

**SILVIO OSCAR NOGUERA SERVIN**

**TUBO ENDOTRAQUEAL  
ATRAUMÁTICO PARA VENTILAÇÃO  
MECÂNICA**

**CAMPINAS**

**2011**

**SILVIO OSCAR NOGUERA SERVIN**

**TUBO ENDOTRAQUEAL  
ATRAUMÁTICO PARA VENTILAÇÃO  
MECÂNICA**

Tese de Doutorado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do Título de Doutor em Ciências da Cirurgia. Área de Concentração em Fisiopatologia Cirúrgica.

**ORIENTADOR: PROF. DR. ALFIO JOSÉ TINCANI**

**CAMPINAS**

**2011**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA  
UNICAMP**

Bibliotecário: Rosana Evangelista Poderoso – CRB-8ª / 6652

Se69t Servin, Silvio Oscar Noguera  
Tubo endotraqueal atraumático para ventilação mecânica  
Silvio Oscar Noguera Servin. Campinas, SP : [s.n.], 2011.

Orientador : Alfio José Tincani  
Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Ciências Médicas.

1. Traqueia-intubação. 2. Estenose. 3. Suíno.
- I. Tincani, Alfio José.
- II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas.
- III. Título.

**Título em inglês: Atraumatic endotracheal tube for mechanical  
ventilation**

**Keywords:** • Trachea - intubation  
• Stenosis  
• Swine

**Titulação: Doutor em Ciências da Cirurgia**

**Área de concentração: Fisiopatologia Cirúrgica**

**Banca examinadora:**

**Prof. Dr. Alfio José Tincani**  
**Prof. Dr. Flávio Carneiro Hojaij**  
**Prof. Dr. Antonio José Gonçalves**  
**Prof. Dr. Sebastião Araújo**  
**Prof. Dr. Ivan Felizardo Contrera Toro**

**Data da defesa: 23-02-2011**

---

Banca Examinadora da Defesa de Doutorado  
Silvio Oscar Noguera Servin

---

---

Orientador: Prof. Dr. Alfio Jose Tincani

---

---

Membros:

1. Prof. Dr. Alfio Jose Tincani -

2. Prof. Dr. Antonio José Gonçalves -

3. Prof. Dr. Flávio Carneiro Hojajj -

2. Prof. Dr. Ivan Felizardo Contrera Toro -

3. Prof. Dr. Sebastiao Araujo -

The image shows five handwritten signatures in black ink, each corresponding to one of the names listed on the left. The signatures are written in a cursive style. The first signature is for Prof. Dr. Alfio Jose Tincani, the second for Prof. Dr. Antonio José Gonçalves, the third for Prof. Dr. Flávio Carneiro Hojajj, the fourth for Prof. Dr. Ivan Felizardo Contrera Toro, and the fifth for Prof. Dr. Sebastiao Araujo.

Curso de Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia da Faculdade de  
Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

---

Data: 23/02/2011

---

**DEDICATÓRIA**

*À Hilda e as minhas filhas Gabrielle e Daniella.*

*A minha saudosa e amada mãe Mirta.*

## AGRADECIMENTOS

---

Aos meus pais Mirta e Silvio, que me deram a vida. À minha amada esposa Hilda, companheira de todas as horas.

Às minhas amadas filhas Gabi e Dani, estímulo constante para minha superação e dedicação.

Ao Professor Dr. Alfio José Tincani, mestre e exemplo acadêmico a ser seguido.

Ao amigo e irmão Professor Dr. Marcus de Mello e estimulador constante para a concretização deste trabalho. Pela sua persistência e pela sua contribuição especial em relação aos conhecimentos inerentes à sua especialidade.

Ao amigo e irmão Professor Dr. Luiz Claudio Martins gratidão pela sua ajuda e contribuição neste trabalho.

Ao amigo Milton Carlos Brandão pela sua contribuição para a concretização desta pesquisa.

Ao Dr. Gilson Barreto pelo seu interesse em sempre estar redescobrendo caminhos que permitam o avanço das ciências médicas.

***“Posso todas as coisas em Cristo que me fortalece”***

***Filipenses 4 : 13***

**Introdução:** Pacientes que necessitam permanecer sob intubação endotraqueal por longos períodos ou que são submetidos à anestesia geral, poderão ter lesão na luz da traquéia devido a pressões exercidas pelo balonete terminal do tubo endotraqueal (TET). Em alguns casos, estas lesões no epitélio poderão evoluir para estenose ou ocasionalmente necrose. **Objetivo:** Apresentar um modelo de tubo endotraqueal modificado (TETM) em que a pressão do balonete é variável com o ciclo da ventilação mecânica, sendo o mesmo avaliado em simulador pulmonar e animal. **Método:** Em simulador pulmonar acoplado a ventilador mecânico (VM) ajustado para dois volumes correntes (VC) de 10 e 15 mL/Kg e complacência de 60 mL/cmH<sub>2</sub>O, foram utilizados dois modelos de tubos endotraqueais para avaliar a eficiência da ventilação do TETM. O primeiro, identificado como modificado (TETM), e o segundo como convencional (TETC) ambos de número 7,5 mm e 8,0 mm. Foi ainda realizado comparação entre os dois modelos de tubos em suínos da raça Large White sob anestesia geral e VM por período de 48 horas contínuas, sendo os animais posteriormente eutanasiados para análise histopatológica das traquéias. **Resultados:** Ambos TETM (7,5 e 8,0 mm) apresentaram escape de ar no simulador pulmonar. O menor escape (13%) foi observado no TETM de 7,5 mm com VC = 15 mL/Kg e o maior escape (32%) no TETM de 8,0 mm com VC = 10 mL/Kg. Apesar disto, ambos TETM apresentaram boa eficiência no simulador pulmonar. Na avaliação do uso dos TET em porcos, a análise histopatológica dos cortes seriados de suas traquéias foi observado que o TETM causou menos áreas traumáticas em seu epitélio tanto macro como microscopicamente, quando comparado com o TETC. **Conclusão:** O uso de novo modelo de TET poderá diminuir o risco da ocorrência de lesão traqueal sem prejuízo relevante para a mecânica respiratória.

**Palavra chave:** Traqueia-intubação, Estenose, Suíno.

**Introduction:** Patients who need to undergo endotracheal intubation for a long periods or who are under general anesthesia, may have damage in the trachea light due to pressure from the cuff end. In some cases, the lesions in the tracheal epithelium may progress to stenosis or occasionally necrosis.

**Objective:** Show a modified endotracheal tube (TETM) in both a lung simulator and animals in which the cuff pressure is variable according to the mechanical ventilation cycle. **Method:** In a lung simulator coupled to a mechanical ventilator (MV) fitted with two tidal volumes (Vt) (10 and 15mL/Kg) and compliance of 60mL/cmH<sub>2</sub>O, two types of endotracheal tubes were used: modified (TETM) and conventional (TETC) with numbers 7.5 and 8.0 in order to evaluate the efficiency of TETM ventilation. There was also a comparison between two pipe models in MV anesthetized pigs for a period of 48 hours after which the animals were put down and a histopathology of the tracheas was carried out. **Results:** Both TETMs (7.5 and 8.0) had air leaks in the lung simulator. The smallest air leak (13%) was observed at 7.5 with TETM VC = 15 mL / kg and the highest (32%) at 8.0 with TETM VC = 10 mL / kg. In spite of that, both TETM showed good efficiency at lung simulator. From histopathological evaluation, in serial sections of the animals' trachea, we observed that TETM caused less traumatic areas in their epithelium, both macro and microscopically, when compared to TETC. **Conclusion:** The use of this new TETM may decrease the risk of occurrence of tracheal injury without relevant damage in respiratory mechanics.

**Key-words:** Trachea – intubation, Stenosis, Swine.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

<b>Cm</b>	Centímetro
<b>Kg</b>	Kilograma
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mL/cmH<sub>2</sub>O</b>	Mililitro/ centímetro de água
<b>mL/Kg</b>	Mililitro/Kilograma
<b>mm</b>	Milímetro
<b>mmHg</b>	Milímetro de mercúrio
<b>PEEP</b>	Pressão Positiva ao final da expiração
<b>%</b>	Porcentagem
<b>TET</b>	Tubo endotraqueal
<b>TETC</b>	Tubo endotraqueal convencional
<b>TETM</b>	Tubo endotraqueal modificado
<b>VC</b>	Volume corrente
<b>Ve</b>	Volume expirado
<b>Vi</b>	Volume inspirado
<b>VM</b>	Ventilador mecânico

## LISTA DE TABELAS

---

<b>Tabela 1.</b> Resultado do estudo de bancada- tubos de 7,5 mm TETM e TETC. ....	29
<b>Tabela 2.</b> Resultado do estudo de bancada- tubos de 8,0 mm TETM e TETC. ....	30

## LISTA DE FIGURAS

---

<b>Figura 1</b> - TETM- Fases da inspiração e expiração.....	25
<b>Figura 2</b> - Tubo endotraqueal modificado com os furos na parede do tubo. Depósito da patente nºINPI:08/11/2007. Nº patente MU87023920U2; Classificação A61M 39/10. ....	26
<b>Figura 3</b> - Ventilador Mecânico DX 3010® Dixtal utilizado para o estudo de bancada.....	26
<b>Figura 4</b> - Equipamento de simulação pulmonar (Pulmão Test) Vent Aid® TTL Training/Test Lung (Michigan Instruments Incorporation, Michigan, MC). ....	27
<b>Figura 5</b> - Monitor de perfil respiratório CO2SMO PLUS DX 8100 com sensor de fluxo - Dixtal/Novametrix, São Paulo, Brasil. ....	27
<b>Figura 6</b> - Traqueia animal aberta longitudinalmente pós tubo TETM.....	31
<b>Figura 7</b> - Traqueia animal aberta longitudinalmente pós tubo TETC. Com áreas de necros e microulcerações. ....	31
<b>Figura 8</b> - Exame microscópico de traqueia pós TETM.....	32
<b>Figura 9</b> - Exame microscópico de traqueia pós TETC. ....	33
<b>Figura 10</b> - Exame microscópico de traqueia pós TETC. ....	34

RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	13
2. JUSTIFICATIVA .....	19
3. OBJETIVO.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
5. RESULTADOS .....	28
7. DISCUSSÃO .....	35
7. CONCLUSÃO.....	42
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXO .....	54

# 1. INTRODUÇÃO



O tubo endotraqueal (TET) é muito utilizado na área médica em indivíduos que necessitam de ventilação mecânica (VM). Esta ocorrência pode ser por pequeno período de tempo, como em anestesia geral ou ainda por período mais prolongado, como nos indivíduos que necessitam de VM nas unidades de terapia intensiva (UTI). Na anestesia geral, quando se pressupõe a necessidade de manutenção das vias aéreas, na maioria das vezes, a intubação traqueal é um método bastante eficaz e, os tubos traqueais, podem ter ou não balonete em sua porção mais distal.

A importância da manutenção de uma via aérea pérvua, quer por oclusão ou suboclusão das vias aéreas altas, sempre foi grande preocupação na área médica. Muitos relatos, de séculos atrás, já demonstravam isto. Na prática diária existe um conceito errôneo de que os doentes que desenvolvem estenose na região laringo-traqueal são aqueles que tiveram antecedente de longos períodos de intubação.

A citação bibliográfica mais antiga acerca de intubação endotraqueal foi relatada por Dobell <sup>(1)</sup>, sobre um caso de paciente no ano de 1880, que permaneceu intubado por um período de 39 horas devido a queimadura em região laríngea supraglótica.

A traqueostomia foi realizada pela primeira vez por Asclepíades (124-40 a.C.), sendo citado por Brichet *et al.* em 1999 <sup>(2)</sup>. Esta via de acesso e manutenção das vias aérea foi de primeira escolha até a década de 50, após a qual o TET tornou-se preferencial para assegurar a manutenção da via aérea.

## **ANATOMIA DA TRAQUEIA**

A traqueia humana pode medir cerca de 12 cm, variando de 9 a 16 cm, dependendo da idade, do biotipo e da fase da respiração. A mesma se inicia ao nível da margem inferior da cricóide, cerca de 1,5 cm a dois cm abaixo das pregas vocais, ao nível do disco entre a sexta e sétima vértebra cervical. A traqueia termina na carina, correspondente ao segundo espaço intercostal anterior e à 5ª vértebra torácica. O número de anéis traqueais pode variar de 18 a 26 anéis cartilagosos, com uma média de 1,5 a dois anéis por centímetro. Os anéis apresentam-se em forma de “C” e formam a parede

anterior e lateral, enquanto a parede membranosa forma sua face posterior. O diâmetro interno da traqueia do adulto mede cerca de 2,3 cm lateralmente e 1,8 cm no sentido anteroposterior <sup>(3)</sup>.

### **COMPLICAÇÕES DEVIDO A INTUBAÇÃO PROLONGADA – ASPECTOS GERAIS**

Willis *et al.* em 1988 <sup>(4)</sup> e Sue et al em 2003 <sup>(5)</sup> afirmam que o balonete distal do TET têm como função principal vedar a traqueia e assim permitir a ventilação por pressão positiva e ainda prevenir a aspiração de secreções orais para as vias aéreas inferiores.

Em 2002, Keller *et al.*<sup>(6)</sup> referiram que um dos grandes avanços no desenvolvimento do TET foi a introdução do uso de volume corrente elevado e dos medidores de pressão destinados a minimizar o dano sobre a mucosa traqueal. No caso de uso de tubos com balonetes distais, a lesão da mucosa traqueal está diretamente relacionada à presença destes. Esta pressão que o balonete exerce na parede traqueal, não deve ser elevada de forma a impedir o fluxo sanguíneo na mucosa traqueal, pois isto ocorrendo poderão advir sequelas importantes.

A morbidade associada ao uso do TET é atribuída a fatores como o tamanho do tubo, a pressão do balonete, movimentação do tubo ou ainda extubação acidental. <sup>(7, 8, 9)</sup>.

O trabalho de Cooper & Grillo em 1969 <sup>(10)</sup>, já indicavam que a pressão aplicada pelo balonete à parede traqueal constitui o principal fator de estenose de traqueia.

Brichet *et al.* em 2002 <sup>(11)</sup> referem que a hiperinsuflação do balonete do tubo traqueal é o fator de risco mais frequente para a formação de isquemia traqueal ocorrendo complicações decorrentes desta.

Com o advento do TET de Lanz® em que há um balonete de alto volume e baixa pressão, uma válvula de pressão de regulação com balão inflável e tampa protetora transparente, surgiu a esperança de se diminuir a incidência de complicações decorrentes da intubação traqueal. No entanto,

devido ao seu elevado custo, formas alternativas, mas que mantenham a mesma função, podem ser de grande interesse clínico <sup>(12)</sup>.

Conforme descreveram Brichet *et al.*<sup>(2)</sup>, a estenose da via aérea usualmente torna-se sintomática logo após a extubação. No entanto, ela pode manifestar-se nas primeiras seis semanas na metade dos casos ou mesmo até o segundo ano de evolução, com graus variados de apresentação clínica.

Seegobin *et al.* em 1984 <sup>(13)</sup>, relatam em estudo endoscópico realizado em 40 pacientes submetidos à intubação por cirurgias diversas, que a obstrução do fluxo ocorre quando a pressão na parede lateral da traqueia por balonete está acima de 30 cmH<sub>2</sub>O.

É cientificamente comprovado que quando a pressão do balonete esta acima de 30 cm H<sub>2</sub>O pode ocorrer redução do fluxo sanguíneo na mucosa traqueal em contato com o balonete. Isto poderá contribuir para que possam ocorrer efeitos adversos a longo prazo <sup>(14, 15)</sup>.

Uma pressão de balonete superior a 50 cm H<sub>2</sub>O, poderá interromper o fluxo sanguíneo para a mucosa dos anéis traqueais e para a parede posterior da traqueia <sup>(16)</sup>.

Vários autores concluem que a pressão do balonete distal deve permanecer acima de 20 cm H<sub>2</sub>O para diminuir os riscos de aspiração pulmonar <sup>(13,17-19)</sup>.

Sole *et al.* em 2009 <sup>(20)</sup>, descreveram que os balonetes de alta complacência e baixa pressão podem minimizar os riscos de isquemia da mucosa e as lesões dela decorrentes, desde que as pressões de insuflação estejam entre 20 a 30 cm H<sub>2</sub>O.

Cooper *et al.* em 1969 <sup>(10)</sup>, Magovern *et al.* em 1972 <sup>(21)</sup> e Bernhard *et al.* em 1982 <sup>(22)</sup>, referem que a incidência de estenose laríngea e traqueal que ocorre após intubação prolongada, ou não, pode variar de 1,5% a 19,5%.

Segundo Bishop em 1989 <sup>(23)</sup> e Mcculloch *et al.* em 1991 <sup>(24)</sup>, a estenose de laringe localiza-se com mais freqüência na glote, ao nível da cartilagem cricóide .

Tornvall *et al.* em 1971 <sup>(25)</sup> e Bain em 1972 <sup>(26)</sup>, relatam que as complicações por intubações endotraqueais mais frequentes são a laringite, edema glótico, ulceração de mucosa, estenose de laringe, estenose de traqueia, dilatação de traqueia, intubação esofágica inadvertida e fístula da artéria innominada.

Seegobin *et al.* em 1984 <sup>(13)</sup> e Raeder *et al.* em 1985 <sup>(17)</sup>, referem que as complicações mais graves após intubação traqueal são ulceração, traqueomalácia e estenose traqueal. A maioria das complicações descritas anteriormente, estão relacionadas com intubação prolongada e com pressão elevada no balonete.

Bishop em 1989 <sup>(23)</sup> e Yang em 1995 <sup>(27)</sup> relatam estenose de laringe após intubações de pequenos períodos (entre 24 a 48 h).

Messahel em 1993 <sup>(28)</sup>, refere que a estenose traqueal após intubação com tubo com balonetes de baixa pressão ocorre mesmo após períodos curtos de intubação, até de poucas horas. Este autor foi um dos primeiros a fazer esta descrição<sup>(28)</sup>.

Forte em 1996 <sup>(29)</sup>, apresentou casuística de 250 pacientes submetidos à traqueoplastias para correção de estenose traqueal após intubação. O autor atribuiu a incidência de 80% das lesões ao balonete do tubo traqueal.

A pressão do balonete intratraqueal é um importante fator relacionado à ocorrência de muitos desses eventos adversos encontrados na mucosa traqueal <sup>(30,31)</sup> e mesmo curtos períodos de exposição podem ser suficientes para causar alterações estruturais e funcionais significativas da laringe <sup>(32)</sup>.

Um dos métodos utilizados na atualidade para medir a pressão do balonete em pacientes com intubação prolongada é através da manometria. Os manômetros podem ser usados como uma ferramenta básica no cuidado destes pacientes <sup>(33)</sup>.

Embora esta prática seja recomendada, o monitoramento contínuo da pressão do balonete não é amplamente utilizado nas UTI, onde ocorre com frequência a intubação por período prolongado <sup>(34, 35)</sup>.

Vários autores <sup>(36-39)</sup> descrevem que na maioria das UTI a pressão endotraqueal nunca é aferida e isto contribui muito para lesões em parede traqueal.

Estudos demonstram que a palpação do balonete proximal (*cuff*), método muito empregado, é insuficiente para detectar alta pressão no balonete distal <sup>(39,40)</sup>.

Duguet *et al.* em 2007 <sup>(41)</sup> e Valencia *et al.* em 2007 <sup>(42)</sup>, referem ser possível o controle eficiente da pressão do balonete que permita diminuir a incidência de estenose traqueal.

Em estudo com 30 cães submetidos à intubação endotraqueal com cânula de alta complacência, durante período de quatro horas, tendo como objetivo verificar lesões precoces laringotraqueais devido à intubação, Martins *et al.* em 1995 <sup>(43)</sup> realizaram biópsias em cordas vocais, aritenóides, cricóide e também em anéis traqueais. As alterações histológicas mais frequentemente observadas nas áreas biopsiadas foram decorrentes da infiltração por células polimorfonucleares (tanto no epitélio como no córion), congestão vascular e necrose de células epiteliais. Os anéis traqueais, que se encontravam em contato com o balonete do TET, foram os mais comprometidos.

Embora a ocorrência de lesões laringotraqueais seja descrita mais frequentemente após vários dias de intubação, Bodsky em 1987 <sup>(44)</sup> e Squire *et al.* em 1990 <sup>(45)</sup>, observaram o aparecimento de lesões precoces em mucosa traqueal, mesmo após uma hora de intubação endotraqueal.

Com o intuito de atenuar os efeitos adversos ocasionados pela pressão que o balonete exerce sobre a mucosa durante a intubação traqueal, foi desenvolvido e patentado, tanto nacional como internacionalmente, um TET modificado (TETM), o qual possibilita a variação da pressão interna do balonete durante os ciclos respiratórios. Este TETM é o motivo deste estudo. (Depósito da patente nº INPI: 08/11/2007, nº da Patente: MU87023920U2, Classificação: A61M 39/10).

## **2. JUSTIFICATIVA**



A intubação endotraqueal é o método pelo qual se introduz um tubo até a traqueia, comunicando-a com o meio externo. As indicações para a intubação endotraqueal são inúmeras, como a incapacidade de manter as vias aéreas permeáveis por outros métodos, apnéia, proteção da via aérea devido ou secreções, comprometimento evidente ou potencial da via aérea devido a lesões por inalação tóxicas, fraturas faciais ou outros tipos de fraturas, ferimento craniano fechado exigindo hiperventilação ou ainda falha em manter a oxigenação através de outros métodos.

A intubação endotraqueal pode comprometer a integridade do epitélio das vias aéreas superiores, tendo como causa principal a pressão exercida pelo balonete distal da cânula sobre a mucosa traqueal. A insuflação deste pode determinar isquemia dos vasos da mucosa, seguida por ulceração, necrose epitelial e mesmo cartilaginosa. Estas alterações podem provocar seqüelas laringotraqueais permanentes, tais como estenose subglótica, traqueo-laringomalácia e granulomas.

### **3. OBJETIVO**



O objetivo do presente estudo é avaliar um novo modelo de tubo endotraqueal (TET) em que a pressão de seu balonete terminal é variável de acordo com o ciclo da ventilação mecânica. A mecânica respiratória foi estudada em simulador pulmonar (estudo de bancada) assim como os possíveis eventuais efeitos deletérios que possam ocorrer na traqueia, usando para isto um modelo animal ventilado mecanicamente com TET convencional (TETC) e com o tubo endotraqueal modificado (TETM).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**



Foi desenvolvido um novo modelo de TET que apresenta variação da pressão em seu balonete terminal de acordo com o ciclo da VM. Para isto foi desenvolvido e projetado um TET no qual dentro de seu balonete distal foram feitos três perfurações idênticas de três milímetros cada, que possibilitam a insuflação do balonete no ciclo inspiratório e a sua desinsuflação na fase expiratória. Estes orifícios estão situados a uma distância de um cm. Foram realizadas 20 diferentes perfurações prévias, com variações que variaram o posicionamento em linha reta, curva, até finalmente ser definido o posicionamento triangular dos orifícios. O respectivo tubo ainda dispõe externamente da possibilidade de uso de uma sonda para aspiração de secreções. Esta sonda de aspiração não foi utilizada nesta pesquisa. (FIGURA 1 e 2).

Um estudo experimental de bancada e um estudo piloto experimental foram realizados a fim de verificar, respectivamente, os possíveis escapes aéreos e possíveis lesões traqueais que o TETM e o TETC pudessem ocasionar.

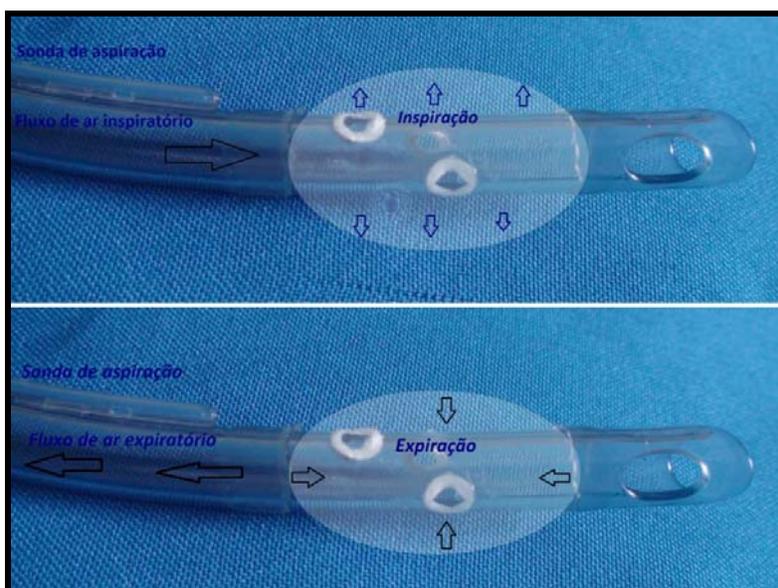
### **Estudo de bancada**

Foi utilizado o ventilador mecânico DX 3010® Dixtal (FIGURA 3), ciclado a volume, com volume corrente de 10 e 15mL/Kg e pressão positiva ao final da expiração (PEEP) de 0 e 5cmH<sub>2</sub>O respectivamente, com uma frequência respiratória de 12 ciclos por minuto e uma relação dos tempos inspiratório/expiratório de 1:2. O equipamento de simulação pulmonar utilizado foi o Vent Aid® TLLTM Training/Test Lung - Michigan Instruments Incorporation, Michigan, MC (FIGURA 4). A complacência ajustada neste simulador pulmonar foi de 60mL/cmH<sub>2</sub>O. Foram utilizados tubos endotraqueais números 7,5 e 8,0mm. A pressão de balonete do TETC foi ajustada em 25cmH<sub>2</sub>O, diferentemente do ocorrido no TETM que variou a sua pressão interna durante os ciclos respiratórios. Acoplado no TET (colocado entre o ventilador mecânico e o simulador pulmonar) foi utilizado um sensor de fluxo do monitor de perfil respiratório CO<sub>2</sub>SMO PLUS DX8100, Dixtal/Novamatrix, São Paulo, Brasil (Figura 5). O escape de ar foi calculado pela diferença entre os

volumes inspiratório ( $V_i$ ) e expiratório ( $V_e$ ). Os dados da mecânica respiratória foram armazenados de forma contínua pelo software *Analysis Plus®* em um computador, por período de três minutos. Ao final deste período, os dados foram processados e analisados.

### Estudo piloto experimental

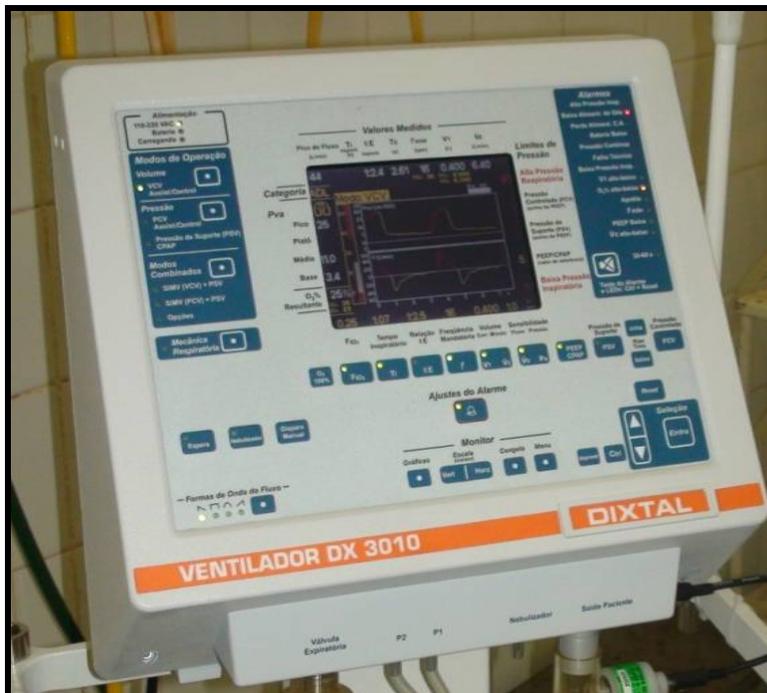
Foi realizado um estudo piloto experimental para comparar ambos TET e a possível ocorrência de lesões na mucosa traqueal. Os mesmos tubos endotraqueais (TETM e TETC ambos de número 7,5mm) foram utilizados em dois porcos da raça LargeWhite, com pesos similares em 35Kg. O mesmo ventilador mecânico do estudo de bancada foi utilizado na modalidade ciclado a volume (15ml/Kg), com frequência respiratória de 12 ciclos por minuto, PEEP=0cmH<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub>=0,21%. A pressão de balonete do TETC foi de 25cmH<sub>2</sub>O. Os dois animais permaneceram anestesiados, sob ventilação mecânica, por período contínuo de 48 horas. Após o término do experimento os animais foram eutanasiados e ambas as traquéias foram analisadas quanto a possíveis lesões macroscópicas e histológicas.



**Figura 1** – Montagem esquemática demonstrando o fluxo de ar nas fases da inspiração e expiração no tubo endotraqueal modificado(TETM)



**Figura 2** - Tubo endotraqueal modificado com os furos na parede do tubo. Depósito da patente nºINPI:08/11/2007. Nº patente MU87023920U2; Classificação A61M 39/10.



**Figura 3** - Ventilador Mecânico DX 3010® Dixtal utilizado para ventilação mecânica no estudo de bancada.



**Figura 4** - Equipamento de simulação pulmonar (Pulmão Test) Vent Aid® TTL Training/Test Lung (Michigan Instruments Incorporation, Michigan, MC). Notar a traqueia artificial onde o TETM é introduzido para estudo(seta).



**Figura 5** - Monitor de perfil respiratório CO2SMO PLUS DX 8100 com sensor de fluxo - Dixtal/Novametrix, São Paulo, Brasil, para estudo do perfil respiratório e análise dos dados.

## **5. RESULTADOS**



A Tabela 1 demonstra as médias dos valores obtidos no estudo de bancada realizado com os TETC E TETM de 7,5mm. Observou-se o maior escape de ar (23%) no TETM com VC de 10 mL/Kg e PEEP de 0 cmH<sub>2</sub>O e o menor escape (13%), quando o VC foi de 15 mL/Kg e PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O.

No TETC houve menor escape de ar (3 a 6%).

A maior pressão inspiratória do balonete do TETM foi de 10,5 cmH<sub>2</sub>O, enquanto a pressão do balonete do TETC manteve-se constante em 25 cmH<sub>2</sub>O.

**Tabela 1.** Resultado do estudo de bancada- tubos de 7,5 mm TETM e TETC.

Volume corrente (mL/Kg)	PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	Vi / Ve (mL) TETM	% escape TETM	Pressão balonete (cmH <sub>2</sub> O) TETM (I/E)	Vi / Ve (mL) TETC	% escape TETC	Pressão balonete (cmH <sub>2</sub> O) TETC
10 mL/Kg	0	658/505	23%	4/0	695/667	4%	25
15 mL/Kg	0	960/814	15%	7,5/0	1014/984	3%	25
10 mL/Kg	5	659/514	22%	8/3	692/651	6%	25
15 mL/Kg	5	962/835	13%	10,5/3,5	1015/975	4%	25

PEEP: Pressão Positiva ao final da expiração

Vi: volume inspirado

Ve: volume expirado

TETM: tubo endotraqueal modificado

TETC: tubo endotraqueal convencional

A Tabela 2 apresenta a média dos valores obtidos no estudo de bancada com o uso do TETC e TETM de 8 mm, onde observa-se que o maior escape de ar (32%) ocorreu com o VC de 10 mL/Kg e PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O. O menor escape de ar foi de 20% com o VC de 15 mL/Kg e PEEP de 0 cmH<sub>2</sub>O.

No TETC houve escape de ar de 8% a 13%.

A maior pressão inspiratória do balonete do TETM foi de 10 cmH<sub>2</sub>O, enquanto a pressão do balonete do TETC manteve-se constante em 25 cmH<sub>2</sub>O.

**Tabela 2.** Resultado do estudo de bancada- tubos de 8,0 mm TETM e TETC.

Volume corrente (mL/Kg)	PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	Vi / Ve (mL) TETM	% escape TETM	Pressão balonete (cmH <sub>2</sub> O) TETM (I/E)	Vi / Ve (mL) TETC	% escape TETC	Pressão balonete (cmH <sub>2</sub> O) TETC
10 mL/Kg	0	663/479	28%	3/0	697/630	10%	25
15 mL/Kg	0	966/769	20%	6/0	1020/941	8%	25
10 mL/Kg	5	660/451	32%	7/2	698/609	13%	25
15 mL/Kg	5	964/749	22%	10/3	1024/923	10%	25

PEEP: Pressão positiva ao final da expiração

Vi: volume inspirado

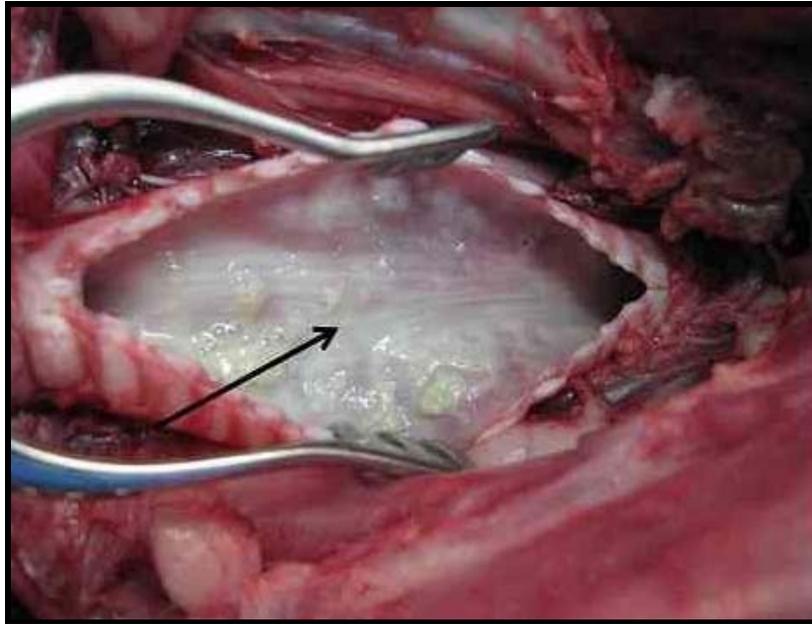
Ve: volume expirado

TETM: tubo endotraqueal modificado

TETC: tubo endotraqueal convencional

No estudo piloto experimental, o animal que utilizou o TETM não apresentou macroscopicamente lesões da mucosa traqueal (Figura 6), já o animal que utilizou o TETC apresentou áreas de necrose e ulcerações na traqueia (Figura 7).

Microscopicamente, o animal que utilizou o TETM apresentou áreas com epitélio respiratório preservado (Figura 8). O animal que utilizou o TETC na avaliação histopatológica demonstrou processo inflamatório intenso com áreas ulceradas e erosões no epitélio traqueal (Figura 9). Foram ainda observadas extensas áreas de desepitelização e também focos de hemorragia associados. Nas áreas de úlcera, observou-se pericondrite neutrofílica e a inflamação aguda se estendeu até a adventícia inversamente ao que ocorreu no animal em que se utilizou o TETM. Ainda microscopicamente, pode-se ver tecido cartilaginoso maduro com polimorfonucleares neutrófilos ao redor (pericondrite aguda), indicando que a reação inflamatória atingiu níveis mais profundos da parede da traqueia (Figura 10).



**Figura 6** - Traqueia animal aberta longitudinalmente pós uso do TETM.

A seta demonstra a traqueia do animal, aberta longitudinalmente, que permaneceu com o tubo endotraqueal modificado (TETM) anestesiado por 48h consecutivas.



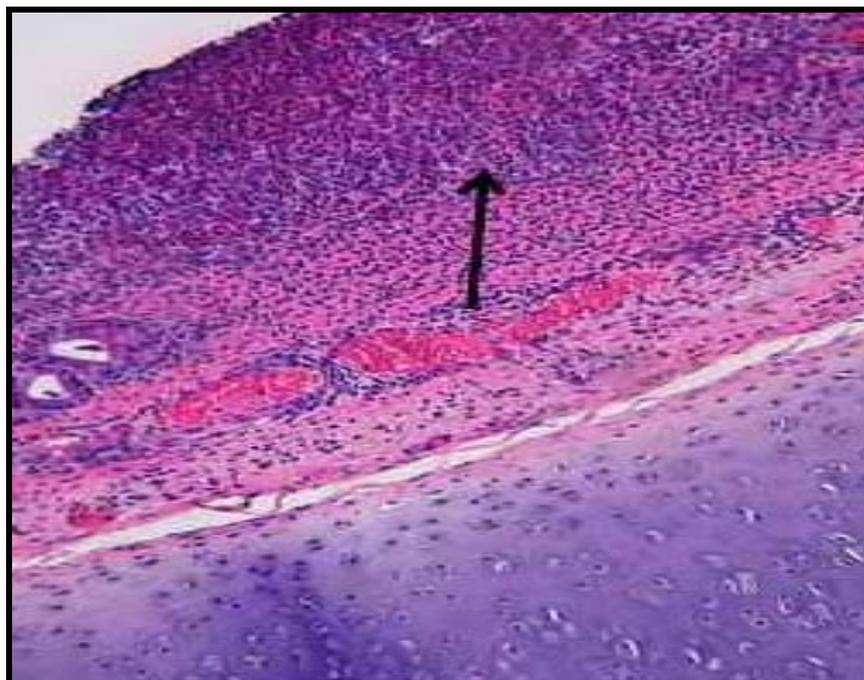
**Figura 7** - Traqueia animal aberta longitudinalmente pós uso do TETC. Notar nas setas as áreas de necrose microulcerações.

As setas demonstram na traqueia do animal, já aberta longitudinalmente, lesões do epitélio, sendo que inferiormente há lesão mais evidente em um segmento maior (vide área medida pela régua). Este animal permaneceu com o tubo endotraqueal convencional (TETC) anestesiado por 48h consecutivas.



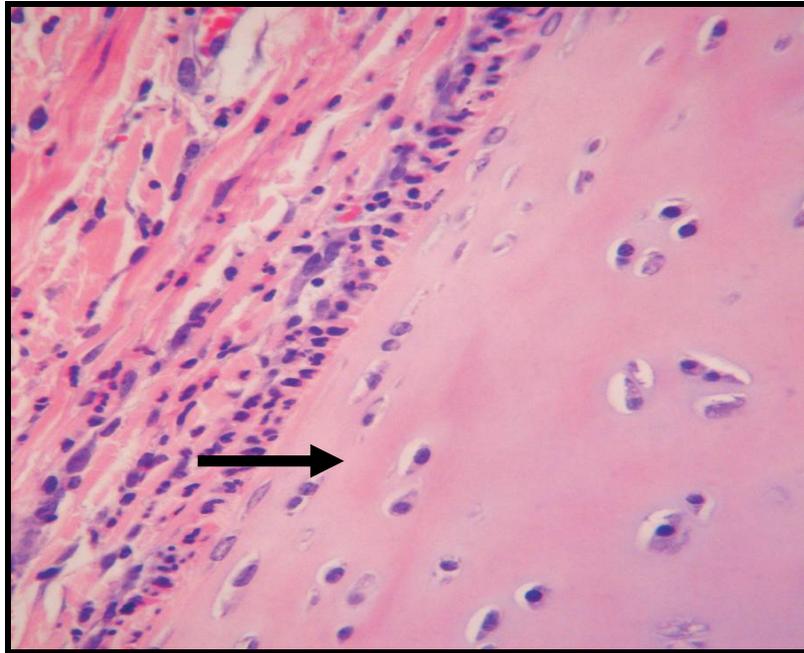
**Figura 8** - Exame microscópico de traqueia pós TETM. Na parte superior (seta) epitélio preservado.

Exame microscópico da traqueia (H&E400X). A seta aponta para o epitélio do animal que permaneceu com o TETM. Notar que há pouco processo inflamatório e preservação da mucosa traqueal.



**Figura 9** - Exame microscópico de traqueia pós TETC. Notar o intenso processo inflamatório (seta)

Exame microscópico da traqueia de animal que permaneceu com TETC. Há infiltrado inflamatório neutrofílico intenso em mucosa da traquéia, com focos de erosão do epitélio e tecido de granulação.



**Figura 10** - Exame microscópico de traqueia pós TETC. Notar a inflamação atingindo a cartilagem profundamente (seta).

Notar tecido cartilaginoso maduro com polimorfonucleares neutrófilos ao redor (pericondrite aguda), indicando que a reação inflamatória atinge níveis mais profundos da parede da traqueia.

## **7. DISCUSSÃO**



A despeito das várias tentativas de criação de um tubo endotraqueal para minimizar ou evitar danos à traqueia, até o momento o que foi aqui denominado como TETC (aquele com balonete terminal de alta complacência e baixa pressão) é o mais utilizado tanto para anestesia geral como nas intubações prolongadas. Apesar disto, muitos trabalhos têm demonstrado as sequelas decorrentes destes procedimentos sendo as mais citadas o processo inflamatório, ulceração, erosão, traqueomalácia e estenose, sendo que as maiores alterações localizam-se principalmente no terço posterior das cordas vocais, nas aritenóides, cricóide e nos primeiros anéis traqueais <sup>(46-53)</sup>.

A estenose laringotraqueal é rara, porém e é uma condição séria com uma incidência anual de um caso para cada 200.000 adultos <sup>(54)</sup> sendo que a hiperinsuflação do balonete constitui-se em fator causal principal da lesão na mucosa traqueal <sup>(55-61)</sup>.

Combes *et al.* <sup>(30)</sup> concluíram que há uma relação importante entre a maior pressão do balonete distal com o número de lesões isquêmicas de mucosa traqueal decorrentes da mesma. Segundo Seegobin *et al.* em 1984 <sup>(13)</sup>, a gravidade do dano traqueal tem relação direta com o tempo de duração da intubação traqueal.

Em estudo experimental em coelhos Lindholm em 1973 <sup>(62)</sup> e Conti *et al.* em 2006 <sup>(63)</sup> avaliaram o fluxo sanguíneo traqueal e demonstraram que a isquemia da mucosa da traqueia ocorre quando a pressão do balonete excede 30 mmHg.

Em outro estudo, também em coelhos, Nordin *et al.* em 1977 <sup>(32)</sup> demonstraram que a pressão do balonete acima de 40 cmH<sub>2</sub>O causa isquemia da mucosa e por isso recomendaram que esta pressão ficasse abaixo de 26 cmH<sub>2</sub>O.

Arola & Anttinen em 1979 <sup>(64)</sup>, ao realizarem estudo experimental com tubos de duplo balonete insuflados alternadamente, descreveram pressão que variava de 63,8 mmHg a 74,3 mmHg. Os mesmos abandonaram este tipo de

balonete, por encontrarem lesão em ambos os pontos de contato com a parede traqueal.

Os valores ideais de pressão do balonete endotraqueal são variáveis, e as pressões recomendadas para os balonetes variam de 20-30 cm H<sub>2</sub>O (64,65,66,67)

Depois de um estudo de 83 pacientes que foram intubados com tubo endotraqueal que permitiu a aspiração contínua da secreção subglótica, Rello et al (64) recomendaram uma pressão mínima no balonete distal de 20 cm H<sub>2</sub>O. Referem que quando a pressão do balonete é mantida em valor inferior a 20 cm H<sub>2</sub>O, o risco de pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV) é 4 vezes maior do que quando a pressão foi mantida em valor maior.

Dullenkopf *et al.*(68) relataram que uma pressão de 19,1 centímetros H<sub>2</sub>O já pode ser suficiente para uma vedação adequada da luz endotraqueal.

Valencia *et al.*(42) compararam resultados entre o uso de um dispositivo para controlar automaticamente a pressão do balonete para 20 cm H<sub>2</sub>O e o uso da monitorização intermitente da pressão dentro do balonete.

Numa tentativa de minorar os efeitos da pressão do balonete sobre o epitélio traqueal, Kamen & Wilkinson em 1971 (12), preconizaram o tubo com balonete preenchido com espuma. Os resultados encontrados relatam processos inflamatórios e microulcerações no epitélio traqueal com este modelo de tubo.

Joshi *et al.* em 1972 (69) referem haver relação direta entre tempo de intubação e lesões laringotraqueais e que estão bem evidentes na análise de estudo em recém-natos submetidos à necropsia e que haviam ficado sob intubação por períodos compreendidos entre uma e 144 horas. Estes autores encontraram epitélio laringotraqueal com lesões extensas, processo inflamatório difuso associado à extensa necrose em laringe e traqueia. As maiores áreas de necrose foram identificadas nas crianças que ficaram intubadas por mais de 72 horas e as áreas de erosão e necrose epitelial puderam ser identificadas com apenas quatro horas de intubação.

Entre os mecanismos de lesão da mucosa traqueal destacam-se a utilização de um tubo com tamanho inadequado, a hiperinsuflação do balonete ou a mobilização repentina do tubo. A lesão direta causada pelo tubo ocorre geralmente após tentativas vigorosas de intubação em situações de emergência <sup>(70)</sup>.

Existem referências <sup>(59,71)</sup> clínicas que em grande parte dos pacientes que apresentam lesões laringotraqueais após intubação permanecem assintomáticos após a extubação ou manifestam sintomas discretos como disfonia, tosse e odinofagia.

Schmidt *et al.* em 1979 <sup>(72)</sup>, após sacrifício de cães submetidos à intubação endotraqueal com balonete de baixa pressão por quatro horas consecutivas, observaram em biópsias das cordas vocais, aritenóides e traqueia, várias lesões como erosão, perda de cílios, eosinofilia e intenso processo inflamatório.

Lesões laringotraqueais foram descritas por Squire *et al.* em 1990 <sup>(45)</sup>, ao submeterem ratos à intubação traqueal por 60 minutos. Os autores demonstraram que o epitélio traqueal é passível de danos com muito pouco tempo de intubação.

No presente trabalho, nos animais estudados que permaneceram por 48 horas consecutivas intubados com TETC, foram observados diversos graus de alterações histológicas, que variaram desde simples processo inflamatório e perda de cílios até a necrose epitelial, erosão e lesões hemorrágicas nos anéis traqueais que se encontravam em íntimo contato com o balonete do tubo. Já quando foi utilizado o TETM, estas lesões mais graves não foram visualizadas o que veio demonstrar a sua capacidade de minimizar as lesões traqueais.

Brodsky *et al.* em 1987 <sup>(44)</sup>, ao exporem ovelhas à intubação endotraqueal sob ventilação mecânica por três a nove horas seguidas, observaram áreas de erosão circunferencial na traqueia dos animais. Essas lesões também foram evidenciadas nos brônquios principais, o que sugere a influência da ventilação mecânica entre os fatores agravantes. Segundo estes

autores, os fatores que contribuem para o agravamento das lesões com a acentuação dos sintomas após a extubação são o calibre inadequado da cânula, alta pressão fornecida ao balonete, infecção local, sepse, hipotensão, hipóxia, estado de agitação do paciente, uso de corticóides sistêmicos e intubação traumática ou prolongada.

Lesões laringo-traqueobronquicas são frequentes em pacientes submetidos à assistência ventilatória. Em estudo realizado por Carvalho *et al.* em 1990 <sup>(53)</sup>, durante 18 meses 46 recém-nascidos foram ventilados mecanicamente e assim submetidos a um exame endoscópico nas primeiras 24 horas após a extubação. O número médio de intubações traqueais foi de 2,8 + - 2,6 vezes por paciente e a duração da intubação foi de 10,8 + -13,9 dias. A maioria dos pacientes apresentou graus variados de lesões de vias aéreas. A laringe foi a região mais acometida e a lesão mais frequente foi a hiperemia difusa (43,5%). Destes recém-nascidos, 18% desenvolveram estenose subglótica. A gravidade da lesão foi mais intensa nos pacientes com maior número de intubações e naqueles com intubação mais prolongada.

Lesões iatrogênicas ocorrem predominantemente no terço distal da traqueia e brônquios principais e na junção da porção membranosa com a cartilaginosa. Quando a lesão é decorrente de hiperinsuflação do balonete, a mesma ocorre preferencialmente na traqueia proximal. Estas lesões são mais frequentes em mulheres e em pacientes com debilidade da parede traqueal por doença inflamatória ou em terapia com corticosteroides ou ainda em traqueias com malformações congênitas <sup>(73)</sup>

Outros mecanismos iatrogênicos podem ser o uso inadequado do guia ou o reposicionamento do tubo sem esvaziar o balonete completamente <sup>(74)</sup> e, em casos de intubação com tubo de duplo lúmen, poderá ocorrer não somente laceração, mas até mesmo ruptura brônquica <sup>(75)</sup>.

As complicações decorrentes da hiperinsuflação do balonete incluem cicatrizes ou estenose subglótica, paralisia do nervo, rouquidão, fístula traqueoesofágica, ferimentos na parede da traquéia <sup>(76-82)</sup>.

Em estudo prospectivo e experimental, Touzot-Jourde *et al* <sup>(82)</sup> estudaram cavalos intubados por via oral e submetidos à ventilação mecânica, em que a pressão do balonete endotraqueal oscilou de 80 a 100 cmH<sub>2</sub>O e 120 cmH<sub>2</sub>O. O tempo de intubação foi de curta duração (175 min em média) e em estudo anatomopatológico das traqueias dos animais após a intubação encontraram lesões mais graves naqueles em que a pressão do balonete foi maior.

Braz *et al.* e Wujtewicz <sup>(60,61)</sup> *et al.* referem haver altas pressões no balonete tubo endotraqueal em 55% a 62% dos pacientes graves, no entanto, afirmam que a medição da pressão do balonete não é prática rotineira nas unidades de terapia intensiva.

Pressões elevadas também foram relatadas quando a pressão do balonete do tubo endotraqueal foram apenas estimados à palpação do balonete ao invés de diretamente mensurados. <sup>(83, 84)</sup>

No presente trabalho, foram analisados os resultados encontrados no estudo de bancada em que o TETM apresentou a menor pressão dentro do balonete, embora com escape superior ao encontrado no tubo convencional. A incidência de menor pressão no balonete do TETM coincidiu com os resultados encontrados no estudo experimental em que a traqueia intubada com o mesmo tubo apresentou menor lesão traqueal.

Percebe-se que com o diâmetro menor do TETM (7,5 mm) ocorreu menor percentual de escape de ar. Provavelmente esta diminuição ocorreu com o TETM de menor diâmetro devido ao fato do seu balonete comportar um maior volume de ar, quando comparado com o TETM de maior diâmetro durante a fase inspiratória.

Ainda na primeira fase do estudo em bancada com o TETM, houve percentual maior de escape de ar quando comparado ao TETC. Numa tentativa de minimizar esta situação, foi utilizada PEEP de cinco cm H<sub>2</sub>O para se verificar efeitos sobre o escape. Tal medida não se demonstrou eficaz quanto à redução do percentual de escape de ar, ou seja, não ocorreu a sua diminuição como demonstrado nas Tabelas 1 e 2. Provavelmente isto se deveu ao fato de

o balonete comportar maior volume de ar na fase inspiratória. Isto permitiu se hipotetizar a respeito e concluir que um demorado esvaziamento na fase expiratória propicia melhor vedação da traqueia e menor escape de ar. A explicação mais plausível a esta ocorrência seria devido ao balonete do tubo com menor diâmetro comportar maior volume na fase inspiratória. Seguiria-se um período com demorado esvaziamento na fase expiratória, o que permitiria melhor vedação e menor escape.

O TETM mostrou-se eficaz na proposta de diminuir a incidência de lesões traumáticas no estudo piloto em animais e pelos resultados obtidos no estudo de bancada. Novos estudos estão em andamento para corroborar estes resultados com amostragem maior em animais e no intuito de dirimir dúvidas a respeito das prováveis complicações inerentes ao uso do mesmo.

## **7. CONCLUSÃO**



A conclusão na avaliação entre os dois tubos endotraqueais convencional e modificado testados em animais e em simulador pulmonar (estudo de bancada) foi que houve menor lesão no epitélio traqueal do animal que permaneceu por 48 hor consecutivas com o tubo modificado (TETM) .

Apesar da ocorrência de maior escape de ar no tubo modificado (TETM) no estudo de bancada e, os parâmetros ventilatórios encontrados foram aceitáveis. O uso de um novo modelo de TET poderá diminuir os riscos de lesão traqueal sem prejuízo à mecânica respiratória.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



1. Dobell ARC. The origins of endotracheal ventilation. *Ann Thorac Surg* 1994; 58:578-84.
2. Brichet A, Verkindre C, Dupont J, Carlier ML, Darras J, Wurtz A, Ramon P, Marquette CH. Multidisciplinary approach to management of postintubation tracheal stenoses. *Eur Respir J* 1999; 13:888-93.
3. Grillo HC. Benign and malignant diseases of the trachea. In:SHIELDS, T.W. (ed.). -General thoracic surgery. 3rd ed Philadelphia: Lea & Febiger, 1989; P. 667-79.
4. Willis BA, Latto IP, Dyson A. Tracheal tube cuff pressure. Clinical use of the Cardiff cuff controller. *Anesthesia* 1988; 43: 312-314.
5. Sue RD, Susanto I. Long-term complications of artificial airways. *Clin Chest Med* 2003; 24:457-71.
6. Keller C, Brimacombe J, Boehler M, Loeckinger A, Puehringer F. The influence of cuff volume and anatomic location on pharyngeal, esophageal, and tracheal mucosal pressures with the esophageal tracheal Comb tube. *Anesthesiology* 2002; 96:1074-77.
7. Knowlson GTG, Bassett HGM. The pressures exerted on the trachea by end tracheal inflatable cuffs. *Br J Anaesth* 1970; 42:834.
8. Nordin U. The trachea and cuff-induced tracheal injury. An experimental study on causative factors and prevention. *Acta Otolaryngologica Suppl* 1977; 345:1-71.
9. Bernhard WN, Yost L, Turndorf H et al. Cuffed tracheal tubes - physical and behavioral characteristics. *Anesth Analg* 1982; (61) 36-41.
10. Cooper JD, Grillo HC. Experimental production and prevention of injury due to balloon-tipped tracheal tubes. *Surg Gynecol Obstet* 1969 Dec; 129 (6):1235-41.

11. Brichet A, Ramon P, Marquette CH: Post-intubation tracheal stenosis and ruptures. *Réanimation* 2002; (11) 49-58.
12. Kamen JM, Wilkinson CJ. A new low pressure cuff for endotracheal tubes. *Anesthesiology* 1971 May; 34(5):482-5.
13. Seegobin RD, Van Hasselt GL. End tracheal cuff pressures and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four large volume cuffs. *Br Med J* 1984; 288: 965-8.
14. Klainer AS, Turndorf H, Wu WH, Maewal H, Allender P. Surface alterations due to end tracheal intubation *Am J Med* 1975; 58:674–83.
15. Deslée G, Brichet A, Lebuffe G, Copin MC, Ramon P, Marquette CH. Obstructive fibrinous tracheal pseudo membrane. A potentially fatal complication of tracheal intubation. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162:1169–71.
16. Smith RPR, Mcardle BH. Pressure in the cuffs of tracheal tubes at altitude. *Anesthesia* 2002; 57: 374-78.
17. Raeder JC, Borchgrevink PC, Sellewold OM. Tracheal tube cuff pressures. The effects of different gas mixtures. *Anaesthesia* 1985; 40:444-7.
18. Mendes FF, Hintz L, Bredemeier N F. Volume e pressão do balonete do tubo traqueal para oclusão da traquéia. *Rev Bras Anesthesiol* 1996; 46 (2): 103-6.
19. Dobrin P, Canfield T. Cuffed endotracheal tubes: mucosal pressures and tracheal wall blood flow. *Am J Surg* 1977; 133:562-8.
20. Sole ML, Penoyer DA, Su X, Jimenez E, Kalita SJ, Poalillo E, ET AL. Assessment of end tracheal ballonnet pressure by continuous monitoring: a pilot study. *Am J Crit Care* 2009 Mar; 18(2):133-43.

21. Magovern GJ, Shively JG, Fecht D, Thevoz F. The clinical and experimental evaluation of a controlled-pressure intratracheal cuff. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1972 Nov; 64 (5): 747-56.
22. Bernhard WN, Yost L, Turndorf H et al. Cuffed tracheal tubes - physical and behavioral characteristics. *Anesth Analg* 1982; (61) 36-41.
23. Bishop MJ. Mechanisms of laryngotracheal injury following prolonged tracheal intubation. *Chest* 1989 Jul; 96 (1):185-6.
24. McCulloch TM, Bishop MJ. Complications of translaryngeal intubation. *Clin Chest Med* 1991 Sep; 12 (3):507-21. Tornvall SS, Jackson KH, Oyanedel E. Tracheal rupture, complication of cuffed endotracheal tube. *Chest* 1971 Feb; 59 (2):237-9.
25. Tornvall SS, Jackson KH, Oyanedel E. Tracheal rupture, complication of cuffed endotracheal tube. *Chest* 1971 Feb; 59 (2):237-9.
26. Bain JA. Late complications of tracheostomy and prolonged endotracheal intubation. *Int Anesthesiol Clin* Fall 1972; 10 (3): 225-44.
27. Yang KL. Tracheal stenosis after a brief intubation. *Anesth Analg* 1995 Mar; 80 (3): 625-7.
28. Messahel BF - Total tracheal obliteration after intubation with a low-pressure cuffed tracheal tube. *Br J Anaesth* 1994; 73: 697-99.
29. Forte V. Ressecção da estenose traqueal pós-entubação com reconstrução da traquéia por anastomose laringo, crico ou traqueotraqueal: análise clínica e cirúrgica. (Tese – Livre Docência). São Paulo (SP). Universidade Federal de São Paulo Escola Paulista de Medicina; 1996.

30. Combes X, Schauvliege F, Peyrouset O, Motamed C, Kirov K, Dhonneur G, Duvaldestin P: Intracuff pressure and tracheal morbidity: influence of filling with saline during nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology* 2001, 95:1120-1124.
31. Hamdan AL, Sibai A, Rameh C, Kanazeh G. Short-term effects of endotracheal intubation on voice. *J VOICE* 2007 Nov; 21(6):762-8.
32. Nordin U, Lindholm CE, Wolgast M. Blood flow in the rabbit tracheal mucosa under normal conditions and under the influence of tracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1977; 21(2):81-94.
33. Fernandez R, Blanch L, Mancebo J, Bonsoms N, Artigas A. Endotracheal tube cuff pressure assessment: pitfalls of finger estimation and need for objective measurement. *Crit Care Med* 1990; 18: 1423-26.
34. Tu HN, Saidi N, Lieutaud T, Bensaid S, Menival V, Duvaldestin P. Nitrous oxide increases endotracheal cuff pressure and the incidence of tracheal lesions in anesthetized patients. *Anesth Analg* 1999; 89: 187-90.
35. Abud TM, Braz JR, Martins rh, Gregoria EA, Saldanha JC, Raiza AC. The Lanz ® endotracheal tube decreases tracheal injury in dogs. *Can J Anaesth* 2005; 52 (8): 878-82
36. Vyas D, Inweregbu K, Pittard A. Measurement of tracheal tube cuff pressure in critical care. *Anaesthesia* 2002; 57:275-7.
37. Mol DA, De Villiers GT, Claassen AJ, Joubert G. Use and care of an endotracheal tracheostomy tube cuff – are intensive care unit staff adequately informed? *S Afr J Surg* 2004; 42:14-6.
38. Sierra R, Benitez E, Leon C, Rello J. Prevention and diagnosis of ventilator-associated pneumonia: a survey on current practices in Southern Spanish ICUs. *Chest* 2005 Sep; 128 (3):1667-73.

39. Jaber S, El Kamel M, Chanques G, Sebbane M, Cazottes S, Perrigault PF, Eledjam JJ. Endotracheal tube cuff pressure in intensive care unit: the need for pressure monitoring. *Intensive Care Med* 2007; 33:917-91.
40. Viby-Mogensen J, Engbaek J, Eriksson LI, Gramstad L, Jensen E, Jensen FS. Good Clinical Research Practice (GCRP) in pharmacodynamic studies of neuromuscular blocking agents. *Acta Anaesthesiol Scand* 1996; 40: 59-74.
41. Duguet A, D'amico L, Biondi G, Prodanovic H, Gonzalez-Bermejo J, Similowski T. Control of tracheal cuff pressure: a pilot study using a pneumatic device. *Intensive Care Med* 2007; 33:128-32.
42. Valencia M, Ferrer M, Farre R, Navajas D, Badia J R, Nicolas J M, Torres A. Automatic control of tracheal tube cuff pressure in ventilated patients in semirecumbent position: a randomized trial. *Crit Care Med* 2007; 35:1543-49.
43. Martins RHG, Braz JRC, Bretan O, Figueiredo PR, Defaveri J. Lesões precoces da intubação endotraqueal / Early injuries of the endotracheal intubation. *Rev bras Otorrinolaringol* 1995; 61 (5):343-8.
44. Brodsky L, Naviwala S, Stanievic HJF. A quantitative comparison of the early histopathological changes from tracheotomy and endotracheal intubation on the distal trachea in fetal lambs. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1987; (12) 273-82.
45. Squire R, Dinijnzio G, Siddiqui SY et al. Quantitative study of the early effects of tracheotomy and endotracheal intubation on the rabbit tracheobronchial tree. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1990; 99:62-8.
46. Freeman GR. A comparative analysis of end tracheal intubation in neonates, children and adults: complications, preventions and treatment. *Laryngoscope* 1972; 82:1385-94.

47. Burns HP, Dayal V, Sgott A et al. Laryngotracheal trauma: observations on its pathogenesis and its prevention following prolonged orotracheal intubation in the adult. *Laryngoscope* 1979; 89:1316-25.
48. Arola MK, Puhakka H, Mäkelä P. Healing of lesions caused by cuffed tracheostomy tubes and their late sequelae. *Acta Anaesth Scand* 1980; 24:169-77.
49. Casthely P, Chalon J, Ramanathan S et al. Tracheobronchial cytologic changes during prolonged cannulation. *Amnesty Anile* 1980; 59:759-63.
50. Belson TP. Cuff induced tracheal injury in dogs following prolonged intubation. *Laryngoscope* 1983; 93:549-55.
51. Gau GS, Ryder TA , Mobberley MA. Iatrogenic epithelial change caused by endotracheal intubation of neonates. *Early Hum Dev* 1987; 15: 221-9.
52. Woo P, Kelly G, Kirshner P. Airway complications in the head injured. *Laryngoscope* 1989; 99:725-31.
53. Carvalho M, Milward G, Lopes JM et al. Lesões iatrogênicas causadas por intubação traqueal em recém-nascidos. *Pediatr* 1990; 66:51-5.
54. Nouraei SAR, Ma E, Patel A, Howard DJ, Sandhu GS. Estimating the population incidence of adult post-intubation laryngotracheal stenosis. *Clin Otolaryngol* 2007; 32: 411–2.
55. Windsor HM, Shanahan MX, Cherian K, Chang VP. Tracheal injury following prolonged intubation. *Aust N Z J Surg.* 1976;46:18-25.
56. Lewis FR Jr, Schiobohm RM, Thomas AN. Prevention of complications from prolonged tracheal intubation. *Am J Surg.* 1978;135:452-457.

57. Stauffer JL, Olson DE, Petty TL. Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy: a prospective study of 150 critically ill adult patients. *Am J Med.* 1981;70:65-76.
58. Fösel T, Altemeyer KH, Mehrkens HH. Endotest—a simple method for the monitoring of internal pressure of the tube cuff [in German]. *Anaesthesist.* 1985;34(7):373-374.
59. Hähnel J, Treiber H, Konrad F, et al. A comparison of different endotracheal tubes: tracheal cuff seal, peak centering and the incidence of postoperative sore throat [in German]. *Anaesthesist.* 1993;42(4):232-237.
60. Braz JR, Navarro LH, Takata IH, Nascimento Júnior P. Endotracheal tube cuff pressure: need for precise measurement. *Sao Paulo Med J.* 1999;117(6):243-247.
61. Wujtewicz MA, Sawicka W, Sein Anand J, et al. Monitoring of tracheal tube cuff pressure in patients treated in intensive therapy unit and intensive care units [in Polish]. *Przegl Lek.* 2004;61(4):353-355.
62. Lindholm CE. Experience with a new orotracheal tube. *Acta Otolaryngol* 1973 Apr; 75 (4):389-90.
63. Conti M, Pougeoise M, Wurtz A, Porte H, Fourrier F, Ramon P, et al. Management of postintubation tracheobronchial ruptures. *Chest* 2006 Aug; 130 (2): 412-18.
64. Rello J, Soñora R, Jubert P, Artigas A, Rué M, Vallés J. Pneumonia in intubated patients: role of respiratory airway care. *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;154(1):111-115.
65. Simmons KF, Scanlan CL. Airway management. In: Wilkins RL, Stoller JK, Scanlan CL, eds. *Egan's Fundamentals of Respiratory Care.* 8th ed. St Louis. MO: Mosby; 2003:653-704.

66. Safdar N, Dezfulian C, Collard HR, Saint S. Clinical and economic consequences of ventilator-associated pneumonia: a systematic review. *Crit Care Med*. 2005;33:2184-2193.
67. Diaz E, Rodriguez AH, Rello J. Ventilator-associated pneumonia: issues related to the artificial airway. *Respir Care*. 2005;50:900-906.
68. Dullenkopf A, Schmitz A, Frei M, Gerber AC, Weiss M. Air leakage around endotracheal tube cuffs. *Eur J Anaesthesiol*. 2004;21:448-453.
69. Joshi VV, Mandavia SG, Stern I et al. Acute lesions induced by endotracheal intubation. *Amer. J. Dis. Child* 1972; 124:646-49.
70. Jougon J, Ballester M, Choukroun E, Dubrez J, Reboul G, Velly JF. Conservative treatment for postintubation tracheobronchial rupture. *Ann Thorac Surg* 2000; 69(1):216-20.
71. Fan LL, Flynn JW, Pathak DR et al. Predictive value of stridor in detecting laryngeal injury in extubated neonates. *Crit. Care Med* 1982; 10:453-55.
72. Schmidt WA, Schao RN, Nortensen JD. Immediate mucosal effects of short - term soft-cuff, endotracheal intubation. *Arch Pathol Lab Med* 1979; 103:516-21.
73. Massard G, Rougé C, Dabbagh A, Kessler R, Hentz JG, Roeslin N, et al. Tracheobronchial lacerations after intubation and tracheostomy. *Ann Thorac Surg* 1996; 61(5):1483-7.
74. Marty-Ané CH, Picard E, Jonquet O, Mary H. Membranous tracheal rupture after endotracheal intubation. *Ann Thorac Surg*. 1995; 60(5):1367-71.
75. Bessa Junior RC, Jorge JC, Eisenberg AF, Duarte WL, Silva MS. Ruptura brônquica após intubação com tubo de duplo lúmen: Relato de caso. *Rev Bras Anesthesiol* 2005; 55(6):660-4.

76. Streitz JM Jr, Shapshay SM. Airway injury after tracheotomy and endotracheal intubation. *Surg Clin North Am.* 1991;71: 1211-1230.
77. Terashima H, Sakurai T, Takahashi S, Saitoh M, Hirayama K. Postintubation tracheal stenosis: problems associated with choice of management [in Japanese]. *Kyobu Geka.* 2002; 55(10):837-842.
78. Otani S, Fujii H, Kurasako N, et al. Recurrent nerve palsy after endotracheal intubation [in Japanese]. *Masui.* 1998; 47(3):350-355.
79. Suzuki N, Kooguchi K, Mizobe T, Hirose M, Takano Y, Tanaka Y. Postoperative hoarseness and sore throat after tracheal intubation: effect of a low intracuff pressure of endotracheal tube and the usefulness of cuff pressure indicator [in Japanese]. *Masui.* 1999;48(10):1091-1095.
80. Ratnaraj J, Todorov A, McHugh T, Cheng MA, Laurysen C. Effects of decreasing endotracheal tube cuff pressures during neck retraction for anterior cervical spine surgery. *J Neurosurg.* 2002;97:176-179.
81. Pelc P, Prigogine T, Bisschop P, Jortay A. Tracheoesophageal fistula: case report and review of literature. *Acta Otorhinolaryngol Belg.* 2001;55:273-278.
82. Touzot-Jourde G, Stedman NL, Trim CM. The effects of two endotracheal tube cuff inflation pressures on liquid aspiration and tracheal wall damage in horses. *Vet Anaesth Analg.* 2005;32:23-29.
83. Sengupta P, Sessler DI, Maglinger P, et al. Endotracheal tube cuff pressure in three hospitals, and the volume required to produce an appropriate cuff pressure. *BMC Anesthesiol.* 2004;4(1):8.
84. Stewart SL, Secrest JA, Norwood BR, Zachary R. A comparison of endotracheal tube cuff pressures using estimation techniques and direct intracuff measurement. *AANA J.* 2003;71(6):443-447.

**ANEXO**



Esta é um versão gerada unicamente para visualização dentro do SGP.  
A versão a ser impressa utilizará outros padrões de formatação.  
This is a version generated only for visualization inside of SGP.  
The version to be printed will use other formatting patterns.

Artigos Científicos

Código de Fluxo: 696

## Tubo endotraqueal atraumático para ventilação mecânica

### Atraumatic endotracheal tube for mechanical ventilation

#### Autores (Authors)

**Silvio Oscar Noguera Servin:** Mestre em Cirurgia, Pósgraduando no Departamento de Cirurgia da Faculdade de Ciências Médicas da

Universidade Estadual de Campinas, SP UNICAMP, Brasil. PósGraduando

**Gilson Barreto:** Cirurgião de Cabeça e Pescoço do Hospital Centro Médico de Campinas, SP, Brasil Chefe do Serviço Oncologia Prefeitura de Paulínia

**Luiz Cláudio Martins:** Médico Assistente do Departamento de Clínica Médica. Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas Unicamp Campinas, SP, Brasil Médico Assistente do Departamento de Clínica Médica

**Marcos Mello Moreira:** Fisioterapeuta Serviço de Doenças Pulmonares, Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, SP,

Brasil Fisioterapeuta Serviço de Doenças Pulmonares, Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

**Luciana Meirelles:** Professora Doutora no Departamento de Anatomia Patológica, da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, SP, Brasil Professora Doutora no Departamento de Anatomia Patológica, da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

**José Alexandre Colli Neto:** Acadêmico do curso de Medicina da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, SP, Brasil Acadêmico de Medicina

**José Hélio Zen Júnior:** Acadêmico do curso de Medicina da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, SP, Brasil Acadêmico de Medicina

**Alfio José Tincani:** Professor Associado no Departamento de Cirurgia na Disciplina de Cirurgia de Cabeça e Pescoço da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp Professor Associado na Disciplina de Cirurgia de Cabeça e Pescoço Unicamp

#### Descritores (Palavras-chave)

Estenose Traqueal; Anestesia Geral; Traumatismo Pulmonar Induzido por Respirador; Respiração Artificial

#### Keywords

Tracheal Stenosis; Anesthesia, Intratracheal; Intubation, Intratracheal

#### Resumo

**Introdução:** Pacientes que necessitam permanecer sob entubação endotraqueal (EET) por longos períodos ou se submetidos à anestesia geral, poderão ter lesões na luz da traqueia devido a pressões exercidas pelo balonete terminal. Em alguns casos estas lesões poderão evoluir para estenose ou ocasionalmente necrose. **Justificativa e Objetivos:** Apresentar um tubo endotraqueal modificado (TETM) em que a pressão do balonete é variável de acordo com o ciclo da ventilação mecânica (VM), sendo o mesmo testado em simulador pulmonar e modelo animal. **Método:** Em simulador pulmonar acoplado a ventilador mecânico ajustados com dois volumes correntes (VC) de 10 e 15 mL/Kg e complacência de 60 mL/ cm H<sub>2</sub>O, foram utilizados dois modelos de tubos endotraqueais. Um modificado (TETM) e outro convencional (TETC) números (#) 7,5 mm e 8,0 mm para avaliar a eficiência da ventilação com o TETM. Realizouse também a comparação entre os dois modelos, em porcos da raça LargeWhite, sob anestesia geral e VM por 48 horas consecutivas. Posteriormente os animais foram sacrificados para análise histopatológica das traqueias. **Resultados:** Ambos TETM (#7,5 e 8,0) apresentaram escape de ar no simulador pulmonar. O menor escape de ar (13%) foi observado no TETM #7,5 mm com VC = 15 mL/Kg e o

#### Abstract

maior escape (32%) no TETM #8,0 mm com VC = 10 mL/Kg. Apesar disto, ambos TETM apresentaram boa eficiência no simulador pulmonar. Na avaliação do uso dos TET em animais com análise histopatológica de suas traqueias foi observado que o TETM causou menos áreas traumáticas em seu epitélio, comparado ao TETC. Conclusões: O uso de um novo modelo de TET poderá diminuir riscos de lesão traqueal sem prejuízo à mecânica respiratória.

Trabalho submetido em (Article's submission in): 3/10/2010 12:45:27

Instituição (Affiliation): Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas Unicamp

Correspondência (Correspondence): Alfio José Tincani Departamento de Cirurgia Faculdade de Ciências Médicas Cidade Universitária "Zeferino Vaz", s/no 13083970,

Barão Geraldo, Campinas, SP, Brasil Unicamp

Suporte Financeiro (Financial support):

Submetido para (Submitted for): Revista Brasileira de Anestesiologia

Artigo numerado no SGP sob código de fluxo (The Article was numbered in SGP for the flux code): 696

## Introdução

O tubo oendotraqueal (TET) é muito utilizado na área médica em indivíduos que necessitam de ventilação mecânica (VM). Esta ocorrência pode ser por pequeno período de tempo, como em anestésias gerais ou ainda por período mais prolongado, como nos indivíduos que necessitam VM nas unidades de terapia intensiva (UTI).

Compondo o TET, há o balonete distal (balonete) o qual tem por função vedar e proteger as vias aéreas, prevenindo a aspiração de secreções e possibilitando a ventilação pulmonar com pressão positiva. O balonete distal, exerce determinada pressão na parede traqueal que, não deve ser elevada. Caso isto ocorra, a mesma pode impedir o fluxo sanguíneo sobre a mucosa traqueal. Os balonetes de alta complacência e baixa pressão podem minimizar os riscos de isquemia da mucosa podendo evitar lesões na mesma. Para isto é conveniente ajustar as pressões de insuflação no balonete entre 20 a 30 cm H<sub>2</sub>O (1).

As complicações endotraqueais mais frequentes causadas pelo balonete dos TET são a laringite, edema glótico, ulceração de mucosa, estenose de laringe, estenose ou dilatação da traqueia, entubação esofágica inadvertida, e fístula da artéria inominada (2, 3).

A isquemia traqueal pode ocorrer quando o balonete é insuflado com altas pressões ou ainda quando TET muito calibrosos são utilizados por períodos prolongados. Esta ocorrência pode levar à reação inflamatória e, não raras vezes, à estenose traqueal. Os trabalhos de Cooper & Grillo (4) indicam que a pressão aplicada pelo balonete à parede traqueal constitui o principal fator de estenose de traqueia. Esta complicação

pode variar entre 1,5% a 19,5%. Outros estudos demonstram que a estenose de laringe pode ocorrer em entubações por períodos curtos que variam entre 24 e 48 horas (3, 5, 6) localizando-se com mais frequência na glote, ao nível da cartilagem cricóide (5, 7).

A pressão no interior do balonete é o fator mais importante na gênese da lesão traqueal pós-entubação (4, 8). Numa tentativa de minorar os efeitos da pressão do balonete sobre o epitélio traqueal Kamen & Wilkinson (9) preconizaram o tubo com balonete preenchido com espuma. Há mais de três décadas Arola & Anttinen (10) ao realizarem estudo experimental com tubos de duplo balonete inflados alternadamente, descreveram pressão variando de 63,8 mmHg a 74,3 mmHg. Os mesmos abandonaram este tipo de balonete por encontrarem lesão em ambos os pontos de contato.

Em estudo experimental em coelhos, foi avaliado o fluxo sanguíneo traqueal e demonstrado que a isquemia da mucosa da traqueia ocorre quando a pressão do balonete excede 30 mmHg (11, 12). Em outro estudo, também em coelhos, Nordin et al. (13) demonstraram que a pressão do balonete acima de 40 cm H<sub>2</sub>O causa isquemia da mucosa e recomendou que esta pressão ficasse abaixo de 26 cmH<sub>2</sub>O.

Com o intuito de atenuar os efeitos adversos durante a entubação traqueal e, ocasionados pela pressão que o balonete exerce sobre sua mucosa, foi desenvolvido e patenteado tanto nacional como internacionalmente um TET modificado (TETM). (Depósito da patente

nºINPI:08/11/2007. Número da patente MU87023920U2, Classificação A61M 39/10). O TETM tem como principal objetivo, possibilitar a variação da pressão interna do balonete terminal durante os ciclos respiratórios, de acordo com a VM.

Foi avaliada a mecânica respiratória e também os eventuais efeitos deletérios que

### **Método**

O novo modelo de TET apresenta variação da pressão em seu balonete terminal de acordo com o ciclo da VM. Este, apresenta dentro de seu balonete distal, três perfurações idênticas de três milímetros cada, para possibilitar a insuflação do balonete no ciclo inspiratório e a sua desinsuflação na fase expiratória. O respectivo tubo ainda dispõe externamente da possibilidade

#### ***Estudo de bancada***

Foi utilizado ventilador mecânico DX 3010® Dixtal, ciclado a volume, com volume corrente de 10 e 15 mL/Kg e pressão positiva ao final da expiração (PEEP) de 0 e 5 cm H<sub>2</sub>O respectivamente, com uma frequência respiratória de 12 ciclos por minuto e uma relação dos tempos inspiratório/expiratório de 1:2.

O equipamento de simulação pulmonar utilizado foi o Vent Aid® TLLTM Training/Test Lung (Michigan Instruments Incorporation, Michigan, MC). A complacência ajustada neste simulador pulmonar foi de 60 mL/ cm H<sub>2</sub>O.

Foram utilizados tubos endotraqueais # 7,5 e 8,0 mm. A pressão de balonete do TETC foi

#### ***Estudo pilotoexperimental***

Foi realizado um estudo pilotoexperimental para comparar ambos TET e a possível ocorrência de lesões na mucosa traqueal.

Os mesmos tubos endotraqueais (TETM e TETC ambos de # 7,5 mm) foram utilizados em dois porcos da raça Large

White, com pesos similares em 25 Kg. O mesmo ventilador mecânico do estudo de bancada foi utilizado na modalidade ciclado a

possam ocorrer na traqueia em um simulador pulmonar (pulmão teste). Para demonstrar possíveis lesões na mucosa traqueal, foi utilizado um modelo animal, ventilado mecanicamente com TET convencional (TETC) e comparado com o TETM.

de uso de uma sonda de aspiração das possíveis secreções acumuladas ao redor do balonete.

Um estudo experimental de bancada e um estudo pilotoexperimental foram realizados a fim de verificar, respectivamente, os possíveis escapes aéreos e possíveis lesões traqueais que o TETM e o TETC pudessem ocasionar.

ajustada em 25 cm H<sub>2</sub>O, diferentemente do ocorrido no TETM, que variou a sua pressão interna durante os ciclos respiratórios. Acoplado em ambos os TET (colocado entre o ventilador mecânico e o simulador pulmonar) foi utilizado um sensor de fluxo do monitor de perfil respiratório COSMO PLUS DX8100 Dixtal/Novamatrix, São Paulo, Brasil. O escape de ar foi calculado pela diferença entre os volumes inspiratórios (Vi) e expiratórios (Ve). Os dados da **mecânica** respiratória foram armazenados de forma contínua pelo software *Analysis Plus*® em um computador, por período de três minutos. Ao final deste período os dados foram processados e analisados.

volume (15 mL/Kg), com frequência respiratória de 12 ciclos por minuto, PEEP=0 cm H<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub>=0,21%. A pressão de balonete do TETC foi de 25 cm H<sub>2</sub>O. Os dois animais permaneceram anestesiados, sob ventilação mecânica, por período contínuo de 48 horas. Após o término do experimento os animais foram induzidos a óbito e ambas as traqueias foram analisadas quanto a possíveis lesões macroscópicas e histológicas.

## Resultados

A **Tabela 1** demonstra as médias dos valores obtidos no estudo de bancada realizado com os TETC e TETM # 7,5mm. Observouse o maior escape de ar (23%) no TETM com VC de 10 mL/Kg e PEEP de 0 cmH<sub>2</sub>O e, o menor escape (13 %), quando o VC foi de 15 mL/Kg e PEEP de 5cmH<sub>2</sub>O.

No TETC houve menor escape de ar (3 a 6%).

A maior pressão inspiratória do balonete do TETM foi de 10,5 cmH<sub>2</sub>O, enquanto a pressão do balonete do TETC mantevese constante em 25 cmH<sub>2</sub>O.

**Tabela 1.** Demonstração das médias de valores obtidos no estudo de bancada com ambos os tubos endotraqueais de # 7,5mm (TETC E TETM).

Legenda: PEEP: pressão positiva ao final da expiração (cmH<sub>2</sub>O);  
Vi / Ve: volume corrente inspiratório e expiratório (mL);  
% escape: diferença entre volume corrente inspiratório e expiratório (mL);  
pressão balonete (cmH<sub>2</sub>O) durante a fase inspiratória e expiratória.  
TETC Tubo endotraqueal convencional  
TETM Tubo endotraqueal modificado

A **Tabela 2** demonstra a média dos valores obtidos no estudo de bancada com o uso do TETC e TETM de # 8mm, onde observamos que o maior escape de ar (32%) ocorreu com o VC de 10 mL/Kg e PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O. O menor escape de ar (20%), com o VC de 15 mL/Kg e PEEP de 0 cmH<sub>2</sub>O.

No TETC houve escape de ar de 8% a 13%.

A maior pressão inspiratória do balonete do TETM foi de 10 cmH<sub>2</sub>O, enquanto a pressão do balonete do TETC mantevese constante em 25cmH<sub>2</sub>O.

**Tabela 2.** Demonstração das médias de valores obtidos no estudo de bancada com ambos os tubos endotraqueais de # 8mm (TETC E TETM).

Legenda: PEEP: pressão positiva ao final da expiração (cmH<sub>2</sub>O);  
Vi / Ve: volume corrente inspiratório e expiratório (mL);  
% escape: diferença entre volume corrente inspiratório e expiratório (mL);  
pressão balonete (cmH<sub>2</sub>O) durante a fase inspiratória e expiratória.  
TETC Tubo endotraqueal convencional  
TETM Tubo endotraqueal modificado

No estudo pilotoexperimental, o animal que utilizou o TETM, macroscopicamente apresentou lesão menos intensa na traqueia sem lesões visíveis (Figura 1, seta) já o animal que utilizou o TETC apresentou áreas de necrose e ulcerações na traqueia (Figura 2, seta).

Microscopicamente, o animal que utilizou o TETM apresentou áreas com epitélio respiratório preservado (Figura 3, seta). O animal que utilizou o TETC na avaliação histopatológica demonstrou

processo inflamatório intenso com áreas ulceradas e erosões no epitélio traqueal (Figura 4, seta). Foram ainda observadas extensas áreas de desepitelização e também focos de hemorragia associados. Nas áreas de úlcera, observouse pericondrite neutrofílica e a inflamação aguda se estendeu até a adventícia inversamente ao que ocorreu no animal que se utilizou o TETM.

## Discussão

O modelo de TETM quando comparado com o TETC mostrou no estudo de bancada menor pressão de balonete. Isto não dependeu da fase do ciclo respiratório ou dos maiores volumes correntes e PEEPs utilizados. Em contrapartida, o TETM # 8 mm, apresentou maior escape máximo de ar (32% a mais que o TETC). No estudo piloto experimental em animal foi observado que o

TETM proporcionou menor lesão traqueal, tanto macro como microscopicamente.

Em relação ao TETC, o TETM é composto basicamente por uma cânula endotraqueal idêntica às utilizadas no mercado para entubação. Para ocorrer ciclos durante a VM, foram realizados furos milimétricos no tubo contido no interior do balonete traqueal. Estes furos ocasionam a passagem e saída do ar

durante a VM (tanto na ins como na expiração mecânica). Por não estar sempre insuflado, o contato com a mucosa traqueal é menor e, devido a isto, as possíveis lesões de mucosa da traquéia são praticamente insignificantes. Isto foi possível demonstrar comparativamente no estudo piloto em animais.

Normalmente os TET visam permitir apenas a passagem de ar. O balonete insuflado protege as vias aéreas da aspiração de secreções produzindo vedação na traqueia, sendo capaz de permitir de forma eficaz a ventilação alveolar pulmonar. A aspiração de conteúdo gástrico é pouco frequente durante atos anestésicos, porém requerem medidas preventivas como o uso de drogas que diminuam seu volume e sua acidez. Porém, o melhor método de se evitar a aspiração gástrica nestas situações, é a entubação traqueal (14). O balonete, em contato com a mucosa, invariavelmente acarretará em lesão endotraqueal devido à pressão exercida sobre a mesma. Os balonetes atuais fazem a sua vedação através de uma maior área de contato com a mucosa. Isto permite que a pressão em seu interior e sobre a mucosa seja menor, minimizando a incidência de isquemia e conseqüentemente menos lesões. Este efeito menos deletério das "cânulas de baixa pressão" não serão obtidos se cânulas de calibre inferiores ao correto forem usadas. Nos tubos de calibre inferior os balonetes vão necessitar de maiores volumes para que uma vedação adequada aconteça, levando ao aumento da pressão e alterações isquêmicas com suas possíveis complicações. Principalmente se houver necessidade de longos períodos de entubação.

As temidas complicações da entubação traqueal por longos períodos, continuam a atrair considerável atenção da literatura. Dentre as mais freqüentes ressaltase a estenose de laringe sub glótica e também da traqueia (11, 15, 16).

Lindholm (17), estudou 35 casos com entubação prolongada usando tubos de borracha, látex e PVC. O mesmo encontrou lesão na região de contato com o balonete em todos os casos e áreas de inflamação e ou necrose de grau variado. Klainer et al. (18) demonstraram a existência de lesão traqueal na região do balonete de baixa pressão após duas horas de entubação demonstrado através da microscopia eletrônica. Foi evidenciado desorganização ciliar com perda do padrão histológico em algumas regiões.

Magovern et al. (8) desenvolveram balonete com sistema externo regulador de pressão. Este sistema funciona de forma que quando volumes excessivos de ar são insuflados no balonete interno, há um outro balonete externo, de material extremamente elástico, que se distende. Isto evitará elevações no balonete interno acima de 30 cm H<sub>2</sub>O. Este sistema possui alguns inconvenientes, tais como o preço (cerca de 10 vezes maior do que o tubo convencional) e pode apresentar frequentemente ruptura do sistema. Em outro extremo Peagle et al. (19) estudaram 54 pacientes, onde foram utilizados dois modelos de tubos de PVC com balonete de latex (tubo vermelho) que foram a óbito e submetidos a autopsia. As pressões não foram controladas sistematicamente, mas ficaram entre 150 e 300 mmHg. No estudo histológico das traqueias, notaram perda de epitélio ciliado de seus anéis com menos de 12 horas de entubação. A reação inflamatória se estendeu para as margens da cartilagem, com indícios de necrose precoce.

Posto isto, uma alternativa à situação apresentada e sinalizada pelo estudo piloto experimental aqui demonstrado, o TETM causa muito pouco dano à mucosa da parede traqueal, como visto no animal estudado.

Na primeira fase do estudo (bancada), o agravante apresentado pelo TETM foi um percentual de escape de ar maior quando comparado ao TETC. Numa tentativa de minimizar esta situação foi utilizada uma PEEP de 5 cm H<sub>2</sub>O. Tal medida não se mostrou eficaz quanto à redução do percentual de escape de ar, ou seja, não houve sua diminuição (Tabelas 1 e 2).

Podese perceber que com o diâmetro menor do TETM (# 7,5 mm) ocorreu menor percentual de escape de ar. Provavelmente esta sua diminuição com o TETM de menor diâmetro, possa ser explicado devido ao fato do seu balonete comportar um maior volume quando comparado com o TETM de maior diâmetro durante a fase inspiratória. Nesta ocorrência, resultará em demora para seu esvaziamento durante a fase expiratória, possibilitando assim uma melhor vedação e menor escape de ar.

Bryant et al. (20) concluem em seus achados sobre lesão decorrente ao TOT, que desinsuflar o balonete temporariamente ou mudar a sua posição não foram suficientes para evitar

necrose da mucosa traqueal e/ou lesão na cartilagem.

Existe no mercado TET que apresenta válvula reguladora de pressão de balonete distal. Isto diminui o trauma traqueal, porém as lesões permanecem além de ter seu custo muito elevado (21).

Com o uso do TETM se obteve menor lesão traqueal sem que houvesse um

comprometimento significativo do escape de ar. O preço do mesmo, quando produzido em alta escala, não será diferente do atual preço dos TETC. Novos estudos experimentais e clínicos serão necessários para responder sobre as possíveis limitações a este método que demonstrou poder diminuir o risco de lesão traqueal sem prejuízo relevante para a mecânica respiratória.

## REFERÊNCIAS

1. Sole ML, Penoyer DA, Su X, Jimenez E, Kalita SJ, Poalillo E, et al. Assessment of endotracheal balonete pressure by continuous monitoring: a pilot study. *Am J Crit Care.* 2009 Mar;18(2):13343.
2. Bain JA. Late complications of tracheostomy and prolonged endotracheal intubation. *Int Anesthesiol Clin.* 1972 Fall;10(3):22544.
3. Tornvall SS, Jackson KH, Oyanedel E. Tracheal rupture, complication of baloneteed endotracheal tube. *Chest.* 1971 Feb;59 (2):2379.
4. Cooper JD, Grillo HC. Experimental production and prevention of injury due to baloneteed tracheal tubes. *Surg Gynecol Obstet.* 1969 Dec;129(6):123541.
5. Bishop MJ. Mechanisms of laryngotracheal injury following prolonged tracheal intubation. *Chest.* 1989 Jul;96(1):1856.
6. Yang KL. Tracheal stenosis after a brief intubation. *Anesth Analg.* 1995 Mar;80(3):6257.
7. McCulloch TM, Bishop MJ. Complications of translaryngeal intubation. *Clin Chest Med.* 1991 Sep;12(3):50721.
8. Magovern GJ, Shively JG, Fecht D, Thevoz F. The clinical and experimental evaluation of a controlled pressure intratracheal balonete. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1972 Nov;64(5):74756.
9. Kamen JM, Wilkinson CJ. A new low pressure balonete for endotracheal tubes. *Anesthesiology.* 1971 May;34(5):4825.
10. Arola MK, Anttinen J. Postmortem findings of tracheal injury after baloneteed intubation and tracheostomy. A clinical and histopathological study. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1979 Feb;23(1):5768.
11. Conti M, Pougeoise M, Wurtz A, Porte H, Fourrier F, Ramon P, et al. Management of postintubation tracheobronchial ruptures. *Chest.* 2006 Aug;130(2):4128.
12. Lindholm CE. Experience with a new orotracheal tube. *Acta Otolaryngol.* 1973 Apr;75(4):38990.
13. Nordin U, Lindholm CE, Wolgast M. Blood flow in the rabbit tracheal mucosa under normal conditions and under the influence of tracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1977;21(2):8194.
14. Moro ET. [Prevention of pulmonary gastric contents aspiration.]. *Rev Bras Anesthesiol.* 2004 Apr;54(2):26175.
15. AARC (American Association for Respiratory Care) clinical practice guideline. Management of airway emergencies. *Respir Care.* 1995 Jul;40(7):74960.
16. Brichet A, Verkindre C, Dupont J, Carlier ML, Darras J, Wurtz A, et al. Multidisciplinary approach to management of postintubation tracheal stenoses. *Eur Respir J.* 1999 Apr;13(4):88893.
17. Lindholm CE. Prolonged endotracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand Suppl.* 1970;33:1131.
18. Klainer AS, Turndorf H, Wu WH, Maewal H, Allender P. Surface alterations due to endotracheal intubation. *Am J Med.* 1975 May;58(5):67483.
19. Paegle RD, Ayres SM, Davis S. Rapid tracheal injury by baloneteed airways and healing with loss of ciliated epithelium. *Arch Surg.* 1973 Jan;106(1):314.
20. Bryant LR, Trinkle JK, Dubilier L. Reappraisal of tracheal injury from baloneteed tracheostomy tubes. Experiments in dogs. *JAMA.* 1971 Jan 25;215(4):6258.

21. Valles J, Artigas A, Rello J, Bonsoms N, Fontanals D, Blanch L, et al. Continuous aspiration of subglottic secretions in preventing

ventilator-associated pneumonia. Ann Intern Med. 1995 Feb 1;122(3):17986.

**Tabela 1**

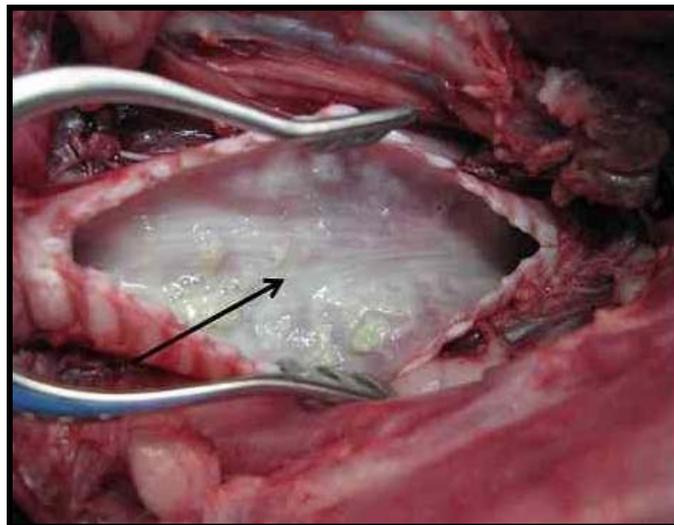
Volume corrente (mL/Kg)	PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	Vi / Ve (mL) TETM	% escape TETM	Pressão balonete (cmH <sub>2</sub> O) TETM (I/E)	Vi / Ve (mL) TETC	% escape TETC	Pressão balonete (cmH <sub>2</sub> O) TETC
10 mL/Kg	0	658/505	23%	4/0	695/667	4%	25
15 mL/Kg	0	960/814	15%	7,5/0	1014/984	3%	25
10 mL/Kg	5	659/514	22%	8/3	692/651	6%	25
15 mL/Kg	5	962/835	13%	10,5/3,5	1015/975	4%	25

**Tabela 2**

Volume corrente (mL/Kg)	PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	Vi / Ve (mL) TETM	% escape TETM	Pressão balonete (cmH <sub>2</sub> O) TETM (I/E)	Vi / Ve (mL) TETC	% escape TETC	Pressão balonete (cmH <sub>2</sub> O) TETC
10 mL/Kg	0	663/479	28%	3/0	697/630	10%	25
15 mL/Kg	0	966/769	20%	6/0	1020/941	8%	25
10 mL/Kg	5	660/451	32%	7/2	698/609	13%	25
15 mL/Kg	5	964/749	22%	10/3	1024/923	10%	25

Imagens enviadas pelo autor. (Images sent by the author)

**Figura 1**



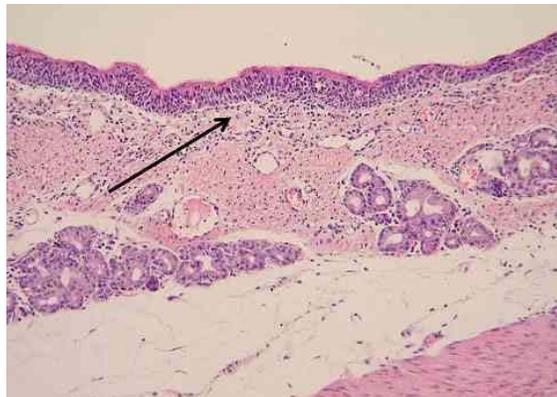
Traqueia do animal aberta longitudinalmente. Este, permaneceu com o tubo endotraqueal modificado (TETM) anestesiado por 48h consecutivas. Observar que há preservação do epitélio (seta).

**Figura 2**



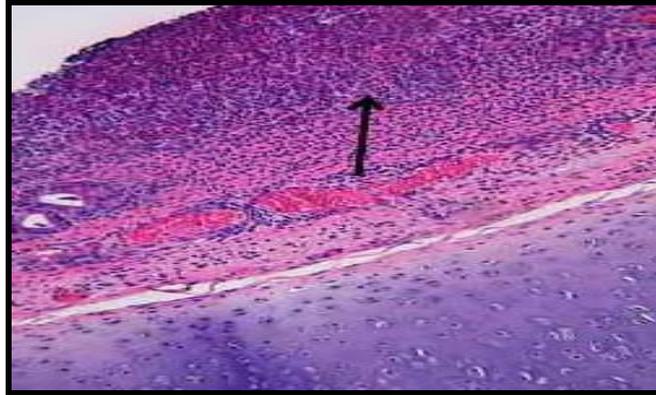
As setas demonstram na traqueia aberta longitudinalmente, lesões em seu epitélio. Estas, são maiores em um segmento inferior, marcadas pela régua. Este animal permaneceu com o tubo endotraqueal convencional (TETC) anestesiado por 48h consecutivas.

**Figura 3**



Exame microscópico da traqueia do animal que permaneceu com o TETM por 48 horas consecutivas. A seta demonstra o epitélio com escasso processo inflamatório e com preservação da mucosa (H&E400X).

Figura 4



Exame microscópico da traqueia do animal que permaneceu com o TETC. A seta demonstra o epitélio com processo inflamatório intenso, áreas ulceradas e erosões. O processo inflamatório alcança até a pericôndrio(H&E400X).