



ESTUDIO DE CASO

REHABILITACIÓN FISIOLÓGICA DE LA VOZ EN NÓDULOS VOCALES: UN ESTUDIO DE CASO *PHYSIOLOGICAL APPROACH OF VOICE REHABILITATION IN VOCAL NODULES: A SINGLE CASE STUDY*

Lukas Salfate¹ y Marco Guzmán¹

Recibido 20/07/2016

Aceptado 01/09/2016

RESUMEN

Introducción: Los ejercicios con tracto vocal semi-ocluido (TVSO) hacen referencia a una serie de posturas que buscan alargar y/o ocluir parcialmente el tracto vocal, provocando así un cambio en el patrón vibratorio de los pliegues vocales, patrón respiratorio y resonancia. Estos ejercicios se enmarcan normalmente en la tendencia terapéutica fisiológica de rehabilitación vocal. **Método:** Paciente mujer de 11 años con escape de aire en su voz y fatiga vocal, en el examen laringoscópico presenta nódulos bilaterales. La paciente fue evaluada tanto perceptualmente como con medidas objetivas (aerodinámicas, acústicas y eletroglotográficas). El plan de tratamiento incluyó una secuencia de distintos ejercicios con TVSO y tareas fonatorias. **Resultados:** Luego de las sesiones de terapia se observa ausencia de lesiones en el borde libre de los pliegues vocales. En relación a las medidas aerodinámicas y EGG hubo una disminución en el promedio de flujo transglótico, umbral de presión de la fonación y presión subglótica, mientras que hubo un aumento en relación al cociente de contacto. Con respecto las medidas acústicas se aprecia un fortalecimiento de los armónicos más altos. **Análisis y discusión:** Los resultados positivos son atribuidos al restablecimiento de parámetros fisiológicos, producto de los cambios a nivel de función glótica, respiratoria y resonancia. **Conclusiones:** La terapia vocal fisiológica basada en un protocolo con ejercicios con TVSO, como parte del plan de tratamiento, puede ser efectiva en el manejo de pacientes con patologías vocales orgánicas de base funcional tal como nódulos vocales.

Palabras clave: ejercicios con tracto vocal semi-ocluido, terapia vocal fisiológica, función glótica, aerodinámica fonatoria, electroglotografía, análisis acústico.

ABSTRACT

Introduction: Exercises with semi-occluded vocal tract (SOVT) involve a series of postures that aim to lengthen and / or partially occlude the vocal tract, causing a change in the vibratory pattern of the vocal folds, breathing and resonance. This type of exercises are included in programs that belong to the physiologic approach of voice therapy. **Method:** An 11-year-old female patient with breathy voice and vocal fatigue caused by vocal nodules was included in the present study. The patient was assessed both perceptually and with

¹Departamento de Fonoaudiología, Universidad de Chile. Santiago de Chile

objective measurements (aerodynamic, acoustic and electroglotographic). The treatment plan included a sequence of different exercises with SOVT and phonatory tasks. **Results:** After voice therapy, no vocal fold lesions were detected. Regarding aerodynamic and EGG measures there was a decrease in the average of transglottal airflow, phonation threshold pressure and subglottic pressure, whereas there was an increase in the contact quotient. An strengthening of the highest harmonics was also reported in acoustic analysis. **Analysis and discussion:** The positive results are attributed to the reestablishment of physiological

parameters, caused by changes in glottic, breathing and resonance functions. **Conclusions:** Physiologic vocal therapy based on a protocol including SOVT, as part of the treatment plan, could be effective in the management of patients with organic voice pathologies such as vocal nodules.

Key words: Exercises with semi-occluded vocal tract, physiologic voice therapy, glottal function, aerodynamic, electroglotography, acoustic analysis.

INTRODUCCIÓN

Distintas tendencias filosóficas han surgido para el manejo de los trastornos vocales desde el inicio de la rehabilitación de la voz. Estas corrientes han sido clasificadas principalmente en cinco: terapia vocal etiológica, sintomatológica, psicogénica, fisiológica y ecléctica. La tendencia fisiológica es la más reciente de todas y propone lograr un balance fisiológico de los tres subsistemas involucrados en la producción de la voz, (respiración, fonación y resonancia) no centrándose en el trabajo directo sobre cada síntoma presentado (Stemple, 2000). Esta tendencia, no aborda estos subsistemas de forma separada ni secuenciada, sino que a través de un mismo ejercicio vocal, todos los subsistemas se activan de forma paralela.

Algunos de los programas terapéuticos de la orientación fisiológica son *Vocal Function Exercises* (Stemple, Lee, D'Amico & Pickup, 1994), *Resonant Voice therapy* (Verdolini, 1998) y *Accent Method Voice Therapy* (Kotby, 1995). La mayoría de estos programas de rehabilitación fisiológica, se basan en ejercicios con tracto vocal semiocluido (TVSO).

Los ejercicios con TVSO hacen referencia a una serie de posturas cuya finalidad es alargar y/o ocluir parcialmente el tracto vocal, provocando así un cambio en el patrón vibratorio de los pliegues vocales, patrón respiratorio y resonancial. Este tipo de ejercicios ha sido ampliamente utilizado por terapeutas vocales durante toda la historia tanto del entrenamiento como la terapia vocal. No obstante, recién en las últimas décadas ha habido un aumento de los estudios científicos intentando explicar los principios físicos y fisiológicos detrás de los efectos atribuidos al uso de este grupo de ejercicios vocales (Guzmán et al., 2012b)

Algunos de los ejercicios considerados de TVSO son: *humming* (consonantes nasales), vibración labial, vibración lingual, fonación con consonantes fricativas labiodentales, consonantes bilabiales fricativas o explosivas, vocales cerradas, oclusión de la boca con la mano y uso de tubos de resonancia, tanto con el extremo distal en el aire como sumergido en el agua a distintas profundidades. (Guzmán et al., 2012b)

En el ámbito terapéutico, los ejercicios con TVSO han sido aplicados con resultados positivos en pacientes con cuadros de fatiga vocal (Guzmán, 2012) y en diversas patologías como: disfonía funcional (hiper e hipofuncional), en paresia unilateral de nervio laríngeo recurrente, en pacientes con nódulos, entre otros trastornos vocales. (Simberg, 2004). Este tipo de ejercicios ha sido utilizado también por personas con voces normales tanto en entrenamiento como calentamiento de la voz. En este grupo se ha observado que cantantes logran una voz más brillante y resonante después de la ejercitación. (Simberg & Laine, 2007; Laukkanen, Titze y Hoffman, 2008; Titze, Finnegan, Laukkanen & Kaiswal, 2002)

Uno de los mecanismos que explica los efectos percibidos durante y después del uso de ejercicios con TVSO es el incremento de la impedancia del tracto vocal producida por el aumento de su carga acústica (Titze, 2006). Titze (2006) reportó a través de una simulación computarizada que la fonación puede ser producida en forma más eficiente y económica por medio de una mayor interacción entre la fuente de voz

(pliegues vocales) y el filtro (tracto vocal), por el uso de técnicas terapéuticas que involucran semioclusión de los labios o una combinación de ajustes en la aducción de los pliegues vocales y del tubo epilaríngeo.

Algunos de los efectos de los ejercicios con TVSO son el incremento de la impedancia del tracto vocal, específicamente en uno de sus componentes que es la reactancia positiva o inercia (inertancia) (Story, Laukkanen & Titze, 2000; Titze, 1998; Rothenberg, 1981; Titze & Story, 1997; Titze & Laukkanen, 2007), la cual podría ser favorable para la producción vocal. Además se ha reportado que los ejercicios con TVSO afectan al menos tres aspectos en la producción de la voz: (1) función glótica, (2) cambios aerodinámicos, y (3) configuración del tracto vocal.

Efectos de los ejercicios con TVSO en la función glótica

La impedancia del tracto vocal puede afectar la función de la fuente de la voz en dos formas (1) a través de una interacción acústica-aerodinámica y (2) a través de interacciones mecano-acústicas. (Story, Laukkanen & Titze, 2000; Fant & Lin, 1987)

En relación a la primera, la forma del pulso de flujo glótico, se ve modificada por las presiones acústicas en el tracto vocal (Story, Laukkanen & Titze, 2000; Titze, 1988; Guzmán et al., 2012b). Cuando las frecuencias fundamentales (F0s) están por debajo del primer formante, el *skewing* del pulso de flujo se incrementa por las presiones acústicas supra glóticas en comparación con la zona intraglotica, ocasionando que el flujo de aire sea suprimido en la apertura de la glotis y mantenido durante la fase de cierre de la glotis. Dicho aumento de la inclinación de la onda del flujo glótico lleva al fortalecimiento de los armónicos más altos (pendiente espectral menor), percepción de voz más brillante, aumento del nivel de presión sonora (SPL) (Rothenberg, 1981; Rothenberg 1983; Titze, 2008) y una calidad de voz más resonante, es decir, sensaciones vibratorias en la parte frontal de la cara, con la producción de la voz con sensación fácil (Titze, 2001).

En relación con lo anterior, en estudios realizados por Guzmán, Angulo, Muñoz y Mayerhoff (2013a) y Guzmán et al. (2013b), se midió el efecto de ejercicios con TVSO en comparación a la fonación de vocales, en la pendiente espectral. Los resultados mostraron, que las medidas de "alpha ratio" y L1-L0 aumentaron post-tratamiento, produciendo una disminución de la pendiente espectral. Los autores concluyeron que los ejercicios con TVSO promueven un efecto positivo mayor que la fonación de vocales en las características espectrales de la voz.

La segunda forma en que la función de la fuente glótica puede verse afectada por la impedancia del tracto vocal, es la interacción mecano-acústica de las presiones del tracto vocal y los pliegues vocales (Story, Laukkanen & Titze, 2000; Titze, 1988; Bickley & Stevens, 1986; Rothenberg, 1988). Esto ocurre cuando el aumento de inertancia del tracto vocal afecta a la propia vibración de las cuerdas vocales (a través de modificar la presión arriba y dentro de la glotis). En concreto, la inertancia disminuye el umbral de presión de la fonación (UPF) (la presión subglótica necesaria mínima para apenas iniciar y sostener la fonación) (Titze & Story, 1997). Un umbral de presión de la fonación bajo produciría una fonación fácil (disminución del esfuerzo fonatorio percibido) (Guzmán, et al., 2013c)

Guzmán et al. (2013c) y Gaskill y Quinney (2012) encontraron un menor cociente de contacto (CQ) entre los pliegues vocales durante la ejecución de ejercicios con TVSO, en comparación a la fonación de vocales. Esto indica que los pliegues vocales presentan un menor grado de aducción, aspecto que refleja indirectamente una menor fuerza de impacto durante la fonación (Titze, et al. 2002). En otro estudio realizado por Guzmán et al. (2015) donde se utilizaron variados ejercicios con TVSO, se encontró que estos tienen efectos distintos en el grado de aducción de los pliegues vocales. La vibración labial y lingual tuvieron los valores más bajos de CQ, hecho que coincide con los resultados en la investigación realizada por Gaskill y Erickson (2008), mientras que la fonación en tubo sumergido 10 cm bajo el agua los más altos. En el estudio realizado por Guzmán et al. (en prensa-c) donde se utilizaron ejercicios de tubo con extremo sumergido en agua se concluyó que el estrés de impacto durante la fonación a través del tubo sumergido en agua puede aumentar mientras la inmersión sea más profunda. Por ende es importante considerar el grado de resistencia al flujo que se le dará a cada paciente dependiendo de su diagnóstico. Este aspecto sería útil al escoger el tipo de ejercicio dependiendo si el tipo de disfonía es hiper o hipofuncional. En este sentido, en pacientes con parálisis de pliegue vocal o presbifonía sería más adecuado utilizar ejercicios con TVSO con mayor resistencia

al flujo tales como tubo sumergido en agua. Por el contrario en sujetos con hiperfunción sería más adecuado comenzar utilizando ejercicios con baja resistencia al flujo.

Efectos de los ejercicios con TVSO en las medidas aerodinámicas

Titze et al. (2002) señala que durante el uso de los tubos de resonancia se produce un aumento de la activación los músculos respiratorios. A través de esto es posible suponer que las presiones pulmonares pueden aumentar a valores elevados sin riesgo de injuria para los pliegues vocales, por ende se estaría promoviendo la economía vocal.

Respecto a los cambios aerodinámicos producidos por los ejercicios con TVSO, Titze et al. (2002) señala que uno de los efectos es el incremento del promedio de la presión oral (Poral) y por lo tanto un aumento de la presión intraglótica. Esto tiende a separar los pliegues vocales reduciendo el impacto mecánico al contactarse medialmente. Adicionalmente, en los estudios de Guzmán et al. (en prensa-a) y Amarante et al. (en prensa) se observó que los ejercicios con TVSO producen un aumento de la presión subglótica (Psub) y oral (Poral). Además la presión transglótica (Ptrans) fue mayor al realizar los ejercicios con TVSO. Esto implica que aunque Poral y Psub aumentan, no lo hacen de forma proporcional. Psub aumenta relativamente más que Poral, aspecto que se ve afectado principalmente por el diámetro y grado de profundidad en el agua en fonación con tubo. Esto parece ser debido a un ajuste compensatorio para mantener el flujo de aire durante la fonación.

Efectos de los ejercicios con TVSO en la configuración del tracto vocal

En investigaciones realizadas por Laukkanen, Horáček, Krupa y Švec (2012), Guzmán et al. (2013c) y Guzmán et al (en prensa-b), donde se utilizaron ejercicios con TVSO, se vio que la posición vertical de la laringe bajó, el área media sagital del tracto vocal aumentó, y el cierre velar mejoró durante y después de hacer dichos ejercicios. Además, la relación entre el área transversal de la faringe inferior respecto a la de la epilaringe aumentó durante y después de la fonación con tubo. También se observaron cambios acústicos como un mayor nivel total de presión sonora (SPL) y también más energía en el clúster del formante del hablante. Donde las distancias entre F4 y F3 y F5 y F4 mostraron una disminución. Otro estudio de Vampola, Laukkanen, Horáček y Švec (2011) de similares características, donde utilizó modelos de elementos finitos (FEM), encontró que hubo un aumento en la inercia de entrada del tracto vocal, especialmente en la gama de frecuencias de 2.5 a la de 4 KHz y un aumento de la energía acústica radiada fuera del tracto vocal después de la fonación en tubo.

El propósito del presente trabajo es mostrar los efectos de la terapia vocal fisiológica basada en un protocolo con ejercicios con TVSO en una paciente diagnosticada con nódulos vocales. Esto se realizará tanto con medidas objetivas (aerodinámicas, acústicas y EGG) como subjetivas (valoración perceptual clínica y de la paciente).

REPORTE DEL CASO

Motivo de consulta

Paciente mujer de 11 años es derivada por profesora de canto, ya que al cantar y al hablar se escucha escape de aire en su voz. Lleva cuatro años cantando, dos años tomando clases de canto y solo dos meses con la profesora que hizo la derivación. El problema se inició hace poco menos de dos meses y se caracteriza por la presencia de picazón en la garganta al cantar y corte de su voz sobre todo en la zona alta de su tesitura. Además señala que desde hace un mes le cuesta mucho llegar a las notas agudas y cuando lo logra es con mucho esfuerzo. Refiere fatiga vocal al terminar las clases de canto y necesidad de carraspear o toser. Sin embargo, la carraspera también está presente durante el día, especialmente en las mañanas.

El repertorio que aborda incluye básicamente el uso de belting (pop, soul, R and B, etc.). La madre señala que la paciente habla fuerte y grita mucho en la casa. Además, se informa que luego de llegar del colegio normalmente toma la guitarra y se pone a cantar o a componer en su habitación. En la academia de canto, además de las clases individuales de canto (dos veces por semana, una hora), tiene ensayos una vez por semana con la banda de la academia durante 3 horas los días sábados en la mañana.

Evaluación perceptual vocal

Durante la realización de la historia clínica, la voz hablada se escucha leve a moderadamente soplada, pero sin esfuerzo. Durante la evaluación de voz cantada (canto de canciones y vocalizaciones), se observa que su voz es soplada en la zona media y baja de su tesitura, sin embargo, no se escucha soplado durante el canto en tonos agudos haciendo uso de belting. Cuando debe hacer uso de voz mixta o de cabeza en tonos agudos la voz sí se percibe soplada. Existe un muy buen manejo de aspectos tales como el vibrato, manejo de registros y pasajes vocales, color y brillo de la voz. Es capaz de producir voz con alta sonoridad, pero tiene dificultad para lograr intensidades reducidas, sobre todo en tonos agudos. Su canto es en general a muy alta intensidad.

Informe médico otorrinolaringológico (ORL)

El informe profesional señala que el diagnóstico es exudado bilateral en glotis membranosa media, aparentemente nódulos bilaterales. El examen realizado fue una telaringoscopia con luz estroboscópica. El médico ORL señala además la existencia de paquidermia posterior y pseudosulcus (edema subglótico) bilateral. No existe actividad excesiva de estructuras supraglóticas durante el habla, pero sí una notoria constricción anteroposterior durante el canto, sobre todo en frecuencias fundamentales e intensidades altas. Existe inflamación de cornetes y desviación septal. El médico receta medicamentos para el reflujo e indica terapia fonoaudiológica por 8-10 sesiones.

Evaluación de medidas aerodinámicas y EGG

Se obtuvo un promedio de flujo translótico de 302 ml/seg (rango normal 80-200 ml/seg), presión subglótica promedio de 9.7 cm H₂O (rango normal 5-10 cm H₂O), resistencia glótica de 0.03 cm H₂O/ml/seg (rango normal 0,032-0,045 cm H₂O/ml/seg), umbral de presión de la fonación de 7.06 cm H₂O (rango normal 3-5 cm H₂O) y cociente de contacto de 38% (rango normal 45-55%). Estas medidas fueron tomadas pidiéndole a la paciente una emisión en tono y en intensidad cómodas. Se observa que el promedio de flujo translótico se encuentra aumentado de forma considerable sobre los rangos de normalidad, el umbral de presión de la fonación también se encuentra aumentado, mientras que el cociente de contacto se encuentra disminuido, al igual que la resistencia glótica en grado leve. Por último, si bien el promedio de presión subglótica se encuentra dentro de rangos normales, este tiende a estar hacia el límite superior, pudiendo pasar a un rango aumentado. Los datos de medidas aerodinámicas se obtuvieron con un sistema aerodinámico fonatorio (PAS, modelo 4500, KayPENTAX, Lincoln Park, NJ). Los datos de EGG se obtuvieron con un electroglotógrafo (modelo 6103, KayPENTAX). Ambos sistemas aerodinámicos y electroglotográficos se conectaron a una interfaz (Computerized Speech Lab, Modelo 4500, KayPENTAX), que a su vez se conectó a un ordenador de escritorio que ejecuta un análisis de EGG en Tiempo Real (Modelo 6600, versión 3.4, KayPENTAX).

Evaluación medidas acústicas

Para la evaluación funcional de la voz hablada se utilizó el programa "Multi dimensional voice profile" (MVDP), donde se le solicitó a la paciente la emisión de la vocal /a/ mantenida. Se observaron anomalías en los índices acústicos de jitter, shimmer, soft phonation index y grado de segmentos sin voz (DUV), mientras que las otras medidas estaban dentro de los rangos normales. Además en relación al análisis espectral se obtuvo un bajo valor de L1-L0 (-2.11 dB) y "alpha ratio" (-2.05 dB), lo que estaría indicando una voz más bien soplada. Por último en relación al análisis espectral se obtuvo un valor para el cepstrum de 85 dB.

Para obtener los datos del análisis acústico se utilizó el software Kay Computerized Speech Laboratory (CSL) y Multidimensional Voice Profile (KayPENTAX, Lincoln Park, NJ). Las muestras de voz se midieron a una distancia constante entre micrófono y boca de 10 cm. Se utilizó un micrófono condensador (AKG-Perception-120, AKG Acoustics, Viena, Austria) conectado al registrador DAT (Marantz PMD 671; Marantz, Mahwah, NJ). Las muestras se registraron digitalmente a una velocidad de muestreo de 44,1 kHz con 16 bits / cuantización de la muestra.

Las medidas espectrales fueron obtenidas por el programa Praat, versión 5.2 (Boersma & Weenink, 2008). Los picos energéticos se calcularon entre 0-5000 Hz, con ventana Hanning y un ancho de banda de 100 Hz. Se analizó durante al menos 80 segundos de la muestra. Para realizar el análisis de los resultados,

los sonidos y las pausas no vocales fueron automáticamente eliminados de las muestras por el software Praat, utilizando la versión de corrección de tono con ajustes estándar.

Plan de tratamiento

El plan de tratamiento se planificó en base a: (1) la tendencia fisiológica de rehabilitación de la voz, incluyendo además (2) elementos de higiene vocal y considerando (3) aspectos emocionales de la paciente. Se realizaron 8 sesiones con una frecuencia de una sesión semanal y una duración de 30 minutos cada una. En la primera sesión de tratamiento se instruyó a la paciente en relación a las normas de higiene vocal (terapia vocal indirecta), poniendo especial énfasis en la hidratación laríngea sistémica, reducción de agentes inflamatorios existentes y reducción del fonotrauma reduciendo la dosis de tiempo de fonación y también reducción de la intensidad de la voz hablada y cantada.

La terapia vocal directa se realizó con diferentes tipos de ejercicios con TVSO y tareas fonatorias incluidas de manera secuencial y paulatina en las 8 sesiones de tratamiento vocal.

Los ejercicios incluidos fueron: fonación en tubo con extremo libre en aire, tubo sumergido en el agua (se comenzó con 1 cm y se terminó con 5 cm de profundidad en el periodo de tratamiento), /b/ prolongada (lip buzz), vibración labial, vibración lingual, raspberries, consonantes nasales, Y-buzz y consonante sonora /z/. Varios criterios fueron utilizados para el orden de aparición de los ejercicios durante la terapia. Por ejemplo al inicio de la terapia se comenzó con fonación en tubo por dos hechos: 1) este ejercicio opone poca resistencia al flujo y por lo tanto promueve la facilidad en la fonación. El hecho de producir poca resistencia al flujo causa que el aumento de la presión intraoral sea leve y por ende el aumento de la presión subglótica necesaria para mantener la fonación también sea leve. 2) este ejercicio produce de forma evidente sensaciones de vibración anterior en la mayoría de los pacientes. Luego de agregar ejercicios como la /b/ prolongada por presentar esta mayor resistencia al flujo que el tubo con extremo libre en el aire. Posteriormente se agregó la terapia de resistencia en agua por la misma razón. En este último ejercicio se utilizó primero niveles de sumergimiento de 1-3 cm (baja resistencia al flujo) para luego aumentar a 5 cm de agua (alta resistencia al flujo). Los restantes ejercicios se agregaron entre o posterior a los anteriormente mencionados para aumentar la variabilidad de la práctica y trabajar diferentes tipos y lugares de vibración.

Las tareas fonatorias utilizadas a lo largo de las 8 sesiones de tratamiento fueron: tono mantenido, tono mantenido con cambios de configuración del tracto vocal (horizontal y vertical en diferentes grados), messa di voce, glissandos ascendentes y descendentes, acentos de intensidad y F0 al mismo tiempo, melodía de canción y melodía prosódica de habla. El criterio para secuenciar las tareas fonatorias fue en principio el grado de dificultad para la ejecución correcta (con voz fácil) y el grado de presión subglótica necesaria para hacer cada una de ellas. Se comenzó con tonos mantenidos, luego se agregó tonos mantenidos con cambios de forma, se agregaron posteriormente glissandos, messa di voce, acentos y finalmente melodías de canción y melodías prosódicas. El hecho de incluir varias tareas fonatorias contribuye a la variabilidad de la práctica.

Durante la realización de los ejercicios vocales se puso especial énfasis en sensaciones de vibración y de voz fácil. En relación a la sensación de vibración, se trabajaron diferentes lugares de vibración (anterior, medio, posterior), magnitudes de vibración (alta, media, baja) y tipos de vibración (vibraciones desde una fuente de vibración o dos fuentes como es el caso de la terapia de resistencia en agua). Cada uno de estos elementos fue manejado y modificado a través de cambios en las tareas fonatorias y ejercicios vocales. Además, se hizo tomar conciencia de la activación muscular abdominal que ocurría durante la realización de ciertos ejercicios o tareas fonatorias. Durante todo el proceso terapéutico se hizo uso de los principios de aprendizaje sensorio-motor.

Durante la realización de los ejercicios vocales se solicitó a la paciente que hiciera uso de diferentes patrones tónico-posturales, marcha con diferentes patrones rítmicos y de velocidad y movimientos de segmentos del cuerpo disociados de otros segmentos. Además se utilizó ruido ambiental durante la realización de los ejercicios vocales. Esto contribuye a una mejor transferencia del patrón nuevo aprendido. Estos dos aspectos, cambios corporales y ruido fueron incluidos, una vez que la paciente ejecutó de manera adecuada los ejercicios y tareas fonatorias en posición sentada.

Se indicó a la paciente que debía realizar los ejercicios 6-8 veces al día, entre 5 a 10 minutos cada vez. Además se indicó que debería realizarlo mientras hiciera otras actividades, como ver TV, caminar, etc.

RESULTADOS

Informe ORL post tratamiento

Luego de 8 sesiones de terapia vocal, el médico ORL realiza nuevamente telaringoscopia con luz estroboscópica y señala lo siguiente: No hay lesiones en borde libre de los pliegues vocales, sin embargo, se observa un aumento de mucus espeso en la zona nodal (glotis membranosa media). Persiste la presencia de paquidermia posterior, no obstante, el pseudosulcus ya no se observa. La actividad supraglótica se caracteriza por mantención de la constricción anteroposterior durante el canto.

Valoración perceptual y de la paciente post tratamiento

Perceptualmente, la voz de la paciente sigue siendo levemente soplada en voz hablada y en la zona media de su tesitura en voz cantada, sin embargo, ella señala que no le molesta ese leve soplo y que no constituye un problema. Así mismo, las intensidades bajas ahora son producidas con un leve soplo, no obstante, la paciente señala que siempre lo ha tenido al cantar. Los agudos en clases de canto y durante las presentaciones han ganado en facilidad. La paciente señala además que ha recuperado los tonos altos que antes de comenzar la terapia había perdido.

Medidas aerodinámicas y EGG

A continuación la Tabla 1 y las Figuras 1, 2 y 3, muestran de manera comparativa los resultados de las medidas aerodinámicas y EGG obtenidas antes y después de las 8 sesiones de terapia vocal.

Tabla 1. Medidas aerodinámicas y EGG pre y post tratamiento

Parámetro	Pre tratamiento	Post tratamiento
Promedio de flujo translótico	302 ml/seg	190 ml/seg
Presión subglótica	9.7 cm H2O	9.5 cm H2O
Resistencia glótica	0.03 cm H2O /ml/seg	0.05 cm H2O /ml/seg
Umbral de presión de la fonación	7.06 cm H2O	5.42 cm H2O
Cociente de contacto EGG	38 %	50%

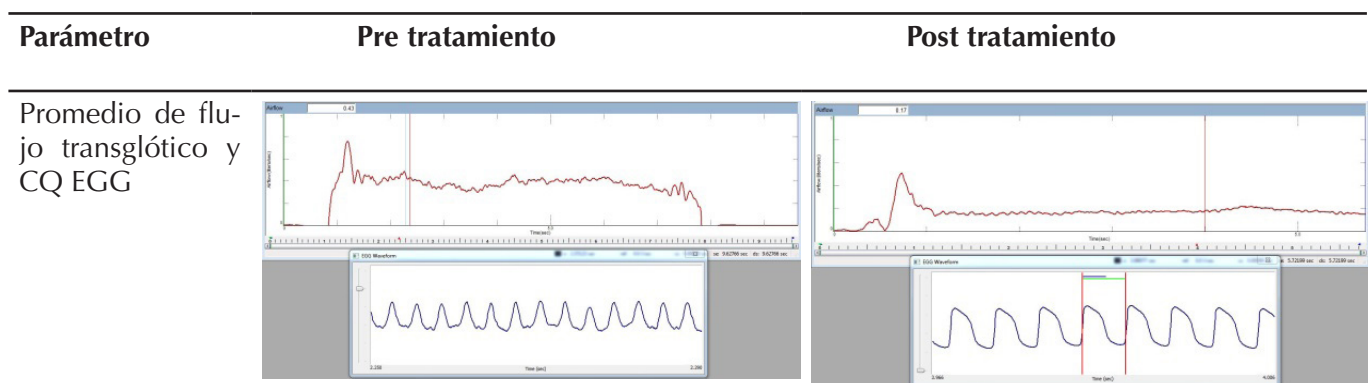


Figura 1. Promedio de flujo translótico (arriba) y CQ EGG (abajo) en pre y post tratamiento.

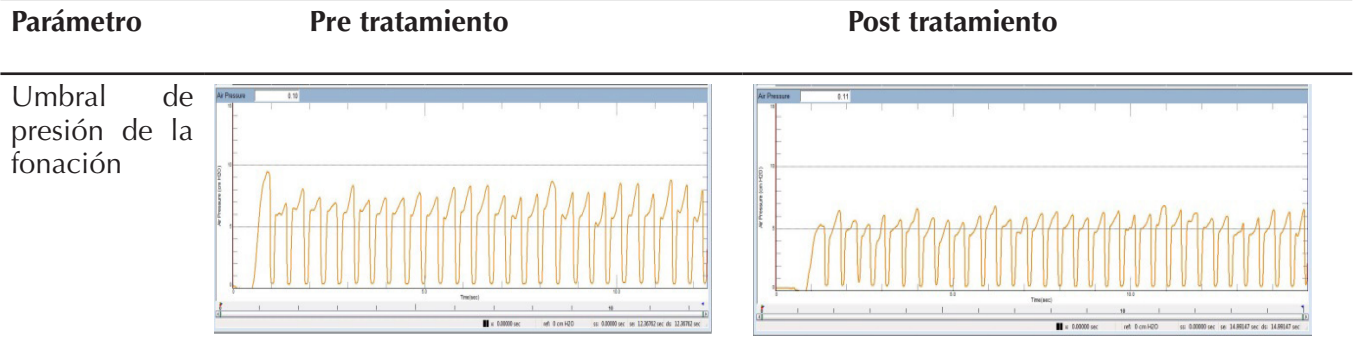


Figura 2. Umbral de presión de la fonación en pre y post tratamiento.

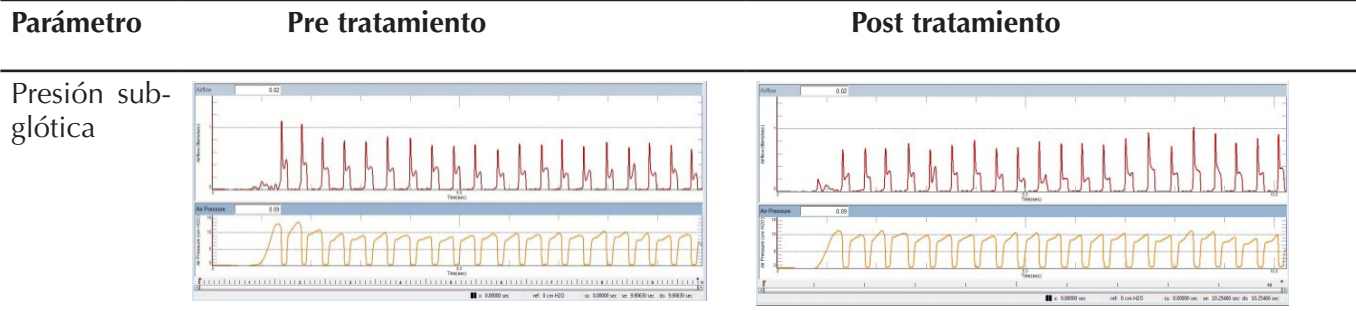


Figura 3. Presión subglótica en pre y post tratamiento.

Medidas acústicas

A continuación la Tabla 2y las Figuras 4, 5 y 6, muestran de manera comparativa los resultados de las medidas acústicas obtenidas antes y después de las 8 sesiones de terapia vocal.

Tabla 2. Medidas acústicas pre y post tratamiento

Parámetro	Pre tratamiento	Post tratamiento
HNR	6.1 dB	12.19 dB
NHR	0.15 dB	0.13 dB
Jitter	2.9 %	0.98 %
Shimmer	5.13 %	5.29 %
SPI	20.08 dB	16.15 dB
Cepstrum	85 dB	141 dB
Alpha ratio	-2.05 dB	1.05 dB
L1-L0	-2.11 dB	10.11 dB

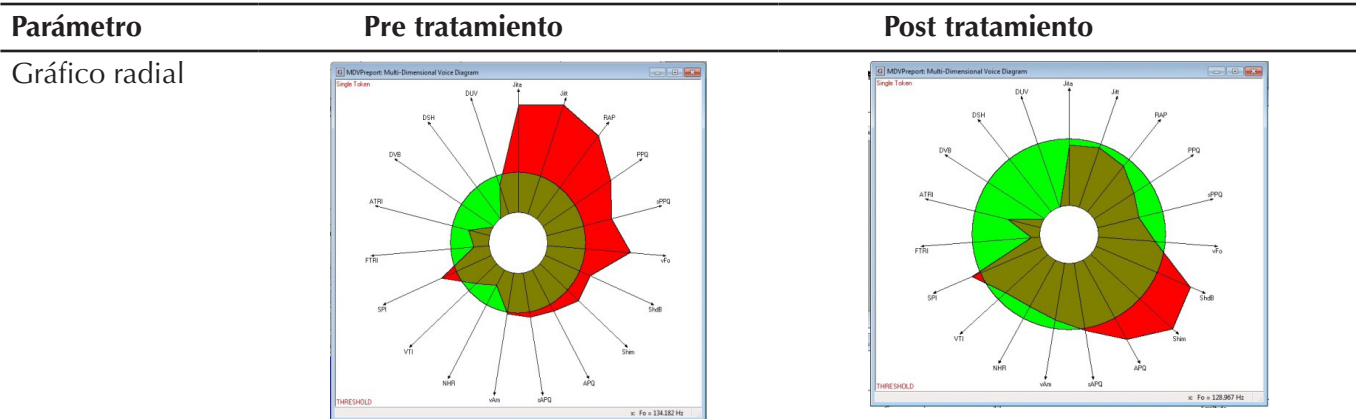


Figura 4. Gráfico MVDP en pre y post tratamiento.

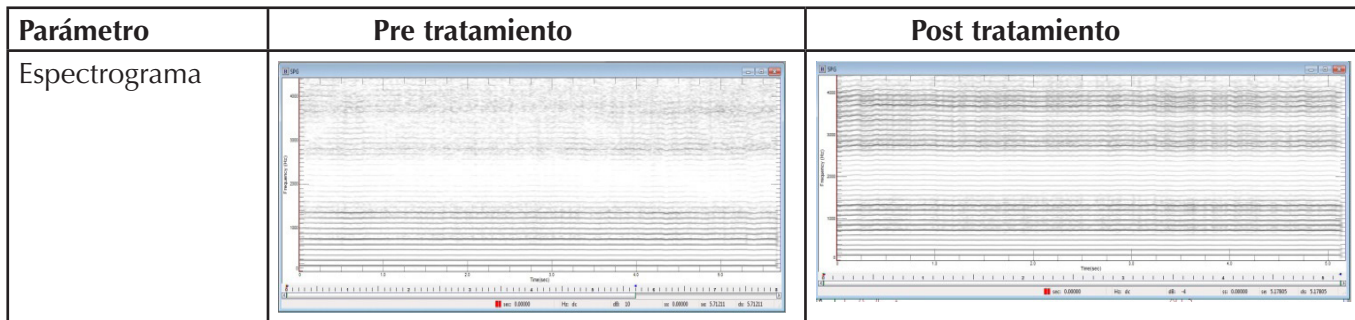


Figura 5. Espectrograma en pre y post tratamiento.

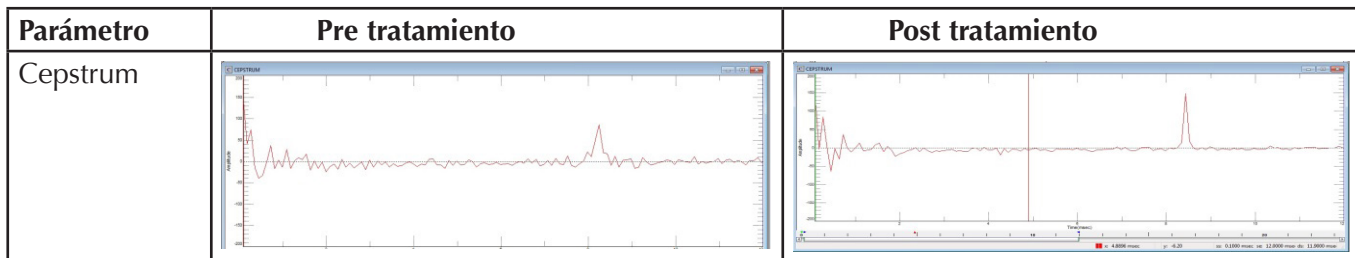


Figura 6. Cepstrum en pre y post tratamiento.

El alta dada la paciente fue relativa, ya que luego de 4 semanas desde que se finalizó la terapia se le indicó que debe volver a control con fonoaudiólogo y ORL.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue mostrar los efectos de la terapia vocal fisiológica basada en un protocolo de ejercicios con TVSO, en una paciente diagnosticada con nódulos vocales. Esto se realizó tanto con medidas objetivas (aerodinámicas, acústicas y EGG) como subjetivas (valoración perceptual clínica y de la paciente).

Uno de los rasgos más importantes de la voz de la paciente antes de comenzar la terapia vocal era el soplo durante la voz hablada y también al cantar en su tesitura media y baja. Es altamente probable que este soplo tenga su mayor causa en el hiatus provocado por las lesiones exudativas (tipo nódulos) diagnosticadas por el médico ORL. Las personas con voces sopladas tienen como característica el reemplazo de los armónicos (producidos por los pliegues vocales) por ruido glótico dentro de la señal acústica (Baken & Orlikoff, 2000). Esto debido seguramente a que producto de la lesión en los pliegues vocales no se puede llevar a cabo una función eficiente del sistema fonatorio, por ende no toda la energía aerodinámica es convertida en energía acústica armónica. Esto se refleja en las señales aperiódicas (ruido) observadas en las evaluaciones acústicas

Este soplo percibido auditivamente se relaciona con varios elementos entregados por las evaluaciones objetivas funcionales pre tratamiento. Por ejemplo, se observa un alto grado de flujo transglótico (302 ml/seg), una reducida resistencia glótica (0.03 cm H₂O /ml/seg), un bajo valor de CQ EGG (38%)(Tabla 1), un bajo valor de HNR, un alto SPI y un bajo valor de L1-L0 y alpha ratio(Tabla 2). Además, en el espectrograma (Figura 5) se observa una gran cantidad de ruido inter-armónico, sobre todo en la zona alta del espectro.

Puede parecer extraño que la paciente solo haya mostrado soplo al cantar en su tesitura media y baja (no se escuchaba soplo durante el canto en tonos agudos haciendo uso de belting). Es importante señalar que el belting es una técnica del canto popular muy utilizada por hombres y mujeres en la actualidad. Esta técnica se caracteriza por la emisión de tonos altos (límite superior de la tesitura) con voz de pecho y normalmente con alta intensidad. Fisiológicamente hablando, el belting implica un grado de aducción elevado de los pliegues vocales acompañado de alta presión subglótica (McCoy, 2007), hecho que podría estar explicando la ausencia de soplo en los tonos altos de la tesitura de la paciente.

Si se comparan los resultados pre y post tratamiento en relación a la cualidad de voz soplada, podemos observar que varios de los parámetros anteriormente mencionados experimentaron cambios, indicando una disminución del soplo fonatorio. La resistencia glótica y el CQ EGG aumentaron, mientras que el promedio de flujo translótico disminuyó (Figura 1). Estos cambios positivos que se observan posterior a la realización del plan terapéutico pueden ser asociados a un aumento de la interacción entre los pliegues vocales y el tracto vocal (interacción fuente-filtro), lo cual conduce a una fonación más eficiente y económica gracias al uso de las técnicas terapéuticas que provocan una semi-oclusión (Titze, 2006).

Algunos índices acústicos también manifestaron cambios indicando una reducción objetiva en la soplosidad de la voz. Es así como el SPI disminuyó (Figura 4), mientras que alpha ratio y L1-L0 aumentaron (Figura 5). Estos tres parámetros acústicos están relacionados con la pendiente espectral y más fisiológicamente con el grado de aducción de los pliegues vocales. Además visualmente, en la presente investigación el ruido inter-armónico disminuyó en el espectrograma (Figura 5).

Laukkanen et al. (1996) investigó los efectos de un tipo de ejercicio con TVSO, donde los resultados mostraron que después de realizar dichos ejercicios se la pendiente espectral fue menor comparada con el estado basal. Del mismo modo, Guzman et al, 2013a y Guzman et al, 2013b encontraron un aumento de la energía espectral en la zona alta del espectro posterior a ejercicios con TVSO.

Todos estos cambios objetivos observados en la evaluación post terapia, podrían ser explicados por la eliminación de las lesiones exudativas que presentaba la paciente en el evaluación ORL inicial, causando de esta forma una eliminación o reducción del hiatus fonatorio. En el evaluación post terapia vocal, el médico solo observó alta cantidad de moco espeso en la zona nodal. Este hecho podría ser indicativo de que aún existe cierto grado de estrés de impacto aumentado y en consecuencia fatiga vocal (Titze, 1994), no obstante, es probable que haya disminuido considerando la ausencia de lesiones en el borde libre de los pliegues vocales en el examen posterior al tratamiento. Además, según Titze (1994) una de las manifestaciones que se pueden presentar en cantantes con fatiga vocal es la pérdida o dificultad en la emisión de las frecuencias agudas de la tesitura. Este hecho fue reportado por la paciente en el principio del tratamiento, sin embargo, después de las ocho sesiones esta refirió que había recuperado los tonos altos que había perdido antes de comenzar la terapia y también tuvo mayor facilidad en relación al manejo de la parte alta de su tesitura.

Otro parámetro derivado del análisis espectral es el cepstrum. Esta variable hace referencia a la cualidad vocal sin considerar el posible grado de aperiodicidad de la señal acústica (Alonso, Ferrer, León & Travieso, 2006). Al comparar los valores cepstrales pre y post tratamiento (Figura 6), es posible observar un incremento en intensidad posterior a la terapia vocal desde 85 dB a 141 dB. En las figuras del cepstrum, se observa que el pico cepstral post terapia es más alto y de base más angosta (indicativo de alta estabilidad vocal) comparado con el pico cepstral pre terapia vocal. En un estudio realizado por Guzmán et al. (2012a), donde se utilizaron tubos de resonancia encontraron resultados similares. En dicha investigación se produjo un aumento de la definición de la estructura armónica, reflejado en el aumento del valor del pico del cepstrum.

El esfuerzo fonatorio durante el canto fue otro de los aspectos reportados por la paciente. El umbral de presión de la fonación, es un parámetro objetivo relacionado con la percepción de esfuerzo al fonar. Este parámetro mostró una disminución (Figura 2) desde 7.06 cm H₂O a 5.42 cm H₂O, hecho que podría estar relacionado con la eliminación de la sensación de esfuerzo al cantar que señaló la paciente durante la evaluación final. El promedio de presión subglótica también ha sido asociado al grado de esfuerzo fonatorio. Sin embargo, esta variable (Figura 3) no mostró cambios importantes al comparar las muestras pre y post tratamiento. Con respecto a la eliminación de esfuerzo fonatorio y la mejora percibida en la emisión vocal referida por la paciente, Guzmán et al. (en prensa-d) en una investigación cuyo propósito fue determinar la eficacia de la terapia de resistencia en el agua y fonación en tubo con extremo libre en el aire, encontraron una disminución en el "Voice Handicap Index" (VHI), aumento de la autopercepción de la calidad de la voz resonante (mejora), disminución de la P_{sub} y umbral de presión de la fonación.

Titze y Story (1997) propusieron que el aumento de la inercia puede afectar el modo de vibración de los pliegues vocales, facilitando este proceso. Obteniendo como resultados una disminución del umbral de la fonación y por ende la promoción de la economía vocal. Otros estudios de casos tales como los de

Guzmán (2012) y Stemple (2000) mediante la aplicación de la terapia vocal fisiológica utilizando ejercicios de TVSO e implementación de normas de higiene vocal, lograron resultados similares, eliminando los cuadros de fatiga vocal

Un aspecto que también mostró cambios positivos al comparar las condiciones pre y post terapia en el presente trabajo fue la eliminación del pseudosulcus o edema subglótico causado por el reflujo faringolaríngeo. El edema subglótico, descrito por primera vez por Koufman (1995) es una inflamación que se produce justo por debajo de los pliegues vocales, los cuales se extienden desde la comisura anterior hasta la laringe posterior, dando la impresión visual de repliegues paralelos a los pliegues vocales verdaderos. A pesar de que este signo laríngeo no se encontró presente en el examen post terapia, la paquidermia posterior o también llamada comisuritis posterior, no disminuyó posterior el tratamiento.

Cabe destacar que si bien dentro del plan de tratamiento se consideraron elementos de higiene vocal, tales como la hidratación laríngea sistémica, normas para el control de reflujo y fonotrauma, además de aspectos emocionales, el elemento central en este proceso fue la secuencia de ejercicios fonatorios de TVSO. Por ende a estos ejercicios son a los que se les atribuye en mayor medida los efectos evidenciados en la evaluación post terapia.

Por último, es importante destacar que la presencia de constricción supraglótica al cantar durante el examen laringoscópico no mostró cambios según indicó el médico ORL. Considerando que la paciente es entrenada vocalmente, es altamente probable que este signo laringoscópico no sea indicativo de tensión muscular laríngea inadecuada durante el canto. De hecho las constricciones supraglóticas no siempre son causadas por una incorrecta actividad muscular, sobre todo si se observa en una persona vocalmente entrenada durante la producción de tonos altos a alta intensidad (tal como se observó en el examen laringoscópico de la paciente). Por el contrario, de acuerdo a Mayerhoff et al. (2014) en este tipo de sujetos, la actividad supraglótica es considerada como un comportamiento regular durante el canto en sujetos normales e incluso puede asociarse como un elemento protector e indicativo de una correcta técnica vocal.

CONCLUSIÓN

La terapia vocal fisiológica basada en un protocolo con ejercicios con TVSO, como parte del plan de tratamiento, puede ser efectiva en el manejo de pacientes con patologías vocales orgánicas de base funcional tal como nódulos vocales. Luego de las 8 sesiones de terapia se observó la desaparición de las lesiones fonotraumáticas presentadas en un principio en el borde libre de los pliegues vocales. También mejoró la valoración perceptual tanto del cínico como de la paciente, resaltando la gran disminución de soplosidad, mejor manejo de la tesitura y eliminación de la sensación de esfuerzo al cantar. Todas estos elementos subjetivos se encuentran respaldados con las medidas objetivas aerodinámicas, EGG y acústicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. B., Ferrer, M. A., Leon, J. D., & Travieso, C. M. (2006). Cuantificación de la voz para su evaluación clínica por medio del análisis acústico. IV Jornadas de Tecnología del habla. Zaragoza; 8 al 10 de noviembre.
- Amarante, P., Wistbacka, G., Larsson, H., et al. (en prensa). The flow and pressure relationships in different tubes commonly used for semi-occluded vocal tract exercises. *Journal of Voice*.
- Baken, R. J., & Orlikoff, R. F. (2000). Clinical measurement of speech and voice. United states of America: Thomson Delmar Learning.
- Bickley, C. C., & Stevens, K. N. (1986). Effects of a vocal tract constriction on the glottal source: experimental and modeling studies. *J Phonetics*. 14, 373–382.
- Fant, G., & Lin, Q. (1987) Glottal source-vocal tract acoustic interaction. STL-QPSR. 28. (1), 13–27.
- Gaskill, C. S., y Erickson, M. L. (2008) The effect of a voiced lip trill on estimated glottal closed quotient. *J Voice*. 22. (6), 634–643.
- Gaskill, C. S., & Quinney, D. M. (2012). The effect of resonance tubes on glottal contact quotient with and without task instruction: a comparison of trained and untrained voices. *J Voice*. 26. (3), e79–e93.
- Guzmán M. (2012). Terapia con tracto vocal semi-ocluido: un estudio de caso. *Revista chilena de fonoaudiología*. 11, 87-97.
- Guzmán, M., Angulo, M., Muñoz, D., & Mayerhoff, R. (2013a). Effect on long-term average spectrum of pop singers vocal warm-up with vocal function exercises. *International journal of speech-language pathology*. 15. (2), 127,135.
- Guzmán, M., Calvache, C., Romero, L., Muñoz, D., Olavarría, C., Madrid, S., Leiva, M., & Bortnem, C. (2015). Do different semi-occluded voice exercises affect vocal fold adduction differently in subjects. *Folia phoniatica et logopaedica*. 67, 68-75
- Guzmán, M., Callejas, C., Castro, C., García-Campo, P., Lavanderos, D., Valladares, M., Muñoz, D., & Carmona, C. (2012b). Efecto terapéutico de los ejercicios con tracto vocal semiocluido en pacientes con disfonía músculo tensional tipo 1. *Journal of Voice*. 32, 139-146.
- Guzmán, M., Castro, C., Madrid, S., Olavarría, C., Leiva, M., Muñoz, D., Jaramillo, E., & Laukkanen A. M. (en prensa-a). Air pressure and contact quotient measures during different semioccluded postures in subjects with different voice conditions. *Journal of voice*.
- Guzmán, M., Higuera, D., Fincheira, C., Muñoz, D., & Guajardo, C. (2012a). Efectos acústicos inmediatos de una secuencia de ejercicios vocales con tubos de resonancia. *Revista CEFAC*. 14. (3), 471-480.
- Guzmán, M., Higuera, D., Fincheira, C. Muñoz, D., Guajardo, C., & Dowdall, J. (2013b). Immediate acoustic effects of straw phonation excercis in subjects with dysphonic voices. *Logopedics Phoniatics Vocology*. 38, 35-45.
- Guzmán, M., Jara, R., Olavarría, C., Caceres, P., Escuti, G., Medina, F., Medina, L., Madrid, S., Muñoz, D., & Laukkanen, A. M. (en prensa-d). Efficay of wáter resistance therapy in subjects diagnosed with behavioral dysphonia: A randomized controlled trial. *Journal of voice*.
- Guzmán, M., Laukkanen, A. M., Krupa, P., Horáček, J., Švec, J., & Geneid, A. (2013c). Vocal tract and glottal function during and after vocal exercising with resonance tube and straw. *Journal of Voice*. 27. (4), 524-534.
- Guzmán, M., Laukkanen, A. M., Traser, L., Geneid, A., Richter, B., Muñoz, D., & Echtertnach, M. (en prensa-c). The influence of wáter resistance therapy on vocal folds vibration: a high-speed digital imaging study. *Logopedics phoniatics vocology*
- Guzmán, M., Miranda, G., Olavarría, C., Madrid, S., Munñoz, D., Leiva, M., Looez, L., & Bortnem, C. (en

prensa-b). Computerized tomography measures during and after artificial lengthening of the vocal tract in subjects with voice disorders. *Journal of voice*.

- Kotby, N. M. (1995). *The accent method of voice therapy*. San Diego: CA: Singular Publishing Group.
- Laukkanen, A. M., Horáček, J., Krupa, P., & Švec, J. G. (2012). The effect of phonation into a straw on the vocal tract adjustments and formant frequencies. A preliminary MRI study on a single subject completed with acoustic results. *Biomed Signal Process Contr.* 7, 50–57.
- Laukkanen, A. M., Lindholm, P., Vilkman, E. et al. (1996). A physiological and acoustic study on voiced bilabial fricative /β:/ as a vocal exercise. *J Voice.* 10 (1) 67–77.
- Laukkanen, A. M., Titze, I. R., Hoffman, H., & Finnegan, E. (2008). Effects of a Semiocluded Vocal Tract on Laryngeal Muscle Activity and Glottal Adduction in a Single Female Subject. *Folia Phoniatr Logop.* 60, 298–311.
- Mayerhoff, R. M., Guzmán, M., Jackson-Menaldi, C., Muñoz, D., Dowdall, J., Mali, A., Johns, M. M., Smith, L. J., & Rubin, A. D. (2014). Analysis of supraglottic activity during vocalization in healthy singers. *The American Laryngological, Rhinological and Otological Society.* 124, 504-509.
- McCoy, S. (2007). A classical pedagogue explores belting. *Journal of Singing.* 63. (5), 545-549.
- Rothenberg M. (1981). Acoustic interaction between the glottal source and the vocal tract. In: Stevens KN, Hirano M, eds. *Vocal Fold Physiology*. Tokyo, Japan: University of Tokyo Press. 305–328.
- Rothenberg, M. (1983). Source-tract acoustic interaction and voice quality. In: Lawrence VL, ed. *Transcripts of the 12th Symposium Care of Professional Voice, Part L*. New York, NY: The Voice Foundation. 25–31.
- Rothenberg, M. (1988). Acoustic reinforcement of vocal fold vibratory behavior in singing, vocal physiology: voice production, mechanisms and functions. In: Fujimura O, ed. *New York, NY: Raven Press.* 379–389.
- Simberg, S. (2004). *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.
- Simberg, S., & Laine, A. (2007). The resonance tube method in voice therapy: Description and practical Implementations. *Logop Phon Vocology.* 32, 165-170.
- Stemple, J. C. (2000). *Voice therapy clinical studies*. Canada: Singular Thomson Learning.
- Stemple, J. C., Lee, L., D'Amico, B., & Pickup, B. (1994). Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice production. *Journal of Voice.* 8. (3), 271-278
- Story, B. H., Laukkanen, A. M., & Titze, I. R. (2000) Acoustic impedance of an artificially lengthened and constricted vocal tract. *J Voice.* 14. (4), 455–469
- Titze I. R. (1988). The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds. *J Acoust Soc Am.* 83. (4), 1536–1552.
- Titze, I. R. (1994). *Principles of Voice Production*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Titze, I. R. (2001). Acoustic interpretation of resonant voice. *J Voice.* 15. (4), 519–528.
- Titze, I. R. (2006). Voice training and therapy with a semi- occluded vocal tract: rationale and scientific underpinnings. *J Speech Lang Hear Res.* 49. (2), 448–459.
- Titze, I. R. (2008). Nonlinear source-filter coupling in phonation: theory. *J Acoust Soc Am.* 123. (5), 2733–2749.
- Titze, I. R., Finnegan, E. M., Laukkanen, A. M., & Jaiswal, S. (2002). Raising lung pressure and pitch in vocal warm-ups: the use of flow-resistant straws. *J Singing.* 58, 329–338.

- Titze, I. R., & Laukkanen, A. M. (2007). Can vocal economy in phonation be increased with an artificially lengthened vocal tract? A computer modeling study. *Logoped Phoniatr Vocol.* 32. (4), 147–156.
- Titze, I. R., & Story, B. H. (1997) Acoustic interactions of the voice source with the lower vocal tract. *J Acoust Soc Am.* 101. (4) 2234–2243.
- Vampola, T., Laukkanen, A. M., Horáček, J., & Švec, J. G. (2011). Vocal tract changes caused by phonation into a tube: a case study using computer tomography and finite-element modeling. *J Acoust Soc Am.* 129. (1) 310–315.
- Verdolini, K., Druker, D. G., Palmer, P. M., & Samawi, H. (1998). Laryngeal adduction in resonant voice. *Journal of Voice.* 12. (3), 315-327.