, 2010).

Além disso, as complicações no pós-operatório de cirurgia cardíaca estão relacionadas à liberação de mediadores inflamatórios e à resposta inflamatória sistêmica causada pela exposição do sangue a grandes áreas de material sintético, através da circulação extracorpórea (CEC), resultando em anormalidades de trocas gasosas e fechamento de pequenas vias aéreas. (BADENES, LOZANO & BELDA, 2015; KOCHAMBA *et al*, 2010).

A ventilação mecânica associada ao procedimento cirúrgico também pode causar alterações significativas da função pulmonar. A lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica é resultado de trauma mecânico (barotrauma e volutrauma) e biológico (biotrauma), que induz à inflamação pulmonar e pode se disseminar para órgãos distantes (BADENES, LOZANO & BELDA, 2015).

Embora o sucesso do procedimento cirúrgico seja o principal objetivo do cirurgião, a eficácia e a segurança do procedimento também depende dos esforços da equipe multidisciplinar em desempenhar os cuidados pré e pós-operatórios (ALEXANDER & SMITH, 2016)

2.2 Ventilação Não-invasiva no pós-operatório

A ventilação não-invasiva é uma modalidade de ventilação mecânica que não requer o uso de via aérea artificial. Primariamente, a VNI tem sido utilizada na exacerbação da doença pulmonar obstrutiva crônica, edema pulmonar cardiogênico e insuficiência respiratória hipoxêmica. Nos últimos anos, a VNI também tem sido utilizada para prevenir ou tratar a insuficiência respiratória pulmonar aguda no pós-operatório de cirurgia cardíaca (CHIUMELLO, CHEVALLARD & GREGORETTI, 2011).

Segundo as recomendações brasileiras de ventilação mecânica de 2013, a VNI para tratamento de IRpA no pós-operatório imediato de cirurgias abdominais e torácicas eletivas está associada à melhora das trocas gasosas, à redução de atelectasias e à diminuição do trabalho respiratório, além de diminuir a necessidade de intubação e, possivelmente, da mortalidade, respeitando-se as limitações e

contraindicações para sua utilização. Da mesma forma, recomenda-se o uso da VNI imediatamente após a extubação de pacientes com risco de desenvolver complicações, para evitar IRpA e reintubação (ação profilática), incluindo pacientes com hipercapnia, insuficiência cardíaca congestiva, idade acima de 65 anos e pacientes obesos, entre outros (BARBAS *et al.*, 2014).

Em um estudo prospectivo randomizado que incluiu 468 pacientes comparou o uso profilático do CPAP nasal com 10cmH20 por ao menos 6 horas no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca com um grupo controle, que utilizou CPAP intermitente com 10cmH20 por 10 minutos a cada 4h. Foi observado que no grupo intervenção, o CPAP melhorou oxigenação, reduziu a incidência de complicações pulmonares incluindo pneumonia e taxa de reintubação, e reduziu taxa de readmissão na UTI (ZARBOCK *et al.*, 2009).

Na revisão sistemática e metanálise de Glossop *et al.* (2012), 16 estudos foram incluídos, e foram avaliados os efeitos da VNI em três grupos de pacientes: VNI como desmame da ventilação mecânica, VNI pós-extubação, e VNI no pós-operatório imediato de cirurgias de grande porte, e tal estudo sugere que a VNI é benéfica para a redução do tempo de estadia hospitalar, aumento da taxa de sobrevivência hospitalar, redução da incidência de pneumonia, e redução de taxas de reintubação em pacientes no pós-operatório. Porém, os estudos utilizaram diferentes protocolos de VNI, variando modo ventilatório, níveis de pressão de suporte e duração, o que pode ter impactado na sua eficácia e sucesso como intervenção terapêutica nesse grupo de estudo.

Al Jaaly *et al.* (2013) compararam a eficácia da VNI (Bi-level) associada a terapia convencional, onde a VNI (n=63) era aplicada imediatamente após extubação de forma contínua por 24 horas, e a terapia convencional incluía nebulização, espirometria de incentivo e mobilização (n=63) em pacientes no pós-operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio. No grupo VNI (Bi-level), houve redução do tempo de recuperação (aptidão para alta) e menor incidência de atelectasia, além de melhor ventilação alveolar na primeira hora pós-extubação

No entanto, outra revisão sistemática e metanálise, que incluiu 14 estudos controlados e randomizados e teve o objetivo de avaliar a eficácia e segurança da VNI quando comparada ao tratamento convencional no pós-operatório de cirurgia

cardiorádica, observou que a VNI foi associada a reduoão do risco de intubaão endotraqueal e melhora do índice PaO₂/FiO₂, porém sem relaão com risco de mortalidade e risco de complicaões respiratórias e cardiovasculares (ZHU et al, 2016).

A revisão sistemática e metanálise de Pieczkoski, Margarites & Sbruzzi (2017), que incluiu 10 ensaios clínicos controlados e randomizados com um total de 1050 pacientes, avaliou a efetividade da VNI comparado à fisioterapia convencional na taxa de mortalidade e na prevenão de complicaões em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca. Porém, não houve diferenã entre a VNI profilática e a fisioterapia convencional ou oxigenoterapia em relaão à mortalidade, complicaões pulmonares como atelectasia, pneumonia e reintubaão, e tempo de estadia hospitalar e em UTI. Houve apenas melhora da oxigenaão no grupo VNI, de forma que os benefcios da VNI nesta populaão ainda são controversos.

2.3 Tomografia de Impedância Elétrica

2.3.1 *Princípios Básicos*

A tomografia de impedância elétrica (TIE) é uma ferramenta de monitorizaão não-invasiva, livre de radiaão, realizada à beira do leito, que permite avaliaão em tempo real das variaões regionais de ventilaão (ΔZ) e aeraão (impedância pulmonar expiratória final -EELZ), sendo esta última fortemente correlacionada com variaões de volume pulmonar expiratório final (EELV) (ERONIA et al, 2017). Seu princípio de mensuraão é a criaão de imagens bidimensionais transversas em corte único, baseadas nas mudanãas da impedância originadas da ventilaão mecânica, onde correntes elétricas imperceptíveis atravessam o tórax em um padrão rotacional, gerando um gradiente elétrico na superfície, que é transformado em uma imagem bidimensional da distribuão da impedância elétrica do interior do tórax (KOTANI et al, 2016; VICTORINO et al, 2004).

A imagem dinâmica torádica no monitor da TIE mostra alteraões regionais de ventilaão em tempo real (FRERICHS et al, 2003). Uma cinta de eletrodos (16 ou 32, dependendo do dispositivo), é aplicado ao redor do tórax do paciente, geralmente entre o 4° e o 6° espaço intercostal, onde cada par gera um fluxo de

corrente elétrica de intensidade imperceptível (aproximadamente 5mA), e os demais registram o potencial elétrico. A voltagem resultante produz um mapa de imagem que representa a variação de impedância da região de interesse. A resolução espacial das imagens é baixa, porém a resolução temporal é alta (13/50 frames/s). Um dos maiores problemas para a obtenção de imagem de qualidade é a presença de artefatos (STANKIEWICZ-RUDNICKI, GASZYŃSKI & GASZYŃSKI 2015; LEONHARDT & LACHMANN, 2012; BAYFORD & TIZZARD, 2012).

A TIE utiliza as propriedades biofísicas dos tecidos e de suas estruturas celulares para reconstruir uma imagem representativa da fisiologia corporal. As características condutivas dos fluidos corporais proporcionam o componente resistivo, enquanto as membranas celulares agem como capacitores (BAYFORD & TIZZARD, 2012). A condução da corrente elétrica é baseada na quantidade de fluido local e na concentração de íons. Considerando o pulmão, nota-se que a corrente elétrica não é conduzida pelo alvéolo, apenas ao redor dele através do septo alveolar. Enquanto um aumento do volume alveolar prolonga o trajeto da corrente de forma a aumentar a resistência elétrica, a expiração reduz a resistência devido ao menor trajeto necessário à passagem da corrente elétrica (LEONHARDT & LACHMANN 2012).

Na TIE, a distribuição da resistência tecidual local (impedância) dentro de uma área de secção transversa do corpo, é caracterizada como uma imagem tomográfica. Como a Impedância (Z) é definida como Voltagem (V) sobre a corrente (I), a impedância regional pode ser computada de medidas das corrente e voltagens correspondentes na superfície do tecido (LEONHARDT & LACHMANN, 2012).

2.3.2 Aplicabilidade

Segundo Victorino *et al* (2004), embora recursos como análise da gasometria arterial, mecânica respiratória e pletismografia, tenham sido utilizados para a avaliação da função pulmonar, tais recursos promovem informações limitadas. Técnicas de imagem como Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada podem resultar em melhores informações sobre a heterogeneidade pulmonar, porém

são recursos que têm uma dinâmica e uma monitorização à beira do leito limitadas, necessárias em uma terapia intensiva.

Nas últimas décadas, estudos têm demonstrado a tomografia de impedância elétrica como ferramenta útil para monitorização de ventilação regional pulmonar (COSTA, LIMA & AMATO, 2009). Tem sido utilizada em situações de ventilação mecânica, pulmão normal e doente, neste último considerando a heterogeneidade pulmonar da lesão pulmonar aguda. Uma relação linear na variação da ventilação pela TIE com aumento de PEEP foi evidenciada e mais recentemente estudos mostraram a sua utilidade em situações como pneumotórax, monitorização de recrutamento alveolar, detecção de colapso e titulação de PEEP. Portanto a TIE pode ter importância nas decisões à beira do leito (FRERICHS *et al*, 2003; COSTA *et al*, 2008; COSTA *et al*, 2009).

Em adultos, a TIE foi validada com sucesso para identificar a distribuição da ventilação e para mensurar mudanças nos volumes pulmonares, e tem sido demonstrado sua utilidade em mensurar mecânica respiratória regional e várias mensurações não-ventilatórias, como perfusão pulmonar. A TIE tem sido utilizada frequentemente para obter dados durante a titulação de PEEP e a modificação de modo ventilatório, além de ser capaz de avaliar heterogeneidade da ventilação em pacientes tanto em respiração espontânea quanto em pacientes com lesão pulmonar severa (KOBLYANSKII *et al*, 2016).

A TIE pode ser útil em avaliar distúrbios regionais da ventilação à beira do leito, como demonstrado por Ukere *et al*(2016), após avaliarem os efeitos da anestesia com a interrupção da respiração espontânea e início da ventilação mecânica em pacientes no intra-operatório de prostatectomia, foi observado que após a anestesia, houve deslocamento contínuo do centro da ventilação (CoV) em direção à região ventral do pulmão, e um aumento significativo das áreas mal ventiladas nas regiões dependentes do pulmão, sugerindo atelectasia.

Há poucos estudos disponíveis que avaliam os efeitos da ventilação não-invasiva através da TIE (YILDIRIN, ESQUINAS & GLOSSOP, 2017). Um dos estudos é o de Bordes *et al* (2016), que avaliou o efeito da VNI na capacidade residual funcional e na distribuição da ventilação em pacientes anestesiados em

respiração espontânea através da TIE, durante endoscopia gastrointestinal associada à fibroscopia e colonoscopia, e observou que após a indução anestésica houve redução significativa do EELZ (que corresponde à capacidade residual funcional-CRF), e que a aplicação da VNI foi capaz de melhorar de forma significativa o EELZ durante sua aplicação.

Andersson *et al* (2010) comparou o efeito de três diferentes sistemas de CPAP com diferentes níveis de pressão (0, 5 e 10 cmH₂O) na distribuição da ventilação através da TIE em indivíduos saudáveis, e observaram que, com o aumento dos níveis de CPAP, houve aumento do EELV (volume pulmonar expiratório final), e que a distribuição da ventilação foi redirecionada para a região dorsal do pulmão.

3 JUSTIFICATIVA

O uso da ventilação não-invasiva no pós-operatório de cirurgia cardíaca tem sido empregado amplamente na prática clínica, porém as evidências dos benefícios dessa técnica nessa população ainda não foram elucidados na literatura científica com relação a critérios como por exemplo, o efeito da VNI na ventilação e na aeração pulmonar, e qual tempo de efeito terapêutico da VNI, ou seja, por quanto tempo o efeito da VNI se mantém após a sua interrupção.

Esses efeitos da VNI na ventilação e aeração pulmonar podem ser avaliados pela Tomografia de Impedância Elétrica, porém há poucos estudos que avaliam os efeitos da VNI através da TIE.

Além disso, a monitorização de pacientes críticos através da TIE tem se mostrado útil em detectar em tempo real anormalidades na distribuição da ventilação, permitindo uma abordagem o mais precoce possível de forma a otimizar a recuperação do paciente.

Dessa forma, torna-se relevante a avaliação da VNI no pós-operatório de cirurgia cardíaca através da tomografia de impedância elétrica, permitindo a avaliação dos efeitos da VNI na distribuição da ventilação e da aeração pulmonar nesta população, e da mesma forma, torna-se relevante a avaliação de pacientes

críticos através da TIE para detecção precoce de anormalidades da distribuição da ventilação.

4 HIPÓTESES

O uso da VNI em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca resulta em maior ventilação e maior aeração durante sua aplicação quando comparada ao grupo de oxigenoterapia.

Na primeira hora após a interrupção da VNI há manutenção da melhora da aeração e da ventilação pulmonar há melhora das trocas gasosas quando comparado ao grupo oxigenoterapia em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral:

Avaliar os efeitos da ventilação não invasiva aeração e na distribuição da ventilação pulmonar através da Tomografia de Impedância Elétrica em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca

Detectar em tempo real anormalidades na distribuição da ventilação pulmonar através da Tomografia de Impedância Elétrica em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca

5.2 Objetivos específicos:

Avaliar o tempo de efeito terapêutico após uso da ventilação não invasiva através da Tomografia de Impedância Elétrica em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

Comparar os efeitos da VNI com os da oxigenoterapia na distribuição da ventilação e aeração pulmonar através da Tomografia de Impedância Elétrica em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca

Avaliar os efeitos da ventilação não-invasiva nas trocas gasosas em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Aspectos Éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, N°1.727.601, Anexo I. Todos os responsáveis foram informados sobre os objetivos, procedimentos, riscos e benefícios do estudo e participaram voluntariamente de acordo com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (APÊNDICE A). O projeto foi devidamente registrado no *Clinical Trials* (NCT03371628).

A presente pesquisa segue os termos preconizados pelo Conselho Nacional de Saúde (Resolução 466/12) para pesquisa em seres humanos.

6.2 Delineamento do Estudo

Trata-se de um ensaio clínico controlado e randomizado. Os dados foram coletados na Unidade de Reabilitação Cardiorádica (URCT) do Real Hospital Português de Beneficência de Pernambuco.

6.3 População do Estudo

Foram incluídos pacientes no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca, incluindo cirurgia de revascularização do miocárdio e troca de valvas, com idade entre 18 e 65 anos, com IMC entre 18,5 e 30 kg/m², que fossem admitidos na UTI ainda intubados, com tempo de circulação extracorpórea (CEC) inferior a 150 minutos, sem história prévia de doenças pulmonares severas como doença pulmonar obstrutiva crônica, fibrose pulmonar, ou de insuficiência renal crônica, ou doenças neuromusculares associadas. Além disso, foram incluídos os pacientes

com hemiperimetria entre 44 e 55 cm, equivalente às cintas de tamanho P e M da TIE.

Foram excluídos pacientes considerados como em risco para falha na extubação (hipercapnia, mais de uma falha no teste de respiração espontânea, tempo de AVM maior que 72 horas, tosse ineficaz), e aqueles que desenvolvessem contraindicações para o uso da VNI ou critérios de reintubação, como instabilidade hemodinâmica (arritmias, choque cardiogênico, hipotensão severa com PAS<90mmHg), episódios de distensão abdominal, náusea e vômitos, rebaixamento do nível de consciência, uso de musculatura acessória, FR>35ipm, hipoxemia (PO₂<50mmHg com FiO₂ 50%) ou hipercapnia (PaCO₂>55mmHg com pH <7,30), além de acidose metabólica persistente com pH <7,30 (BARBAS et al, 2014). Também foram excluídos aqueles que foram submetidos a outras incisões que não a esternotomia.

6.4 Cálculo Amostral

O cálculo amostral foi realizado através do programa *G*power* (<http://www.gpower.hhu.de/>). Para o cálculo, foram comparados os valores da variação para aeração - $\Delta EELZ$ 1 hora após extubação (T4) - $\Delta EELZ$ cinco minutos após a extubação (T1), e ventilação (ΔZ T4 – T1) para os primeiros cinco pacientes avaliados entre os grupos, considerando uma análise bicaudal com um poder de 80% e um *Alfa* (α) de 5%. Para a aeração foram observados os seguintes valores: $0,37 \pm 0,12$ para o grupo VNI e $0,12 \pm 0,09$ para o grupo O₂. Já para a ventilação foram observados: $9,69 \pm 2,28$ para o grupo VNI e $3,29 \pm 4,42$ para o grupo O₂, resultando em cinco pacientes para cada grupo se a aeração for considerada e seis por grupo para a ventilação. Desta forma, foram randomizados 20 pacientes no total, considerando possíveis perdas amostrais.

6.5 Coleta de dados

O recrutamento dos pacientes foi realizado na URCT do Real Hospital Português de Beneficência de Pernambuco. Quando o pesquisador identificava algum paciente que preencha os critérios de elegibilidade, era realizada a avaliação

do paciente no pré-operatório, onde era mensurada a perimetria torácica para identificação do tamanho da cinta a ser utilizada, e o paciente informado sobre os objetivos da pesquisa e era convidado a participar do estudo no período pré-operatório. Todos os voluntários e/ou responsáveis pelos pacientes da pesquisa foram esclarecidos no pré-operatório sobre o propósito do projeto e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) conforme Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (Anexo).

Os voluntários do estudo foram alocados em dois grupos: grupo ventilação não-invasiva (VNI) e grupo controle (oxigenoterapia- O₂), por um pesquisador que não participou da coleta de dados, de forma aleatorizada através do *www.randomization.com*, alocando em envelopes opacos e numerados ao pesquisador, garantindo sigilo da alocação. Após recrutamento dos indivíduos no estudo, eram registradas informações do prontuário, incluindo idade, sexo, diagnóstico, tempo de CEC, índice de massa corpórea (IMC), e comorbidades. Também foi registrada a pontuação de cada paciente no *EuroSCORE*- Sistema Europeu para Avaliação de Risco em Cirurgia Cardíaca (preditor de mortalidade).

Quando o paciente era admitido na unidade, era devidamente monitorado, posicionado em decúbito elevado a 30°, adaptado na ventilação mecânica em modo controlado, e estabilizado. O decúbito do paciente foi mantido durante todo o período da coleta.

6.5.1 Intervenção e monitorização da ventilação e aeração pulmonar regional

A monitoração da ventilação e aeração pulmonar regional foi realizada através da Tomografia de Impedância Elétrica, modelo ENLIGHT® 1800 (Dixtal Biomédica, São Paulo, Brasil) (Figura 1). Para aquisição dos dados foi posicionada uma cinta, composta de 32 eletrodos igualmente espaçados, na região supra mamilar dos pacientes, coberta por uma capa descartável com gel condutor adesivo (figura 2). A cinta era posicionada enquanto o paciente ainda estava intubado, em ventilação mecânica. Através da cinta, uma corrente eléctrica de 5 mA era injetada a 125 KHz de forma sequenciada por meio de um par de eletrodos, e a diferença de voltagem resultante era mensurada entre os demais pares de eletrodos (COSTA,

E.L *et al*, 2008; TANAKA, H. *et al.*, 2008). O pneumotacógrafo da TIE era conectado diretamente no tubo orotraqueal do paciente.

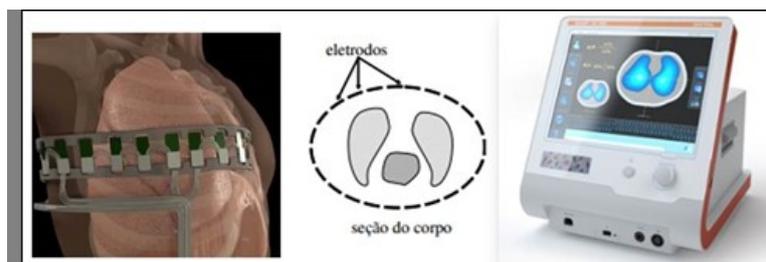


Figura 1. Tomografia de Impedância Elétrica da tecnologia ENLIGHTER (Dixtal, Brasil). Fonte: www.timpel.com.br



Figura 2. Instalação da TIE no momento da admissão do paciente. Fonte: Arquivo do autor.

A TIE avaliou o comportamento da aeração pulmonar através da Variação de Impedância Elétrica Expiratória Final ($\Delta EELZ$), equivalente à CRF (capacidade residual funcional) assim como da ventilação pulmonar através da medida da Variação de Impedância Elétrica, o ΔZ (que significa a impedância inspiratória subtraída da impedância expiratória, equivalente ao volume corrente). Foi realizada também a avaliação da distribuição da Ventilação Pulmonar Regional. A imagem da TIE foi dividida em quatro regiões de interesse (ROIs), através do diâmetro ventral-dorsal (ΔZ da região anterior, médio-anterior, médio-dorsal e dorsal do pulmão).

As gravações dos dados da TIE foram realizadas nos períodos do protocolo descritos a seguir, durante 5 minutos cada. Os momentos da gravação foram

divididos nos tempos T0 a T6. No grupo VNI, a VNI era realizada nos momentos T2, T3 e T4 (figura 3), descritos a seguir. Cada gravação foi salva em arquivos separados de dados brutos em pen drive para processamento posterior, onde foi realizada uma análise offline dos dados.

Uma avaliação inicial (T0) era realizada nos pacientes elegíveis para extubação (sem sinais de intolerância ou instabilidade hemodinâmica), submetidos a ventilação por modo pressão de suporte (PSV) com PEEP=5, Pressão de suporte=8cmH₂O e FiO₂ <40%. A Avaliação consistia no registro dos dados da TIE, e na coleta da gasometria arterial (PaO₂, PaCO₂, relação PaO₂/ FiO₂), e eram também registrados os sinais vitais do paciente (frequência cardíaca- FC, frequência respiratória- FR, saturação periférica de O₂- SpO₂, pressão arterial sistólica –PAS, pressão artéria diastólica – PAD, pressão arterial média- PAM), através de monitor Infinity Vista XL (Dräger), 5 minutos antes da extubação. Também eram registrados o débito dos drenos mediastinais e pleurais e as drogas utilizadas em bomba de infusão.

Imediatamente após a extubação, uma máscara de Venturi de 50% era instalada, titulada posteriormente para manter spo₂>94%, e então era realizada nova gravação da TIE (T1) nos dois grupos, com nova coleta de gasometria arterial. O pneumotacógrafo era conectado diretamente à uma máscara oronasal posicionada no paciente (a mesma utilizada na VNI), e os dados da TIE eram então registrados.

Após gravação de T1, no grupo intervenção, era instalada a VNI, através de um BiPAP Synchrony (Philips Respironics ®), e de uma máscara oronasal (máscara EPAP), aplicada ao rosto do paciente e fixada com presilha de forma a não permitir escape aéreo, após paciente receber orientações sobre a terapia. O pneumotacógrafo da TIE era instalado entre a máscara e o circuito da VNI (figura 4), e os dados eram registrados. Um IPAP de 8 a 12 cmH₂O era selecionado de forma a garantir volume corrente entre 6 a 8ml/kg, e cujo valor seja suficiente para manter normocapnia, e um EPAP de 6 cmH₂O era utilizado. Neste mesmo momento, eram registrados os dados do grupo controle. Para a gravação dos dados da TIE no grupo controle, era fixada a máscara oronasal com presilha de forma a não permitir escape aéreo, e o pneumotacógrafo era acoplado à máscara junto à máscara de Venturi (figura 5). Novas gravações da TIE eram realizadas nos dois grupos: primeiros 5

minutos, no período de 25 a 30 minutos e no período de 55 a 60 minutos do início da terapia (T2, T3 e T4). Após 1 hora, era retirada a VNI dos pacientes do grupo VNI, e era reinstalada a máscara de Venturi titulada para manter $\text{Spo}_2 > 94\%$. Após 1h30min (T5) e após 2 horas (T6) da extubação, era realizada nova gravação dos dados da TIE com nova coleta de gasometria arterial nos dois grupos.



Figura 3. Momentos de gravação dos dados da TIE



Figura 4. Coleta de dados no grupo VNI. 1: máscara de EPAP. 2: Pneumotacógrafo conectado entre a Máscara e o circuito da VNI. 3: oxigenoterapia. 4: circuito da VNI. Fonte: arquivo do autor.



Figura 5. Coleta de dados no grupo controle (oxigenoterapia). 1: máscara oronasal. 2: Pneumotacógrafo conectado à máscara da VNI. 3: Venturi. Fonte: arquivo do autor

6.6 Análise off-line dos dados da TIE

A análise off-line dos dados da TIE foi realizada através do programa “*EIT Analysis Tools*”, versão 8.05 (*National Instruments*, Texas, EUA). Antes da quantificação dos dados, os arquivos passaram por um filtro de passa baixa para eliminar ruídos acima de 15 Hz, decorrentes da pulsatilidade cardíaca.

6.6.1 Mapeamento da distribuição da ventilação pulmonar regional

Para análise da distribuição da ventilação, quatro regiões de interesse (ROIs) foram definidas. A delimitação das ROIs foi feita através de uma imagem funcional gerada por um intervalo de 3000 frames (1 minuto), que era selecionado dentro de um trecho gravado de cinco minutos. A imagem era dividida através de 3 barras divisórias em quatro partes iguais (ROI 1, ROI 2, ROI 3 e ROI 4), através da contagem dos pixels, e a posição das barras eram mantidas no mesmo ponto durante a análise de todos os momentos. Para a análise do dado global, a barra era removida do plano da matriz. O mapa da ventilação é representado por tons de azul, onde tons mais claros de azul representam maior ventilação regional. (Figura 6).

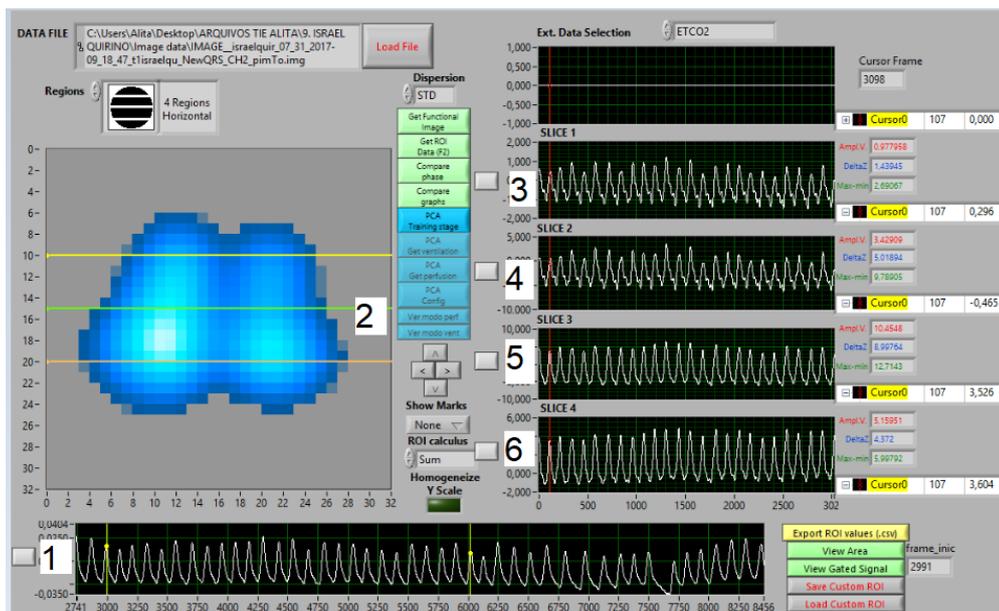


Figura 6. Tela do programa EIT *Analysis Tools*. 1- Pletismograma da variação de impedância global com um intervalo selecionado de 3000 frames; 2- Divisão em ROIs da imagem funcional pulmonar gerada nos frames selecionados; 3,4,5, e 6: Pletismogramas da variação de impedância nos 4 ROIs.

6.6.2 Medida da aeração pulmonar regional

As medidas da aeração pulmonar foram realizadas através do traçado do pletismograma de impedância elétrica global, sendo obtida pela razão da soma das medidas de EELZ durante um intervalo de frames pelo número de medições feitas.

6.7 Definição e categorização das Variáveis

6.7.1 Variáveis independentes

- Ventilação não-invasiva
- Oxigenoterapia

6.7.2 Variáveis dependentes

- Ventilação pulmonar (Variação de impedância – ΔZ): variável quantitativa contínua expressa em unidades de impedância;
- Aeração pulmonar (variação de Impedância elétrica ao final da expiração - $\Delta EELZ$): variável quantitativa contínua expressa em unidades de impedância.

- Distribuição da ventilação nas regiões não dependente e dependente da gravidade (ventilação anterior/posterior): variável quantitativa contínua expressa em unidades de impedância.
- Complacência do sistema respiratório (Csr): variável quantitativa contínua expressa em mililitros por centímetros de água (ml/cmH₂O);
- Frequência respiratória (FR): variável quantitativa contínua medida em respirações por minuto (rpm);
- Volume corrente (Vt): variável quantitativa contínua expressa em mililitros (ml);
- Saturação periférica de oxigênio (SpO₂): variável quantitativa contínua expressa em porcentagem (%);
- Pressão arterial de O₂ (PaO₂): variável quantitativa contínua expressa em mmHg
- Pressão arterial de CO₂ (PaCO₂): variável quantitativa contínua expressa em mmHg
- Índice PaO₂/FiO₂: variável quantitativa do tipo discreta
- Duração do efeito terapêutico: Variável numérica contínua expressa em minutos (min);

6.7.3 Variáveis de controle

- Sexo: variável quantitativa discreta: masculino e feminino;
- Idade: variável quantitativa contínua expressa em anos completos;
- Altura: variável quantitativa contínua medida em metros (m);
- Índice de massa corpórea (IMC): Variável quantitativa contínua medida em Kg/m²;
- Peso predito: variável quantitativa contínua medida em quilogramas (Kg);
- Diagnóstico clínico primário: variável qualitativa;
- Frequência cardíaca (FC): variável quantitativa contínua expressa em batimentos por minuto (bpm);
- Saturação periférica de oxigênio (SpO₂): variável quantitativa contínua expressa em porcentagem (%);

- Pressão arterial sistólica (PAS): variável quantitativa contínua expressa em milímetros de mercúrio (mmHg);
- Pressão arterial diastólica (PAD): variável quantitativa contínua expressa em milímetros de mercúrio (mmHg);
- Frequência respiratória (FR): variável quantitativa contínua expressa em respirações por minutos (rpm);

6.8 Desfecho Primário

- Ventilação e aeração pulmonar (ΔZ e $\Delta EELZ$)

6.9 Desfechos secundários

- Pressão parcial de gás carbônico no sangue arterial (PaCO₂)
- Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO₂)
- Índice PaO₂/ FiO₂
- Volume corrente (V_t)

7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada através do programa SPSS para Windows, versão 20.0 (Chicago, EUA). Para a caracterização da amostra, foram realizadas estatísticas descritivas utilizando média e desvio padrão para as variáveis quantitativas e valores absolutos e relativos para as variáveis categóricas. Para avaliação da normalidade, foi utilizado o teste Shapiro-Wilk. Dados com distribuição normal foram expressos em média \pm DP e a comparação entre os dados das características da amostra e da gasometria arterial foram realizadas através do Teste T-student. Dados categóricos foram apresentados através de análise da frequência.

A ventilação pulmonar (ΔZ) foi analisada através da diferença de média entre os tempos T4 e T1 e T6 e T1, e a aeração pulmonar ($\Delta EELZ$) foi analisada através dos tempos T1 a T6, e foram comparadas entre os grupos através do *Anova two-way* para medidas repetidas com *post-test de Bonferonni*. A análise dos dados da ventilação e aeração entre os seis tempos do estudo (T1 a T6) também foi apresentada através de análise comportamental das curvas dos gráficos (CARAMEZ

et al, 2005), sendo a aeração representada pela $\Delta EELZ$ global e posterior, e a ventilação representada pela relação anterior/posterior da ventilação.

Todos os testes foram aplicados admitindo-se um nível de confiança de 95%, considerando um valor estatisticamente significativo quando $p < 0,05$.

8 RESULTADOS

Os resultados da pesquisa originaram dois artigos científicos originais:

Artigo 1: “Uso da tomografia de Impedância Elétrica na avaliação dos efeitos da Ventilação Não-Invasiva na ventilação e aeração pulmonar no pós-operatório de cirurgia cardíaca: Ensaio clínico controlado e randomizado”, a ser submetido ao *Critical Care Medicine*, com Qualis A1.

Artigo 2: “Respiração Espontânea reverte atelectasia detectada através de Tomografia de Impedância Elétrica: Estudo de caso”, tendo sido submetido ao “*American Journal of Critical Care Medicine*”, com Qualis A1.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a VNI foi observada maior aeração pulmonar global e dorsal ($\Delta EELZ$ global e posterior) quando comparado ao grupo O₂, entretanto não houve manutenção da melhora da aeração após a VNI como o esperado. Da mesma forma, durante a VNI também houve maior ventilação (maior variação de ΔZ global) quando comparado ao grupo controle. Também foi observada maior distribuição da ventilação na região dorsal do pulmão durante todos os tempos do estudo na maior parte dos pacientes. Além disso, houve melhora da oxigenação no grupo VNI duas horas após a extubação, indicando melhora da oxigenação. Deve-se ressaltar a escassez de estudos que avaliam os efeitos da VNI através da Tomografia de Impedância Elétrica, em especial estudos que utilizem VNI com dois níveis de pressão, de modo que mais estudos controlados e randomizados com maiores amostras são necessários para verificar os efeitos da VNI na aeração e na distribuição da ventilação pulmonar durante e após a sua aplicação em pacientes no

pós-operatório de cirurgia cardíaca, de forma a permitir a aplicação individualizada da VNI afim de otimizar suas respostas terapêuticas.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER J, SMITH P. Coronary Artery Bypass Grafting. **New England Journal of Medicine** 2016; 374:1954-1964

AL JAALY, E., FIORENTINO, F., REEVES, B. C., IND, P. W., ANGELINI, G. D., KEMP, S., & SHINER, R. J. Effect of adding postoperative noninvasive ventilation to usual care to prevent pulmonary complications in patients undergoing coronary artery bypass grafting: a randomized controlled trial. **The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 146, n.4, p. 912-918.9, 2013

ANDERSON B., LUNDIN S., LINDGREN S., STENQVIST O., &HERGES H.O. End-expiratory lung volume and ventilation distribution with different continuous positive

airway pressure systems in volunteers. **Acta Anaesthesiologica scandinavica**, v. 55, n. 2, p.157-64, 2011

BADENES, R; LOZANO, A; BELDA, F. J. Postoperative pulmonary dysfunction and mechanical ventilation in cardiac surgery. **Critical care research and practice**, v. 2015, 2015.

BARBAS, C. S. V. et al. Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte I. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 89-121, 2014.

BAYFORD, R.; TIZZARD A. Bioimpedance imaging an overview of potential clinical applications. **Analyst**, v.137, p. 4635-4663, 2012.

BORDES, J.; GOUTORBE, P.; CUNGI, P.; BOGHOSSIAN, M.C.; KAISER, E.; Noninvasive ventilation during spontaneous breathing anesthesia: an observational study using electrical impedance tomography. **Journal of Clinical Anesthesia**,v.34, p. 420-426, 2016

CARAMEZ MP, BORGES JB, TUCCI MR, OKAMOTO VN, CARVALHO CR, KACMAREK RM, MALHOTRA A *et al.* Paradoxical responses to positive end-expiratory pressure in patients with airway obstruction during controlled ventilation. **Critical Care Medicine**. v.33, N.7, p.1519-28, 2005

CHIUMELLO, D., CHEVALLARD, G., & GREGORETTI, C. Non-invasive ventilation in postoperative patients: a systematic review. **Intensive Care Medicine**, v. 37. N.6, p. 918-929. 2011

COSTA E.L., LIMA R.G, AMATO M.B. Electrical impedance tomography. **Current Opinion Critical Care**, v. 15, p. 18-24, 2009.

COSTA E.L., CHAVES C.N., GOMES S. et al. Real-time detection of pneumothorax using electrical impedance tomography. **Critical Care Medicine**, v.36, n.4, p. 1230-1238, 2008.

COSTA E.L., BORGES J.B., MELO A. et al. Bedside estimation of recruitable alveolar collapse and hyperdistension by electrical impedance tomography. **Intensive Care Medicine**, v.35, p. 1132-1137, 2009

DIODATO, M., & CHEDRAWY, E. G. Coronary artery bypass graft surgery: the past, present, and future of myocardial revascularisation. **Surgery Research and Practice**, vol. 2014, 2014.

ERONIA N, TOMASSO M, ELISABETTA M, GATTI S, BRONCO A, ALBAN L et al. Bedside selection of positive end-expiratory pressure by electrical impedance tomography in hypoxemic patients: a feasibility study. **Annals of Intensive Care**, v.7, n.76, p.1-10, 2017

FILARDO G, HAMMAN BL, DA GRACA B, SASS DM, MACHALA NJ, ISMAIL S, et al. Efficacy and effectiveness of on- vs. off-pump coronary artery bypass grafting: a meta-analysis of mortality and survival, **The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**, 2017. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.08.026.

FRERICHS I., DARGAVILLE P.A., DUDYKEYVYCH T., RIMENSBERGER P.C. Electrical impedance tomography: a method for monitoring regional lung aeration and tidal volume distribution? **Intensive Care Medicine**, v. 29, n.12, p. 2312-2316. 2003

GLOSSOP, A.J., SHEPHERD, N., BRYDEN, D. C., & MILLS, G. H. Noninvasive Ventilation for Weaning, Avoiding Reintubation after Extubation, and in the Postoperative Period.: a meta-analysis. **British Journal of Anaesthesia**, v.109, n.3, p.305-314, 2012.

HERDY AH, LÓPEZ-JIMÉNEZ F, TERZIC CP, MILANI M, STEIN R, CARVALHO T, et al. Diretriz Sul-Americana de Prevenção e reabilitação cardiovascular. **Sociedade Brasileira de Cardiologia**, v. 103, n. 2, Supl. 1, 2014.

JABER, S., CHANQUES, G., & JUNG, B. Postoperative noninvasive ventilation. **The Journal of the American Society of Anesthesiologists**, v.112, n.2, 453-461, 2010

KARSTEN J., GRUSNICK C., PAARMANN H., HERINGGLAKE M., HELNZE H. Positive end-expiratory pressure titration at bedside using electrical impedance tomography in post-operative cardiac surgery patients. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, v. 59, n. 6, p. 723-732, 2015.

KOBYLIANSKII, J.; MURRAY, A.; BRACE, D.; GOLIGHER, E.; FAN E. Electrical impedance tomography in adult patients undergoing mechanical ventilation: A systematic review. **Journal of Critical Care**, v. 35, p.33-50, 2016

KOCHAMBA, G. S., YUN, K. L., PFEFFER, T. A., SINTEK, C. F., & KHONSARI, S. Pulmonary abnormalities after coronary arterial bypass grafting operation: cardiopulmonary bypass versus mechanical stabilization. **The Annals of Thoracic Surgery**, v. 69, n.5, p. 1466-1470, 2000

KOTANI T, TANABE H, YUSA H, SAITO S, YAMAZAKI K, OZAKI M. Electrical impedance tomography-guided prone positioning in a patient with acute cor pulmonale associated with severe acute respiratory distress syndrome. **Journal of Anesthesia**, v. 30, p.161-165, 2016.

LEONHARDT, S. & LACHMANN, B. Electrical Impedance Tomography: the holy grail of ventilation and perfusion monitoring? **Intensive Care Medicine**, v.38, p. 1917-1929, 2012

MANSUR AP, FAVARATO D. Mortalidade por doenças cardiovasculares no Brasil e na Região Metropolitana de São Paulo: atualização 2011. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.99, n.2, p:755-61, 2012

MORAN A.E., FOROUZANFAR M.H., ROTH G.A., MENSAH G.A., EZZATI M., MURRAY C.J. *et al.* Temporal trends in ischemic heart disease mortality in 21 world regions, 1980 to 2010: the global burden of disease 2010 study. **Circulation**, v.129, n.14, p: 1483-92, 2014;

MENDES, R. G. et al. Predicting reintubation, prolonged mechanical ventilation and death in post-coronary artery bypass graft surgery: a comparison between artificial neural networks and logistic regression models. **Archives of Medical Science: AMS**, v. 11, n. 4, p. 756, 2015.

PAROLARI, A., POGGIO, P., MYASOEDOVA, V., SONGIA, P. et al. Biomarkers in Coronary Artery Bypass Surgery: ready for prime time and outcome prediction?. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 2 n.39, p.1-6, 2015

PIEGAS, L.S.; BITTAR, O.J.; HADDAD, N. Cirurgia de Revascularização Miocárdica: Resultados do Sistema único de Saúde. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v.93. n.5, p. 555-560, 2009.

PIECZKOSKI, S.M.; MARGARITES, A.F; and SBRUZZI, G; Noninvasive Ventilation during Immediate Postoperative Period in Cardiac Surgery Patients: Systematic Review and Meta-Analysis. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**. v.32, n.4, p. 301–311, 2017

RAHMANIAN, P.B, KRÖNER, A., LANGEBARTELS, G., ÖZEL, O., WIPPERMANN, J., & WAHLERS, T. Impact of major non-cardiac complications on outcome following cardiac surgery procedures: logistic regression analysis in a very recent patient cohort. **Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery**, v.17, n. 2, p.319-327, 2013.

STANKIEWICZ-RUDNICKI M., GASZYŃSKI T., GASZYŃSKI W. Assessment of regional ventilation in acute respiratory distress syndrome by electrical impedance tomography. **Anaesthesiology Intensive Therapy**, v. 47, n.1, p.77-8, 2015.

TANAKA, H.; ORTEGA, N.R.S.; GALIZIA, M.S, et al. Fuzzy modeling of electrical impedance tomography images of the lungs. **Clinics**, v. 63, p. 363-70, 2008

TARASOUTCHI F., MONTERA M.W., GRINBERG M., BARBOSA M.R., PIÑEIRO D.J., SÁNCHEZ C.R.M., et al. Diretriz Brasileira de Valvopatias - SBC 2011 / I Diretriz Interamericana de Valvopatias - SIAC 2011. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 97(5 supl. 1), p. 1-67, 2011

UKERE, A. et al; Perioperative assessment of regional ventilation during changing body positions and ventilation conditions by electrical impedance tomography. **British Journal of Anaesthesia**, v.117, n.2, p:228-35, 2016.

VICTORINO J.A., BORGES JB, OKAMOTO, VN. et al. Imbalances in regional lung ventilation: a validation study on electrical impedance tomography. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 169, n.7, p. 791-800, 2004.

VOGT, B., PULLETZ, S., ELKE, G., ZHAO, Z., ZABEL, P., WEILER, N., & FRERICHS, I. Spatial and temporal heterogeneity of regional lung ventilation determined by electrical impedance tomography during pulmonary function testing. **Journal of Applied Physiology**, vol. 113, n.7, p. 1154-1161, 2012

WYNNE, R., & BOTTI, M. Postoperative pulmonary dysfunction in adults after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: clinical significance and implications for practice. **American Journal of Critical Care**, v.13, n.5, p.384-393, 2004

YAZDANNIK, A., BOLLBANABAD, H. M., MIRMOHAMMADSADEGHI, M., & KHALIFEZADE, A. The effect of incentive spirometry on arterial blood gases after coronary artery bypass surgery (CABG). **Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research**, v. 21, n.1, p. 89, 2016

YILDRIN F., ESQUINAS A., GLOSSOP A.; Noninvasive mechanical ventilation during spontaneous breathing anaesthesia: Can electrical impedance tomography be a useful bedside tool to titrate PEEP level? **Journal of Clinical Anesthesia**, v. 39, p.106 – 107, 2017

ZARBOCK A., MUELLER E., NETZER S., GABRIEL A., FEINDT P., KINDGEN-MILLES D. Prophylactic nasal continuous positive airway pressure following cardiac surgery protects from postoperative pulmonary complications. A prospective, randomized, controlled trial in 500 patients. **Chest**, v.135, p.1252-1259, 2009.

ZHU G, HUANG Y, WEI D, SHI Y. Efficacy and safety of noninvasive ventilation in patients after cardiothoracic surgery: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis. **Medicine (Baltimore)**, v.95, n.38, 2016.

APÊNDICE A

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA VENTILAÇÃO NÃO-INVASIVA NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA: ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO

Authors: Alita Paula Lopes de Novaes¹; Caio César Araújo Morais²; Wagner Souza Leite³; Catarina Rattes⁴; Antônio Christian Evangelista Gonçalves⁵; Wildberg Alencar Lima⁶; Shirley Lima Campos⁷; Armêle de Fátima Dornelas de Andrade⁸; Daniella Cunha Brandão⁹

1. MSc; Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil; e-mail: alitanovaes@gmail.com
2. Ph.D; Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; São Paulo, Brasil; e-mail: moraiscca@gmail.com
3. MSc; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil; e-mail: wagnersouzaleite@hotmail.com

4. Ph.D.; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil; e-mail: Catarina_rattes@hotmail.com
5. Ph.D. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; Recife, Brasil; e-mail: antoniochristian@hotmail.com
6. MSc; Real Hospital Português de Beneficência de Pernambuco; Recife, Brasil; e-mail: Wildbergalencar@gmail.com
7. Ph.D.; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil; e-mail: shirleylcampos@uol.com.br
8. Ph.D.; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil; e-mail: armeledornelas@hotmail.com
9. Ph.D.; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil; e-mail: daniellacunha@hotmail.com

Instituição onde a pesquisa foi realizada: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Brazil

Autor correspondente: Daniella Cunha Brandão; endereço: Av. Jorn. Aníbal Fernandes, 173 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-560

Recursos financeiros: Os recursos foram adquiridos através do edital “APQ N°0154-408-15/FACEPE multi-usuário”

Palavras -chave: Impedância Elétrica; Ventilação Não-invasiva; Cirurgia Cardíaca; Oxigenoterapia; Impedância; Impedância pulmonar expiratória final.

RESUMO

OBJETIVO: Comparar os efeitos da ventilação não-invasiva com os da oxigenoterapia na ventilação e aeração pulmonar em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

DESENHO DO ESTUDO: Trata-se de um ensaio clínico controlado e randomizado.

POPULAÇÃO: Foram incluídos pacientes no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca;

INTERVENÇÃO: Os pacientes foram randomizados em dois grupos: um grupo que realizou VNI e um grupo controle, que realizou a oxigenoterapia, todos com início logo após a extubação. Foi realizada avaliação através da Tomografia de Impedância Elétrica e da

gasometria arterial. O registro dos dados foi realizado cinco minutos antes da extubação, cinco minutos após extubação, durante a intervenção e até 2 horas após a extubação.**RESULTADOS:** Durante a VNI, foi observada maior aeração pulmonar global e posterior ($\Delta EELZ$ global e dorsal) quando comparado ao grupo oxigenoterapia, porém após a VNI não houve manutenção da melhora da aeração. Durante a VNI também houve maior ventilação (variação de ΔZ global), e na maioria dos pacientes distribuição da ventilação predominante na região dorsal do pulmão durante todos os momentos da avaliação. Além disso, no grupo VNI houve melhora do índice PaO_2/FiO_2 duas horas após a extubação.**CONCLUSÃO:** Houve aumento da aeração global e posterior ($\Delta EELZ$) e da ventilação pulmonar (ΔZ) durante a VNI, além de uma distribuição da ventilação predominantemente dorsal em todos os momentos do estudo, porém após a VNI não houve manutenção da melhora da aeração e ventilação.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To compare the effects of noninvasive ventilation with oxygen therapy on pulmonary ventilation and aeration in patients in the postoperative period of cardiac surgery.

STUDY DESIGN: This is a randomized controlled trial. **POPULATION:** Patients were selected in the immediate postoperative period of cardiac surgery. **INTERVENTION:** Patients were randomized into two groups: one group who underwent NIV and one group who underwent oxygen therapy, all with onset soon after extubation. The evaluation was

performed through Electrical Impedance Tomography and arterial blood gas analysis. Data were recorded five minutes before extubation, five minutes after extubation, during the intervention and up to two hours after extubation. **RESULTS:** During the NIV, greater global and posterior pulmonary aeration (global and dorsal Δ EELZ) was observed, but after the NIV there was no maintenance of the aeration improvement. During the NIV there was also greater ventilation (global Δ Z variation), and the majority of patients (77.7%) maintained greater dorsal lung ventilation. In addition, in the NIV group there was an improvement in the PaO₂ / FiO₂ index after the NIV. **CONCLUSION:** There was increased global and dorsal aeration (Δ EELZ) and pulmonary ventilation (Δ Z) during NIV, in addition to a predominantly posterior ventilation distribution at all moments of the study, but there was no maintenance of aeration and ventilation improvement after its interruption.

INTRODUÇÃO

As complicações pulmonares são as complicações mais comuns após a cirurgia cardíaca(1). A anestesia, a dor pós-operatória e a circulação extracorpórea induzem a alterações respiratórias como hipoxemia, redução de volumes pulmonares, e atelectasia associada a uma síndrome restritiva e a uma disfunção diafragmática. Essas modificações do sistema respiratório ocorrem precocemente no pós-operatório e podem levar à Insuficiência respiratória aguda (2).

Um dos objetivos do tratamento fisioterapêutico no pós-operatório de cirurgia cardíaca é o de prevenir essas complicações pulmonares (2). Algumas intervenções podem prevenir essas complicações, incluindo a ventilação não-invasiva (VNI) (3). O uso da VNI no pós-operatório de cirurgia cardíaca tem mostrado alguns benefícios, como melhora das trocas gasosas e da oxigenação, e redução de atelectasias (4).

Para a avaliação dessas complicações respiratórias, a Tomografia de Impedância Elétrica (TIE) vem se destacando na prática clínica. É uma técnica não-invasiva que consiste na criação de imagens transversais bidimensionais baseadas nas mudanças da distribuição da impedância pulmonar (5), que pode facilitar o diagnóstico precoce e início de terapia em pacientes com doenças e condições pulmonares de naturezas diversas que não são detectadas por métodos de avaliação convencionais (6). Porém, há poucos estudos disponíveis que avaliam a ventilação não-invasiva através desta ferramenta de monitorização (7). Dessa forma, o objetivo principal do nosso estudo foi avaliar os efeitos da ventilação não-invasiva através da Tomografia de Impedância Elétrica no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

A hipótese do estudo é que o uso da ventilação não-invasiva em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca resulta em maior ventilação e aeração pulmonar, detectadas através da Tomografia de Impedância Elétrica, quando comparada ao grupo de oxigenoterapia, e que a melhora da aeração é mantida na primeira hora após a interrupção da ventilação não-invasiva

MATERIAL E MÉTODOS

Aspectos Éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (n° 1.727.601). A presente pesquisa segue os

termos preconizados pelo Conselho Nacional de Saúde (Resolução 466/12) para pesquisa em seres humanos e foi registrada no *Clinical Trials* (NCT03371628).

Delineamento do Estudo

Trata-se de um ensaio clínico controlado e randomizado, desenvolvido na Unidade de Reabilitação Cardiorácica do Real Hospital Português de Beneficência de Pernambuco (Pernambuco-Brasil).

População do Estudo

Foram incluídos pacientes de ambos os sexos no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca, incluindo cirurgia de revascularização do miocárdio e troca de valvas, com idade entre 18 e 65 anos, com IMC entre 18,5 e 30 kg/m², que fossem admitidos na unidade de terapia intensiva ainda intubados, com tempo de circulação extracorpórea inferior a 150 minutos, sem história prévia de doenças pulmonares severas como doença pulmonar obstrutiva crônica, fibrose pulmonar, ou de insuficiência renal crônica, ou doenças neuromusculares associadas.

Foram excluídos pacientes considerados como em risco para falha na extubação (hipercapnia, mais do que um fracasso no teste de autonomia, tempo de ventilação mecânica maior que 24 horas, tosse ineficaz) (8), e aqueles que desenvolvessem contra-indicações para o uso da VNI ou critérios de reintubação, como instabilidade hemodinâmica (arritmias, choque cardiogênico, hipotensão severa com PAS < 90 mmHg), episódios de distensão abdominal, náusea e vômitos, rebaixamento do nível de consciência, uso de musculatura acessória, FR > 35 ipm, hipoxemia (PO₂ < 50 mmHg com FiO₂ 50%) ou hipercapnia (PaCO₂ > 55 mmHg com pH < 7,30), além de acidose metabólica persistente com pH < 7,30. Também foram excluídos aqueles que foram submetidos a outras incisões que não a esternotomia mediana.

Cálculo Amostral

O cálculo amostral foi realizado através do programa *G*Power* (<http://www.gpower.hhu.de/>). Para o cálculo, os autores compararam os valores da variação de $\Delta EELZ$ (variação de impedância pulmonar expiratória final) através da diferença entre $\Delta EELZ$ 1 hora após extubação (T4) e $\Delta EELZ$ cinco minutos após a extubação (T1), e os valores da variação de ΔZ (variação de impedância) através da diferença de ΔZ em T4 e ΔZ em T1) para os primeiros cinco pacientes avaliados entre os grupos, considerando uma análise bicaudal com um poder de 80% e um *Alfa* (α) de 5%. Para a aeração foram observados os seguintes valores: $0,37 \pm 0,12$ para o grupo VNI e $0,12 \pm 0,09$ para o grupo O2. Já para a ventilação foram observados: $9,69 \pm 2,28$ para o grupo VNI e $3,29 \pm 4,42$ para o grupo O2, resultando em cinco pacientes para cada grupo se a aeração for considerada e seis por grupo para a ventilação. Desta forma, foram randomizados 20 pacientes no total, considerando possíveis perdas amostrais.

Intervenção e monitoração da ventilação e aeração pulmonar regional

Quando o pesquisador identificava algum paciente que preenchia os critérios de elegibilidade, era realizada a avaliação do paciente no pré-operatório, onde era mensurada a perimetria torácica para identificação do tamanho da cinta a ser utilizada. Os voluntários do estudo foram alocados em dois grupos: grupo ventilação não-invasiva (VNI) e grupo controle (oxigenoterapia- O2), por um pesquisador que não participou da coleta de dados, de forma aleatorizada através do www.randomization.com, utilizando envelopes opacos e numerados, garantindo sigilo da alocação. Quando o paciente era admitido na Unidade de Reabilitação Cardiorrespiratória, era posicionado em decúbito elevado a 30°, e adaptado em ventilação mecânica em modo controlado.

A monitorização da ventilação e aeração pulmonar regional foi realizada através da Tomografia de Impedância Elétrica, modelo ENLIGHT® 1800 (Dixtal Biomédica, São Paulo, Brasil). Para aquisição dos dados foi utilizada uma cintade 32 eletrodos, posicionada entre o 4° e 6° espaço intercostal(9,10). A TIE avaliou o comportamento da aeração pulmonar através da Variação de Impedância Elétrica Expiratória Final global de dorsal ($\Delta EELZ$ global e dorsal), assim como da ventilação pulmonar através da medida da Variação de Impedância global e dorsal (ΔZ global e dorsal).

As gravações dos dados da TIE foram realizadas nos períodos do protocolo descritos a seguir, durante 5 minutos cada. Os momentos da gravação foram divididos nos tempos T0 a T6. No grupo intervenção, a VNI era realizada nos momentos T2, T3 e T4 (figura 3), descritos a seguir. Cada gravação foi salva em arquivos separados de dados brutos para processamento posterior, onde foi realizada uma análise offline dos dados.

Uma avaliação inicial (T0) era realizada nos pacientes elegíveis para extubação (sem sinais de intolerância ou instabilidade hemodinâmica), submetidos a ventilação por modo pressão de suporte (PSV) com PEEP=5, Pressão de suporte=8cmH20 e FiO2 <40%. A Avaliação consistia no registro dos dados da TIE, e na coleta da gasometria arterial (PaO2, PaCO2, e relação PaO2/ FiO2), e dos sinais vitais (frequência cardíaca- FC, frequência respiratória- FR, saturação periférica de O2- SpO2, pressão arterial sistólica –PAS, pressão artéria diastólica – PAD, pressão arterial média- PAM), 5 minutos antes da extubação.

Imediatamente após a extubação, era instalada a oxigenoterapia através de umamáscara de Venturi de 50%, titulada posteriormente para manter Spo2>94%, e então era realizada nova gravação da TIE (T1) nos dois grupos. Durante a gravação, o pneumotacógrafo era conectado diretamente à uma máscara oronasal fixada com presilha de forma a não permitir escape aéreo.

Após gravação de T1, no grupo intervenção, era instalada a VNI, através de um BiPAP Synchrony (Philips Respironics ®), e de uma máscara oronasal. O pneumotacógrafo da TIE era instalado entre a máscara e o circuito da VNI (figura 4). Um IPAP de 8 a 12 cmH₂O era selecionado de forma a garantir volume corrente entre 6 a 8ml/kg, e era utilizado EPAP de 6 cmH₂O. Para a gravação dos dados da TIE no grupo controle, era fixada a máscara oronasal com presilha de forma a não permitir escape aéreo, e o pneumotacógrafo era acoplado à máscara junto à máscara de Venturi (figura 5). Novas gravações da TIE eram realizadas nos dois grupos: primeiros 5 minutos, 30 minutos e 60 minutos do início da VNI (T2, T3 e T4). Após 1 hora, era retirada a VNI dos pacientes do grupo VNI, e era reinstalada a máscara de Venturi titulada para manter SpO₂>94%. Após 1h30min (T5) e após 2 horas (T6) da extubação, era realizada nova gravação dos dados da TIE com nova coleta de gasometria arterial nos dois grupos.

ANÁLISE OFF-LINE DOS DADOS DA TIE

A análise off-line dos dados da TIE foi realizada através do programa “*EIT Analysis Tools*”, versão 8.05 (*National Instruments*, Texas, EUA). Antes da quantificação dos dados, os arquivos passaram por um filtro de passa baixa para eliminar ruídos acima de 15 Hz, decorrentes da pulsatilidade cardíaca.

Para análise da distribuição da ventilação, quatro regiões de interesse (ROIs) foram definidas. A delimitação das ROIs era feita através de uma imagem funcional gerada por um intervalo de 3000 frames (1 minuto), que era selecionado dentro de um trecho gravado de cinco minutos. A imagem era dividida em quatro partes iguais (ROI 1, ROI 2, ROI 3 e ROI 4), através da contagem dos pixels, sendo ROI 1 + ROI 2 região ventral e ROI 3 + ROI 4 região

dorsal. A partir dos dados das ROIs do ΔZ global, foi então analisada a relação anterior/posterior do ΔZ .

As medidas da aeração pulmonar foram realizadas através do traçado do pletismograma de impedância elétrica global, sendo obtida pela razão da soma das medidas de EELZ durante um intervalo de frames pelo número de medições feitas. A partir dos dados das ROIs do $\Delta EELZ$ global, foram obtidos os dados do $\Delta EELZ$ dorsal (ROI 3+ROI 4).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada através do programa SPSS para Windows, versão 20.0 (Chicago, EUA). Para a caracterização da amostra, foram realizadas estatísticas descritivas utilizando média e desvio padrão para as variáveis quantitativas e valores absolutos e relativos para as variáveis categóricas. Para avaliação da normalidade, foi utilizado o teste Shapiro-Wilk. Dados com distribuição normal foram expressos em média \pm DP e a comparação entre os dados das características da amostra e da gasometria arterial foram realizadas através do Teste *T-student*. Dados categóricos foram apresentados através de análise da frequência. A ventilação pulmonar (ΔZ) e a aeração pulmonar ($\Delta EELZ$) foram analisadas através da diferença de média entre os tempos T4 e T1 e T6 e T1 utilizando o teste *T-student*, e a aeração pulmonar ($\Delta EELZ$) também foi analisada através dos tempos T1, T2, T3, T4, T5 e T6 e foram comparados entre os grupos através do *Anova two-way* para medidas repetidas com *post-test de Bonferonni*. A análise dos dados da ventilação e aeração entre os seis tempos do estudo (T1 a T6) também foi apresentada através de análise comportamental das curvas de cada paciente(11), sendo a aeração representada pela $\Delta EELZ$ global e posterior, e a ventilação representada pela relação anterior/posterior da ventilação.

Todos os testes foram aplicados admitindo-se um nível de confiança de 95%, considerando um valor estatisticamente significativo quando $p < 0,05$.

RESULTADOS

Um total de 206 pacientes foram elegíveis para o estudo dos quais 186 não atingiram os critérios de inclusão. Vinte pacientes foram incluídos e randomizados, 12 no grupo VNI e 8 no grupo controle. Um paciente teve intervenção descontinuada por acidose metabólica refratária e três pacientes foram excluídos das análises por falha de aquisição de dados da TIE. No total, restaram 9 pacientes no grupo VNI e 7 no grupo controle. O fluxograma de captação dos pacientes está descrito na Figura 1. Os dados demográficos e dados pós-operatórios estão descritos na Tabela 1

Aeração pulmonar (variação de impedância pulmonar expiratória final - Δ EELZ)

Foi observado aumento significativo do Δ EELZ global durante a VNI (T2 e T3) quando comparado ao grupo O2 (VNI: $0,206 \pm 0,088$ e $0,233 \pm 0,105$ vs. O2: $-0,142 \pm 0,019$ e $-0,215 \pm 0,029$, *p* valor 0,009 e 0,013 respectivamente;), porém, não houve diferença entre os grupos em T4 (VNI: $0,220 \pm 0,109$ vs. O2 $-0,095 \pm 0,040$, *p* valor 0,056), em T5 (meia hora após a VNI) (VNI: $-0,009 \pm 0,017$ vs. O2 $-0,163 \pm 0,050$, *p* valor 0,278) nem em T6 (1 hora após a VNI) (VNI: $-0,031 \pm 0,135$ vs. O2 $-0,174 \pm 0,052$, *p* valor 0,413) (figura 2).

De forma semelhante, foi observado aumento do Δ EELZdorsal durante a VNI (T2 e T3) quando comparado ao grupo O2 (VNI: $0,073 \pm 0,029$ e $0,098 \pm 0,46$ vs. O2: $-0,088 \pm 0,015$ e $-0,116 \pm 0,019$, *p* valor 0,003 e 0,009 respectivamente), porém não houve diferença entre os grupos em T4 (VNI: $0,122 \pm 0,48$ vs. O2: $-0,819 \pm 0,789$ *p* valor 0,265), em T5 (VNI:

0043±0,060 vs. -0,098±0,025, *p* valor 0,128) nem em T6 (VNI: 0,027±0,75 vs. -0,092±0,029, *p* valor 0,235) (figura 3).

Análise comportamental da aeração pulmonar (Δ EELZ global e dorsal)

O comportamento da variação de aeração pulmonar (Δ EELZ global e dorsal) de cada paciente estão representados através da figura 4. No grupo controle (O₂), não houve variabilidade expressiva do Δ EELZ nos tempos do estudo. No grupo VNI, pôde-se observar aumento do Δ EELZ global na maioria dos pacientes durante a VNI (77,7% dos pacientes após 60 minutos), enquanto que na segunda hora após a extubação, 55,5% obtiveram valores abaixo do basal, e 44,4% mantiveram valores acima do basal.

Em relação ao Δ EELZ dorsal (ROI 3 + ROI 4), pôde-se observar aumento do Δ EELZ dorsal na maioria dos pacientes durante a VNI (77,7% dos pacientes no 60° minuto), enquanto que na segunda hora após a extubação, 55,5% dos pacientes mantiveram valores acima do basal, enquanto 44,4% obtiveram valores abaixo do basal.

Ventilação pulmonar (variação de impedância- Δ Z) e volume corrente

Quando comparada a variação de Δ Z global entre os tempos T4 (1 hora após extubação) e T1(basal), houve diferença entre os grupos VNI e O₂, tendo sido observada maior variação de Δ Z global durante a VNI (VNI: 7,96±1,28 vs. O₂ 4,17±1,04, *p* valor 0,038*). Porém, não houve diferença quando comparada a variação de Δ Z global entre os tempos T6 (2 horas após extubação) e T1 entre os grupos, o que indica que a melhora da ventilação não foi mantida após a interrupção da VNI (VNI: 1,65±1,77 vs O₂:2,41±1,40, *p* valor 0,299). Em concordância, foi observado aumento do volume corrente em T4 em relação ao T1 no grupo VNI quando comparado ao grupo O₂ (VNI: 685,7ml±191,1 vs. O₂ 475,6ml±155,4, *p* valor 0,033).

Análise comportamental da relação anterior/posterior da ventilação

A figura 5 mostra o comportamento da relação anterior/posterior (A/P) da ventilação (ΔZ) ao longo dos tempos do estudo. Durante todos os momentos do estudo, incluindo durante a VNI, a maior parte dos pacientes (77,7%) mantiveram relação A/P da ventilação menor que 1, indicando maior distribuição da ventilação na região dorsal do pulmão.

Dados Gasométricos

Foi observada melhora do índice PaO₂/FiO₂ duas horas após a extubação, no grupo VNI quando comparado ao grupo O₂, indicando melhora da oxigenação no grupo VNI, porém não foi observada melhora significativa da PaO₂ e PaCO₂ entre os grupos após 2 horas de extubação (tabela 2).

10. DISCUSSÃO

A aeração pulmonar ($\Delta EELZ$ global e dorsal) foi maior durante os primeiros trinta minutos nos pacientes que utilizaram a VNI quando comparado aos pacientes que utilizaram oxigenoterapia, além disso houve maior variação de ΔZ global até a primeira hora de uso da VNI, o que reflete maior ventilação pulmonar durante a VNI quando comparado ao grupo controle.

Em concordância, Bordes *et al* (2016) (12) avaliaram os efeitos da VNI durante a respiração espontânea na distribuição da ventilação e no $\Delta EELZ$ em pacientes anestesiados que foram submetidos a endoscopia e colonoscopia. A VNI foi realizada através de modo PSV, com pressão de suporte e PEEP ajustadas em 8 e 6 cmH₂O. Durante a VNI houve aumento significativo do $\Delta EELZ$, sugerindo efeito benéfico da VNI na capacidade residual funcional durante a anestesia em respiração espontânea.

Parke, Bloch & McGuinness (2015) (13) utilizaram em 15 voluntários saudáveis as medidas de TIE para avaliar os efeitos da cânula nasal de alto fluxo (CNAF). Embora ainda não se possa fazer correlação direta da CNAF com a VNI, as pressões de vias aéreas atingiram valores de até $11.9 \pm 2.7 \text{ cmH}_2\text{O}$, similar aos valores utilizados através da máscara facial da VNI em nosso estudo, e os valores de ΔEELZ aumentaram linearmente com o aumento do fluxo de gás. Porém, os valores de ΔEELZ retornam a valores basais 10 minutos após a aplicação do alto fluxo, sugerindo retorno da aeração para valores basais após a aplicação a pressão positiva.

Da mesma forma, Riera et al (2013) (14) avaliaram a influência das posições supina e prona na distribuição regional da ventilação em 20 voluntários saudáveis, submetidos à terapia com cânula nasal de alto fluxo, e observaram que a aplicação da CNAF aumentou o ΔEELZ global, sugerindo aumento da CRF (capacidade residual funcional). Após a interrupção da terapia com CNAF, houve uma redução significativa do ΔEELZ global, indicando que a aeração não foi mantida.

Em nosso estudo, foi observado também um aumento do ΔEELZ dorsal durante a VNI em pacientes em decúbito elevado em 30° , o que indica maior aeração na região dependente do pulmão. De forma semelhante, Sponner et al (2014) avaliou as variações de EELZ em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca em ventilação mecânica durante diferentes decúbitos (supino, 20° e 30°), e observaram houve aumento significativo do EELZ dorsal em decúbito 30° (15). Esses resultados podem ser relevantes pois a atelectasia pode ocorrer em até 90% dos pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca, de forma que o aumento do EELZ dorsal durante a VNI pode reduzir a atelectasia no pós-operatório. Porém, em nosso estudo a melhora da aeração não foi mantida após a VNI.

No que se refere aos dados da ventilação, foi observado que houve maior variação de ΔZ global durante a VNI, o que reflete maior ventilação pulmonar, e maior volume corrente,

como esperado, uma vez que na VNI com dois níveis de pressão, o paciente inicia um esforço inspiratório, e o ventilador oferta então uma assistência inspiratória através de pressão de suporte, levando a aumento do volume corrente e redução de frequência respiratória (16). Porém o aumento da ventilação não foi mantido 2 horas após extubação.

Na análise comportamental gráfica de cada paciente, observou-se que a distribuição da ventilação permaneceu na região dorsal (na maioria dos pacientes, durante todos os tempos do estudo, inclusive durante a VNI). Durante a ventilação mecânica em pacientes em supino, a respiração espontânea favorece a ventilação das regiões dependentes do pulmão (dorsal) devido ao aumento do deslocamento do diafragma posterior, enquanto o relaxamento do diafragma durante a ventilação mecânica controlada resulta em ventilação preferencialmente nas regiões não dependentes do pulmão. A atividade espontânea do diafragma é então desejada durante a ventilação mecânica para melhorar a relação ventilação-perfusão e reduzir o desenvolvimento de atelectasias (27).

O fato do aumento do $\Delta EELZ$ global e dorsal e o de ΔZ global não terem sido mantidos após a aplicação da VNI pode levar a hipótese de que o aumento do tempo de aplicação e o ajuste dos níveis de pressão da VNI poderiam resultar em melhores desfechos. Olper, Redaelli & Corbeta (2011) (18) realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de avaliar a eficácia da VNI no pós-operatório de cirurgia cardiotorácica através de desfechos como incidência de pneumonia, trocas gasosas, e estadia hospitalar. Foram incluídos 13 estudos controlados e randomizados, onde foram encontrados valores de CPAP de 5 a 15 cmH₂O, Pressão de suporte de 8 a 12 cmH₂O e pressão positiva expiratória de 4 a 5 cmH₂O. O tempo de aplicação também variou, de forma que a VNI profilática foi aplicada por períodos que variaram de 30 minutos a 1 hora logo após a extubação, até VNI contínua de 8 a 24 horas ao dia. O presente estudo avaliou os efeitos a curto prazo da VNI aplicada por 1 hora, com EPAP de 6 cmH₂O. Yildirim, Esquinas & Glossop (2017) (7), em crítica ao estudo

de Bordes et al (2016) (16), questiona o nível de PEEP aplicada (6 cmh₂₀) pois em tal estudo, foram incluídos pacientes com IMC acima de 25 kg/m². Nosso estudo incluiu pacientes com até 30 kg/m², de forma que o ajuste de um maior nível de EPAP em nosso estudo talvez poderia resultar em manutenção da melhora da aeração após a VNI. Desta forma, não há um consenso na literatura acerca do tempo ideal de aplicação de VNI, nem dos critérios para selecionar os valores de pressão, de modo que os estudos são heterogêneos.

A avaliação da manutenção ou não dos efeitos da VNI após sua aplicação é importante para ajudar a identificar qual melhor protocolo a ser utilizado, uma vez que espera-se que após a VNI seja mantida uma melhora de volumes e capacidades pulmonares. Além disso, sabe-se que o uso da VNI profilática no pós-operatório de cirurgia cardíaca é rotina nas unidades de terapia intensivas, porém, com base nos resultados desse estudo, onde observou-se que a melhora da CRF não foi mantida após a VNI, é possível questionar se a VNI nesses pacientes com baixo risco de desenvolverem complicações pulmonares realmente se beneficiam do uso da VNI profilática, uma vez que seu uso implica em aumento dos custos hospitalares.

Em relação aos valores de PaCO₂, não houve diferença entre os grupos 2 horas após a extubação. Concordando com o presente estudo, Zhu *et al* (2016), em uma na revisão sistemática e metanálise que avaliou a eficácia da VNI no pós-operatório de cirurgias cardiotorácicas, a VNI não teve correlação significativa com a PaCO₂ (19).

Em relação aos valores finais de oxigenação (PaO₂, PaO₂/FiO₂), foi observada melhora do índice PaO₂/FiO₂ no grupo VNI. Concordando com o presente estudo, nas revisões sistemáticas e metanálises de Pieczkoski, Margarites & Sbruzzi (2017)(20) e de Zhu *et al* (2016) (20) que tiveram como objetivo de verificar a eficácia da VNI comparada à fisioterapia convencional ou oxigenoterapia na prevenção de complicações pulmonares no

pós-operatório imediato de cirurgias cardíacas e cardiotorácicas, observou-se que houve melhora da oxigenação (PaO_2/FiO_2) nos pacientes submetidos à VNI.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a VNI foi observada maior aeração pulmonar global e dorsal ($\Delta EELZ$ global e posterior) quando comparado ao grupo O₂, entretanto não houve manutenção da melhora da aeração após a VNI. Da mesma forma, durante a VNI também houve maior ventilação (maior variação de ΔZ global) quando comparado ao grupo controle. Também foi observada maior distribuição da ventilação na região dorsal do pulmão durante todos os tempos do estudo na maior parte dos pacientes. Além disso, houve melhora da oxigenação no grupo VNI duas horas após a extubação, indicando melhora da oxigenação. O fato da aeração pulmonar não ter sido mantida após a VNI leva ao questionamento do real benefício da VNI em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca com baixo risco de desenvolverem complicações pulmonares.

Deve-se ressaltar a escassez de estudos que avaliam os efeitos da VNI através da Tomografia de Impedância Elétrica, em especial estudos que utilizem VNI com dois níveis de pressão, de modo que mais estudos controlados e randomizados com maiores amostras são necessários para verificar os efeitos e reais benefícios da VNI na aeração e na distribuição da ventilação pulmonar em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

REFERÊNCIAS

1. Rahmanian PB, Kröner A., Langebartels G, Özel O, Wippermann J, &Wahlers T. Impact of major non-cardiac complications on outcome following cardiac surgery procedures: logistic regression analysis in a very recent patient cohort. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*,2013; 17(2): 319-327
2. Jaber S, Chanques G, & Jung B. Postoperative noninvasive ventilation. *Anesthesiology*, 2010; 112 (2), 453-461
3. Yazdannik A, BollbanabadHM, Mirmohammadsadeghi M, &KhalifezadeA. The effect of incentive spirometry on arterial blood gases after coronary artery bypass surgery (CABG). *Iran J Nurs Midwifery Res*, 2016; 21(1): 89-92
4. Al Jaaly E, Fiorentino F, Reeves BC, Ind, PW, Angelini, GD., Kemp S, &Shiner RJ. Effect of adding postoperative noninvasive ventilation to usual care to prevent pulmonary complications in patients undergoing coronary artery bypass grafting: a randomized controlled trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.*, 2013; 146(4):912-918
5. Kotani T, Tanabe H, Yusa H, Saito S, Yamazaki K, Ozaki M. Electrical impedance tomography-guided prone positioning in a patient with acute cor pulmonale associated with severe acute respiratory distress syndrome. *J Anesth*,2016; 30:161-165
6. Vogt B, Pulletz S, Elke G, ZhaoZ, Zabel P, Weiler N, & Frerichs I. Spatial and temporal heterogeneity of regional lung ventilation determined by electrical impedance tomography during pulmonary function testing. *J Appl Physiol*, 2012;113(7):1154-1161, 2012

7. Yildrin F, Esquinas A, Glossop A; Noninvasive mechanical ventilation during spontaneous breathing anaesthesia: Can electrical impedance tomography be a useful bedside tool to titrate PEEP level? *J Clin Anesth*, 2017; 39:106 – 107
8. Barbas, C. S. V. *et al.* Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte I. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2014; 26(2):89-121
9. Costa El, Chaves Cn, Gomes S *et al.* Real-time detection of pneumothorax using electrical impedance tomography. *Crit care med*, 2008; 36(4):1230-1238
10. Tanaka, H.; Ortega, N.R.S.; Galizia, M.S, *et al.* Fuzzy modeling of electrical impedance tomography images of the lungs. *Clinics*, 2008; 63:363-370
11. Caramez Mp, Borges Jb, Tucci Mr, Okamoto Vn, Carvalho Cr, Kacmarek Rm, Malhotra A, Velasco It, Amato Mb. Paradoxical responses to positive end-expiratory pressure in patients with airway obstruction during controlled ventilation. *Crit Care Med*. 2005 Jul;33(7):1519-28
12. Bordes J; Goutorbe P; Cungi P; Boghossian MC; Kaiser E; Noninvasive ventilation during spontaneous breathing anesthesia: a observational study using electrical impedance tomography. *J Clin Anesth*, 2016; 34:420-426
13. Parke R, Bloch A, Mcguinness S. Effect of Very-High-Flow Nasal Therapy on Airway Pressure and End-Expiratory Lung Impedance in Healthy Volunteers. *Resp Care*, 2015; 60(10):1397-1403
14. Spooner AJ, Corley A, Sharpe NA, Barnett AG, Caruana LR, Hammond NE, Fraser JF. Head-of-bed elevation improves end-expiratory lung volumes in mechanically ventilated subjects: a prospective observational study. *Respir Care*. 2014 Oct;59(10):1583-9.

15. Riera J, Pérez P, Cortés J, Roca O, Masclans JR, Rello J. Effect of high-flow nasal cannula and body position on end-expiratory lung volume: a cohort study using electrical impedance tomography. *Respir Care*. 2013 Apr; 58(4):589-96
16. Mas A, Masip J. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2014 Aug 11; 9:837-52.
17. Kobylanski, J.; Murray, A.; Brace, D.; Goligher, E.; Fan E. Electrical impedance tomography in adult patients undergoing mechanical ventilation: A systematic review. *J crit care*, 2016; 35: 33-50
18. Olper L, Redaelli V, Corbetta D. Efficacy of non-invasive ventilation for cardiothoracic surgical patients: a systematic review; *Ital J Physio*, 2011; 1(1):17-26
19. Zhu G, Huang Y, Wei D, Shi Y. Efficacy and safety of noninvasive ventilation in patients after cardiothoracic surgery: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 2016; 95(38)
20. Pieczkoski, SM; Margarites, AF; and Sbruzzi, G; Noninvasive Ventilation During Immediate Postoperative Period in Cardiac Surgery Patients: Systematic Review and Meta-Analysis. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2017; 32(4):301–311

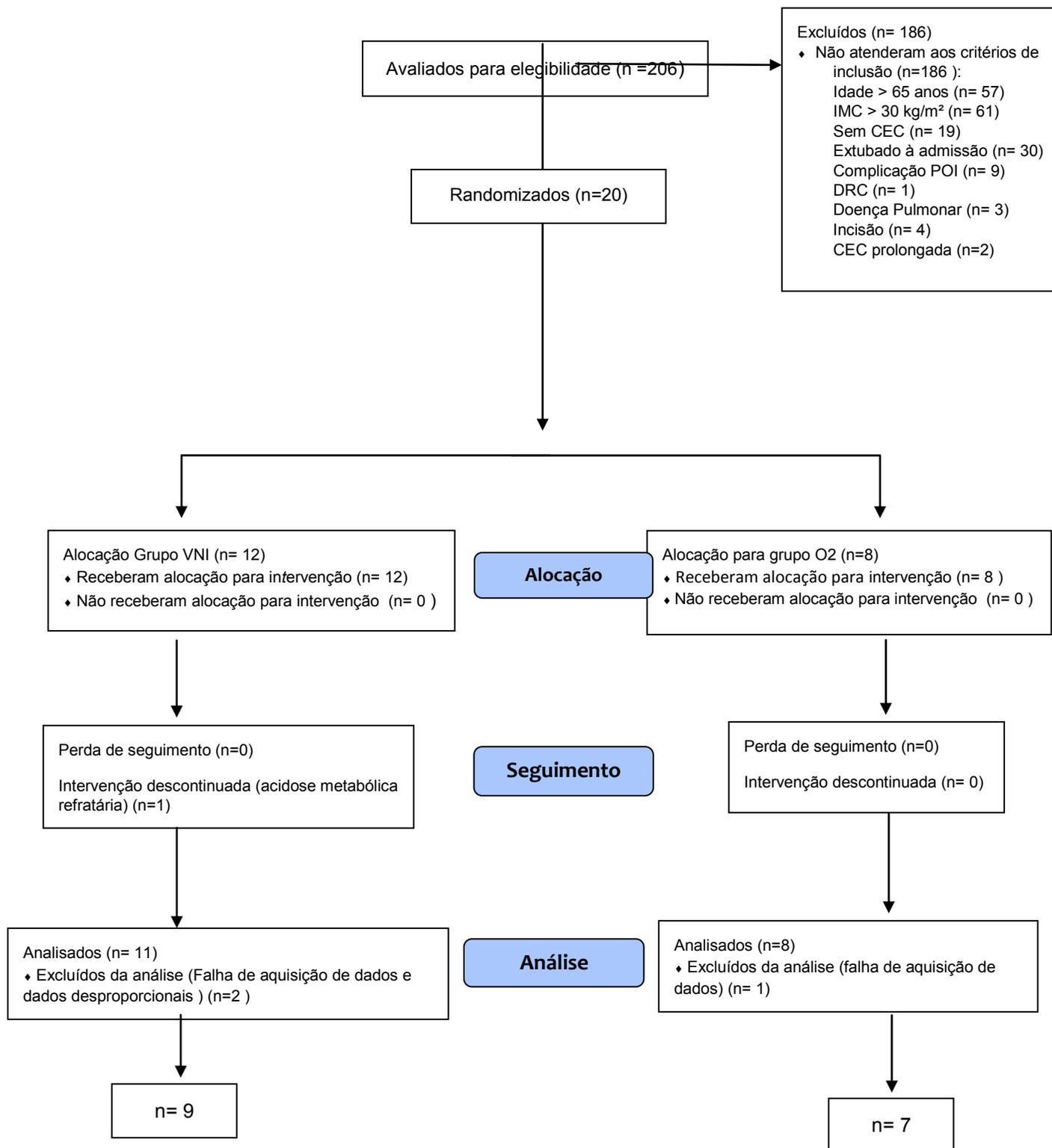


Figura 1. Fluxograma de captação dos pacientes

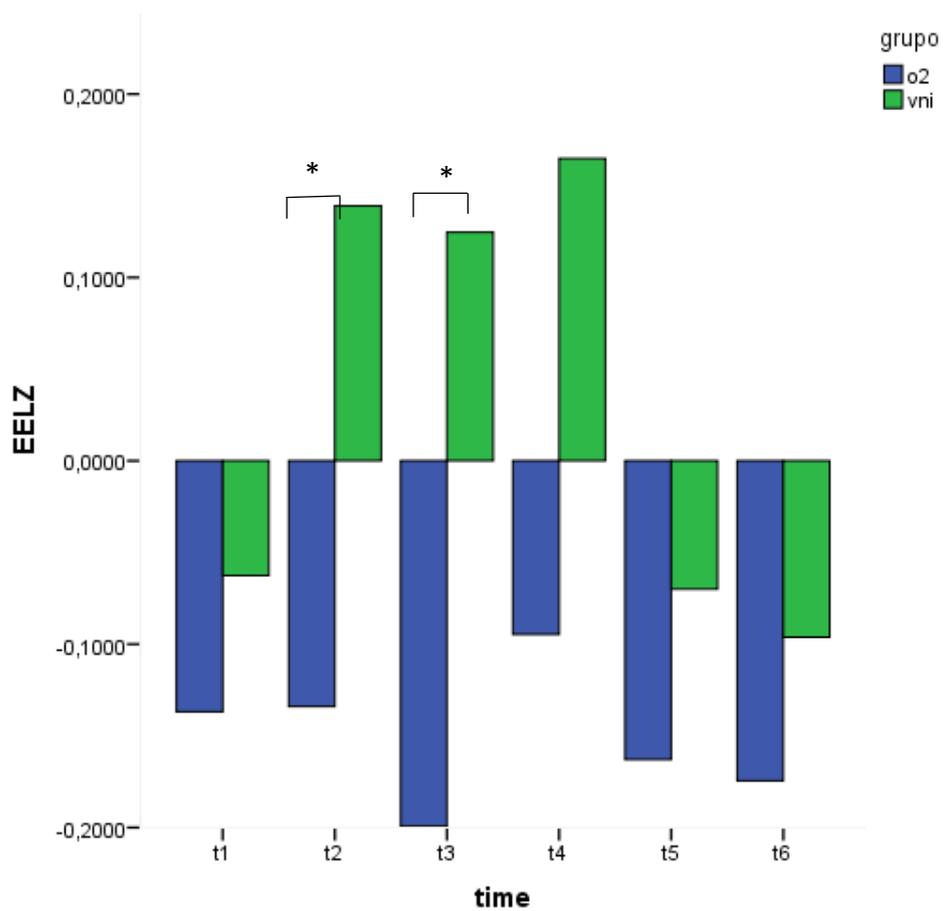


Figura 2. Comparação da média de $\Delta EELZ$ global entre os grupos VNI e O2 durante os tempos do estudo. EELZ: Impedância pulmonar expiratória final. * $p < 0,05$

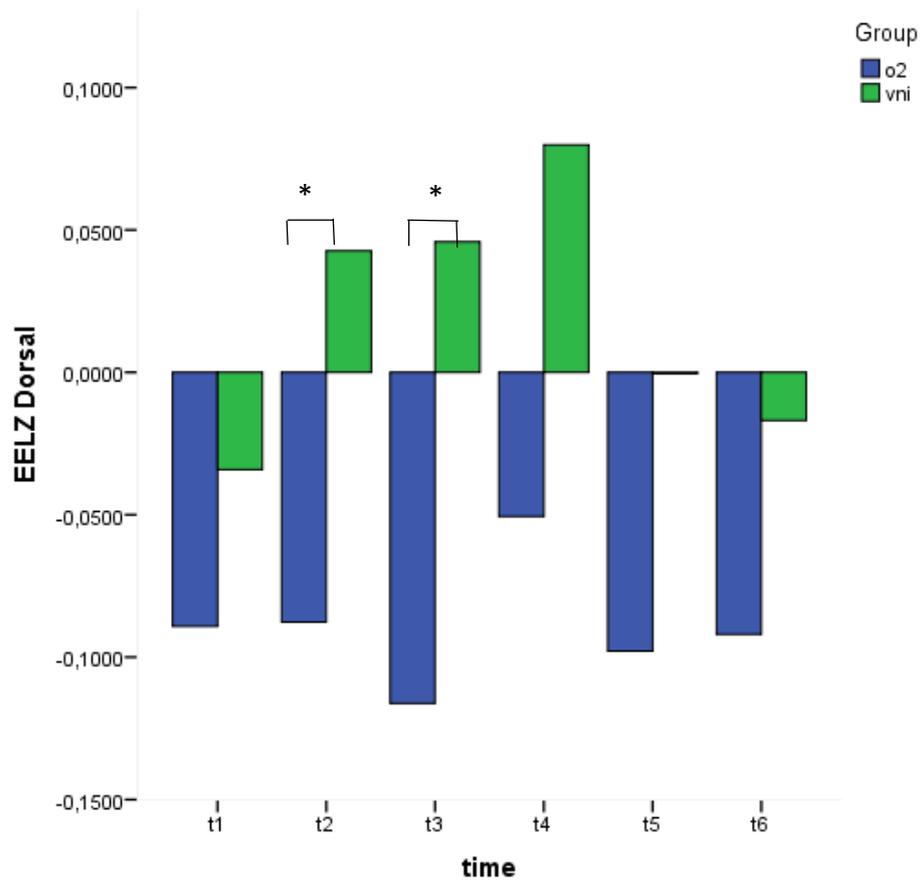


Figura 3. Comparação da média de Δ EELZ dorsal entre os grupos VNI e O2 durante os tempos do estudo. EELZ dorsal: Impedância pulmonar expiratória final dorsal. * $p < 0,05$

]

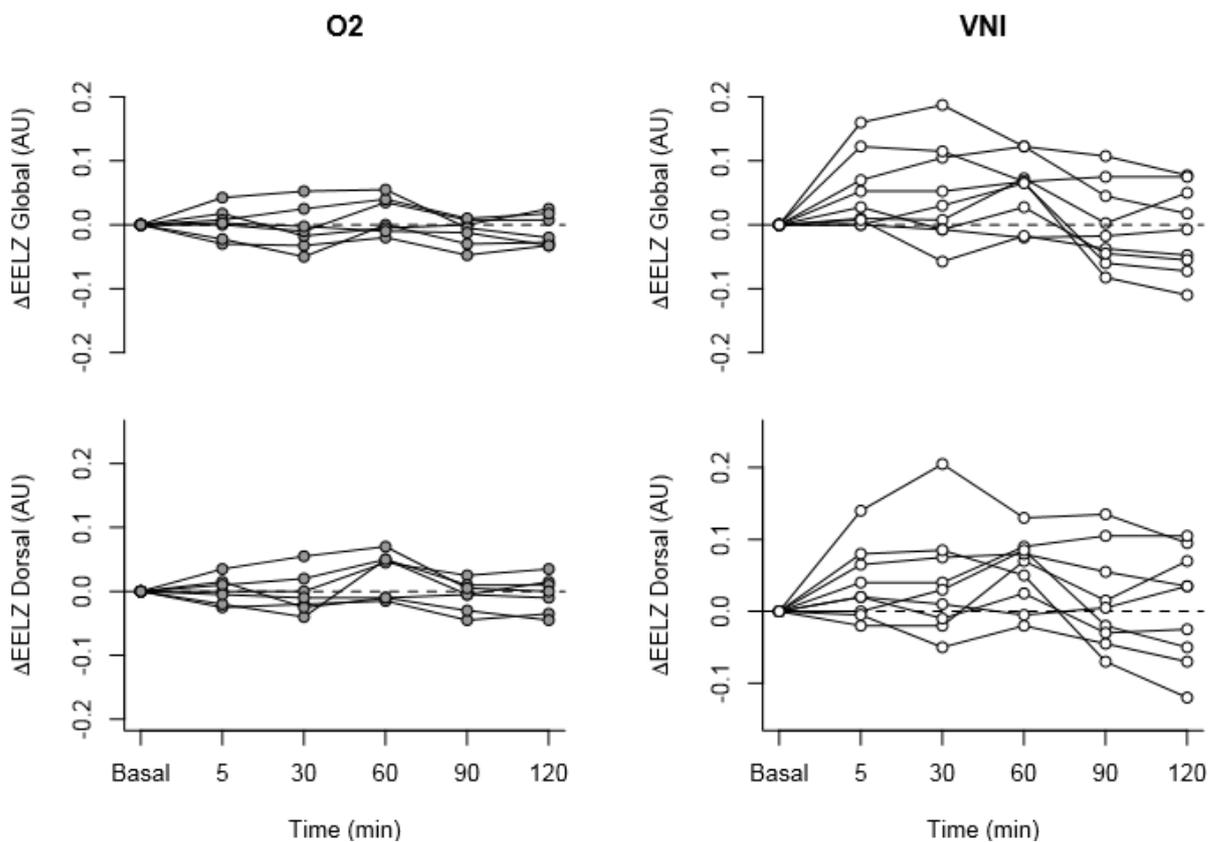
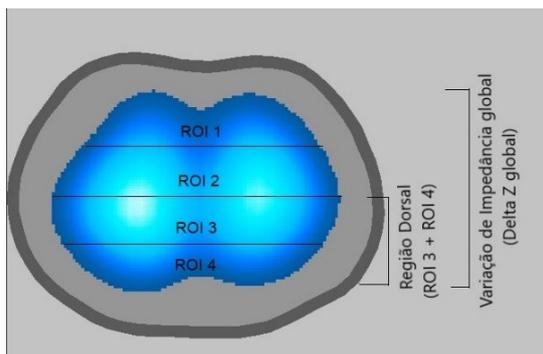


Figura 4. Variação de aerção pulmonar (ΔEELZ) global e dorsal nos grupos controle (O_2) e VNI. Tempo basal: imediatamente após a extubação (t_1). No grupo VNI, os tempos 5, 30 e 60 minutos correspondem ao período durante a VNI (t_2 , t_3 e t_4). 90 e 120 minutos correspondem a t_5 e t_6 .

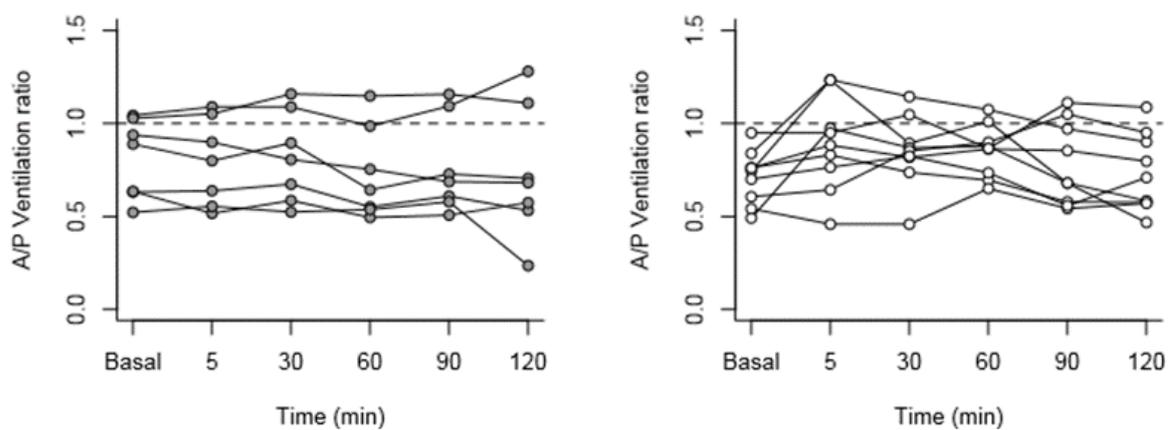


Figura 5. Relação anterior/posterior da ventilação pulmonar nos grupos controle (O₂) e VNI. Tempo basal: imediatamente após a extubação (t₁). No grupo VNI, os tempos 5, 30 e 60 minutos correspondem ao período durante a VNI (t₂, t₃ e t₄). 90 e 120 minutos correspondem a t₅ e t₆.

Tabela 1- Características dos pacientes

Variáveis	Grupo VNI (n=9)	Grupo controle (n=7)	p valor
Idade	53,8 ±14,8	53,1 ±5,3	0,98
Sexo Masculino (n/%)	6 (66,6)	4 (57,1)	0,317
IMC (kg/m ²)	27,6 ±2,4	26,8 ±2,9	0,478
Tempo de AVM (horas)	9,2±2,2	11,1±2,5	0,989
Tempo de CEC (minutos)	82,5±30,4	85,7 ±31,9	0,986
Hemiperimetria (cm)	50,4 ±3,0	49,5 ±2,9	0,385
Tempo de Internamento hospitalar (dias)	7,1±1,1	8,0±2,7	0,989
SpO ₂ (%)	98,6±1,2	98,2±1,3	0,875
FC (bpm)	92,3±19,2	95,1±14,4	0,556
FR (ipm)	17±3,8	14,5±3,3	0,839
PAS (mmHg)	111,7±19,6	103,5±12,3	0,248
PAD (mmHg)	61,5±9,4	54±8,7	0,800
Csr (ml/cmH ₂ O)	56,4± 20,3	50,1±16,8	0,510
Vt (ml)	607,3±139,1	624,2±174,4	0,359
Tipo de cirurgia (n/%)			
CRM	6 (66,6)	4 (57,1)	0,696
TVM	2 (22,2)	1 (14,2)	0,687
TVAo	1 (11,1)	2 (28,5)	0,375
Euroscore			
Baixo risco	7 (77,7)	4 (57,1)	0,377
Médio risco	2 (22,2)	1 (14,2)	0,687
Alto risco	0 (0)	2 (28,5)	0,086

IMC: índice de massa corpórea. AVM: assistência ventilatória mecânica; CEC: circulação Extracorpórea; FC: frequência cardíaca; FR: frequência respiratória; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; CRM: cirurgia de revascularização do miocárdio; TVM: troca de válvula mitral; TVAo: troca de válvula aórtica; Vt= volume corrente; Csr: complacência do sistema respiratório.

Tabela 2. Gasometria arterial

Variáveis respiratórias	Grupo VNI (n=9)	Grupo O2 (n=7)	p valor
PaO2 inicial (mmHg)	115,9±26,7	98,2±19,8	0,767
PaO2 final (mmHg)	117,9±37,7	97,9±24,0	0,274
PaCO2 inicial (mmHg)	38,1±3,9	37,3±1,9	0,114
PaCO2 final (mmHg)	37,9±2,7	34,9±2,5	0,056
Índice PaO2/FiO2 inicial	369,4±66,5	375,1±77,2	0,942
Índice PaO2/FiO2 final	374,9±64,9	293,1±49,2	0,022*

PaO2: Pressão arterial de O2; PaCO2: Pressão arterial de CO2; FiO2: Fração inspirada de O2.

APÊNDICE B

SPONTANEOUS BREATHING REVERT ATELECTASIS DETECTED BY ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY: A CASE REPORT

Authors: Alita Paula Lopes de Novaes¹; Wagner Souza Leite²; Caio César Araújo Morais³; Catarina Rattes⁴; Antônio Christian Evangelista Gonçalves⁵; Wildberg Alencar Lima⁶; Shirley Lima Campos⁷; Armêle de Fátima Dornelas de Andrade⁸; Daniella Cunha Brandão⁹

11. Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil. Phone: +55 81 991610199; e-mail: alitanovaes@gmail.com
12. Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil Phone: +55 81 979098830; e-mail: wagnersouzaleite@hotmail.com
13. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; São Paulo, Brasil. Phone: +55 8199210792; e-mail: moraiscca@gmail.com
14. Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil, Phone: +55 81 92087100; e-mail: Catarina_rattes@hotmail.com
15. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; Recife, Brasil. Phone: +55 81 992593476; e-mail: antoniochristian@hotmail.com
16. Real Hospital Português de Beneficência de Pernambuco; Recife, Brasil. Phone: +55 81 99593737; e-mail: Wildbergalencar@gmail.com
17. Ph.D.; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil. Phone: +55 81 999413087 e-mail: shirleylcampos@uol.com.br
18. Ph.D.; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil. Phone: +55 81 987818965 e-mail: armeledornelas@hotmail.com
19. Ph.D.; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil. Phone: +55 81 981359335; e-mail: daniellacunha@hotmail.com

Corresponding author: Daniella Cunha Brandão; address: Av. Jorn. Aníbal Fernandes, 173 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-560

Sources of funding: resources of the “APQ N°0154-408-15/FACEPE *multi-usuário*” were used.

Author contributions: Conception and Design: A.P.L.N., W.S.L, D.C.B., C.C.A.M., C.R., A.C.E.G.W.A.L., S.L.C.,A.F.D.A.; Analysis and interpretation: A.P.L.N., W.S.L, D.C.B., C.C.A.M.; Drafting the manuscript: A.P.L.N., W.S.L, D.C.B., C.C.A.M.; Agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved: A.P.L.N., W.S.L, D.C.B., C.C.A.M., C.R.; A.C.E.G.;W.A.L., S.L.C.,A.F.D.A.; Final approval of the version to be published: A.P.L.N., W.S.L, D.C.B., C.C.A.M., C.R.; A.C.E.G.;W.A.L., S.L.C.,A.F.D.A.

To the Editor:

Atelectasis is a highly prevalent pulmonary complication in patients undergoing coronary by-pass graft, resulting in decreased lung compliance, increased pulmonary vascular resistance, impaired oxygenation and increased risk of postoperative pneumonia (1,2). Some mechanisms have been proposed to explain pulmonary collapse in patients undergoing cardiac surgery, such as cephalic displacement of the relaxed diaphragm due to general anesthesia, extracorporeal circulation and dissection of the internal mammary artery (3).

Our group has conducted a study in patients in the immediate postoperative period of cardiac surgery, comparing the effects of controlled-pressure ventilation with support pressure ventilation through Electrical Impedance Tomography (ClinicalTrials.gov: NCT03141216). The project was approved by the Ethics and Research Committee involving human beings – CEP/CCS/UFPE (CAAE: 58023816.2.0000.520). In one of the patients, an expressive abnormality was detected in the distribution of ventilation during the admission of the same to the cardiothoracic rehabilitation unit, described in detail here and illustrated in Figure 1.

Case Report

A 65-year-old male patient was admitted to the Cardiothoracic Rehabilitation Unit in the immediate postoperative period of myocardial revascularization surgery. The patient arrived intubated, still under sedation (RASS = -5) (4), and he was positioned at 30° degrees and connected to mechanical ventilation in the pressure controlled ventilation mode while being properly monitored. Electrical Impedance Tomography was then installed (Enlight®, Timpel SA, São Paulo, Brazil) to start the data collection for the study cited above. A heterogeneous distribution of ventilation was observed, with an important predominance of

ventilation in the right lung in detriment of the left lung (87% x 13%, respectively, at the bedside analysis). The possibility of selective intubation and pneumothorax were ruled out by x-ray image.

During patient waking (RASS=0), he was submitted to ventilation mode with support pressure and subsequently to the spontaneous breathing test (pressure support=8cmH₂O, PEEP=5cmH₂O) when a significant improvement in the ventilation distribution between the right and left lungs was observed (62% on the right x 38% on the left). During the spontaneous breathing test, the arterial partial pressure of oxygen to inspired fraction of O₂ (PF) ratio was 245 and the patient showed no signs of intolerance. He was extubated without interurrences (7,3 hours of mechanical ventilation), thereby noticing that an improvement of ventilation distribution was maintained (59% x 41%) (Figure 1). During the study period, no endotracheal aspiration or change of position was performed. The patient was discharged from the intensive care unit two days later.

Discussion

We have reported the case of a patient in the immediate postoperative period of myocardial revascularization surgery, in which an important heterogeneity of the ventilation distribution between the right and left lungs was observed upon the patient's admission. A relevant fact was the improvement of ventilation distribution when the patient was ventilated with minimal support pressure, maintained after extubation when the patient was at his best level of consciousness. This fact may be justified by the fact that at that time there were greater diaphragm activity when compared to moments when the patient was still under anesthesia (RASS=-5). Spontaneous breathing effort generated by diaphragmatic contraction exposes the lung to negative pleural pressure, and uniformly lowers pleural pressure by the same amount at all points on the lung surface, creating a uniform increase in transpulmonary

pressure (5). Thus, spontaneous breathing is traditionally encouraged in patients receiving mechanical ventilation, because it is thought to provide lung expansion at lower levels of airway pressure, which results in better local lung aeration, especially dependent regions (6). According to Putensen et al. (2001), spontaneous breathing during mechanical ventilation in patients susceptible to develop Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) resulted in better outcomes, such as improvement in the arterial partial pressure of oxygen to inspired fraction of O₂ (PF) ratio and respiratory system compliance when compared to patients under controlled ventilation. This can be explained due to spontaneous breathing improving ventilation distribution to dependent areas on the lung, presumably by contraction of the diaphragm as opposed to alveolar compression (7). In a study comparing pulmonary ventilation distribution in patients in the immediate postoperative period of cardiac surgery during pressure-controlled ventilation *versus* pressure support ventilation, tidal impedance variation measured by Electrical Impedance Tomography was higher in patients ventilated with support pressure (8). In the pressure controlled group, most of the ventilation started in the central and right lung regions, while in the support pressure group it started more in the dependent region of both the right and left sides, where this result was explained by the greater contribution of the diaphragm under pressure support ventilation. This result was similar to that observed in this case study, in which pressure controlled, ventilation distribution was predominant in the right lung, and in pressure support, it was shown better ventilation distribution. The authors state that there were no conflicts of interest.

This case report has demonstrated that Electrical Impedance Tomography was a tool capable of quickly identifying abnormalities in patient ventilation distribution in the immediate postoperative period of cardiac surgery, and whose evolution was continuously monitored. We suggest that diaphragmatic activation with spontaneous breathing after

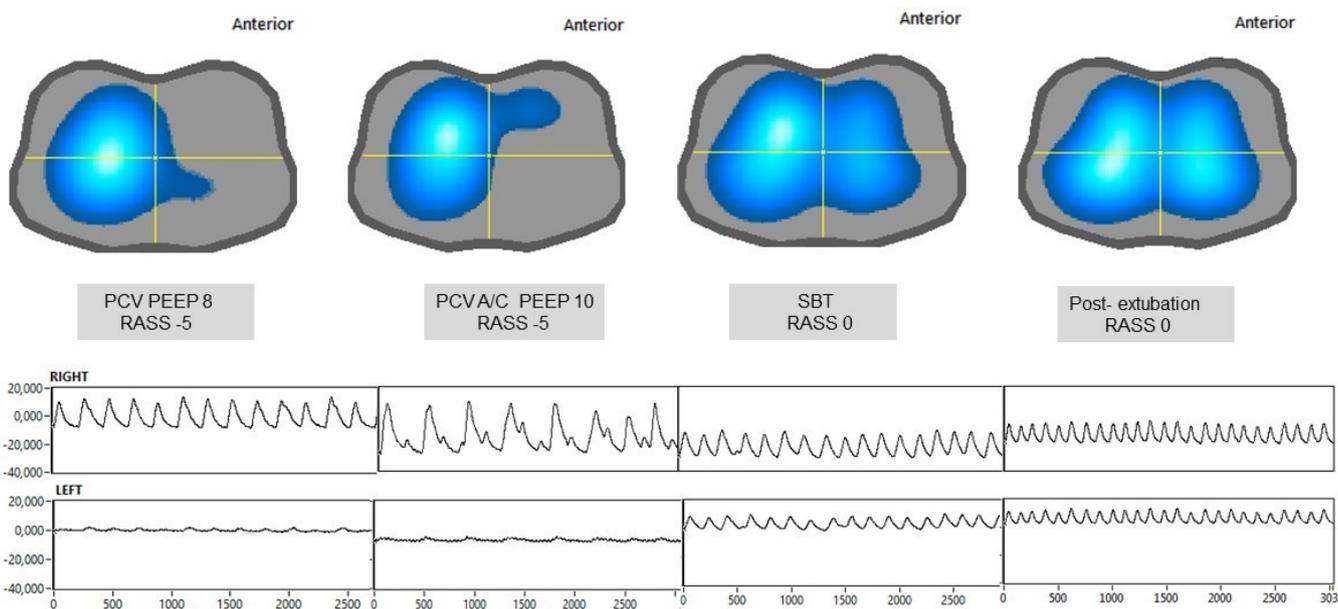
awakening the patient may have contributed to more homogeneous ventilation distribution and pulmonary ventilation.

REFERENCES

1. Dennie C, Gee YY, Oikonomou A, Thornhill R, Rubens F. Clinical Correlation of Early Atelectasis after Bilateral Internal Thoracic Artery Harvest for Coronary Artery Bypass Grafting. *Heart Lung Circ.* 2016 Jun; 25(6):620-625
2. Neves FH, Carmona MJ, Auler JO Jr, Rodrigues RR, Rouby JJ, Malbouisson LM. Cardiac compression of lung lower lobes after coronary artery bypass graft with cardiopulmonary bypass. *PLoS One.* 2013 Nov 11;8(11): e78643
3. Badenes R, Lozano A, Belda FJ. Postoperative pulmonary dysfunction and mechanical ventilation in cardiac surgery. *Crit Care Res Pract.* 2015; 2015:1-8
4. Ely EW, Truman B, Shintani A, Thomason JW, Wheeler AP, Gordon S et al. Monitoring sedation status over time in ICU patients: reliability and validity of the Richmond Agitation-Sedation Scale (RASS). *JAMA.* 2003 Jun 11; 289(22):2983-2991
5. D'Angelo E, Sant'Ambrogio G, Agostini E. Effect of diaphragm activity or paralysis on distribution of pleural pressure. *J Appl Physiol* 1974; 37:311-315
6. Wrigge H, Zinserling J, Neumann P, Defosse J, Magnusson A, Putensen C et al. Spontaneous breathing improves lung aeration in oleic acid-induced lung injury. *Anesthesiology* 2003; 99:376-384
7. Putensen C, Zech S, Wrigge H, Zinserling J, Stüber F, Von Spiegel T, et al. Long-term effects of spontaneous breathing during ventilatory support in patients with acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001 Jul;164(1):43-49
8. Blankman P, van der Kreeft SM, Gommers D. Tidal ventilation distribution during pressure-controlled ventilation and pressure support ventilation in post-cardiac surgery patients. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2014 Sep; 58(8):997-1006

Legend Section

Figure 1. Ventilation maps and plethysmograph waveform graph obtained from electrical impedance tomography. Dark to light shades of blue on the ventilation maps represent increasing values of regional ventilation, while gray indicates total absence of ventilation. The waveform graph reflects changes in impedance values with respect to each moment. Note that in pressure controlled ventilation (RASS= -5), the plethysmograph values for the right side are higher than the left side of the lung, as observed in the ventilation map. But during the spontaneous breathing trial, when the patient had a better level of consciousness (RASS=0), better ventilation distribution was observed and was maintained five minutes after extubation. PCV: pressure-controlled ventilation; SBT: spontaneous breathing trial; PEEP: positive end-expiratory pressure.



APÊNDICE C

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos o (a) Sr.(a) para participar, como voluntário (a), da pesquisa “Uso da Tomografia de Impedância Elétrica nos efeitos da Ventilação Não-Invasiva no Pós-Operatório de Cirurgia de Revascularização do Miocárdio: Ensaio Clínico Controlado e Randomizado”, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) Alita Paula Lopes de Novaes (endereço: Rua Desembargador João Batista, N. 110- Bongi, e CEP: 50751-380, Telefone: 991610199, e-mail: alitanovaes@gmail.com), e está sob a orientação de: Daniella Cunha Brandão (Telefones para contato: 981359335, e-mail daniellacunha@hotmail.com).

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensível, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados e concorde com a realização do estudo pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue para que possa guardá-la e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O (a) Sr.(a) não terá nenhuma despesa e nem receberá qualquer pagamento para participar como voluntário(a). O (a) Sr.(a) será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida e estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Para participar deste estudo, a pessoa autorizada por você deverá assinar pelo (a) Sr.(a) este Termo de Consentimento, podendo, também, retirar esse consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Descrição da pesquisa: Seu parente está sendo convidado (a) participar de uma pesquisa que tem como objetivo analisar os efeitos da ventilação não invasiva (VNI) em pacientes no pós-operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio. Essa ventilação (VNI) já é utilizada de forma rotineira pelos fisioterapeutas, consiste numa máscara ligada a uma máquina que gera uma ventilação para expandir os pulmões, é usada para evitar ou tratar problemas nos pulmões. Nesse estudo a VNI será avaliada de uma outra forma, através de uma imagem do pulmão do paciente fornecida de forma simples, indolor e sem custos adicionais, por uma máquina chamada tomógrafo de impedância elétrica. Inicialmente, os pacientes serão divididos em dois grupos, e será realizado um sorteio para definir em qual grupo ele ficará. Um grupo irá ficar com suporte de oxigênio, e um grupo irá fazer VNI por 1 hora.

- 1) Quando o paciente chegar da cirurgia, ele chegará intubado, respirando com ajuda do ventilador. O paciente será avaliado pelo fisioterapeuta, que irá observar pressão arterial, batimento cardíaco, respiração, etc. e irá colocar no paciente uma cinta com eletrodos, que estará ligada a uma máquina chamada tomógrafo de impedância, capaz de ver a imagem do pulmão do paciente, como um raio-x, de forma simples e indolor, sem radiação, e em tempo real, no leito do paciente, durante todo o período da coleta.
- 2) Quando o paciente acordar, e estiver com condições de retirar o tubo da boca, será registrada a imagem do pulmão e será também coletada pequena amostra de sangue do paciente, em torno de 3ml – equivalente a uma colher de sobremesa, que é um procedimento realizada de forma rotineira em todos os pacientes que se submetem a essa cirurgia, e não causará desconforto no paciente, pois o mesmo já estará com um acesso na artéria do punho por onde será coletada todas as amostras.

- 3) O paciente será avaliado e se tiver condições, será retirado o tubo da boca. Uma nova avaliação será realizada (coleta de sangue)
- 4) Um grupo (gerado por sorteio) irá realizar a VNI (ventilação não-invasiva), por 1 hora. A VNI consiste em uma ventilação oferecida para expandir o pulmão, para prevenir problemas pulmonares, e já é realizada normalmente pela rotina do serviço nesses pacientes, e é realizada através de uma pequena máquina, ligada a uma máscara que será fixada no rosto do paciente, e ele irá respirar de forma normal (durante 1 hora). Após esse período, será retirada a máscara e colocado uma máscara de oxigênio no paciente. No outro grupo gerado por sorteio, o paciente ficará com a máscara de oxigênio durante o tempo de coleta do estudo.
- 5) Será então realizadas novas avaliações (coleta de sangue) a cada 1 hora, por um período de 2 horas após a retirada do tubo da boca (extubação), enquanto a máquina está registrando as imagens do pulmão do paciente.
- 6) Após a coleta, o paciente será tratado de acordo com a rotina normal do serviço.

RISCOS:Todos os procedimentos utilizados neste estudo são seguros, se bem indicados. No geral, pode haver pequeno desconforto pela sensação da ventilação da máscara, porém a todo momento estaremos por perto para retirá-la se realmente for preciso. A VNI é bastante utilizado na rotina, porém como todos os procedimentos, existem algumas riscos, como por exemplo, pode causar ressecamento da boca e do nariz, dor de ouvido, gases no estômago, a região do nariz onde a máscara se apoia pode ficar vermelha e dolorida, pode haver ruptura da membrana do pulmão (pneumotórax), se o paciente estiver com pressão baixa e usar a VNI, pode baixar mais a pressão, se o paciente estiver usando a máscara e vomitar, o vômito pode ir para o pulmão (broncoaspiração), porém a VNI só é usada mediante avaliação criteriosa e durante o uso o paciente é monitorado continuamente para evitar eventuais complicações, o que torna esses riscos mínimos. Em caso de acontecer algum desses eventos, o paciente estará sendo acompanhando pela equipe de plantão 24 horas na unidade de terapia intensiva, incluindo médicos, enfermeiros e fisioterapeutas. A tomografia de impedância é uma avaliação de imagem que não tem radiação (como a do raio-X, por exemplo), e é indolor, e a avaliação é feita no leito do paciente, de forma que este não precisa ser transportado para outro local, evitando outros riscos.

BENEFÍCIOS:Sem nenhum prejuízo, os pacientes dos três grupos receberão tratamento fisioterapêutico e será realizada uma avaliação por uma máquina (tomógrafo de impedância) que fornece imagens do pulmão e permite uma avaliação mais detalhada do paciente, permitindo identificar alterações no pulmão de forma mais precoce. As informações obtidas neste estudo serão úteis para definir as melhores conduta a serem realizadas para esses pacientes de pós-operatório de cirurgia cardíaca, e para melhorar as evidências da VNI nos pacientes pós-cirúrgicos.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a participação dos voluntários. Os dados coletados nesta pesquisa (registro dos dados da tomografia, exames laboratoriais etc), ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador (a) Alita Paula Lopes de Novaes, no endereço (acima informado), pelo período de (mínimo) 5 anos.

Garantimos que, se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas ou ressarcidas (deslocamento e alimentação) pelos pesquisadores. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, RecifePE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).

(Assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo “Uso da Tomografia de Impedância Elétrica na avaliação dos efeitos da Ventilação Não-Invasiva no Pós-Operatório de Cirurgia de Revascularização do Miocárdio: Ensaio Clínico Controlado e Randomizado” como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento).

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa

e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

Comitê de Ética
em Pesquisas
Envolvendo
Serres Humanos



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Uso da Tomografia de Impedância Elétrica na Avaliação dos Efeitos da Ventilação Não Invasiva no Pós-Operatório de Cirurgia de Revascularização do Miocárdio: Ensaio Clínico Controlado e Randomizado

Pesquisador: Aíla Paula Lopes de Novaes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 58023818.2.0000.5208

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Fornecedor Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.727.601

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de Mestrado da estudante Aíla Paula Lopes de Novaes vinculado ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco. A proposta consiste basicamente em validar a hipótese: O uso da Ventilação Não-Invasiva em pacientes no pós-operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio resulta em maior ventilação, maior aeração, e melhora das trocas gasosas quando comparada ao grupo de oxigenoterapia. Para isto será realizado um ensaio clínico controlado e randomizado, envolvendo 75 pacientes no pós-operatório imediato de cirurgia de revascularização do miocárdio, que serão divididos em três grupos: um grupo que realizará VNI por 30 min, um grupo que realizará VNI por 1 hora e o grupo que utilizará oxigenoterapia, todos com início logo após a extubação. Todos serão avaliados através de tomografia de impedância e análise da gasometria arterial logo antes da extubação, logo após extubação, logo após intervenção e a cada 1 hora durante as 3 horas seguintes. Os dados tabelados e estatisticamente analisados. Os pacientes serão recrutados na Unidade de Reabilitação Cardiotorácica (URCT) do Real Hospital Português de Beneficência de Pernambuco.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral: Comparar os efeitos da ventilação não invasiva com a oxigenoterapia em pacientes no pós-operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio.

Endereço: Av. de Engenharia s/nº - 1ª andar, sala 4, Prédio do CCS

Endereço: Cidade Universitária

CEP: 50.740-800

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81) 2126-8558

E-mail: cepce@ufpe.br

Comitê de Ética
em Pesquisa
Envolvendo
Serres Humanos



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



Continuação do Parecer: 1.727/2011

Objetivos específicos:

- 1- Avaliar a eficácia da ventilação não-invasiva na ventilação e na aeração pulmonar em pacientes no pós-operatório imediato da cirurgia de revascularização do miocárdio.
- 2- Avaliar a eficácia da ventilação não-invasiva nas trocas gasosas em pacientes no pós-operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio.
- 3- Avaliar tempo de efeito terapêutico após uso da ventilação não invasiva em pacientes no pós-operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio.
- 4- Comparar tempo de efeito terapêutico da VNI quando aplicada durante 1 hora e quando aplicada durante 30 minutos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios diretos e indiretos estão devidamente delineados no projeto de pesquisa e no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os riscos são intrínsecos aos procedimentos operacionais, e visando minimizá-los, toda a equipe é formada por profissionais habilitados e devidamente treinados. Os benefícios consistem basicamente em que todos os pacientes receberão tratamento fisioterapêutico adequado.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um tema interessante e atual, uma vez que vem aumentando o número de pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio. Por outro lado o número de profissionais devidamente qualificados para o tratamento destes pacientes no pós-operatório é insuficiente, portanto, qualquer estratégia que vise melhoria na qualidade de vida do paciente, bem como no atendimento será útil a toda sociedade.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todas as cartas de anuência e os currículos estão devidamente anexados. Os termos de consentimento livre e esclarecido, de autorização do uso de dados e de compromisso e confidencialidade estão presentes e em linguagem adequada.

Recomendações:

Nenhuma

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nenhuma

Considerações Finais a critério do CEP:

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio da Notificação

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1ª andar, sala 4, Prédio do CCS

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 50.740-800

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)2125-8583

E-mail: cepccs@ufpe.br

Comitê de Ética
em Pesquisa
Envolvendo
Serres Humanos



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



Continuação do Parecer: 1.737.601

com o Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética, relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). O CEP/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do(a) pesquisador(a) assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_743706.pdf	21/07/2016 21:15:01		Aceito
Outros	CARTADERESPSTAASPENDENCIAS.docx	21/07/2016 21:14:09	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PREPROJETOALITANOVAES2.pdf	20/07/2016 16:02:21	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
Outros	DECLARACAODEAUTORIZACAODOUSOEDADOS.pdf	20/07/2016 15:23:07	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEIMPOSSIBILITADOS1.docx	20/07/2016 15:18:32	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
Outros	TERMODECLOMPROMISSOCONFIDE	20/07/2016	Alta Paula Lopes	Aceito

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1ª andar, sala 4, Prédio do CCS

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 50.740-800

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)2126-8588

E-mail: cepccs@ufpe.br

Comitê de Ética
em Pesquisa
Envolvendo
Serem Humanos



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



Contribuição do Parecer: 1.727.801

Outros	QUALIDADE.pdf	15:12:22	de Novaes	Aceito
Outros	ANUENCIARHP1.pdf	20/07/2016 15:01:00	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
Outros	CurriculosLattesWidbergAlencarLima.pdf	20/07/2016 14:58:33	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
Outros	FICHACOLETADE DADOS.docx	19/07/2016 17:35:51	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
Outros	CurriculosLattesDaniellaCunhaBrandao.pdf	19/07/2016 17:34:08	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
Outros	CurriculosLattesAltaPaulaLopesdeNovaes.pdf	19/07/2016 17:33:40	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
Outros	ANUENCIAUFPE.pdf	14/07/2016 15:09:37	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito
Folha de Rosto	FOLHADEROSTO.pdf	14/07/2016 14:01:08	Alta Paula Lopes de Novaes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 14 de Setembro de 2016

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador)

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-800
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2125-8588 E-mail: cepcon@ufpe.br