

Universidad Internacional Menéndez Pelayo

TRABAJO FIN DE EXPERTO

“La impedancia en la terapia vocal”

Alumno: Inés Matozzi

Tutor: Dr. Alfonso Borragán Torre

Año Académico: 2020/2021

Índice

Introducción.....	3
1. Impedancia.....	4
2. Teoría no lineal: Inertancia del tracto vocal.....	6
3. Maniobras y ejercicios que modifican la impedancia: TVSO.....	8
3.1. Mascarilla de reanimación.....	9
3.2. Terapia de resistencia en el agua.....	10
Conclusiones.....	12
Referencias bibliográficas.....	13

Introducción

La teoría lineal de la fonación no tiene en cuenta la relación existente entre el tracto vocal y la función glótica. Diversos estudios a lo largo de los años pudieron demostrar que dicha relación sí existía, y que ambos eran codependientes e interdependientes.

Esta afirmación y el conocimiento de una teoría no lineal en la producción de la voz, permitió profundizar aún más en la impedancia del tracto vocal y cómo ésta influía en la vibración de los pliegues vocales.

Diversos son los autores que exponen que, los ejercicios de tracto vocal semiocluido, tales como la utilización de la mascarilla de reanimación, los tubos de resonancia, semioclusión oscilatoria (vibración labial o lingual), y-buzz, etc., son recursos facilitadores de la fonación, con múltiples beneficios en la terapia vocal o en el canto.

Dichos ejercicios se basan en cambios o modificaciones de la impedancia del tracto vocal, la cual será la temática central abordada en el presente trabajo.

El mismo, tiene por objetivo realizar una revisión teórica del uso de la impedancia en la terapia vocal, describir sus beneficios, basados en artículos científicos de carácter nacional e internacional.

Impedancia

La impedancia es la resistencia o el obstáculo que opone un medio a que se propaguen las ondas sonoras sobre él. Matemáticamente, se define como la razón entre la presión sonora y la velocidad de las partículas del medio. A mayor impedancia, se genera mayor presión sonora y una menor velocidad de partículas, así como también un aumento de la intensidad sonora transmitida (Borragán et al, 2017).

Husson (1965), define la impedancia haciendo referencia a la laringe como fuente generadora de energía, acoplada a cavidades o pabellones. Dichos pabellones ofrecen una cierta resistencia, variable al pasaje de la energía acústica, la que dicho autor denomina impedancia.

Farias (2011), agrega que el timbre y la impedancia dependen de la configuración de las cavidades buco faringo nasales durante la articulación.

En que lo respecta a las posibles configuraciones que puede adoptar el tracto vocal, son dos las que fueron descritas por múltiples autores: megáfono y megáfono invertido.

Sacheri (2012), refiriéndose a la configuración de **megáfono**, explica que, si la resistencia del pabellón es baja o débil, la energía que debe producir la fuente para vencerla es nula. Farias (2011), alude a dicha configuración, describiendo las técnicas vocales a baja impedancia, las cuales incluyen una laringe alta, poca abertura vertical interna, comisuras con alargamiento lateral y en retroceso, faringe reducida, base de la lengua en retroceso, laringe contraída, cuerdas vocales apretadas, timbre claro, intensidad reducida, y sensibilidades palatales ubicadas en el fondo de la boca. Según Borragán et al (2017) y Sacheri (2012), dicha configuración puede generar lesiones a nivel glótico ya que el cierre glótico es corto y genera una onda que golpea con mucha energía y de forma brusca.

Sacheri (2012) continúa explicando que, si la impedancia es alta o fuerte, la fuente se recargará. Con dicha afirmación, Sacheri (2012) se está refiriendo al **megáfono invertido**.

Las técnicas vocales a fuerte impedancia, se caracterizan por laringe en posición baja durante toda la extensión, buena apertura vocal vertical interna, orificio buco-labial pequeño, comisuras labiales proyectadas hacia adelante, faringe dilatada, pabellón alargado, amplia posición vertical de unión de cuerdas vocales, sensibilidades palatales anteriores, consumo de aire aumentado, gran actividad respiratoria con contracción de la cincha abdominal, timbre oscuro y con posibilidad de acceder a grandes intensidades (Farias, 2011).

Según Sacheri (2012), en este tipo de configuración, la onda mucosa no tiene un gran momento de cierre cordal, sino que es continuo. Además, agrega que, con la configuración de megáfono invertido, se produce una fusión de registros en tonos altos e importantes armónicos son preservados por encima de del primer formante (f_1).

De acuerdo con Borragán et al (2017), la configuración de megáfono invertido se traduce en una producción de la voz más fácil, con menor esfuerzo y mayores sensaciones vibratorias subjetivas. A su vez, promueve una economía vocal máxima en la que la conversión de la energía aerodinámica es fácilmente transformada, y con pocas pérdidas, en energía acústica.

Asimismo, dicho autor agrega que se produce un mayor y mejor cierre cordal, una onda mucosa más definida con mayor amplitud de vibración, el cociente de cierre disminuye, el umbral de presión para iniciar la fonación desciende, se reduce la presión transglótica, y aumenta la presión intraglotal.

Titze y Story (2000) también demostraron en sus estudios, que el aumento de impedancia del tracto vocal (específicamente del componente inercial) redujo el umbral de presión de fonación, definido como la presión subglótica necesaria para iniciar y mantener la fonación. Un valor bajo del umbral de presión de fonación, supone una mayor facilidad en la fonación.

Al efecto dinámico de los pabellones del tracto vocal, Husson (1965) lo denominó **impedancia reflejada**. A mayor impedancia reflejada, la laringe varía la forma de los acoplamientos glóticos, volviéndolos más espesos y menos firmes, dando como resultado voces más potentes y plenas (como en el canto lírico). Es así que, gracias a la resistencia acústica, la laringe puede soportar fuertes presiones subglóticas y economizar energía.

Teoría no lineal: inertancia del tracto vocal

El concepto descrito anteriormente denota la influencia del tracto vocal y la fuente. Dicho concepto, se corresponde con la **teoría no lineal** de la fonación. Es decir, las presiones acústicas en el tracto vocal influyen en las características vibratorias de las cuerdas vocales.

Por el contrario, la teoría lineal de la fonación, asume que la fuente glotal y el tracto vocal son independientes entre sí. Pero existen diversos estudios que desestiman científicamente dicha afirmación.

Existe un ajuste y un trabajo dinámico entre la impedancia y el emisor de presión sonora, entre el tracto vocal y el vibrador glótico. Según Borragán et al (2017), la creación de obstáculos para la salida del sonido, para las ondas sonoras, produce una gran interacción entre la fuente sonora y el filtro. Dicha interacción, agrega, se produce porque la impedancia es reflejada y actúa como un regulador de la dinámica de la onda mucosa.

Husson (1965) muestra mediante la definición de impedancia reflejada, que el timbre de la voz regula el rendimiento de la fuente glotal, tanto en intensidad como en extensión tonal.

Story (2000), retomando la definición de impedancia, agrega que la misma describe cuán difícil es hacer que un sistema se mueva. Pero el autor también indica que, la impedancia no se compone únicamente de resistencia sino que tiene un segundo componente llamado reactancia, que almacena energía en lugar de eliminarla. Dicha energía almacenada, es energía inercial (reactancia inercial). Dicho autor afirma que es la reactancia inercial la más importante para facilitar la vibración de las cuerdas vocales.

La resistencia es la fricción y se relaciona con la disipación de la energía acústica. Está altamente relacionada con la pérdida de flexibilidad de las paredes (Titze, 2001).

La reactancia, en cambio, es la reacción del tejido al paso de la energía sonora. Es el almacenamiento de la energía acústica. Se produce por la inercia o por los campos que generan los infinitos armónicos que rebotan en los

espacios que se crean durante la fonación. Esta reactancia almacena energía acústica de forma momentánea y es buena para mover el sistema.

La resonancia ocurre cuando casi toda la energía del tracto vocal es disipada por varios mecanismos resistivos y casi ninguno es guardado en la parte reactiva de la impedancia.

Titze (2001) indica que un tracto vocal inertivo es aquel que cumple con la condición de una interacción fuente-filtro favorecedora de la vibración cordal y de la propagación del sonido.

La **inertancia** es una propiedad acústica de la masa aérea, es una pequeña masa capaz de desplazarse sin compresión apreciable, en la que la columna de aire es acelerada y desacelerada por la presión, dentro de un tubo.

Sacheri (2012) afirma que, en las vibraciones de los pliegues vocales, la columna aérea es acelerada y desacelerada por la presión subglótica. Este movimiento hacia atrás y adelante es la oscilación que forma la onda sonora en el tracto vocal. El movimiento de las partículas aéreas no es uniforme por compresiones y rarefacciones que ocurren en el tubo.

Es decir que, la inertancia del tracto vocal asiste a la vibración de los pliegues vocales porque la presión subglótica dirigida por la columna de aire está en fase con la velocidad de éstos.

Según Titze (2001), la inertancia provee el mecanismo de cierre que a menudo es atribuido al efecto Bernoulli. Es un mecanismo de feedback entre presiones en el tracto vocal y los movimientos de los pliegues vocales creados por ellos. Asimismo, Titze (2001) considera que la inertancia en el tracto vocal es incrementada por el estrechamiento y el alargamiento del mismo.

Farias (2011) afirma que la conformación de un verdadero tracto vocal inertivo, depende de un tubo epilaríngeo estrecho. Dicho tubo, de 2-3cm de longitud en el extremo glótico del tracto vocal, al estrecharse, genera una máxima transferencia de energía desde la glotis hasta los labios, pudiendo descender el umbral de presión de fonación, facilitando así la vibración cordal (Story, 2000).

Cuando no existe un estrechamiento del tubo epilaríngeo, el tracto vocal alterna entre regiones de inertancia y de complacencia (iguales en rango

frecuencial) y el pico de inercia desciende con las frecuencias altas. Cuando el tubo epilaríngeo es estrechado, las regiones de complacencia disminuyen al igual que la apertura de la boca. La región de inercia del tracto vocal se encuentra f_1 y f_2 (Farias, 2011).

Maniobras y ejercicios que modifican la impedancia: TVSO

Los ejercicios de tracto vocal semiocluido (TVSO) son utilizados hace tiempo en el entrenamiento de la voz (Whistbacka, 2017). Consisten en ejercicios que implican una oclusión parcial del tracto vocal y/o alargamiento del tracto vocal, la cual puede ser constante u oscilatoria. Generalmente, la constricción se produce en la cavidad oral o en los labios. Se basan en la teoría no lineal de la fonación, anteriormente descrita.

Algunos de los ejercicios de TVSO son: vibración de labios o lengua, la técnica de la mano en la boca, fonación en tubos en agua o aire, fonación con mascarilla de reanimación, etc.

Whistbacka (2017) y Farias (2011) afirman que dichos ejercicios promueven el aumento de la presión intraoral, decrecen la presión transglótica, y producen una expansión torácica, que contribuye a una disminución de la fuerza de contacto de los pliegues vocales.

Duke (2015), agrega que el aumento de la presión supraglótica e intraglotal, provoca una disminución de la resistencia glótica, manteniendo una apertura óptima de las cuerdas vocales. Aumenta la impedancia para una fonación más eficiente y facilitada.

Los ejercicios de TVSO proponen posturas que permiten aumentar la impedancia del tracto vocal, y así alcanzar un tracto vocal inercial, contribuyendo a una mayor interacción fuente-filtro y a una economía vocal.

De acuerdo con Borragán et al (2017), el beneficio de estos ejercicios consiste en aumentar las sensaciones o la información propioceptiva sobre lo que está sucediendo en el vestíbulo laríngeo. Además, descienden la frecuencia del primer formante e incrementan la impedancia de baja frecuencia. La f_0

(frecuencia fundamental) puede ser producida fácilmente cerca del primer formante.

De acuerdo con Borragán et al (2017), la utilización de los ejercicios de TVSO genera una fuente de voz rica en armónicos, lo que permite realzar el timbre vocal.

Asimismo, una investigación realizada por Guzmán et al (2013), demuestra que ejercicios de TVSO producen un descenso del cociente de contacto, mayor amplitud de vibración de los pliegues vocales, y una disminución del umbral de presión de fonación.

Mascarilla de reanimación

La semioclusión con la mascarilla de reanimación fue por primera vez propuesta y desarrollada por Borragán et al en el año 1999. Consiste en emisión de sonidos dentro de la máscara. A la salida, pueden aplicarse diversas opciones: oclusión total, parcial, semioclusión sobre un sistema de alta presión (botella de agua).

Este recurso, según Borragán et al (2017) genera una triple acción: un aumento de la impedancia del sistema por trabajo de contraresistencia, retorno del sonido desde la máscara hacia el tracto vocal, lo que los autores denominan “efecto rebote del sonido”, permitiendo una apertura en sentido transversal; y mejora de las sensaciones propioceptivas del tracto vocal, al lograr un ajuste de la voz en una cavidad menor.

El uso de la máscara de reanimación tiene diversos efectos positivos en la fonación. En primer lugar, genera un aumento de la presión intraoral y faríngea. Además, se produce un estiramiento muscular, descenso de laringe, ascenso del velo del paladar, y apertura del suelo de la boca.

Los efectos descritos, de acuerdo con Borragán et al (2017), generan una mayor amplitud de movimiento de la musculatura y un mejor ajuste de su contracción, lo que contribuye a una reducción de la fatiga muscular.

Guzmán et al (2020), realizó un estudio en el que evaluó la efectividad de la terapia vocal con la máscara de reanimación en un grupo de sujetos que

referían esfuerzo y fatiga vocal. Los autores encontraron beneficios tanto subjetivos como objetivos.

Este estudio reveló que se produjo una reducción en el esfuerzo fonatorio y la fatiga vocal luego de seis sesiones (evaluado mediante Voice Handicap Index). Desde el punto de vista de las medidas objetivas, se produjo una disminución de la presión subglótica y del umbral de presión de fonación.

Fantini et al (2017), por su parte, en un estudio que investigaba efectos inmediatos de la fonación con mascarilla de reanimación en cantantes, demuestra cambios en el jitter, shimmer y SPR.

A su vez, Frisancho et al (2020) y Awan et al (2019) realizaron estudios con sujetos con disfonía funcional y sujetos con voz normal, y encontraron beneficios significativos con el uso de la mascarilla de reanimación, indicando que ésta promueve una facilidad y eficiencia en la fonación. También ambos estudios demostraron cambios aerodinámicos y acústicos luego de la utilización de la máscara de reanimación.

Terapia de resistencia en el agua

La terapia de resistencia en el agua consiste en la fonación en tubos cuyo extremo libre se encuentra sumergido en agua. Existen dos versiones: tubos de resonancia (tubos de vidrio que surgieron en 1960, en Finlandia) o tubos LAX VOX (tubos de silicona, Finlandia 1991).

Dicha terapia genera una constricción labial y alargamiento artificial del tracto vocal, además de la inmersión en el agua. Según Simberg (2007), la fonación en agua causa una sensación de masaje en los tejidos laríngeos y faríngeos.

Además, las burbujas de agua, generan oscilaciones en la presión oral (variaciones en frecuencia y amplitud), modificando la presión transglótica y la señal EGG.

Sovijarvi (1965), afirma que la resistencia provista por el agua será mayor o menor dependiendo de la profundidad del extremo del tubo, ya que ésta es la variable que controla la impedancia, y modifica la presión subglótica.

Story et al (2000) agrega que la fonación en tubos consigue descender el primer formante, permitiendo un descenso del umbral de presión de fonación, así como también un flujo de aire reducido, sin dejar de producir una voz rica en armónicos. Dichas características, afirma Story (2000), permiten una voz sin esfuerzo.

La profundidad más frecuentemente utilizada de los tubos es de 1-2cm, la inmersión superficial, para pacientes con desórdenes del tipo hiperfuncional. En hipofunción o incompetencia glótica, se utiliza una inmersión profunda entre 5 y 15 cm (Simberg, 2007).

Los beneficios que se obtienen de la fonación en tubos tienen que ver con que se produce un eficiente descenso laríngeo, un efecto masaje sobre las cuerdas vocales, mejora el cierre glótico y disminuye el estrés de impacto, favorece la economía vocal, brinda feedback visual y auditivo del flujo aéreo utilizado, y produce un menor ruido espectral. A su vez, los pacientes refieren mejoría en la calidad vocal luego de su uso (Simberg, 2007).

Duke et al (2015), agrega que la fonación en tubos causa una presión detrás de los labios que es tres veces más grande que una fonación con /u/, lo que quiere decir que la primera genera mayor vibración de tejidos blandos. Además, dicho autor explica y coincide con diversos autores, en que el alargamiento del tracto vocal producto de la utilización del tubo, descende el primer formante e incrementa la reactancia inercial del tracto vocal, lo que disminuye el promedio del flujo aéreo y el esfuerzo al fonar.

Por su parte, Calvache et al (2019), indica que la terapia de resistencia en el agua promueve un aumento considerable de la economía vocal, respecto de otros ejercicios de TVSO.

Conclusiones

El estudio de los cambios en la impedancia en el tracto vocal derivó en múltiples recursos para la terapia vocal.

El beneficio más importante de los ejercicios del tracto vocal semiocluido descritos en el presente trabajo, es el de la economía vocal. Calvache (2019) define a la misma como la manera de medir el máximo output vocal con el menor estrés de impacto en las cuerdas vocales.

La economía vocal es fundamental para prevenir y evitar patología a nivel de las cuerdas vocales (nódulos o lesiones traumáticas por estrés de impacto), así como también para maximizar y potenciar la voz, generando el mínimo esfuerzo.

Si bien los ejercicios de impedancia descritos en este trabajo tienen múltiples beneficios reconocidos y comprobados por diversos autores, resulta fundamental, en primer lugar, conocer la fisiología vocal y elegir cuidadosamente cada recurso de acuerdo a la necesidad de cada paciente. Conocer el origen y fundamento de los recursos es menester para su utilización.

Borragán et al (2017) indica que un aumento de impedancia mantenida y no entrenada puede generar un colapso de la impedancia glótica. Es por eso que, dichos ejercicios deben ser realizados de forma progresiva, entrenada y bajo supervisión de un profesional de la voz.

Bibliografía

- Awan SN et al (2019). *Effects of a variably occluded face mask on the aerodynamic and acoustic characteristics of connected speech in patients with and without voice disorders*. J Voice.;33:809.e1–809.e10.
- BELE,I (2005). *Artificially Lengthened and constricted vocal tract in vocal training methods*. Logopedics Phoniatrics Vocology. Vol 30: 34-40.
- Borragán et al (2017). *Método propioceptivo elástico (PROEL) para el tratamiento de los trastornos de la voz: Elasticidad y Resonancia*. Venus Universal Paper, España.
- Calvache et al (2019). *Variation on Vocal Economy After Different Semiocluded Vocal Tract Exercises in Subjects With Normal Voice and Dysphonia*. Journal of Voice.
- Duke et al (2015). *The Effect of Traditional Singing Warm-Up Versus Semiocluded Vocal Tract Exercises on the Acoustic Parameters of Singing Voice*. Journal of Voice, Vol. 29, No. 6
- Fantini, M. et al (2017). *Voice quality after a semiocluded vocal tract exercise with a ventilation mask in contemporary commercial singers: acoustic analysis and self-assessments*. J Voice;31:336–341.
- Farias (2012). *La disfonía ocupacional*. Akadia, Buenos Aires.
- Farias (2011). *Ejercicios que restauran la función vocal*. Akadia. Buenos Aires.
- Frisancho K, et al (2020). *Immediate effects of the semiocluded ventilation mask on subjects diagnosed with functional dysphonia and subjects with normal voices*. J Voice.;34:398–409. 26.
- GUZMAN, M, et al (2016). *The influence of water resistance therapy on vocal fold vibration: a high-speed digital imaging study*. Logopedics Phoniatrics Vocology.

- GUZMAN, M, et al (2013). *Laryngeal and Pharyngeal Activity During Semiocluded Vocal Tract Postures in Subjects Diagnosed With Hyperfunctional Dysphonia*. Journal of Voice, Vol. 27, No. 6.
- Guzman et al (2020). *A Voice Rehabilitation Protocol With the Semiocluded Ventilation Mask in Subjects With Symptoms of Vocal Fatigue and Phonatory Effort*. Journal of Voice.
- Guzman et al (2013). *Vocal tract and glotal function during and after vocal exercising with resonance tube and straw*. Journal of Voice, vol 27.
- Husson, J (1965). *El canto*. Ediciones Eudeba.
- Jackson Menaldi, C (1992). *La voz normal*. Buenos Aires: Editorial medica panamericana.
- Kent (1993). *Vocal tract acoustics*. Journal of Voice Vol. 7, No. 2, pp. 97-117
- Lucchini et al (2017). *Voice Improvement in Patients with Functional Dysphonia Treated with the Proprioceptive-Elastic (PROEL) Method*. Journal of Voice.
- Sacheri, S (2012). *Ciencia en el arte del canto*. Buenos Aires: Editorial Akadia.
- Simberg, S and LAINE, A (2007). *The resonance tube method in voice therapy: Description and Practical implementations*. Logopedics Phoniatrics Vocology. 3v2: 165-170
- Story et al (2000). *Acoustic impedance of an artificially lengthened and constricted vocal tract*. Journal of Voice. Vol. 14, No. 4, pp. 455-469
- Titze, I (2001). *Acoustic Interpretation of resonant voice*. Journal of Voice, V15, n°4
- Titze y Story (1997). *Acoustic interactions of the voice source with the lower vocal tract*. J. Acoust. Soc. Am. 101 (4)