

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PNEUMOLÓGICAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea na Dor, Função Pulmonar e Força Muscular Respiratória no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma Unidade de Tratamento Intensivo: Ensaio Clínico Randomizado**

Hermann Heinrich Husch

Porto Alegre, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PNEUMOLÓGICAS

**Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea na Dor, Função Pulmonar e Força Muscular Respiratória no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma Unidade de Tratamento Intensivo: Ensaio Clínico Randomizado**

Hermann Heinrich Husch

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Graciele Sbruzzi

Porto Alegre, 2017

## Catálogo da publicação

A minha família.

## Agradecimentos

- Por toda a dedicação e empenho, não apenas na minha formação acadêmica, mas também para o meu crescimento pessoal, agradeço à minha orientadora Dra. Graciele Sbruzzi. Obrigado por toda confiança, incentivo, apoio e por compartilhar seu conhecimento comigo.
- Agradeço em especial a minha co-orientadora Adriana Kessler por acreditar nesse trabalho desde a sua elaboração, tendo uma participação fundamental para o seu desenvolvimento e conclusão.
- A Pauline Lopes Carvalho por todo empenho, dedicação e disponibilidade para estar comigo durante toda esta jornada.
- Especiais agradecimentos aos colegas Kaciane Brambatti, Jean Mesquita, Pamela Wolffenbüttel, Jorge Pasa e Rafael Rodriguez que trabalharam com empenho, comprometimento e solicitude nessa pesquisa,
- Fabricio Fontoura e Guilherme Watte por compartilhar comigo seus saberes e guiando-me pelos caminhos do conhecimento. Obrigado pelo companheirismo e amizade.
- As colegas Stefania Cioato e Camila Niedermeyer, obrigado pelo apoio e pela disponibilidade infindável e dedicação inesgotável na reta final dessa pesquisa, tornando possível a sua conclusão.
- Ao Jocimar Muller por me proporcionar inúmeras oportunidades de crescimento profissional.
- Ao Dr. Spencer Marcantonio Camargo, por toda sua disponibilidade e paciência.
- A Dra. Daniela Birriel, por toda ajuda dentro da unidade de terapia intensiva.
- Aos colegas da Unidade de Terapia Intensiva e bloco do Hospital Pavilhão Pereira Filho que tornaram possível a realização deste trabalho. Obrigada pela eficiência, atenção, responsabilidade e carinho comigo.
- O meu agradecimento mais sincero aos meus pais, Jakob Henrique Husch e Maria de Lourdes Evangelista Husch, meus exemplos, que me apoiaram e que me ensinaram a importância do trabalho árduo para atingir o que se almeja. Obrigado sempre por tudo.

- Agradeço a minha esposa Renata Muller Guarani Husch por andar lado a lado comigo, com amor e cumplicidade.
- A minha Filha Rafaela Guarani Husch que é o maior incentivo e profundo amor para a realização deste trabalho.
- Por fim, são muitas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. Expresso meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma participaram da construção deste ideal, compartilhando conhecimento, generosidade e empenho. Muito obrigado.

## Sumário

LISTA DE ABREVIATURAS .....	7
LISTA DE TABELAS .....	9
LISTA DE FIGURAS .....	10
1. INTRODUÇÃO .....	15
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	17
2.1 Cirurgia torácica .....	17
2.2 Alterações fisiopatológicas e complicações no pós-operatório de toracotomia ..	19
2.3 Analgesia farmacológica no pós-operatório de toracotomia.....	24
2.4 Fisioterapia pós-operatória em pós operatório de toracotomia .....	27
2.5 Estimulação elétrica nervosa transcutânea .....	29
2.6 Estimulação elétrica nervosa transcutânea no pós-operatório de cirurgia torácica .....	37
3. JUSTIFICATIVA .....	40
4. OBJETIVOS .....	41
4.1 Geral .....	41
4.2 Específicos.....	41
5. Referencias da revisão da literatura .....	42
6. ARTIGO .....	49
7. Conclusão .....	71
8. Considerações Finais .....	72

## LISTA DE ABREVIATURAS

TENS - Estimulação elétrica nervosa transcutânea

EUA - Estados Unidos da América

BGCT - Banco de dados geral da cirurgia torácica americana

CRF - Capacidade residual funcional

IASP - Associação Internacional para Estudos da Dor

CVF - Capacidade vital forçada

VEF<sub>1</sub> - Expiração forçada no primeiro segundo

VEF<sub>1</sub>/CVF – Relação expiração forçada no primeiro segundo e capacidade vital forçada

CPT - Capacidade pulmonar total

VR - Volume residual

CV - Capacidade vital

PImáx - Pressão inspiratória máxima

PEmáx - Pressão expiratória máxima

FES - Estimulação elétrica funcional

GC - Grupo controle

GP – Grupo TENS placebo

GT – Grupo TENS

PO – Pós-operatório

TBF - TENS baixa frequência

TAF - TENS alta frequência

LM - Limiar motor

EVA – Escala visual analógica da dor



BP - Bloqueio paravertebral

GBP – Grupo bloqueio paravertebral

UTI – Unidade de tratamento intensivo

CP – Cateter peridural

CPV – Cateter paravertebral

## LISTA DE TABELAS

### **Manuscrito:**

Tabela 1: Tabela 1. Características da amostra

67

## LISTA DE FIGURAS

### Revisão da literatura:

<b>Figura 1.</b> Fatores que produzem a disfunção muscular respiratória após o trauma cirúrgico	20
<b>Figura 2.</b> Manobra de manovacuometria	24
<b>Figura 3.</b> Mecanismo da dor	32
<b>Figura 4.</b> Vias nervosas pela estimulação elétrica nervosa transcutânea	34

### Manuscrito:

<b>Figura 1.</b> Fluxograma dos pacientes	68
<b>Figura 2.</b> Escala Análoga Visual da Dor	69
<b>Figura 3.</b> Função Pulmonar e Força Muscular Respiratória	70
<b>Figura 4.</b> Medicações	71

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar os efeitos da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) comparada com TENS placebo e grupo controle sobre a dor, função pulmonar, força muscular respiratória e medicações analgésicas no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI).

**Método:** Pacientes entre 31 e 76 anos submetidos a toracotomia póstero-lateral, foram incluídos e alocados aleatoriamente em três grupos: TENS (GE), TENS placebo (GP) e controle (GC). O GE recebeu a aplicação da TENS (frequência=100 Hz, duração de pulso=100  $\mu$ s, intensidade no nível sensorial, durante 30 minutos, três vezes ao dia, durante a internação na UTI), associada a fisioterapia convencional (respiratória e motora). No GP foi realizada a TENS placebo além de fisioterapia convencional; e o GC recebeu apenas a fisioterapia convencional. Os desfechos foram avaliados no pré-operatório, pós-operatório (PO), e 48 horas após a internação na UTI: dor através da Escala Visual Analógica, função pulmonar através de espirometria (VEF<sub>1</sub> e CVF), força muscular respiratória através de manovacuometria (PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub>), e medicações através da análise dos prontuários. **Resultados:** Foram incluídos 45 pacientes, sendo 15 em cada grupo. Em relação a percepção dolorosa, não houve diferença entre os grupos ( $P=0,172$ ), porém houve redução na dor após o término do primeiro atendimento no GE ( $4,7\pm 3,2$  vs.  $3,3\pm 2,6$ ;  $P<0,05$ ). Em relação a função pulmonar e força respiratória não houve diferença significativa entre os grupos nos momentos avaliados. Entretanto, nas avaliações intragrupo, observou-se melhora na CVF, todos os grupos apresentaram redução no momento PO e 48 horas comparado com o pré ( $P<0,001$ ), e somente o GE promoveu um aumento na CVF nas 48 horas em relação ao PO ( $P<0,001$ ). A PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub> diminuíram em todos os grupos comparando o pré com o PO e 48 horas ( $P<0,001$ ). Não houve diferença entre os grupos em relação as medicações analgésicas, porém o GC apresentou maior consumo de morfina ( $p=0,037$ ) e o GP maior consumo de paracetamol ( $p=0,035$ ) 24 vs 48 horas, o que não foi alterado no GE.

**Conclusão:** Não foi observado diferença entre os grupos em relação aos desfechos avaliados no pós-operatório de cirurgia torácica, porém, a TENS

promoveu redução da dor e aumento mais precoce da CVF, além disso, não promoveu aumento no consumo de medicação.

ClinicalTrials: NCT02438241

Palavras-chave: Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea; Toracotomia; Manejo da Dor; Espirometria.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) compared to placebo TENS and control group on pain, pulmonary function, respiratory muscle strength and analgesic medications in the postoperative period of thoracic surgery in an Intensive Care Unit (ICU). **Methods:** Patients between 31 and 76 years submitted to postero-lateral thoracotomy, were included and randomly allocated into three groups: TENS (GE), TENS placebo (GP) and control (GC). The GE received TENS (frequency = 100 Hz, pulse duration = 100  $\mu$ s, intensity at the sensory level for 30 minutes, three times a day during ICU stay), associated with conventional physiotherapy (respiratory and motor). In GP, TENS was performed in addition to conventional physiotherapy; And GC received only conventional physiotherapy. The outcomes were evaluated in the preoperative, postoperative (PO) or 24 hours, and 48 hours after ICU admission: Pain through Visual Analog Scale, pulmonary function through spirometry (FEV<sub>1</sub> and FVC), respiratory muscle strength Through manovacuometry (MIP and MEP), and medications through the analysis of medical records. **Results:** 45 patients were included, 15 in each group. Regarding pain perception, there was no difference between the groups ( $P = 0.172$ ), but there was a reduction in pain after the end of the first treatment in the GE ( $4.7 \pm 3.2$  vs.  $3.3 \pm 2.6$ ;  $P < 0.05$ ). Regarding pulmonary function and respiratory force, there was no significant difference between the groups at the moments evaluated. However, in the intragroup evaluations, improvement in FVC, all the groups had a reduction at the time PO and 48 hours compared to the pre ( $P < 0.001$ ), and only the GE promoted an increase in FVC at 48 hours in relation to PO ( $P < 0.001$ ). The MIP and MEP decreased in all groups comparing the pre with PO and 48 hours ( $P < 0.001$ ). There was no difference between the groups in relation to analgesic medications, however, the CG had higher morphine consumption ( $p = 0.037$ ) and the GP had a higher paracetamol consumption ( $p = 0.035$ ) 24 vs 48 hours, which was not altered in the GE. **Conclusion:** No differences were observed between the groups in relation to the outcomes evaluated in the postoperative period of thoracic surgery, however, TENS promoted pain reduction and earlier increase in FVC, in addition, did not promote increase in medication consumption.

ClinicalTrials: NCT02438241

Keywords: Transcutaneous Electric Nerve Stimulation; Thoracotomy; Pain Management; Spirometry.

## 1. INTRODUÇÃO

A dor é um importante fator de incremento na morbidade e mortalidade em pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos que incluem toracotomia. Sabe-se que o tipo de abordagem cirúrgica gera diferentes níveis de dor <sup>1</sup>. A toracotomia pósterio-lateral é apontada como um tipo de abordagem cirúrgica que demonstra maior percepção dolorosa <sup>2</sup>. Diversos fatores contribuem para que esses pacientes apresentem um alto grau de dor no pós-operatório, como a secção da pele, músculos e pleura, retração de músculos, ligamentos, irritação pleural e dos nervos intercostais por drenos torácicos e fraturas costais<sup>1</sup>. Uma incisão dolorosa provoca um aumento reflexo do tônus muscular durante a respiração cujo resultado é uma diminuição da complacência pulmonar e dos volumes pulmonares. Este conjunto de fatores pode levar a retenção de secreções broncopulmonares, atelectasias e infecções respiratórias, além de redução na força e função pulmonar <sup>3-5</sup>. Por isso, controlar a dor nesses pacientes é fundamental.

Existem diferentes métodos de analgesia no pós-operatório de cirurgia torácica, que vão desde analgesia sistêmica com opióides, como também bloqueios anestésicos locais (intrapleurais, extrapleurais, crioanalgesia intercostal, etc.), além dos bloqueios raquidianos e epidurais (lombar e torácico)<sup>6</sup>. A anestesia peridural é considerada padrão ouro no controle da dor, entretanto apresenta complicações que podem ser significativas como: hipotensão, retenção urinária, bloqueio parcial ou desigual e, em alguns casos raros, lesões neurológicas <sup>7</sup>. O bloqueio paravertebral é uma técnica que tem sido estudada e apresenta menor incidência de efeitos colaterais, tais como redução na retenção urinária e hipotensão <sup>8</sup>.

Além da analgesia farmacológica, a eletroanalgesia tem sido proposta como um tratamento auxiliar para o alívio da dor pós-operatória, com conseqüente melhora da mecânica da caixa torácica e redução de possíveis complicações respiratórias nas cirurgias torácicas. A estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) é um recurso amplamente utilizado no alívio sintomático da dor <sup>9</sup>.

No ano de 2012, foi publicada uma revisão sistemática com metanálise avaliando os efeitos da TENS no controle da dor e função pulmonar. Os autores



observaram o efeito benéfico da TENS no controle da dor na toracotomia, entretanto relataram baixa qualidade metodológica e um pequeno número amostral dos estudos, sugerindo novos ensaios clínicos randomizados com um número maior de pacientes e maior rigor metodológico <sup>10</sup>.

Sendo assim, com o intuito de aprofundar e ampliar o conhecimento sobre o controle analgésico através da TENS e sua repercussão na função pulmonar e na força muscular respiratória, assim como no consumo de opióides no pós-operatório de cirurgia torácica pósterio-lateral, um novo ensaio clínico randomizado com um maior rigor metodológico se faz necessário.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Cirurgia torácica

Por definição, a cirurgia torácica é realizada tanto para o diagnóstico como para o tratamento cirúrgico de todas as patologias intratorácicas. Isso inclui não apenas as operações no pulmão, mas também nos brônquios, traqueia, pleura, mediastino, parede torácica e esôfago <sup>11</sup>.

A sociedade de cirurgia torácica dos Estados Unidos da América (EUA) realiza um registro clínico, a partir de um banco de dados nacional, que cria modelos e determinações para prever resultados nos procedimentos torácicos. No ano de 2008, foi criado o banco de dados geral da cirurgia torácica americana (BGCT).

Em um levantamento realizado pelo BGCT, de 1 de janeiro de 2012 até 31 de dezembro de 2014, 27.844 pacientes foram operados devido ao câncer de pulmão primário a partir de 231 centros de tratamento. A maioria dos pacientes eram caucasianos (87%), com uma história passada ou atual de tabagismo (86%), 96% dos pacientes apresentaram desempenho de funcionalidade através da escala de Zubrod (utilizada para aferir a progressão da doença e como a doença afeta as atividades de vida diária, ou seja, sua capacidade funcional) com escore de 0 a 1 (onde 0 é o paciente totalmente ativo sem restrições funcionais e 1 é o paciente onde as atividades estenuantes estão restritas mas o paciente deambula sem qualquer dificuldade e realiza trabalhos leves). Entre as técnicas cirúrgicas utilizadas, via toracoscopia por vídeo ou toracotomia, mais da metade das ressecções pulmonares para o câncer de pulmão foram realizadas através de toracoscopia (61,6%) <sup>12</sup>.

Comparando as abordagens cirúrgicas mais utilizadas entre os EUA e a Europa, entre os anos de 2010 a 2013, observa-se que foram realizadas 47.539 cirurgias nos EUA e 30.673 na Europa. Sendo que destas, nos EUA, 29.879 (62%) foram realizadas por minitoracotomia vídeo assistida e 17.660 (37%) por toracotomia lateral. Na Europa ocorre uma inversão na escolha cirúrgica, 6.729 (21%) foram realizadas por minitoracotomia vídeo assistida e 23.962 (77%) por toracotomia.

A quantidade de ressecções pulmonares via toracotomia lateral, tanto nos EUA quanto na Europa, foram: lobectomia 10.735 (22%) e 14.175 (46%); ressecção em cunha 3.301 (6%) e 3.836 (12%); pneumectomia 1.266 (2%) e 2.249 (7.3); segmentectomia 964 (2%) e 1.657 (5%); bilobectomias 889 (1%) e 1.407 (4%); e as bulectomias 515 (1%) e 638 (2%) respectivamente <sup>13</sup>.

Dentre as abordagens cirúrgicas via toracotomia são realizadas a toracotomia póstero-lateral e a toracotomia anterolateral.

A toracotomia póstero-lateral é o acesso padrão para a maioria dos procedimentos cirúrgicos torácicos, incluindo a cirurgia ressecção pulmonar, esôfago e mediastino. Isto se dá devido a excelente visualização das estruturas traqueobronquicas, mas também do hilo pulmonar. É essencial para a realização da linfadenectomia mediastinal<sup>14</sup>.

A toracotomia anterolateral é uma importante alternativa cirúrgica, pois possui como vantagem a proteção do músculo grande dorsal. Os benefícios incluem a redução de danos nos tecidos moles e geralmente menos pronunciado desconforto pós-operatório <sup>14</sup>.

A esternotomia mediana é amplamente utilizada pela cirurgia cardíaca, entretanto, na cirurgia torácica, é menos frequente, tendo como indicação os grandes tumores de mediastino anterior <sup>14</sup>.

O posicionamento do paciente se dá conforme a abordagem eleita pelo cirurgião, sendo a toracotomia póstero-lateral mais utilizada. Sendo assim, coloca-se o paciente lateralmente na mesa cirúrgica e a incisão da pele e músculos se dá a partir da linha axilar anterior, dirige-se posteriormente passando dois dedos abaixo do ângulo da escápula e se curva superiormente entre a borda vertebral da escápula e as apófises espinhosas das vertebrae. Após a secção dos planos musculares a cavidade torácica é atingida habitualmente através do espaço intercostal. Em casos especiais de pequena elasticidade da parede costal, quando há grande espessamento pleural, resseca-se uma costela. O espaço intercostal escolhido é comumente o quinto, em alguns casos de ressecções mais altas ou mais baixas pode ser escolhido o quarto ou sexto espaço <sup>15</sup>. Normalmente o músculo grande dorsal é dividido em duas partes, embora haja descrição cirúrgica com a divisão do grande dorsal em direção de suas fibras. Já o serrátil anterior geralmente pode ser mobilizado e retraído anteriormente sem divisão. No quinto espaço intercostal é inserido um

afastador de costela, que pode facilitar a exposição, esta manobra auxilia na palpação profunda do pulmão. O fechamento da incisão é realizada pela colocação de suturas pericostais e reaproximação com uma sutura contínua do músculo grande dorsal<sup>16</sup>.

## **2.2 Alterações fisiopatológicas e complicações no pós-operatório de toracotomia**

As complicações pulmonares são uma das principais causas de morbidade e mortalidade no período pós-operatório de toracotomia <sup>18</sup>. De acordo com a BGCT, as principais causas de morbidades no pós operatório de cirurgia torácica foram: arritmia atrial (10,7%), pneumonia (4%), reintervenção cirurgica (3,8%), reintubação (3,2%) e traqueostomia (1%). Quando se analisa mortalidade, morbidade e a soma de morbidade/mortalidade dos procedimentos cirurgicos de segmentectomia, lobectomia, pneumectomia observa -se de maneira geral os valores de mortalidade operatória de 1,4% (n = 401), já a taxa de morbidade foi de 9,1% (n = 2545), e a associação de maior taxa de morbidade ou mortalidade foi de 9,5% (n = 2.654) <sup>12</sup>.

As mudanças na função pulmonar que ocorrem no período pós-operatório são principalmente restritiva, com diminuição proporcional em todos os volumes pulmonares e nenhuma alteração na resistência das vias aéreas. A diminuição da capacidade residual funcional (CRF) expressa o critério restritivo aferido. Esta redução nos volumes pulmonares é gerado pelo conteúdo abdominal que atinge e impede movimentos normais do diafragma e pelo padrão respiratório anormal desprovido de suspiros e caracterizada por uma respiração superficial <sup>19</sup>.

A toracotomia póstero-lateral pode causar várias complicações pós-operatórias, isto se dá devido ao fato do acesso a cavidade pleural onde requer a secção de músculos intercostais, abertura da pleura parietal e afastamento das costelas. Neste procedimento cirúrgico, o periósteo costal e o feixe neurovascular intercostal pode sofrer lesão de graus variados, resultantes de efeitos mecânicos dos afastadores costais ou térmico pelo eletro cauterio <sup>20</sup>. Algumas complicações são propensas a ocorrer com a toracotomia, dentre elas: lesão nas cordas vocais, fístula bronco pleurais, embolia pulmonar e edema pulmonar não cardiogênico. Entretanto as principais complicações são a

atelectasia (que persiste em mais de 50% dos pacientes nas primeiras 24 horas), broncoespasmo e pneumonia que podem levar a insuficiência respiratória. A maioria dos pacientes submetidos a toracotomia póstero-lateral queixa-se de dor, provocando a respiração superficial, conseqüentemente a diminuição dos volumes e capacidades pulmonares (Figura 1) <sup>18-21</sup>. Dentro os procedimentos cirúrgicos da caixa torácica, a toracotomia póstero-lateral é considerada uma incisão cirúrgica com maior percepção dolorosa <sup>21</sup>.

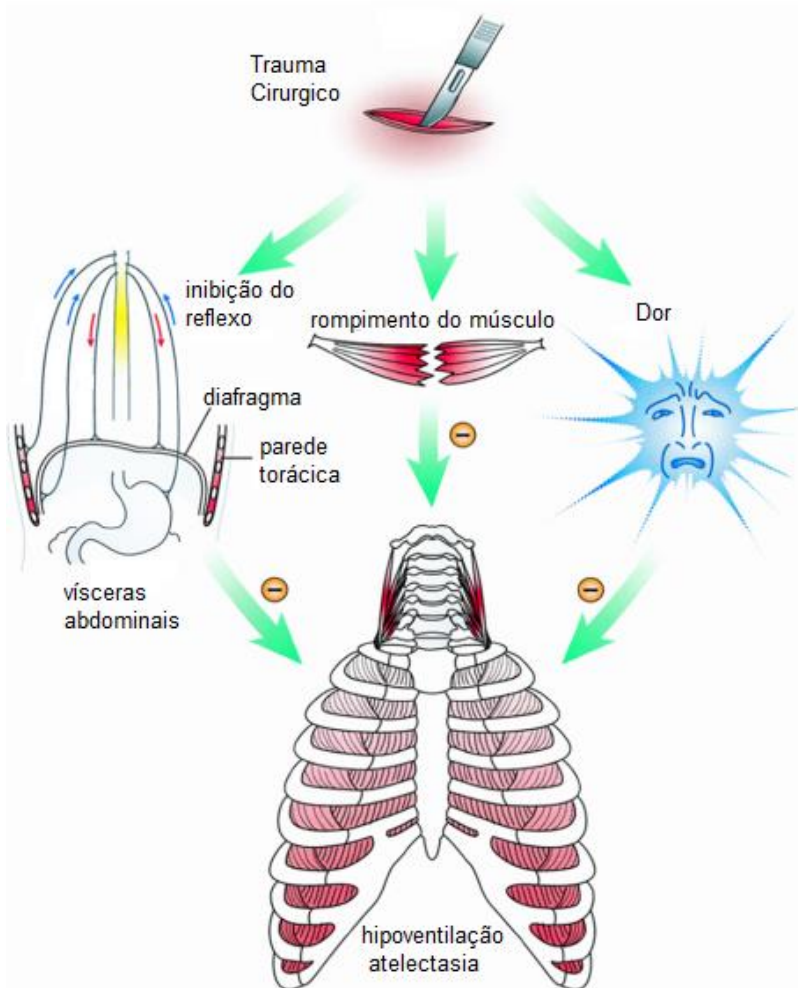


Figura 1. Fatores que produzem a disfunção muscular respiratória após o trauma cirúrgico. Fonte: Adaptado de Lakshminarasimhachar et al. <sup>19</sup>.

A Associação Internacional para Estudos da Dor (IASP) descreve a dor como uma experiência sensorial e emocional desagradável associada com dano tecidual real ou potencial ou descrito em termos destes danos. É a descrição da dor como “experiência” que a diferencia da nocicepção. A nocicepção é processo neural pelo qual o estímulo térmico, mecânico ou químico é detectado e

codificado<sup>22</sup>. Já a dor resulta de uma interação complexa entre sistemas de sinalização, modulação de centros superiores e a percepção do indivíduo<sup>23</sup>. Neste contexto, enquanto os processos fisiológicos envolvidos na dor podem ser descritos, a sua percepção e seu significado global são únicos, podendo ser modificados pelo contexto afetivo, cultural e perspectivas cognitivas de cada indivíduo na tradução do estímulo nociceptivo em sensação dolorosa<sup>24</sup>.

A experiência dolorosa é o produto final de uma complexa rede de processamento de informação. Esse processo inicia na periferia, onde vários órgãos, como a pele e estruturas subcutâneas (incluindo as articulações e os músculos), possuem uma subpopulação de fibras nervosas periféricas aferentes, denominadas nociceptores. Os neurônios nociceptores são especializados em detectar e responder a estímulos nocivos térmicos, mecânicos e químicos, transmitindo essas informações através de potenciais elétricos com precisão ao sistema nervoso central. O corpo celular e dos nociceptores localizados ao longo do corpo se situam no gânglio da raiz dorsal da medula espinhal, enquanto que os localizados na face estão no gânglio trigeminal. Ambos possuem um ramo axonal periférico e um ramo central, que inerva o órgão-alvo e a medula espinhal, respectivamente<sup>25, 26</sup>.

Uma vez codificada a informação do estímulo nocivo, ela é transmitida através de sinapses entre as projeções dos nociceptores da medula espinhal e os neurônios de segunda ordem na substância cinzenta do corno dorsal da medula espinhal. Uma porção dos neurônios de segunda ordem possuem axônios que ascendem até o tronco cerebral e o tálamo, e são as conexões entre o tálamo e os centros corticais superiores que controlam a percepção da sensação dolorosa e integram as respostas afetivas à dor. Os demais axônios dos neurônios espinhais estão envolvidos com os reflexos motores e autonômicos desencadeados pelo estímulo nocivo. Por fim, os tratos descendentes reduzem ou facilitam o processamento nociceptivo espinhal a partir dos núcleos do tronco cerebral e descem pela porção dorsolateral da medula espinhal<sup>24, 27, 28</sup>.

A espirometria é um exame amplamente utilizado para verificar as capacidades respiratórias. Diversos estudos utilizam este método para quantificar as condições respiratórias do paciente<sup>19, 29, 30</sup>. O teste consiste em medir como um indivíduo inala ou exala volumes de ar em função do tempo. O

sinal primário medido pela espirometria pode ser o volume ou fluxo. A espirometria é um teste imprecindível para avaliar a capacidade respiratória. Dentre as indicações estão: diagnóstico e avaliação de recuperação pós doença e/ou lesão pulmonar. As variáveis mais importantes mensuradas são a capacidade vital forçada (CVF), no qual é o volume de ar entregue durante a expiração realizada com força a partir da inspiração completa, a expiração forçada no primeiro segundo ( $VEF_1$ ) é o volume de ar entregue no primeiro segundo após uma manobra de CVF. A capacidade pulmonar total (CPT) é quantidade de ar nos pulmões após uma inspiração máxima. A quantidade de ar que permanece nos pulmões após uma exalação máxima é o volume residual (VR). A CPT e o VR não podem ser medidos através da espirometria. A capacidade vital (CV) pode também ser medida lentamente durante a expiração partindo da CPT ou durante a inspiração, a partir do VR. A CVF é o teste de função pulmonar mais importante porque num dado indivíduo, durante a expiração, existe um limite para o fluxo máximo que pode ser atingido em qualquer volume pulmonar. Como esta curva define um limite para o fluxo, e o fluxo é muito sensível a maioria das doenças comuns que afetam o pulmão. Já o  $VEF_1$  é a medida pulmonar mais útil clinicamente <sup>31</sup>. A partir da realização do exame, compara-se os valores obtidos com os valores previstos de cada paciente. Os valores considerados normais são baseados através de equações matemáticas que levam em consideração dados antropométricos tais como idade, peso e altura. Outra variável a ser considerada é a etnia dos pacientes, visto que existem equações matemáticas levando em consideração as características de cada lugar <sup>32</sup>.

A ressecção pulmonar pode ser realizada com segurança, quando o paciente apresenta o  $VEF_1$  maior do que 2,0L ou 60% do previsto. A diretriz Britânica sugere que a taxa de mortalidade menor do que 5% pode ser alcançado se a  $VEF_1$  pré-operatório for maior do que 1,5L para lobectomia e 2,0L para pneumectomia<sup>33</sup>. Realizando a espirometria de pacientes submetidos a ressecção pulmonar, no pré-operatório, pós-operatório de um mês e pós-operatório de seis meses, observou-se que o  $VEF_1$  médio no pré-operatório foi de  $2,55 \pm 0,62L$ , pós-operatório de 1mês foi de  $1,97L \pm 0,59L$  e pós-operatório de seis meses foi  $2,15L \pm 0,66L$ , portanto, o  $VEF_1$  diminui significativamente no pós-operatório quando comparados com os valores pré-operatórios, mas após

seis meses ocorreu um aumento do VEF<sub>1</sub>, porém não retornando aos valores pré-operatórios. A dor e o espasmo muscular são apontados como um dos fatores para a deficiência da função pulmonar <sup>30</sup>.

A perda de força muscular respiratória pós ressecção pulmonar é relacionada com o dano ao músculo respiratório, provocando uma inspiração insuficiente e reduz a capacidade para expectoração <sup>34</sup>. Entretanto, um estudo realizou a avaliação pré-operatória (dois dias antes do procedimento cirúrgico), uma e duas semanas após a cirurgia e foi demonstrado inalterada a força muscular respiratória após a toracotomia <sup>17</sup>. Em outro estudo, avaliando a função respiratória, foi mensurada a força muscular no pré-operatório e no primeiro ao quarto dia pós-operatório, no qual observou-se a queda da força muscular respiratória do pré-operatório para o pós-operatório <sup>35</sup>.

Os músculos respiratórios têm a função de expandir e encurtar a caixa torácica. No sistema respiratório, a pressão é a forma de mensurar a força muscular, pois estima a alteração de volume e o deslocamento das estruturas da parede torácica. A principal vantagem deste teste é que ele fornece uma estimativa inspiratória e expiratória, simples de realizar, com boa aceitação pelo paciente e com isso, evitando a passagem de balão esofágico. A forma de medir a força muscular respiratória através da manovacuometria, consiste na medida da pressão inspiratória máxima (P<sub>I</sub>max) e a pressão expiratória máxima (P<sub>E</sub>max). Para a realização do teste, o paciente é posicionado no leito, (cabeceira elevada a 90°), membros inferiores estendidos e com um clipe nasal. O teste é repetido três vezes, com intervalo de um minuto entre cada tentativa, sendo considerado o maior valor desde que não haja diferença maior que 20% entre os dois valores mais altos. A P<sub>I</sub>max é determinada, partindo do volume residual, pela inspiração profunda contra o circuito ocluído e a P<sub>E</sub>max é obtida, partindo da capacidade pulmonar total, pela expiração forçada contra o bocal do aparelho (Figura 2) <sup>36</sup>. Vários autores relatam valores de referência de P<sub>I</sub>max e P<sub>E</sub>max. A referência mais utilizada no Brasil para analisar os resultados dos valores absolutos e em percentual do predito são propostos pelas equações de Neder et al <sup>37</sup>.



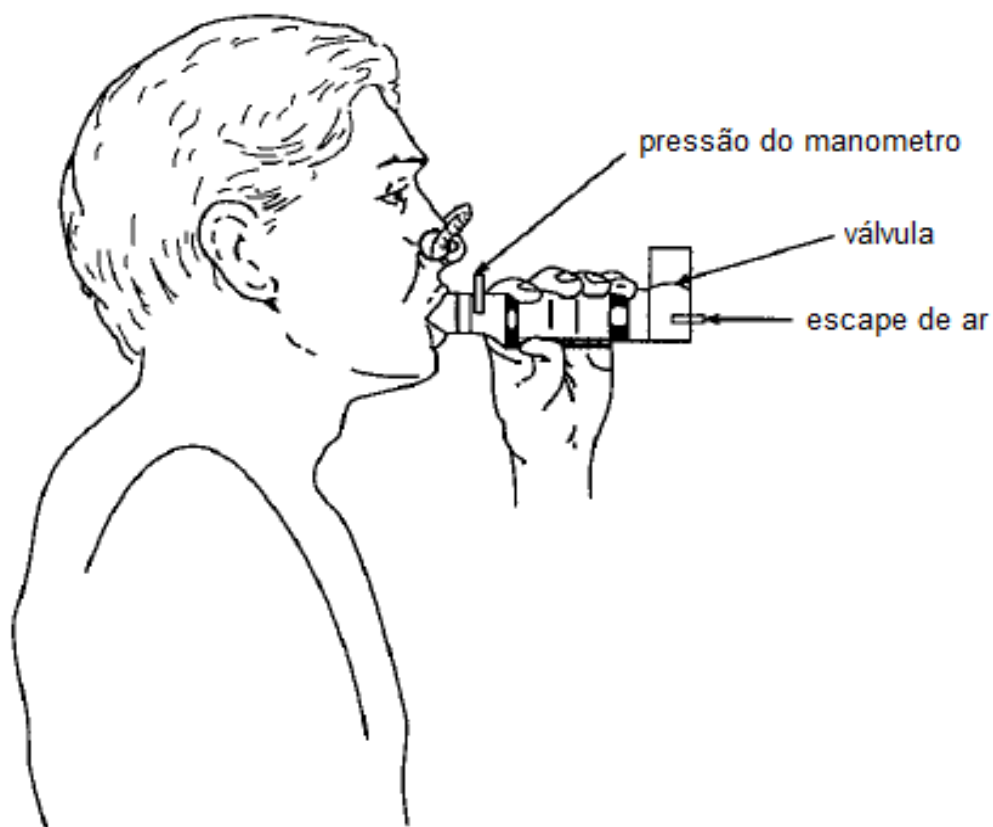


Figura 2. Manobra de manovacuometria

Fonte: Adaptado de *American Thoracic Society/European Respiratory Society*

36.

### 2.3 Analgesia farmacológica no pós-operatório de toracotomia

A melhora do manejo da dor tem sido crucial para a diminuição da morbidade após grandes cirurgias de ressecções pulmonares. Várias técnicas analgésicas têm sido propostas para controlar a dor pós-operatória de toracotomia. No entanto, a dor aguda e crônica continuam sendo um problema na recuperação pós-operatória <sup>21</sup>. A dor aguda é definida como aquela que tem duração de até 30 dias após a cirurgia e a dor crônica é aquela que permanece de 2 a 6 meses no pós-operatório <sup>38</sup>.

Várias técnicas para gerenciar a dor pós-operatória têm sido descritas. A controvérsia, no entanto, é sobre o que e quando administrar. A administração sistêmica de opióides é o método mais simples e comum para proporcionar analgesia para a dor pós-operatória, porém a administração sistêmica de opióide

pode não ser a maneira mais adequada para o manejo da dor pós toracotomia. Por conseguinte, outras técnicas são muitas vezes implementadas, incluindo a administração central de drogas, através de rotas peridurais e as tentativas de deposição de drogas perto de nervos periféricos que inervam a caixa torácica <sup>21</sup>.

Entre várias abordagens para a analgesia, a abordagem multimodal parece ser a mais eficaz. Pós toracotomia a analgesia pode ser administrada em forma de *bolus* (controlados pelo próprio paciente) ou através de bomba de infusão contínua com farmacocinéticos <sup>38</sup>. Os opióides, tais como morfina, fentanil e tramadol são os mais utilizados no controle analgésico sistêmico das toracotomia. Entretanto o grande problema de se utilizar estas drogas são a sua estreita janela terapêutica e efeitos colaterais <sup>38</sup>. Mesmo em doses moderadas, os opiáceos podem resultar em efeitos colaterais tais como náusea, vômitos, sonolência e depressão respiratória <sup>7</sup>.

A analgesia sistêmica pode ser dada com opióides, anti-inflamatório não esteroide e paracetamol.

As analgesias regionais podem ser administradas sob a forma intercostal, paravertebral, interpleural e bloqueio espinhal <sup>38</sup>.

O cateter peridural é considerado o padrão ouro para a terapia da dor após a toracotomia <sup>7, 38</sup>. Esta técnica surgiu como escolha para as cirurgias torácicas, pois além de promover excelente controle da dor, evita a sedação associada a opiáceos sistêmicos, o controle da dosagem é contínua no pós-operatório e evita o bloqueio motor associado a administração de fármaco pelo espaço intratecal. A dose de medicamento em que o cateter necessita quando comparada pela via sistêmica são muito menores para o alívio eficaz da dor <sup>21</sup>. Estudos mostram que o cateter peridural é mais eficaz do que intercostal, interpleural e analgesia por opióides <sup>39</sup>. Em um ensaio clínico randomizado, foi realizada a comparação de analgesia peridural e intravenosa com morfina. Tanto em repouso, tosse e no movimento, a intensidade dolorosa foi menor do grupo com cateter peridural, quando comparado com grupo que recebeu morfina <sup>40</sup>. O espaço peridural é delimitado anteriormente pelo ligamento longitudinal posterior, lateralmente pelos pedículos e o forame intervertebral e posteriormente pelo ligamento amarelo e a superfície anterior da lâmina. O conteúdo do espaço peridural são as raízes dos nervos, gordura, tecido areolar, linfáticos, artérias e extenso plexo

vertebral. A principal vantagem para utilizar esta técnica é o bloqueio simpático, impedindo o estado de simpatectomia do nervo parassimpático <sup>38</sup>.

Entretanto ocorre vários efeitos adversos com a analgesia via cateter peridural incluindo: falha de bloqueio, hipotensão, retenção urinária, complicações pulmonares e náuseas <sup>38</sup>. Outra desvantagem para uso do cateter peridural é a inserção do cateter, que pode gerar uma punção acidental, toxicidade anestésica e raquianestesia total (levando a depressão anestésica a medula espinhal e tronco cerebral). A lesão do nervo, hematoma epidural e abscessos são raros, porém não podem ser descartados. É contraindicado em doentes com infecção local, distúrbios de coagulação sanguínea, pacientes que receberam anticoagulantes e terapia antiplaquetária <sup>41</sup>.

O cateter paravertebral tem sido estudado por vários autores para o alívio da dor no pós toracotomia, mostrando resultados promissores em diversas cirurgias <sup>8, 42, 43</sup>. Uma vantagem para o emprego desta técnica é devido a sua unilateralidade, ou seja, somente um lado é anestesiado, sendo preservada a função respiratória contralateral ao procedimento <sup>41</sup>. O espaço paravertebral é uma área em forma de cunha imediatamente lateral ao forame intervertebral onde nervos espinhais emergem e aqui estes nervos podem ser bloqueados com injeção de anestésico local produzindo apenas anestesia unilateral <sup>44</sup>.

Esta técnica anestésica apresenta menor incidência de efeitos colaterais, tais como redução na retenção urinária e hipotensão <sup>8, 41</sup>. Em um estudo publicado no ano de 2016, no qual comparava o efeito do uso do cateter peridural *versus* paravertebral, 23% dos pacientes do grupo peridural apresentaram hipotensão arterial, enquanto nenhum paciente do grupo paravertebral <sup>44</sup>. As complicações relatadas são menores quando comparadas com o cateter peridural, punção vascular acidental (3,8% para 6,8%), hipotensão (4% a 4,6%), hematoma (2,4%), dor local na inserção do cateter (1,3%), sinais de disseminação epidural ou intratecal (1%), punção pleural (0,8% a 1,1%) e pneumotórax (0,5) <sup>41</sup>. As contraindicações para a colocação do cateter não se opõem ao peridural, que também pode ser realizada com segurança em pacientes anestesiados sem aumento do risco aparente de lesão neurológica <sup>41</sup>.

## 2.4 Fisioterapia pós-operatória em pós operatório de toracotomia

A fisioterapia pré e pós-operatória é fornecida aos pacientes submetidos à cirurgia torácica como uma importante ferramenta para reduzir complicações pós-operatórias, as quais estão associadas com significativos impactos clínicos e econômicos <sup>45</sup>. Como já descrito anteriormente, as complicações mais frequentes são atelectasia, consolidação pulmonar, derrame pleurais, fistulas brônquicas e pneumonia <sup>46, 47</sup>, além da dor, que promove uma respiração insuficiente, tosse ineficaz e limitação ao movimento <sup>19</sup>.

Como método de prevenir estas complicações, a fisioterapia respiratória tem como proposta o uso de técnicas que promovem expansão pulmonar, higiene brônquica e fortalecimento da musculatura respiratória <sup>48, 49</sup>.

Um estudo publicado pelo Reino Unido avaliou a realização de fisioterapia em pacientes submetidos a toracotomia. Dos 31 centros participantes, 27 (87%) fornecem fisioterapia pré operatória para os pacientes. As intervenções fisioterapêuticas no pré-operatório incluem: técnicas de respiração profunda (70%), *huffing* e tosse (89%), ciclo ativo da respiração (63%), inspirômetro de incentivo (37%) e a indicação de reabilitação pulmonar (45%). Já no pós-operatório, 97% realizaram avaliação pós-operatória no primeiro dia, sendo que 2% realizaram a fisioterapia no dia da cirurgia. As técnicas empregadas no primeiro dia pós operatório foram: colocar o paciente para fora da cama (90%), mobilização precoce (65%), marcha estacionária (13%) e o uso do inspirômetro de incentivo (65%) <sup>45</sup>.

A drenagem postural e a compressão manual associada a vibração são recursos amplamente aceitos para a fisioterapia respiratória com intuito de auxiliar a higiene brônquica. Outro dispositivo que também é estudado no pós-operatório de cirurgia torácica é o Acapella. Este dispositivo consiste em um tampão com um metal de contrapeso, e um ímã ligado a uma alavanca, quando o paciente expira, a atração do ímã contra o metal é quebrada, gerando uma oscilação do fluxo aéreo. Um estudo comparando a utilização do Acapella vs o inspirômetro de incentivo, avaliando no primeiro e terceiro dia pós-operatório, mostrou que não há diferença entre os métodos quando avaliados o VEF<sub>1</sub>. Entretanto, os autores também avaliaram o conforto com o uso das técnicas, no qual o Acapella se mostrou mais confortável para realização da terapia <sup>50</sup>.

Um ensaio clínico randomizado foi publicado com o objetivo principal de verificar a eficácia do inspirômetro de incentivo em comparação com exercícios respiratórios. O inspirômetro de incentivo é uma técnica de respiração profunda realizada através de um dispositivo que oferece *feedback* visual, através de três bolas que se movimentam conforme a passagem do fluxo de ar. Esse *feedback* é pensando em melhorar a técnica de inspiração e motivar o paciente durante o exercício. A inspiração profunda tem como objetivo a reexpansão de áreas pulmonares colapsadas, fazendo com que ocorra a distensão do tecido e mobilize secreções. O exercício respiratório (grupo controle), composto por padrões ventilatórios insuflantes, foi ensinado a realizar uma inspiração profunda ativa seguida de uma expiração passiva e o inspirômetro de incentivo (grupo intervenção) é a inspiração profunda máxima com a utilização de um *feedback* visual. O primeiro atendimento foi realizado por um fisioterapeuta conforme cada alocação, após cada paciente foi encorajado a repetir os exercícios 10 vezes por hora enquanto estivessem acordados. Além dos exercícios respiratórios, também foram realizados a mobilização precoce, exercícios de ombro e a tosse. As avaliações ocorreram no primeiro e quarto dia de atendimento pós-operatório. O desfecho principal foi a avaliação da função pulmonar através do VEF<sub>1</sub>, já os desfechos secundários foram a média da VEF<sub>1</sub>, tempo de internação hospitalar, complicações pulmonares pós-operatória, retenção de escarro, mortalidade intra-hospitalar. No total, foram avaliados 180 pacientes, 88 no grupo controle e 92 no grupo intervenção. Não foi observada diferença entre o grupo que utilizou inspirômetro de incentivo vs o grupo de padrões ventilatórios insuflantes no VEF<sub>1</sub> (40% vs 41%), na frequência de complicações pulmonares pós-operatórias (12,5 vs 15%) ou de qualquer outro desfecho secundário <sup>45</sup>.

Um estudo publicado recentemente avaliou cinquenta pacientes pós toracoscopia, sendo randomizados em dois grupos, um grupo realizou apenas o uso do inspirômetro de incentivo (ensinados uma vez por um fisioterapeuta) e no outro, grupo fisioterapia, foi realizado exercícios respiratórios diafragmáticos e costais, exercícios de postura combinados com os respiratórios também foram executados além da tosse eficaz. Estes exercícios eram realizados duas vezes por dia com duração de trinta minutos. A fisioterapia respiratória foi iniciada em ambos os grupos após 24 horas pós-operatória, sendo realizadas as avaliações de espirometria, gasometria e o termômetro de dor Burford antes do primeiro

atendimento e no terceiro dia de atendimento. Os achados desta pesquisa apontaram uma melhora da VEF<sub>1</sub> média, dor e tempo médio de internação no grupo fisioterapia. A capacidade vital forçada, e os dados de gasometria foram melhores do que os basais, mas não houve diferença entre grupos <sup>51</sup>.

## 2.5 Estimulação elétrica nervosa transcutânea

Devido à diversidade de nomes utilizados para denominação das correntes elétricas, a divisão de eletrofisiologia clínica da *American Physical Therapy Association* estabeleceu uma terminologia unificada para as correntes elétricas clínicas sendo denominadas corrente direta, alternada e pulsada <sup>52</sup>.

A corrente direta ou monofásica, também conhecida como corrente galvânica, é caracterizada por um fluxo contínuo ou ininterrupto e unidirecional de elétrons. Clinicamente, além de satisfazer essas características, esse fluxo deve ser sustentado por, no mínimo, um segundo. Outra característica da corrente direta é ser polarizada. As principais aplicações clínicas da corrente direta são para iontoforese, que é o estímulo da penetração de íons benéficos terapêuticamente através da barreira da pele, para cicatrização de feridas ou para o tratamento de inflamações.

A corrente alternada é definida como o fluxo bidirecional contínuo de elétrons. Sua característica principal é o fato de os pulsos estarem ligados e contínuos, não havendo intervalo entre os pulsos. Além disso, o fluxo muda constantemente de direção, revertendo a polaridade, caracterizando-se como uma corrente não polarizada. A corrente alternada usada clinicamente possui frequência na faixa de 1.000Hz a 10.000Hz, também classificada como correntes de média frequência. Porém, a corrente alternada é modulada em *burst*, ou trem de pulsos, para otimizar seus efeitos. A frequência do *burst* normalmente está na faixa biológica de 1 a 120Hz. Cada ciclo completo da corrente alternada consiste em duas fases, uma positiva e outra negativa, as durações da fase (ou pulso) estão na faixa de 50 a 500µs. Além disso, o fluxo de corrente é equilibrado, isto é, a quantidade de carga em cada fase é idêntica. São exemplos de nomes comerciais para essa corrente, a corrente Russa (2.500Hz), a corrente Interferencial (2.000Hz, 4.000Hz e 8.000Hz) e a corrente Aussie (1.000Hz e 4.000Hz).

A corrente pulsada é definida como o fluxo uni ou bidirecional de partículas carregadas que periodicamente cessa por um período de tempo breve e finito. A corrente pulsada, usada terapeuticamente, possui frequência na faixa de 1 a 1.000Hz, sendo também classificada como de baixa frequência. Exemplos para essa corrente são a estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) e a estimulação elétrica funcional (FES) <sup>52, 53</sup>.

A Associação Americana de Fisioterapia define a TENS como a aplicação de estimulação elétrica sobre a pele para o controle da dor. É um método não invasivo, de baixo custo, seguro e fácil de ser aplicado <sup>54</sup>. Seu mecanismo de ação é proposto pela teoria da comporta do controle da dor, pela estimulação de neurotransmissores e seus receptores e inibição segmentar e descendente <sup>9, 55-57</sup>.

Clinicamente são utilizados diferentes tipos de frequências, intensidades e duração de pulso. Duas formas de classificar a frequência são utilizadas: a de alta frequência (>50Hz), a de baixa frequência (<10Hz) ou ainda por trens de pulso (*burst* – rajadas de alta e baixa frequência). A intensidade é que determinada se o paciente irá gerar estímulo a nível sensorial ou motor. O nível sensorial, ou seja, a amplitude, é aumentada até que o paciente sinta um formigamento confortável (alta frequência) ou *tapping* (baixa frequência) sem contração muscular. Geralmente TENS de alta frequência é aplicada em baixas intensidades (TENS convencional), já o TENS de baixa frequência é aplicada com alta intensidade promovendo a contração muscular <sup>57</sup>.

A utilização da TENS para o controle da dor é amplamente relatada na literatura <sup>58-60</sup>, entretanto alguns estudos refutam a sua eficácia. Isto pode ser explicado devido a vários fatores, dentre eles: falta do uso de um grupo placebo, diversidade nos parâmetros utilizados (frequência, duração de pulso, intensidade, tempo de aplicação), local de colocação de eletrodos, entre outros <sup>57</sup>. Para superar muitas dessas dificuldades, o uso de modelos animais é utilizado para ajudar a elucidar os mecanismos neurobiológicos pelo qual a TENS promove o alívio da dor <sup>57</sup>.

Os efeitos foram testados em vários modelos animais. Primeiramente viu-se que ao provocar o estímulo doloroso e utilizar a TENS com frequência alta, ocorre a ativação das fibras A e promove a inibição da via descendente. Além disso, o controle analgésico pode ser realizado através da atividade das raízes

ventrais ou do neurônio localizado na espinha nervosa. Estimulando a fibra A ocorre a redução da atividade das raízes ventrais e a atividade do corno dorsal. Células do trato espinotalâmico transmitem a dor e a temperatura a partir da medula espinhal ao tálamo e ambos são limite alto de ativação neural <sup>57</sup>. A atividade espontânea e a entrada nociva no trato espinotalâmico são inibidas pela baixa e alta frequência de TENS. Porém, após um novo estudo mostrou que a baixa intensidade apresenta melhor controle da dor quando comparado com o de alta intensidade. Aumento de três vezes o limiar das fibras A $\beta$  era ineficiente, mas aumenta de ativação das fibras A $\delta$  nociceptores produzia uma grande inibição <sup>61</sup>. Já em outro estudo avaliou-se a inibição no corno dorsal da medula sobre o efeito de frequência, intensidade e duração variável e observou-se que quanto maior a intensidade, frequência e duração do pulso, aumenta a quantidade de inibição de neurônio no corno dorsal. Quando retirado o estímulo da TENS, o corno dorsal volta ao normal, de modo que o aumento da intensidade de estimulação para a fibra A $\delta$  aumenta a inibição reflexa tanto em baixa quanto em alta frequência <sup>62, 63</sup>.

Várias teorias são usadas para apoiar o uso da TENS. Dentre elas, a teoria das comportas da dor é proposta para explicar a ação da TENS. Essa teoria propõem que a estimulação das fibras aferentes de grande diâmetro inibe as respostas evocadas pela fibra nociceptiva no corno dorsal da medula <sup>9, 57</sup>.

A teoria envolve a inibição segmentar por neurônios localizados na substância gelatinosa do corno dorsal da medula, sugerindo que vias inibitórias descendentes possam existir e que os neurônios espinhais estão sob esta influência, sendo assim, a explicação sustentada pelas comportas da dor podem ser interpretadas amplamente (figura 3) <sup>55</sup>.



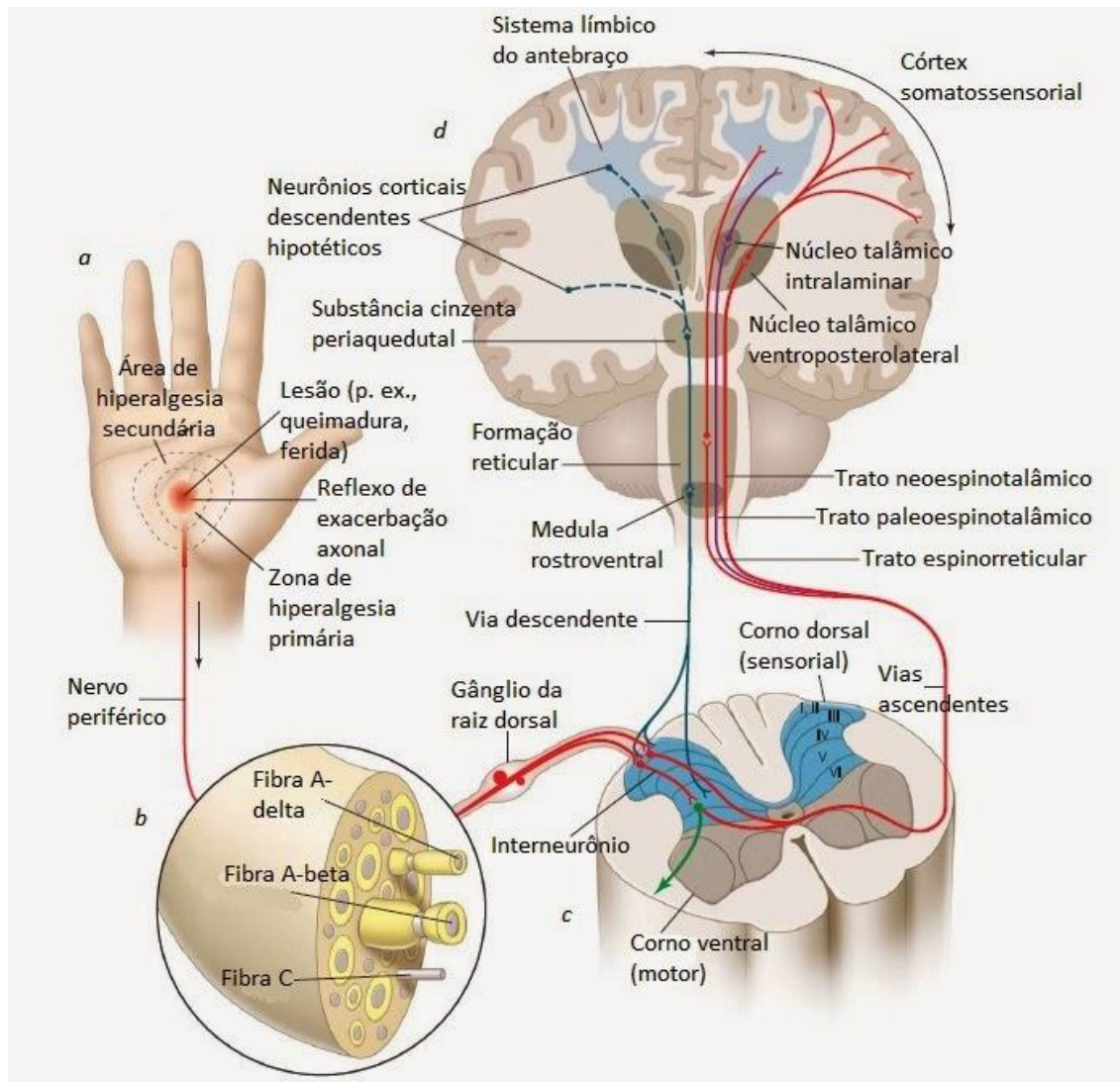


Figura 3. Mecanismo da dor

FONTE: [http://www.medicinanet.com.br/conteudos/acp-medicine/5249/dor\\_cronica\\_%E2%80%93anne\\_louise\\_oaklander.htm](http://www.medicinanet.com.br/conteudos/acp-medicine/5249/dor_cronica_%E2%80%93anne_louise_oaklander.htm)

Entretanto, com a compreensão da farmacologia do sistema nervoso há muitos detalhes que a teoria das comportas da dor não explicava. Dentre eles as vias anatômicas, neurotransmissores e seus receptores e os neurônios envolvidos na inibição<sup>64</sup>. Porém, uma quantidade significativa de inibição permanece após a estimulação medular, assim, a TENS parece produzir inibição tanto segmentar quanto descendente<sup>57</sup>. Foi demonstrado também que a barreira aferente por estímulo doloroso está intacta durante e após a TENS<sup>61</sup>. Assim, mesmo a estimulação de alta frequência não pode bloquear a entrada da periferia para o sistema nervoso central. Além disso, os efeitos analgésico da TENS dura mais que a estimulação por 8 a 24 horas, sugerindo outros

mecanismos de bloqueio periférico <sup>57</sup>. Outra forma de analgesia devido ao uso da TENS é a estimulação de adenosina que é estimulada devido a vibração por ser uma fibra larga <sup>65</sup>.

A liberação de opióides endógenos tem sido utilizada para explicar as ações da TENS, tanto em baixa quanto em alta frequência. Existem três tipos de receptores opióides  $\mu$ ,  $\delta$  e K. Estes encontram-se periféricamente na medula espinhal e nas áreas de inibição descendente, incluindo o núcleo no corno anterior da medula e na substância cinzenta. A substância cinzenta envia o estímulo para o corno anterior da medula, que por sua vez envia o estímulo para o corno posterior da medula. Com isso, ocorre a inibição de neurônio do corno dorsal, incluindo células do trato espinotalâmico. É comumente aceito que a inibição mediada por opióide produz efeitos através da ativação da substância cinzenta e do corno anterior da medula. Além disso, a estimulação da TENS envolve a serotonina como neurotransmissor através da via do corno anterior da medula e a via inibitória descendente reduzindo a dor e a hiperalgesia. Outra via inibitória é comum a partir das células noradrenérgicas, A6 e A7 que usam o neurotransmissor noradrenalina e ativam os receptores  $\alpha$ -2 subaracnóides que produzem inibição no neurônio do corno dorsal <sup>57</sup>.

Já foi demonstrado que após a administração de TENS de baixa ou alta frequência ocorre aumento da concentração de  $\beta$ -endorfina na corrente sanguínea e no líquido cefalorraquidiano de indivíduos saudáveis, aumento da concentração de encefalina metionina, um opióide agonista  $\delta$ , e a dinorfina A, a K agonista opióide no líquido lombar espinhal, sugerindo que ao nível espinhal, diferentes opióides são liberados com variação de frequências de estimulação e assim possivelmente diferentes receptores opióides são ativados para produzir analgesia pela TENS.

Um estudo em que promoveu a inflamação do joelho em modelo animal, foi testado os efeitos da TENS de baixa frequência (4 Hz) e de alta frequência (100 Hz). Neste estudo os autores demonstraram que receptores opióides específicos são ativados conforme cada frequência. Foi observado que a TENS de baixa frequência ativa os receptores  $\mu$  opióides e o TENS de alta frequência ativa os receptores  $\delta$  opióide (figura 4) <sup>66</sup>.

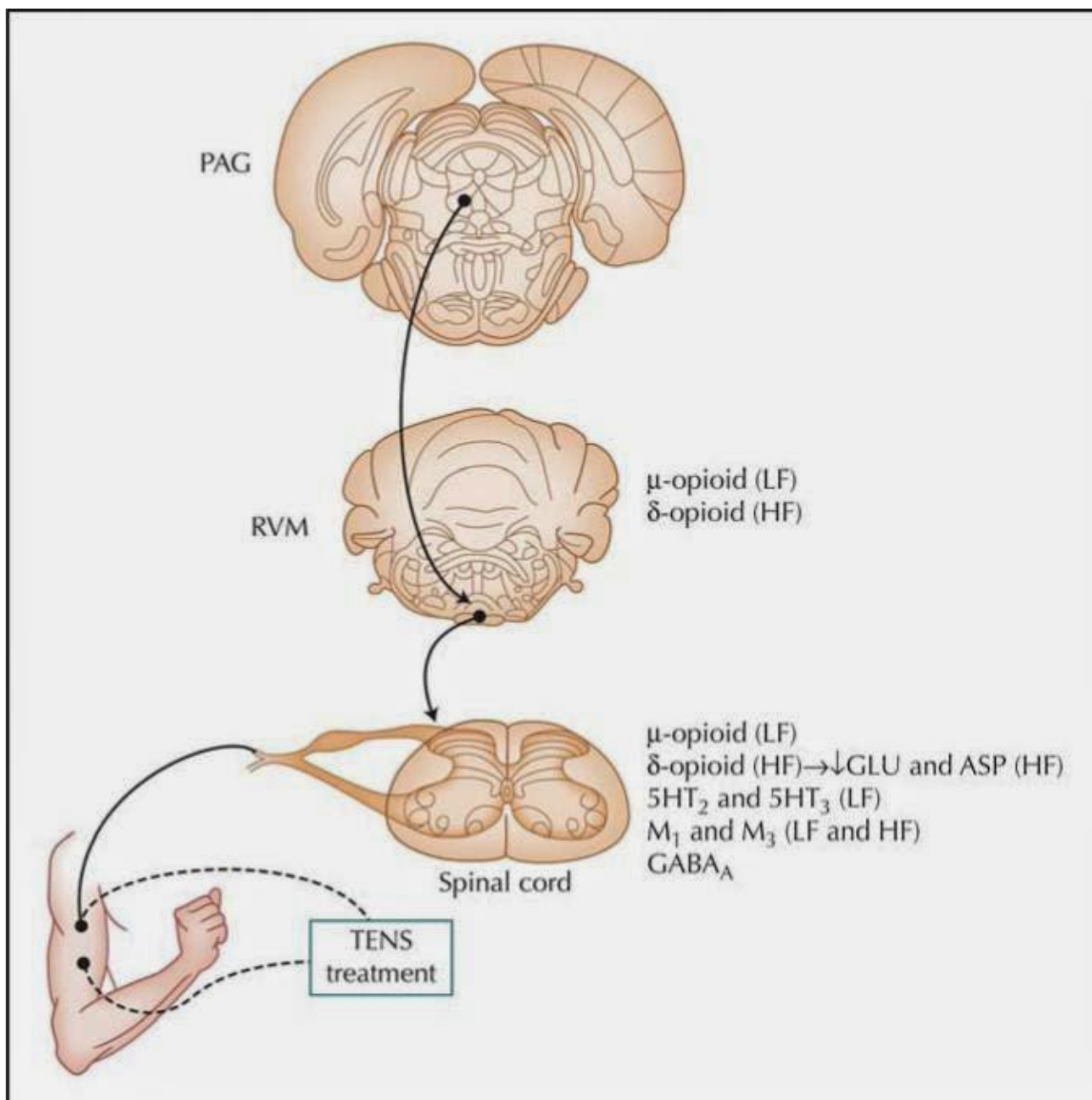


Figura 4: Vias nervosas pela estimulação elétrica nervosa transcutânea

FONTE: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2746624/>

A TENS pode ter efeito periférico ou autonômico central. A estimulação elétrica pode ativas as fibras A $\delta$  modificando o fluxo vascular local. E um estudo realizado com ratos, injetando substancia inflamatória, consequentemente gerando o processo inflamatório, quando utilizado TENS de alta frequência, a substancia P em gânglios da raiz dorsal e corno posterior da medula é reduzido, sendo assim, a evidencia começa a surgir de que alguns dos efeitos analgésicos da TENS pode ser medida através de ações sobre as fibras aferentes primárias e modulação da atividade autonômica <sup>57</sup>.

Outro mecanismo importante que deve ser levado em consideração é a estimulação repetida dos receptores opióides pela administração frequente de morfina ou analgésicos opióides a qual pode levar a uma tolerância analgésica definida como uma diminuição na eficácia analgésica com o uso repetido <sup>67</sup>. De um modo semelhante, repetida utilização terapêutica de agentes eletrofísicos que reduzem a dor através da liberação de opióides endógenos poderia ter uma diminuição do seu efeito analgésico <sup>55</sup>. Aproximadamente 30% das pessoas não respondem ao TENS, e dos pacientes que respondem, apenas um terço ainda obtém alívio da dor após dois anos de terapêutica. Um estudo demonstrou que as pessoas que tomavam opióides regularmente antes do procedimento cirúrgico não respondiam ao uso da TENS no pós operatório <sup>68</sup>.

Em um estudo com o objetivo de verificar a tolerância analgésica do TENS em seres humanos, os autores selecionaram 100 indivíduos saudáveis, que não apresentavam dor, e dividiu em quatro grupos (controle (GC), grupo TENS (GE) placebo (GP), TENS baixa frequência (TBF - 4Hz) e TENS alta frequência (TAF – 100Hz)). Foi utilizado duração de pulso de 100µsec, intensidade até a tolerância máxima do paciente com o total de aplicação de 20 minutos aplicados por 5 dias. Quando analisado a sensibilidade a dor por pressão, houve uma diferença no efeito hipalgésico no grupo TBF quando comparado com GC ( $p=0,024$ ), quando comparado com o GP ( $p=0,004$ ). Da mesma forma foi encontrado no grupo TAF quando comparado com o GC ( $p=0,012$ ) e quando comparado com o GP ( $p=0,002$ ). Quando comparado os grupos a cada dia, entre o GC e TP não houve diferença em nenhum dos dias, entretanto quando os grupos TBF e TAF foram comparados aos GC e GP ocorreu uma diferença significativa entre os dias 1 a 4 (valores de p variaram de:  $p < 0,0001$  e  $p=0,443$ ). No quinto dia não houve diferença entre os grupos, o que demonstra uma diminuição no efeito hipalgésico, ou seja, ocorre tolerância analgésica, nos grupos TAF e TBF. Com isso, paciente em uso crônico de opiáceos não respondem a TENS de baixa frequência e a manutenção dos parâmetros leva a tolerância <sup>69</sup>.

A fim de evitar a tolerância analgésica, a alternância de frequência entre alta e baixa evita a acomodação em uma semana <sup>70</sup>. Um estudo publicado no ano de 2012 que tinha como objetivo verificar se o aumento diário de 10% da intensidade iria prevenir a tolerância ao TENS e se TENS com menor intensidade

(50% do limiar motor (LM)) produz uma redução equivalente na hiperalgesia quando comparado com TENS de 90% no LM. A amostra era composta por ratos com inflamação no joelho e foram separados em 7 grupos: TP, TAF (100Hz), TBF (4Hz) 50%, TAF 90%, TBF 90%, TAF aumentando 10% ao dia, TBF e TAF aumentando 10% ao dia, a aplicação era de 20 minutos por 10 dias. Os grupos foram significativamente diferentes uns dos outros com o aumento da intensidade de  $>90\%$  do LM  $> 50\%$  do LM  $>$  placebo ( $p < 0,001$ ). Quando comparado TP e TAF com 50% não houve diferença, entretanto ocorre diferença quando comparado com TAF com 90% ( $p=0,003$  e  $p=0,002$ ) e com aumento da intensidade ( $p < 0,001$ ). Da mesma forma ocorre nos limiares 90% do LM e aumento da intensidade da TENS foram maiores do que o GP ( $p=0,0001$  e  $p=0,001$ ) e 50% do LM, e intensidade do TENS ( $p=0,0001$  e  $p=0,0001$ ). Porém, os efeitos da TENS permaneceram até o quarto dia de terapia nos grupos que não variavam a intensidade. Nos grupos de 90% e 50% do LM e aumento de 10% na intensidade por dia mostrou aumento do efeito até o nono dia ( $p < 0,001$ ). Sendo assim, os resultados mostram que a intensidade crescente em ambas as frequências de TENS foi capaz de evitar a tolerância analgésica <sup>71</sup>.

Diversas formas de onda da TENS são utilizadas e para verificar se há um tipo de onda melhor no manejo da dor, foi estudado com a TENS de alta frequência a diferença entre onda bifásica simétrica ou assimétrica. Foi induzida uma inflamação da articulação do joelho de ratos ( $n=28$ ) e aplicou-se as correntes por 20 minutos no grupo intervenção e no grupo placebo. Observou-se o tempo em que o rato demorou para retirar a pata em resposta a uma fonte de calor. Houve um aumento na resposta de retirada da pata nos grupos intervenção quando comparada com o grupo placebo ( $p=0,001$ ). Em relação as formas de onda não houve diferença em simétrica e assimétrica. Com isso, a TENS de alta frequência, independentemente da forma de onda, reduz hiperalgesia secundária induzida por inflamação articular. Mas a seleção do formato da onda não interfere na sua eficácia e sim no conforto do paciente <sup>72</sup>.

## **2.6 Estimulação elétrica nervosa transcutânea no pós-operatório de cirurgia torácica**

A eletroanalgesia tem sido proposta como um tratamento auxiliar para o alívio da dor pós-operatória, com consequente melhoria da mecânica da caixa torácica e redução de possíveis complicações respiratórias nas cirurgias torácicas. A TENS é um recurso amplamente utilizado no alívio sintomático da dor <sup>9</sup>.

Uma revisão sistemática com metanálise de estudos randomizados foi publicada no ano de 2012 com objetivo de avaliar os efeitos da TENS sobre a dor e a função pulmonar em pacientes após cirurgias torácicas. Onze estudos foram incluídos, sendo cinco relacionados a cirurgia pulmonar, com incisão por toracotomia póstero-lateral, e seis estudos realizaram cirurgia cardíaca por esternotomia mediana. Analisando os artigos referentes a cirurgia pulmonar, quando avaliado a dor, quatro estudos compararam a TENS associada a analgesia farmacológica vs TENS placebo associado a analgesia farmacológica. Nessa comparação, observou-se que a TENS proporcionou redução significativa na dor comparada ao TENS placebo. Foi realizada análise de sensibilidade em relação ao tempo da intervenção, na qual foram analisados separadamente os estudos em que a TENS foi aplicada em uma única sessão no primeiro dia de pós-operatório e os estudos que a TENS foi aplicada continuamente por 48h ou mais. Em ambas as situações foi observada que a TENS promoveu redução significativa na dor quando comparada à TENS placebo. Um único estudo comparou TENS associado a analgesia farmacológica vs analgesia farmacológica controlada somente, onde observou-se que o tratamento com a TENS não foi mais eficaz na diminuição da dor. Dois estudos compararam TENS vs TENS placebo em relação a CVF, porém não houve diferença significativa entre as intervenções. Dessa forma, os autores concluíram que a TENS associada ao tratamento farmacológico promove um melhor controle da dor no pós-operatório de cirurgia com toracotomia póstero-lateral. Entretanto, devido à baixa qualidade metodológica e pequeno número amostral, são necessários novos ensaios clínicos randomizados, com maior número de pacientes e maior rigor metodológico para poder ampliar o poder da informação <sup>10</sup>.

Após essa revisão sistemática, um novo ensaio clínico foi realizado sendo selecionado pacientes em pós-operatório de cirurgia torácica. Foram incluídos 30 pacientes e divididos em dois grupos: GT (G1) e GP (G2). No segundo pós-operatório foi aplicado a TENS (frequência = 100Hz, duração de pulso = 100µsec, intensidade conforme a tolerância do paciente e duração de uma hora de aplicação) e a EVA foi aplicada em três momentos, antes da TENS (M0), imediatamente após a instalação da TENS (M1) e uma hora após aplicação (M2) com o paciente em repouso, elevação de membros superiores, mudança de decúbito e tosse. A intensidade da dor em repouso foi maior no G2 no M1. Não houve diferença entre os grupos durante a elevação de membros superiores, mudança de decúbito e tosse <sup>73</sup>.

Outro artigo publicado em 2012 avaliou os efeitos da TENS sobre a dor pós-operatória em cirurgia torácica sobre as citocinas, dor, função respiratória e a ingestão de medicamentos opióides. Foram incluídos 50 pacientes submetidos a toracotomia póstero-lateral, randomizados em dois grupos: TENS (GT) e placebo (GP). A TENS foi aplicada com frequência de 80Hz, duração de pulso de 250µs, intensidade até o limiar do paciente com 30 minutos de duração em cada sessão nas primeiras 48h e após 2 vezes ao dia até o quinto dia. Foi observado que as citocinas IL-6, IL-10, TNF-α foram menores do GT ( $p=0,001$ ), assim como a dor. A função pulmonar no GT foi melhor para VEF<sub>1</sub> e CVF ( $p=0.02$  para ambos) quando comparado com o GC. Já para o uso de morfina, o GT apresentou menor consumo nas primeiras 48h ( $p=0,004$ ) e após esse período, nenhum paciente no GT necessitou de medicação ( $p=0,002$ ). Com isso os autores concluíram que a TENS é uma boa estratégia para aliviar a dor pós-operatória, com redução de citocinas, analgésicos e com efeito positivo na função pulmonar <sup>74</sup>.

Em 2015, outro ensaio clínico comparando os efeitos do TENS vs bloqueio paravertebral (BP) foi realizado. Foram randomizados 40 pacientes submetidos a toracotomia. Um grupo recebia TENS (GT) e o outro grupo recebia o BP (GBP). O TENS foi aplicado por 24 horas continuamente, com frequência de 100Hz, duração de pulso de 100µs e intensidade ajustada conforme a tolerância do paciente. Foi registrado o uso de tramadol nas primeiras 24 horas pós-operatória. Como resultado foi encontrado um melhor controle da dor no GBP quando comparado com o GT em todos os tempos de avaliação, assim como menor

consumo de opióides no GBP. No pós-operatório a função pulmonar no GBP não apresentou decréscimo na VEF<sub>1</sub> e um aumento da relação VEF<sub>1</sub>/CVF ( $p=0,001$ ), já no GT, ocorreu uma redução de VEF<sub>1</sub> e aumento da relação VEF<sub>1</sub>/CVF ( $p<0,001$ ). Os autores concluem que a TENS tem efeitos benéficos para o alívio da dor pós-toracotomia sem qualquer efeito secundário, entretanto, não proporciona alívio da dor suficiente quando comparada ao bloqueio paravertebral<sup>75</sup>.

Outro estudo publicado também em 2015, tinha como objetivo comparar o uso da TENS vs controle no controle analgésico. Foram incluídos 40 pacientes em pós-operatório de toracotomia randomizados em grupo TENS (GE) e grupo controle (GC). Foram avaliados a dor (durante o repouso e ao tossir) e o consumo de analgésicos (tramadol e tenoxicam). A TENS foi ajustada com frequência de 85Hz, duração de pulso de 180 $\mu$ s, intensidade conforme o limiar do paciente, com duração de 30 minutos. Após 24h até 72h de pós-operatório foi aplicado a TENS no GT 3 vezes com um intervalo de 4 horas, após este período, foi aplicado 2 vezes ao dia. O nível de dor e o consumo de analgésico foi menor no GT quando comparado com o GC. A dor foi menor nas 72 horas durante o repouso e nas 48, 72 e 96 horas durante a tosse ( $p <0,05$ ). O consumo de opióides também foi menor do GT nas 48, 72 e 96 horas pós toracotomia ( $p<0,05$ ), seguindo o mesmo para as drogas não opióides nos mesmos momentos ( $p<0,05$ )<sup>76</sup>.

Novos estudos têm sido propostos com o intuito de verificar o efeito da TENS no pós-operatório de cirurgia torácica vídeo-assistida. Em um estudo publicado no ano de 2016, teve como objetivo verificar o controle da dor e o consumo de medicação analgésica nas primeiras 48 horas de pós-cirúrgico. Foram selecionados 56 pacientes, dos quais 40 pacientes chegaram ao término da pesquisa, divididos em dois grupos, GE associado ao opióide e grupo opióide isolado. Tanto para o controle da dor, quanto para o consumo de opióide, não houve diferença entre os grupos. Porém, o GE consumiu menos opióide quando comparado com o opióide isolado<sup>77</sup>.



### 3. JUSTIFICATIVA

A dor é um importante fator de incremento na morbidade e mortalidade em pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos, incluindo as cirurgias torácicas. A incisão cirúrgica provoca aumento do reflexo do tônus muscular durante a respiração cujo resultado final é uma diminuição da complacência pulmonar e dos volumes pulmonares. Dessa forma, o controle da dor é fundamental para evitar complicações nesses pacientes.

Além da analgesia farmacológica, uma técnica amplamente utilizada pela fisioterapia é o uso da estimulação elétrica nervosa transcutânea para controle da dor na cirurgia torácica. Uma revisão sistemática com metanálise publicada no ano de 2012 sobre esse assunto demonstrou que a estimulação elétrica é eficaz no controle da dor após as cirurgias torácicas, porém os estudos incluídos apresentaram baixa qualidade metodológica e pequeno número amostral, sugerindo a realização de novos ensaios clínicos randomizados com um número maior de pacientes e maior rigor metodológico<sup>10</sup>. Assim, torna-se relevante analisar a eficácia do uso desta técnica no pós-operatório de cirurgia torácica no controle da dor, na função pulmonar e na força muscular respiratória.

Estes dados poderão auxiliar no tratamento para redução da dor e diminuição do uso de analgésicos no pós-operatório de cirurgia torácica e manutenção ou melhora dos volumes pulmonares da unidade de tratamento intensivo no Hospital Pavilhão Pereira Filho.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Geral**

Avaliar os efeitos da estimulação elétrica nervosa transcutânea comparada com um grupo controle e um placebo sobre a dor, força muscular respiratória e a função pulmonar no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI).

### **4.2 Específicos**

Avaliar os efeitos da estimulação elétrica nervosa transcutânea comparado com um grupo controle e um placebo sobre a quantidade de medicação analgésica via acesso oral (paracetamol) e venoso (dipirona, tramadol e morfina) no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma UTI.

Avaliar se existe diferença entre os grupos em relação ao tipo de cateter utilizado [cateter peridural (CP) e cateter paravertebral (CPV)] no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma UTI.

Avaliar se existe diferença em relação ao tipo de medicação analgésica via cateter peridural ou paravertebral (bupivacaína associado a fentanil e ropivacaína associado a fentanil) utilizada no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma UTI.

## 5. Referencias da revisão da literatura

1. Landreneau RJ, Pigula F, Luketich JD, Keenan RJ, Bartley S, Fetterman LS, et al. Acute and chronic morbidity differences between muscle-sparing and standard lateral thoracotomies. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 1996;112(5):1346-50; discussion 50-1.
2. Savage C, McQuitty C, Wang D, Zwischenberger JB. Postthoracotomy pain management. *Chest surgery clinics of North America*. 2002;12(2):251-63.
3. Kavanagh BP, Katz J, Sandler AN. Pain control after thoracic surgery. A review of current techniques. *Anesthesiology*. 1994;81(3):737-59.
4. Boisseau N, Rabary O, Padovani B, Staccini P, Mouroux J, Grimaud D, et al. Improvement of 'dynamic analgesia' does not decrease atelectasis after thoracotomy. *British journal of anaesthesia*. 2001;87(4):564-9.
5. Benedetti F, Amanzio M, Casadio C, Cavallo A, Cianci R, Giobbe R, et al. Control of postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic operations. *The Annals of thoracic surgery*. 1997;63(3):773-6.
6. Yegin A, Erdogan A, Kayacan N, Karsli B. Early postoperative pain management after thoracic surgery; pre- and postoperative versus postoperative epidural analgesia: a randomised study. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2003;24(3):420-4.
7. Grant RP. Con: every postthoracotomy patient does not deserve thoracic epidural analgesia. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 1999;13(3):355-7.
8. Baidya DK, Khanna P, Maitra S. Analgesic efficacy and safety of thoracic paravertebral and epidural analgesia for thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*. 2014;18(5):626-35.
9. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science*. 1965;150(3699):971-9.
10. Sbruzzi G, Silveira SA, Silva DV, Coronel CC, Plentz RD. Transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic surgery: systematic review and meta-analysis of 11 randomized trials. *Revista brasileira de cirurgia cardiovascular : orgao oficial da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. 2012;27(1):75-87.
11. Zardo PF, S. Standardtechniken in der Thoraxchirurgie. *Zeitschrift für Herz Thorax und Gefäßchirurgie*. 2010;5(24):288 - 93.

12. Fernandez FG, Kosinski AS, Burfeind W, Park B, DeCamp MM, Seder C, et al. The Society of Thoracic Surgeons Lung Cancer Resection Risk Model: Higher Quality Data and Superior Outcomes. *The Annals of thoracic surgery*. 2016;102(2):370-7.
13. Seder CW, Wright CD, Chang AC, Han JM, McDonald D, Kozower BD. The Society of Thoracic Surgeons General Thoracic Surgery Database Update on Outcomes and Quality. *The Annals of thoracic surgery*. 2016;101(5):1646-54.
14. Hazelrigg SR, Landreneau RJ, Boley TM, Priesmeyer M, Schmaltz RA, Nawarawong W, et al. The effect of muscle-sparing versus standard posterolateral thoracotomy on pulmonary function, muscle strength, and postoperative pain. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 1991;101(3):394-400.
15. Groppo AA, Fernandes, P. M. P., Costa, R., Stolf, N.A.G. Ressecções Pulmonares. *Rev Med*. 1981;63(1 e 2):31-4.
16. Downey RJ, Bains MS. Open Surgical Approaches for Pulmonary Metastasectomy. *Thoracic surgery clinics*. 2016;26(1):13-8.
17. Nomori H, Horio H, Naruke T, Suemasu K. What is the advantage of a thoroscopic lobectomy over a limited thoracotomy procedure for lung cancer surgery? *The Annals of thoracic surgery*. 2001;72(3):879-84.
18. Sengupta S. Post-operative pulmonary complications after thoracotomy. *Indian journal of anaesthesia*. 2015;59(9):618-26.
19. Lakshminarasimhachar A, Smetana GW. Preoperative Evaluation: Estimation of Pulmonary Risk. *Anesthesiology clinics*. 2016;34(1):71-88.
20. Ferguson MK. Preoperative assessment of pulmonary risk. *Chest*. 1999;115(5 Suppl):58S-63S.
21. Soto RG, Fu ES. Acute pain management for patients undergoing thoracotomy. *The Annals of thoracic surgery*. 2003;75(4):1349-57.
22. Merskey H BN. Pain terms. : IASP Press.; 2011.
23. Steeds CE. The anatomy and physiology of pain. *Surgery*. 2009;27(12):507-11.
24. Moffat R RC. Anatomy, physiology and pharmacology of pain. *Anaesth Intensive Care Med*. 2011;12(1):12-5.

25. Basbaum AI, Bautista DM, Scherrer G, Julius D. Cellular and molecular mechanisms of pain. *Cell*. 2009;139(2):267-84.
26. D'Mello R, Dickenson AH. Spinal cord mechanisms of pain. *British journal of anaesthesia*. 2008;101(1):8-16.
27. Basbaum AI JT. Pain. *Principles of Neuroscience*.2013.
28. Schaible HG. Peripheral and central mechanisms of pain generation. *Handbook of experimental pharmacology*. 2007(177):3-28.
29. Takahashi Y, Matsutani N, Morita S, Dejima H, Nakayama T, Uehara H, et al. Predictors of long-term compensatory response of pulmonary function following major lung resection for non-small cell lung cancer. *Respirology*. 2016.
30. Drakou E, Kanakis MA, Papadimitriou L, Iacovidou N, Vrachnis N, Nicolouzos S, et al. Changes in Simple Spirometric Parameters After Lobectomy for Bronchial Carcinoma. *Journal of cardiovascular and thoracic research*. 2015;7(2):68-71.
31. PEREIRA CAC. Espirometria. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. 2002;28(supl 3):1-82.
32. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *The European respiratory journal*. 2005;26(5):948-68.
33. British Thoracic S, Society of Cardiothoracic Surgeons of Great B, Ireland Working P. BTS guidelines: guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. *Thorax*. 2001;56(2):89-108.
34. Nomori H, Horio H, Fuyuno G, Kobayashi R, Yashima H. Respiratory muscle strength after lung resection with special reference to age and procedures of thoracotomy. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 1996;10(5):352-8.
35. Bauer C, Hentz JG, Ducrocq X, Meyer N, Oswald-Mammosser M, Steib A, et al. Lung function after lobectomy: a randomized, double-blinded trial comparing thoracic epidural ropivacaine/sufentanil and intravenous morphine for patient-controlled analgesia. *Anesthesia and analgesia*. 2007;105(1):238-44.
36. American Thoracic Society/European Respiratory S. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2002;166(4):518-624.
37. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation.

Brazilian journal of medical and biological research = Revista brasileira de pesquisas medicas e biologicas / Sociedade Brasileira de Biofisica [et al]. 1999;32(6):719-27.

38. Attri JP KR, Kaur H, Makhni R. Post thoracotomy pain management: A review of current available modalities. Northern Journal of ISA. 2016;1:7-10.

39. Gottschalk A, Cohen SP, Yang S, Ochroch EA. Preventing and treating pain after thoracic surgery. Anesthesiology. 2006;104(3):594-600.

40. Senturk M, Ozcan PE, Talu GK, Kiyani E, Camci E, Ozyalcin S, et al. The effects of three different analgesia techniques on long-term postthoracotomy pain. Anesthesia and analgesia. 2002;94(1):11-5, table of contents.

41. Yeung JH, Gates S, Naidu BV, Wilson MJ, Gao Smith F. Paravertebral block versus thoracic epidural for patients undergoing thoracotomy. The Cochrane database of systematic reviews. 2016;2:CD009121.

42. Kundra P, Varadharajan R, Yuvaraj K, Vinayagam S. Comparison of paravertebral and interpleural block in patients undergoing modified radical mastectomy. Journal of anaesthesiology, clinical pharmacology. 2013;29(4):459-64.

43. Cosmo GF, B; Sessa, F.; Fiorini, F.; Fortunato, .; Congedo, E. Postoperative Analgesia in Thoracic Surgery: A Comparison between Continuous Paravertebral Nerve Block and Continuous Incisional Infusion with OnQ Pain Relief System. Journal Anesthesia & Clinical Research. 2012;4(1).

44. Biswas SV, R.; Bhatia, V.K.; Chaudhar, A.K.; Chandra, G.; Prakas, R. Comparison between Thoracic Epidural Block and Thoracic Paravertebral Block for Post Thoracotomy Pain Relief. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2016;10(9).

45. Agostini P, Reeve J, Dromard S, Singh S, Steyn RS, Naidu B. A survey of physiotherapeutic provision for patients undergoing thoracic surgery in the U.K. Physiotherapy. 2013;99(1):56-62.

46. Reeve J, Denehy L, Stiller K. The physiotherapy management of patients undergoing thoracic surgery: a survey of current practice in Australia and New Zealand. Physiotherapy research international : the journal for researchers and clinicians in physical therapy. 2007;12(2):59-71.

47. Reid JC, Jamieson A, Bond J, Versi BM, Nagar A, Ng BH, et al. A pilot study of the incidence of post-thoracotomy pulmonary complications and the effectiveness of pre-thoracotomy physiotherapy patient education. Physiotherapy Canada Physiotherapie Canada. 2010;62(1):66-74.

48. Varela G, Ballesteros E, Jimenez MF, Novoa N, Aranda JL. Cost-effectiveness analysis of prophylactic respiratory physiotherapy in pulmonary lobectomy. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2006;29(2):216-20.
49. Hulzebos EH, Helders PJ, Favie NJ, De Bie RA, Brutel de la Riviere A, Van Meeteren NL. Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: a randomized clinical trial. *Jama*. 2006;296(15):1851-7.
50. Cho YJ, Ryu H, Lee J, Park IK, Kim YT, Lee YH, et al. A randomised controlled trial comparing incentive spirometry with the Acapella(R) device for physiotherapy after thoracoscopic lung resection surgery. *Anaesthesia*. 2014;69(8):891-8.
51. Gunay S, Eser I, Ozbey M, Agar M, Koruk I, Kurkcuoglu IC. Evaluation of two different respiratory physiotherapy methods after thoracoscopy with regard to arterial blood gas, respiratory function test, number of days until discharge, cost analysis, comfort and pain control. *Nigerian journal of clinical practice*. 2016;19(3):353-8.
52. Robertson V WA, Low J, Reed A. *Eletroterapia explicada: princípios e prática*. Rio de Janeiro. 2009.
53. Robinson AJ S-ML. *Eletrofisiologia clínica: eletroterapia e teste eletrofisiológico*. Porto Alegre. 2010.
54. Alexandria V. *Electrotherapy Standards Committee: Electrotherapeutic terminology in physical therapy (report)*. Section on clinical electrophysiology and American Physical Therapy Association. 2001.
55. Chandran P, Sluka KA. Development of opioid tolerance with repeated transcutaneous electrical nerve stimulation administration. *Pain*. 2003;102(1-2):195-201.
56. Kalra A, Urban MO, Sluka KA. Blockade of opioid receptors in rostral ventral medulla prevents antihyperalgesia produced by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *The Journal of pharmacology and experimental therapeutics*. 2001;298(1):257-63.
57. Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *The journal of pain : official journal of the American Pain Society*. 2003;4(3):109-21.
58. Upton GA, Tinley P, Al-Aubaidy H, Crawford R. The influence of transcutaneous electrical nerve stimulation parameters on the level of pain

perceived by participants with painful diabetic neuropathy: A crossover study. *Diabetes & metabolic syndrome*. 2016.

59. Gozani SN. Fixed-site high-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of chronic low back and lower extremity pain. *Journal of pain research*. 2016;9:469-79.

60. Son SJ, Kim H, Seeley MK, Hopkins JT. Efficacy of Sensory Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Perceived Pain and Gait Patterns in Individuals With Experimental Knee Pain. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2016.

61. Lee KH, Chung JM, Willis WD, Jr. Inhibition of primate spinothalamic tract cells by TENS. *Journal of neurosurgery*. 1985;62(2):276-87.

62. Sjolund BH. Peripheral nerve stimulation suppression of C-fiber-evoked flexion reflex in rats. Part 1: Parameters of continuous stimulation. *Journal of neurosurgery*. 1985;63(4):612-6.

63. Sjolund BH. Peripheral nerve stimulation suppression of C-fiber-evoked flexion reflex in rats. Part 2: Parameters of low-rate train stimulation of skin and muscle afferent nerves. *Journal of neurosurgery*. 1988;68(2):279-83.

64. Woolf CJ, Mitchell D, Barrett GD. Antinociceptive effect of peripheral segmental electrical stimulation in the rat. *Pain*. 1980;8(2):237-52.

65. Marchand S, Li J, Charest J. Effects of caffeine on analgesia from transcutaneous electrical nerve stimulation. *The New England journal of medicine*. 1995;333(5):325-6.

66. Sluka KA, Deacon M, Stibal A, Strissel S, Terpstra A. Spinal blockade of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats. *The Journal of pharmacology and experimental therapeutics*. 1999;289(2):840-6.

67. Li P, Maguma HT, Thayne K, Davis B, Taylor DA. Correlation of the time course of development and decay of tolerance to morphine with alterations in sodium pump protein isoform abundance. *Biochemical pharmacology*. 2010;79(7):1015-24.

68. Solomon RA, Viernstein MC, Long DM. Reduction of postoperative pain and narcotic use by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Surgery*. 1980;87(2):142-6.

69. Liebano RE, Rakel B, Vance CG, Walsh DM, Sluka KA. An investigation of the development of analgesic tolerance to TENS in humans. *Pain*. 2011;152(2):335-42.



70. Desantana JM, Santana-Filho VJ, Sluka KA. Modulation between high- and low-frequency transcutaneous electric nerve stimulation delays the development of analgesic tolerance in arthritic rats. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2008;89(4):754-60.
71. Sato KL, Sanada LS, Rakel BA, Sluka KA. Increasing intensity of TENS prevents analgesic tolerance in rats. *The journal of pain : official journal of the American Pain Society*. 2012;13(9):884-90.
72. Hingne PM, Sluka KA. Differences in waveform characteristics have no effect on the anti-hyperalgesia produced by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in rats with joint inflammation. *The journal of pain : official journal of the American Pain Society*. 2007;8(3):251-5.
73. Ferreira FC, Issy AM, Sakata RK. Assessing the effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in post-thoracotomy analgesia. *Revista brasileira de anestesiologia*. 2011;61(5):561-7, 308-10.
74. Fiorelli A, Morgillo F, Milione R, Pace MC, Passavanti MB, Laperuta P, et al. Control of post-thoracotomy pain by transcutaneous electrical nerve stimulation: effect on serum cytokine levels, visual analogue scale, pulmonary function and medication. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2012;41(4):861-8; discussion 8.
75. Baki ED, Oz G, Kokulu S, Ulasli AM, Ela Y, Sivaci RG, et al. Comparison of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Paravertebral Block for Postthoracotomy Pain Relief. *The Thoracic and cardiovascular surgeon*. 2015;63(6):514-8.
76. Erden S, Senol Celik S. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on post-thoracotomy pain. *Contemporary nurse*. 2015;51(2-3):163-70.
77. Engen DJ, Carns PE, Allen MS, Bauer BA, Loehrer LL, Cha SS, et al. Evaluating efficacy and feasibility of transcutaneous electrical nerve stimulation for postoperative pain after video-assisted thoracoscopic surgery: A randomized pilot trial. *Complementary therapies in clinical practice*. 2016;23:141-8.

## 6. ARTIGO

Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea na Dor, Função Pulmonar e Força Muscular Respiratória no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma Unidade de Tratamento Intensivo: Ensaio Clínico Randomizado

Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation after Post-Lateral Thoracotomy: randomized controlled trial

Autores

Hermann H. Husch PT<sup>1,2</sup>, Guilherme Watte PT MSc<sup>1</sup>, Daniella Birriel MD<sup>2</sup>, Pauline Carvalho<sup>3</sup>, Adriana Kesler PT PhD<sup>3</sup>, Graciele Sbruzzi PT PhD<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 90035-003, Porto Alegre, Brasil.

<sup>2</sup>Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Pavilhão Pereira Filho, 90020-090, Porto Alegre, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, 90050-170, Porto Alegre, Brazil.

Periódico: Physical Therapy

Status: Aguarda sugestões da banca, para ser traduzida e submetido a revista

\* Autor para correspondência

Graciele Sbruzzi, ScD

Rua Felizardo, 750. Bairro Jardim Botânico. CEP 90690-200

Porto Alegre, RS.

Email: [graciele.sbruzzi@ufrgs.br](mailto:graciele.sbruzzi@ufrgs.br); Telefone: (051) 33085857

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar os efeitos da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) comparada com TENS placebo e grupo controle sobre a dor, função pulmonar, força muscular respiratória e medicações analgésicas no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI).

**Método:** Pacientes entre 31 e 76 anos submetidos a toracotomia póstero-lateral, foram incluídos e alocados aleatoriamente em três grupos: TENS (GE), TENS placebo (GP) e controle (GC). O GE recebeu a aplicação da TENS (frequência=100 Hz, duração de pulso=100  $\mu$ s, intensidade no nível sensorial, durante 30 minutos, três vezes ao dia, durante a internação na UTI), associada a fisioterapia convencional (respiratória e motora). No GP foi realizada a TENS placebo além de fisioterapia convencional; e o GC recebeu apenas a fisioterapia convencional. Os desfechos foram avaliados no pré-operatório, pós-operatório (PO), e 48 horas após a internação na UTI: dor através da Escala Visual Analógica, função pulmonar através de espirometria (VEF<sub>1</sub> e CVF), força muscular respiratória através de manovacuometria (PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub>), e medicações através da análise dos prontuários. **Resultados:** Foram incluídos 45 pacientes, sendo 15 em cada grupo. Em relação a percepção dolorosa, não houve diferença entre os grupos ( $P=0,172$ ), porém houve redução na dor após o término do primeiro atendimento no GE ( $4,7\pm 3,2$  vs.  $3,3\pm 2,6$ ;  $P<0,05$ ). Em relação a função pulmonar e força respiratória não houve diferença significativa entre os grupos nos momentos avaliados. Entretanto, nas avaliações intragrupo, observou-se melhora na CVF, todos os grupos apresentaram redução no momento PO e 48 horas comparado com o pré ( $P<0,001$ ), e somente o GE promoveu um aumento na CVF nas 48 horas em relação ao PO ( $P<0,001$ ). A PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub> diminuíram em todos os grupos comparando o pré com o PO e 48 horas ( $P<0,001$ ). Não houve diferença entre os grupos em relação as medicações analgésicas, porém o GC apresentou maior consumo de morfina ( $p=0,037$ ) e o GP maior consumo de paracetamol ( $p=0,035$ ) 24 vs 48 horas, o que não foi alterado no GE.

**Conclusão:** Não foi observado diferença entre os grupos em relação aos desfechos avaliados no pós-operatório de cirurgia torácica, porém, a TENS

promoveu redução da dor e aumento mais precoce da CVF, além disso, não promoveu aumento no consumo de medicação.

ClinicalTrials: NCT02438241

Palavras-chave: Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea; Toracotomia; Manejo da Dor; Espirometria.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) compared to placebo TENS and control group on pain, pulmonary function, respiratory muscle strength and analgesic medications in the postoperative period of thoracic surgery in an Intensive Care Unit (ICU). **Methods:** Patients between 31 and 76 years submitted to postero-lateral thoracotomy, were included and randomly allocated into three groups: TENS (GE), TENS placebo (GP) and control (GC). The GE received TENS (frequency = 100 Hz, pulse duration = 100  $\mu$ s, intensity at the sensory level for 30 minutes, three times a day during ICU stay), associated with conventional physiotherapy (respiratory and motor). In GP, TENS was performed in addition to conventional physiotherapy; And GC received only conventional physiotherapy. The outcomes were evaluated in the preoperative, postoperative (PO) or 24 hours, and 48 hours after ICU admission: Pain through Visual Analog Scale, pulmonary function through spirometry (FEV<sub>1</sub> and FVC), respiratory muscle strength Through manovacuometry (MIP and MEP), and medications through the analysis of medical records. **Results:** 45 patients were included, 15 in each group. Regarding pain perception, there was no difference between the groups ( $P = 0.172$ ), but there was a reduction in pain after the end of the first treatment in the GE ( $4.7 \pm 3.2$  vs.  $3.3 \pm 2.6$ ;  $P < 0.05$ ). Regarding pulmonary function and respiratory force, there was no significant difference between the groups at the moments evaluated. However, in the intragroup evaluations, improvement in FVC, all the groups had a reduction at the time PO and 48 hours compared to the pre ( $P < 0.001$ ), and only the GE promoted an increase in FVC at 48 hours in relation to PO ( $P < 0.001$ ). The MIP and MEP decreased in all groups comparing the pre with PO and 48 hours ( $P < 0.001$ ). There was no difference between the groups in relation to analgesic medications, however, the CG had higher morphine consumption ( $p = 0.037$ ) and the GP had a higher paracetamol consumption ( $p = 0.035$ ) 24 vs 48 hours, which was not altered in the GE. **Conclusion:** No differences were observed between the groups in relation to the outcomes evaluated in the postoperative period of thoracic surgery, however, TENS promoted pain reduction and earlier increase in FVC, in addition, did not promote increase in medication consumption.

ClinicalTrials: NCT02438241

Keywords: Transcutaneous Electric Nerve Stimulation; Thoracotomy; Pain Management; Spirometry.

## Introdução

A toracotomia pósterolateral é apontada como um tipo de abordagem cirúrgica que demonstra maior percepção dolorosa<sup>1</sup>, sendo a dor um importante fator de incremento na morbidade e mortalidade em pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos que incluem a toracotomia. Diversos fatores contribuem para que esses pacientes apresentem um alto grau de dor no pós-operatório, como a secção da pele, músculos e pleura, retração de músculos, ligamentos, irritação pleural e dos nervos intercostais por drenos torácicos e fraturas costais<sup>2</sup>. Uma incisão dolorosa provoca um aumento reflexo do tônus muscular durante a respiração cujo resultado é uma diminuição da complacência pulmonar e dos volumes pulmonares. Este conjunto de fatores pode levar a retenção de secreções broncopulmonares, atelectasias e infecções respiratórias, além de redução na força e função pulmonar<sup>3-5</sup>. Por isso, controlar a dor nesses pacientes é fundamental.

Existem diferentes métodos de analgesia no pós-operatório de cirurgia torácica, que vão desde analgesia sistêmica com opióides, como também bloqueios anestésicos locais, além dos bloqueios raquidianos e epidurais<sup>6</sup>. A anestesia peridural é considerada padrão ouro no controle da dor, entretanto pode apresentar várias complicações, desde hipotensão a lesões neurológicas<sup>7</sup>. Por outro lado, o bloqueio paravertebral é uma técnica que tem sido estudada e que parece apresentar menor incidência de efeitos colaterais<sup>8</sup>.

Além da analgesia farmacológica, a eletroanalgesia tem sido proposta como um tratamento auxiliar para o alívio da dor pós-operatória, com consequente melhora da mecânica da caixa torácica e redução de possíveis complicações respiratórias nas cirurgias torácicas. A estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) é um recurso amplamente utilizado no alívio sintomático da dor<sup>9</sup>.

Em 2012, uma metanálise<sup>10</sup> que incluiu 11 ensaios clínicos randomizados, avaliou os efeitos da TENS no controle da dor e função pulmonar observando o efeito benéfico da eletroanalgesia no controle da dor na toracotomia, entretanto, a baixa qualidade metodológica e o pequeno número amostral dos estudos, sugere novos ensaios clínicos randomizados com um número maior de participantes e maior rigor metodológico<sup>10</sup>. Sendo assim, com o intuito de

aprofundar e ampliar o conhecimento sobre o controle analgésico através da TENS, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da TENS comparada com TENS placebo e controle sobre a dor, função pulmonar, força muscular respiratória e medicações analgésicas no pós-operatório de cirurgias torácicas em uma unidade de tratamento intensivo (UTI).

## **Método**

### Desenho do estudo

Ensaio clínico randomizado paralelo controlado. Este estudo foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre (Nº: 086914/2014), registrado no ClinicalTrials.gov (Nº: NCT02438241) e segue as recomendações do *Consort Statement* <sup>11</sup>

### Participantes

Foram considerados como critérios de inclusão: pacientes com idade entre 30 e 75 anos, de ambos os sexos, que estivessem internados para a ressecção pulmonar, por incisão por toracotomia póstero-lateral (bulectomia, segmentectomia, lobectomia, pneumectomia). Após a chegada na UTI, os indivíduos eram reavaliados entre 4 a 6 horas. Deveriam ter estabilidade hemodinâmica [com pressão arterial média (PAM) entre 60 mmHg e 100 mmHg, frequência cardíaca entre 50 bpm e 110 bpm, saturação periférica maior do que 90%] e não deveriam apresentar drenagem de líquido nos drenos torácicos superior a 300 ml nas primeiras seis horas. Os participantes deviam estar conscientes [escala de agitação-sedação de Richmond (RASS) entre -1 e +1], com prescrição de fisioterapia, e com cateter peridural ou paravertebral.

Foram excluídos todos os indivíduos que não foram extubados com até 6 horas no pós-operatório imediato, com doenças cardiovasculares, neurológicas e reação alérgica ao eletrodo autoadesivo.

O estudo foi realizado no Pavilhão Pereira Filho do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, durante o período de janeiro a junho de 2016.



## Intervenções

Os indivíduos incluídos foram randomizados estratificadamente em três grupos: grupo TENS (GE), grupo TENS placebo (GP) e grupo controle (GC).

O GE recebia a aplicação da TENS através do uso de um aparelho de estimulação elétrica (IBRAMED, modelo Neurodyn II, quatro canais) com corrente pulsada bifásica simétrica. Foram utilizados os seguintes parâmetros: frequência: 100 Hz, largura de pulso: 100  $\mu$ s, intensidade até o maior limiar sensorial do paciente e tempo total da sessão: 30 minutos. Foram utilizados eletrodos auto-adesivos (Valutrode, tamanho 5X9 cm), posicionados na porção postero-lateral do tórax a 2 cm da incisão cirúrgica tanto superior quanto inferior. Além disso, todos os pacientes também realizavam a fisioterapia convencional, que era feita após a aplicação da TENS.

Já o GP recebeu o mesmo protocolo do GE, exceto que a TENS foi ofertada ao paciente somente durante 45 segundos, sendo que nos 30 segundos iniciais era atingido o limiar sensorial do paciente e nos últimos 15 segundos era desligada a corrente elétrica permanecendo pelo período de 29 minutos e 15 segundos desligada.

E por fim, o GC recebeu apenas a fisioterapia convencional a qual era composta por: exercícios ativos resistidos manualmente para membros inferiores no leito (tríplice flexão, abdução e adução, plantiflexão/dorsiflexão), exercícios ativos livres de membros superiores no leito (flexão de ombro, flexão horizontal de ombro e diagonal funcional de ombro), manobras de higiene brônquica, redirecionamento de fluxo, pressão positiva expiratória e padrões ventilatórios insuflantes.

Todos os pacientes receberam atendimento fisioterapêutico três vezes ao dia (manhã, tarde e noite) durante sua internação na UTI. Após 48 horas de atendimento todos foram reavaliados seguindo os mesmos critérios do pré-operatório. Dessa forma, cada paciente recebeu no mínimo 6 atendimentos.

## Desfechos

O desfecho primário foi o nível de dor; e os desfechos secundários foram: função pulmonar, força muscular respiratória e medicações analgésicas.

## Avaliações

O nível de dor foi avaliado através da escala análoga visual da dor (EVA), instrumento de avaliação que apresenta um escore de 0 a 10, sendo que 0 é nenhuma dor e 10 a dor mais forte já sentida.

A função pulmonar foi avaliada através da espirometria com um espirômetro digital portátil da marca Sibelmed®, modelo Datospir Micro C. Foram avaliadas as seguintes variáveis: VEF<sub>1</sub>, CVF e relação VEF<sub>1</sub>/CVF (VEF<sub>1</sub>/CVF), conforme recomendado pela *American Thoracic Society* e *European Respiratory Society*<sup>12</sup>.

A força muscular respiratória foi avaliada através de um manovacuômetro digital da marca Globalmed®, modelo MVD300A, e foram mensuradas as variáveis pressão inspiratória máxima (PI<sub>max</sub>) e pressão expiratória máxima (PE<sub>max</sub>), conforme recomendado pela *American Thoracic Society* e *European Respiratory Society*<sup>12</sup>. Todos os exames foram realizados pelo mesmo operador.

A avaliação da quantidade de analgésicos administrados em miligramas por indivíduo por dia (mg) foi controlada a partir da checagem da enfermagem na prescrição médica de medicamentos durante às 48 horas do pós-operatório. Os medicamentos monitorados foram paracetamol (comprimido), dipirona (injetável), tramadol (injetável) e morfina (injetável).

Os testes de função pulmonar e força muscular respiratória foram analisadas no momento pré-operatório, pós-operatório imediato (PO) e após 48 horas. As medicações para o controle analgésico foram mensuradas com 24 horas e 48 horas de pós-operatório. Ainda, o nível de dor também foi avaliado antes e após cada sessão.

## Cálculo amostral

O cálculo amostral foi realizado baseado no desfecho dor (EVA) nas primeiras 48 horas pós-cirurgia<sup>13</sup> entre grupo intervenção (3±1,5) vs. controle (1,5±1,5). Sendo assim, o tamanho amostral requerido visando valor alpha = 0,05 e poder de 90% foi de 10 pacientes para cada grupo. Para corrigir possíveis perdas e exclusões foi acrescentado nessas duas condições, respectivamente, 20%, chegando ao número total de 45 pacientes.

## Randomização

A randomização estratificada<sup>12</sup> foi criada eletronicamente em quarenta e cinco voluntários em uma razão de 1:1:1, sendo sublocado em três grupos distintos e homogêneos, cada um com 15 pacientes seguindo os seguintes critérios de alocação para randomização estratificada: 1) EVA; 2) VEF<sub>1</sub>; 3) CVF; 4) PImax; 5) PEmax.

## Cegamento

O fisioterapeuta que aplicava a intervenção, os pacientes e os avaliadores dos desfechos foram cegados quanto aos grupos.

## Análise dos dados

Os dados foram apresentados em forma de frequências absolutas e percentuais, média  $\pm$  desvio-padrão ou média (intervalo de confiança 95%) e mediana (intervalo interquartilico). Foi realizada previamente a avaliação da normalidade da distribuição do banco de dados por meio do teste de Shapiro-Wilk. Comparações de proporções foram avaliadas por testes de Qui-quadrado.

Para comparação das características basais dos pacientes entre os grupos foi utilizado o teste Anova One-Way. Equações de estimação generalizadas (GEE) foram usadas para determinar se houve diferenças significativas entre os grupos e entre os momentos. Foi considerado significativo valores de  $p < 0.05$ . Todas as análises foram por intenção de tratar e foram realizadas no software *Statistical Package for the Social Sciences (PASW Statistics for Windows, Version 18.0. Chicago: SPSS Inc)*.

## Resultados

Foram incluídos 45 pacientes submetidos a toracotomia póstero-lateral, sendo 15 em cada grupo. Todos os indivíduos alocados finalizaram o estudo, não havendo perdas e exclusões (Figura 1). Além disso, todos os grupos foram similares em relação às características basais (Tabela 1).

Foi observado que não houve diferença entre os grupos em relação ao tipo de cateter utilizado [cateter peridural (CP) e cateter paravertebral (CPV)] no pós-operatório (Tabela 1). Além disso, todos os pacientes receberam a mesma medicação analgésica via cateter (bupivacaína associado a fentanil).

### Nível de dor

Em relação a percepção dolorosa, não houve diferença entre os grupos ( $P=0,172$ ). Porém, no GE houve uma redução significativa na dor após o término do primeiro atendimento comparado com o momento inicial do atendimento ( $4,7\pm 3,2$  vs.  $3,3\pm 2,6$ ;  $P<0,05$ ) (Figura 2).

### Função pulmonar

Em relação às variáveis de função pulmonar ( $VEF_1$  e CVF) não houve diferença significativa entre os grupos nos momentos avaliados. Quando  $VEF_1$  é avaliado intragrupo, observou-se redução em todos os momentos. Na CVF, todos os grupos apresentaram redução no momento PO e 48 horas comparado com o pré ( $P<0,001$ ), e somente o GE promoveu um aumento na CVF nas 48 horas em relação ao PO ( $P<0,001$ ) (Figura 3).

### Força muscular respiratória

A  $PI_{m\acute{a}x}$  e  $PE_{m\acute{a}x}$  diminuíram em todos os grupos comparando o pré com o PO e 48 horas ( $P<0,001$ ). Entretanto, nas avaliações intragrupo, o GP apresentou aumento da  $PE_{m\acute{a}x}$  entre o PO vs 48 horas ( $P<0,001$ ) (Figura 3).

### Medicações analgésicas

Não houve diferença entre os grupos em relação as medicações analgésicas, porém o GC apresentou maior consumo de morfina [0,87 mg (IC95% 0,20-1,53) para 1,80 mg (IC95% 0,87-2,73);  $p=0,037$ ] e o GP maior consumo de paracetamol [1900 mg (IC95% 1348-2452) para 2500 mg (IC95% 2116-2884);  $p=0,035$ ] 24 vs 48 horas, o que não foi alterado no GE (Figura 4).

## Discussão

Através desse ensaio clínico randomizado podemos observar que não houve diferença entre os grupos em relação a dor, função pulmonar, força muscular respiratória e medicações analgésicas entre os grupos no pós-operatório de cirurgia torácica, porém, a TENS promoveu redução da dor e aumento mais precoce no  $VEF_1$  e CVF, além disso, não promoveu aumento no consumo de medicação.

A maioria dos trabalhos que abordam a utilização da TENS para o controle da dor na cirurgia torácica com incisão pósterolateral apontam resultados favoráveis<sup>13-20</sup>. Entretanto as questões metodológicas apresentam falhas e isso pode comprometer os resultados encontrados. Existe falta de informação sobre a randomização<sup>13, 19-21</sup>, a avaliação da dor ocorre na maioria dos artigos somente em repouso<sup>15, 19, 20</sup> ou repouso vs. tosse<sup>13, 14, 18</sup>, variabilidade da aplicação da técnica<sup>15-20</sup>, não são abordadas as relações entre a avaliação pré e pós tratamento com TENS<sup>13-21</sup> e outros não possuem grupo placebo<sup>14, 19, 20</sup>. Além disso, não há um protocolo de fisioterapia convencional diária instituído<sup>13-21</sup>, o que pode fragilizar os dados de função pulmonar encontrados em alguns estudos<sup>13-15, 19</sup>. Ainda, há ausência de relato de alguns dados nos estudos e em relação ao controle analgésico<sup>16, 17, 19-21</sup>.

Esta pesquisa incluiu apenas pacientes que utilizaram analgesia contínua por cateter peridural ou paravertebral e comparou-se sua eficácia para a redução da dor em diferentes tempos associada ao tratamento com TENS. Além disso, todos os pacientes foram submetidos a sessões de fisioterapia conforme protocolo padrão, com aferição pré e pós atendimento da EVA. Todas as intervenções foram realizadas pelo mesmo fisioterapeuta e as avaliações foram realizadas pela enfermagem, independente do grupo.

A utilização da TENS para o controle da dor no pós-operatório de cirurgia torácica tem sido utilizado ao longo das décadas<sup>13-21</sup>. Observamos que a TENS não é capaz de alterar essa variável quando comparado os grupos em 24 e 48 horas; entretanto, quando analisado intragrupo houve melhora do controle analgésico no GE no primeiro atendimento. Os resultados encontrados corroboram com estudos prévios. Em um estudo semelhante, no qual foi analisado a percepção dolorosa comparando o GE associado ao cateter peridural e o TENS placebo associado ao cateter peridural, os resultados se mostram favoráveis ao uso agudo da TENS nas primeiras 8 horas de aplicação<sup>20</sup>. Já em outro, verificou o efeito agudo da TENS em apenas uma sessão, mostrou que após uma hora da aplicação, o índice de dor foi menor quando comparado ao GP<sup>21</sup>.

Além do controle da dor, a função pulmonar dos pacientes também foi investigada. Não houve diferença significativa entre os grupos; analisando o VEF<sub>1</sub> observou-se redução em todos os momentos avaliados, indo ao encontro

de estudos prévios de avaliação da função pulmonar pós lobectomia<sup>22</sup>. Porém, quando avaliados intragrupo, o GE apresentou melhora da CVF em 48 horas em relação ao PO. O resultado é semelhante aos de um estudo realizado que acompanhou a função pulmonar dos pacientes durante cinco dias, em que o GE apresentou uma recuperação do CVF quando comparado com o grupo controle em todos os momentos avaliados<sup>15</sup>. Outro autor que também teve como objetivo investigar o comportamento da função pulmonar, demonstrou a melhora da CVF no GE quando comparado ao controle<sup>13</sup>. Cabe salientar que os estudos<sup>13, 15</sup> avaliaram os pacientes no quinto dia pós-operatório, enquanto este estudo realizou as avaliações finais no segundo dia pós-operatório.

É importante ressaltar que não foram encontrados na literatura estudos correlacionando o uso do TENS em pós-operatório de cirurgia torácica com incisão pósterolateral com avaliação de força muscular respiratória. No presente estudo foi encontrada uma diminuição na PImáx e PEmáx em todos os grupos comparando o pré com o PO e 48 horas, e que a aplicação da TENS durante seis sessões não conseguiu reverter essa redução.

O cateter peridural é considerado o padrão ouro para a terapia da dor após a cirurgia torácica<sup>7, 23</sup>. A analgesia por cateter peridural pode ser combinada com analgésicos por via oral e via intravenosa, sendo paracetamol, dipirona, tramadol e morfina utilizados como rotina nos pacientes do serviço de cirurgia torácica onde este estudo foi desenvolvido. Ao controlar estas medicações, observamos que GC apresentou maior consumo de morfina, o GP maior consumo de paracetamol, o que não foi observado no GE. Em concordância, estudos controlaram o uso de opióide no pós-operatório e demonstraram que o GT apresentou menor consumo quando comparado com grupo controle<sup>13, 15, 18</sup>.

Como limitação deste estudo, a presença da analgesia por cateter peridural pode contribuir para uma sobreposição na ativação de vias de analgesia para a identificação do mecanismo do TENS e seus efeitos na percepção dolorosa. Além disso, o uso de prescrição padronizada fixa das medicações utilizadas no pós-operatório pode limitar a variação do consumo analgésico, a despeito da avaliação da percepção dolorosa por meio da EVA.

Dessa forma, concluímos que não houve diferença entre os grupos com a aplicação da TENS em relação a dor, função pulmonar, força muscular respiratória e medicações analgésicas em pacientes pós-toracotomia pósterolateral.

lateral com uso de cateter peridural ou paravertebral, atendidos em uma UTI. Porém, a TENS promoveu redução da dor e aumento mais precoce no VEF<sub>1</sub> e CVF, além disso, não promoveu aumento no consumo de analgésicos.

## Referências

1. Savage C, McQuitty C, Wang D, Zwischenberger JB. Postthoracotomy pain management. *Chest surgery clinics of North America*. 2002;12(2):251-63.
2. Landreneau RJ, Pigula F, Luketich JD, Keenan RJ, Bartley S, Fetterman LS, et al. Acute and chronic morbidity differences between muscle-sparing and standard lateral thoracotomies. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 1996;112(5):1346-50; discussion 50-1.
3. Kavanagh BP, Katz J, Sandler AN. Pain control after thoracic surgery. A review of current techniques. *Anesthesiology*. 1994;81(3):737-59.
4. Boisseau N, Rabary O, Padovani B, Staccini P, Mouroux J, Grimaud D, et al. Improvement of 'dynamic analgesia' does not decrease atelectasis after thoracotomy. *British journal of anaesthesia*. 2001;87(4):564-9.
5. Benedetti F, Amanzio M, Casadio C, Cavallo A, Cianci R, Giobbe R, et al. Control of postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic operations. *The Annals of thoracic surgery*. 1997;63(3):773-6.
6. Yegin A, Erdogan A, Kayacan N, Karsli B. Early postoperative pain management after thoracic surgery; pre- and postoperative versus postoperative epidural analgesia: a randomised study. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2003;24(3):420-4.
7. Grant RP. Con: every postthoracotomy patient does not deserve thoracic epidural analgesia. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 1999;13(3):355-7.
8. Baidya DK, Khanna P, Maitra S. Analgesic efficacy and safety of thoracic paravertebral and epidural analgesia for thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*. 2014;18(5):626-35.
9. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science*. 1965;150(3699):971-9.
10. Sbruzzi G, Silveira SA, Silva DV, Coronel CC, Plentz RD. Transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic surgery: systematic review and meta-analysis of 11 randomized trials. *Revista brasileira de cirurgia cardiovascular : orgao oficial da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. 2012;27(1):75-87.



11. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Journal of pharmacology & pharmacotherapeutics*. 2010;1(2):100-7.
12. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *The European respiratory journal*. 2005;26(2):319-38.
13. Erdogan M, Erdogan A, Erbil N, Karakaya HK, Demircan A. Prospective, Randomized, Placebo-controlled Study of the Effect of TENS on postthoracotomy pain and pulmonary function. *World journal of surgery*. 2005;29(12):1563-70.
14. Baki ED, Oz G, Kokulu S, Ulasli AM, Ela Y, Sivaci RG, et al. Comparison of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Paravertebral Block for Postthoracotomy Pain Relief. *The Thoracic and cardiovascular surgeon*. 2015;63(6):514-8.
15. Fiorelli A, Morgillo F, Milione R, Pace MC, Passavanti MB, Laperuta P, et al. Control of post-thoracotomy pain by transcutaneous electrical nerve stimulation: effect on serum cytokine levels, visual analogue scale, pulmonary function and medication. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2012;41(4):861-8; discussion 8.
16. Liu YC, Liao WS, Lien IN. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation for post-thoracotomy pain. *Taiwan yi xue hui za zhi Journal of the Formosan Medical Association*. 1985;84(7):801-9.
17. Warfield CA, Stein JM, Frank HA. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain after thoracotomy. *The Annals of thoracic surgery*. 1985;39(5):462-5.
18. Erden S, Senol Celik S. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on post-thoracotomy pain. *Contemporary nurse*. 2015;51(2-3):163-70.
19. Solak O, Turna A, Pekcolaklar A, Metin M, Sayar A, Solak O, et al. Transcutaneous electric nerve stimulation for the treatment of postthoracotomy pain: a randomized prospective study. *The Thoracic and cardiovascular surgeon*. 2007;55(3):182-5.
20. Chandra A, Banavaliker JN, Das PK, Hasti S. Use of transcutaneous electrical nerve stimulation as an adjunctive to epidural analgesia in the management of acute thoracotomy pain. *Indian journal of anaesthesia*. 2010;54(2):116-20.

21. Ferreira FC, Issy AM, Sakata RK. Assessing the effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in post-thoracotomy analgesia. *Revista brasileira de anestesiologia*. 2011;61(5):561-7, 308-10.

22. Varela G, Brunelli A, Rocco G, Marasco R, Jiménez MF, Sciarra V, Aranda JL, Gatani T . Predicted versus observed FEV1 in the immediate postoperative period after pulmonary lobectomy. *Europe Journal of cardio-thoracic surgery: official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2006;30(4):644-8.

23. Attri JP KR, Kaur H, Makhni R. Post thoracotomy pain management: A review of current available modalities. *Northern Journal of ISA*. 2016;1:7-10.

**Tabelas.**

Tabela 1. Características da amostra.

Grupos	Total N=45	Controle n=15	TENS placebo n=15	TENS n=15	<i>P</i> <sup>a</sup>
Sexo					0,061
Masculino	20 (44)	3 (7)	8 (18)	9 (20)	
Feminino	25 (56)	12 (27)	7 (16)	6 (13)	
Idade, anos	60±12	60±12	62±10	58±16	1,000
IMC, Kg/m <sup>2</sup>	26±6	27±7	26±4	25±7	1,000
Espirometria					
VEF <sub>1</sub> , L	2,04±0,8	1,89±0,7	1,93±0,9	2,29±0,8	0,341
CVF, L	2,63±1,0	2,27±0,8	2,65±1,1	2,99±1,1	0,154
VEF <sub>1</sub> , %	75±22	76±25	71±26	79±15	0,658
CVF, %	79±22	77±25	79±26	82±15	0,830
VEF <sub>1</sub> /CVF	78,05±13,8	82,77±13,8	72,36±15,1	79,01±11,1	0,111
Manovacuometria					
PI <sub>máx</sub> , cmH <sub>2</sub> O	61,43±32,4	52,06±28,4	56,80±27,3	76,42±37,8	0,100
PE <sub>máx</sub> , cmH <sub>2</sub> O	87,06±40,8	89,66±61,6	79,46±22,3	92,42±28,1	0,674
EVA	0±0	0±0	0±0	0±0	1,000
Fumo					0,280
Sim	11 (24)	2 (4)	6 (13)	3 (7)	
Não	16 (36)	8 (18)	3 (7)	5 (11)	
Ex-tabagista	18 (40)	5 (11)	6 (13)	7 (16)	
Cirurgia					0,181
Segmentectomia	20 (44)	9 (20)	7 (16)	4 (9)	
Lobectomia	25 (56)	6 (13)	8 (18)	11 (24)	
Cateter					0,139
Peridural	37 (82)	13 (29)	14 (31)	10 (22)	
Paravertebral	8 (18)	2 (5)	1 (2)	5 (11)	
Pulmão					0,516
Direito	28 (62)	11 (24)	9 (20)	8 (18)	
Esquerdo	17 (38)	4 (9)	6 (13)	7 (16)	
Lobo					0,840
Superior	26 (58)	8 (18)	10 (22)	8 (18)	
Médio	2 (4)	1 (2)	0 (0)	1 (2)	
Inferior	17 (38)	6 (13)	5 (11)	6 (13)	

Dados apresentados como frequência e percentual ou média ± desvio-padrão. IMC, índice de massa corporal; VEF<sub>1</sub>, volume expiratório forçado em um segundo; CVF, capacidade vital forçada, VEF<sub>1</sub>/CVF, relação VEF<sub>1</sub>/CVF; PI<sub>máx</sub>, pressão inspiratória máxima; PE<sub>máx</sub>, pressão expiratória máxima; EVA, Escala análoga visual da dor.

<sup>a</sup>Teste de Qui-quadrado ou teste de ANOVA.

## Figuras

Figura 1.

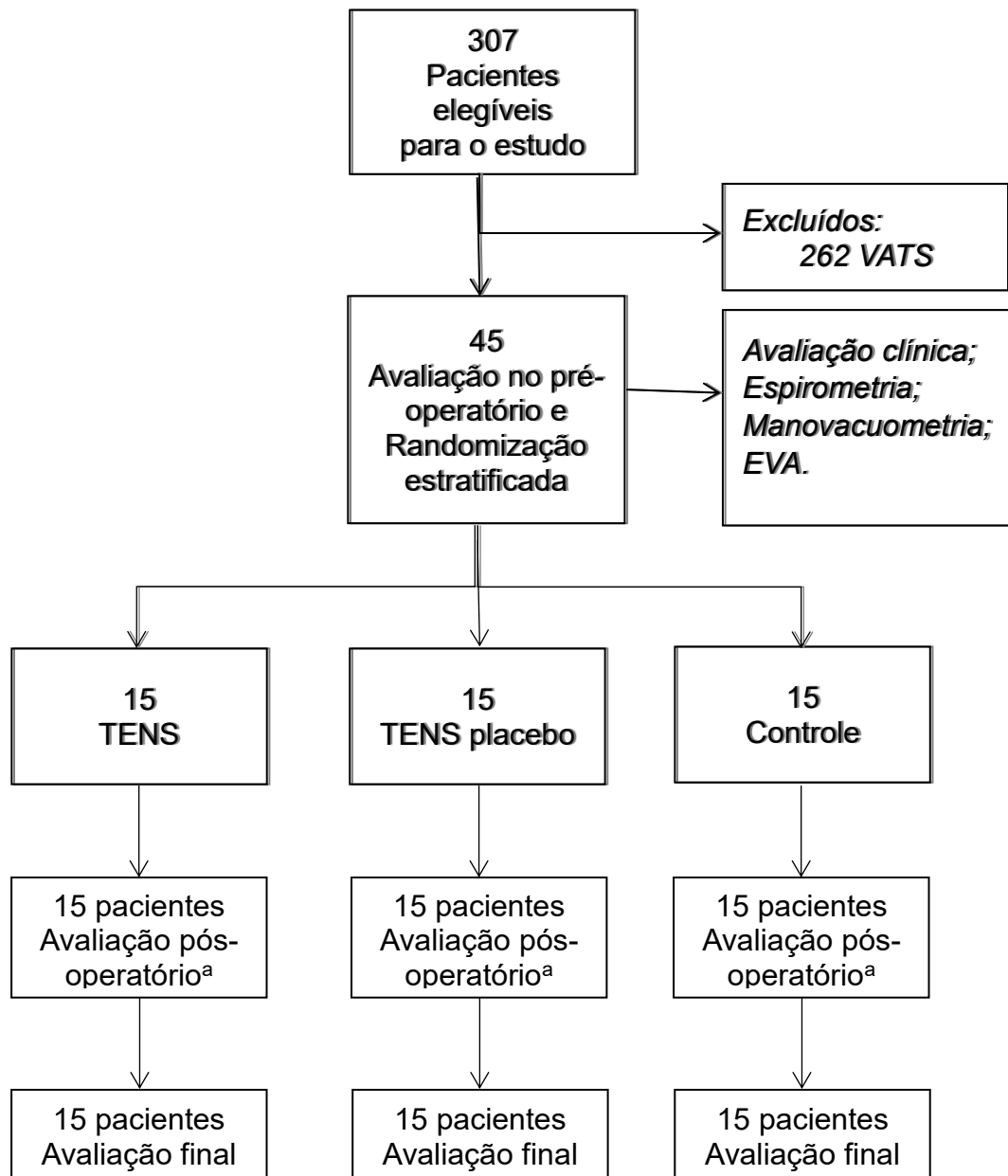


Figura 1. Fluxograma dos pacientes.

<sup>a</sup> Mesma avaliação do pré-operatório.

<sup>b</sup> Protocolo de três turnos de atendimento (manhã, tarde e noite) por 48 horas.

VATS; cirurgia torácica vídeo-assistida.

Figura 2.

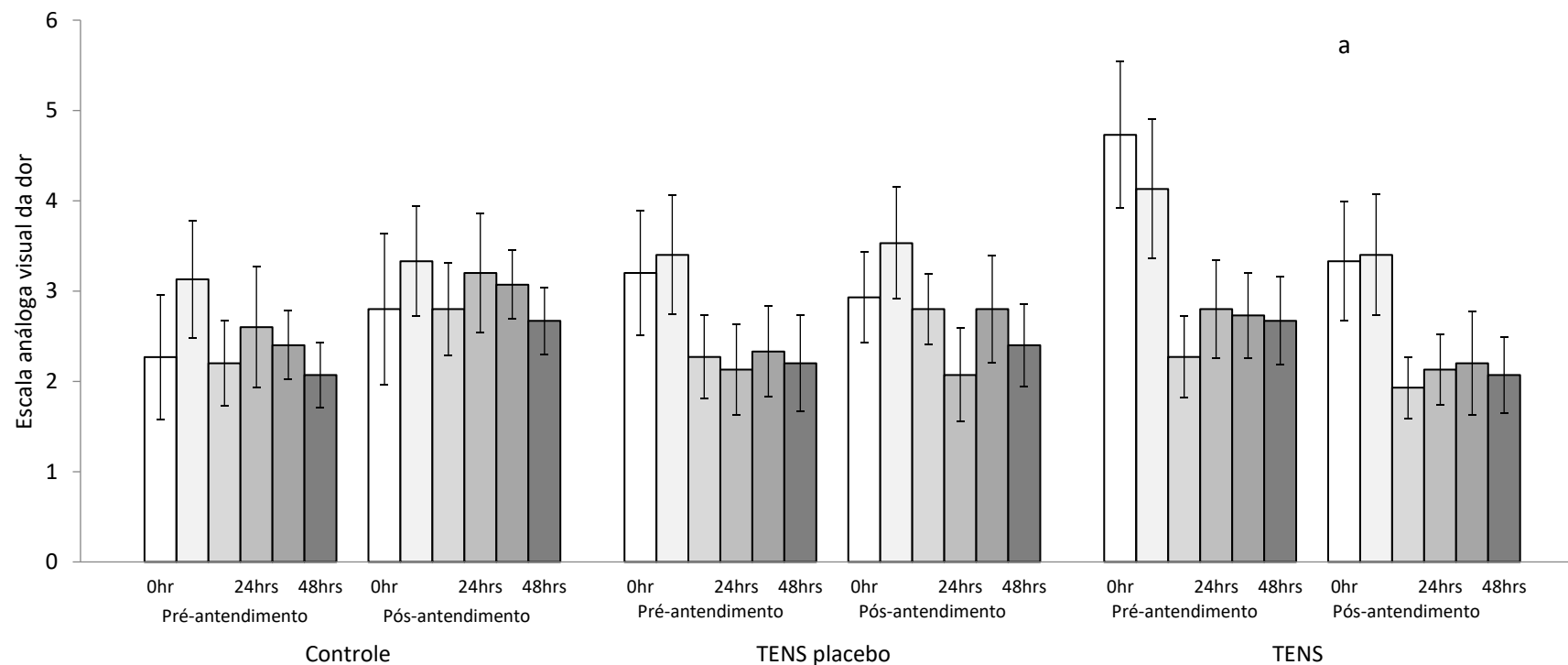


Figura 2. Equação de estimação generalizada realizada para avaliação dos grupos em relação ao tempo. Não houve diferença entre os grupos ( $P=0,172$ ).

<sup>a</sup> Redução significativa na dor após o primeiro atendimento comparado com o momento basal ( $4,73\pm 3,2$  vs.  $3,33\pm 2,6$ ;  $P<0,05$ ).

Figura 3.

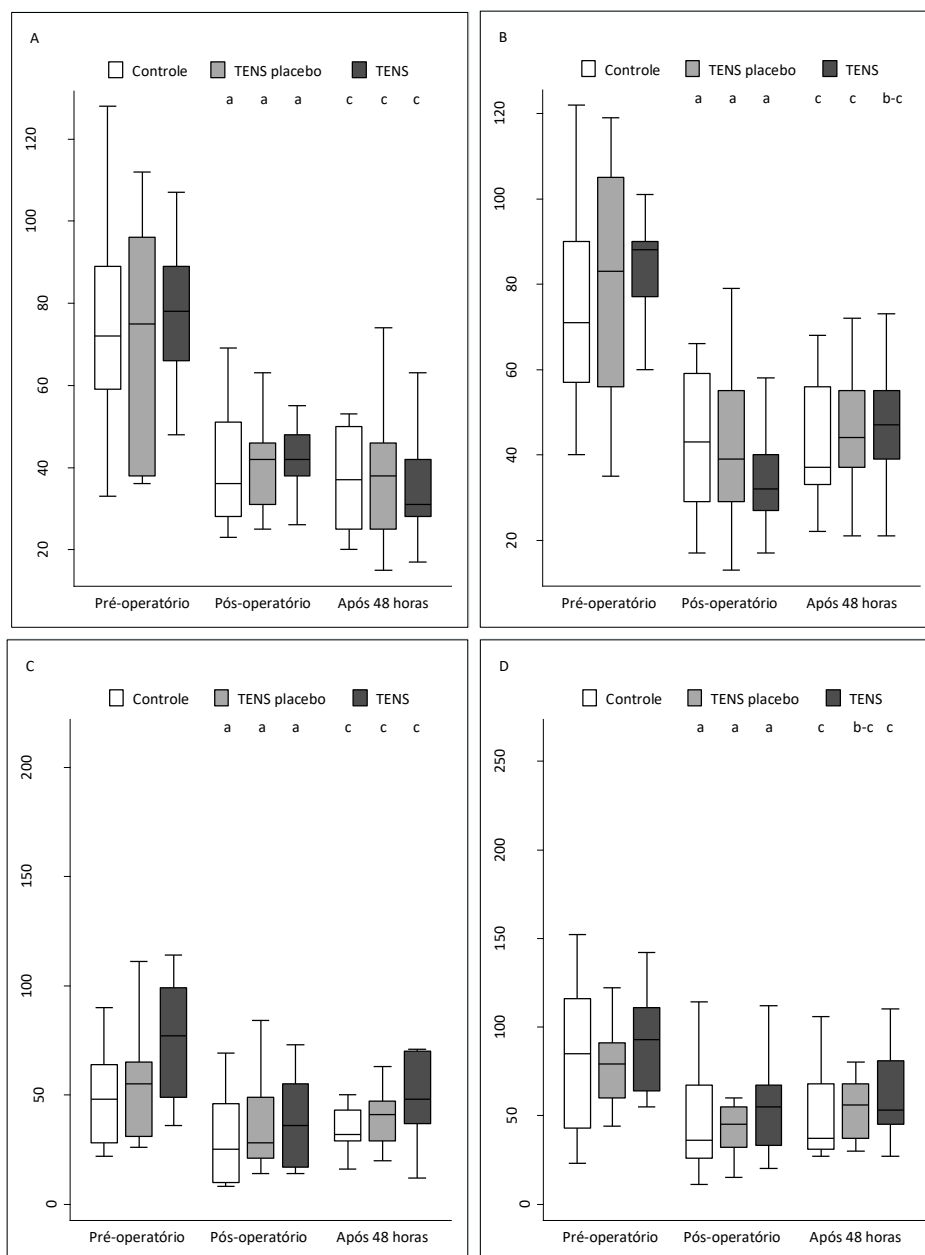


Figura 3. Função pulmonar e força muscular respiratória. A) VEF<sub>1</sub>, volume expiratório forçado em um segundo; B) CVF, capacidade vital forçada; C) PI<sub>max</sub>, pressão inspiratória máxima; D) PE<sub>max</sub>, pressão expiratória máxima (teste: Equação de estimação generalizada).

<sup>a</sup> Pré-operatório vs. pós-operatório;  $P < 0.001$ .

<sup>b</sup> Pós-operatório vs. após 48 horas;  $P < 0.001$ .

<sup>c</sup> Pré-operatório vs. após 48 horas;  $P < 0.001$ .

Figura 4.

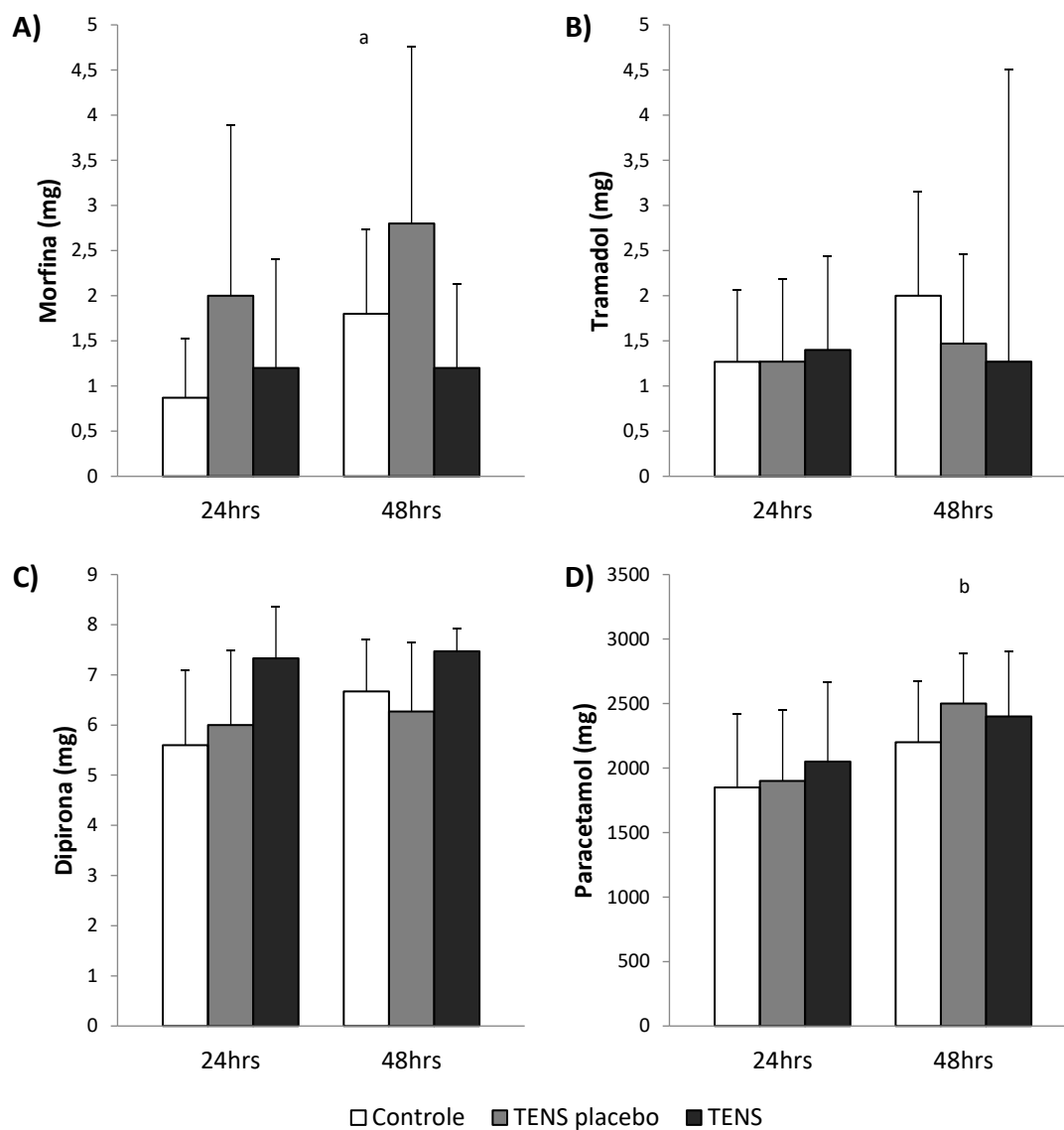


Figura 4. Equação de estimação generalizada realizada para avaliação dos grupos em relação ao tempo. Não houve diferença entre os grupos ( $P=1.000$ ). A) Morfina em mg; B) Tramadol em mg; C) Dipirona em mg; D) Paracetamol em mg.

<sup>a</sup> Controle apresentou aumento no consumo de morfina entre 24 vs. 48 horas de pós-operatório ( $P=0,037$ ).

<sup>b</sup> TENS placebo apresentou aumento no consumo de paracetamol entre 24 vs. 48 horas de pós-operatório ( $P=0,035$ ).

## 7. Conclusão

Concluimos que não houve diferença entre os grupos com a aplicação da TENS em relação a dor, função pulmonar, força muscular respiratória e medicações analgésicas em pacientes pós-toracotomia póstero-lateral com uso de cateter peridural ou paravertebral, atendidos em uma UTI. Porém, a TENS promoveu redução da dor e aumento mais precoce na CVF, além disso, não promoveu aumento no consumo de analgésicos.



## 8. Considerações Finais

O presente estudo mostrou que o TENS não promove diferença entre os grupos comparados em relação a dor, função pulmonar, força muscular respiratória e medicações analgésicas em pacientes pós-toracotomia pósterolateral com uso de cateter peridural ou paravertebral, atendidos em uma UTI. Porém, observou-se que a TENS promoveu redução da dor e aumento mais precoce na CVF, além disso, não promoveu aumento no consumo de analgésicos.

O TENS é uma estratégia analgésica utilizada para controle da dor no pós-operatório de cirurgia torácica. Entretanto, pouco ou nada foi estudado sobre os efeitos na dor, função pulmonar, força muscular e dosagem de medicações recebidas no pós-operatório. Deve-se ressaltar que há heterogeneidade nos estudos, quanto aos protocolos de aplicação da corrente elétrica, momento da avaliação da EVA, realização de espirometria. Além de não possuir estudos que avaliam a força muscular respiratória e que possuam um protocolo de atendimentos fisioterapêutico.

Por fim, especulamos que a presença da analgesia por cateter peridural pode contribuir para uma sobreposição na ativação de vias de analgesia para a identificação do mecanismo do TENS e seus efeitos. Além disso, o uso de prescrição padronizada fixa das medicações utilizadas no pós-operatório pode limitar a variação do consumo analgésico, a despeito da avaliação da percepção dolorosa por meio da EVA.