

ORIGINAL

Efecto terapéutico de los ejercicios con tracto vocal semiocluido en pacientes con disfonía músculo tensional tipo I

Marco Guzmán^{a,*}, Claudia Callejas^b, Christian Castro^b, Pablo García-Campo^b, Daniela Lavanderos^b, María José Valladares^b, Daniel Muñoz^c y Cristina Carmona^b

^a Escuela de Fonoaudiología, Universidad de Chile, Fundación Iberoamericana de Voz Cantada y Hablada (FIVCH), Santiago de Chile, Chile

^b Escuela de Fonoaudiología, Universidad de Valparaíso, Santiago de Chile, Chile

^c Programa Magíster en Bioestadística, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile

Recibido el 28 de febrero de 2011; aceptado el 10 de enero de 2012

Disponible en Internet el 11 de julio de 2012

PALABRAS CLAVE

Disfonía;
Impedancia acústica;
Terapia vocal;
Tracto vocal

KEYWORDS

Dysphonia;
Acoustic impedance;
Vocal therapy;
Vocal tract

Resumen La fonación con posturas semiocluidas del tracto vocal y fonación dentro de tubos han sido ampliamente utilizadas para rehabilitación y entrenamiento de la voz. Estas técnicas incrementan la interacción fuente/filtro y producen varios efectos fisiológicos y acústicos tales como el incremento de la reactancia inercial del tracto vocal en el rango entre 200-1.000 Hz y por lo tanto refuerzan la vibración de los pliegues vocales. Once estudiantes de teatro diagnosticados con disfonía músculo tensional tipo I fueron tratados con una secuencia de ejercicios con tracto vocal semiocluido durante 6 sesiones. Esta secuencia incluyó la consonante bilabial /β:/ y alargamiento artificial del tracto vocal utilizando tubos de resonancia. Las tareas fonatorias fueron una fonación mantenida en una frecuencia fundamental e intensidad cómoda, y *glissandos* ascendentes y descendentes. Las muestras de voz fueron grabadas antes y 6 sesiones después de la terapia vocal. El análisis se llevó a cabo con laringoscopia flexible y espectrografía con filtro de banda estrecha. Los espectrogramas fueron evaluados por 5 jueces externos en una escala análoga visual de 100 mm. Se compararon las valoraciones de los espectrogramas pre y postterapia vocal y análisis estadístico fue realizado. Se observaron cambios positivos significativos en el análisis espectral y en los patrones musculares laríngeos. Los resultados indican que el uso de tubos de resonancia y posturas semiocluidas del tracto vocal puede tener un efecto terapéutico en pacientes con disfonía músculo tensional tipo I.

© 2011 AELFA. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Therapeutic effect of semi-occluded vocal tract exercises in patients with type I muscle tension dysphonia

Abstract Phonation with semi-occluded postures of the vocal tract and phonation into resonance tubes are widely used in voice therapy and voice training. These techniques increase the source/filter interaction and produce several physiologic and acoustic effects such as an

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: guzmanvoz@gmail.com (M. Guzmán).

increase in the inertive reactance of the vocal tract in the 200-1000 Hz range and thereby reinforce vocal fold vibration. Eleven acting students of both sexes diagnosed with type I muscle tension dysphonia were treated with a sequence of semi-occluded vocal tract exercises over six sessions. This sequence included a prolonged bilabial consonant /β:/ and artificial lengthening of the vocal tract using resonance tubes. The phonatory tasks consisted of a sustained phonation in a comfortable pitch, and ascending/descending pitch glides. Voice samples were recorded before and after six sessions of voice therapy. Flexible laryngoscopy and spectral analysis using a spectrogram with a narrow filter at real time were used for analysis. Spectrograms were evaluated by five blinded judges on a 100 mm visual analogue scale. Two time points were compared and a statistical analysis was performed. Significant positive changes were observed by spectral analysis evaluation and laryngeal muscle pattern changes. The results indicate that the use of resonance tubes and semi-occluded postures of the vocal tract can have a therapeutic effect in patients with type I muscle tension dysphonia.

© 2011 AELFA. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Variadas tendencias filosóficas para el manejo de los trastornos vocales han surgido desde el inicio de la rehabilitación de la voz. Estas tendencias se han clasificado en: terapia vocal etiológica, sintomatológica, psicogénica, fisiológica y ecléctica. La tendencia fisiológica es la más reciente de todas y está basada en lograr un balance fisiológico de los 3 subsistemas involucrados en la producción de la voz (respiración, fonación y resonancia) no centrándose en el trabajo directo sobre uno de estos 3 componentes (Stemple, 2000). Algunos de los programas terapéuticos basados en la orientación fisiológica son *Vocal Function Exercises* (Stemple, Lee, D'Amico y Pickup, 1994), *Resonant Voice therapy* (Verdolini, 1998) y *Accent Method Voice Therapy* (Kotby, 1995). Además de estos programas de rehabilitación, existe un grupo de ejercicios denominados ejercicios con tracto vocal semiocluído que también forman parte de la tendencia terapéutica fisiológica.

Los ejercicios de tracto vocal semiocluído, hacen referencia a una serie de posturas que buscan alargar y/o ocluir el tracto vocal generando de esta forma un cambio en el patrón vibratorio de los pliegues vocales. Este tipo de ejercicios han sido ampliamente utilizados por terapeutas vocales durante toda la historia del entrenamiento y terapia vocal. Sin embargo, recién en las últimas décadas ha habido un desarrollo científico intentando explicar los principios físicos y fisiológicos detrás de los efectos atribuidos al uso de este grupo de ejercicios vocales. Algunos de los ejercicios considerados de tracto vocal semiocluído son: *humming*, 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.

Los tubos de resonancia son tubos estrechos de paredes rígidas sostenidos en la boca produciendo una extensión artificial del tracto vocal (Gaskill y Erickson, 2010) y de esta forma un aumento de la carga acústica. Algunos estudios han propuesto que la carga del tracto vocal o un incremento de la impedancia, siendo más específicos, un aumento de la reactancia inercial (Titze, 1988; Story, Laukkanen y Titze,

2000), puede afectar la vibración de los pliegues vocales de una manera favorable (Titze, 1988; Titze y Story, 1997) y por lo tanto tener un efecto terapéutico.

La impedancia del tracto vocal puede ser incrementada a través de 2 formas básicas: estrechando el diámetro (constricción) o incrementando su largo (Story et al., 2000). Estas 2 modificaciones pueden ser obtenidas a través de fonación con labios ocluidos, constricciones labio-dentales, fonación dentro de tubos como extensión del tracto vocal, protrusión labial y descenso laríngeo (Story et al., 2000; Laukkanen, 1992a; Verdolini, 1998; Stemple et al., 1994). Varios estudios han sido diseñados para examinar el efecto de las técnicas con tracto vocal semiocluído incluyendo constricción y alargamiento artificial del tracto vocal (Laukkanen, 1992a; Bickley y Stevens, 1986; Gaskill y Erickson, 2010; Laukkanen, 1992b; Laukkanen, Lindholm y Vilkmán, 1995a; 1995b; Laukkanen, Lindholm, Vilkmán, Hattaja y Alku, 1996; Laukkanen, Vilkmán y Laine, 1999).

El mecanismo que explicaría los efectos percibidos después y durante el uso de ejercicios con tracto vocal semiocluído es el incremento de la impedancia del tracto vocal producida por el aumento de su carga acústica. Titze (2006) reportó a través de una simulación computarizada que la fonación puede ser producida en forma más eficiente y económica a través de la interacción entre la fuente de voz (pliegues vocales) y el filtro (tracto vocal), por el uso de técnicas terapéuticas que involucran semiocclusión de los labios o una combinación de ajustes en la aducción de los pliegues vocales y del tubo epilaríngeo.

Se han realizado varios estudios para examinar los efectos de los ejercicios con tracto vocal semiocluído. Gaskill y Erickson (2008) estudió las modificaciones de cociente de contacto por efecto de ejercicios de vibración labial en 2 grupos, personas con y sin entrenamiento vocal. La mayoría de los sujetos mostraron una disminución del cociente de contacto de los pliegues vocales durante la realización de estos ejercicios. El efecto fue mayor en el grupo de sujetos sin entrenamiento vocal previo. En un estudio reciente, Gaskill y Erickson (2010) analizó el efecto del alargamiento artificial del tracto vocal en el cociente de contacto glotal estimado en voces no entrenadas. Los resultados mostraron

cambios significativos en el cociente de contacto durante la fonación en tubos, pero sin un patrón claro a través de los 15 sujetos participantes. Miller y Schutte (1991) estudiaron el efecto de las oclusiones del tracto vocal en el área de contacto de los pliegues vocales y las presiones de aire inmediatamente arriba y debajo de la glotis. El autor encontró que algunos de los ejercicios utilizados produjeron un aumento de la amplitud de la señal electroglotográfica y un incremento del área de contacto de los pliegues vocales. Esto implicaría que el incremento de la reactancia del tracto vocal, provocada por el uso de posturas semioclusivas, asiste la vibración y aumenta la amplitud vibratoria de las cuerdas vocales (Perterson, Verdolini, Barkmeier y Hoffman, 1994).

Se ha reportado además que el uso de posturas semiocluidas del tracto vocal aumentaría el *skeewing* o inclinación de la onda del pulso del flujo glotal, lo que sugiere un tiempo de cierre más rápido de los pliegues vocales en relación al tiempo de apertura (Story et al., 2000). Este hecho facilita la fonación y produce un fortalecimiento de los armónicos más altos y un incremento de la presión sonora en SPL (Titze y Story, 1997). En otro estudio, Titze (2008) señala que con el uso de ejercicios de tracto vocal semiocluido se produce un descenso del umbral de presión de fonación y se incrementa el flujo máximo de fonación, lo que causa una producción vocal más económica, caracterizada por una mayor salida de sonido con menor estrés mecánico sobre los tejidos de los pliegues vocales. Esta economía fonatoria se produciría por el aumento de la impedancia de entrada al tracto vocal la cual afecta la forma del pulso del flujo glotal y modifica las características oscilatorias de los pliegues vocales. Laukkanen et al. (1996) investigó el efecto de la consonante fricativa bilabial/β:/. Los resultados mostraron descenso laríngeo, actividad muscular laríngeo reducida, pendiente más acentuada en el espectro de la voz y mayor economía vocal.

Utilizando 2 ejercicios con tracto vocal semiocluido (Finger kazoo y fonación en tubos), Sampaio, Oliveira y Behlau (2008) demostraron los efectos inmediatos de ambos. Se produjeron resultados positivos y similares en la valoración acústica y autovaloración perceptual. En la evaluación acústica se encontró un descenso de la frecuencia fundamental y la evaluación perceptivo-auditiva indicó mejorías después de la fonación en tubos de resonancia.

El uso de posturas semiocluidas del tracto vocal también ha sido estudiado en el entrenamiento de la voz cantada. Titze, Finnegan, Laukkanen y Jaiswal (2002) investigó el efecto de los tubos de resonancia en el calentamiento vocal en cantantes. El autor concluyó que con el uso de los tubos de resonancia disminuyen las fuerzas de colisión de los pliegues vocales y la fonación apretada no es posible durante el ejercicio. Por el contrario, estos ejercicios separan levemente los pliegues vocales y promueven una pequeña amplitud de vibración en las frecuencias fundamentales altas. Titze señala además que se produce un aumento de la activación los músculos respiratorios durante el uso de los tubos de resonancia. A través de esto es posible deducir que las presiones pulmonares pueden aumentar a valores elevados sin riesgo de injuria para los pliegues vocales.

El propósito del presente estudio es conocer los efectos terapéuticos de algunos ejercicios con tracto vocal semiocluido en un grupo de sujetos diagnosticados con disfonía músculo tensional tipo I.

Material y métodos

Evaluación

La muestra estuvo compuesta por 11 estudiantes de teatro con edades entre 18 y 23 años, diagnosticados con disfonía músculo tensional tipo I según la clasificación de Morrison, Nichol y Rammage (1986). 4 de los sujetos incluidos en el estudio fueron de sexo masculino y 7 de sexo femenino. Ninguno de ellos tenía antecedentes de terapia vocal anterior a la realización de este estudio. De acuerdo a lo descrito por Morrison et al. (1986) la disfonía músculo tensional (DMT) es un trastorno vocal caracterizado por tensión muscular externa visible y palpable de la musculatura perilaríngea durante la fonación y/o en reposo. Laringoscópicamente se observa un ascenso laríngeo y un hiatus triangular posterior atribuido a la tensión de la musculatura laríngea. El autor divide este trastorno vocal en todos tipos: I y II. La DMT tipo I se caracteriza por presentar una laringe estructuralmente normal, mientras que en la DMT tipo II se evidencian cambios estructurales en la mucosa. En el presente estudio sólo se utilizaron sujetos con DMT tipo I.

Se realizó una evaluación vocal previa a la terapia y otra posterior en cada sujeto. Este proceso incluyó un examen laringoscópico con fibra flexible realizado por un médico otorrinolaringólogo, valoración perceptual de parámetros vocales realizada por un fonoaudiólogo y evaluación acústica de la voz. El laringoscopio utilizado fue Pentax, modelo 3000. Se incluyó además la versión en español del protocolo *Life quality and voice protocol* (QVV) creado por Hogikyan y Sethuraman, 1999. Este instrumento tiene por finalidad evaluar el impacto que produce una disfonía en la calidad de vida de un paciente, evaluar la percepción que posee un sujeto del impacto que tiene su voz en su calidad de vida y para realizar seguimientos de evolución de un tratamiento (Behlau, 2005).

La grabación de las muestras de voz pre y postterapia se realizó utilizando un micrófono dinámico marca Shure, modelo PG 48. El micrófono fue puesto sobre un pedestal y situado a 10 cm de la boca de los sujetos, con un grado de inclinación de aproximadamente 45 grados. Como sistema de preamplificación y digitalización de la señal se utilizó la Consola Bheringer Xenyx 502. Las grabaciones se realizaron con una frecuencia de muestreo de 44.000 Hz y 16 bit de cuantización dentro de una cámara silente. La captura y grabación de las señales de voz fueron realizadas con el programa Cool Edit Pro 2.1 instalado en un ordenador portátil Sony Vaio PCG-61112U.

Se grabó la vocal/a/en forma mantenida durante 10 segundos en una frecuencia fundamental e intensidad espontánea y cómoda para cada sujeto.

En análisis acústico incluyó la realización de espectrogramas de banda estrecha de todas las muestra de voz tomadas pre y posttratamiento vocal. Para tales efectos se utilizó el programa *Real Time Spectrogram*, modelo 5129 de la empresa Kaypentax. En este estudio se utilizó un espectrograma de banda estrecha con el objetivo de obtener mayor resolución frecuencial y de esta forma contar con una mejor visualización de los armónicos de la voz de los sujetos.

Los espectrogramas pre y postterapia vocal fueron evaluados por 5 jueces externos a la investigación, utilizando



Figura 1 Escala análoga visual milimetrada (100 mm).

una escala análoga visual de 100 mm (fig. 1), donde 0 = sin presencia de armónicos en la señal, solo ruido, y 100 = solo armónicos desde la parte inferior a la superior del espectrograma. Se solicitó a los jueces marcar con una «X» el punto de la escala que mejor describía cada espectrograma. Estos jueces fueron en su totalidad fonoaudiólogos con amplia experiencia en rehabilitación vocal y análisis acústico de la voz.

Todos los espectrogramas fueron ordenados aleatoriamente para evitar el reconocimiento de algún patrón. Se permitió que los evaluadores vieran los espectrogramas cuantas veces fuera necesario antes de realizar la valoración. Posteriormente se comparó las valoraciones de los espectrogramas pre y postratamiento.

Programa terapéutico

El programa terapéutico aplicado en este estudio estuvo constituido por una secuencia de 3 ejercicios vocales con tracto vocal semiocluido. Los ejercicios fueron ordenados de acuerdo al grado de impedancia aplicada, desde lo más artificial a lo más natural (Titze, 2006). La misma secuencia completa fue aplicada sin variaciones a cada uno de los sujetos en estudio. A continuación se detallan los 3 ejercicios con semioclusión utilizados y las 3 tareas fonatorias realizadas por los participantes durante las posturas semiocluidas.

Los ejercicios con tracto vocal semiocluido utilizados fueron los siguientes:

- 1) Fonación en tubo de plástico de 0,5 cm de diámetro interno y 30 cm de largo.
- 2) Fonación en tubo de plástico de 0,5 cm de diámetro interno y 10 cm de largo.
- 3) Fonación utilizando el fonema bilabial/β:/.

Las tareas fonatorias solicitadas para cada una de las 3 posturas semiocluidas ya mencionados fueron:

- 1) Emisión sostenida en una frecuencia fundamental e intensidad cómodas para el paciente. Esta tarea se repitió 3 veces, realizando una nueva inspiración entre cada una de ellas.
- 2) Tres *glissandos* ascendentes con intervalos de quinta y octava.
- 3) Tres *glissandos* descendentes con los mismos intervalos de quinta y octava.

Glissando técnicamente se define como un efecto sonoro consistente en pasar rápidamente de una nota musical a otra produciendo todos los sonidos intermedios posibles. Este tipo de emisión normalmente se utiliza como recurso terapéutico vocal con el objetivo de producir un estiramiento o elongación de los tejidos musculares y no musculares de los pliegues vocales.

Cada una de las 3 tareas fonatorias fueron realizadas utilizando cada una de las 3 posturas con semioclusión señaladas (tubo largo, tubo corto y fonema/β:/.). A modo de ejemplo, utilizando el tubo largo, cada sujeto realizó 3 emisiones sostenidas, 3 *glissandos* descendentes con intervalo de quinta y octava y 3 *glissandos* ascendentes con los mismos intervalos. Luego se continuó con el tubo corto y finalmente con el fonema bilabial/β:/. Se permitió que los pacientes pudieran inspirar las veces que fuera necesario durante la realización de cada ejercicio.

Durante la fonación en tubos, se solicitó a los participantes producir un sonido similar a la vocal/u/, por poseer ésta la postura labial con mayor similitud a la producida cuando los labios sostienen un tubo.

Se realizaron 6 sesiones de terapia vocal con una duración de 30 min cada una. La frecuencia fue de una sesión semanal, más indicaciones de realización de los ejercicios 2 veces al día en los hogares de los participantes. Se entregó a cada sujeto un CD de audio con la grabación de la secuencia completa de ejercicios. Con el objetivo de controlar la realización de los ejercicios en los hogares, los participantes utilizaron un protocolo donde debían hacer una marca cada vez que éstos eran realizados.

Cada sesión de tratamiento comenzó con una sección de preguntas por parte del paciente, en forma posterior una sección de corrección de los posibles errores de realización de los ejercicios y finalmente se realizó la entrega de indicaciones de ejercitación para el hogar. Todo este proceso fue realizado en forma individual por un fonoaudiólogo entrenado previamente en la realización de la secuencia utilizada en este estudio.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico STATA 10.1 (StataCorp. 2008. College Station, TX: StataCorp LP.) Los puntajes dados por cada juez en el pre y postratamiento son considerados independientes el uno del otro, por lo que se decide enfocar el problema como multivariado. Para comparar las medias globales de puntaje pre y postratamiento se utilizó la prueba de traza de *Lawley-Hotelling*. Para verificar la concordancia entre los jueces en la otorgación de puntajes pre y postratamiento se utilizó la prueba de *Box* para igualdad de matrices de covarianzas, es decir, si la dispersión de los puntajes no difiere significativamente entre el pre y postratamiento, los jueces concuerdan en la evaluación espectrográfica. Un valor p menor a 0,05 fue considerado como estadísticamente significativo. Además, se realizó análisis de concordancia mediante el *inter-class correlation coefficient (ICC)* para medir el acuerdo interjueces en la valoración de los espectrogramas. Finalmente se correlacionó la mejoría endoscópica con la mejoría en los puntajes de los espectrogramas mediante la diferencia entre la puntuación pre y postratamiento. Para ello se comparó esta diferencia de puntajes entre los que mejoraron y aquellos que no mediante el test no paramétrico de *Mann-Whitney*. Un valor p menor a 0,05 fue considerado como estadísticamente significativo.

Tabla 1 Promedios y desviación estándar de las valoraciones de las espectrografías pre y posterapia vocal

Juez	Puntaje preterapia (Media \pm DE)	Puntaje posterapia (Media \pm DE)
1	50,27 \pm 16,39	64 \pm 15,96
2	51,45 \pm 16,82	63,27 \pm 15,71
3	54,9 \pm 15,9	58,81 \pm 9,81
4	54,63 \pm 18,49	69,54 \pm 8,58
5	52,27 \pm 16,54	69,45 \pm 7,84
Total	52,7 \pm 16,13	65,01 \pm 9,7

Resultados

Espectrografía

Once pacientes (4 hombres y 7 mujeres) diagnosticados con disfonía músculo tensional fueron incluidos en este estudio. El promedio y desviación estándar de la valoración realizada por los jueces en una escala analógica visual de 100 mm son presentados en la [tabla 1](#). Los valores promedios para los espectrogramas preterapia vocal fueron de $52,7 \pm 16,13$ en un rango de 30,2 a 80,6 puntos, mientras que los puntajes postratamiento fueron en promedio $65,01 \pm 9,7$ en rango de 50,6 a 82 puntos. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($F = 3,18$, $p = 0,035$). Estos resultados muestran un cambio significativo en las valoraciones de los jueces realizados en los espectrogramas obtenidos pre y posterapia y por lo tanto cambio positivo de las voces después de la terapia con tracto vocal semiocluido. A modo de ejemplo, en las [figuras 2 y 3](#) se muestran 2 espectrogramas de uno de los sujetos de la muestra, uno pre y otro posterapia respectivamente.

En la evaluación de concordancia entre los puntajes otorgados por los jueces en la valoración pre y postratamiento, las matrices de covarianzas no difieren significativamente (χ^2 de Box = 21,06, $p = 0,135$), asumiendo que la dispersión y correlación no difieren entre una medición y otra, por lo que los jueces concuerdan. En la puntuación pretratamiento se obtuvo un ICC de 0,9772 (IC 95%: = 0,963-0,982). En el postratamiento el ICC fue 0,861 (IC 95% = 0,822 - 0,905), valores que indican una alta concordancia entre evaluadores en las puntuaciones pre y postratamiento.

Nasolaringofibroscofia

Los resultados de la evaluación videolaringoscópica se muestran en la [tabla 2](#). Se observa que 6 de los 11 sujetos disminuyeron sus patrones de tensión muscular laríngea en la evaluación postratamiento vocal. El detalle indica que 3 sujetos (27,2%) no presentaron tensión laríngea en ninguna dirección, siendo diagnosticados con laringe anatómica y funcionalmente normal después de la terapia y 3 sujetos (27,2%) disminuyeron el grado de tensión muscular laríngea en relación a la evaluación inicial. De los 5 sujetos restantes, 3 de ellos (27,2%) mantuvo su grado de tensión muscular, mientras que 2 (18,1%) agregaron una activación de bandas ventriculares a su diagnóstico inicial.

En la correlación de la mejoría endoscópica con la mejoría en los puntajes de los espectrogramas mediante la

diferencia entre la puntuación pre y postratamiento, se encontró que sí hay diferencias significativas a favor de aquellos con mejoría endoscópica (puntaje promedio 15,6) versus los que no mejoraron (2,56) con un valor $p = 0,03$. Esto indica que aquellos individuos que mejoran endoscópicamente, mejoran más en la puntuación espectrográfica, en relación a aquellos cuya endoscopia no muestra mejoría.

Discusión

Espectrografía

De acuerdo a la valoración de los espectrogramas pre y posterapia realizada por los jueces externos, se observa que la secuencia terapéutica de ejercicios con tracto vocal semiocluido utilizada en este estudio logró un efecto positivo en el patrón vibratorio de los pliegues vocales. Esto se ve reflejado en el aumento de la cantidad de armónicos visibles y en el grado de energía de estos armónicos en la muestras de voces postratamiento. Este cambio espectral puede ser explicado fisiológicamente por el aumento el *skeewing* o inclinación de la onda del pulso del flujo glotal, lo que sugiere un tiempo de cierre más rápido de los pliegues vocales en relación al tiempo de apertura producido por el uso de posturas semiocluidas del tracto vocal (Rothenberg, 1988; Story et al., 2000). Este hecho facilitaría la fonación y produciría un fortalecimiento de los armónicos más altos y un incremento de la presión sonora en SPL (Titze, 1994). Estos cambios fisiológicos y acústicos contribuyen a la producción de una voz perceptualmente más resonante y brillante. Al respecto, Verdolini-Marskon, Burke, Lesac, Glaze y Caldwell (1995) y Verdolini, Druker, Palmer y Samawi (1998) mostraron que la voz resonante requiere una posición de los pliegues vocales casi abducida o casi aducida, señalando además que los ajustes supraglóticos contribuyen a esta configuración glótica y por lo tanto al realce del espectro. A través de estos eventos fisiológicos y acústicos se puede afirmar que la voz puede ser producida de una forma más económica y eficiente. Titze (2006) atribuye esta economía y eficiencia vocal a la mayor interacción entre la fuente-filtro debido al uso de técnicas terapéuticas que involucran semioclusión. En un estudio posterior, es mismo autor señala que esta economía fonatoria se produciría por el aumento de la impedancia de entrada al tracto vocal la cual afectaría la forma del pulso del flujo glotal y modificaría las características oscilatorias de los pliegues vocales (Titze, 2008).

En este estudio, 9 de los 11 sujetos obtuvieron un aumento de la energía armónica en los espectrogramas posteriores a la terapia. Los 2 sujetos restantes evidenciaron una voz posterapia más *soplada* y con mayor predominancia de ruido espectral en comparación con los espectrogramas previos al tratamiento. Este hecho puede ser atribuido a que uno de los 2 sujetos se encontraba con estado gripal al momento de la toma de muestra posterapia, y el otro sujeto tuvo una baja asistencia a las sesiones de terapia y una escasa práctica en el hogar. En el primer caso, el estado gripal probablemente produjo una inflamación de los pliegues vocales y como consecuencia una menor eficiencia en la conversión de energía aerodinámica a energía acústica. Este hecho se reflejó visualmente en el aumento de ruido interarmónico visible, especialmente en la zona alta del en el espectro.

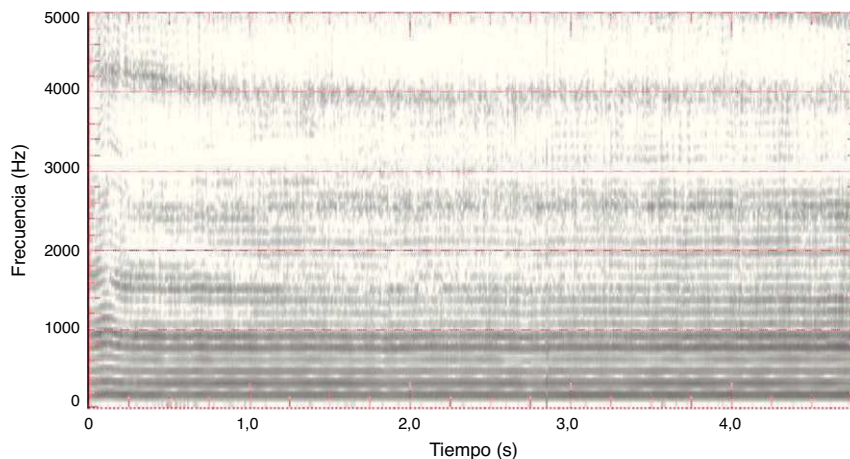


Figura 2 Espectrograma pretratamiento. Se observa ruido interarmónico, pérdida de los armónicos de altas frecuencias y pérdida de energía en los armónicos.

Si bien la muestra de este estudio es reducida (11 sujetos), los resultados positivos y estadísticamente significativos en la valoración espectrográfica, permiten hacer una primera aproximación a la descripción de los beneficios que los ejercicios con tracto vocal semiocluído tienen en la terapia vocal de pacientes con disfonía músculo tensional tipo I.

Nasolaringofibroscofia

De los 6 sujetos que disminuyeron el grado de tensión muscular, 2 obtuvieron diagnósticos de laringe funcionalmente normal en la evaluación posterior a la terapia, mientras que los 4 restantes, se observó una disminución de la contracción antero-posterior. Estos resultados se relacionan estrechamente con el grado de adherencia a la terapia. Los sujetos que obtuvieron cambios más evidentes fueron los que tuvieron más adherencia al tratamiento, mostrando los porcentajes más altos de asistencia a las sesiones, y realización de los ejercicios en sus hogares. Por el contrario,

los individuos que presentaron baja adherencia a la terapia mantuvieron el grado de tensión laríngea inicial previa a la terapia vocal.

La disminución del patrón laríngeo hiperfuncional de los 6 primeros sujetos también puede ser atribuida a los efectos de los ejercicios con tracto vocal semiocluído. Behlau (2005) afirma que una oclusión parcial en la boca promueve una resonancia retro refleja y expansión de toda el área del tracto vocal, la boca y la laringe. En otro estudio Laukkanen et al. (1996) investigó el efecto de la consonante fricativa bilabial/β:/. Los resultados mostraron descenso laríngeo, actividad muscular laríngea reducida y mayor economía vocal. De acuerdo a lo anterior, es posible decir que el uso de los tubos de resonancia en el presente trabajo favoreció una fonación más fácil y relajada, probablemente provocada por el descenso del umbral de presión de la fonación, disminución de la colisión de los pliegues vocales y en general, una reducción de la actividad muscular laríngea.

Al comparar los resultados obtenidos en la valoración de los espectrogramas y las laringoscopías, se observa que el cambio positivo posterior a la terapia fue más evidente en

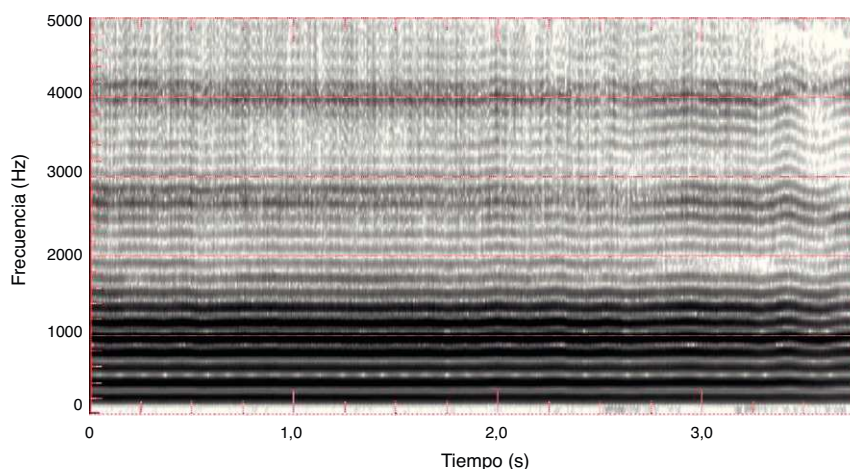


Figura 3 Espectrograma postratamiento. Se observa mejor definición para los armónicos, mayor energía armónica en todo el rango y menor presencia de ruido interarmónico.

Tabla 2 Resultados descriptivos de la evaluación laringoscopia pre y post terapia vocal

Sujeto	Diagnóstico preterapia	Diagnóstico postterapia
1	Repliegues vocales congestivos, contracción anteroposterior y activación de bandas	Tendencia a la contracción anteroposterior
2	Repliegues vocales sanos, Activación de bandas y contracción anteroposterior	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior
3	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior
4	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior	Laringe anatómica y funcionalmente normal
5	Laringe anatómicamente normal, tendencia a contracción anteroposterior	Activación de bandas ventriculares
6	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior
7	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior
8	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior	Laringe anatómicamente normal, contracción anteroposterior y asimetría aritenoides
9	Disfonía músculo tensional tipo I con activación de bandas	Laringe anatómica y funcionalmente normal
10	Repliegues vocales sanos, activación de bandas y contracción anteroposterior	Tendencia a contracción anteroposterior y activación de bandas
11	Asimetría aritenoides fonatoria, contracción anteroposterior	Laringe anatómica y funcionalmente normal

el primer tipo de valoración (espectrogramas). Este hecho podría señalar que el efecto más inmediato de la secuencia de ejercicios aplicada en este estudio se produce a nivel del patrón vibratorio de los pliegues vocales y en forma secundaria en el patrón muscular a nivel supraglótico. Por lo tanto, el aumento de la interacción fuente-filtro y la mayor inercia del tracto vocal por el uso de ejercicios con tracto vocal semiocluido se produciría a nivel glótico. Probablemente, si la terapia de extendiera por más tiempo del realizado en este estudio (6 semanas), veríamos un cambio más notorio y significativo en las conductas de contracción muscular laríngea a nivel supraglótico.

No obstante lo anterior, en la correlación de la mejoría endoscópica con la mejoría en los puntajes de los espectrogramas mediante la diferencia entre la puntuación pre y postratamiento, se encontró que si hay diferencias significativas a favor de aquellos con mejoría endoscópica. Esto indica que aquellos individuos que mejoran endoscópicamente mejoran más en la puntuación espectrográfica, en relación a aquellos cuya endoscopia no muestra mejoría.

Conclusión

Los ejercicios vocales con posturas semiocluidas del tracto vocal y el uso de tubos de resonancia pueden ser en 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 y la configuración de estos determinada por el grado de contacto glótico. Estos cambios fisiológicos producen un aumento de la energía de los armónicos del

espectro y por lo tanto la voz debería ser percibida como más brillante y resonante. Este cambio espectral puede ser explicado fisiológicamente por el aumento inclinación de la onda del pulso del flujo glotal, lo que sugiere un tiempo de cierre más rápido de los pliegues vocales en relación al tiempo de apertura.

A pesar de que los cambios más evidentes se producen en el patrón vibratorio de los pliegues vocales, también es importante destacar el rol de los ejercicios con tracto vocal semiocluido en la disminución de los patrones de hiperactividad muscular laríngea. Este hecho es de relevancia considerando que el diagnóstico de DMT está basado principalmente en las conductas musculares laríngeas anormales.

Este cambio en el patrón muscular supralaríngeo puede ser una consecuencia positiva indirecta del cambio de los patrones vibratorios de los pliegues vocales, sugiriendo que la normalización de estos patrones, disminuye y/o elimina en algunos casos las conductas musculares compensatorias anormales gatilladas y/o mantenidas por una alteración en la fonación.

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 fisiológica de abordaje terapéutico.

Investigaciones futuras deberían explorar el efecto de los ejercicios con tracto vocal semiocluido en pacientes con disfonía músculo tensional utilizando otras medidas objetivas tales como las medidas aerodinámicas de la fonación y electroglotografía, con el objetivo de obtener resultados más fisiológicos y poder relacionarlos con los cambios acústicos. Además, estudios futuros deberían incluir un grupo control.

Bibliografía

- Behlau, M. (2005). *Voz o libro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter. Vol II.
- Bickley, C., & Stevens, K. (1986). Effects of a vocal-tract constriction on the glottal source: experimental and modeling studies. *Journal of Phonetic*, 14, 373–382.
- Gaskill, C., & Erickson, M. (2008). The effect of a voiced lip trill on estimated glottal closed quotient. *Journal of Voice*, 22, 634–643.
- Gaskill, C., & Erickson, M. (2010). The effect of an artificially lengthened vocal tract on estimated glottal contact quotient in untrained male voices. *Journal of Voice*, 24, 57–71.
- Hogikyan, N., & Sethuraman, G. (1999). Validation of an instrument to measure Voice-Related Quality of Life (V-RQOL). *Journal of Voice*, 13, 557–569.
- Kotby, N. (1995). *The accent method of voice therapy*. San Diego: CA: Singular Publishing Group.
- Laukkanen, A. (1992a). About the so called “resonance tubes” used in Finnish voice training practice. *Scandinavian Journal of Logopedics, Phoniatrics and Vocology*, 17, 151–161.
- Laukkanen, A. (1992b). Voiced bilabial fricative/β:/as a vocal exercise. *Scandinavian Journal of Logopedics, Phoniatrics and Vocology*, 17, 181–189.
- Laukkanen, A., Lindholm, P., & Vilkmán, E. (1995a). On the effects of various vocal training methods on glottal resistance and efficiency. *Folia Phoniátrica et Logopédica*, 47, 324–330.
- Laukkanen, A., Lindholm, P., & Vilkmán, E. (1995b). Phonation into a tube as a voice training method: acoustic and physiologic observations. *Folia Phoniátrica et Logopédica*, 47, 331–338.
- Laukkanen, A., Lindholm, P., Vilkmán, E., Hattaja, K., & Alku, P. (1996). A physiological and acoustic study on voiced bilabial fricative/β:/as a vocal exercise. *Journal of Voice*, 10, 67–77.
- Laukkanen, A., Vilkmán, E., & Laine, U. (1999). On the effects of supralaryngeal acoustics on vocal function: a study with special reference to voice training with “resonance tubes”. In A. Friberg, E. Iwarsson, E. Jansson, & J. Sundberg (Eds.), *Proceedings of the Stockholm Music Acoustics Conference* (Vol. 79).
- Miller, D., & Schutte, H. (1991). Effects of downstream occlusions on pressures near the glottis in singing. In J. Gauffin, & X. Hammarberg (Eds.), *Vocal fold physiology. Acoustic, perceptual and physiological aspects of voice mechanism*. Stockholm: Royal Institute of Technology: Singular Publishing Group.
- Morrison, M., Nichol, H., & Rammage, L. (1986). Diagnostic criteria in functional dysphonia. *Laryngoscope*, 94, 1–8.
- Peterson, K., Verdolini, K., Barkmeier, J., & Hoffman, H. (1994). Comparison of aerodynamic and electroglottographic parameters in evaluating clinically relevant voicing patterns. *Annals of Otology Rhinology Laryngology*, 103, 335–346.
- Rothenberg, M. (1988). Acoustic reinforcement of vocal fold vibratory behavior in singing. In O. Fujimura (Ed.), *Vocal Physiology: Voice Production, Mechanisms and Functions* (pp. 379–389). New York: Raven Press.
- Sampaio, M., Oliveira, G., & Behlau, M. (2008). Investigation of immediate effects of two semi-occluded vocal tract exercises. *Pro-Fono, revista de actualización científica*, 8, 261–267.
- Stemple, J., Lee, L., D’Amico, B., & Pickup, B. (1994). Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice production. *Journal of Voice*, 8, 271–278.
- Stemple, J. (2000). *Voice therapy clinical studies*. Canada: Singular Thomson Learning.
- Story, B., Laukkanen, A., & Titze, I. (2000). Acoustic impedance of an artificially lengthened and constricted vocal tract. *Journal of Voice*, 14, 455–469.
- Titze, I. (1988). The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds. *Journal of Acoustic Society America*, 83, 1536–1552.
- Titze, I. (1994). *Principles of Voice Production*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Titze, I., & Story, B. (1997). Acoustic interactions of the voice source with the lower vocal tract. *Journal of Acoustic Society of America*, 101, 2234–2243.
- Titze, I., Finnegan, E., Laukkanen, A., & Jaiswal, S. (2002). Raising Lung Pressure and Pitch in Vocal Warmups: The Use of Flow-Resistant Straws. *Journal of Singing*, 58, 329–338.
- Titze, I. (2006). Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: rationale and scientific underpinnings. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 49, 448–459.
- Titze, I. (2008). Nonlinear source-filter coupling in phonation: Theory. *Journal of Acoustic Society of America*, 123, 2733–2749.
- Verdolini, K. (1998). Resonant voice therapy. In K. Verdolini (Ed.), *National center for voice and speech and speech’s guide to vocology* (pp. 34–35). Iowa City, Iowa: National Center for Voice and Speech.
- Verdolini, K., Druker, D., Palmer, P., & Samawi, H. (1998). Laryngeal adduction in resonant voice. *Journal of Voice*, 12, 315–327.
- Verdolini-Marskon, K., Burke, M., Lesac, A., Glaze, L., & Caldwell, E. (1995). Preliminary study of two method of treatment for laryngeal nodules. *Journal of Voice*, 9, 74–85.