

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA:  
CIÊNCIAS MÉDICAS**

**AVALIAÇÃO DA SUBLUXAÇÃO DA ARTICULAÇÃO CRICOTIREÓIDEA NO  
TRATAMENTO DA PARALISIA UNILATERAL DE PREGA VOCAL**

**MARCELO MAURI**

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> SANDRA COSTA FUCHS

Co-orientador: Prof. Dr. JOSÉ FAIBES LUBIANCA NETO

Tese de Doutorado apresentada no Programa  
de Pós-Graduação em Medicina: Ciências  
Médicas para a obtenção do título de Doutor  
em Medicina.

Porto Alegre

2003

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA:  
CIÊNCIAS MÉDICAS**

**AVALIAÇÃO DA SUBLUXAÇÃO DA ARTICULAÇÃO CRICOTIREÓIDEA NO  
TRATAMENTO DA PARALISIA UNILATERAL DE PREGA VOCAL**

**MARCELO MAURI**

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> SANDRA COSTA FUCHS

Co-orientador: Prof. Dr. JOSÉ FAIBES LUBIANCA NETO

Tese de Doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas para a obtenção do título de Doutor em Medicina.

Porto Alegre

2003

Mauri, Marcelo

Avaliação da subluxação da articulação cricótireóidea no tratamento da paralisia unilateral de prega vocal / Marcelo Mauri – Porto Alegre, 2003

xiv, 111 f., il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina - Ciências Médicas

Orientador: Sandra Costa Fuchs

1. Paralisia de prega vocal 2. Laringologia 3. Otorrinolaringologia.

## SUMÁRIO

1. Agradecimentos.....	8
2. Abreviaturas.....	12
3. Introdução.....	14
4. Revisão Bibliográfica.....	18
4.1 Tônus de Iniciação Glótico .....	22
4.2 Efeito de Bernoulli.....	22
4.2.1 Condições iniciais .....	22
4.2.2 Equação de Bernoulli .....	22
4.2.3 Efeito de Bernoulli na fonação .....	22
4.3 Modelo de resistência negativa.....	23
4.4 Mecanismos de variação do pitch .....	25
4.4.1 Determinantes da variação do pitch pelas pregas vocais.....	25
4.5 Apresentação da paralisia de prega vocal e explicações sobre as alterações fisiológicas.....	26
4.6 Princípios fisiológicos da medialização e conseqüente oscilação do epitélio da prega vocal.....	28
4.6.1 Posição da região músculo-membranosa no plaxo axial.....	28
4.6.2 Posição da Aritenóide no Plano Axial.....	29
4.6.3 Altura da Prega Vocal .....	30
4.6.4 Comprimento da prega vocal.....	31
4.6.5 Contorno da Prega Vocal nas Regiões Músculo-Membranosa e da Aritenóide.....	33
4.6.6 Volume e Viscoelasticidade da Prega Vocal (Aumento versus Medialização).....	33
4.6.7 Implantes utilizados na laringoplastia medializadora.....	34
5. Objetivos.....	38
6. Referências Bibliográficas.....	40
7. Artigo em Inglês.....	47

8. Artigo em Português.....	80
-----------------------------	----

## **1. AGRADECIMENTOS**

**DEDICO ESTE TRABALHO**

**Aos meus pais, Lear e Olga, por terem iluminado com amor os meus caminhos e sonhado com aquilo que sou.**

**Aos meus irmãos, Leonardo e Andréa, os quais sempre motivaram a busca deste objetivo.**

## 1. AGRADECIMENTOS

Ao fim de uma jornada de trabalho, que neste caso representa a obtenção do título de doutor no Programa de Pós-Graduação em Clínica Médica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, torna-se essencial o agradecimento àquelas pessoas, movidas por um objetivo comum, de que alguma forma colaboraram para a de conclusão desta Tese.

À minha orientadora Professora Doutora Sandra Costa Fuchs, exemplo a ser seguido de interesse, dedicação e paixão pela atividade científica, certamente um dos motivos mais fortes da nossa aproximação profissional. Agradeço de modo especial à Professora Sandra, por ter acreditado e investido em minha pessoa nesta jornada, certamente a sua perspicácia e lucidez, características inerentes ao cientista, vislumbraram a possibilidade, embora em um horizonte não tão imediato, o sucesso e o resultado de um trabalho realizado dentro de um planejamento cuidadosamente estabelecido. As atitudes científicas e de amizade, suas características mais proeminentes no ponto de vista profissional e pessoal, respectivamente, sob o meu modo de ver, tornaram o nosso convívio extremamente agradável e, certamente, outras jornadas de trabalho compartilhadas virão.

Ao meu co-orientador Professor Doutor José Faibes Lubianca Neto, cientista convicto, que tive a oportunidade de conhecer no primeiro ano da Residência Médica em Otorrinolaringologia. O Doutor Lubianca, exemplo de dedicação à pesquisa, semeou em meu pensamento, a essência da procura do



conhecimento e descoberta da ciência, originando motivação para a realização deste trabalho. A amizade decorrente do convívio entre aluno e professor, ficou mais evidente com a descoberta da afinidade científica existente em ambas as partes. Com isso, um futuro voltado ao desenvolvimento científico de nossa sociedade, provavelmente será um objetivo a ser alcançado em conjunto. Com certeza, a lembrança da perseverança que um cientista deve ter na busca de seus objetivos, sempre fará parte da filosofia de trabalho em minha vida profissional.

Ao meu orientador no exterior Professor Doutor Steven Marc Zeitels, profissional de destaque internacional por suas colaborações científicas na área de Laringologia. Agradeço a possibilidade de realizar esta Tese em seu serviço sob sua orientação e sua presteza em dedicar seu tempo para aprimorá-la e concluí-la. Além disso, não poderia deixar de mencionar sua ajuda e apoio para minha adaptação em seu serviço devido às diferenças culturais existentes entre os dois países. Profissional com extremo conhecimento em sua área de atuação, sempre esteve apto a transmiti-los a quem desejasse adquiri-los, proporcionando um intenso crescimento para minha vida profissional. Assim, o aprendizado adquirido durante o tempo de convívio mútuo foi de valor inestimável, pelo qual serei eternamente grato.

Ao Professor Doutor Robert Hillmann por sua ajuda na interpretação e análise estatísticas dos resultados obtidos nas avaliações aerodinâmicas e acústicas dos pacientes e os conhecimentos por ele a mim transmitido sobre a fisiologia da voz.

**A todos os profissionais com quem tive contato e ajuda do Massachusetts Eye and Ear Infirmary de Boston, Estados Unidos; principalmente os profissionais que trabalhavam no laboratório de voz desta instituição.**

## **2. ABREVIATURAS**

## 2. ABREVIATURAS

1. LM: Laringoplastia medializadora
2. AA: Aritenopexia adutora
3. LPS: Lâmina própria superficial
4. MB: Membrana basal
5. CT: Articulação cricótireóidea

### **3. INTRODUÇÃO**

### 3. INTRODUÇÃO

Desde a origem da laringologia no século XIX até o início do século XX, os recursos clínicos e acadêmicos estavam direcionados para o tratamento da doença causadora da paralisia da prega vocal, pois se acreditava que a paralisia fosse apenas um sinal de uma patologia tratável (1-3). Nesta época, o único tratamento para este déficit neural era aplicação de corrente elétrica diretamente na prega vocal paralisada através da laringoscopia indireta por espelho (faradismo e galvanismo) com eletrodos especialmente destinados para este fim (4). Este tratamento era realizado na tentativa de estimular a recuperação e prevenir atrofia da musculatura laríngea, caso a paralisia fosse reversível. Historicamente, a aplicação de corrente galvânica por meio de laringoscopia direta foi o primeiro tratamento laríngeo local descrito por Jacksons em seu livro *The Larynx and Its Diseases* (5). Em 1977, Zealer and Dedo (6) utilizaram estes conceitos ao desenvolver as técnicas atuais de eletro-estimulação da musculatura laríngea paralisada (7).

Durante o século passado, muitos procedimentos foram desenvolvidos para reabilitar a prega vocal paralisada, os quais levam a uma melhora da competência aerodinâmica e valvular da glote. Basicamente, estes procedimentos alteram um ou mais das seguintes propriedades da prega vocal: posição, tamanho, contornos, comprimento e viscoelasticidade. O sucesso no tratamento da disfonia paralítica teve início após o desenvolvimento de técnicas cirúrgicas para a injeção de substâncias no espaço paraglótico, no intuito de medializar a prega vocal paralisada.

Brunings (8,9) introduziu a técnica de injeção para o tratamento da paralisia de prega vocal em 1911, desenvolvendo instrumentos especiais para infiltração de parafina. Entretanto, apenas após os estudos de Arnold (10-12) nas décadas de 50 e 60, tornou-se um procedimento utilizado para medializar a prega vocal paralisada. Dentre os materiais injetados na prega vocal podemos citar o teflon, gordura, gelfoam (13-18). No entanto, o uso deste tipo de tratamento não é frequentemente utilizado por apresentar complicações, no caso do teflon; e resultados temporários devido à reabsorção da substância injetada (gelfoam e gordura). A reinervação neural, através da anastomose entre o nervo frênico ou

hipoglosso descendente com o nervo laríngeo inferior, introduzida inicialmente por Ballance em 1924 (19,20) e desenvolvida recentemente por Tucker (21,22) e Crumley (23-25), apesar de não ser amplamente utilizada na atualidade, representa um promissor campo de investigação.

A utilização de técnicas cirúrgicas de medialização da prega vocal, através do arcabouço laríngeo, para tratamento de paralisia de prega vocal foi descrita inicialmente por Pair, em 1915 (26). Neste procedimento, um retalho de cartilagem da própria lâmina tireóidea é deslocado para medializar a prega vocal paralisada. Embora esta técnica tenha sido utilizada e modificada por vários autores (27-30) da metade do século passado, este procedimento não teve grande importância clínica até a década de 70. Foi quando Isshiki com seus importantes estudos estabeleceu uma classificação sistemática e organizada da cirurgia do arcabouço laríngeo (31,32). Estes estudos foram responsáveis pela implementação deste tipo de cirurgia como primeira escolha no tratamento da paralisia unilateral de prega vocal, substituindo as técnicas de injeção.

Durante os últimos anos, a laringoplastia medializadora (LM) ou tireoplastia tipo I associada ou não ao re-posicionamento da aritenóide tornaram-se os procedimentos dominantes no tratamento da disfonia paralítica. Isso é confirmado pelo grande número de publicações realizadas sobre este assunto recentemente.

Assim, o tratamento cirúrgico comumente usado é direcionado para o reposicionamento da prega vocal na posição mediana através de acesso trans-cervical com inserção de um implante no espaço paraglótico. Apesar da falta de movimentos, a prega vocal quando medializada proporciona um fechamento glótico adequado facilitando a fonação (32). Esta técnica cirúrgica é realizada através da abertura de uma janela na cartilagem tireóidea, na qual é introduzido um implante no espaço paraglótico medializando a prega vocal paralisada (31-35). Pacientes que apresentam uma incompetência glótica posterior acentuada são candidatos à cirurgia de re-posicionamento da cartilagem aritenóide na sua posição fonatória. Para tal podemos realizar a adução da aritenóide descrita por Isshiki (36) ou aritenopexia adutora (AA) descrita por Zeitels (37). Na AA, a aritenóide é

posicionada através de sutura sobre a cartilagem cricóide simulando sua posição correta durante a fonação (34,37).

A avaliação clínica de pacientes submetidos a estes procedimentos mostra que eles apresentam uma melhora significativa quando comparados com dados pré-operatórios, mas revelaram que poucos pacientes apresentam uma fonação normal (37). Estes pacientes apresentam limitações na variação máxima da frequência de fonação. Esta limitação, provavelmente, deve-se ao déficit na tensão viscoelástica da prega vocal decorrente da paralisia, apesar do reposicionamento da prega vocal (38). Assim, Zeitels e colaboradores (38) desenvolveram a subluxação cricotireóidea com o intuito de aumentar a tensão viscoelástica da prega vocal e com isso permitir uma oscilação aerodinâmica eficiente da mucosa da prega vocal, proporcionando ao paciente maior variação da frequência fundamental da voz.



## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A paralisia de prega vocal tem sido objeto de estudo desde a introdução da laringologia como especialidade médica. Devido à apresentação complexa, seja na visualização direta (laringoscopia) como nas alterações fisiológicas, e ao tratamento cirúrgico, a paralisia vocal tem propiciado um grande número de estudos científicos desde o último século.

### 4.1 Tônus de Iniciação Glótico

No início da década de 70, Minoru Hirano (39) descreveu detalhadamente a anatomia da prega vocal. Este autor demonstrou que na realidade a prega vocal apresenta uma anatomia complexa. É formada por camadas de estruturas diferentes, dependendo da profundidade, que constituem o corpo da prega vocal (formada por músculo) e da cobertura (tecido conectivo cobrindo a musculatura). A camada mais externa da prega vocal é formada por epitélio escamoso estratificado, seguido pela lâmina própria, a qual é dividida em três camadas (superficial, intermediária e profunda). A lâmina própria superficial (LPS) é formada basicamente de fibras elásticas proporcionando flexibilidade das estruturas. A lâmina própria profunda é constituída de fibras colágenas, as quais apresentam características mais rígidas do que as fibras elásticas. A lâmina própria intermediária apresenta características intermediárias, tanto na constituição anatômica como na flexibilidade. Devido à diferença entre a composição anatômica de cada uma destas camadas, elas apresentam propriedades mecânicas diferentes (figura 1). A lâmina própria também pode ser categorizada por seus componentes biológicos, através dos componentes celulares e acelulares (matriz extracelular). Na lâmina própria das pregas vocais, os tecidos são divididos em células da prega vocal e matriz extracelular composta por moléculas acelulares. Esta divisão é importante devido à influência da matriz extracelular nas características vibratórias do tecido (40).

Entre as células importantes da lâmina própria estão os fibroblastos, miofibroblastos e macrófagos. Catten e colaboradores pesquisaram a concentração destas células na

lâmina própria da prega vocal humana (41). Eles notaram uma concentração moderada de macrófagos abaixo da membrana basal (MB) e na lâmina própria superficial, sugerindo que a presença nesta localização deve-se a sua função em combater agentes agressores que atravessam o epitélio. Fibroblastos são células que mantêm a lâmina própria. Eles destroem proteínas velhas e produzem proteínas novas e estão presentes em concentrações semelhantes em toda lâmina própria. Miofibroblastos são células especializadas em reparação celular, presentes apenas quando há lesão tecidual. Podemos encontrar miofibroblastos em todas as camadas das pregas vocais, entretanto há maior concentração na lâmina própria superficial. Este fato indica que na prega vocal humana ocorre danos teciduais constantes principalmente na LPS.

A matriz extracelular pode ser classificada conforme as classes de moléculas que a compõe. A lâmina própria da prega vocal é composta por proteínas fibróticas (colágeno e elastina), proteínas intersticiais (ácido hialurônico, decorina, fibromodulina, versicana, proteoglicanos), e outras moléculas intersticiais como carboidratos e lipídios (42). As proteínas fibróticas e as proteínas intersticiais apresentam muitas funções na matriz extracelular. O colágeno mantém a estrutura e a resistência tecidual. A elastina é responsável pela elasticidade tecidual, apresentando a qualidade de deformar-se e retornar ao seu aspecto original. A elasticidade é responsável pela função das pregas vocais (43). As proteínas intersticiais são responsáveis pela viscosidade, capacidade da substância fluir. Se o tecido flui facilmente ele apresenta uma viscosidade baixa. O grau de fluidez pode ser exemplificado com a água que apresenta viscosidade muito baixa, ao contrário do óleo que possui viscosidade elevada. Dentre as proteínas intersticiais, o ácido hialurônico apresenta uma ação importante sobre a viscosidade tecidual e confere aos tecidos as propriedades de absorção de choques (40).

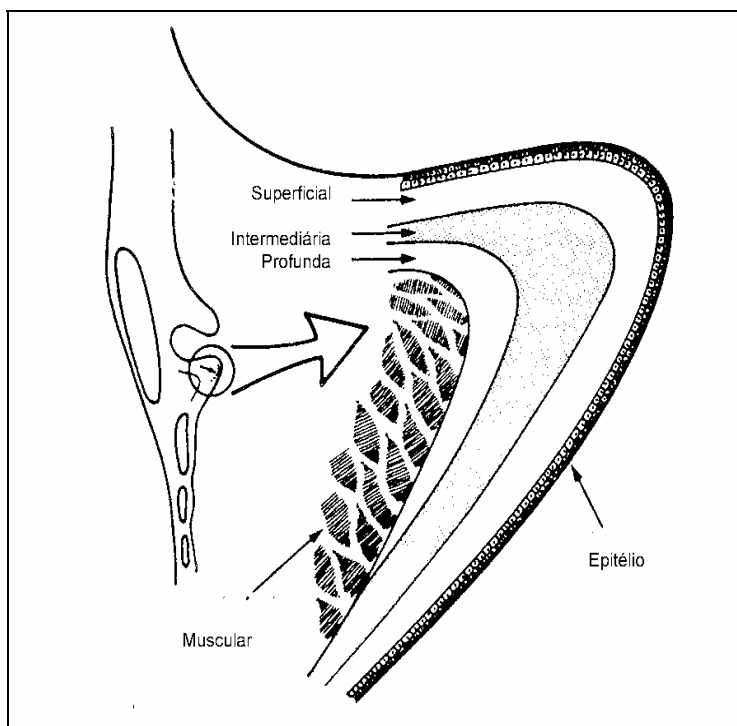


Figura 1. Ilustração das camadas estruturais da prega vocal.

O epitélio escamoso que recobre a prega vocal está aderido à lâmina própria através da membrana basal. As células da camada epitelial são aderidas entre si através de desmossomos, os quais são aderências entre os citoesqueletos das células adjacentes. A MB é uma coleção de proteínas e estruturas que juntas ajudam as células da camada epitelial a ficarem aderidas à lâmina própria. As células basais da epiderme apresentam filamentos de ancoragem que seguram os hemidesmossomos das células a lâmina densa e lúcida, as quais são compostas principalmente por fibras de colágeno do tipo IV. Igualmente, outras estruturas conhecidas como fibras de ancoragem, compostas por colágeno tipo VII, enlaçam a lâmina densa com a lâmina própria (figura 2).

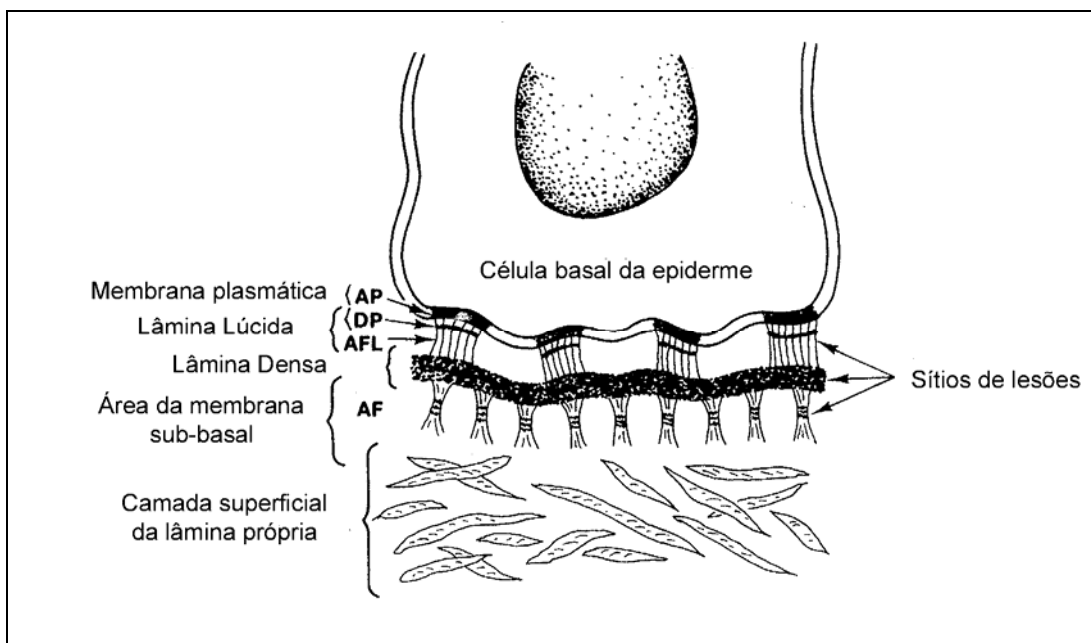


Figura 2. Constituição da membrana basal, adaptada de referência 44. Essencialmente, as células basais da epiderme aderem-se ao colágeno do tipo IV e outras proteínas laminares através de filamentos de ancoragem. As fibras de ancoragem (colágeno tipo VII) aderem estas proteínas laminares à lâmina própria. AP: placas de aderência. DP: placa sub-basal densa. AFL: filamentos de aderência. AF: Fibras de aderência.

O modelo de “cobertura de corpo” possibilita o entendimento de muitos efeitos da fisiologia vocal e explica algumas características da prega vocal observadas durante exames de estroboscopia ou outros exames utilizados para observação da vibração da prega vocal. Por exemplo, a diferença entre a fonação modal e falsete é facilmente explicada pela combinação das diferentes características das várias camadas da prega vocal. Durante a fonação com pitch baixo, a cobertura apresenta muita flexibilidade movendo-se aparentemente independente do corpo da prega vocal. Durante a fonação de falsete, o corpo e a cobertura da prega vocal estão esticados e movem-se como uma estrutura apenas.

## 4.2 Efeito de Bernoulli

### 4.2.1 Condições iniciais

Existem várias condições necessárias para iniciar-se a fonação. Primeiro, as pregas vocais devem estar próximas produzindo algum fechamento glótico. Esta posição das pregas vocais produz uma resistência ao ar expirado. Segundo, as pregas vocais devem estar tensionadas pela musculatura da laringe, também criando uma resistência ao ar expirado. A tensão e o volume das pregas vocais determinam a frequência de vibração.

### 4.2.2 Equação de Bernoulli

Daniel Bernoulli, matemático suíço do século XVIII, descreveu a lei que explica como as pregas vocais entram em vibração e a mantém. Esta fórmula explica como a energia de fluídos se redistribui e passa através do condutor. A fórmula para energia constante é a seguinte:

$$PE + 1/2MV^2 = k$$

Esta equação parte do princípio que a velocidade (V) do fluído aumenta, a energia cinética ( $1/2MV^2$ ) aumenta; o potencial energético ou a pressão exercida diminui quando a energia total permanece constante. Ou, como a energia total é constante, e a energia cinética aumenta, o potencial energético diminui. Ao assoprar um pedaço de papel, aumentamos a energia cinética da superfície superior do mesmo. Se a energia cinética aumenta, o potencial energético diminui. Assim, a pressão ao longo da superfície superior do papel é menor do que a pressão na superfície inferior. Maior pressão em baixo do papel elevará o papel.

### 4.2.3 Efeito de Bernoulli na fonação

Um corte coronal da via aérea ao nível da glote está demonstrado na figura 3. Duas correntes de ar estão demonstradas. A corrente ao centro não possui nenhum ponto anatômico obstrutivo, enquanto a corrente lateral de ar, além de percorrer um caminho mais

longo, apresenta como obstáculo em sua passagem as pregas vocais. Se a corrente lateral mantiver seu percurso e não interferir na corrente central, isso aumentará a velocidade. Aumentando a velocidade, de acordo com a equação de Bernoulli, aumentará a energia cinética e, conseqüentemente, diminuiria o potencial energético. Por esta razão, a pressão ao longo da superfície interna das vias aéreas e pregas vocais está diminuída. Como as pregas vocais são móveis e flexíveis, elas movem-se em reposta à diferença de pressão existente entre a corrente central e lateral de ar. Este processo repete-se até as pregas vocais serem literalmente sugadas entrando em contato uma com a outra. Uma vez em contato, as pregas vocais produzem uma obstrução ao ar expirado, aumentando a pressão abaixo delas até ser suficiente para superar a resistência das pregas vocais. Simplesmente, podemos dizer que a vibração da prega vocal consiste em movimentos de sucção e sopro em uma taxa determinada pela musculatura intrínseca da laringe (45).

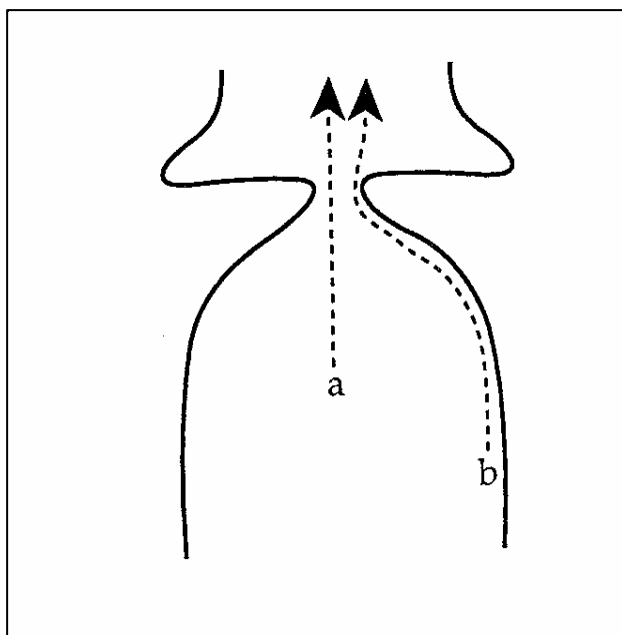


Figura 3. Corte coronal da laringe demonstrando as duas correntes de fluxo de ar através das pregas vocais.

#### 4.3 Modelo de resistência negativa

Conrad e McQueen propuseram um modelo alternativo ao efeito de Bernoulli para explicar a vibração das pregas vocais. Este modelo depende da resistência ao fluxo de ar pelas pregas vocais e quando esta resistência atinge determinada magnitude dá condições às oscilações das pregas vocais (46). Aerodinamicamente, resistência é definida como a razão entre pressão e fluxo. Assim, quando aumenta o fluxo de ar contra as pregas vocais, a pressão subglótica também aumenta. Em um sistema dinâmico, tal como o sistema vibratório das pregas vocais, mudanças de pressão ou diferenças de pressão são muito importantes. Estas diferenças de pressão criam diferentes coeficientes de resistência que contribuem energeticamente para o sistema vibratório. Resistência positiva ocorre quando o fluxo de ar cria uma grande pressão e associa-se com perda de energia. Entretanto, quando ocorre um decréscimo da resistência ocorre um ganho de energia. Essa resistência negativa ocorre durante as mudanças de pressão subglótica. Na realidade este fenômeno deveria ser chamado de diferencial de resistência negativa.

Para o estabelecimento da resistência negativa no trato vocal, é importante a criação de uma resistência ao fluxo de ar em algum nível do trato vocal. Entretanto, as únicas estruturas que possibilitam uma barreira constante ao fluxo de ar são as pregas vocais ou as pregas vestibulares. Sabe-se que as pregas vocais vibram por partes e não como uma estrutura apenas. Durante exames de fotografia de alta velocidade, observa-se que existem dois pontos de contato inicial durante o ciclo vibratório (fonação modal). Durante o fechamento das pregas vocais, o primeiro ponto de contato é a margem inferior das pregas vocais, seguidos pela margem superior (figura 4). A parte inferior da prega vocal parece mover-se independentemente do resto da prega vocal, funcionando como duas estruturas separadas. Quando as pregas vocais abrem-se, a margem inferior abre primeiro, seguida pela margem superior. Sugere-se que enquanto a margem inferior está abrindo, a margem superior, por estar ainda fechada (ou parcialmente fechada), age como uma barreira anatômica criando um diferencial de resistência negativo necessário para vibração das pregas vocais.



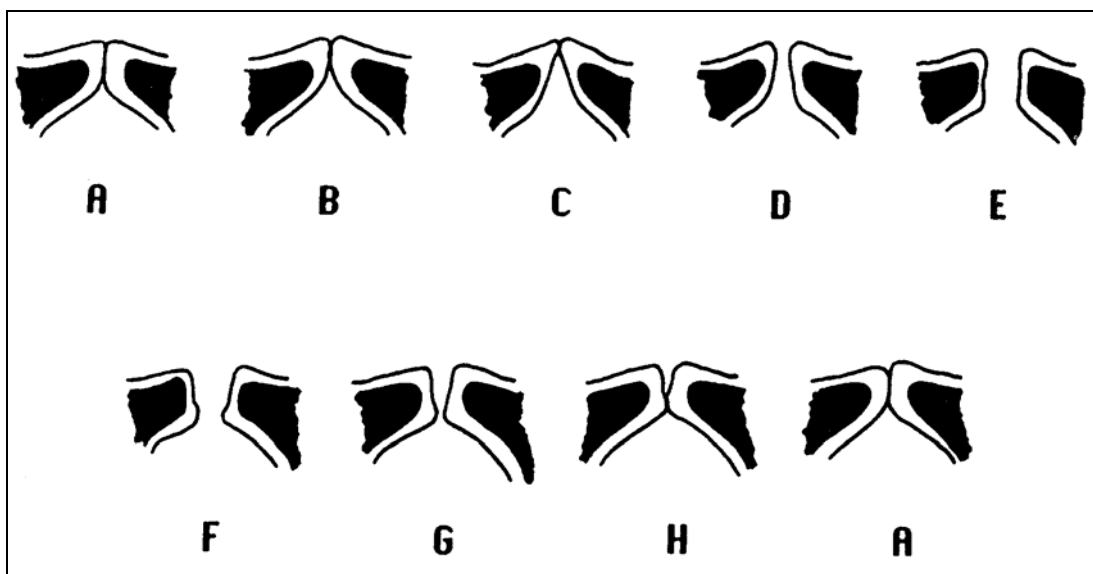


Figura 4. Cortes coronais demonstrando os movimentos das pregas vocais durante a fonação.

#### 4.4 Mecanismos de variação do pitch

A voz humana é potencialmente capaz de variar o pitch vocal até sete oitavos. No entanto, acredita-se que uma pessoa seja incapaz de atingir esta variação. O pitch vocal ou frequência (avaliação acústica correlacionada com o pitch) em um indivíduo que não tenha treinamento para canto, em condições de conversação varia em até dois oitavos e em até quatro oitavos durante o canto.

##### 4.4.1 Determinantes da variação do pitch pelas pregas vocais

###### O Modelo de Corda

No passado, muitos autores comparavam as pregas vocais a instrumentos de corda como, o violão, guitarra ou baixo, fato responsável pela denominação cordas vocais. Frequentemente as pregas vocais são comparadas com cordas em relação aos mecanismos de controle da frequência ou pitch vocal. Entretanto, sabemos que não existe nenhuma semelhança entre a anatomia das pregas vocais e estruturas das cordas de instrumentos.

Três propriedades de cordas são relacionadas ao seu pitch e frequência de vibração:

1. volume da corda; 2. comprimento da corda; 3. tensão longitudinal aplicada à corda. A relação entre estas três propriedades está sumarizada na fórmula abaixo que determina a frequência vibratória de uma corda:

$$\text{Freq} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{\text{tensão}}{\text{Volume/comprimento}}}$$

Basicamente, esta fórmula demonstra que a frequência de vibração de uma corda é inversamente proporcional ao volume da corda e diretamente proporcional a tensão e comprimento desta corda. Assim, a frequência de vibração das pregas vocais é determinada pelo volume e comprimento. Além disso, a tensão pode ser alterada pelo diversos músculos intrínsecos da laringe.

#### **4.5 Apresentação da paralisia de prega vocal e explicações sobre as alterações fisiológicas**

A laringoscopia indireta com uso de espelho foi introduzida por Garcia (47). Este autor demonstrou as primeiras explicações sobre a relação entre a competência aerodinâmica da glote e os resultados acústicos da voz. Em 1859, Turck (48) foi o primeiro a descrever e observar a paralisia de prega vocal; posteriormente demonstrou em seu Atlas de laringoscopia as alterações visuais desta patologia (49). Elsberg relatou as alterações aerodinâmicas causadas pela paralisia de prega vocal como “vazamento fonatório de ar” (50).

Gerhardt (51,52) descreveu as primeiras explicações sobre as variações da posição em que a prega vocal paralisada pode ser observada, baseando-se no sítio de lesão, introduzindo posteriormente o termo “posição cadavérica”. Schech (53) iniciou as primeiras teorias sobre a inervação dos músculos da laringe. Como o conceito de *synkinesis* (54) não era conhecido naquela época, os primeiros livros-texto sobre laringologia (7-9)

apresentavam explicações complexas para as posições da prega vocal paralisada. Consideravam que a posição observada era consequência da combinação de diferentes músculos intrínsecos da laringe que poderiam estar paralisados. Na mesma época, Rosenbach (55) e Semon (56) postularam que as fibras abductoras do nervo laríngeo recorrente eram mais sensíveis ao trauma do que as fibras adutoras e que esta diferença de suscetibilidade resultava em diferentes posições da prega vocal paralisada.

Ao contrário, Jelenffy (57) acreditava que a posição da prega vocal paralisada era resultado da contração dos músculos da laringe decorrente do estímulo irritativo de origem central ou periférica. Krause (58,59) após realizar o primeiro estudo sobre neurolaringologia em animais corroborou as teorias de Jelenffy. Estas teorias do século XIX, hoje são explicadas pela *synkinesis*.

Posteriormente, Jelenffy (60) realizou um estudo para analisar a função agonista-antagonista dos músculos intrínsecos da laringe e sua influência sobre a articulação cricoaritenóidea. Este estudo também demonstrou o deslocamento anteromedial da cartilagem corniculada freqüentemente observado em casos de paralisia, tão bem como, o deslocamento inferolateral do processo vocal da aritenóide. Solis-Cohen (61) e Casselberry (62) confirmaram o estudo de Jelenffy sobre a posição da aritenóide em casos de paralisia. Além disso, Solis-Cohen descreveu as “contrações espasmódicas” e Casselberry as “contrações da aritenóide”, as quais foram elucidadas por Crumley como sendo movimentos observados em casos que apresentam uma *synkinesis* irregular (23,54).

Existem várias contradições entre as teorias postuladas por diferentes pesquisadores: Rosenbach (55) e Semon (56) versus Jelenffy (57,60,61) e Krause (58,59). Na mesma época, Wagner e Grossman (64-66) postularam outra teoria para explicar a variabilidade na posição da prega vocal paralisada. Estes autores acreditavam que a posição da prega vocal era dependente da atividade contrátil do músculo cricotireóideo. Grossman realizou neurotomias sistemáticas dos nervos laríngeo inferior e superior em animais para desenvolver sua teoria. Na metade do século XX, King e Gregg (67) e Clerf (68) relataram que a posição da prega vocal paralisada é dependente de algumas variáveis:

1. Atividade contrátil do músculo cricotireóideo; 2. Atrofia e fibrose dos músculos intrínsecos da laringe; 3. Variável anatomia do nervo laríngeo inferior, a qual pode levar a ramos extralaríngeos. Na época, esta variável tornou-se a principal explicação para a variação na posição da prega vocal paralisada.

Atualmente, acredita-se que a posição de repouso da prega vocal paralisada seja secundária a três fatores: 1. Inervação residual (23,69,70); 2. Reinervação irregular e *synkinesis* (23,54,70-74); 3. Atrofia (74-75) e fibrose do músculo desenergado (76-77). Estes fatores determinam a posição final, contorno, comprimento, volume e viscoelasticidade aerodinâmica da prega vocal.

#### **4.6 Princípios fisiológicos da medialização e conseqüente oscilação do epitélio da prega vocal**

O tratamento ideal da incompetência glótica aerodinâmica, e conseqüentemente, paralisia de prega vocal unilateral, deve simular uma prega vocal durante a fonação nos seguintes parâmetros: 1. Posição da região músculo-membranosa no plano axial; 2. Posição da aritenóide no plano axial; 3. Altura da prega vocal; 4. Comprimento da prega vocal; 5. Contorno da prega vocal nas regiões músculo-membranosa e da aritenóide; 6. Volume e viscoelasticidade da prega vocal (aumento versus medialização).

Além disso, o procedimento cirúrgico deve ser de fácil realização, associado com poucas complicações, reversível e sem comprometimento da via aérea (78).

##### **4.6.1 Posição da região músculo-membranosa no plano axial**

Uma importante premissa da produção sonora glótica é a posição eficiente da prega vocal músculo-membranosa para proporcionar e facilitar a oscilação dos tecidos. Uma efetiva medialização da prega vocal paralisada sem alteração das propriedades vibratórias do epitélio e lâmina própria é um requisito fundamental para qualquer procedimento cirúrgico usado para tratar a disфонia paralisada.

Observações trans-operatórias revelam que o re-posicionamento da aritenóide em

sua posição fonatória não melhora a qualidade vocal completamente sem a realização da LM (79-81) Este fato acontece devido a flacidez dos tecidos da glote paralisada levam a uma incompetência valvular. A glote paralisada apresenta uma diminuição das forças elásticas de fechamento devido à atrofia e fibrose. Na estroboscopia, isso pode ser visualizado através de uma exacerbada excursão da borda da prega vocal e uma longa fase aberta durante os ciclos vibratórios. Juntas, estas alterações resultam em uma oscilação aerodinamicamente ineficiente da região músculo-membranosa da prega vocal. Assim, com a realização da LM ocorre um aumento da fase fechada do ciclo vibratório. Esta observação pode ser verificada após a melhora parcial da voz em pacientes submetidos inicialmente a AA apesar da aritenóide e a prega vocal estarem em uma posição fonatória; e posterior melhora da voz com a medialização da prega vocal músculo-membranosa (79-81).

Além disso, Zeitels e colaboradores (37) demonstraram as vantagens em realizar AA anterior a realização da LM. A principal justificativa baseia-se no fato de que a AA, além de medializar a região da aritenóide, também altera a posição da prega vocal músculo-membranosa. Assim, possibilita a colocação de um implante menor e do tamanho ideal para atingir um fechamento glótico normal, pois este implante pode ser moldado conforme a necessidade para obter-se fonação normal.

#### 4.6.2 Posição da Aritenóide no Plano Axial

Muitos autores têm descrito que a posição da aritenóide sobre a cricóide e o tônus da musculatura do espaço paraglótico são dependentes de inervação residual, *synkinesis* e fibrose e atrofia da musculatura desinnervada (69-73). Isso pode explicar a variação na posição de repouso da prega vocal paralisada, alterações acústicas e aerodinâmicas.

As alterações acentuadas da voz são esperadas em pacientes que apresentam uma visualização da glote posterior dificultada pela posição da cartilagem corniculada – deslocamento medial e anterior – e pelo encurtamento e flacidez da prega vocal músculo-membranosa (70,73,82). Nesta situação, a aritenóide está posicionada ífero-lateralmente na superfície articular da cartilagem cricóide e deslocada em direção à via aérea. A

cartilagem corniculada está deslocada anteriormente, medialmente e inferiormente, enquanto o processo vocal da cartilagem aritenóide está deslocado anteriormente, lateralmente e inferiormente. A prega vocal com estas alterações apresenta mínima inervação residual ou mesmo *synkinesis*. Análise dos músculos intrínsecos da laringe revela significativa atrofia, principalmente do músculo tireoaritenóideo (50,51). A ineficiência aerodinâmica da glote é secundária ao mau fechamento glótico devido a lateralização da prega vocal, discrepância da altura entre as pregas vocais e flacidez dos tecidos. O último fator exacerba a oscilação vibratória pela fraca força elástica de fechamento dos tecidos durante os ciclos vibratórios em uma glote que requer uma pressão subglótica alta para manter a oscilação devido a uma incompetência valvular.

#### 4.6.3 Altura da Prega Vocal

Em pacientes que não apresentam uma reinervação aberrante da musculatura intrínseca da laringe, a prega vocal paralizada, tipicamente, encontra-se alguns milímetros mais baixa do que o normal durante a respiração em repouso (70,76,77). Durante a fonação, o músculo cricoaritenóideo lateral desloca ífero-lateralmente o processo muscular da aritenóide, causando uma rotação superomedial do processo vocal. Woodson e colaboradores (83) verificaram que a adução de aritenóide posiciona o processo vocal em uma posição inapropriadamente baixa em relação ao movimento normal desta cartilagem. Zeitels e colaboradores (37) demonstraram que AA posiciona em média a aritenóide 1,2 mm mais alta se comparada com a adução de aritenóide. A AA obtém uma altura ideal no processo vocal para fonação devido ao avanço atingido do corpo da cartilagem em direção superomedial ao longo da superfície articular da cricóide (simulando os músculos interaritenóideos). Além disso, a sutura especialmente desenhada para este procedimento, simula o deslocamento em direção a via aérea e rotação interna da aritenóide (simulando os músculos interaritenóideos e cricoaritenóideo lateral) e proporciona uma estabilização posterior (simulando o músculo cricoaritenóideo posterior). Assim, este procedimento posiciona mecanicamente a aritenóide em uma posição favorável à fonação.

Avaliações pré e pós-operatórias da altura da prega vocal durante a fonação têm seu valor questionado (37). As alterações pré-operatórias de vibração e flacidez dos tecidos são fatores que dificultam a acurácia de medidas da altura da prega vocal. Por esta razão, procedimentos que não alteram a altura da prega vocal durante a respiração (repouso) e alteram a viscoelasticidade e melhoram a competência glótica podem alterar a altura da prega vocal durante a fonação (dependendo da técnica de avaliação e pressão subglótica). Tanto técnicas de injeção como a LM não alteram a altura da prega vocal, mas podem produzir uma falsa alteração da altura durante a fonação, pelo simples fato de melhorar as características vibratórias da prega vocal. Além disso, técnicas que alteram os tecidos paraglóticos podem alterar a qualidade vocal, quando há uma significativa discrepância entre a altura das pregas vocais, pelo fato de aumentar a superfície da margem glótica da prega vocal e conseqüente aumento da superfície utilizada para o fechamento glótico (37).

#### 4.6.4 Comprimento da prega vocal

A LM e as técnicas de injeção não aumentam o comprimento da prega vocal, o qual está tipicamente diminuído em casos de paralisia. A adução da aritenóide em alguns casos aumenta o comprimento da prega vocal pela rotação exagerada do processo vocal. Entretanto, alguns pacientes podem ter a aritenóide deslocada anteriormente pela tensão exercida pela sutura anterior, e conseqüente encurtamento da prega vocal. Esta alteração pode ainda ser exarcebada se a articulação cricoaritenóidea for aberta e o ligamento posterior for parcialmente seccionado (79,84). Em contrapartida, a AA desloca a aritenóide posteriormente e a mantém nesta posição presa a cricóide por meio de uma sutura. Zeitels e colaboradores (37) demonstraram aumento médio de 2 mm da prega vocal com a AA, enquanto a adução de aritenóide não apresentou alterações significativas no comprimento da prega vocal (37).

A subluxação da articulação cricotireóidea (CT) aumenta o comprimento da prega vocal e dramaticamente melhora a viscoelasticidade da parte músculo-membranosa desenergizada da prega vocal. A subluxação CT simula a contração do músculo

cricotireóideo, tensiona o músculo tireoaritenóideo e aumenta o comprimento da prega vocal músculo-membranosa (34). Outros procedimentos que alteram a tensão e o comprimento da prega vocal foram designados basicamente para a modificação do pitch em outras situações, das quais não há informação sobre o tratamento da disfonia parálitica (31,85-87).

Ambos os procedimentos que modificam a posição da aritenóide, tanto a adução de aritenóide quanto a AA, separam a articulação cricotireóidea para expor a cartilagem aritenóide. Sataloff (comunicação pessoal, 1997) observou que a separação e desestabilização da articulação cricotireóidea em cadáveres dificulta a função do músculo cricotireóideu contralateral. Com base nessa observação, alguns autores têm realizado uma janela posterior na cartilagem tireóidea para ter acesso a aritenóide e assim deixar a articulação cricotireóidea intacta (19).

Observações clínicas revelaram que após a desarticulação cricotireóidea, o corno inferior da cartilagem tireóidea desloca-se posteriormente em relação a cricóide. Com isso, ocorre uma diminuição do comprimento da prega vocal e redução da tensão do músculo tireoaritenóideo. Acredita-se que essa diminuição do comprimento da prega vocal leve o paciente a adquirir uma postura adaptativa hiperfuncional para diminuir o comprimento da prega vocal normal e conseguir um alinhamento dos processos vocais de ambas pregas vocais – pré-requisito para uma vibração satisfatória durante a fonação. Essa diminuição do comprimento de ambas as pregas vocais e viscoelasticidade da prega paralisada resultam em limitações na capacidade de variação máxima da frequência fonatória. A subluxação CT foi desenvolvida para melhorar estas alterações mecânicas, as quais são em parte decorrentes da desarticulação cricotireóidea (38)

#### 4.6.5 Contorno da prega vocal nas regiões músculo-membranosa e da aritenóide

Após a paralisia, o contorno da prega vocal nas regiões músculo-membranosa e da aritenóide podem estar alteradas. Quando realizado corretamente, qualquer procedimento de medialização é suficiente para alterar o contorno da região músculo-membranosa. No



entanto, nenhuma das técnicas de medialização é capaz de alterar eficazmente a região da aritenóide. Porém, tanto a adução da aritenóide como a AA, além de alterar a região da aritenóide, diminuem ou eliminam o contorno concavo da região músculo-membranosa. A adução da aritenóide realiza uma hiper-rotação do processo vocal da aritenóide criando uma configuração laríngea anormal entre as aritenóides durante a fonação (79,84). Em contrapartida, a AA não apresenta este problema pela medialização do corpo da aritenóide juntamente com o processo vocal, mantendo uma configuração normal durante a fonação (37).

#### 4.6.6 Volume e viscoelasticidade da prega vocal (aumento versus medialização)

Alguns dos procedimentos que visam medializar a prega vocal paralisada, atingem este objetivo através do aumento dos tecidos dentro do espaço paraglótico. Todos os procedimentos de injeção implantam uma substância medialmente ao pericôndrio interno da cartilagem tireóidea, e conseqüentemente, dentro dos tecidos do espaço paraglótico. Na realidade, nos procedimentos que utilizam implantes sólidos, caso seja realizada uma incisão do pericôndrio interno, ocorre essencialmente um aumento dos tecidos do espaço paraglótico ao invés de uma verdadeira medialização da prega vocal paralisada, em contradição à descrição original de Isshiki (32).

Na literatura há uma deficiência de estudos delineando a diferença existente nos resultados acústicos e aerodinâmicos entre o aumento dos tecidos paraglóticos e a medialização propriamente dita. Aparentemente, dependendo da magnitude do aumento dos tecidos paraglóticos, podemos alterar a consistência dos tecidos da prega vocal, produzindo alterações do ciclo vibratório. Índícios das conseqüências dos procedimentos que aumentam os tecidos paraglóticos sobre o ciclo vibratório podem ser obtidos analisando-se os resultados da injeção de Teflon na prega vocal. O granuloma decorrente da implantação de Teflon pode ser considerado uma resposta excessiva a este problema. Netterville (comunicação pessoal, 1997), verificou que pacientes que são submetidos à excisão de

granulomas de Teflon do espaço paraglótico apresentam uma melhora significativa nas características vibratórias da prega vocal. Assim, podemos supor que a colocação de um implante perto da margem da prega vocal pode interferir na mobilidade do epitélio e elasticidade dos tecidos desta prega vocal. Portanto, o implante deve ser colocado lateralmente ao pericôndrio interno da cartilagem tireóidea e tecidos do espaço paraglótico. Isso deve resultar em uma prega vocal com características vibratórias mais normais do que quando o implante é colocado entre a musculatura paraglótica. A AA ao colocar a aritenóide em uma posição ideal para a fonação, possibilita a colocação de um implante menor do que seria necessário caso apenas o procedimento de medialização fosse realizado, sendo esta uma das justificativas para sua realização anterior a medialização (37). Alguns pacientes apresentam uma assimetria de fase ao exame estroboscópico, o qual provavelmente deve-se a diferença de massa e viscoelasticidade entre as pregas vocais.

#### 4.6.7 O implante utilizado para medialização

Conforme descrito anteriormente, as características físicas do implante utilizado podem, teoricamente, alterar o ciclo vibratório da prega vocal medializada. Assim, a escolha do tipo de implante a ser utilizado, deve ser realizada buscando um implante com consistência semelhante aos tecidos paraglóticos, além de apresentar uma excelente biocompatibilidade, para evitar reações locais ou extrusão do implante; um implante que não seja incorporado pelos tecidos adjacentes, para facilitar cirurgias revisionais; e em nosso meio um implante de baixo custo e fácil aquisição. Além destes fatores devemos levar em consideração a experiência de cada cirurgião com determinado implante.

Dentre os implantes mais utilizados podemos citar:

a) Implante de silicone (Silastic): este implante é amplamente utilizado, desde a sua descrição por Koufman (88), apresenta uma excelente biocompatibilidade, e o cirurgião pode escolher entre diferentes consistências de silicone. Este implante é moldado pelo próprio cirurgião até ser obtido um tamanho e forma ideal para uma boa qualidade vocal.

Estudos anátomo-patológicos demonstram pouca reação local, formando-se uma cápsula fibrosa fina ao redor do implante com resposta inflamatória mínima e leve reação de corpo estranho, com poucas células gigantes (89,90).

b) Implante de Montgomery: este também é um implante de silicone. Entretanto, é um implante manufaturado em diferentes tamanhos, assim o cirurgião escolhe o tamanho adequado para obter a melhor qualidade vocal para o paciente (91).

c) Implante de Hidroxi-apatita: descrito por Cummings e colaboradores (92), é o implante com maior reação tecidual adjacente, conforme Flint e colaboradores (93). Seis meses após a colocação do implante, observa-se osteogênese na região da janela da cartilagem tireóidea com pontes de osso lamelar entre o implante e a cartilagem. Este fato diminui a possibilidade de extrusão do implante, mas dificulta as cirurgias revisionais pela incorporação aos tecidos adjacentes.

d) Implante de Titânio: é um implante ajustável conforme a necessidade do paciente. Composto por três partes: uma placa fixada na cartilagem tireóidea, um bloco de titânio que inclui a parte ajustável, e um micro-parafuso fixado entre a placa e o bloco de titânio, o qual move o bloco de titânio e medializa a prega vocal (94). O titânio é um material com biocompatibilidade comprovada em próteses ortopédicas amplamente utilizadas. Como este implante é fixado na cartilagem tireóidea, não há possibilidade de extrusão do implante.

e) Implante de Gore-Tex® (politetrafluoroetileno expandido): a utilização deste implante foi descrita por Giovanni e colaboradores (95), desde então vários outros autores estão utilizando este implante (33,34,96-98). Sua biocompatibilidade está comprovada pelo seu longo uso em próteses vasculares e os estudos anátomo-patológicos demonstram uma leve resposta inflamatória local com reação de corpo estranho e formação de uma fina camada fibrosa ao redor do implante (99). As vantagens deste implante devem-se as características físicas, por ser um implante maleável, adapta-se a pequenos defeitos estruturais da prega vocal melhorando o fechamento glótico e conseqüentemente a qualidade vocal. Não há necessidade de realização de uma janela com localização exata na cartilagem tireóidea, facilitando este procedimento para cirurgiões pouco experientes. Além

de podermos realizar os ajustes do implante *in situ* no paciente, obtendo uma sintonia fina da qualidade vocal (100).

## **5. OBJETIVOS**

## 5. OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Avaliar a eficácia da subluxação da articulação cricotireóidea no tratamento da paralisia de prega vocal unilateral.

### Objetivo Específico

Avaliar a eficácia da subluxação da articulação cricotireóidea no tratamento da paralisia de prega vocal através:

1. análise acústica;
2. testes aerodinâmicos.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Solis-Cohen J. Diseases of the throat: a guide to the diagnosis and treatment. New York, NY: William Wood, 1872:636-59.
2. Mackenzie M. Diseases of pharynx, larynx. A, and trachea. New York, NY: William Wood & Co, 1880:309-48.
3. Browne L. The throat and its diseases. Philadelphia, Pa: Lea and Febiger, 1878:272-92.
4. Zeitels SM. Premalignant epithelium and microinvasive cancer of the vocal fold: the evolution of phonosurgical management. Laryngoscope 1995;105(suppl67):3-7.
5. Jackson C, Jackson CL. The larynx and its diseases. Philadelphia, Pa: WB Saunders, 1937:282-7.
6. Zelear DL, Dedo HH. Control of paralyzed axial muscles by electrical stimulation. Acta Otolaryngol (Stockh) 1977;83:514-27.
7. Zelear DL, Raney CL, Netterville JL, Herzon GD, Ossoff RH. Electrical pacing of the paralyzed human larynx. Ann Otol Rhinol Laryngol 1996;105:689-93.
8. Brunings W. Eine neue Behandlungsmethode der Rekurrenslähmungen. Verh Dtsch Vereins Dtsch Laryngol 1911;18:93-151.
9. Brunings W. Direct laryngoscopy, bronchoscopy, and esophagoscopy. London: Bailliere, Tindall, & Cox, 1912:110-5, 118-20.
10. Arnold GE. Vocal rehabilitation of paralytic dysphonia. I: Cartilage injection into a paralyzed vocal fold. Arch Otolaryngol 1955;62:1-17.
11. Arnold GE. Vocal rehabilitation of paralytic dysphonia. IV: Further studies of intracordal injection materials. Arch Otolaryngol 1961;73:290-4.
12. Lewy RB. Experience with vocal cord injection. Ann Otol Rhinol Laryngol 1976;85:440-50.
13. Arnold GE. Vocal rehabilitation of paralytic dysphonia. IX. Technique of intracordal injection. Arch Otolaryngol 1962;76:358-68.
14. Lewy RB. Teflon injection of the vocal cord: complications, errors, and precautions. Ann Otol Rhinol Laryngol 1983;92:473-4.
15. Hoffman HT, McCulloch TM. Anatomic considerations in the surgical treatment of unilateral laryngeal paralysis. Head Neck Surg 1996;18:174-86.
16. Schramm VL, May M, Lavorato AS. Gelfoam paste injection for vocal fold paralysis: temporary rehabilitation of glottic incompetence. Laryngoscope 1978;88:1268-73.
17. Brandenburg JH, Kirkham W, Koschke D. Vocal fold augmentation with autogenous fat. Laryngoscope 1992;102:495-500.
18. Bauer CA, Valentino J, Hoffman HT. Long-term result of vocal cord augmentation with autogenous fat. Ann Otol Rhinol Laryngol 1995;104:871-4.



19. Ballance C. Unilateral paralysis of the vocal fold: operative treatment. *Br med J* 1924;2:349-54.
20. Barnes EB, Ballance C. Anastomosis of recurrent laryngeal to phrenic nerves; some recovery of function. *Br med J* 1927;2:158-9.
21. Tucker HM. Reinnervation of unilaterally paralyzed larynx. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1977;86:789-94.
22. Tucker HM. Reinnervation of paralyzed larynx: a review. *Head Neck Surg* 1979;1:235-42.
23. Crumley RL. Laryngeal reinnervation techniques. In: Ford C, Bless D, eds. *Phonosurgery*. New York, NY: Raven, 1991:201-12.
24. Crumley RL. Experiments in laryngeal reinnervation by ansa hypoglossi transfer. *Laryngoscope* 1982;92(suppl 30).
25. Crumley RL. Voice quality following laryngeal reinnervation by ansa transfer. *Laryngoscope* 1986;96:611-6.
26. Payer E. Plastik am schildknorpel zur Behebung der Folgen einseitiger Stimmbandlahmung. *Dtsch Med Wochensh* 1915;43:1265-70.
27. Meurman Y. Mediofixation der Stimmlippe bei ihrer vollständigen Lahmung. *Arch Ohren Nasen Kehlkopfheilkd* 1944;154:296-302.
28. Meurman Y. Operative mediofixation of the vocal cord in complete unilateral paralysis. *Arch Otolaryngol* 1952;55:544-53.
29. von Leden H. *Phonosurgery assessment and surgical management of voice disorders*. New York, NY: Raven press, 1991:3-24.
30. Sawashima M, Totsuka G, Kobayashi T. Reconstruction surgery for hoarseness due to unilateral vocal cord paralysis. *Arch Otolaryngol* 1968;87:226-9.
31. Isshiki N. *Phonosurgery: theory and practice*. Tokyo, Japan: Springer-Verlag, 1989:78-129.
32. Isshiki N, Morita H, Okamura H, Hiramot M. Thyreoplasty as a new phonosurgical technique. *Acta Otolaryngol* 1974;78:451-7.
33. McCulloch TM, Hoffman HT. Medialization laryngoplasty with expanded polytetrafluoroethylene: surgical technique and preliminary results. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1998;107:427-32.
34. Zeitels SM. Adduction arytenopexy with medialization laryngoplasty and crico-thyroid subluxation: A new approach to paralytic dysphonia. *Operative Techniques in Otolaryngology – Head Neck Surgery* 1999;10:9-16.
35. Zeitels SM. New procedures for paralytic dysphonia: Adduction arytenopexy, Goretex medialization, and cricothyroid subluxation. *Otolaryngol Clin North Am* 2000;33:841-854.
36. Isshiki N, Tanabe M, Sawada M. Arytenoid adduction for unilateral vocal cord paralysis.

- Arch Otolaryngol 1978;104:555-8.
37. Zeitels SM, Hochman I, Hillman RE. Adduction arytenopexy: A new procedure for paralytic dysphonia with implications for implant medialization. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1998;107:1-24.
  38. Zeitels SM, Hillman RE, Desloge RB, Bunting GA. Cricothyroid subluxation: A new innovation for enhancing the voice with laryngoplastic phonosurgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999;108:1126-31.
  39. Hirano M. Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variations. *Folia Phoniater* 1974;26:89-94.
  40. Gray SD. Cellular Physiology of the vocal folds. *Otolaryngol Clin North Am* 2000;33:679-97.
  41. Catten M, Gray SD, Hammond TH, Zhou R, Hammond E. An analysis of cellular location and concentration in vocal fold lamina propria. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1998;118:663.
  42. Pawlak A, Hammond T, Hammond E, Gray SD. Immunocytochemical study of proteoglycans in vocal folds. *Ann Otol Rhinol laryngol* 1996;105:6-11.
  43. Perlman AL, Titze IR, Cooper DS. Elasticity of canine vocal fold tissue. *Journal of Speech and Hear Research* 1984;27:212-19.
  44. Gray SD, Hirano M, Sato K. Molecular and cellular structure of vocal fold tissue. In Titze IR, ed. *Vocal Fold Physiology: Frontiers in Basic Science*. San Diego, CA, Singular Publishing Group, 1993;1-34
  45. Colton RH. Physiology of phonation. In: Benninger MS, Jacobson BH, Johnson AF eds. *Vocal Arts Medicine: The care and prevention of professional voice disorders*. New York, NY, Thieme Medical Publishers 1993:30-60.
  46. Conrad WA, McQueen DM. Two mass model of the vocal folds: Negative differential resistance oscillation. *J Acoust Soc Am* 1988;83:2453-8.
  47. Garcia M. Observations on the human voice. *Proc R Soc Lond* 1855;7:397-410.
  48. Turck L. Ueber einige neue laryngoskopisch untersuchte Falle von Kehlkopfskrankheiten. *Allg Med central Zeitung* 1860;9:67-8.
  49. Turck L. *Atlas zur Klinik der Kehlkopfskrankheiten*. Vienna: Wilhelm Braumuller, 1866.
  50. Knight FI. Two cases of paralysis of the intrinsic muscles of larynx. *Boston Med Surg J* 1869;3:49-53.
  51. Gerhardt C. Studien und Beobachtungen über Stimmbandlahmung. *Arch Pathol Anat Physiol Klin Med* 1863;27:68-98.
  52. Gerhardt C. Studien und Beobachtungen über Stimmbandlahmung. *Arch Pathol Anat Physiol Klin Med* 1863;27:296-321.
  53. Schech P. Experimentelle Untersuchungen über die Funktionen der Nerven und Muskeln

- des Kehlkopfs. Z Biol 1873;9:258-300.
54. Crumley RL. Laryngeal synkinesis: its significance to laryngologist. Ann Otol Rhinol Laryngol 1989;98:87-92.
  55. Rosenbach O. Zur Lehre von der doppelseitigen Lahmung des Nerv. Laryngeus inferior (recurrens). Breslauer Aerztl Z 1880;2:14-6.
  56. Semon F. Clinical remarks: on the proclivity of the abductor fibers of the recurrent laryngeal nerve to become affected sooner than adductor fibers or even exclusively; in cases of undoubted central or peripheral injury or disease of the roots or trunks of the pneumogastric, spinal accessory or recurrent nerves. Arch otolaryngol 1881;2:197-222.
  57. Jelenffy V. Über die Fixation der Giessbeckenknorpel während der Phonation. Wien Med Wochenschr 1872;4:80-4.
  58. Krause H. Experimentelle Untersuchungen und Studien über Contracturen der Stimmbandmuskeln. Arch Pathol Anat Physiol Klin Med 1884;98:294-334.
  59. Krause H. Ueber die Adductorencontractur (vulgo Posticus-lahmung) der Stimmbänder. Arch Pathol Anat Physiol Klin Med 1885;102:301-22.
  60. Jelenffy V. What is veritable paralysis of the posticus (posterior crico-arytenoid) muscle? N Y Med J 1889;50:225-7.
  61. Solis-Cohen J. Three cases of pressure upon the recurrent laryngeal nerve from different causes, with fixation of the left vocal band in the phonatory position. Trans Coll Physicians Phila 1886;8:423-39.
  62. Casselberry WE. Symposium: recurrent and abductor paralyses of the larynx: diagnosis and treatment. Trans Am Laryngol Assoc 1908;30:238-60.
  63. Jelenffy V. Über die elektrische Contractilität der larynx-muskeln nach dem Tode und den "Aethereffect". Berl Klin Wochenschr 1888;26:522-4.
  64. Grossman M. Experimentelle beiträge zur lehre von der "posticuslahmung". Arch Laryngol Rhinol 1897;6:282-360.
  65. Grossman M. Contribution to the mutual functional relationships of the muscles of the larynx. Arch Laryngol rhinol 1906;18:463-71.
  66. Wagner R. Die Medianstellung der Stimmbänder bei Rekurrenslahmung. Arch Path Anat Physiol 1890;120:437-59.
  67. King BT, Gregg RL. An anatomical reason for the various behaviors of paralyzed vocal cords. Ann Otol Rhinol laryngol 1948;57:925-44.
  68. Clerf LH. Unilateral vocal cord paralysis. JAMA 1953;151:900-3.
  69. Crumley RL. Unilateral recurrent nerve paralysis. J Voice 1994;8:79-83.
  70. Woodson GE. Configuration of the glottis in laryngeal paralysis. I: Clinical Study. Laryngoscope 1993;103:1227-34.
  71. Woodson GE. Configuration of the glottis in laryngeal paralysis. II: Animal experiments.

- Laryngoscope 1993;103:1235-41.
72. Koufman JA. The cricothyroid muscles does not influence vocal fold position in laryngeal paralysis. *Laryngoscope* 1995;105:368-72.
  73. Blitzer A, Jahn AF, Keidar A. Semon's law reviset: na electromyografic analysis of laryngeal synkinesis. *Ann Otol Rhinol laryngol* 1996;105:764-9.
  74. Baumler. Case of aneurism of innominate artery, pressing on the right pneumogastric and recurrent nerves. *Trans Pathol Soc Lond* 1872;23:66-9.
  75. Johnson G. Aneurysm of the arch of the aorta pressing on the left pnemogastric and recurrent nerves paralyzing both vocal cords. *Trans pathol Soc Lond* 1873;24:42-5.
  76. Kirchner JA. Atrophy of laryngeal muscles in vagal paralysis. *Laryngoscope* 1966;76:1753-65.
  77. Bridger GP. Unilateral laryngeal palsy: a histopathological study. *J Laryngol Otol* 1977;91:303-7.
  78. Zeitels SM. Phonosurgery. *Compr Ther* 1996;22:222-30.
  79. Wodson GE, Murry T. Clottic configuration after arytenoid adduction. *Laryngoscope* 1994;104:965-9.
  80. Green DC, Berke GS, Ward PW. Vocal fold medialization by surgical augmentation versus arytenoid adduction in the vivo canine model. *Ann Otol Rhinol laryngol* 1991;100:280-7.
  81. Slavit DH, Maragos NE. Arytenoid adduction and type I thyroplasty in the treatment of aphonia. *J voice* 1994;8:84-91.
  82. Brewer DW, Woo P. Unilateral recurrent laryngeal nerve paralysis: a re-examination. *J Voice* 1991;5:178-85.
  83. Woodson GE, Hengesteg A, Rosen C, Yeng D, Chen N. Changes in length and spatial orientation of the vocal fold with arytenoid adduction in cadaver larynges. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1997;106:552-5.
  84. Netterville JL, Stone RE, Luken ES, Cinvantos FJ, Ossof RH. Silastic medialization and arytenoid adduction: the Vanderbilt experience. A review of 116 phonosurgical procedures. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1993;102:413-24.
  85. Isshiki N. Recent advances in phonosurgery. *Folia Phoniatr* 1980;32:119-54.
  86. LeJeune FE, Guice CE, Samuels PM. Early experiences with vocal ligament tightening. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1983;92:475-7.
  87. Tucker HM. Anterior commissure laryngoplasty for adjustment of vocal fold tension. *Ann Otol Rhinol laryngol* 1985;94:547-9.
  88. Koufman JA. Laryngoplasty for vocal cord medialization: an alternative to Teflon. *Laryngoscope* 1986;96:726-31.
  89. Simpson CB, Seshul M, Lennington W, Juliao S, Netterville JL. Histologic findings of

- silastic medialization in the canine model. *Laryngoscope* 1999;109:1424-7.
90. Flint PW, Corio RL, Cummings CS. Comparison of soft tissue response in rabbits following laryngeal implantation with hydroxylapatite, silicone rubber, and Teflon. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1997;106:399-407.
  91. Montgomery W, Blaugrund S, Varvares M. Thyroplasty: a new approach. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1993;103:571-9.
  92. Cummings C, Purcell L, Flint P. Hydroxylapatite laryngeal implants for medialization: preliminary report. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1993;102:843-51.
  93. Flint PW, Corio RL, Cummings CW. Comparison of soft tissue response in rabbits following laryngeal implantation with hydroxylapatite, silicone rubber, and Teflon. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1997;106:399-407.
  94. Dean CM, Ahmarani C, Bettez M, Heuer RJ. The adjustable laryngeal implant. *J Voice* 2001;15:141-50.
  95. Giovanni A, Gras R, Grini MN, Robert D, Vallicioni, JM, Triglia JM. Medialization of paralysed vocal cord by expansive polytetrafluoroethylene implant. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 1997;114:158-64.
  96. Staney CR, Beaver ME, Rodriguez M. Minifenestration type I thyroplasty using an expanded polytetrafluoroethylene implant. *J Voice* 2001;15:151-7.
  97. Keskin G, Boyaci Z, Ustundag E, Kaur A, Almac A. Use of polyethylene terephthalate and expanded-polytetrafluoroethylene in medialization laryngoplasty. *J laryngol Otol* 2003;117:294-7.
  98. Selber J, Sataloff R, Spiegel J, Heman-Ackah Y. Gore-Tex medialization thyroplasty: objective and subjective evaluation. *J Voice* 2003;17:88-95.
  99. Cashman S, Simpson CB, McGuff HS. Soft tissue response of the rabbit larynx to Gore-Tex implant. *Ann Otol laryngol* 2002;111:977-82.
  100. Zeitels SM, Mauri M, Dailey SH. Medialization laryngoplasty with Gore-Tex for voice restoration secondary to glottal incompetence: indications and observations. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2003;112:180-4.

## **7. ARTIGO EM INGLÊS**

**ASSESSMENT OF CRICOTYROID SUBLUXATION FOR TREATMENT OF VOCAL FOLD PARALYSIS<sup>1</sup>.**

Marcelo Mauri<sup>2,3</sup>, MD, MSc; Steven Marc Zeitels<sup>3</sup>, MD, FACS; Robert Hilmann<sup>3</sup>, PhD.

<sup>1</sup>Study carried out at Department of Otolaryngology – Harvard Medical School, Division of Laryngology – Massachusetts Eye and Ear Infirmary

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil; Bolsista da CAPES.

<sup>3</sup>Department of Otolaryngology – Harvard Medical School, Division of Laryngology – Massachusetts Eye and Ear Infirmary

**Correspondence:**

Steven M. Zeitels, MD, FACS  
Division of Laryngology  
Massachusetts Eye and Ear Infirmary  
243, Charles Street  
Boston, MA 02114

Phone: (617) 573-3557  
Fax: (617) 573-3068

## **ABSTRACT**

**Introduction.** Thyroplasty and arytenoids adduction, procedures used for unilateral vocal fold paralysis, have good results on vocal quality. However, these procedures have remarkable limitations in improving maximal range capabilities, especially in frequency variation and maximal phonation time. This was thought to be secondary to suboptimal viscoelastic tension in the denervated soft tissue of the vocal fold. Zeitels et al described the cricothyroid (CT) sublaxation in order to increase viscoelastic tension in the denervated vocal fold, and thereby permit aerodynamical efficient entrained oscillation.

**Objectives.** The aim of this study is to evaluate the efficacy of CT sublaxation in the increasing of the maximal fundamental frequency range on patients with unilateral vocal fold paralysis.

**Study Design.** Quasi-experimentation

**Material and Methods.** A clinical trial was done on 56 consecutive patients who underwent laryngoplastic phonosurgical reconstruction for paralytic dysphonia. Forty-five patients underwent adduction arytenopexy, medialization laryngoplasty and CT sublaxation (CT sublaxation group) and 15 patients underwent adduction arytenopexy and medialization laryngoplasty only (control group). The main outcome was the maximum F0 range assessment and it was considered success when was reached  $\geq 2$  octaves postoperative acoustic analysis.

**Results.** A total of 56 patients were enrolled into the study, of which 41 were categorized in the intervention group and 15 in the control group. The CT sublaxation group resulted in 73.2% success rate for primary end point and control group in 33.3% ( $p=0.01$ ).



Conclusions. This study shows that CT subluxation procedure has efficacy to increase the maximum F0 range task, with a commensurate enhancement of the acoustic outcome of other laryngoplastic phonosurgical procedures.

Key Words. vocal fold paralysis, medialization laryngoplasty, adduction arytenopexy, cricothyroid subluxation.

Laryngoplastic phonosurgery has emerged as the primary intervention for the treatment of paralytic dysphonia. Medialization of the musculomembranous vocal fold by means of reconforming the laryngeal framework was described by Payr in 1915 (1). This technique was explored further by others in the middle part of 20th century (2-5). The landmark investigations of Isshiki et al (6,7) in the 1970s established a systematic design and organization for phonosurgical alteration of the laryngeal framework (8). They described a medialization procedure of the musculomembranous vocal fold in 1974 and, shortly thereafter, devised the arytenoid adduction procedure to treat patients with large glottal gaps secondary to malpositioned arytenoid. These reports catalyzed the current paradigm shift from injection techniques to laryngoplastic phonosurgery for the treatment of vocal fold paralysis.

Patients who require repositioning of the arytenoid typically have minimal or unfavorable synkinetic reinnervation of the intrinsic laryngeal musculature. Isshiki's classic arytenoid adduction procedure (7) mimics contraction of the lateral cricoarytenoid muscle and achieves rotation of the arytenoid by means of a suture that is placed through its muscular process and directed anteriorly through the thyroid lamina. However, the agonist-antagonist adductor function of the other intrinsic muscles (lateral thyroarytenoid, interarytenoid, and posterior cricoarytenoid) is not simulated. Therefore, Zeitels et al (9) designed the adduction arytenopexy (AA) procedure to model the synchronous function aforementioned musculature. In this technique, the arytenoid is positioned on the medial aspect of the cricoid facet, simulating its normal adduction during phonation. An implant is then placed lateral to the paraglottic muscles (inner thyroid perichondrium) to prevent wide excursion of the glottal tissues during entrained oscillation.

Observations made from the vocal outcome data in patients who underwent adduction arytenopexy and medialization laryngoplasty revealed that fairly normal conversational-level phonation was achieved (9). However, there were remarkable limitations in maximal range capabilities, especially in frequency variation and maximal phonation time. This was thought to be secondary to suboptimal viscoelastic tension in the denervated vocal

fold soft tissue, despite the aforementioned improvements in 3-dimensional repositioning of the vocal edge. Therefore, Zeitels et al (10) described the cricothyroid (CT) sublaxation in order to increase viscoelastic tension in the denervated vocal fold, and thereby permit aerodynamically efficient entrained oscillation. The aim of the present study is to evaluate the efficacy of CT sublaxation improving the maximum fundamental frequency range in patients with unilateral vocal fold paralysis who underwent laryngeal framework surgery.

## **MATERIAL AND METHODS**

### **Patients**

Patients with unilateral vocal fold paralysis who look for assistance at Massachusetts Eye and Ear Infirmary from July 1997 to July 2001 were potentially eligible to laryngeal framework surgery. Patients who did not require adduction arytenopexy or have any contraindications for it, e.g., those with small posterior chink, paresis or movement restriction of mobile vocal fold, or those who have athletic issues that could be deteriorate by narrow glottis were excluded.

The variables studied included: age, sex, side of vocal fold paralysis, pre and postoperative acoustic and aerodynamic results, and CT subluxation.

### **Study Protocol**

This study was conducted from January to November 2001, when charts were revised and created a database. Although, a randomized clinical trial was the best study to evaluate the efficacy this new procedure, it was not allowed by The Medical Ethics Committee of the hospital due to some evidence of the benefits of this procedure in the literature (10). The procedures were comprised of a medialization laryngoplasty (ML) and adduction arytenopexy in all and a cricothyroid subluxation in most. So, the control group (ML and AA) underwent surgery before the description of CT subluxation and intervention group (ML, AA and CT subluxation) after it. Therefore, this study is characterized as a quasi-experimentation study with historical controls (11). These procedures were carried out by the some senior surgeon (SMZ).

The protocol include acoustic and aerodynamic assessment obtained preoperatively and within 3 and 4 months after the procedure. These assessments were done by a group of 3 speech pathologists with a long-term experience on these procedures. The same speech pathologist performed the preoperative and postoperative assessments in each patient.

## Procedures

### Adduction Arytenopexy and Medialization Laryngoplasty

Unless contraindicated, patients are given 0.2 mg/Kg of decadron at least 1 hour prior to the procedure. This helps to minimize intraoperative swelling, which can affect the judgment regarding implant size. Subsequent to dissecting subplatysmal flaps, the strap musculature is transected to expose the thyroid lamina. It is critical to place a double-pronged skin hook lateral to the edge of thyroid lamina to rotate it antero-medially. (Figure 1) This defines the edge of the thyroid lamina and inferior cornu of the thyroid cartilage so that a needle-tipped electrocautery knife can be used to separate the inferior constrictor from the thyroid lamina. The inferior cornu is identified and isolated so that the cricothyroid joint can be separated with Mayo scissors. Separating the cricothyroid joint and associated inferior constrictor muscle from the thyroid cartilage allows for further antero-medial rotation of the thyroid lamina. (Figure 2) To avoid perforation of the pyriform sinus mucosa, the soft-tissue dissection is done in confluence with the cartilage framework. The lateral aspect of the pyriform mucosa is bluntly dissected from the inner aspect of the thyroid lamina. This facilitates clear visualization of the facet of the cricothyroid joint so that the posterior cricoarytenoid muscle can be easily identified. (Figure 3) Blunt dissection on the posterolateral cricoid in cephalic direction following the edge of the posterior cricoarytenoid muscle leads to the muscular process of the arytenoid and ensures that the cricoarytenoid joint will be identified easily. The posterior and lateral cricoarytenoid muscles are separated from the muscular process. The cricoarytenoid joint is opened widely with Steven's scissors and the curved glistening white surface of the cricoid facet is identified (Figure 4). A 4-0 Prolene (Ethicon, Somerville, NJ) suture is used to affix the arytenoid with a slipknot so that it is sublaxed medially and rocked internally, on the curved cricoid facet (Figure 5). Once the arytenoid is secured, the thyroid lamina is replaced into its natural anatomic position. The position of the arytenoid is visualized by means of a flexible laryngoscope to check its position during a number of phonatory tasks. If the arytenoid is in good position, the suture is affixed permanently. Subsequently, an inferiorly based thyroid perichondrial flap is

developed, and a standard window is made in the thyroid lamina lateral to the musculomembranous vocal fold (Figure 6). The inner perichondrium of the thyroid lamina is preserved at the perimeter of the window and, then a medialization laryngoplasty is done by means of Gore-Tex implant placed lateral to the inner perichondrium of the thyroid lamina (Figure 7).

### **Cricothyroid Subluxation**

The cricothyroid subluxation is accomplished by placing a 2-0 prolene suture around the inferior cornu of the thyroid lamina. It is then passed in a submucosal fashion underneath the cricoid anteriorly (Figure 8). The suture is pulled taut and increases the distance between the cricoarytenoid joint and the attachment of the anterior commissure ligament (Figure 9). This maneuver increases the tension and length of the musculomembranous vocal fold on the paralyzed side, thus closely simulating CT muscle contraction, so that pitch variation is easily controlled by the operator. The tension on this suture is adjusted by using a slipknot while the patient performs a number of phonatory gestures. These include maximal range tasks such as frequency variation (pulse register [vocal fry] through a falsetto register), glissando sliding scales, and maximal phonation time. The surgeon selects an adequate tension for affixing the suture by ensuring that the patient has an appropriate fundamental frequency with comfortable conversation-level effort, as well as the ability to obtain a falsetto register (10).

### **Postoperative management**

All patients who undergo laryngeal framework surgery are placed on oxygen saturation monitoring primarily to alert nursing staff to the potential of an airway problem. There are no particular restrictions on voice use. Clear liquids are administered directly after the procedure and per oral intake is advanced as tolerated to a normal anti-reflux diet.

## **Outcome measurements**

Aerodynamic and Acoustic assessment were obtained in all patients as described below.

### **Acoustic Assessment**

Each patient was seated in a sound-treated room (IAC booth) and wore a head-band device that suspended an electret condenser microphone a constant distance of 15 cm from the lips. The output of the microphone was fed to a pre-amplifier and then recorded on digital audiotape (DAT). A calibration tone of known intensity (decibels sound pressure level [SLP]) was recorded prior to recordings of each patient and was used as a reference for acoustic analysis. Recordings were made as each patient 1) read a standard passage (the Rainbow passage); 2) sustained the vowel "ah" 3 times, holding pitch and loudness as "steady" (constant) as possible for at least 3 seconds; 3) sustained the "ah" vowel 3 times at a comfortable level for as long as possible on 1 breath; 4) produced the "ah" vowel at the "softest" (without whispering) and "loudest" sustainable levels possible each 3 times; and 5) the vowel "ah" 3 times at lowest and highest frequency possible.

The audio recordings of the reading passage (10 KHz sampling rate) and vowels (20 KHz sampling rate) for each patient were digitized and processed on a IBM-PC workstation with software that is commercially available (Computer Speech Lab, Kay Elemetrics, Inc.). The reading passage was analyzed to yield measures of average F0 (Hz) and intensity (decibels). The steadiest 1-second segment from the midportion of the "best" (ie, perceptually judged to be the steadiest and to have the best quality) of the "ah" vowels produced for 3 seconds was analyzed to yield percent frequency perturbation (jitter), percent intensity perturbation (shimmer) and Noise-to-Harmonics Ratio. Maximum intensity range was obtained by analyzing the intensity (in decibels SPL) of the vowels produced at the "softest and loudest" sustainable phonations (maximum range equals highest intensity minus lowest intensity). Maximum F0 range was obtained by analyzing the frequency (Hz) of the vowels produced at the maximal and minimal pitch. Maximum phonation time was obtained by analyzing the longest vowels produced (seconds).

## **Aerodynamic Assessment**

Aerodynamic testing was done with an Aerophone system (Kay Elemetrics, Inc.). Patients produced strings of “pai” syllables at a comfortable (normal) level while the following measures were obtained: 1) oral airflow, with a pneumotachograph mounted in a face mask, and 2) intraoral air pressure, with a translabially placed catheter connected to a pressure transducer. The flow and pressure signals were digitized and analyzed with the Aerophone system to yield indirect estimates of average glottal airflow rate (liters per second), subglottal air pressure (centimeters of water) and sound pressure level (decibels).

## **Primary End Point**

The primary clinical end point was assessed by maximum F0 range. The success rate was considered positive if maximum F0 range is  $\geq 2$  octaves at postoperative acoustic assessment.

## **Secondary End Points**

As secondary end points average F0, intensity, maximum intensity range, maximum phonation time, jitter, shimmer, Noise-to-Harmonics ratio, average glottal airflow rate, subglottal air pressure and, sound pressure level were assessed.

## **Statistical analysis**

Differences in proportions were tested with the  $\chi^2$  test or Fisher's exact test if the number of expected observations was five or less in at least one cell. Differences in means were tested with Manova Test involving 'Time' Within-Subject Effect. All tests of significance were two-tailed, and all P values of 0.05 or less were considered statistically significant.

## **Ethical Aspects**

The Medical Ethics Committee of the Massachusetts Eye and Ear Infirmary approved



the protocol.

## **RESULTS**

A total of 56 patients aged 21-89 years were enrolled into the study, of which 41 were categorized in CT subluxation group and 15 in control group. Descriptive characteristics of the study population are presented in Table 1.

The CT subluxation group resulted in 73.2% success rate for primary end point and control group in 33.3% ( $p=0.01$ ) (Figure 10). This result can estimate that it would be necessary to treat three patients with CT subluxation in order to have one patient achieving  $\geq 2$  octaves at maximum F0 range.

Table 2 presents a summary of the preoperative and postoperative acoustic analysis. It was observed significant difference between female in control group and CT group at maximum F0 range ( $P=0.005$  for interaction). Men's or the women's average F0 for reading decreased after surgery. The average intensity for reading increased and the maximum intensity and F0 range increased in both groups after surgery. Maximum phonation time increased after surgery in all subgroups and mean jitter, shimmer and noise-to-harmonics ratio were reduced after surgery (Table 2).

Table 3 presents a summary of the preoperative and postoperative aerodynamic analysis. The present findings show a significant decrease of average glottal airflow after surgery. Subglottal air pressure was decreased and sound pressure level increased in all subgroups. There is not significant difference in postoperative results between control and subluxation CT group.

## **DISCUSSION**

In the normal state, symmetric viscoelastic tension between the vocal folds results in an optimal glottal sound source since the resonant frequency for vocal fold vibration is similar. Although static reconstruction [arytenoid repositioning and implant medialization] realigns the full length of the vocal fold to reestablish aerodynamic competence, there is substantial asymmetry in the viscoelastic properties of each vocal fold. Surgical maneuvers that reduce the discrepancy enhance vocal function. A discussion of surgically-induced viscoelastic tension is valuable since it is seldomly elaborated. Furthermore, there is an inextricable interdependence of laryngoplastic reconstructive procedures designed to restore paralytic dysphonia.

The arytenoid adduction procedure slightly elongates the musculomembranous region by means of rotation (12). In contrast, cricothyroid subluxation (10,13,14) directly stretches by increasing the distance between the cricoid facet and the insertion of the vocal fold into the thyroid lamina, thereby simulating cricothyroid muscle function. Furthermore the procedure is simple, can be done in ~10 minutes, and is fully adjustable/tunable. Unlike gender-reassignment stretching procedures, paralyzed vocal folds maintain their increased tension and don't accommodate to the new surgically-induced tension because they are denervated and flaccid. Essentially, the cricothyroid subluxation procedure allows for stretching the paralyzed vocal fold to ideal tension conditions thereby achieving an optimal resonant frequency of vibration.

With uncorrected unilateral paralysis, patients intuitively adjust for the asymmetry in viscoelastic tension with varying degrees of hyperfunctional muscular behavior. However, these glottal configurations limit phonatory capabilities. It is not uncommon for a surgeon to observe intraoperatively that a patient's voice improvement is disappointingly not commensurate with the observed midline position of the paralyzed vocal fold subsequent to reconstruction. The perturbed vocal quality, which does not reflect aerodynamic

incompetence, is the result of differential viscoelasticity between the vocal folds. This scenario can lead to futile and frustrating attempts at altering the shape and size of an implant.

Although perfect viscoelastic symmetry is never realized if one vocal fold has been denervated, greater symmetry is achieved by means of the cricothyroid subluxation procedure (10). In turn, hyperfunctional behavior is reduced allowing for substantially greater vocal flexibility. This was demonstrated with a variety of objective acoustic and aerodynamic measures. Most notably, 73.2% of patients achieved 2 octaves of dynamic frequency range.

Cricothyroid subluxation was designed as an easily adjustable procedure to enhance the vocal outcome of other laryngoplasty phonosurgical procedures. It extends the normal vocal fold length and dramatically increases the viscoelastic tension of the denervated musculomembranous region. This is unlike all prior operations, which were designed primarily to treat paralytic dysphonia by repositioning the vocal edge (6-9,15,16). Prior procedures that altered the tension and length of the vocal fold were conceived to modify pitch rather than to treat paralytic dysphonia (8,17-19). The CT subluxation suture simulates CT muscle contraction, produces countertension on the thyroarytenoid muscle, and increases the length of the musculomembranous vocal fold (13).

Most studies reported improvements on the vocal outcome after laryngeal framework surgery regardless the implant used for medialization of the vocal fold or different procedures for repositioning the arytenoid to the phonatory position (9,20-27). However, these studies also revealed limitations in the maximal range tasks, especially dynamic frequency range. This finding was most likely due to persistent flaccidity of the denervated thyroarytenoid musculature. Both Isshiki's (6,7) and Zeitels' (9) arytenoid adduction techniques separate the CT joint to expose the cricoarytenoid joint. During a collaborative cadaver dissection, R. Sataloff (apud 10) observed that separation and destabilization of the ipsilateral CT joint impairs the function of the contralateral CT muscle. On the basis of a similar observation, other authors have exposed the cricoarytenoid joint during arytenoid adduction by removing

a posterior window of the thyroid lamina and leaving the CT joint intact (28).

Clinical observations revealed that after the CT joint was opened, the inferior cornu of the thyroid lamina became retrodisplaced with relation to the cricoid. This meant that the previously fixed vocal fold length was shortened, and the tension of the thyroarytenoid muscle was reduced. Essentially, there was a decrease in the normal distance between the cricoarytenoid joint and the insertion of the anterior commissure tendon into the thyroid lamina.

We believe that the foreshortening of the paralyzed vocal fold, induced by separating the CT joint, led to compensatory hyperfunctional foreshortening of the normal vocal fold. This hyperfunctional adaptation occurs to align the vocal process – an alignment that is a prerequisite for normal entrained oscillation during phonation. The decreased phonatory length of both vocal folds and the decreased viscoelastic tension of the paralyzed vocal fold resulted in limitations in acoustic maximal range capabilities. Despite the fact the paralyzed vocal fold was surgically placed under higher tension (than its preoperative state) after CT subluxation, almost all patients could reach lower frequency. This paradox is probably explained by the fact that the postsubluxation-lengthened vocal fold reduces contralateral vocal fold hyperfunction.

The CT subluxation procedure was designed to rectify these mechanical impediments, which were partially precipitated by disruption of the CT joint during laryngoplastic phonosurgical correction of paralytic dysphonia and restore the viscoelastic tension of the paralyzed vocal fold. Zeitels et al (10) also described that CT subluxation improve the vocal outcome of those patients who did not require an arytenoid procedure (because of somewhat favorable synkinesis).

The effect on maximum  $F_0$  range characterize improvement in voice quality. Comparing the change of acoustic results, it was not observed significant difference between groups in most variables. Although, this study has enough power to detect differences, for example, 79% for fundamental frequency, the statistical analysis did not show any substantial effect of CT subluxation on variable except, maximum  $F_0$  range. This was

expected once medialization laryngoplasty and adduction arytenopexy are efficient procedures to treat unilateral vocal fold paralysis.

This study shows that CT subluxation procedure has efficacy to increase the maximum F0 range task, with a commensurate enhancement of the acoustic outcome of other laryngoplastic phonosurgical procedures.

The CT subluxation procedure is the first vocal fold paralysis procedure that is primarily designed for this purpose rather than to reposition the vocal fold edge. It is an easily adjustable method of increasing the tension and length of the paralyzed vocal fold and objective measures of vocal function revealed that more patients achieved normal dynamic pitch variation if it is not performed. With the addition of the CT subluxation procedure to the armamentarium of the phonosurgeon, all parameters for static reconstruction of the paralyzed vocal fold have been addressed.

## REFERENCES

1. Payer E. Plastik am schildknorpel zur Behebung der Folgen einseitiger Stimmbandlahmung. Dtsch Med Wochensch 1915;43:1265-70.
2. Meurman Y. Mediofixation der Stimmlippe bei ihrer vollständigen Lahmung. Arch Ohren Nasen Kehlkopfheilkd 1944;154:296-302.
3. Meurman Y. Operative mediofixation of the vocal cord in complete unilateral paralysis. Arch Otolaryngol 1952;55:544-53.
4. von Leden H. Phonosurgery assessment and surgical management of voice disorders. New York, NY: Raven press, 1991:3-24.
5. Sawashima M, Totsuka G, Kobayashi T. Reconstruction surgery for hoarseness due to unilateral vocal cord paralysis. Arch Otolaryngol 1968;87:226-9.
6. Isshiki N, Morita H, Okamura H, Hiramot M. Thyreoplasty as a new phonosurgical technique. Acta Otolaryngol 1974;78:451-7.
7. Isshiki N, Tanabe M, Sawada M. Arytenoid adduction for unilateral vocal cord paralysis. Arch Otolaryngol 1978;104:555-8.
8. Isshiki N. Phonosurgery: theory and practice. Tokyo, Japan: Springer-Verlag, 1989;78-129.
9. Zeitels SM, Hochman I, Hillman RE. Adduction arytenopexy: A new procedure for paralytic dysphonia with implications for implant medialization. Ann Otol Rhinol Laryngol 1998;107:1-24.
10. Zeitels SM, Hillman RE, Desloge RB, Bunting GA. Cricothyroid subluxation: A new innovation for enhancing the voice with laryngoplastic phonosurgery. Ann Otol Rhinol Laryngol 1999;108:1126-31.
11. Cook TD, Campbell DT. Quasi-Experimentation: Design & Analysis Issues for Field Settings. Houghton Mifflin Company, Boston, USA, 1979.
12. Neuman TR, Hengesteg A, Lepage RP, Kaufman KR, Woodson GE. Three-dimensional motion of the arytenoid adduction procedure in cadaver larynges. Ann

- Otol Rhinol Laryngol 1994;103:265-70.
13. Zeitels SM. Adduction arytenopexy with medialization laryngoplasty and cricothyroid subluxation: A new approach to paralytic dysphonia. *Operative Techniques in Otolaryngol Head Neck Surg* 1999;10:9-16.
  14. Zeitels SM. New procedures for paralytic dysphonia: Adduction arytenopexy, Goretex medialization, and cricothyroid subluxation. *Otolaryngol Clin North Am* 2000;33:841-54.
  15. Koufman JA. Laryngoplasty for vocal cord medialization: an alternative to Teflon. *Laryngoscope* 1986;96:726-31.
  16. Koufman JA, Isaacson GL. Laryngoplastic phonosurgery. *Otolaryngol Clin North Am* 1991;24:1151-77.
  17. Isshiki N. Recent advances in phonosurgery. *Folia Phoniatr* 1980;32:119-54.
  18. LeJeune FE, Guice CE, Samuels PM. Early experiences with vocal ligament tightening. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1983;92:475-7.
  19. Tucker HM. Anterior commissure laryngoplasty for adjustment of vocal fold tension. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1985;94:547-9.
  20. LaBlance GR, Maves MD. Acoustic characteristics of post-thyroplasty patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1992;107:558-65.
  21. Leder SB, Sasaki CT. Long-term changes in vocal quality following Isshiki thyroplasty type I. *Laryngoscope* 1994;104:275-7.
  22. Lu F, Casiano RR, Lundy DS, Xue J. Longitudinal evaluation of vocal function after thyroplasty type I in the treatment of unilateral vocal paralysis. *Laryngoscope* 1996;106:753-7.
  23. Sasaki CR, Leder SB, Pecteu L, Friedman CD. Longitudinal voice quality changes following Isshiki thyroplasty type I: the Yale experience. *Laryngoscope* 1990;100:850-2.
  24. McLean-Muse A, Montgomery WW, Hillman RE, Varvares M, Bunting G, Doyle P, Eng J. Montgomery® thyroplasty implant for vocal fold immobility: Phonatory



- outcomes. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000;109:393-400.
25. Lundy DS, Casiano RR, Xue J, Lu F. Thyroplasty type I: short- versus long-term results. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;122:533-6.
  26. Schneider B, Denk DM, Bigenzahn W. Acoustic assessment of the voice quality before and after medialization thyroplasty using the titanium vocal fold medialization implant (TVFMI). *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003;128:815-22.
  27. Selber J, Sataloff R, Spiegel J, Heman-Ackah Y. Gore-Tex medialization thyroplasty; objective and subjective evaluation. *J Voice* 2003;17:88-95.
  28. Miller FR, Bryant GL, Netterville JL. Arytenoid adduction in vocal fold paralysis in vocal fold paralysis. *Operative Techniques Otolaryngol head neck Surg* 1999;10:36-41.

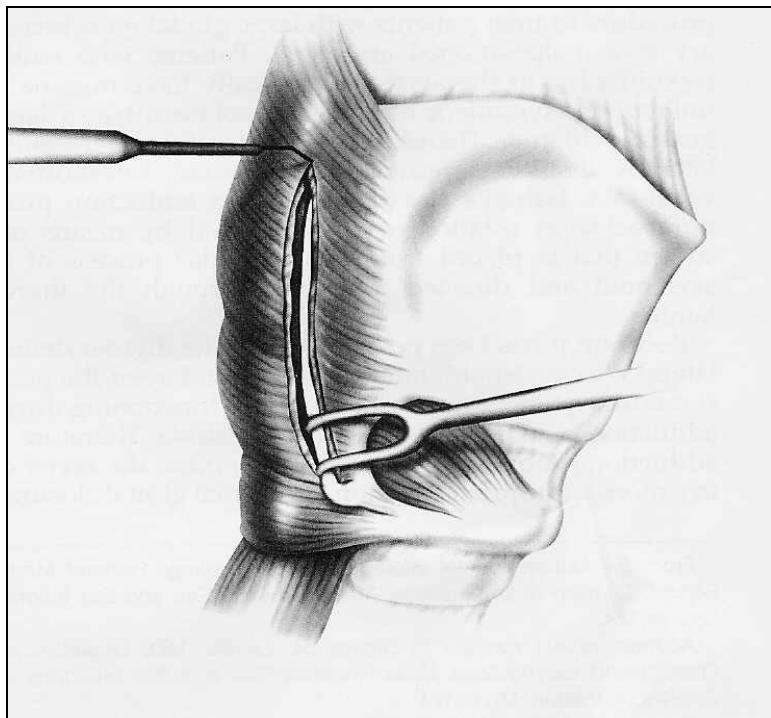


Figure 1. A needle-tipped electrocautery knife is used to separate the inferior constrictor from the thyroid lamina.

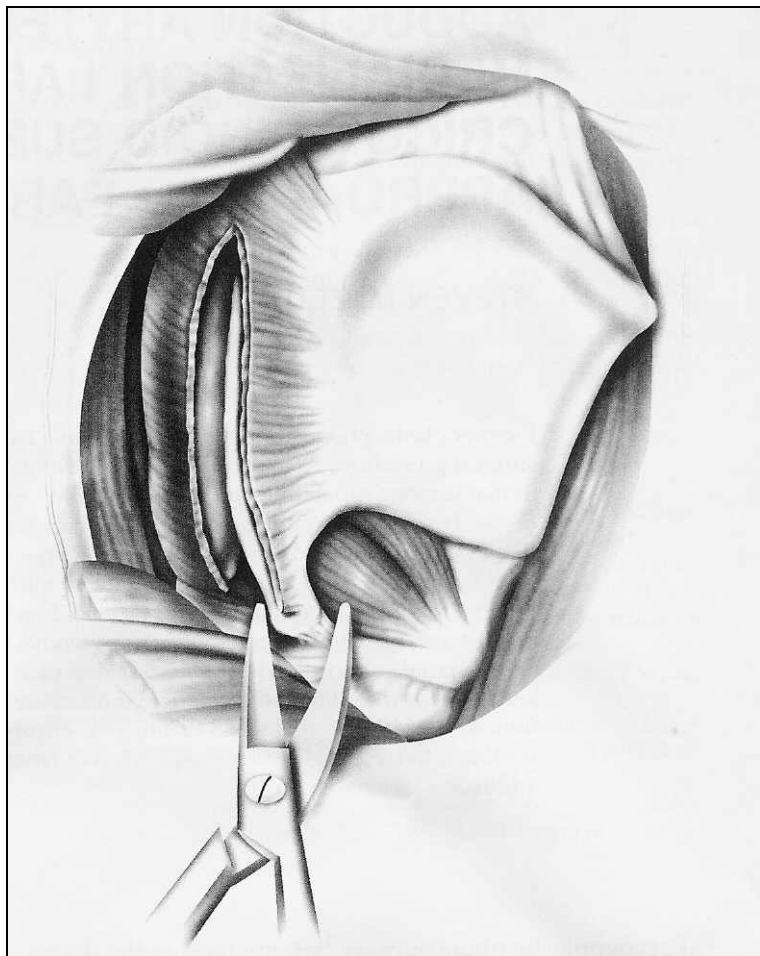


Figure 2. The inferior cornu is identified and isolated so that the cricothyroid joint can be separated with Mayo scissors.

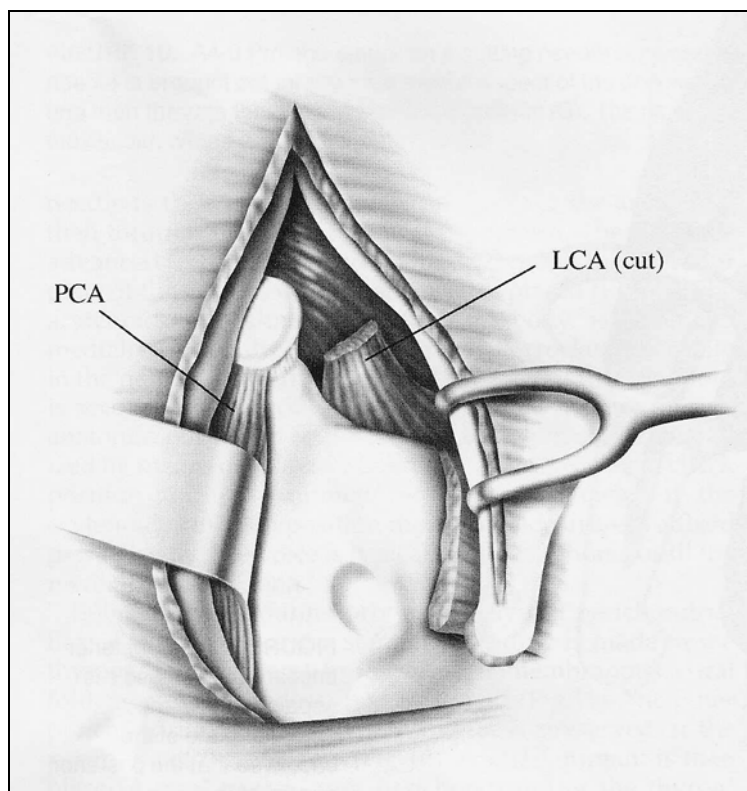


Figure 3. Posterior superior dissection along the top of the cricoid results in separation of the lateral cricoarytenoid muscle from the muscular process and ensures that the cricoarytenoid joint will be identified easily.

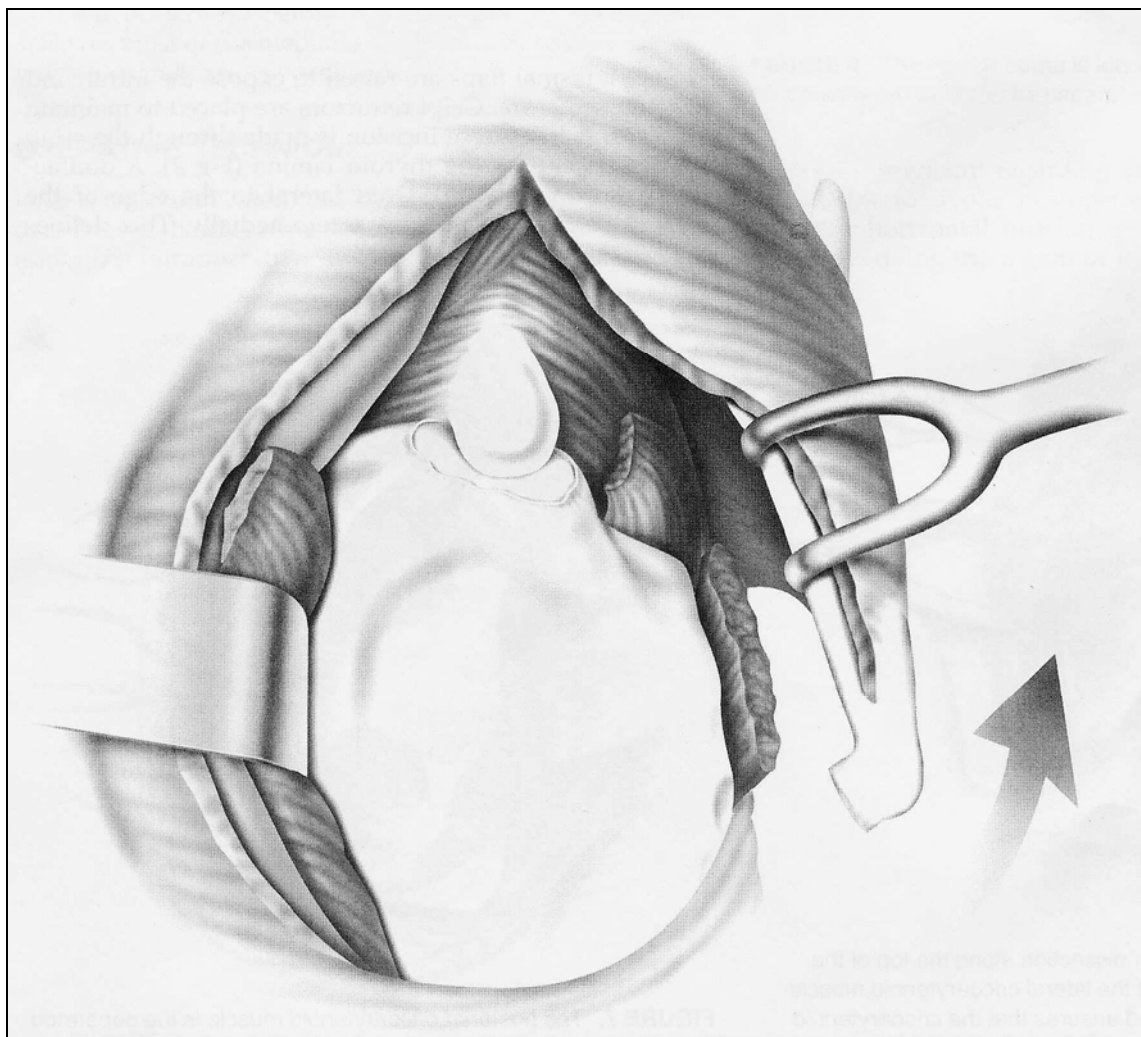


Figure 4. The posterior cricoarytenoid muscle is separated from the posterior plate of the cricoid so that the posterior aspect of the cricoarytenoid joint is well seen and there is room to place a suture through this region.

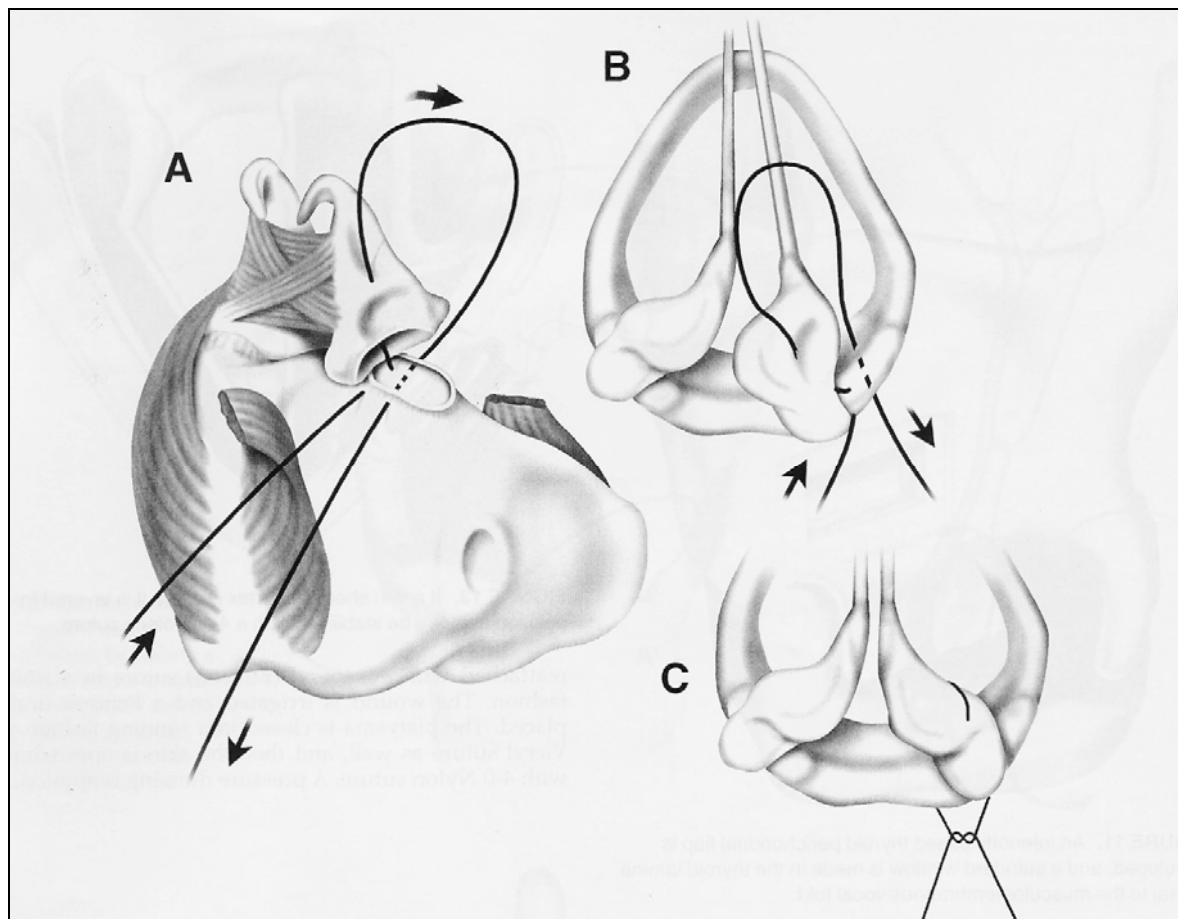


Figure 5. A 4-0 Prolene suture on a cutting needle is placed through the posterior plate of the cricoid just medial to the facet and the needle is brought out through the medial aspect of the cricoarytenoid joint (A). The needle is passed through the body of the arytenoids and then through the inner aspect of the cricoid (B). The needle is advanced under the cricoid facet and through the posterior plate of the cricoid, where a slip knot is placed (C).

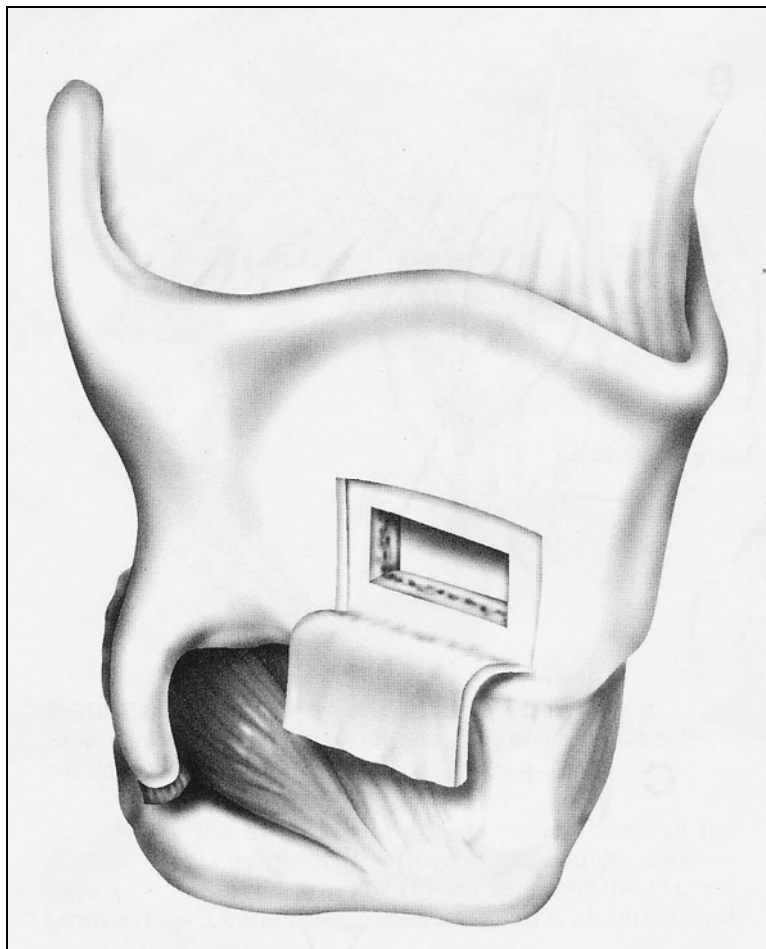


Figure 6. An inferiorly based thyroid perichondrial flap is developed, and a standard window is made in the thyroid lamina lateral to the musculomembranous vocal fold.

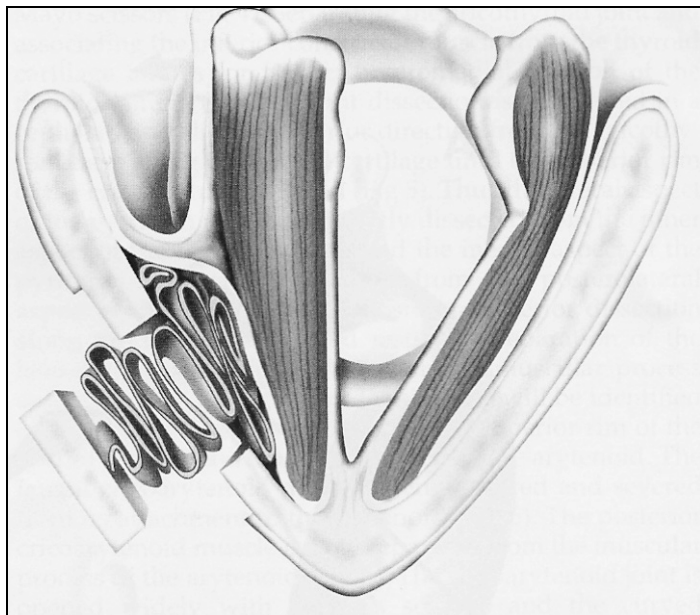


Figure 7. Gore-Tex implant is layered in position and can be stabilized with a 4-0 Prolene suture.



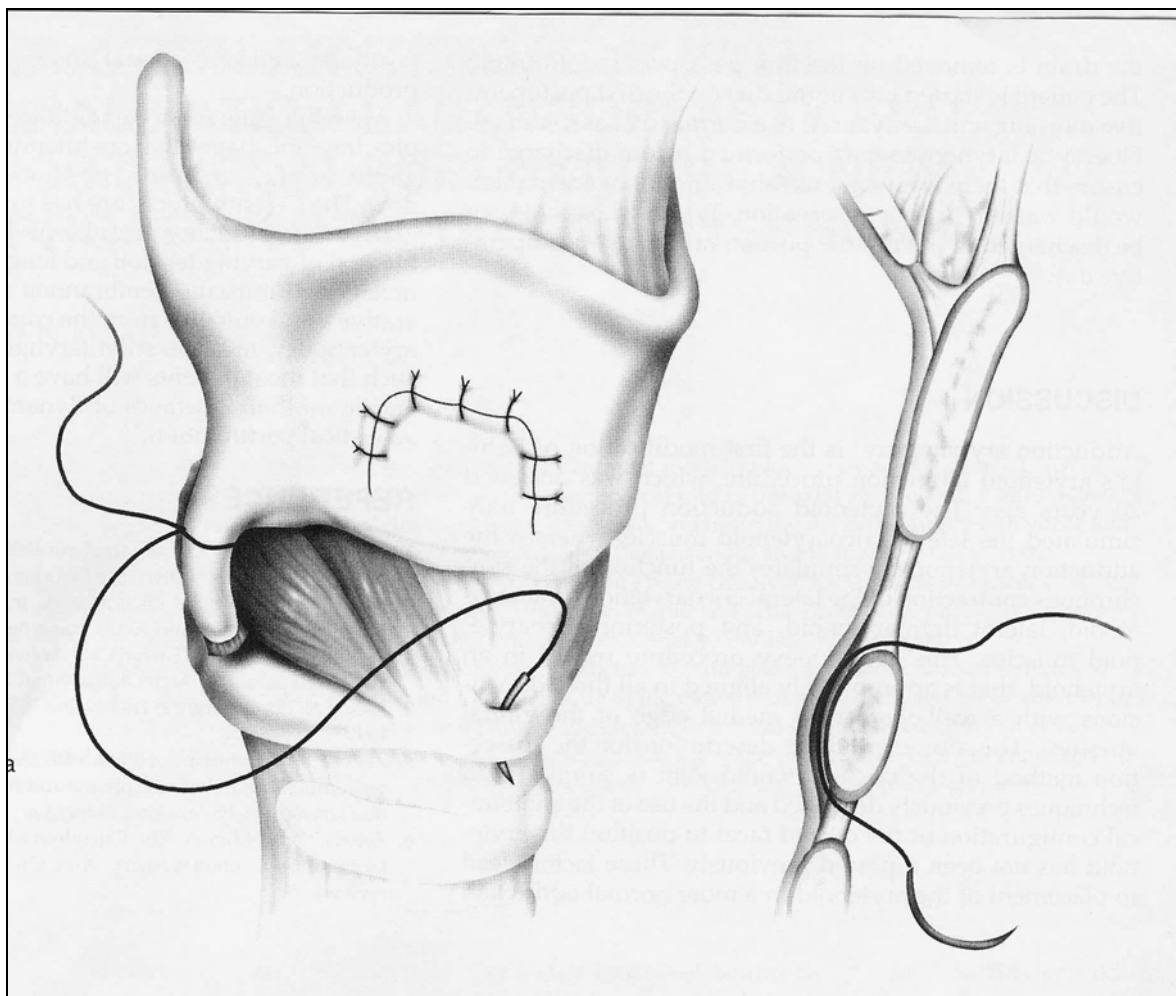


Figure 8. The CT subluxation is accomplished, by placing a 2-0 Prolene suture around the inferior cornu of the thyroid lamina. It is then passed in a submucosal fashion underneath the cricoid anteriorly.

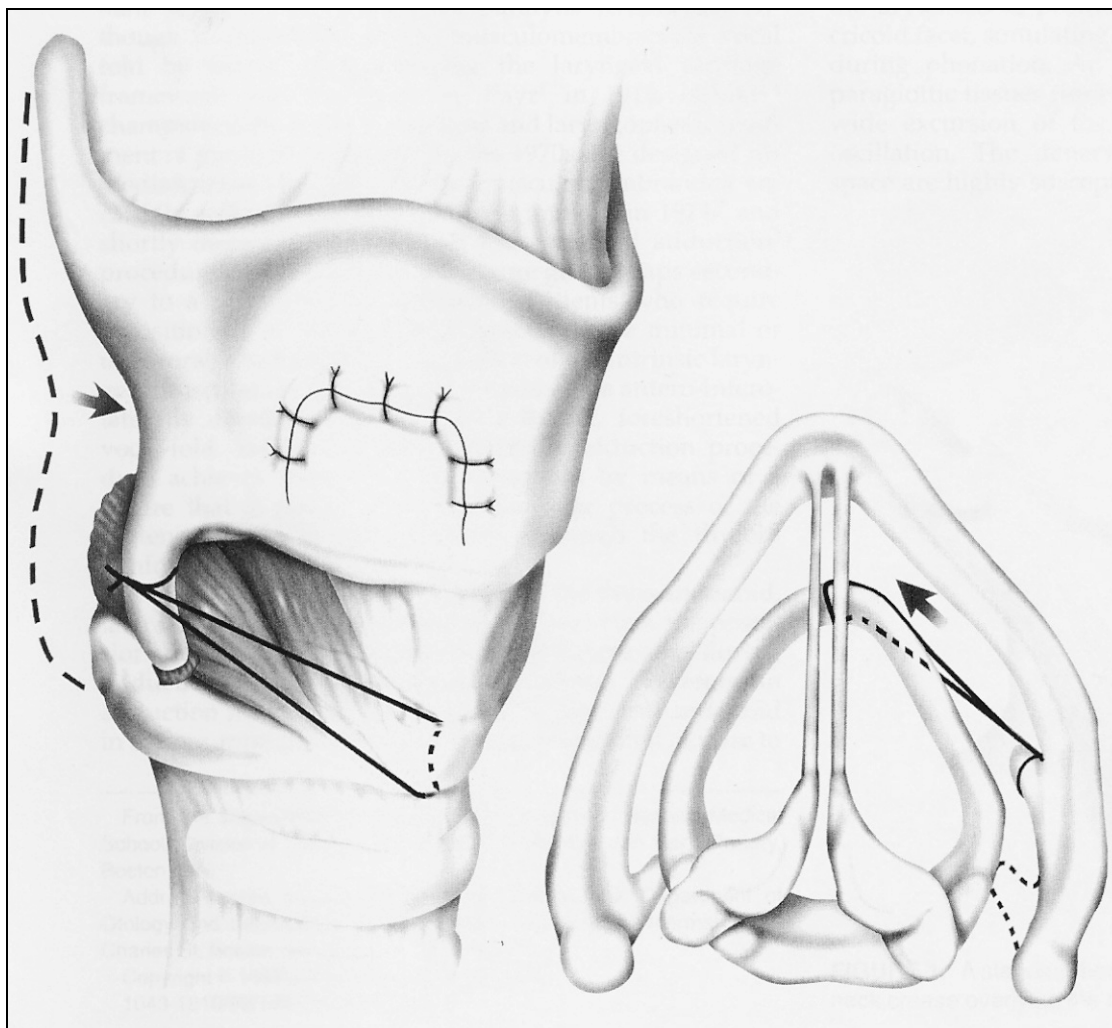


Figure 9. The suture is pulled taut, which increases the distance between the cricoid facet and the attachment of the anterior commissure ligament.

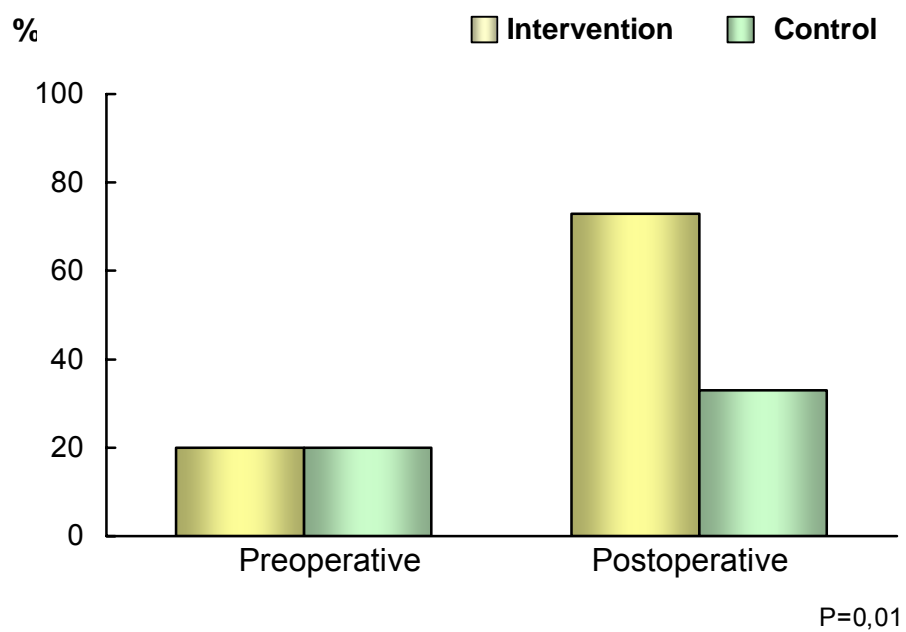


Figure 10. Two octaves at maximum fundamental frequency range for subjects of intervention and control groups.

Table 1. Baseline characteristics of the patients according to intervention or control group

	Control group N=15	CT subluxation group* N=41	P Value
Sex			
Male	9 (60%)	22 (53.7%)	0.7
Female	6 (40%)	19 (46.3%)	
Age (years)			
21-40	0 (0%)	3 (7.3%)	0.3
41-60	8 (53.3%)	19 (46.3%)	
61-70	5 (33.3%)	7 (17.1%)	
71-89	2 (13.3%)	12 (29.3%)	
Side of Paralysis			
Right	3 (20%)	9 (22%)	1
Left	12 (80%)	32 (78%)	
Other Procedures			
Gelfoam injection	0 (0%)	1 (2.4%)	1
Fat injection	1 (6.7%)	2 (4.8%)	
Secondary Diagnosis			
Atrophy	0 (0%)	1 (2.4%)	1
Parkinsonism	1 (6.7%)	3 (7.3%)	
Cause of paralysis			
Intracranial	1 (6.7%)	5 (12.2%)	0.6
Cervical	3 (20%)	11 (26.8%)	
Thoracic	5 (33.3%)	16 (39%)	
Postintubation	1 (6.7%)	3 (7.3%)	
Idiopathic	5 (33.3%)	6 (14.6%)	

\* CT: cricothyroid

Table 2. Secondary end points according the intervention or control group – Acoustic Analysis

	Control group		CT subluxation group*		<i>P</i> value **
	Preoperative	Postoperative	Preoperative	Postoperative	
Average Fo reading (Hz)***					
Male	151.7±26.4	126.4±24.4	164.3±49.4	125.4±18	0.5
Female	217.5±33.4	176±39.28	195.5±31.2	171.8±32.8	0.22
Average SPL reading (dB)****					
Male	63.1±2.47	63.77±1.48	63.22±2.42	65.3±3.69	0.3
Female	63.6±4.17	65±3.46	64.5±3.02	65.7±2.71	0.5
Maximum SPL Range (dB)					
Male	40.9±11.35	44.1±5.65	38.9±13.36	43.5±10	0.8
Female	38.5±9.87	38.6±7.14	36.8±10.3	40.9±8.95	0.4
Maximum Fo Range (Hz)					
Male	195.5±99.4	244.6±93.3	269.8±131.1	305.5±120.1	0.4
Female	283.8±171.2	353.2±151.1	267.1±104.7	408.6±90.7	0.005
Maximum Phonation Time (s)					
Male	4.27±2.23	14±6.0	5.15±3.37	15.97±5.46	0.6
Female	5.26±3.09	10.4±3.35	7.08±4.97	11.58±4.5	0.4
Jitter (%)					
Male	3.55±1.27	1.1±0.48	4.13±3.16	1.11±0.65	0.12
Female	2.89±2.23	2.13±1.98	3.85±3.15	1.6±1.01	0.4
Shimmer (%)					
Male	13.25±3.58	6.58±3.13	12.63±5.12	6.19±3.7	0.9
Female	7.36±2.76	5.61±1.16	9.61±5.62	5.27±2.62	0.22
Noise-to-Harmonics Ratio					
Male	0.36±0.153	0.17±0.032	0.28±0.124	0.17±0.071	0.28
Female	0.205±0.072	0.186±0.078	0.245±0.14	0.163±0.05	0.5

\* CT: cricothyroid

\*\* Manova Test, involving 'Time' Within-Subject Effect

\*\*\* Fo: fundamental frequency

\*\*\*\* SPL: sound pressure level

Normal values – average Fo reading: males 82 to 145 Hz, females 180 to 240 Hz; average SPL reading: males ≥70 dB, females ≥68 dB; maximum SPL range ≥40 dB; maximum phonation time males ≥ 18s, females ≥ 14s; jitter ≤1.4%; shimmer ≤ 3.81%; noise-to-harmonics ratio ≤ 0.19.

Table 3. Secondary end points according the intervention or control group – Aerodynamic Analysis

	Control group		CT subluxation group*		<i>P</i> value **
	Preoperative	Postoperative	Preoperative	Postoperative	
Average flow (L/s)					
Male	0.50±0.23	0.25±0.16	0.56±0.38	0.19±0.08	0.4
Female	0.35±0.22	0.17±0.11	0.32±0.17	0.18±0.1	0.7
Subglottal pressure (cm H <sub>2</sub> O)					
Male	10.6±3.97	8.05±2.23	11.95±4.57	8.22±3.22	0.5
Female	9.9±3.81	9.38±3.36	9.17±5.91	7.68±2.31	0.7
Sound pressure level (dB)					
Male	66.2±5.3	71.6±3.3	69.2±7.2	74.2±5.1	0.9
Female	67.5±6.7	69.3±3.2	62.6±9.6	71.9±5.4	0.12

\* CT: cricothyroid

\*\* Manova Test, involving 'Time' Within-Subject Effect

Normal values – average flow: males ≤ 0.32 L/s, females ≤ 0.28 L/s; subglottal pressure: 3.3 to 8.1 cm H<sub>2</sub>O; sound pressure level: 72.3 to 79.6 dB

## **8. ARTIGO EM PORTUGUÊS**

**AVALIAÇÃO DA SUBLUXAÇÃO CRICOTIREÓIDEA NO TRATAMENTO DA PASALISIA  
UNILATERAL DE PREGA VOCAL<sup>1</sup>**

Marcelo Mauri<sup>2,3</sup>, MD, MSc; Steven Marc Zeitels<sup>3</sup>, MD, FACS; Robert Hilmann<sup>3</sup>, PhD.

<sup>1</sup>Trabalho realizado no Department of Otology and Laryngology - Harvard Medical School – Division of Laryngology - Massachusetts Eye and Ear Infirmary, Boston, USA.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil; Bolsista da CAPES.

<sup>3</sup>Department of Otology and Laryngology – Harvard Medical School - Division of Laryngology – Massachusetts Eye and Ear Infirmary, Boston, USA.

**Endereço para correspondência:**

Steven M. Zeitels, MD, FACS  
Division of Laryngology  
Massachusetts Eye and Ear Infirmary  
243, Charles Street  
Boston, MA 02114

Phone: (617) 573-3557  
Fax: (617) 573-3068



## **RESUMO**

**Introdução.** A tireoplastia e adução da aritenóide, cirurgias utilizadas no tratamento da paralisia unilateral de prega vocal, resultam na melhora da qualidade vocal. Entretanto, estes procedimentos apresentam limitações sobre a variação máxima da frequência fundamental ( $F_0$ ) devido à flacidez da prega vocal paralisada. Por esta razão, Zeitels et al desenvolveram a subluxação da articulação cricótireóidea (CT), para aumentar a tensão da prega vocal paralisada  $F_0$ .

**Objetivo.** Avaliar a eficácia da subluxação da CT em aumentar a variação máxima da frequência fundamental em pacientes com paralisia unilateral de prega vocal.

**Delineamento do estudo.** Quasi-experimento.

**Métodos.** O ensaio clínico foi realizado em 56 pacientes que procuraram o Massachusetts Eye and Infirmary para tratamento de paralisia unilateral de prega vocal, entre julho de 1997 e julho de 2001. As cirurgias de arcabouço laríngeo realizadas nos primeiros 15 pacientes foram a aritenopexia adutora e laringoplastia medializadora, constituindo o grupo controle. Os 41 pacientes seguintes foram submetidos as mesmas cirurgias e também à subluxação da CT (grupo subluxação CT). Determinou-se a eficácia do procedimento através da variação máxima da  $F_0$ , considerando-se sucesso o alcance de dois oitavos na variação máxima da  $F_0$  ao final dos procedimentos.

**Resultados:** Um total de 56 pacientes foi incluído neste estudo, sendo 41 no grupo subluxação CT e 15 no grupo controle. Os pacientes submetidos a subluxação CT apresentaram uma taxa de sucesso no desfecho principal de 73,2% comparativamente a 33,3% no grupo controle ( $p=0,01$ ).

**Conclusões:** Este estudo demonstra a eficácia da subluxação da CT em aumentar a

variação máxima da Fo sobre as cirurgias convencionais, resultando em melhor qualidade vocal.

Palavras-chaves: paralisa prega vocal, laringoplastia medializadora, aritenopexia adutora, subluxação da articulação cricótireóidea.

A fonocirurgia tem emergido como a primeira escolha no tratamento cirúrgico da paralisia de prega vocal. A medialização das estruturas da prega vocal, através do remodelamento do arcabouço laríngeo, descrita por Payr em 1915 (1), foi posteriormente explorada por diversos autores (2-5) na metade do século passado. Isshiki e colaboradores (6,7) descreveram uma sistemática para realização de fonocirurgia para modificação do arcabouço laríngeo (8) e, posteriormente, um procedimento para medialização da prega vocal usando uma prótese sintética seguindo-se da rotação da aritenóide. Estes procedimentos visavam o tratamento de pacientes com incompetência glótica posterior secundária ao mau posicionamento da aritenóide. Os resultados obtidos com estes procedimentos foram responsáveis pela substituição das injeções de teflon no tratamento da paralisia de prega vocal paralisada.

Os pacientes que requerem reposicionamento da aritenóide, tipicamente apresentam mínima reinervação da musculatura intrínseca da laringe. O procedimento clássico descrito por Isshiki e colaboradores (7) – rotação da aritenóide – mimetiza a contração do músculo cricoaritenóideo lateral através de uma sutura entre o processo muscular da aritenóide e a parte anterior da cartilagem tireóidea. Porém, a ação de outros músculos intrínsecos da laringe com efeito agonista-antagonista da adução da prega vocal não são mimetizados (cricoaritenóideo posterior, interaritenóideo e tireoaritenóideo lateral). Assim, Zeitels e colaboradores (9) desenvolveram a aritenopexia adutora (AA) para mimetizar a função de todos os músculos funcionantes durante a adução da prega vocal. Nesta técnica, a aritenóide é posicionada na parte medial da faceta articular da cricóide, simulando sua posição normal durante a adução fonatória. Após, um implante é colocado lateralmente aos músculos paraglóticos para melhorar o fechamento glótico e prevenir a lateralização dos tecidos durante a oscilação vibratória.

Os resultados na qualidade vocal obtida em pacientes submetidos a estes procedimentos demonstraram uma boa qualidade vocal principalmente durante a conversação habitual. Entretanto, apresentam limitação importante na capacidade fonatória máxima, como a variação máxima da freqüência fundamental. Isto pode ser devido à

flacidez dos tecidos da prega vocal paralisada se comparada à prega vocal inervada. Portanto, Zeitels et al descreveram a subluxação da articulação cricótireóidea (10) com intuito de aumentar a tensão viscoelástica da prega vocal paralisada e permitir aerodinamicamente uma eficiente oscilação vibratória. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia da subluxação da articulação cricótireóidea na melhora da variação máxima da frequência fundamental.

## **PACIENTES E MÉTODOS**

### **População em estudo**

Consideraram-se como potencialmente elegíveis à cirurgia do arcabouço laríngeo todos os pacientes que consultaram devido à paralisia unilateral de prega vocal no *Massachusetts Eye & Ear Infirmary* (MEEI) - Harvard Medical School, Boston, Massachusetts, USA, entre julho de 1997 e julho de 2001. Entre os pacientes com paralisia unilateral de prega vocal, candidatos à cirurgia do arcabouço laríngeo, foram excluídos aqueles que não necessitavam aritenopexia adutora ou tinham qualquer contra-indicação para este procedimento, como por exemplo, pacientes com pequena fenda glótica posterior, paresia ou restrição do movimento da prega vocal móvel, atletas que teriam a respiração deteriorada com o estreitamento da passagem de ar na glote.

As variáveis estudadas foram: idade, sexo, lado da paralisia, resultados pré e pós-operatórios da análise acústica e aerodinâmica e subluxação da articulação cricótireóidea.

### **Protocolo do estudo**

Entre janeiro e novembro de 2001 os registros, exames e o protocolo de investigação foram revisados e os dados compilados para um banco de dados. Embora fosse desejável testar a eficácia deste novo procedimento através de um ensaio clínico randomizado, o Comitê de Ética da instituição julgou haver evidências do benefício da subluxação CT suficientes para permitir que um grupo deixasse de receber o procedimento (CT). Os procedimentos realizados foram laringoplastia medializadora (LM) e aritenopexia adutora em todos os pacientes e subluxação da articulação CT na maioria dos pacientes. Portanto, os pacientes do grupo controle (LM e AA) foram submetidos ao tratamento cirúrgico antes do desenvolvimento desta nova técnica cirúrgica, enquanto o grupo intervenção (LM, AA e CT) foi constituído após o desenvolvimento da subluxação CT. Assim, este estudo caracteriza-se por ser um quasi-experimento com controles históricos (11). Todos os procedimentos foram realizados pelo mesmo cirurgião (SMZ), experiente neste tipo de tratamento.

O protocolo incluía a realização de análises acústicas e aerodinâmicas antes e três a quatro meses após a cirurgia. Estas análises foram realizadas por um grupo de 3 fonoaudiólogos experientes nestas avaliações. Cada paciente teve suas avaliações realizadas pelo mesmo fonoaudiólogo.

## **Procedimentos**

### **Aritenopexia adutora e Laringoplastia Medializadora**

O procedimento é realizado sob anestesia local e sedação intravenosa do paciente. O procedimento é feito em uma sala cirúrgica preparada para anestesia geral. Decadron (0,2mg/Kg) por via intravenosa é administrado 60 minutos antes de iniciar a cirurgia se não houver contra-indicação para tal. A anestesia local é realizada com lidocaína 2% com epinefrina 1:200.000 com volume suficiente para anestesiar a pele e estruturas profundas (10-20 ml). O paciente é preparado para um procedimento estéril com a face livre para possibilitar o exame fibroscópico trans-operatório.

Uma incisão cervical horizontal ao nível da cartilagem tireóidea, de  $\pm$  6 a 8 cm, na pele é realizada. Para obter-se um resultado estético melhor incisa-se a pele em um dos sulcos naturais existentes no pescoço e dissecam-se os planos até que a cartilagem tireóidea esteja exposta adequadamente. Deve-se visualizar completamente a lâmina da cartilagem na qual será realizada a janela, exceto a parte superior ao corno superior da cartilagem.

É importante realizar a rotação ântero-medial da lâmina tireóidea, com auxílio de um gancho dublo, para expor a borda posterior da cartilagem. Após, o músculo constritor inferior é separado da cartilagem com auxílio de eletrocautério (Figura 1), possibilitando a identificação da articulação cricotireóidea, a qual é desarticulada com o auxílio de uma tesoura de Mayo. Com a desarticulação, a cartilagem tireóidea pode ser rotada e a mucosa do seio piriforme é descolada cuidadosamente da superfície interna da cartilagem (Figura 2). Para evitar a perfuração da mucosa do seio piriforme, a dissecação é realizada em

confluência com a cartilagem tireóidea e descolada do pericôndrio interna da cartilagem. Isto facilita a visualização da faceta da articulação cricotireóidea e possibilita a visualização do músculo cricoaritenóideo posterior (Figura 3). A dissecação do bordo lateral da cricóide, na direção cefálica seguindo borda do músculo cricoaritenóideo posterior, indica o processo muscular da aritenóide facilitando a identificação da articulação cricoaritenóidea. Os músculos cricoaritenóideo posterior e lateral são separados do processo muscular. A articulação cricoaritenóidea é aberta com tesoura de Steven, possibilitando a visualização da faceta articular (Figura 4). Uma sutura com Prolene 4-0 (Ethicon, Somerville, NJ) é usada para fixar a aritenóide, na posição fonatória, na faceta articular da cricóide (Figura 5). A lâmina tireóidea é recolocada em posição anatômica e através de nasofibrolaringoscopia, a posição da aritenóide é visualizada durante a fonação. Caso a aritenóide esteja em uma posição adequada, esta sutura é fixada permanentemente. A seguir, um retalho de pericôndrio externo da lâmina tireóidea é descolado e preservado para a realização da janela na cartilagem, lateral a porção músculo-membranosa da prega vocal (Figura 6). O pericôndrio interno da lâmina tireóidea é preservado no perímetro da janela e, após a laringoplastia medializadora é realizada através da colocação de um implante de Gore-Tex lateral ao pericôndrio interno da lâmina tireóidea (Figura 7).

### **Subluxação da Articulação Cricotireóidea**

Este procedimento é realizado com uma sutura com fio prolene 2.0 e realizada entre o corno inferior da cartilagem tireóidea no lado ipsilateral da paralisia e a parte anterior da cartilagem cricóide no plano submucoso (Figura 8). Com a realização de tensão nesta sutura, ocorre um aumento da distância entre a articulação cricotireóidea e a comissura anterior da prega vocal. Esta manobra leva a um aumento do comprimento e tensão da prega vocal paralisada, simulando a contração do músculo cricotireóideo (Figura 9). A tensão desta sutura é ajustada, enquanto o paciente realiza manobras fonatórias, até que o paciente obtenha uma freqüência fundamental aceitável e uma fonação em falsetto (10).

### **Manejo pós-operatório**

Todos os pacientes submetidos às cirurgias do arcabouço laríngeo são colocados em oxigenioterapia e monitorizados pela possibilidade de obstrução respiratória aguda. Não há qualquer restrição ao uso da voz e a dieta é iniciada com a administração de líquidos claros e liberada conforme a tolerância até caracterizar-se como uma dieta anti-refluxo.

### **Avaliação dos desfechos**

As avaliações acústica e aerodinâmica foram obtidas em todos os pacientes conforme a descrição a seguir.

### **Análise acústica da voz**

A avaliação foi realizada em uma sala acústica, com o paciente sentado e com um microfone a 15 cm dos lábios. A avaliação foi copiada em fitas digitais (DAT). Antes de cada avaliação realizou-se a calibração com intensidade conhecida (pressão sonora em decibéis – SPL) para constituir-se na referência para a análise acústica. Os pacientes foram solicitados a: 1) Ler um texto balanceado foneticamente (Raibow passage); 2) Emitir a vogal /e/ sustentada por três vezes mantendo um *pitch e loudness* constante por no mínimo três segundos; 3) Emitir a vogal /e/ sustentada o máximo possível de tempo em nível confortável em uma expiração por três vezes; 4) Emitir a vogal /e/ com mínima (sem cochichar) e máxima intensidade possível por três vezes e 5) Emitir a vogal /e/ na menor e maior frequência possível por três vezes.

O som foi digitalizado e processado em computador IBM utilizando-se o software (*Computer Speech Lab*, Kay Elemetrics Inc., Lincoln Park, NJ). O texto balanceado foneticamente foi analisado para verificar a média da frequência fundamental (Hz) e intensidade (decibéis). O segmento de 1 segundo a partir da metade da melhor emissão sustentada da vogal /e/ (mais constante e de melhor qualidade) de duração de 3 segundos foi analisada para verificar a porcentagem de perturbação da frequência (*jitter*); porcentagem da perturbação da intensidade (*shimmer*) e a razão ruído-harmônicos. A variação máxima



da intensidade foi obtida com a análise da menor e maior intensidade (decibéis SLP) da vogal emitida (Variação máxima da intensidade= maior intensidade – menor intensidade). Variação máxima da  $F_0$  foi obtida com a análise do menor e maior *pitch* (Hz) da vogal emitida. O tempo máximo de fonação (segundos) foi determinado pelo tempo máximo conseguido de emissão sustentada da vogal /e/.

### **Análise Aerodinâmica**

Esta avaliação foi realizada através de um sistema de aerofone (*Kay Elemetrics Inc.* Lincoln Park, NJ). Os pacientes produziram um ruído 'pah' em um nível confortável de emissão para análise do: 1) Fluxo aéreo oral com um pnemotacógrafo montado em uma máscara facial e 2) Pressão aérea intraoral mensurado com um cateter entre os lábios conectado ao medidor de pressão. O fluxo e a pressão foram digitalizados e analisados pelo sistema de aerofone para verificar medidas indiretas da taxa média de fluxo aéreo glótico (litros por segundo), pressão aérea subglótica (centímetros de água) e nível de pressão sonora (decibéis).

### **Desfecho Principal**

O desfecho principal foi avaliado através da análise da variação máxima da  $F_0$ . Os resultados foram dicotomizados em sucesso e falha, sendo considerado sucesso quando foi atingido uma variação igual ou maior do que dois oitavos na análise acústica pós-operatória.

### **Desfechos secundários**

Foram considerados como desfechos secundários:  $F_0$  média, intensidade média, variação máxima da intensidade, tempo máximo de fonação, *Jitter*, *shimmer*, razão ruído-harmônicos, taxa média do fluxo aéreo glótico, pressão aérea subglótica e nível da pressão sonora.

### **Análise Estatística**

O teste do  $\chi^2$  Test foi utilizado para analisar a associação entre variáveis categóricas. A análise de variância para medidas repetidas foi empregada para testarem-se diferenças nas médias pré e pós-intervenção entre os grupos. Consideraram-se como estatisticamente significativos os resultados cujo nível de significância foi inferior a 0.05.

### **Aspectos Éticos**

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa do *Massachusetts Eye and Ear Infirmary*.

## **RESULTADOS**

Um total de 56 pacientes com idade entre 21 e 89 anos foi incluído neste estudo, sendo que 41 pacientes no grupo subluxação CT e 15 no grupo controle. Destaca-se, na Tabela 1, a semelhança entre os grupos intervenção e controle.

Observa-se, na Figura 10, que 73,2% dos participantes do grupo intervenção alcançaram dois oitavos ou mais na frequência máxima de fonação no período pós-operatório, comparativamente a 33,3% no grupo controle ( $P=0,01$ ). Este resultado permite estimar que seria necessário submeter três pacientes à subluxação da articulação CT para que um paciente pudesse emitir a frequência fundamental igual ou superior a dois oitavos.

A Tabela 2 descreve a análise acústica nos períodos pré e pós-operatórios. Observou-se diferença estatisticamente significativa entre os grupos controle e com subluxação CT apenas na variação máxima da frequência fundamental de fonação entre as mulheres ( $P=0,005$  para interação de tempo com grupo). Comparando-se os resultados da  $F_0$  média para leitura, verificou-se a redução após a cirurgia em ambos os grupos, tanto para homens quanto para mulheres. A intensidade média para leitura e a variação máxima da intensidade e  $F_0$  aumentaram em ambos os grupos. O tempo máximo de fonação aumentou no período pós-operatório nos dois grupos e as médias do *jitter*, *shimmer* e razão ruído-harmônicos foram reduzidas após a cirurgia (Tabela 2).

A Tabela 3 apresenta o resultado da avaliação aerodinâmica pré e pós-operatórias. Os resultados caracterizam a redução da média de fluxo aéreo glótico após a cirurgia. A pressão aérea subglótica diminuiu e o nível de pressão subglótica aumentou em todos os subgrupos. As diferenças na variação pré e pós-operatórias entre os grupos intervenção e controle não foram estatisticamente significativas.

## DISCUSSÃO

Em pregas vocais normais, a tensão viscoelástica simétrica entre as mesmas, resulta em uma fonte glótica sonora perfeita, fazendo com que a frequência ressonante seja semelhante à vibração da prega vocal. Embora a reconstrução estática (re-posicionamento da aritenóide e laringoplastia medializadora) coloque a prega vocal em sua posição fonatória e restabeleça a competência aerodinâmica, há uma importante diferença importante nas propriedades viscoelásticas entre as pregas vocais. Assim, procedimentos cirúrgicos que reduzem esta discrepância melhoram a qualidade vocal. A discussão da modificação desta tensão através de procedimentos cirúrgicos é importante devido à escassez de informações. Além disso, há uma inseparável interdependência entre os procedimentos fonocirúrgicos utilizados no tratamento da disfonia paralítica.

A adução da aritenóide aumenta pouco o comprimento da porção músculo-membranosa da prega vocal através de rotação (12). Ao contrário, a subluxação da articulação CT (10,13,14) aumenta o comprimento da prega vocal por aumentar a distância entre a faceta cricóide e a inserção da prega vocal na lâmina tireóidea, simulando a contração do músculo cricotireóideo. Além disso, o procedimento é simples, pode ser realizado em poucos minutos, e pode ser ajustado individualmente às características do paciente. Diferentemente dos procedimentos de mudança vocal de sexo, a prega vocal paralisada mantém o aumento da tensão atingida com o procedimento cirúrgico devido à flacidez e deservação. Essencialmente, a subluxação CT aumenta da tensão da prega vocal paralisada assemelhando-se a prega vocal móvel e com isso permitindo melhor qualidade da vibração da prega vocal.

Nos pacientes com paralisa de prega vocal, sem correção cirúrgica, ocorre intuitivamente um ajuste da assimetria da tensão viscoelástica através de comportamento de hiperfunção muscular. Entretanto, estas configurações glóticas limitam a capacidade fonatória. Eventualmente, podemos observar durante cirurgias do arcabouço laríngeo uma qualidade vocal inadequada com o posicionamento mediano corrigido da prega vocal

paralisada. Esta qualidade vocal, não é reflexo de incompetência aerodinâmica, mas é resultado de uma diferença na tensão viscoelástica entre as pregas vocais. Muitas vezes, este fato leva alguns cirurgiões a tentativas frustrantes de alterar o tamanho e a forma do implante.

Embora uma simetria viscoelástica perfeita dificilmente seja atingida em uma prega vocal paralisada, a melhora na simetria é atingida através da sublucção CT (10). Não obstante, o comportamento hiperfuncional é reduzido permitindo uma flexibilidade vocal maior. Isto é demonstrado através dos resultados das análises acústica e aerodinâmica, onde 73,2% dos pacientes atingiram dois oitavos ou mais na variação máxima da frequência fundamental de fonação.

A sublucção da articulação cricótireóidea é um procedimento de fácil execução desenvolvido para melhorar os resultados vocais dos procedimentos cirúrgicos já existentes. Este procedimento aumenta o comprimento da prega vocal e aumenta a tensão viscoelástica da prega vocal desenergizada diferente de todos os outros procedimentos descritos primariamente para o tratamento de prega vocal paralisada (6-9,15,16). Os procedimentos utilizados para aumentar a tensão e o comprimento da prega vocal, anteriormente descritos (8, 17-19), visavam aumentar o *pitch* ao invés de tratar a disфонia parálitica. A sublucção CT simula a contração do músculo cricótireóideo, produzindo uma contra-tensão no músculo tireoaritenóideo e aumenta o comprimento da porção músculo-membranosa da prega vocal (13).

Neste estudo, a sublucção cricótireóidea apresentou resultado acústico superior a aritenopexia adutora e laringoplastia medializadora, realizadas isoladamente.

Muitos estudos mostraram uma melhora dos resultados vocais após cirurgias do arcabouço laríngeo, independentemente do implante usado ou do modo como foi re-posicionada a aritenóide para a função fonatória (20-27). Entretanto, estes estudos também apresentaram limitações nas tarefas na variação vocal máxima, principalmente a variação máxima da Fo. Estes resultados decorrem da persistência da flacidez da musculatura tireoariteóidea. Tanto, os procedimentos de re-posicionamento da aritenóide descritos por

Isshiki (6,7) ou Zeitels (9), desestabilizam a articulação CT. Sataloff (apud 10) durante dissecação de cadáver, observou que a separação e a desestabilização desta articulação prejudicavam a função do músculo cricotireóideo contralateral. Baseando-se nestas observações, alguns autores expõem a articulação cricoaritenóidea durante a adução da aritenóide através de uma janela posterior na lâmina tireóidea deixando a articulação CT intacta (28).

Observações clínicas revelam que após a abertura da articulação CT, o corno inferior da lâmina tireóidea torna-se deslocada posteriormente em relação a cricóide. Isto demonstra que a prega vocal paralisada estava com o seu comprimento diminuído e a tensão no músculo tireoaritenóideo reduzida. Essencialmente, havia uma diminuição da distância normal entre a articulação cricoaritenóidea e o ponto de inserção da comissura anterior na lâmina tireóidea.

Acreditamos que as alterações da prega vocal paralisada, devido a separação da articulação CT, induzem a hiperfunção compensatória da prega vocal normal. Esta hiperfunção adaptativa ocorre para alinhar os processos vocais – este alinhamento é o pré-requisito para uma oscilação eficiente da prega vocal durante a fonação. A diminuição do comprimento de ambas as pregas vocais e a diminuição da tensão viscoelástica da prega vocal paralisada resultam na limitação da capacidade de variação máxima vocal. Apesar da prega vocal paralisada ser tencionada cirurgicamente, a maioria dos pacientes consegue atingir freqüências baixas após a subluxação CT. Este paradoxo pode ser explicado pela redução da hiperfunção da prega vocal normal decorrente da modificação da configuração glótica.

A subluxação CT foi desenvolvida para corrigir as deficiências físicas-mecânicas da prega vocal paralisada, decorrentes da flacidez da prega vocal paralisada e desarticulação da CT durante procedimentos do arcabouço laríngeo. Zeitels e colaboradores (10) descreveram que a subluxação CT também melhora a qualidade vocal dos pacientes que não requerem o reposicionamento da aritenóide (devido à favorável *synkinesis*).

O efeito obtido na variação máxima da freqüência fundamental caracteriza a melhora

da qualidade vocal. Comparando-se a variação das médias das variáveis acústicas, não se observaram diferenças significativas entre os grupos. A maior parte das análises, apesar de haver poder estatístico suficiente para detectar diferenças, por exemplo de 79% para a frequência fundamental, indicam que a subluxação da aritenóide não modifica substancialmente a média além do que as outras cirurgias o fazem. De certa forma, este resultado era esperado uma vez que aritenopexia adutora e a laringoplastia medializadora são cirurgias eficazes para correção de paralisia de prega vocal e tem como objetivo a melhora vocal.

Este estudo mostra que a subluxação CT é eficaz ao aumentar a variação máxima da frequência fundamental de fonação, além do efeito obtido com as cirurgias de aritenopexia adutora e laringoplastia medializadora

Deve-se destacar que este é o primeiro procedimento desenvolvido primariamente com o propósito de aumentar a tensão e o comprimento da prega vocal paralisada, ao invés de apenas reposicionar a prega vocal. Além da subluxação da articulação cricótireóidea ser facilmente executável, é um procedimento ajustável as particularidades do paciente e os resultados objetivos da avaliação da função vocal demonstram que a maioria dos pacientes atinge a variação máxima da frequência fundamental de fonação. A adição da subluxação CT na lista de procedimentos disponíveis ao fonocirurgião, proporciona o tratamento de todos os parâmetros necessários para a reconstrução estática da paralisia unilateral de prega vocal.

## REFERÊNCIAS

1. Payer E. Plastik am schildknorpel zur Behebung der Folgen einseitiger Stimmbandlahmung. Dtsch Med Wochensch 1915;43:1265-70.
2. Meurman Y. Mediofixation der Stimmlippe bei ihrer vollständigen Lahmung. Arch Ohren Nasen Kehlkopfheilkd 1944;154:296-302.
3. Meurman Y. Operative mediofixation of the vocal cord in complete unilateral paralysis. Arch Otolaryngol 1952;55:544-53.
4. von Leden H. Phonosurgery assessment and surgical management of voice disorders. New York, NY: Raven press, 1991:3-24.
5. Sawashima M Totsuka G, Kobayashi T. Reconstruction surgery for hoarseness due to unilateral vocal cord paralysis. Arch Otolaryngol 1968;87:226-9.
6. Isshiki N, Morita H, Okamura H, Hiramot M. Thyreoplasty as a new phonosurgical technique. Acta Otolaryngol 1974;78:451-7.
7. Isshiki N, Tanabe M, Sawada M. Arytenoid adduction for unilateral vocal cord paralysis. Arch Otolaryngol 1978;104:555-8.
8. Isshiki N. Phonosurgery: theory and practice. Tokyo, Japan: Springer-Verlag, 1989;78-129.
9. Zeitels SM, Hochman I, Hillman RE. Adduction arytenopexy: A new procedure for paralytic dysphonia with implications for implant medialization. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1998;107:1-24,.
10. Zeitels SM, Hillman RE, Desloge RB, Bunting GA. Cricothyroid subluxation: A new innovation for enhancing the voice with laryngoplastic phonosurgery. Ann Otol Rhinol Laryngol 1999;108:1126-31.
11. Cook TD, Campbell DT. Quasi-Experimentation: Design & Analysis Issues for Field Settings. Houghton Mifflin Company, Boston, USA, 1979.
12. Neuman TR, Hengesteg A, Lepage RP, Kaufman KR, Woodson GE. Three-dimensional motion of the arytenoid adduction procedure in cadaver larynges. Ann



- Otol Rhinol Laryngol 1994;103:265-70.
13. Zeitels SM. Adduction arytenopexy with medialization laryngoplasty and cricothyroid subluxation: A new approach to paralytic dysphonia. *Operative Techniques in Otolaryngol Head Neck Surg* 1999;10:9-16.
  14. Zeitels SM. New procedures for paralytic dysphonia: Adduction arytenopexy, Goretex medialization, and cricothyroid subluxation. *Otolaryngol Clin North Am* 2000;33:841-54.
  15. Koufman JA. Laryngoplasty for vocal cord medialization: an alternative to Teflon. *Laryngoscope* 1986;96:726-31.
  16. Koufman JA, Isaacson GL. Laryngoplastic phonosurgery. *Otolaryngol Clin North Am* 1991;24:1151-77.
  17. Isshiki N. Recent advances in phonosurgery. *Folia Phoniatr* 1980;32:119-54.
  18. LeJeune FE, Guice CE, Samuels PM. Early experiences with vocal ligament tightening. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1983;92:475-7.
  19. Tucker HM. Anterior commissure laryngoplasty for adjustment of vocal fold tension. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1985;94:547-9.
  20. LaBlance GR, Maves MD. Acoustic characteristics of post-thyroplasty patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1992;107:558-65.
  21. Leder SB, Sasaki CT. Long-term changes in vocal quality following Isshiki thyroplasty type I. *Laryngoscope* 1994;104:275-7.
  22. Lu F, Casiano RR, Lundy DS, Xue J. Longitudinal evaluation of vocal function after thyroplasty type I in the treatment of unilateral vocal paralysis. *Laryngoscope* 1996;106:753-7.
  23. Sasaki CR, Leder SB, Pecteu L, Friedman CD. Longitudinal voice quality changes following Isshiki thyroplasty type I: the Yale experience. *Laryngoscope* 1990;100:850-2.
  24. McLean-Muse A, Montgomery WW, Hillman RE, Varvares M, Bunting G, Doyle P, Eng J. Montgomery® thyroplasty implant for vocal fold immobility: Phonatory

- outcomes. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000;109:393-400.
25. Lundy DS, Casiano RR, Xue J, Lu F. Thyroplasty type I: short- versus long-term results. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;122:533-6.
  26. Schneider B, Denk DM, Bigenzahn W. Acoustic assessment of the voice quality before and after medialization thyroplasty using the titanium vocal fold medialization implant (TVFMI). *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003;128:815-22.
  27. Selber J, Sataloff R, Spiegel J, Heman-Ackah Y. Gore-Tex medialization thyroplasty; objective and subjective evaluation. *J Voice* 2003;17:88-95.
  28. Miller FR, Bryant GL, Netterville JL. Arytenoid adduction in vocal fold paralysis in vocal fold paralysis. *Operative Techniques Otolaryngol head neck Surg* 1999;10:36-41.

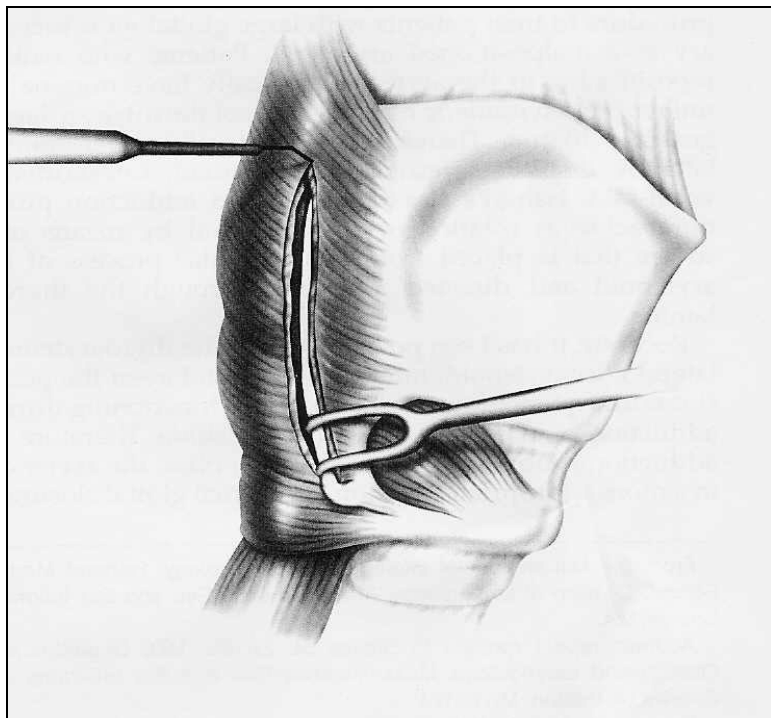


Figura 1. Eletrocautério é usado para separar o músculo constritor inferior da lâmina tireóidea.

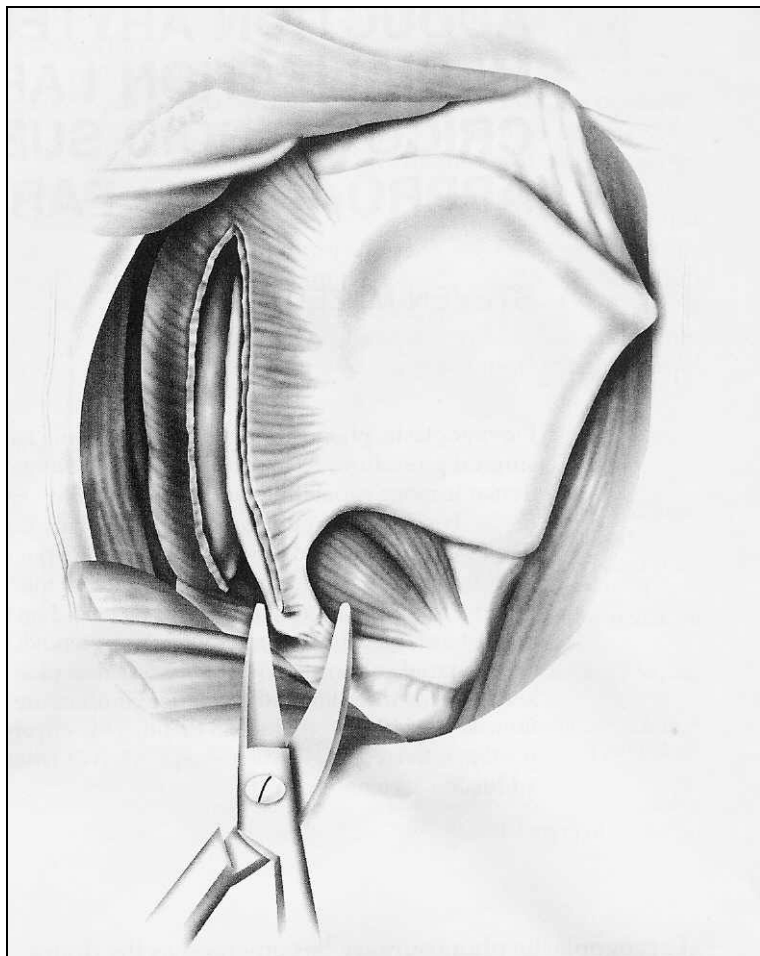


Figura 2. O corno inferior é identificado e isolado para que a articulação cricotireóidea seja separada com a tesoura de Mayo.

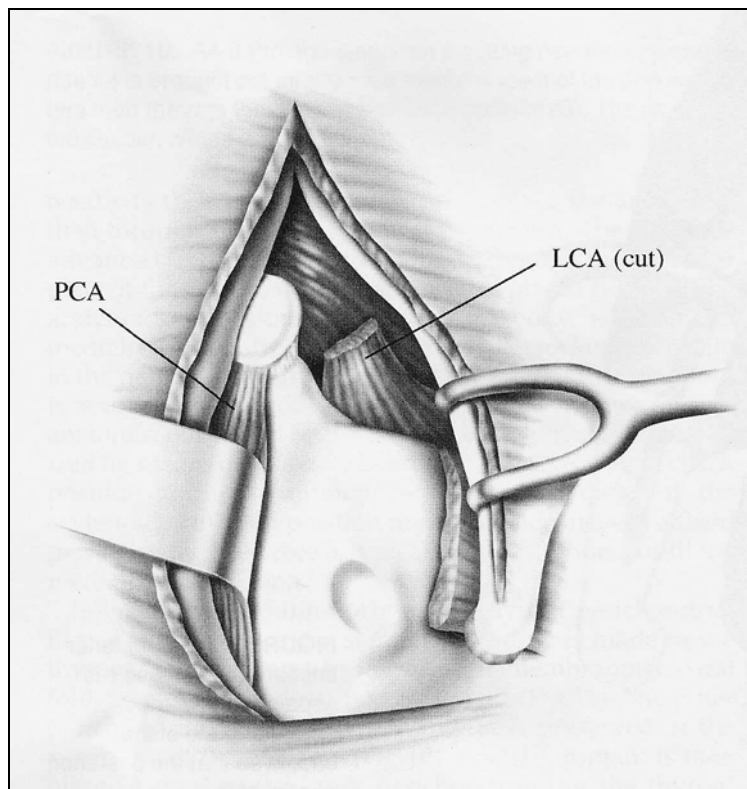


Figura 3. Disseção póstero-superior em cima da cartilagem cricóide resulta na separação do músculo cricoaritenóideo lateral (LCA) do processo muscular identificando facilmente a articulação cricoaritenóidea. (PCA) músculo cricoaritenóideo posterior.

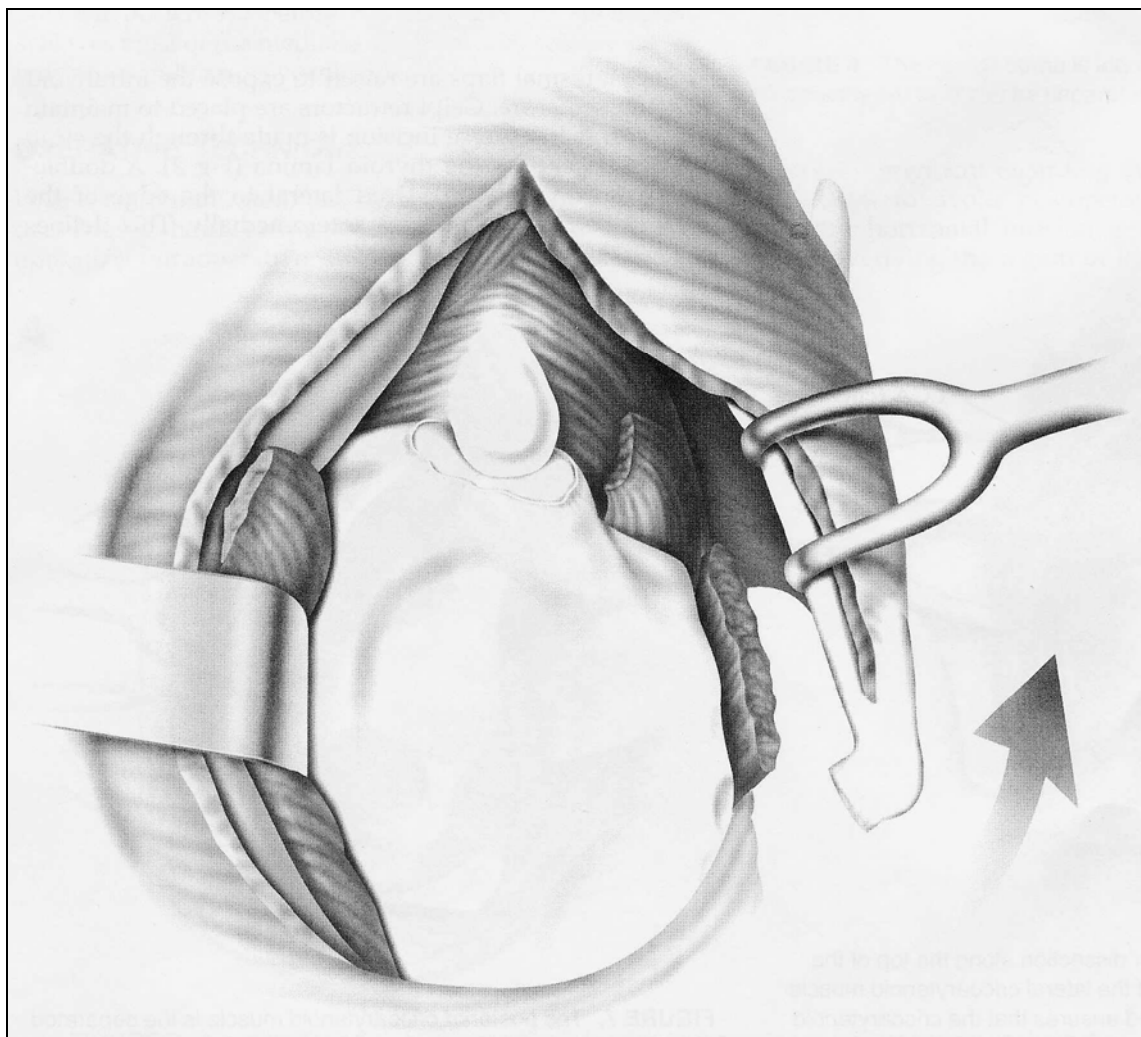


Figura 4. O músculo cricoaritenóideo posterior é separado da arte posterior da cricóide possibilitando uma adequada visualização da articulação cricoaritenóidea e espaço para realizar a sutura.

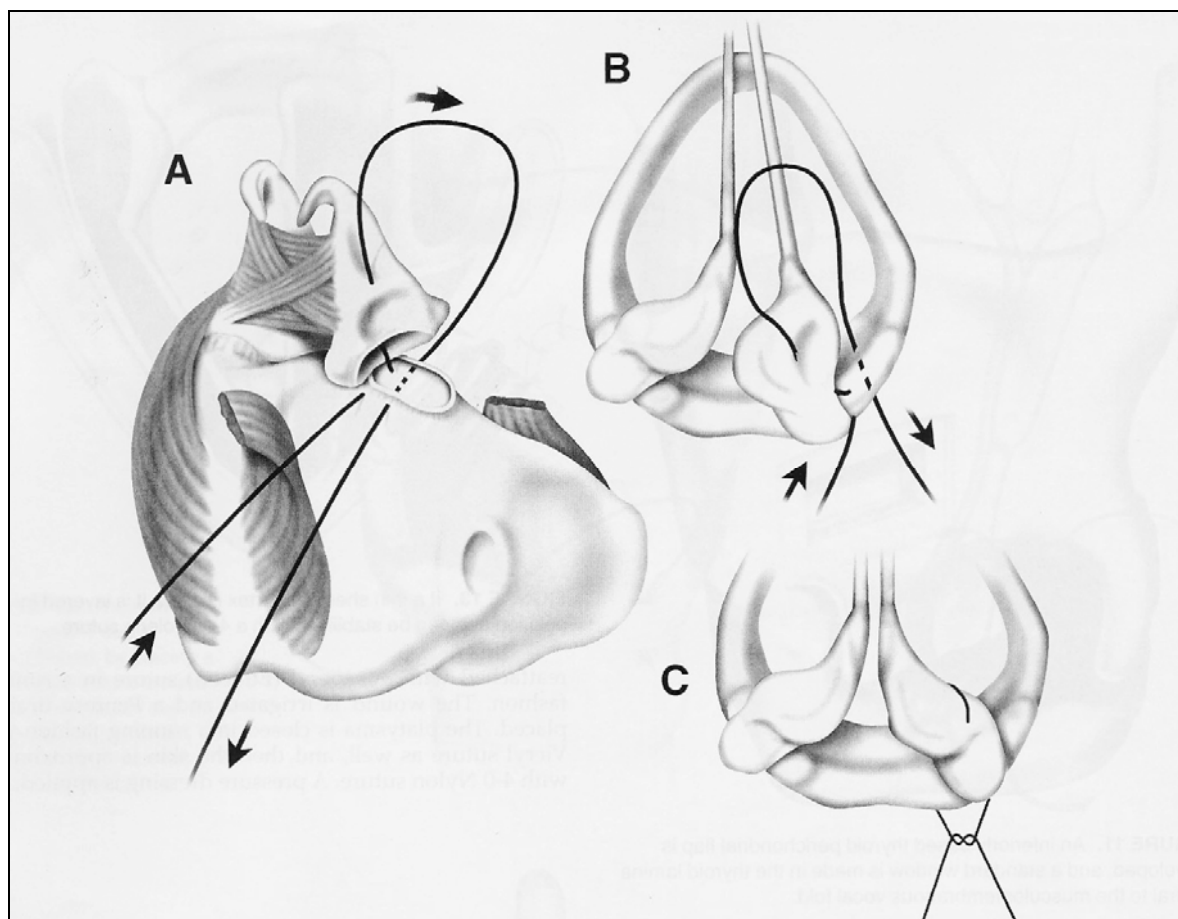


Figura 5. Uma sutura com Prolene 4-0 é passada através da parte posterior da cricóide medialmente na faceta articular e saindo medialmente na articulação cricoaritenóidea (A). A sutura é passada através do corpo da aritenóide e após novamente através da parte posterior da cricóide na direção inversa da introduzida (B). A agulha é passada através da parte posterior da cricóide abaixo da faceta articular, sendo finalizada neste local(C).

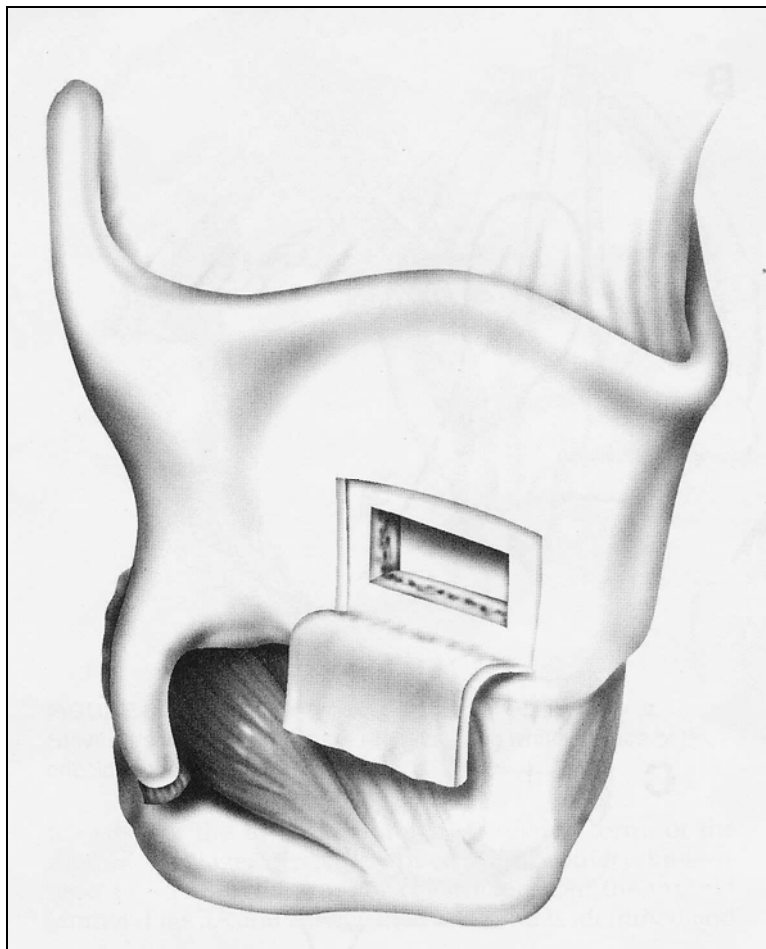


Figura 6. Um retalho de pericôndrio da cartilagem tireóidea é realizado com pedículo inferior. A janela na cartilagem é realizada na lâmina tireóidea lateral a prega vocal músculo-membranosa.



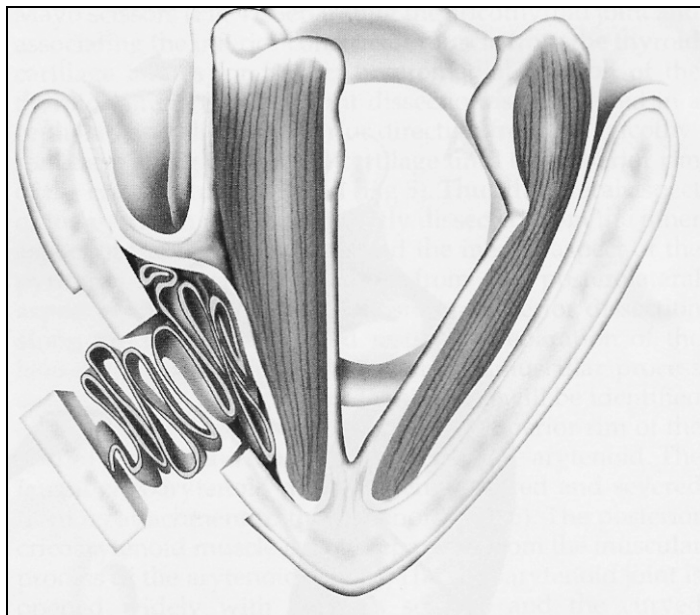


Figura 7. Implante de Gore-Tex é colocado na posição e pode ser estabilizado com uma sutura de Prolene 4-0.

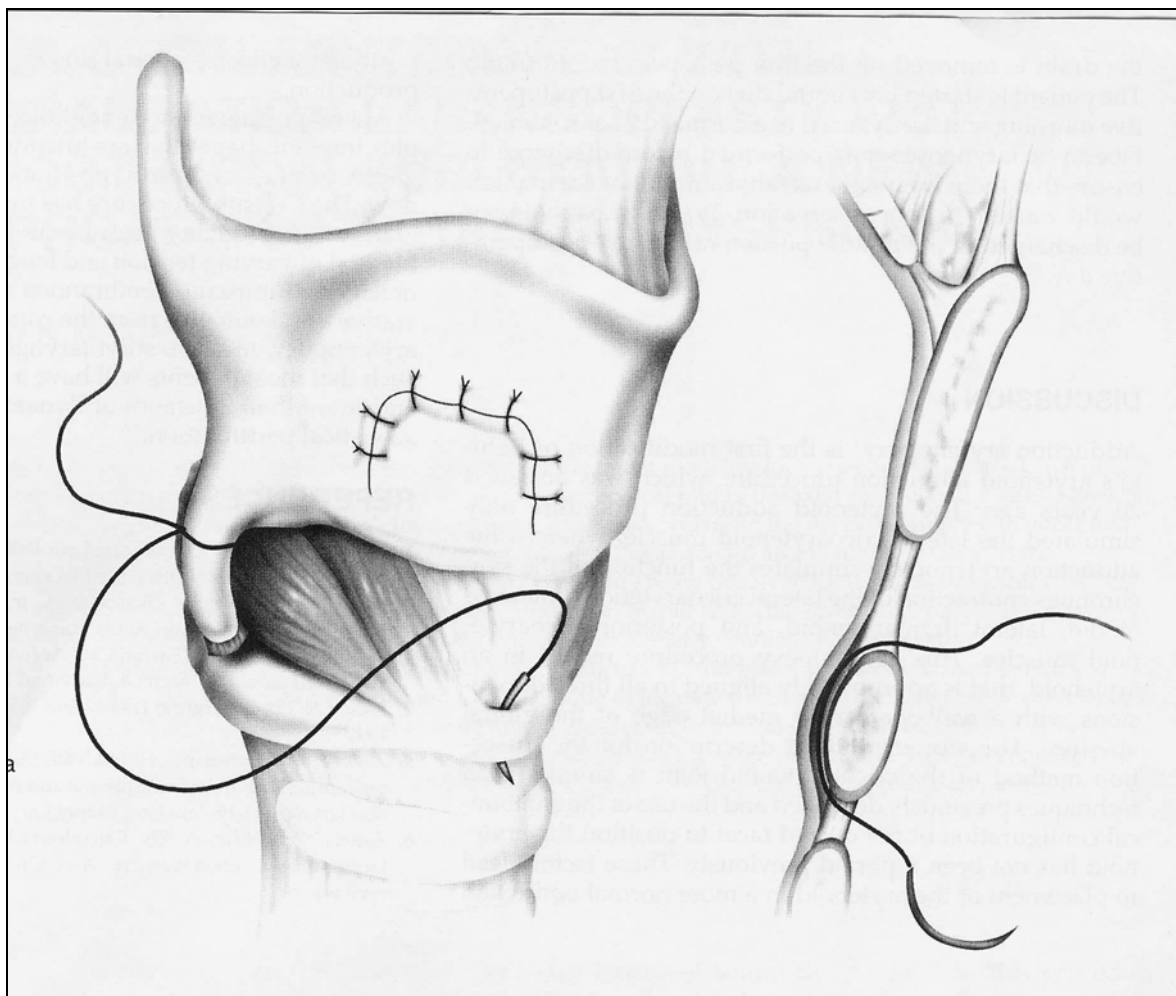


Figura 8. A subluxação CT é realizada através de uma sutura com Prolene 2-0 entre o corno inferior da lâmina tireóidea e a cricóide anteriormente. Esta sutura é passada através da cricóide na submucosa.

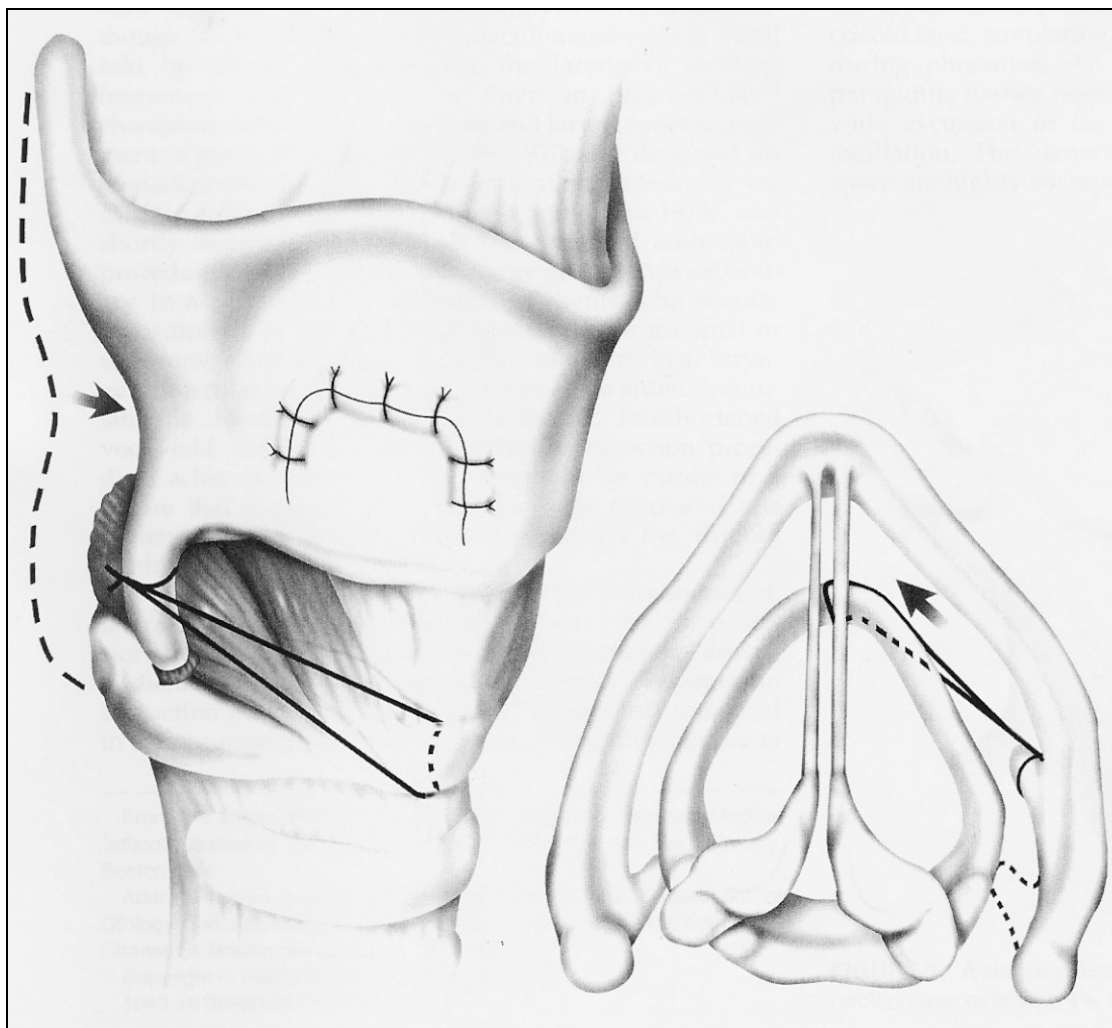


Figura 9. A sutura é tencionada, aumentando a distância entre a faceta articular da cricóide e o local de fixação do ligamento da comissura anterior.

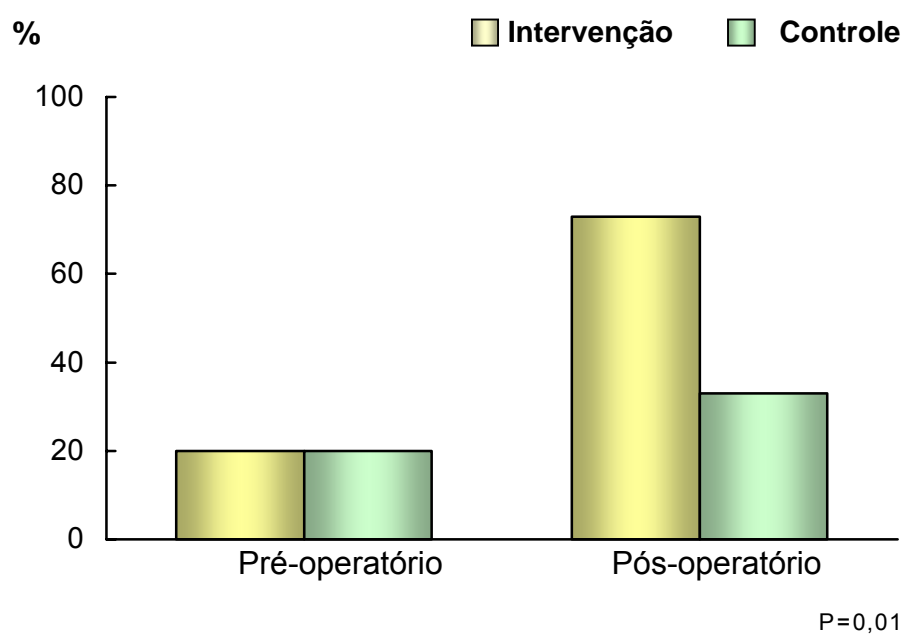


Figura 10. Alcance de dois oitavos na variação máxima da freqüência fundamental pelos participantes dos grupos intervenção e controle.

Tabela 1. Distribuição das características dos pacientes de acordo com o grupo de intervenção ou controle.

	Grupo controle N=15	Grupo subluxação CT* N=41	Valor P
Sexo			
Masculino	9 (60%)	22 (53,7%)	0,7
Feminino	6 (40%)	19 (46,3%)	
Idade (anos)			
21-40	0 (0%)	3 (7,3%)	0,3
41-60	8 (53,3%)	19 (46,3%)	
61-70	5 (33,3%)	7 (17,1%)	
71-89	2 (13,3%)	12 (29,3%)	
Lado da Paralisia			
Direita	3 (20%)	9 (22%)	1
Esquerda	12 (80%)	32 (78%)	
Outros Procedimentos			
Injeção de gelfoam	0 (0%)	1 (2,4%)	1
Injeção de gordura	1 (6,7%)	2 (4,8%)	
Diagnóstico secundário			
Atrofia	0 (0%)	1 (2,4%)	1
Parkinson	1 (6,7%)	3 (7,3%)	
Causa da Paralisia			
Intracraniana	1 (6,7%)	5 (12,2%)	0,6
Cervical	3 (20%)	11 (26,8%)	
Torácica	5 (33,3%)	16 (39%)	
Pós-intubação	1 (6,7%)	3 (7,3%)	
Idiopática	5 (33,3%)	6 (14,6%)	

\*CT:cricotireóidea

Tabela 2. Desfechos secundários de acordo com o grupo de intervenção ou controle – Análise

## Acústica.

	Grupo controle		Grupo subluxação CT*		Valor P**
	Pré-operatório	Pós-operatório	Pré-operatório	Pós-operatório	
Fo média – leitura (Hz)***					
Masculino	151,7±26,4	126,4±24,4	164,3±49,4	125,4±18	0,5
Feminino	217,5±33,4	176±39,28	195,5±31,2	171,8±32,8	0,22
Intensidade média – leitura (dB)					
Masculino	63,1±2,47	63,77±1,48	63,22±2,42	65,3±3,69	0,3
Feminino	63,6±4,17	65±3,46	64,5±3,02	65,7±2,71	0,5
Varição máxima da intensidade (dB)					
Masculino	40,9±11,35	44,1±5,65	38,9±13,36	43,5±10	0,8
Feminino	38,5±9,87	38,6±7,14	36,8±10,3	40,9±8,95	0,4
Varição máxima da Fo (Hz)					
Masculino	195,5±99,4	244,6±93,3	269,8±131,1	305,5±120,1	0,4
Feminino	283,8±171,2	353,2±151,1	267,1±104,7	408,6±90,7	0,005
Tempo máximo de fonação (s)					
Masculino	4,27±2,23	14±6,0	5,15±3,37	15,97±5,46	0,6
Feminino	5,26±3,09	10,4±3,35	7,08±4,97	11,58±4,5	0,4
Jitter (%)					
Masculino	3,55±1,27	1,1±0,48	4,13±3,16	1,11±0,65	0,12
Feminino	2,89±2,23	2,13±1,98	3,85±3,15	1,6±1,01	0,4
Shimmer (%)					
Masculino	13,25±3,58	6,58±3,13	12,63±5,12	6,19±3,7	0,9
Feminino	7,36±2,76	5,61±1,16	9,61±5,62	5,27±2,62	0,22
Razão Ruído-harmônicos					
Masculino	0,36±0,153	0,17±0,032	0,28±0,124	0,17±0,071	0,28
Feminino	0,205±0,072	0,186±0,078	0,245±0,14	0,163±0,05	0,5

\* CT:cricotireóidea

\*\* Análise de variância para medidas repetidas

\*\*\* Fo: frequência fundamental

Valores normais– Fo media (leitura): homens 82 to 145 Hz, mulheres 180 to 240

Hz; Intensidade média (leitura): homens ≥70 dB, mulheres ≥68 dB; Varição máxima da

intensidade ≥40 dB; Tempo máximo de fonação: masculino ≥ 18s, feminino ≥ 14s; jitter

≤1,4%; shimmer ≤ 3,81%; Razão ruído-harmônicos ≤ 0,19.

Tabela 3. Desfechos secundários de acordo com o grupo de intervenção ou controle – Análise Aerodinâmica.

	Grupo controle		Grupo subluxação CT*		Valor P**
	Pré-operatório	Pós-operatório	Pré-operatório	Pós-operatório	
Fluxo glótico médio (L/s)					
Masculino	0,50±0,23	0,25±0,16	0,56±0,38	0,19±0,08	0,4
Feminino	0,35±0,22	0,17±0,11	0,32±0,17	0,18±0,10	0,7
Pressão subglótica (cm H <sub>2</sub> O)					
Masculino	10,6±3,97	8,05±2,23	11,95±4,57	8,22±3,22	0,5
Feminino	9,9±3,81	9,38±3,36	9,17±5,91	7,68±2,31	0,7
Nível de pressão sonora (dB)					
Masculino	66,2±5,3	71,6±3,3	69,2±7,2	74,2±5,1	0,9
Feminino	67,5±6,7	69,3±3,2	62,6±9,6	71,9±5,4	0,12

\* CT: cricotireóidea

\*\* Análise de variância para medidas repetidas.

Valores normais – fluxo glótico médio: homens  $\leq$  0,32 L/s, mulheres  $\leq$  0,28 L/s; Pressão subglótica: 3,3 to 8,1 cm H<sub>2</sub>O; nível de pressão sonora: 72,3 to 79,6 dB