

# 2017



**IBEROAMERICANA**  
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

## **Informe de Investigación: Índices de Economía vocal aplicando ejercicios con Tracto Vocal Semi-ocluido**

**Código: 201710D019**

**Autor:**

*Carlos Alberto Calvache Mora*

**Facultad:**

*Ciencias de la Salud*

**Programa:**

*Fonoaudiología*

**Grupo de investigación:**

*Desarrollo y discapacidad de la comunicación interpersonal -estudio y abordaje*



Índices de Economía vocal aplicando ejercicios con Tracto Vocal  
Semiocluido

Vocal Economy Index with Semi-occluded Vocal Tract exercises

Carlos Alberto Calvache Mora Flgo, MSc.  
Corporación Universitaria Iberoamericana

Marco Guzmán Noriega Flgo, PhD.  
Universidad de Chile

Diciembre 20 de 2017

## Resumen

En la actualidad, los avances tecnológicos, la globalización y el cambio del perfil sociocultural han determinado una mayor exigencia en actividades y profesiones que requieren el uso intensivo de la voz hablada o cantada. La economía vocal es una forma de medir el máximo output vocal con la menor cantidad de estrés en la laringe; Hasta la fecha no hay estudios cuyo propósito haya sido medir directamente la economía vocal en humanos después de la realización de ejercicios con tracto vocal semi-ocluido -TVSO.

El estudio pretende determinar la diferencia del efecto en el índice de Economía Vocal, de diferentes tipos de ejercicios con tracto vocal semiocluido, en sujetos entre 20 y 45 años que vivan en Bogotá (Colombia) y Santiago (Chile), portadores de voces normales y voces disfónicas, mediante un diseño de investigación experimental con grupo control. El Análisis estadístico se realizará mediante el software Stata® 13. Las variables numéricas se describirán mediante promedio y desviación estándar, mientras que las categóricas se describen en frecuencia y porcentaje y se compararán mediante test t de Student o prueba exacta de Fisher según corresponda.

El presente proyecto surge como como continuidad del proyecto “Variaciones en el cociente de contacto glótico, durante y después de diferentes ejercicios con tracto vocal semi-ocluido en sujetos normales y con disfonía.” desarrollado por los mismos proponentes en la Iberoamericana, durante el año 2014.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26394210>

Palabras Clave:

Economía vocal; Voz; Electrolotografía; Medidas aerodinámicas; Cociente de contacto glótico

## Abstract

At present, technological advances, globalization and the change of sociocultural profile have determined a greater demand in activities and professions that require the intensive use of spoken or sung voice. Vocal economy is a way of measuring maximum vocal output with the least amount of stress in the larynx; To date there are no studies whose purpose has been to directly measure the vocal economy in humans after performing exercises with semi-occluded vocal tract-TVSO.

The study aims to determine the difference in effect in the Vocal Economy index of different types of exercises with semi-fluid vocal tract in subjects between 20 and 45 years of age living in Bogotá (Colombia) and Santiago (Chile), with normal voices and Voices, through an experimental research design with control group. Statistical analysis will be performed using Stata® 13 software. Numerical variables will be described by means of standard deviation and standard deviation, while categorical variables are described in frequency and percentage and will be compared by Student's t-test or Fisher's exact test as appropriate.

The present project emerges as a continuity of the project "Variations in the quotient of glottic contact, during and after different exercises with semi-occluded vocal tract in normal subjects and with dysphonia." Developed by the same proponents in the Ibero-American during the year 2014. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26394210>

### Key Words:

Vocal economy; Voice; Electroglottgraph; Aerodynamic measures; Contact quotient

## Índice

<b>Introducción (Contextualización y Planteamiento del Problema)</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo I - Fundamentos Teóricos</b>	<b>8</b>
<b>Capítulo II- Metodología</b>	<b>30</b>
2.1 Tipo y Diseño de Investigación	30
2.2 Entidades Participantes	30
2.3 Procedimientos de obtención de datos	31
2.4 Análisis estadístico	31
<b>Capítulo III- Aplicación y Desarrollo (Procedimiento)</b>	<b>33</b>
<b>Capítulo IV- Resultados</b>	<b>38</b>
<b>Capítulo V - Discusión</b>	<b>44</b>
<b>Capítulo VI - Conclusiones</b>	<b>46</b>
6.1 Cumplimiento de Objetivos específicos y Aportes	46
6.2 Líneas Futuras	47
6.3 Producción asociada	47
<b>Anexos</b>	<b>48</b>
<b>Referencias</b>	<b>49</b>

## **Introducción**

Varios estudios han medido el estrés de impacto de los pliegues vocal en humanos. Sin embargo, este procedimiento no es realizado en la clínica de voz diaria de manera rutinaria, ya que requiere de un sensor localizado entre ambos pliegues vocales durante la fonación. Verdolini et al. reportó que el cociente de contacto glótico (CQ) se correlaciona con el grado de estrés de impacto. Posteriormente, este resultado fue tomado por Laukkanen et al. para proponer una medida no invasiva con el propósito de estimar la economía vocal, el quasi-output cost ratio (QOCR). Esta nueva medida de economía vocal es calculada como  $QOCR = [SPL \text{ (dB)}/CQ \text{ EGG}] \times [T/T_0]$  donde SPL es la intensidad de la voz, CQ EGG es cociente de contacto medido desde la señal electroglotográfica, T es el largo del periodo del ciclo vibratorio, y T<sub>0</sub> es el periodo en promedio de F<sub>0</sub> en el habla.

Los ejercicios TVSO han demostrado ser efectivos en el logro de cambios en la configuración del tracto vocal. Hasta la fecha no hay estudios cuyo propósito haya sido medir directamente la economía vocal en humanos después de la realización de ejercicios con tracto vocal semiocluído, por tanto surge la pregunta: ¿Diferentes ejercicios con TVSO afectan el QOCR de sujetos entre 20 y 45 años que viven en Bogotá (Colombia) y Santiago (Chile), portadores de voces normales y voces disfónicas?

### ***Objetivo General***

Determinar la diferencia del efecto en el índice Output Cost Ratio, de diferentes tipos de ejercicios con tracto vocal semiocluído, en sujetos entre 20 y 45 años que vivan en Bogotá (Colombia) y Santiago (Chile) portadores de voces normales y voces disfónicas, con el fin de proponer el

desarrollo de un programa de intervención terapéutica para sujetos con deficiencia vocal.

***Objetivos específicos:***

- Caracterizar y medir el efecto después de la aplicación de ejercicios con tracto vocal semiocluido en la economía vocal, de sujetos con voces normales y disfónicas, en las ciudades de Bogotá y Santiago, a través de exámenes de la función fonatoria no invasivos, medidas aerodinámicas de la fonación y del Quotient Output Cost Ratio.
- Comparar el efecto de la aplicación de ejercicios con tracto vocal semiocluido en la economía vocal, de sujetos con voces normales y disfónicas, en las ciudades de Bogotá y Santiago.

## Capítulo I - Fundamentos Teóricos

El enfoque ocupacional de la disfonía se ha incrementado con los años debido al surgimiento de nuevas actividades y profesiones que ameritan el uso de la voz, es el caso de los operadores de Call Center, Docentes, Actores, Locutores, Periodistas, Cantantes, entre otros, quienes constituyen el grupo de personas que usan su voz a nivel profesional u ocupacional, algunos sin recibir ningún tipo de preparación para su labor. Algunos sujetos suelen presentar disfonías debido al alto nivel de exposición de factores de riesgo, y puntualmente, por el constante ataque glótico con estrés de colisión de los pliegues vocales producto del abuso y mal uso vocal, en otras palabras bajos niveles de economía vocal, aspecto que se convierte en la principal causa de patologías vocales funcionales y estructurales. En la actualidad, los avances tecnológicos, la globalización y el cambio del perfil sociocultural han determinado una mayor exigencia en actividades y profesiones que requieren el uso intensivo de la voz hablada o cantada; aproximadamente un tercio de la población requiere uso ocupacional y profesional de su voz. (Vilkman, 2000).

El Fonoaudiólogo ha orientado su interés en procesos de intervención, rehabilitación y educación de la voz; aspecto que volvió prioritario el abordaje clínico de pacientes incluidos en el grupo de profesionales anteriormente mencionados, no sólo desde la rehabilitación sino también desde un enfoque preventivo y terapéutico.

En coherencia con lo planteado hasta el momento, se introduce el concepto de Economía Vocal definida como la relación que existe entre el output acústico de la voz medido en decibeles y el estrés de impacto intraglótico medido en kilopascales, bajo condiciones de presión subglótica y frecuencia constante. La economía vocal es una forma de medir el máximo output vocal con la menor cantidad de estrés en la laringe, este concepto se toma como principio de salud para las personas que hacen uso de su voz a nivel ocupacional y en la que se busca la

prevención de patologías vocales. Hasta la fecha no hay estudios cuyo propósito haya sido medir directamente la economía vocal en humanos después de la realización de ejercicios con tracto vocal semi-ocluido - TVSO (técnica de intervención bajo la corriente de rehabilitación vocal fisiológica). El presente proyecto surge como como continuidad del proyecto “Variaciones en el cociente de contacto glótico, durante y después de diferentes ejercicios con tracto vocal semi-ocluido en sujetos normales y con disfonía.” desarrollado por los mismos proponentes en el año 2013 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26394210>.

El presente proyecto de investigación busca mejores alternativas de intervención fonoaudiológica en el área de voz, desde un sustento teórico sólido y transversal a corrientes investigativas internacionales de alto impacto en el área; incentiva el posicionamiento del programa de Fonoaudiología de la Iberoamericana, con resultados de impacto en la comunidad académica y científica de Latinoamérica y el mundo.

Los fundamentos teóricos en los que se basa el presente proyecto son los siguientes:

### **A. Tendencias de rehabilitación vocal**

En el momento de intervenir las alteraciones que se pueden ocasionar a nivel vocal, han surgido diferentes corrientes con la intención de dar una explicación integral y abarcar elementos necesarios para manejar efectivamente estas deficiencias.

Dentro de las formas de abordaje se ha destacado de manera notoria la rehabilitación bajo la corriente sintomatológica, especialmente en el ambiente clínico, donde tanto la evaluación como el plan de intervención se maneja básicamente modificando los síntomas o elementos que se identifican como inapropiados en la emisión vocal,

generalmente los resultados obtenidos pueden ser inmediatos, pero no se garantiza la solución a mediano y largo plazo de la dificultad vocal.

Existe también la tendencia etiológica que plantea que al eliminar la o las causas de un problema vocal se erradica el mismo y se disminuye el hecho de reaparición, sin embargo el eliminar una causa no siempre garantiza que se erradique un efecto directo, pues pueden verse involucrados otros procesos. La corriente psicogénica, expone que al eliminar los elementos emocionales o psicológicos se elimina también la alteración vocal, aunque no siempre al eliminar factores psicológicos se elimina la dificultad vocal. Así mismo, existe la tendencia ecléctica que sugiere la utilización de todas las corrientes de rehabilitación de acuerdo a las necesidades del usuario.

Finalmente se encuentra la terapia vocal fisiológica en donde se modifica la función vocal inadecuada, que se evalúa de manera objetiva, por medio de herramientas para obtener valores acústicos, aerodinámicos, y de las demás funciones. Se trabajan los subprocesos involucrados en la producción vocal, como uno sólo, no tiene en cuenta elementos psicológicos ni las causas que tengan relación con la alteración vocal.

Esta corriente ha sido descrita por Colton y Casper (2005) como aquella que tiene por objetivo modificar la actividad fisiológica inadecuada, buscando lograr el equilibrio entre los sistemas respiratorio, de resonancia y fonatorio, mejorando el tono, la elasticidad, y el balance de los músculos laríngeos, propone que al equilibrar los sistemas, los síntomas desaparecen.

Dentro de los métodos que contiene y con los que trabaja la corriente fisiológica se pueden identificar:

*-Voz confidencial (Colton y Casper, 2005):* Donde se solicita al usuario utilizar un volumen bajo en la emisión de su voz.

-*Ejercicios de función vocal (Stample, 2001)*: Buscan el reequilibrio de los tres subprocesos, se han establecido cuatro ejercicios claves, 1. /i/ sostenida en un tono, 2 y 3. Glissando hacia arriba y hacia abajo con zumbido labial, y 4. Cinco notas secuenciales con zumbido labial.

- *Método del acento (Smith, 1990)*: Se realiza una terapia musical para integrar pronunciación, intentar controlar el aire, y el cierre glótico, el usuario debe cantar sílabas al ritmo que el terapeuta toca en un tambor.

- *Voz resonante (Lessac, adaptada por Verdolini, 2000)*: Intenta establecer una “fonación fácil” buscando sensaciones vibratorias marcadas.

- *Ejercicios con tracto vocal semiocluido (Colton y Casper, 2005)*: Son posturas que buscan alargar u ocluir el tracto vocal con la finalidad de influir en el patrón vibratorio de los pliegues vocales.

- *Técnica de reducción manual musculo esquelética (Aronson, 1987)*: Se trata de realizar masajes y una manipulación de la laringe para reducir tensión y eliminar modelos musculares inapropiados.

- *Maniobra de laterización y emisión (Farias, 2010)*: Mediante ella se determina si hay hiperfunción. En una laringe sana se escucha un crac y variación de tono alternados, mientras que en una laringe hiperfuncional se escucha un tono disfónico pero sostenido.

- *Método de Lee Silvermann (2000)*: Se trata de aumentar la intensidad y el esfuerzo en la fonación, se entrena al usuario para hablar fuerte.

## **B. Subprocesos de la producción vocal de acuerdo a la tendencia de rehabilitación vocal fisiológica**

## ***Respiración***

Fisiológicamente la respiración se compone de tres procesos fundamentales que contribuyen a la producción de la voz, el primero es la Presión, generada desde el espacio subglótico, que se controla por la elevación del diafragma y la fuerza ejercida en la musculatura abdominal, por lo cual el soplo se genera de manera ascendente, este elemento es importante para establecer la intensidad con la que se quiere producir voz, y es controlado por medio del apoyo respiratorio, varía según la intensidad con la que se produce una emisión vocal, es así como con la frecuencia emitida durante la inspiración, la glotis se cierra, y la laringe se ubica en posición fonatoria originando el sonido sin cambiar la posición muscular inspiratoria durante la producción.

Como segundo proceso se encuentra el Flujo, que se genera gracias a la interacción entre la presión subglótica y el acercamiento de los pliegues vocales; por lo que por ejemplo si la presión subglótica disminuye o si el acercamiento aumenta, el flujo bajará.

Según Titze (2000) “El flujo aéreo puede producir una fuerza así a través de la glotis si existe interacción con un tubo acústico por encima o por debajo de ella, o si existe un movimiento ondulatorio en el recubrimiento [es decir, la mucosa] del pliegue vocal” es decir, cuando el flujo se expone a diferentes tipos de presión del tracto vocal, se transmite una fuerza al pliegue vocal, que junto con los movimientos ondulatorios también actúan como fuerzas de conducción.

Titze en su trabajo en 2008 analiza dos niveles de interacción entre el filtro entendiéndose como el espacio donde se amplifica el sonido producido en las cuerdas vocales, y la fuente que básicamente hace referencia a los pliegues vocales, y las vibraciones que producen de acuerdo al grado de elongación. En el primer nivel, el flujo aéreo glótico es el que ve afectada su función por medio de las presiones del tracto

vocal, donde actúa generando frecuencias nuevas, además analiza que los armónicos pueden producirse sin existir contacto entre los pliegues, en el segundo nivel, la vibración depende de la resistencia del tracto vocal, a nivel subglótico y supraglótico, cuando la presión intraglótica es superior a la supraglótica genera un empuje sobre los pliegues hacia la parte lateral, pero cuando la región es inferior, tira de ellos hacia la línea media, el apoyo respiratorio permite la espiración medida y controlada del flujo aéreo.

El tercer proceso hace referencia a la Resistencia, que según Titze (2008) es equivalente a la impedancia, lo que hace alusión a la dificultad que se genera para que un sistema se mueva, está conformada por la resistencia (se relaciona con disipación de energía acústica) y la reactancia (contribuye a mover un sistema), la reactancia se divide en: invertida o positiva (facilita la vibración de los pliegues vocales) y la complasiva o negativa (se encuentran la impedancia glótica, e impedancia de tracto vocal). La impedancia glótica se refiere a la relación entre la presión detrás de la glotis y el flujo de aire a través de los pliegues vocales, si hay un flujo pequeño y a la misma vez mucha presión se encuentra un sistema de alta impedancia, y si hay mucho flujo, pero la presión es baja, es un sistema de baja impedancia; la impedancia glótica es controlada por el grado de aducción de los pliegues vocales. También se encuentra la impedancia de tracto vocal que es la relación entre la presión acústica del tracto y el flujo que resulta dentro del tracto, pueden ser: constricciones, ensanchamientos, alargamientos, acortamientos.

De acuerdo con los análisis del mismo autor hay dos tipos de configuración del tracto vocal relacionados con la impedancia: el tracto vocal con forma de megáfono (baja impedancia) y el tracto vocal con forma de megáfono invertido (alta impedancia), lo que determina cuanta resistencia se genera en la fuente, y se establecen relaciones entre el flujo y la presión.

## ***Fonación***

Este proceso corresponde a la producción de sonido utilizando el aire expulsado desde los pulmones hacia el exterior, para hacer vibrar las cuerdas vocales, ubicadas en la laringe. Es también considerada la segunda fase en la producción de los sonidos del habla y ocurre en la cavidad glótica. Las modificaciones en el paso de la cavidad glótica dependen de: 1. El estado de la glotis; 2. La actividad de los pliegues vocales; 3. La coordinación de la actividad laríngea con otros movimientos articulatorios; y 4. El propio movimiento de la laringe.

El proceso de fonación depende de la tensión, elongación, y espesor de los pliegues vocales, es así como la frecuencia es alta cuando están tensos, elongados, y delgados, con estas características se produce un tono agudo y si la frecuencia es lenta cuando existe menor tensión, están acortados y gruesos, el tono es grave. Durante la voz hablada la vibración no se mantiene estable, ya que la prosodia y la voz producen inflexiones distintas en donde hay cambios tonales y de intensidad, haciendo de esta forma que la laringe ascienda y descienda, los pliegues toman distintos grados de tensión y elongación.

Existen dos tipos de fonación consideradas como producción la fonación fluida (flow) y la fonación resonante. La voz fluida es un el tipo de fonación que tiene la amplitud de glotograma mas alta posible y que puede ser combinada con un cierre completo. Por otra parte, la voz resonante es el tipo que envuelve sensaciones de vibración oral y facial. Para comprender mejor el proceso de fonación se hace alusión al siguiente tema denominado ciclo vibratorio de los pliegues vocales.

Para comprender mejor la producción del proceso fonatorio es necesario conocer cómo se produce la vibración de los pliegues vocales, por lo cual se describirá el ciclo vibratorio de éstos: dentro de las teorías

que explican el proceso fonatorio, se encuentra la teoría mioelástica aerodinámica, y mucoondulatoria de Perelló descritas a continuación.

*Teoría Mioelástica Aerodinámica De Van Den Berg (1958) Y Mucoondulatoria De Perelló (1962)*

Müller con sus investigaciones dio lugar a la Teoría Mioelástica de la Fonación, y posteriormente Janwillem Van Den Berg fue quien la completó (1958), igualmente esta teoría permitió que Jorge Perelló en 1962 desarrollara la teoría muco-ondulatoria para explicar el comportamiento "vibrador-ondulatorio" de los pliegues vocales.

La teoría mioelástica se basa en las propiedades de la fonación en que la capa formada por el músculo vocal, el cual tiene fibras orientadas en paralelo al ligamento vertical. En esta teoría se proponen dos principios que explican la producción de la voz. En el primer principio se menciona que la frecuencia fundamental de vibración vocal está determinada por tres factores (la masa de las cuerdas, la viscoelasticidad de las cuerdas y la presión subglótica), el segundo principio refiere que los pliegues vocales vibran por una serie de fuerzas que son explicados por el principio de Bernoulli.

En cuanto al factor mioelástico del control de fonación está relacionado con el control neuromuscular de la tensión y con la elasticidad de los pliegues vocales. Según la teoría durante la fonación los pliegues se aproximan, contraen y tensan, de esta manera regulan su elasticidad; además la coordinación entre la presión subglótica y la elasticidad vocal es esencial para regular de la voz; igualmente el control neuromuscular regula la configuración de apertura glótica el cual también es importante en la fuerza aerodinámica motora de la fonación.

El aspecto aerodinámico se refiere a la dinámica de los fluidos durante el inicio de vibración de los pliegues en cuanto se aproximan,

encontramos tres principios básicos para la vibración vocal: 1. El aire fluye desde una zona de más presión a otra de menos presión; 2. La presión de un fluido incomprensible disminuye conforme aumenta la velocidad de sus moléculas, de acuerdo con la ley de conservación de la energía de los fluidos o principio de Bernoulli; 3. La velocidad de las moléculas de un fluido incomprensible confinado en un conducto aumenta en función del estrechamiento del área de la sección de este, según la ecuación de continuidad.

Los pliegues vocales deben aproximarse para iniciar la producción de voz, y formar un espacio estrecho separando la subglótis de la supraglótis, cuando la glotis está en aproximación a cerrarse o está cerrada inicia la espiración de aire desde los pulmones, aumentando la presión entre los pliegues y generando un empuje en contra de la elasticidad. Así cuando la presión de aire es lo suficientemente alta para separar los tejidos de los pliegues el aire puede fluir por la apertura glótica, y la diferencia entre la presión subglótica e infraglótica produce una presión positiva llevando el aire desde la tráquea a la superficie medias de los pliegues vocales.

Respecto al flujo de aire, este pasa a través del estrecho espacio de la glotis, la velocidad aumenta, y así se determina una reducción de la presión transglótica produciendo una presión negativa, cuando el aire ha pasado por la glotis (mientras esté abierta) se combinan diferentes fuerzas que hacen que se cierre de nuevo, entre estas fuerzas se encuentran: el Efecto Bernoulli del flujo aéreo (en el espacio estrecho del conducto se crea una fuerza negativa que tensiona la cuerda medianamente), también se encuentra la fuerza de elasticidad o retroceso pasivo de los pliegues vocales (hace que recobren la forma original antes de haber cambiado por la presión transglótica) y por último el aire que escapa por la glotis desde la subglótis (hace que caiga la presión subglótica y disminuya la fuerza que genera la separación de los tejidos de los pliegues).

La unión de todos los factores nombrados anteriormente generan que los pliegues se cierren hacia su posición de aproximación, y posteriormente obstruir otra vez el flujo de aire y aumentar la presión subglótica deformando los tejidos de los pliegues, y empezando otro ciclo vibratorio, una y otra vez; este ciclo vibratorio es llamado "ciclo glótico", su frecuencia media es de 110 por segundo en voz masculina, y 200 por segundo en voz femenina, el intervalo de frecuencias (de grave a agudo) que es de dos octavas aproximadamente.

### *Teoría cuerpo-cubierta*

Teniendo en cuenta la teoría mioelástica-aerodinámica se observa que la tensión y masa de los pliegues son los factores que influyen en la frecuencia fundamental de la fonación; igualmente la estructura de los pliegues se relaciona con el control de tensión, estos están conformados así: 1. La cubierta, formada por el epitelio y las capas superficial e intermedia de la lámina propia; 2.El cuerpo, constituido por la capa profunda de la lámina propia y el músculo vocal.

De estos se puede ver que la cubierta es flexible, elástica y no se contrae, y por otro lado el cuerpo es más rígido y si se puede contraer con propiedades activas que ajustan la rigidez y concentran la masa. El hecho de que los pliegues se tensionen depende del acoplamiento de la cubierta al cuerpo, este varía en su rigidez según la contracción muscular, durante esta el cuerpo del pliegue incrementa la rigidez por el acortamiento del músculo, y la cubierta queda más laxa y flexible.

Para determinar la amplitud de la onda mucosa es importante la diferencia de tensión entre las capas de los pliegues, la combinación cuando del estiramiento longitudinal y por último la contracción de la masa muscular.

### *Dinámica de las cuerdas vocales*

Al ver los pliegues vocales se observa que parecen ondas que atraviesan la superficie mucosa en ciclos que son regulares, este movimiento se da secuencialmente en movimientos medial de cierre y lateral de apertura por el borde de los pliegues, de abajo a arriba; la velocidad de la onda cambia según las condiciones de los pliegues y es más rápida cuando los pliegues se estiran o cuando hay más presión subglótica, flujo espiratorio y contracción muscular laríngea que respaldan la teoría mioelástica-aerodinámica en que se encuentran diferentes propiedades elásticas de los pliegues

### *Física de la teoría mioelástica-aerodinámica*

Para describir la física de esta teoría Lieberman en 1968 explicó los fenómenos físicos que se dan en la vibración vocal, sabiendo que hay dos fuerzas que intervienen en los pliegues que son aerodinámicas las cuales desplazan las cuerdas a los lados, y las titulares que hacen que los pliegues recuperen su posición.

Para explicar estos movimientos se utiliza la fuerza de Bernoulli que está representada como  $FAB'$  muestra la presión negativa de la región glótica la cual es creada por la velocidad del flujo aéreo. Para representar la tensión de los ligamentos vocales que cumplen con la función de recuperar la posición de los pliegues, se utiliza:  $FTO$  y  $FTC$ . Así, la interacción de las fuerzas se da de la siguiente manera:  $FAS'$ , que es el resultado de la presión subglótica contra las cuerdas de aducción (esta es máxima al empezar el ciclo vocal). Igualmente se puede ver el principio de la conservación de energía a través del efecto Bernoulli, que explica la fuerza  $FAB'$  y es un ejemplo de este principio en el que la velocidad de un gas o líquido aumenta al pasar por un punto que sea más amplio a otro menos amplio y allí la presión baja

Suponiendo que la constricción glótica tiene un flujo uniforme sin fricción de un fluido incomprensible, el flujo que está en  $A_1$  es igual a  $A_1V_1P$  donde  $P$  es la densidad del fluido,  $A_1$  es el área de la sección traqueal y  $V_1$  es la velocidad del fluido; de este modo si la corriente aérea es constante, la masa viaja por unidad de tiempo por la sección menos amplia del tubo, así:  $A_1V_1=A_2V_2P$ , donde  $A_2V_2$  es la sección por la velocidad en la constricción glótica, teniendo en cuenta que  $P$  es constante, la velocidad de las partículas en la glotis es mayor que la de las partículas en la tráquea, de la siguiente forma:

### *Ciclo vibratorio de los pliegues vocales*

Farias (201) denomina el ciclo vibratorio o ciclo fonatorio a cada una de las fases de apertura y cierre de los pliegues vocales. El proceso de fonación o emisión corresponde la producción de sonido utilizando el aire expulsado desde los pulmones hacia el exterior, para hacer vibrar las cuerdas vocales, ubicadas en la laringe.

El patrón de cierre de los pliegues vocales depende de la presión subglótica y de la condición mucosa y muscular de la misma. Este está formado por una fase abierta, durante la cual el epitelio se separa por la acción del aire, y una fase cerrada de menor duración, en la que las cuerdas vocales se aproximan. La proporción promedio de la fase abierta durante el ciclo vibratorio es el cierre de fase, este puede variar según las condiciones de tono e intensidad.

El ciclo vibratorio de los pliegues vocales tiene fases que incluyen una secuencia ordenada de movimientos de apertura y cierre del borde superior e inferior de los pliegues vocales, generando soplos cortos de aire a muy alta velocidad. La presión de aire es convertida en ondas sonoras.

La columna de aire que pasa entre las cuerdas vocales crea "el efecto de Bernoulli," que controla la fase de cierre.

El Proceso de producción de Voz implica un proceso de tres pasos: una columna de presión de aire es movilizadada hacia los pliegues vocales, el aire es dirigido desde los pulmones y hacia los pliegues vocales por la acción coordinada del diafragma, músculos abdominales, músculos de pecho, músculos intercostales y la caja torácica. Otro es la Vibración del pliegue vocal - secuencia de ciclos vibratorios, los pliegues vocales son desplazados de la línea media por acción de los músculos laríngeos, nervios y cartílagos así el ciclo vibratorio ocurre repetidamente; entonces, la columna de presión de aire subglótica (por debajo de los pliegues vocales) separa el borde inferior de los pliegues vocales, la columna de aire sigue moviéndose hacia arriba, ahora hacia el borde superior de pliegues vocales y los separa, la presión subglótica creada detrás de la columna de aire es rápida y produce "un efecto de Bernoulli" que genera el acercamiento del borde inferior y luego del superior, el cierre de los pliegues vocales corta la columna de aire y libera un pulso de aire sonoro. Así los ciclos vibratorios se repiten sucesivamente. Por último está el Tracto vocal - resonadores y órganos articulatorios: la nariz, la faringe, y la boca amplifican y modifican el sonido, permitiéndole cualidades distintivas a la voz.

#### *Factores claves para la vibración normal de los pliegues vocales*

Para que la vibración de los pliegues vocales ocurra de manera eficiente se necesita: Cierre adecuado en la línea media: el incorrecto cierre cordal puede ser producido por cualquier lesión de pliegues vocales (nódulos cordales, por ej.) o híper o hipofunción cordal (hiatus, por ej.) que genera escape de aire y causa la voz soplada; Flexibilidad: la elasticidad natural de los pliegues vocales hacen que sean flexibles. Los cambios de la flexibilidad del pliegue vocal, incluso en una zona, región o punto, pueden causar desórdenes de voz que varían desde ronquera, aspereza, frituras, etc; Adecuada tensión: la inhabilidad para ajustar la

tensión durante el canto puede causar dificultad para alcanzar notas agudas o roturas de la voz y Adecuada masa: los cambios de masa del tejido blando de los pliegues vocales - como la disminución, cicatrización o inflamación, como en el edema de Reinke, producen muchos síntomas de voz: ronquera, cambios de tono, falta de brillo, etc.

Con el fin de evaluar la función vocal se han generado herramientas objetivas tales como las medidas aerodinámicas y la elctroglotografía, a continuación una breve descripción de cada proceso:

### *Medidas Aerodinámicas de la Fonación*

Según Guzmán, las medidas aerodinámicas de la fonación conforman un método clínico de evaluación con el fin de obtener información acerca de la función vocal de manera no invasiva, son consideradas objetivas conjuntamente con el análisis acústico de la voz y la electroglotografía.

Las medidas aerodinámicas más comúnmente utilizadas en la clínica son: presión subglótica, flujo transglótico y resistencia glótica. Estos parámetros pueden ser medidos de dos formas: conociendo las variaciones de ellos dependiendo de la fase del ciclo vibratorio o por medio de un promedio a largo plazo a través de una fonación mantenida.

Entre sus utilidades están: 1. Ayudan a interpretar la estructura, configuración y movimiento de los pliegues vocales, 2. Ayudan a diferenciar una función vocal normal o alterada, 3. Permiten medir la severidad de la alteración, 4. Ayudan a indicar en forma general la causa de la disfonía 5. Pueden ser útiles como método de retroalimentación para la terapia vocal.

Con relación a las medidas de flujo, se puede señalar que existen dos principales: el volumen de flujo y el promedio de velocidad de flujo, el

primero hace referencia a la cantidad total de flujo de aire utilizado durante la producción de habla y es medido en litros o mililitros y el promedio de la velocidad de flujo es la velocidad con que el aire pasa entre los pliegues vocales durante la fonación y es medido en mililitros por segundo. La presión subglótica es medida en cm de H<sub>2</sub>O, actúa como fuerza debajo de los pliegues vocales, subiendo hasta que supera la resistencia de éstos y dando comienzo así a la oscilación, esta presión representa la energía disponible para la creación de la señal acústica de la producción vocal. La resistencia laríngea es una medida que combina las medidas de presión y de flujo, no se puede medir directamente, se calcula dividiendo la presión subglótica por el promedio de velocidad de flujo, esta medida sirve como una aproximación de la función de la válvula laríngea.

### *Electroglotografía*

Es una valoración objetiva que nos permite evaluar el contacto que se produce en las cuerdas vocales durante la fonación; para su aplicación se debe colocar los electrodos a ambos lados del cuello, a nivel de la glotis. De acuerdo a M. Vaca, I. Cobeta (2011), indican que la forma de registro electroglotográfico puede estar alterada en algunas condiciones que afectan al borde libre de la cuerda vocal. Se observa que el coeficiente de contacto disminuye en aquellas afecciones que suponen un defecto de cierre glótico.

La electroglotografía (EGG) es una técnica no invasiva que permite evaluar la vibración de las cuerdas vocales, especialmente el grado de contacto que se produce entre ellas durante el ciclo vocal. La evaluación consiste en el registro de la variación de la resistencia al paso de una corriente eléctrica entre dos electrodos situados a ambos lados de la laringe, sobre el cuello. La piel es un buen conductor de la electricidad, diferente al aire, que es aislante. Así, durante las distintas fases del ciclo vocal se producen variaciones en la impedancia eléctrica del sistema. Al

aproximarse y contactar las cuerdas vocales, la conducción de la corriente entre ambos electrodos mejora significativamente respecto a la fase de apertura de las cuerdas, cuando el aire del espacio glótico actúa como aislante, aumentando así la resistencia del sistema. Estos cambios que se producen se pueden registrar a través del electroglotograma, en el cual se establece una relación entre la impedancia del sistema y el grado de contacto de ambas cuerdas durante el ciclo vocal.

La EGG se introdujo como método de investigación a finales de los años 1950, y como prueba clínica durante las décadas de 1970 y 1980, con aplicaciones tanto en el diagnóstico de la patología vocal como en la rehabilitación. Aunque existen otras pruebas que con mayor tecnología, la EGG es una evaluación fácil de realizar y aporta información objetiva sobre el ciclo vocal.

#### *Técnica de la electroglotografía*

Un equipo moderno de EGG consta de un par de electrodos (generalmente colocados en una banda de velcro que se adapta al cuello), un aparato que permite amplificar y filtrar la señal eléctrica, y un equipo informático para el análisis del registro. Los electrodos deben colocarse en el cuello a la altura de las cuerdas vocales. Se comienza palpando la escotadura tiroidea y se colocan los electrodos a ambos lados del cartílago tiroideos. Los electrodos se pueden reacomodar hasta obtener un registro óptimo. Los electrodos se fijan con la banda de velcro y el equipo comienza a aplicar una corriente eléctrica entre ellos, que atraviesa el cuello. Esta corriente tiene una intensidad máxima de 10 mA, con una diferencia de potencial menor de 1 V, con lo que se evita la sensación de paso de corriente y no tiene efectos nocivos. Luego se le pide al paciente que hable, bien sea emitiendo una vocal sostenida o un registro de voz hablada o leída. Las variaciones de la impedancia que se producen durante la fonación son registradas en la electroglotografía.

El primer registro no refleja directamente los cambios en la superficie de contacto de las cuerdas vocales, debido que la corriente se disipa de manera proporcional a la cantidad de tejido que atraviesa, y es necesario ajustar la intensidad de corriente para obtener un buen registro. El tejido graso perilaríngeo incorpora ruido de alta frecuencia que crea interferencias, debido a su mala conductividad eléctrica. Por esta razón en los pacientes obesos es difícil, y a veces imposible, obtener un electroglotograma fiable. Por otra parte, los movimientos de la laringe en el plano vertical causan una oscilación de baja frecuencia en el registro que también interfiere con la variación producida por el movimiento vocal.

Los actuales equipos de EGG cuentan con filtros electrónicos de alta y baja frecuencia, que sumados al procesamiento computarizado de la señal permiten mejorar la fiabilidad del registro. El equipo informático muestra el electroglotograma para la interpretación de las características de las ondas obtenidas, y lleva a cabo un análisis numérico de los distintos parámetros derivados, Los registros pueden almacenarse en una base de datos y ser integrados con otros procedimientos glotográficos.

### *Aplicaciones clínicas*

El campo de aplicación de la EGG es, obviamente, la valoración del ciclo vocal y sus alteraciones. En relación con otras técnicas diagnósticas para la evaluación del ciclo vocal, la EGG presenta una serie de ventajas y desventajas relacionadas a continuación:

### *Ventajas*

Es un procedimiento fácil de aplicar y no invasivo en comparación de otros métodos como la estroboscopia, la videoquimografía y la imagen digital de alta velocidad.

Evalúa el inicio de la fase de contacto, producida en la cara inferior de las cuerdas, de difícil acceso en los procedimientos de visualización directa.

La EGG también permite determinar con gran precisión la frecuencia fundamental (F0) de la vibración vocal y sus variaciones con el tiempo (jitter), sin que haya interferencias por el ruido ambiental ni variaciones por las resonancias que se producen en el tracto vocal durante la emisión.

### *Desventajas*

La EGG respecto a otras técnicas se derivan de una característica fundamental de la señal electroglotográfica. La onda Lx es el resultado de la integración de toda la información del contacto entre ambas cuerdas a lo largo de toda su extensión, es decir, no valora sus variaciones en el eje anteroposterior, como si hacen otras técnicas de visualización directa.

No permite distinguir la lateralidad de la causa de la irregularidad en el contacto.

No aporta información sobre la amplitud de la onda mucosa ni sus alteraciones, y tampoco de la extensión de la apertura glótica.

Las lesiones que afectan al borde libre de la cuerda vocal producen una alteración del registro EGG, con dos manifestaciones. Primero, se han descrito patrones morfológicos característicos de la onda Lx, por ejemplo escalones en el trazado de la fase de máximo contacto. Segundo, estas lesiones suelen conllevar una disminución de la superficie de contacto vocal, con la consiguiente disminución del CQ. Debido a la capacidad de la EGG de detectar alteraciones originadas por lesiones de la cara inferior de la cuerda vocal, en estos casos es particularmente interesante la combinación de la EGG con las técnicas de visualización directa.

El CQ también permite evaluar los defectos del cierre glótico, como en los casos de cicatrices o atrofia vocal, si bien con las limitaciones ya comentadas. Respecto a la atrofia vocal que se produce con el envejecimiento, cabe señalar que en los hombres se observa un descenso en los valores del CQ proporcional a la edad, pero no en las mujeres. Esto se debe a que las mujeres posmenopáusicas presentan cierta retención hídrica que también afecta a las cuerdas vocales, compensando la pérdida de masa por la atrofia y por tanto mejorando la superficie de contacto vocal.

### **Resonancia**

El tracto vocal está conformado por parte de la laringe (el tubo laríngeo), faringe, cavidad bucal y nasal; inicia en el tubo laríngeo y finaliza en los labios.

Según Sundberg (1987) "todo lo que tiene masa y complianza es un resonador". La función de un resonador es hacer que un sonido que ha sido introducido en este, dure, también es encargado de filtrar el sonido, es decir que permite que pasen, y amplifica sólo ciertas frecuencias. Generalmente un resonador tiene resonancias en ciertas frecuencias de acuerdo al tamaño y la forma, estos son amplificados en su mayoría, los que tienen frecuencias diferentes a las del resonador serán producidos con menor amplitud

#### *Análisis de la señal acústica*

El análisis acústico se basa en dos conceptos: la teoría fuente-filtro del tracto vocal y el análisis de fourier de las señales periódicas complejas. La producción de voz se resume en tres eventos: Excitación, debida a la vibración de las cuerdas vocales; transmisión, condicionada por la configuración y la resonancia del tracto vocal supraglótico; y

radiación, debida a la configuración de apertura de la boca y la posición de los labios.

### ***C. Ejercicios Con Tracto Vocal Semi-Ocluido (Tvso)***

Estos ejercicios descritos por Colton y Casper (2005), según Guzmán “se trata de una serie de posturas que buscan alargar u ocluir el tracto vocal, generando de esta forma un cambio en el patrón vibratorio de los pliegues vocales”, y están basados en modificar el timbre y así a su vez indirectamente la intensidad y la frecuencia. Básicamente se trata de aumentar la presión intraoral y disminuir así mismo la fuerza de contacto de los pliegues vocales, haciendo que aumente la economía vocal, y favoreciendo la producción de la voz (cuando no sea de tipo por hipofonación ni hipofonación). Estos ejercicios disminuyen el riesgo de daño sobre los pliegues y se realizan con constricciones estrechas en la parte anterior de la boca o labios

Para comprender inicialmente el funcionamiento de los ejercicios con tracto vocal semiocluido, debe mencionarse a Titze, quien en 2006 hizo una simulación digital con un modelo de pliegues vocales, adaptado a un tracto vocal (44 secciones, 3 cm<sup>2</sup> de diámetro, 17.5 cm de largo), allí se pudo evidenciar que en el tracto vocal semiocluido en la región anterior se aumenta la interacción de fuente filtro, las presiones intra y supra glótica. Por lo que se concluye que la sintonía por la impedancia, la aducción de los pliegues y el tubo epilaringeo estrecho generan que la producción vocal sea más eficiente y económica; además los pliegues vocales cambiaron su forma a una imagen de aducción más suelta.

Por otro lado Story, Laukkanen & Titze en el 2000 investigaron dos técnicas la fricativa labial y con un tubo de pequeño diámetro que se colocaba en los labios, de allí encontraron que aumentaba la impedancia de entrada en la frecuencia fundamental (ya que descendía la frecuencia del primer formante); mientras que el fricativo bilabial disminuyó la

frecuencia del primer formante y aumento la impedancia de frecuencias bajas, sin embargo los tubos tuvieron mayor eficacia en los resultados hallados.

También Gaskill & Erickson en el 2008, investigaron los cambios del cociente de contacto (CQ) que se daba por vibrar los labios, en donde se encontró que se reducía el CQ.

Igualmente, Sampaio, Oliveira & Behlau en el 2008, realizaron investigaciones sobre los efectos de dos ejercicios que eran: finger kazoo y fonación con tubo, estos dieron resultados positivos, disminuyendo F0, y en cuanto a la valoración perceptivo-auditiva dieron resultados positivos en la fonación con tubos únicamente

Por último Laukkanen, 1996, investigo cual era el efecto de producir el fricativo bilabial /B/alternado con la producción de la vocal /a/, y se evidencio que la laringe estaba más baja con la producción de /B/ a diferencia de la vocal /a/, mientras que la emisión de la vocal generó menor actividad muscular, y se encontró mayor economía vocal.

A continuación se presentan algunos de los efectos de los ejercicios con tracto vocal semiocluido que se encontraron a partir de las investigaciones nombradas anteriormente:

- Aumento de interacción Fuente-filtro.
- Oscilación de pliegues vocales levemente abducidos por la presión retrorefleja del tracto vocal.
- Colisión entre los pliegues vocales es minimizado.
- Voz más eficiente y económica en términos de colisión de tejidos.
- Promueve elevadas presiones en el tracto vocal y permite una amplificación de sensación de vibración interna (vibración de tejidos de estructuras faciales)

- Incremento en la percepción de menor resistencia en el pasaje del sonido por el tracto vocal.
- Eliminación de quiebres de registro

Titze (2006) además menciona que en la realización de los ejercicios con tracto vocal semiocluido, se podrían usar desde el mayor efecto (más artificial) hasta el menor efecto (más natural), así:

- 1-Alta resistencia (pequeño diámetro) sorbete para revolver
- 2-Menor resistencia (diámetro grande) sorbete para beber
- 3-Fricativa sonora bilabial o labiodental
- 4-Vibración de labios o lengua
- 5-Consonantes nasales
- 6-Vocales /u/ e /i/

Estos pueden ser clasificados de diferentes formas, por ejemplo a través del tiempo que dura o permanece la oclusión. En este sentido encontramos: 1- Posturas con semioclusión constante (Fonación en tubos, fonación con tubos sumergido en el agua, vocales cerradas, fonación sostenida con nasales, cubrir parcialmente la boca con la mano, Y-buzz, humming, consonantes fricativas sonoras, etc.) 2- Posturas con semioclusión oscilatoria (vibración labial, vibración lingual, raspberry, lip-buzz, etc.) y 3- Posturas con semioclusión muy transitoria (Consonantes oclusivas sonoras como la /b/ o /d/).

## **Capítulo II- Metodología**

### ***2.1 Tipo y Diseño de Investigación***

Estudio cuasi-experimental con grupo control. La población de estudio tiene en cuenta sujetos con voces normales y voces disfónicas, diagnosticados por médicos otorrinolaringólogos de clínicas particulares de la ciudad de Bogotá, Colombia y el Hospital Clínico de la Universidad de Chile en Santiago de Chile.

La muestra estará constituida por dos grupos: 1) 20 sujetos con diagnóstico médico de disfonía funcional hiperfuncional y 2) 20 sujetos con diagnóstico médico de voz normal. La mitad de los sujetos serán nacidos y habitantes en Bogotá, Colombia y la otra mitad en la ciudad de Santiago de Chile. El tratamiento (ejercicios vocales con TVSO), será asignado de forma aleatoria en toda la muestra. El tamaño muestral se determina de manera no probabilística, puesto que se trata de una población por conveniencia. Por motivos de aplicabilidad técnica (tiempo de duración del estudio y fondos disponibles) se considera el tamaño muestral antes señalado de manera arbitraria.

Los criterios de inclusión para ambos grupos serán: edad entre 20 y 45 años, diagnóstico médico de voz normal (grupo control) y disfonía funcional (grupo experimental). Los criterios de exclusión serán: presencia de patología vocal orgánica congénita o adquirida, patología psiquiátrica, alteración auditiva, alteración respiratoria, actividad vocal sistemática adicional a la jornada laboral, entrenamiento vocal profesional previo y presencia de cuadro gripal o alérgico. Todos los sujetos seleccionados firmarán consentimiento informado antes del comienzo de la investigación.

## ***2.2 Entidades Participantes***

Programa de Fonoaudiología – Corporación Universitaria Iberoamericana; Departamento de Fonoudiología – Universidad de Chile

## ***2.3 Procedimientos de obtención de datos:***

**a.** Exámenes funcionales (no invasivos) de la función fonatoria: electroglotografía con el propósito de medir el efecto de los diferentes tipos de ejercicios con TVSO.

**b.** Sonometría: Se solicitará a cada sujeto producir la vocal /a/ en forma sostenida en un tono e intensidad cómodos. Este procedimiento se realizará antes (línea de base) y después (muestras post) de la realización de los ejercicios vocales.

### *Ejercicios vocales:*

1. Y-Buzz
2. Consonante /m/
3. Mano sobre bocal
4. Tubo de resonancia
5. Tubo en agua 3 cm
6. Tubo en agua 10 cm
7. Vibración labios
8. Vibración lengua

## ***2.4 Análisis estadístico:***

Se realizará mediante el software Stata® 13. Las variables numéricas se describirán mediante promedio y desviación estándar, mientras que las categóricas se describen en frecuencia y porcentaje y se compararán mediante test t de Student o prueba exacta de Fisher según

corresponda. Las variables que en términos electroglotográficos resulten estadísticamente significativas en el análisis univariado, se incluirán en un modelo multinivel de efectos mixtos, para observar la influencia del sexo, nacionalidad, tipo de ejercicio, presencia o no de disfonía, etc.

### Capítulo III- Aplicación y Desarrollo (Procedimiento)

Para la aplicación y desarrollo de la recolección de la información se reclutaron a los sujetos que integraron la muestra. Este proceso se realizó durante tres semanas; para ello se organizó una agenda de trabajo, en la que se especificaron los horarios de asistencia para cada participante.

La investigación contó con 6 asistentes de investigación, los cuales fueron Fonoaudiólogos profesionales con entrenamiento en evaluación vocal, específicamente en Electroglotografía y Sonometría, además del manejo logístico y administrativo del protocolo de la presente investigación.

Una vez definida la base de datos se citaron a los sujetos para la evaluación y la aplicación de los ejercicios con Tracto Vocal Semiocluido. Cada sujeto duró un tiempo aproximado de una hora y 20 minutos en el laboratorio de voz.

A cada participante se le aplicó el siguiente Check List antes y después de cada uno de los ejercicios de Tracto Vocal Semiocluido:

#### ***Check List Aplicación EGG y SONOMETRÍA***

**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Ejercicio 1:** \_\_\_\_\_ **Ejercicio 2:** \_\_\_\_\_ **Ejercicio 3:** \_\_\_\_\_

	<b>Actividad</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Realizado</b>		
<b>1</b>	Explicación al sujeto y toma de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Términos simples, sin dar mucha información</li> <li>• Datos: nombre, edad, teléfono, email y ocupación (en Excel)</li> </ul>			
<b>2</b>	Firmar consentimiento informado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leer bien y firmar 2 copias</li> </ul>			
<b>3</b>	Ubicación y explicación del procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sentado cómodo, postura de electrodos.</li> </ul>			

4	Preparar EGG, electrodos y sonómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar señal EGG y posición electrodos.</li> <li>• Determinar si es necesario o no aumentar ganancia EGG.</li> <li>• Identificar número del archivo en el sonómetro.</li> <li>• Fijar medición Leq Z, FAST</li> <li>• Ubicar la distancia del micrófono del sonómetro con la boca del sujeto.</li> </ul>			
5	Elección de ejercicio y tono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedir que elija un número del 1 al 8 para seleccionar ejercicio con TVSO.</li> <li>• Pedir una /a/ para ver que tono usara. Corroborar que el tono sea el que realmente ocupa en su habla conectada.</li> </ul>			
5	Nominar archivo EGG en carpeta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ej: Carlos Calvache /a/ pre tubo, Carlos Calvache durante tubo 1, Carlos Calvache /a/ post tubo.</li> </ul>			
6	Nominar archivo Sonometría en Excel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener en cuenta la secuencia numérica del sonómetro</li> </ul>			
7	Grabación Vocal /a/ sostenida pre x 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vocal /a/ sostenida con F0 conversacional con intensidad media.</li> <li>• Después de grabar onda, verificar calidad (forma)</li> <li>• Verificar datos del sonómetro (tipo de curva y promedio de ponderación)</li> </ul>			
8	Ejercicios TVSO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejercicio durante 5 minutos.</li> <li>• Sentir vibración y voz fácil</li> </ul>			

		(indicar, no modelar).			
<b>9</b>	Grabación Vocal /a/ sostenida post x3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vocal /a/ sostenida con F0 conversacional con intensidad media.</li> <li>• Después de grabar onda, verificar calidad (forma)</li> </ul> Verificar datos del sonómetro (tipo de curva y promedio de ponderación)			
<b>10</b>	Reposo vocal por 20 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujeto no puede hablar nada.</li> </ul>			
<b>11</b>	Repetir procedimiento con un nuevo ejercicio TVSO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetir cada paso anterior</li> </ul>			

A nivel general no se presentaron dificultades con la recolección de los datos. Como aspecto relevante, es importante señalar que durante el tiempo del desarrollo, se presentaron inasistencias por parte de algunos sujetos, lo cual hizo necesario reestructurar constantemente la agenda inicial establecida.

Todos los procedimientos se realizaron de acuerdo a las normas de éticas generadas por el comité de bioética de la Corporación Universitaria Iberoamericana y la Universidad de Chile. Una vez leído y firmado el consentimiento informado, se practicaron a cada participante los exámenes de electroglotografía y sonometría antes y después de las instrucciones descritas en el anterior check list.

Se solicitó a cada sujeto producir la vocal /a/ en forma sostenida en un tono e intensidad cómodos. El procedimiento fue practicado antes y después de la realización de los ejercicios vocales. Una vez realizada la vocal previa al ejercicio vocal, se solicitó a los sujetos producir fonación con el mismo tono de manera sostenida durante la realización de los diferentes ejercicios vocales con tracto vocal semiocluido.

Cada ejercicio se realizó durante 5 minutos consecutivos. Posteriormente, fue tomada la muestra de la vocal /a/ post ejercicio. Posterior a ello se dio un periodo de descanso vocal de 15-20 min. Una vez cumplido este periodo fue realizado el mismo procedimiento ya descrito, utilizando otro ejercicio vocal con tracto vocal semiocluido.

A continuación se describen brevemente los ejercicios con tracto vocal semiocluido que serán utilizados en el presente estudio.

1) *Fonación en tubo de resonancia*: un pitillo para beber se posiciona firmemente entre los labios, mientras en el otro extremo permanece en el aire. El paciente produce fonación a través del tubo.

2) *Terapia de resistencia en el agua*: un pitillo para beber se posiciona firmemente entre los labios, mientras en el otro extremo permanece sumergido 3 cm bajo el agua. El paciente produce fonación a través del tubo.

3) *Consonantes nasales*: Se produce una consonante nasal, ya sea esta /m/ o /n/.

4) *Mano sobre boca*: Se produce voz mientras una mano cubre parcialmente la boca del paciente

5) *Vibrantes*: se produce vibración labial o lingual mientras el paciente produce voz.

6) *Y-buzz*: se produce el sonido /y/ con los labios en posición protruida.

El presente proyecto de investigación, contempla el desarrollo de las evaluaciones electroglotográficas, sonometría y los ejercicios con Tracto Vocal Semi-ocluido, bajo los principios de la Ley 83 de Ética Médica, en la Resolución 8430 de 1993, del Ministerio de Salud, y del Proyecto de Ley 156, aún en curso, ello respondiendo tres principios fundamentales en el trabajo con personas: el respeto, el beneficio y la justicia, tras la aplicación de los procesos señalados.

El análisis de las muestras electroglotográficas tomadas antes y después de los diferentes ejercicios vocales fueron analizadas a través del programa PhaseComp (Glottal Enterprises, Syracuse, NY, USA,). De cada muestra se seleccionará solo la sección central y más estable para el cálculo de este parámetro. Se obtuvo el valor del cociente de contacto de todas las muestras tomadas pre, durante y post ejercicio vocal.

Las muestras de sonometría fueron procesadas con el *Analizador SVAN 957* es todo digital, tipo 1, con el cual se realizó la captura y estudio de todos las voces pre y post. La curva utilizada para el análisis fue la Z, con un promedio de ponderación LEQ – FAST. Para el sostenimiento de sonómetro se utilizó un trípode convencional ajustado al equipo.

La sistematización de la información y la instalación del software utilizado en la electroglotografía y la sonometría, se realizó en un computador ASUS de 6 Gb de memoria RAM y Sistema Operativo Windows 10. La sistematización se realizó en una matriz de Excel Office (Revisar anexo).

## Capítulo IV- Resultados

Los resultados presentados en el presente informe, corresponden exclusivamente al análisis de datos obtenidos en Colombia. Actualmente no se ha terminado la muestra planteada para la investigación en la Universidad de Chile. Esto debido a dificultades técnicas con el sonómetro del laboratorio de voz de esta Universidad.

Otro impedimento para cumplir con los datos de la contraparte mencionada, hacen referencia al cruce de cronograma académico entre Colombia y Chile. Por ese motivo se estima que para el mes de marzo se pueda cumplir con un análisis multivariado que incluya la totalidad de los datos.

Considerando que un mejor QOCR implica fisiológicamente un mayor grado de economía vocal, el análisis de la información estuvo encaminado a determinar el efecto que producen los diferentes tipos de ejercicios vocales con tracto vocal semiocluído en el índice señalado. A continuación se describen los resultados obtenidos en la muestra colombiana:

1. Se debe señalar que por el momento no se busca determinar la significancia de los datos, debido a que falta la muestra de Chile.
2. Teniendo en cuenta que los ejercicios se asignaban aleatoriamente a cada sujeto, existen algunos de ellos con una muestra insignificativa. Por ejemplo “Consonante /m/” o “vibración labial” con una sola muestra en el grupo control.
3. Los ejercicios que mayor N tuvieron, fueron “Mano sobre boca” y “Tubo en agua a 3cm” para ambos grupos.
4. En el grupo control se analizarán a partir de gráficos los ejercicios “Mano sobre boca”, “Tubo en agua a 3m” y “Tubo en

agua a 10 cm”. Teniendo en cuenta que fueron los ejercicios que aleatoriamente obtuvieron mayor N en las muestras.

5. Para el grupo experimental se analizarán los gráficos de los ejercicios “Consonante /m/”, “Mano sobre boca”, “Tubo en agua 3cm” y “Vibración labial”. Teniendo en cuenta que fueron los ejercicios que aleatoriamente obtuvieron mayor N en las muestras

<b>GRUPO</b>	<b>EJERCICIO TVSO</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>N</b>	<b>QOCR - ÍNDICE EV</b>	<b>SD</b>
<b>CONTROL</b>	Consonante m	Pre	1	184,2430202	NA
<b>CONTROL</b>	Consonante m	Post	1	179,5828028	NA
<b>CONTROL</b>	Mano sobre boca	Pre	6	148,9899612	44,23330642
<b>CONTROL</b>	Mano sobre boca	Post	6	144,6512799	43,18081438
<b>CONTROL</b>	Tubo agua 10 cm	Pre	3	163,2129933	55,28973195
<b>CONTROL</b>	Tubo agua 10 cm	Post	3	172,1065217	60,00329038
<b>CONTROL</b>	Tubo agua 3 cm	Pre	6	156,028658	30,65504554
<b>CONTROL</b>	Tubo agua 3 cm	Post	6	153,3055087	32,19499321
<b>CONTROL</b>	Tubo de resonancia	Pre	4	155,2039585	25,01486508
<b>CONTROL</b>	Tubo de resonancia	Post	4	177,3752106	39,03594255
<b>CONTROL</b>	Vibración Labial	Pre	1	134,7213604	NA
<b>CONTROL</b>	Vibración Labial	Post	1	122,6820612	NA
<b>CONTROL</b>	Vibración lengua	Pre	4	174,1935311	38,92556106
<b>CONTROL</b>	Vibración lengua	Post	4	174,8082946	46,5224144
<b>CONTROL</b>	Y-Buzz	Pre	5	146,8723998	46,93805478
<b>CONTROL</b>	Y-Buzz	Post	5	160,6851433	36,66653059
<b>DISFONÍA</b>	Consonante m	Pre	6	147,162536	37,35956079
<b>DISFONÍA</b>	Consonante m	Post	6	141,3636999	18,32572769
<b>DISFONÍA</b>	Mano sobre	Pre	6	150,8430904	15,28726431

	boca				
<b>DISFONÍA</b>	Mano sobre boca	Post	6	154,8516688	20,9637124
<b>DISFONÍA</b>	Tubo agua 10 cm	Pre	3	158,9068946	23,55637251
<b>DISFONÍA</b>	Tubo agua 10 cm	Post	3	168,8619292	46,5053624
<b>DISFONÍA</b>	Tubo agua 3 cm	Pre	9	146,5575104	32,43146139
<b>DISFONÍA</b>	Tubo agua 3 cm	Post	9	155,2853571	40,90151336
<b>DISFONÍA</b>	Tubo de resonancia	Pre	3	191,143464	60,53842286
<b>DISFONÍA</b>	Tubo de resonancia	Post	3	197,315172	59,39775652
<b>DISFONÍA</b>	Vibración Labial	Pre	8	163,8474716	26,90496565
<b>DISFONÍA</b>	Vibración Labial	Post	8	163,9408756	16,35184746
<b>DISFONÍA</b>	Vibración lengua	Pre	3	138,5333825	32,61087241
<b>DISFONÍA</b>	Vibración lengua	Post	3	154,8762894	43,53689272
<b>DISFONÍA</b>	Y-Buzz	Pre	3	151,7214135	24,30728909
<b>DISFONÍA</b>	Y-Buzz	Post	3	158,2251139	9,254767967

*Tabla 1. Media, desviación estándar*

### ***Consonante /m/***

A partir de los valores obtenidos se evidencia que para los sujetos del grupo control, a través de este ejercicio disminuye el Quasi Output Cost Ratio, sin embargo teniendo en cuenta la poca representatividad de la muestra, este resultado se convierte en tan sólo una aproximación de lo que puede generar este ejercicio.

Por su parte, en el grupo experimental también es evidente una disminución del índice de Economía Vocal, aspecto que lleva a pensar que la “Consonante /m/” como ejercicio de tracto vocal semiocluido genera una baja en el índice para ambos grupos. Cabe mencionar que hasta el

momento hay más confiabilidad en el grupo experimental dado un mayor N en la muestra analizada.

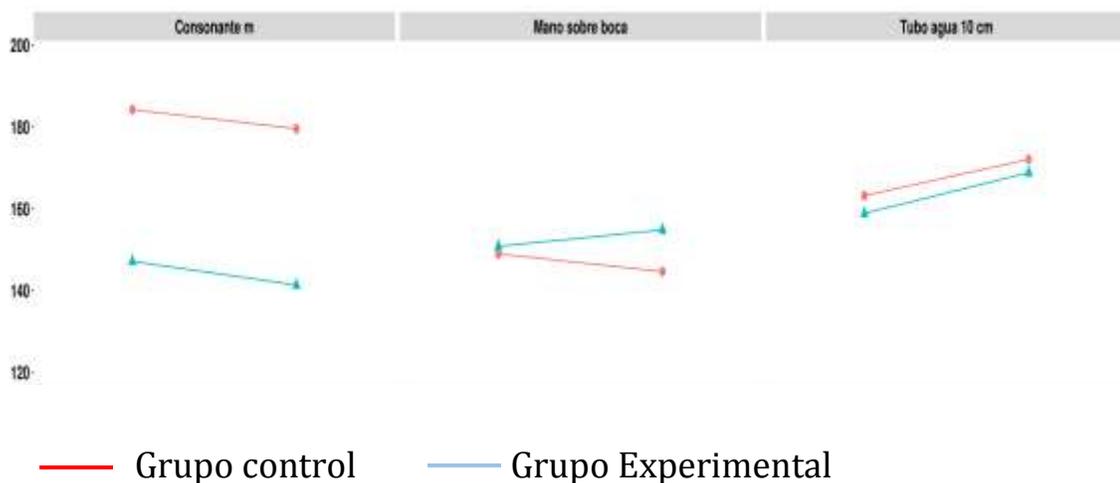
### ***Mano sobre boca***

Al igual que el ejercicio anterior, para el grupo control hay una disminución leve del índice de Economía vocal. Aunque para ese ejercicio existe una mejor representatividad en la muestra con un n=6.

Para el grupo experimental, por el contrario se percibe que este ejercicio de Tracto vocal semiocluído, aumenta en 4 puntos el Quasi Output Cost Ratio. Lo que significa que al realizar fonación sostenida con “Mano sobre boca” en un sujeto con fatiga vocal mejora la proyección vocal y disminuye el cociente de contacto, lo que significa una voz más fácil con menor tensión y por tanto mayor economía vocal.

### ***Tubo en agua a 10 cm***

Este es uno de los 8 ejercicios con Tracto Vocal Semiocluído que más llama la atención de este análisis, hasta el momento en este estudio. Es evidente que tanto en el grupo control como en el experimental incrementa el QOCR, evidenciando que tanto en personas sin alteración vocal como en personas con fatiga, aumenta la voz resonante con mínimo esfuerzo glótico. Lo que repercute en un mejor índice de Economía Vocal.



*Tabla 1. Ejercicios “Consonante /m/”, “Mano sobre boca” y “Tubo en agua 10cm” pre y post para grupo control y experimental*

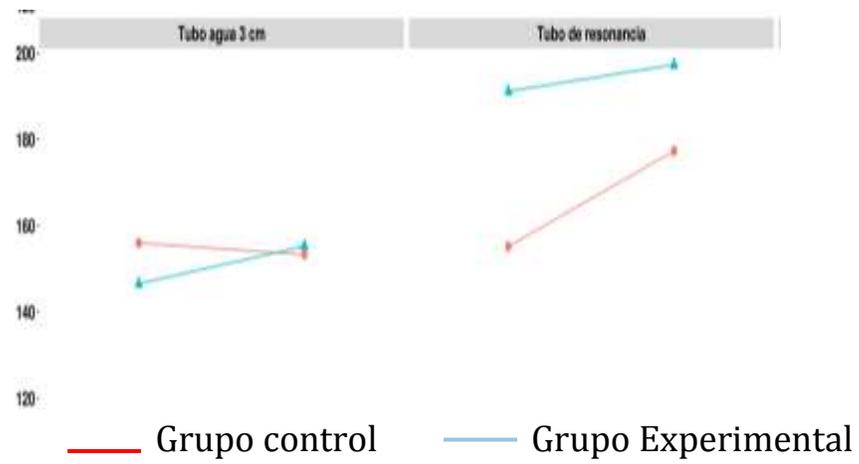
### ***Tubo en agua 3cm***

Este ejercicio también llama la atención en el análisis del presente estudio, debido a la diferencia de comportamiento que tiene entre el grupo control y experimental. Es evidente que para el primer grupo disminuye de una forma leve (sólo 2 puntos) el índice de economía vocal. Mientras que en el segundo grupo, lo aumenta sustancialmente (de 146 a 155).

Esto puede deberse a que en pacientes sin deficiencias vocales esta profundidad del tubo en el agua genere efectos de fatiga vocal y por tanto aumento en el cociente de contacto, razón por la cual disminuye el Quasi Output Cost Ratio. Por su parte, en pacientes con fatiga vocal, este nivel de profundidad del tubo en el agua, reduce el cociente de contacto, y por tanto el estrés de impacto de los pliegues vocales, aumentando la sensación de resonancia y por tanto aumentando el índice de economía vocal.

### ***Tubo de resonancia***

Aunque la muestra no tiene mucha representatividad (n=4 grupo control y n=3 grupo experimental), puede notarse que en ambos grupos este ejercicio TVSO aumenta el cociente de contacto. Un puntaje mayor se evidencia en el grupo control, probablemente por no tener la característica de fatiga vocal y por tanto obtener mejores puntajes en el cociente de contacto, aspecto que formulado con la sonometría evidencia mejor índice de economía vocal.



*Tabla 2. Ejercicios “Tubo en agua 3cm” y “Tubo de resonancia” pre y post para grupo control y experimental*

## Capítulo V - Discusión

Los resultados preliminares, analizados hasta el momento, son coherentes con las hipótesis planteadas por la investigación. Sin embargo es importante completar la muestra con los sujetos de Chile. Ya que esto hará más fuerte la muestra y permitirá obtener mayor significancia con el estadístico propuesto.

Para el caso del ejercicio con consonante /m/, llama la atención que en el grupo control disminuya el QOCR, ya que en la literatura y en investigaciones previas realizadas por los mismos investigadores, se evidenció que es un ejercicio que mantiene el cociente de contacto glótico pre y pos aplicación del ejercicio. Sin embargo, se reitera la baja significancia de los resultados por el n de la muestra a hoy.

Con el ejercicio de “mano sobre boca” se encuentra coherencia con la literatura reportada con relación a la aplicación de ejercicios TVSO. Este ejercicio en la mayoría de estudios, se ha reportado como positivo para la rehabilitación vocal. En este caso se demostró que aumenta los índices de economía vocal con uno de los puntajes más variados de la muestra recolectada hasta el momento.

En la misma línea se comporta el ejercicio “tubo en agua a 10 cm”; este aspecto también es coherente con lo revisado en la literatura, la cual refiere que la terapia de resistencia en el agua aumenta las sensaciones de vibración anterior por parte los pacientes, a expensas de un menor esfuerzo laríngeo, comprobado en este caso y por otros estudios con los resultados de disminución del cociente de contacto y mejoría en la sonoridad de la voz obtenida a través de las sonometrías.

Siguiendo con el análisis de ejercicios con Terapia de Resistencia en el agua, observamos que el “tubo en agua a 3cm” generó una probable fatiga vocal en los sujetos con voces normales. Esto también lo contrasta la

teoría y la investigación previa a esta investigación, donde se comprobó que este ejercicio aumenta sustancialmente el Cociente de contacto glótico. Ello puede ser la base de que en estos sujetos haya disminuido el Quasi Output Cost Ratio. Por el contrario en pacientes con característica de fatiga vocal lo aumentaron, lo que quiere decir que al realizar este ejercicio, pacientes con disfonía disminuyen la tensión laríngea y por tanto aumentan la sonoridad de su voz medida a través de sonometría.

Por último encontramos el tubo de resonancia, uno de los ejercicios más clásicos en la rehabilitación vocal y en el entrenamiento bajo la tendencia fisiológica. Se afirma una vez más los estudios realizados por Titze, en los cuales refiere que este ejercicio con TVSO, aumenta las sensaciones anteriores de vibración durante la fonación, equilibra los índices de economía vocal y relaja los órganos fonoarticulatorios, alargando el tracto vocal y por tanto aumentando su inercia, aspecto que se evidencia en el presente estudio, en un aumento del QOCR.

## **Capítulo VI - Conclusiones**

### **6.1 Cumplimiento de Objetivos específicos y Aportes**

Con las acciones realizadas hasta el momento se cumplen en gran parte los objetivos propuestos para el presente proyecto de investigación. Es clara la pertinencia de completar la muestra en el laboratorio de voz de la Universidad de Chile, esto permitirá hacer análisis con mayor significancia y darle mayor validez al estadístico aplicado.

Hasta el momento, es evidente que los ejercicios con Tracto Vocal Semiocluido afectan de manera negativa o positiva el índice de Economía Vocal, determinado a través del Quasi Output Cost Ratio.

Con los resultados parciales obtenidos, se puede concluir que todos los ejercicios TVSO utilizados en el presente estudio proporcionan un aumento de la economía vocal en pacientes con deficiencia funcional de la voz, particularmente con característica de fatiga vocal. También se define que los ejercicios de terapia de resistencia en el agua, específicamente tubo en agua a 3cm, puede disminuir estos índices en sujetos con voces típicas y sin deficiencia vocal.

Los ejercicios vocales con posturas semiocluidas del tracto vocal y el uso de tubos de resonancia pueden ser una eficaz herramienta terapéutica en la rehabilitación vocal de patologías vocales funcionales. Los efectos más evidentes se observan en el cambio del patrón vibratorio de los pliegues vocales, determinado por el grado de contacto glótico, a través de electroglotografía; y en el aumento de la sonoridad y sensación de vibración anterior, determinado a través de sonometría.

El presente estudio corrobora el efecto positivo en la rehabilitación vocal de los ejercicios basados en posturas semiocluidas del tracto vocal como parte de la tendencia filosófica fisiológica de abordaje terapéutico.

## 6.2 Líneas Futuras

Futuras investigaciones deben apuntar a vincular además de las medidas electroglotográficas, índices de análisis acústico y medidas aerodinámicas de la fonación para determinar un mayor impacto de los ejercicios utilizados en el presente estudio; además de aplicarlos en patologías vocales específicas con el fin de determinar variaciones vocales con casos específicos.

También es importante generar protocolos estandarizados que incluyan estos ejercicios para deficiencias vocales funcionales específicas.

## 6.3 Producción asociada

Con el presente estudio se escribió un artículo de revisión, enviado a la Revista de Investigación en Logopedia, el cual actualmente se encuentra en proceso de evaluación por jueces. Se espera obtener respuesta en el primer semestre del 2018.

Adicional a ello, actualmente se encuentra en proceso de redacción un artículo de divulgación con impacto ISI, el cual se pretende postular a la American Journal of Speech-Language Pathology en marzo de 2018, incluyendo los resultados totales de la investigación. Así mismo, el trabajo será postulado a presentarse en un congreso internacional especializado en voz. Se tiene como tentativo el evento en octubre de 2018 de la Panamerican Vocology Association, o al 13° Congreso de la Pan European Voice Conference, a desarrollarse en 2019.

## **Anexos**

- a. Artículo sometido a Revista de Investigación en Logopedia.
- b. Matriz QOCR Colombia

## Referencias

Bickley C, Stevens K, Harris K. Effects of a vocal tract constriction on the glottal source: data from voiced consonants. In: Baer T, Sasaki C (Eds). *Laryngeal Function in Phonation and Respiration* (pp. 239-254). Boston, MA: College-Hill Press, Little, Brown and Company; 1987.

Cecconello L. Ejercicios de tracto vocal semi-ocluido, XII Jornadas Foniátricas, Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Humanas, San Luis, Argentina, 2009, CD ROM, ISBN 978-987-1595-02-0.

Cordeiro GF, Montagnoli AN, Nemr NK, Menezes MH, Tsuji DH. Comparative analysis of the closed quotient for lip and tongue trills in relation to the sustained vowel /ε/. *J Voice*. 2012;26:17-22.

Gaskill, C. Erickson, M. 2010. The effect of an artificially lengthened vocal tract on estimated glottal contact quotient in untrained male voices. *J Voice*, 24, 57-71.

Gaskill C, Quinney D. The Effect of Resonance Tubes on Glottal Contact Quotient With and Without Task Instruction: A Comparison of Trained and Untrained Voices. *J Voice*. In press.

Gaskill, C. Erickson, M. 2008. The effect of a voiced lip trill on estimated glottal closed quotient. *J Voice*, 22, 634-43.

Guzman M, Laukkanen A-M, Krupa P, Horáček J, Švec J, Geneid A. Vocal Tract and Glottal Function During and After Vocal Exercising with Resonance Tube and Straw. *Journal of Voice*, 2013;27:305-31.

Guzman M, Castro C, Testart A, Muñoz D, Gerhard J. Laryngeal and Pharyngeal Activity During Semi-occluded Vocal Tract Postures in Subjects Diagnosed With Hyperfunctional Dysphonia. *Journal of Voice*. In Press.

Guzman M, Rubin A, Muñoz D, Jackson-Menaldi C. Changes on Glottal Contact Quotient During Tube Phonation and Phonation with Vibrato. *Journal of Voice*. 2013; 27: 305-311.

Hamdan AL, Nassar J, Al Zaghal Z, El-Khoury E, Bsar M, Tabri D. Glottal contact quotient in mediterranean tongue trill. *J Voice*. 2012 Sep;26(5):669.e11-5. Epub 2011 Nov 13

Hess MM, Verdolini K, Bierhals W, Mansmann U, Gross, M. Endolaryngeal contact pressures. *J Voice*. 1998; 12:50-67.

Laukkanen AM, Maki E, Leppanen K. Electroglottogram-based estimation of vocal economy: 'quasi-output-cost ratio'. *Folia Phoniatr Logop*. 2009; 61:316-22.

Laukkanen AM. About the so called “resonance tubes” used in Finnish voice training practice. An electroglottographic and acoustic investigation on the effects of this method on the voice quality of subjects with normal voice. *Scandinavian Journal of Logopedics and Phoniatics*. 1992;17(4):151-161.

Laukkanen A, Titze I, Hoffman H, Finnegan E. Effects of a Semiocluded Vocal Tract on Laryngeal Muscle Activity and Glottal Adduction in a Single Female Subject. *Folia Phoniatr Logop*. 2008;60(6):298–311.

Laukkanen A, Pulakka H, Alku P, Vilkman E, Hertegård S, Lindestad PA, Larsson H, Granqvist S. High-speed registration of phonation-related glottal area variation during artificial lengthening of the vocal tract. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2007;32(4):157-164.

Miller, D. Schutte, H. 1991. Effects of downstream occlusions on pressures near the glottis in singing. En Gauffin, J. Hammarberg, X. Vocal fold physiology. Acoustic, perceptual and physiological aspects of voice mechanism. Stockholm, Royal Institute of Technology: Singular Publishing Group.

Peterson, K. Verdolini, K. Barkmeier, J. Hoffman, H. 1994. Comparison of aerodynamic and electroglottographic parameters in evaluating clinically relevant voicing patterns. *Ann Oto Rhin Lar*, 103, 335-46.

Reed CG, Doherty ET, Shipp T. Direct measurement of vocal fold medial forces. *Am Speech Hear Ass Rep*. 1992; 34: 131(A).

Rothenberg M. Source-tract acoustic interaction and voice quality. In: Lawrence VL, editor. *Transcripts of the 12th Symposium Care of Professional Voice, Part I*. New York, NY: The Voice Foundation; 1983. p. 25-31.

Rothenberg M, Mahshie J. Monitoring vocal fold abduction through vocal fold contact area. *J Speech Hear Res*. 1988;31:338-351.

Sampaio, M. Oliveira, G. Behlau, M. 2008. Investigation of immediate effects of two semi-occluded vocal tract exercises. *Pro-Fono, revista de actualización científica*, 20, 261-266.

Simberg S. Prevalence of vocal symptoms and voice disorders among teacher students and teachers and a model of early intervention. Finland: University of Helsinki, Department of Speech Sciences; 2004

Simberg, S. Laine, A. 2007. The resonance tube method in voice therapy: Description and practical Implementations. *Logop Phon Vocology*, 32, 165-170.

Story B, Laukkanen A, Titze I. Acoustic impedance of an artificially lengthened and constricted vocal tract. *J Voice*. 2000;14(4):455-469.

Titze I, Finnegan E, Laukkanen A, Jaiswal S. Raising lung pressure and pitch in vocal warm-ups: the use of flow-resistant straws. *J Singing*. 2002;58(4):329-338.

Titze, I. 2006. Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: rationale and scientific underpinnings. *J Speech Lang Hear Res*, 49, 448–459.

Titze I, Story B. Acoustic interactions of the voice source with the lower vocal tract. *J Acoust Soc Am*. 1997;101(4):2234-2243

Titze I. The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds. *J Acoust Soc Am*. 1988;83:1536-1552.

Vampola T, Laukkanen A-M, Horáček J, Švec JG. Vocal tract changes caused by phonation into a tube: A case study using computer tomography and finite-element modeling. *J Acoust Soc Am*. 2011; 129:310-315.

Verdolini K, Chan R, Titze IR, Hess M, Bierhals W. Correspondence of electroglottographic closed quotient to vocal fold impact stress in excised canine larynges. *J Voice*. 1998; 4:415-423.

Verdolini K, Druker DG, Palmer PM, Samawi H: Laryngeal adduction in resonant voice. *J Voice* 1998; 12: 315-327.

Vilkman, E. Voice problems at work: A challenge for occupational safety and health arrangement. *Folia Phoniatr Logop*. 2000 Jan-Jun;52(1-3)

Yamana T, Kitajima K. Laryngeal closure pressure during phonation in humans. *J Voice*. 2000; 14:1-7.