

Consecuencias laringoscópicas, electroglotográficas, acústicas y sintomatológicas producidas por la sobrecarga vocal en mujeres con voces sanas y no entrenadas

Christopher Fuentes Aracena¹, Felipe Ahumada García, Carlos Arce Valiente, Jorge Arias Acevedo y Pablo Moya Cortés

Recibido 27 de enero de 2020 / Primera revisión 18 de febrero de 2020 / Aceptado 13 de abril de 2020

Resumen. La sobrecarga es una de las etapas del continuo de carga vocal. Actualmente, se considera que su investigación permite una mejor comprensión de la patología y sintomatología funcional de la voz. El objetivo de este trabajo fue analizar las consecuencias laringoscópicas, electroglotográficas, acústicas y sintomatológicas producidas por la sobrecarga vocal en mujeres con voces sanas y no entrenadas. Se examinó el comportamiento acústico, laringoscópico, electroglotográfico y sintomatológico de 30 mujeres que se sometieron a una tarea de sobrecarga vocal caracterizada por la lectura ininterrumpida de un texto durante 60 minutos, cuya intensidad fluctuó entre los 75 y 85 dB. A nivel laringoscópico, se observó mayor vascularización, aumento de la compresión supraglótica y cambios en la amplitud, simetría y onda mucosa. Acústicamente, se evidenció incremento significativo en la frecuencia fundamental e intensidad vocal. En la electroglotografía, el cociente de cierre y la fase abierta y cerrada disminuyeron significativamente, mientras que a nivel sintomatológico, la totalidad de la muestra expresó al menos un síntoma de fatiga vocal. En conclusión, los hallazgos observados son expresiones de la fatiga del mecanismo tiroaritenoides y de la inflamación aguda de la cubierta cordal.

Palabras clave: fatiga vocal; carga vocal; hiperfunción vocal.

[en] Laryngoscopic, electroglotographic, acoustic and symptomatic consequences produced by vocal overload in women with healthy untrained voices

Abstract. Overload is one of the stages of vocal load continuum. Currently, its research is considered to allow a better understanding of the pathology and functional symptomatology of the voice. The objective of this work was to analyse the laryngoscopic, electroglotographic, acoustic and symptomatic consequences produced by vocal overload in women with healthy untrained voices. The acoustic, laryngoscopic, electroglotographic and symptomatological behaviour of 30 women was examined, who were subjected to a task of vocal overload consisting of the uninterrupted reading of a text for 60 minutes, whose intensity ranged between 75 and 85 dB. At the laryngoscopic level, greater vascularisation, increased supraglottic compression and changes in the amplitude, symmetry and mucosal wave were observed. At the acoustic level, a significant increase in the fundamental frequency and vocal intensity was evidenced. In the electroglottography (EGG), the closed quotient as well as the open and closed phases decreased significantly; while at the symptomatic level, the total sample experienced at least one symptom of vocal fatigue. In conclusion, findings observed are expressions of both fatigue on the thyroarytenoid mechanism and acute inflammation of the vocal fold cover.

Keywords: vocal fatigue; vocal load; vocal hyperfunction.

Sumario: Introducción, Objetivo, Metodología, Participantes, Instrumentos, Procedimientos, Resultados, Discusión, Conclusión, Bibliografía.

Como citar: Fuentes Aracena, C. *et al.* (2021). Consecuencias laringoscópicas, electroglotográficas, acústicas y sintomatológicas producidas por la sobrecarga vocal en mujeres con voces sanas y no entrenadas. *Revista de Investigación en Logopedia* 11(1), e67275. <https://dx.doi.org/10.5209/rlog.67275>

Introducción

La sobrecarga corresponde a aquella zona donde el esfuerzo realizado expresa síntomas musculoesqueléticos (Franklyn-Miller, Roberts, Hulse, & Foster, 2014). En el estudio de los pliegues vocales, la sobrecarga se describe gracias a la interacción de distintos tipos de dosis: tiempo de fonación, cantidad de ciclos, distancia de la dosis, energía disipada y energía irradiada (tabla 1).

¹ Facultad de Ciencias de la rehabilitación, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.
Christopher Fuentes Aracena: chrfuentes@gmail.com

Tabla 1. Tipos de dosis involucradas en la oscilación de los pliegues vocales.

Tipo de dosis	Definición
Tiempo de fonación	Cantidad de segundos, minutos u horas que se utilizan exclusivamente para fonar. Esto no incluye tiempos de pausas o momentos sin fonación
Ciclos de la dosis	Número de vibraciones que se producen durante la utilización de la voz
Distancia de la dosis	Margen usado por el recorrido de los pliegues vocales durante la fonación. Depende del tiempo de fonación, intensidad y frecuencia fundamental con que se usa la voz
Energía disipada	Agitación térmica producida en el interior de los tejidos producto a la oscilación cordal
Energía irradiada	Cantidad de energía acústica que sale por la cavidad oral

Tabla extraída de Titze (1994) y Assad et al. (2017).

Se ha indicado que la distancia de dosis es el agente de mayor sobrecarga para los pliegues vocales (Whitling, Rydell, & Lyberg Åhlander, 2015). Esto se debería, principalmente, a la directa relación que existe entre la frecuencia fundamental e intensidad vocal (Remacle, Morsomme, & Finck, 2014). Se ha estimado que mientras más grande es la intensidad utilizada mayor el estrés de impacto que reciben los tejidos (Miri, 2014). A su vez, a medida que sube la frecuencia fundamental más ciclos ocurren durante la oscilación, resultando con esto, en un mayor cizallamiento o corte hacia el epitelio y la lámina propia de las cuerdas vocales (Horáček, Laukkanen, Šidlof, Murphy, & Švec, 2009).

El daño que se instala en los pliegues vocales gracias a la sobrecarga se inicia con la respuesta inflamatoria (Bonilha, White, Kuckhahn, Gerlach, & Deliyiski, 2012). En algunos sujetos se ha observado que esto se expresa con mayor dilatación capilar, aumento del riego sanguíneo (De Biase & Pontes, 2008), eritema (Samuel, Mahalingam, Balasubramaniyam, Boominathan, & Arunachalam, 2011) e incremento en el espesor de la mucosidad existente en el borde libre cordal (Bonilha et al., 2012).

Con el uso de la voz en frecuencias sobre los 300 a 400 Hz aumenta la presión intravascular de las vénulas y arteriolas de la cubierta cordal (Samuel et al., 2011). A su vez, el estrés de impacto utilizado durante la fonación dilata los espacios celulares del epitelio y destruye sus demosomas y hemodesmosomas (Gray & Titze, 1988). La sumatoria de ambos comportamientos permite la creación y acumulación del edema típico de la inflamación (Rousseau, Suehiro, Echemendia, & Sivasankar, 2011). La adición de factores irritantes externos o internos lleva a que el proceso inflamatorio adopte una serie de expresiones, donde destaca la aparición de lesiones con características edematosas, edematosa-angiomatosas, angiomatosas, angiomatosa-hialinas y hialinas (Remacle, Degols, & Delos, 1996).

En el músculo vocal se observarían cambios que indican su fatiga por sobreutilización, en este caso, destacan el uso de recursos anaeróbicos y la consiguiente pérdida gradual de la intensidad o de la calidad vocal inicial (Nanjundeswaran, VanSwearingen, & Abbott, 2017).

Efectos como los comentados han generado que la sobrecarga sea un fenómeno de alta relevancia en el estudio de la patología y sintomatología de origen funcional de la voz (Fujiki & Sivasankar, 2017). En algunos estudios se han visto modificaciones estructurales, como aparición de edema (Samuel et al., 2011), cambios en los parámetros acústicos (Remacle et al., 2014) y un lento proceso de recuperación posterior a su exposición (Whitling, Lyberg-Åhlander, & Rydell, 2017). Sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento no son concluyentes y resaltan la necesidad de más investigaciones que permitan una mejor comprensión del continuo que significa el trastorno funcional de la voz.

Objetivo

Analizar las consecuencias laringoscópicas, electroglotográficas, acústicas y sintomatológicas producidas por la sobrecarga vocal en mujeres con voces sanas y no entrenadas.

Metodología

Participantes

Para llevar a cabo este estudio cuantitativo y de carácter comparativo, se consideraron 30 mujeres estudiantes de carreras de la salud, cuya edad promedio fue de $24,3 \pm 2,94$ años. Cada una de ellas firmó un consentimiento informado aprobado por el comité de bioética de la Universidad Andrés Bello.

Se excluyeron a todas las participantes que presentaron patología vocal o entrenamiento de su voz. Además, se descartaron a aquellas mujeres que estaban en su período menstrual al momento de la toma de muestra y a quienes indicaron antecedentes de alergias respiratorias, de consumo de cigarrillos y de reflujo faringolaríngeo.

Instrumentos

El estudio del estado y funcionamiento de los pliegues vocales se realizó mediante el laringoscopio con luz estroboscópica de marca Ecleris.

El análisis de los parámetros acústicos, mediante la emisión de la vocal /a/ sostenida, ha dado los valores de frecuencia fundamental, amplitud, duración y relación entre ruido y armónicos. Esto se llevó a cabo con el software PRAAT versión 6.1.08. La grabación de la voz de las participantes se realizó con un micrófono Shure sm58 sostenido en un atril a 10 cm de su cavidad oral. La señal fue procesada a través de la interface Audiobox USB que se encontraba conectada a un notebook Toshiba L845. Las grabaciones se realizaron con el software Audacity, con una frecuencia de muestreo de 44.000 Hz y 16 bit de cuantificación. Simultáneamente, la medición de la intensidad se hizo con un sonómetro Benetech - GM1356 (de calibración automática). La elección de la distancia del sonómetro con respecto a la cavidad oral se hizo en base a lo expresado en otras investigaciones sobre la misma temática (Fujiki & Sivasankar, 2017).

Las características perceptuales se evaluaron con la versión adaptada al español del CAPE-V (Núñez-Batalla, Morato-Galán, García-López, & Ávila-Menéndez, 2015). Se examinaron todos los parámetros consignados por la adaptación y se hizo uso de una de las características adicionales propuestas por el protocolo para incluir a la astenia.

La evaluación electroglotográfica se efectuó con el equipo diseñado por Donald Miller, modelo 7050A portátil. El procesamiento de la señal se llevó a cabo con el software Vocevista 3.3, donde se fijó un Criterion Level (CL) de 35%.

Para conocer los síntomas que cada participante experimentó se utilizó un letrero de 30 x 30 cm a 70 cm de distancia. Este tenía un número que representaba un síntoma de tipo funcional, de esta forma se consignó: «1» sequedad de la cavidad oral, «2» sensación de carraspeo, «3» picazón en el tracto vocal, «4» ardor, «5» dolor y «6» tensión laríngea.

Adicionalmente, para cuantificar el tiempo de aparición de cada síntoma se utilizó el cronómetro multifunción XL-026 de tipo digital.

Se ubicó un micrófono tipo Lavalier de marca Genius MIC-01C en la región torácica de la participante para captar la frecuencia fundamental (f_0) utilizada durante la prueba de sobrecarga vocal. Los valores alcanzados fueron monitoreados con el software Sing and See professional.

Por último, durante la prueba, los valores de intensidad se monitorearon utilizando el mismo sonómetro y prestaciones anteriormente mencionados.

Procedimientos

Para ejecutar este estudio se realizaron una serie de procedimientos que permitieron obtener resultados antes, durante y después de la tarea de sobrecarga vocal. Cada uno de estos se llevó a cabo en una sala aislada y que contó con un ruido de fondo inferior a 45 dB.

A cada participante se le realizó una laringoscopia con luz estroboscópica para observar el comportamiento supraglótico, vascularización, amplitud, onda mucosa y simetría en la oscilación de los pliegues vocales. La emisión solicitada consistió en una /e/ o /i/ en un tono e intensidad habitual. La forma de consignación de los resultados obtenidos en la vascularización, amplitud, onda mucosa y simetría se hizo gracias a la orientación entregada por el *Stroboscopy Examination Rating Form* (SERF) (Poburka, 1999). Mientras que la valoración del comportamiento supraglótico se realizó según las instrucciones del Voice-Vibratory Assessment With Laryngeal Imaging (VALI) (Poburka, Patel, & Bless, 2017).

Posteriormente, cada sujeto debió emitir frente a un micrófono una vocal /a/ por el mayor tiempo posible. Al igual que la tarea anterior, esta emisión se ejecutó en un tono e intensidad habitual. En ese mismo momento se sostuvo el sonómetro para medir la intensidad con que se realizó la tarea requerida. La grabación de audio obtenida fue guardada para el posterior análisis de los parámetros de frecuencia, amplitud, duración, ruido y la estabilidad y definición de los armónicos. El análisis de la duración o del tiempo máximo fonatorio se hizo con el total de la emisión de la participante, mientras que los otros parámetros se analizaron con los tres segundos centrales.

A continuación, se utilizó la versión en español del CAPE-V. Las instrucciones de aplicación fueron las mismas expresadas en su adaptación (Núñez-Batalla, Morato-Galán, García-López, & Ávila-Menéndez, 2015). Se eligieron a dos examinadores al azar para el análisis de cada una de las emisiones. Posteriormente, los resultados obtenidos fueron promediados previa evaluación de su fuerza de concordancia.

Los examinadores o jueces eran parte del equipo investigador de este trabajo. El primero tenía 7 años de experiencia en la terapéutica vocal, mientras que el segundo contaba con un año de experticia en el área. Los audios fueron analizados de forma independiente en el mismo lugar (el primer juez lo hizo un día antes que el segundo).

En un notebook Toshiba L845 se encontraba la carpeta con las voces de cada participante enumeradas de 1 a 30 (sin nombres o identidad). La reproducción de cada archivo se hizo en el software multimedia que trae por defecto Windows 8.1. Por último, para escuchar cada registro se entregaron audífonos Sony WH-CH700N (con cancelación de ruido de fondo).

La siguiente prueba realizada fue la electroglotografía. Se limpió la región del cartílago tiroideos con alcohol para maximizar el contacto entre los electrodos y la piel. Luego, fueron ubicados ambos electrodos en la región central

cartílago tiroideos y se solicitó a cada participante la emisión de una /a/ por un tiempo de cinco segundos. Los parámetros observados fueron el cociente de cierre (CQ o closed quotient), fase de cierre y de apertura (Silveira et al., 2012), tiempo en contactar (TeC), tiempo en decontactar (TeD) e índice de contacto (Orlikoff, 1991) (figura 1).

A continuación, a cada sujeto se le instruyó para que indicara la presencia de algún síntoma funcional durante la tarea de sobrecarga. Se le indicó que cada número (del 1 al 6) consistía en una molestia precisa y que debía representar el número con su mano derecha mientras estaban leyendo. De esta forma, la tarea de sobrecarga no se interrumpió.

El tiempo de aparición de los síntomas fue anotado por uno de los investigadores. Se consignó en minutos la primera aparición de cada molestia sufrida.

Para evitar confusiones durante la manifestación de alguno de los síntomas, a cada sujeto se le explicó el significado en específico de las molestias investigadas y las posibles sensaciones que pudieran expresar en la laringe o en el tracto vocal.

La prueba de sobrecarga vocal consistió en la lectura del libro *Robinson Crusoe* por un tiempo de 60 minutos ininterrumpidos y a una intensidad que debía fluctuar entre los 75 y 85 dB. Durante su ejecución, se monitorearon en vivo los valores de frecuencia fundamental e intensidad. Cada 10 minutos se obtuvo el valor de ambos parámetros, lo que permitió la obtención de seis valores distintos y así, calcular un posterior promedio.

A continuación de la tarea de sobrecarga vocal a cada sujeto se le realizó una evaluación idéntica a la inicial. Esto incluyó la exploración laringoscópica con luz estroboscópica, acústica y electroglotográfica.

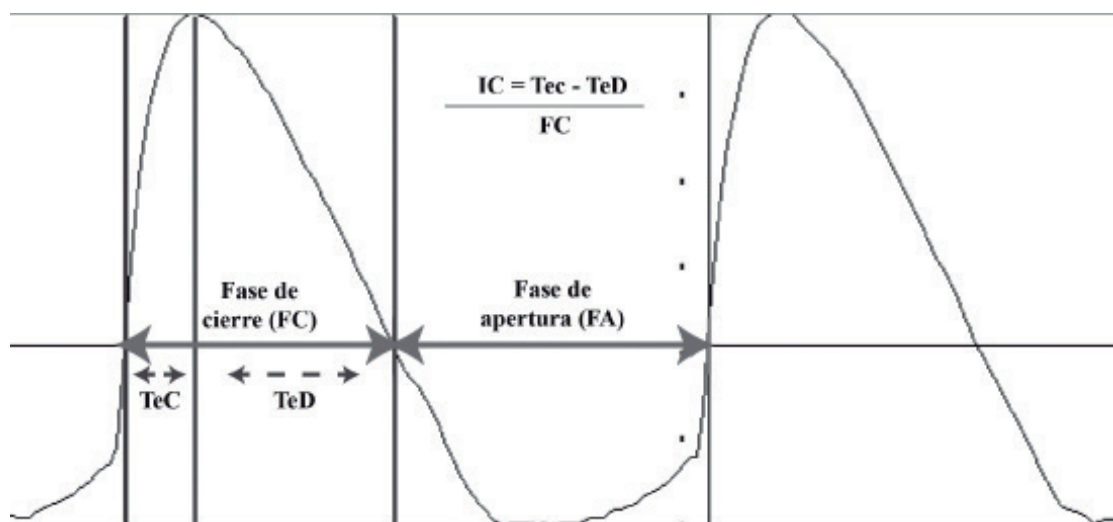


Figura 1. Parámetros electroglotográficos evaluados.

Abreviaciones: TeC: tiempo en contactar (medido desde el inicio de la fase de cierre hasta el pico máximo de cierre cordal), TeD: tiempo en decontactar (calculado desde el pico máximo de cierre cordal hasta el inicio de la fase de apertura), IC: índice de contacto (valor no dimensional y que se obtiene mediante la resta de TeC y TeD. Posteriormente, este resultado es dividido por el valor obtenido en la fase de cierre) (Orlikoff, 1991).

Resultados

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se llevó a cabo gracias al software SPSS versión 25, mediante el cual se utilizaron estadísticas descriptivas para las distintas variables medidas y pruebas paramétricas y no paramétricas para analizar los cambios generados por la sobrecarga vocal. Se utilizó la prueba de Shapiro Wilk para conocer la normalidad de las variables. De esta forma, se encontró que aquellas propias de los parámetros acústicos (Jitter y Shimmer local, HNR, tiempo máximo fonatorio, intensidad y frecuencia fundamental) tuvieron una distribución normal. Mientras que aquellas que fueron parte de la electroglotografía (CQ, fase de cierre, fase de apertura, tiempo en contactar, tiempo en decontactar e índice de contacto) y las evaluadas con el CAPE – V presentaron una distribución no normal.

Para comparar las modificaciones exhibidas en los parámetros acústicos se utilizó la prueba T de Student para muestras relacionadas, mientras que para las variaciones expresadas por los parámetros electroglotográficos se aplicó la prueba de Wilcoxon. El nivel de confianza empleado en la prueba T de Student, en la prueba de Wilcoxon y en la de Shapiro Wilk fue del 95 % ($p < 0,05$).

Adicionalmente, en el análisis del CAPE-V se aplicó el índice de Kappa para conocer la concordancia entre las mediciones realizadas por los dos examinadores. El valor obtenido fue de 1.00, lo que indica una fuerza de concordancia excelente.

Durante la prueba de sobrecarga la F0 que se utilizó fluctuó entre los 225 y 532 Hz, mientras que la intensidad osciló entre los 75 y 85 dB. Adicionalmente, se observó que, para ambos parámetros, el promedio obtenido en el minuto 50 fue la más elevado (tabla 2).

Con respecto a los parámetros estáticos de la estroboscopia (figura 2), se observó que en el 93,3 % aumentó la vascularización de la cubierta cordal, mientras que el 6,7 % restante no tuvo modificaciones.

En cuanto a los parámetros dinámicos de la estroboscopia (figura 2), se evidenció que la configuración supraglótica se mantuvo igual a la inicial en el 13,3 % de los sujetos, mientras que en el 86,7 % existieron modificaciones. Dentro de estos cambios, el 23,3 % presentó acortamiento anteroposterior, el 66,7 % exhibió mayor compresión medial y el 10 % restante un conjunto de ambas configuraciones. Simultáneamente, se evidenció que los pliegues vocales del 100 % de las participantes aumentaron su amplitud vibratoria, mientras que en el 33,3 % se observó un notorio incremento de su onda mucosa. Con relación a la simetría, se pudo notar que el 13,3 % mantuvo un patrón similar a la inicial, mientras que el 86,7 % adoptó modos asimétricos de vibración.

Con respecto al análisis perceptual, se observó que con el CAPE-V el 100 % de la muestra presentó (en promedio) cambios leves para todos los aspectos evaluados. De estos, la tensión, la astenia y las modificaciones en la intensidad vocal fueron los de mayor puntaje posterior a la tarea de sobrecarga vocal (tabla 3). En cuanto a los parámetros vocales, se evidenciaron cambios significativos ($p < 0,05$) en Jitter y Shimmer local, HNR, frecuencia fundamental, tiempo máximo fonatorio e intensidad vocal (tabla 3). Adicionalmente, se observó que el 100 % de la muestra obtuvo mayor definición y estabilidad en el comportamiento de sus armónicos (figura 3).

Tabla 2. Variaciones de la frecuencia fundamental e intensidad vocal durante la tarea de sobrecarga.

Minutos	Frecuencia fundamental (Hz)				Intensidad (dB)			
	Mínimo	Máximo	\bar{X}	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	\bar{X}	Desviación estándar
Inicial (0)	225	350	294,3	38,1	75	80	76,9	1,41
10	255	389	323,0	39,9	75	81	77,1	1,48
20	255	410	335,7	37,4	75	82	77,5	1,81
30	255	460	351,5	45,7	75	84	79,6	3,12
40	289	523	361,9	55,2	75	85	80,2	2,97
50	310	521	364,9	52,3	77	85	80,8	2,71
Final (60)	248	521	352,3	55,6	75	85	78,5	2,51

Tabla 3. Promedios obtenidos en la evaluación con el CAPE-V (versión en español) antes y después de la tarea de sobrecarga vocal.

Parámetro	Previo a la tarea de sobrecarga vocal				Posterior a la tarea de sobrecarga vocal				Valor P
	Mínimo	Máximo	\bar{X}	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	\bar{X}	Desviación estándar	
Severidad general	0	0	0	0	10	40	21,1	8,57	< 0,05*
Aspereza	0	0	0	0	0	30	6,7	9,94	0,002*
Escape	0	5	1,5	2,33	0	30	5	8,61	0,078
Tensión	0	0	0	0	10	50	26,7	8,44	< 0,05*
Tono	0	0	0	0	10	40	20,7	6,91	< 0,05*
Intensidad	0	0	0	0	10	40	31,0	9,22	< 0,05*
Astenia	0	0	0	0	20	40	28,0	7,14	< 0,05*

* Diferencia significativa

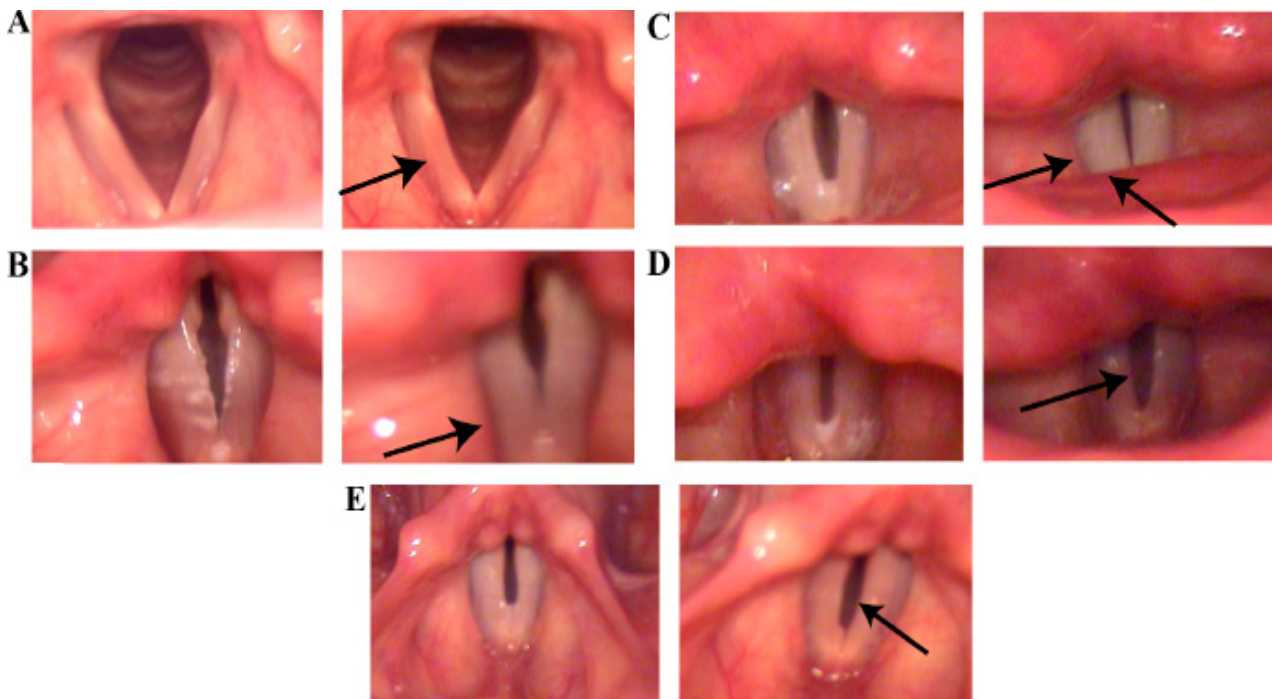


Figura 2. Cambios laringoscópicos producidos por la tarea de sobrecarga vocal. A la izquierda se observan imágenes previo a la tarea de sobrecarga y a la derecha, posterior a ella. De este modo se indican (flecha negra en toda la secuencia): en A, variaciones a nivel de la vascularización; en B, cambios existentes en la compresión supraglótica; en C, aparición de acortamiento anteroposterior y compresión medial; en D, aumento de la amplitud oscilatoria; y en E, aparición de asimetría vibratoria.

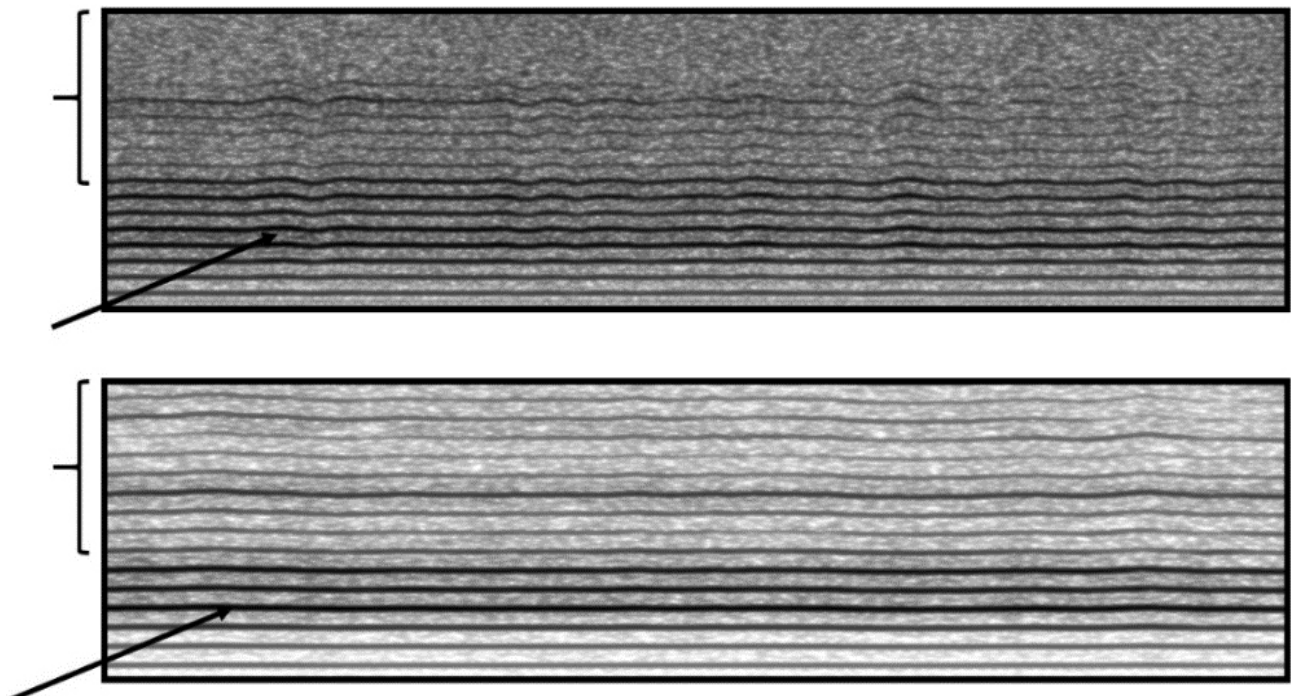


Figura 3. Cambios en el espectrograma durante la emisión de una /a/ sostenida.

En superior se observa previo a la tarea de sobrecarga vocal y en inferior, después de ella.

El paréntesis indica la mayor definición de los armónicos, mientras que la flecha señala su mayor estabilidad.

En la evaluación electroglotográfica se observó disminución en los parámetros CQ, fase de cierre, fase de apertura, tiempo en decontactar ($p < 0,05$) y tiempo en contactar ($p = 0,14$). A su vez, se evidenció que el índice de contacto de la muestra estudiada aumentó de forma significativa ($p = 0,01$) (tabla 4).

Tabla 4. Parámetros acústicos y electroglotográficos antes y después de la tarea de sobrecarga vocal (obtenidos con la emisión de una /a/ sostenida).

Parámetros acústicos	Antes de la tarea de sobrecarga				Después de la tarea de sobrecarga				
	Valor mínimo	Valor máximo	\bar{X}	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo	\bar{X}	Desviación estándar	Valor P
Jitter local (%)	0,17	0,74	0,42	0,14	0,13	0,54	0,26	0,10	< 0,05 *
Shim local (%)	2,14	7,54	4,75	1,45	1,19	5,07	2,28	0,84	< 0,05 *
HNR (dB)	10,06	17,54	13,68	1,90	14,16	26,92	22,55	3,00	< 0,05 *
TMF (s)	5,30	16,48	10,44	3,08	7,50	22,40	14,12	3,85	< 0,05 *
Intensidad (dB)	40,80	62,30	50,42	5,62	53,10	72,30	60,94	5,30	< 0,05 *
F0 (Hz)	189,00	261,80	222,50	17,55	202,60	303,00	253,26	22,77	< 0,05 *
Parámetros electroglotográficos	Antes de la tarea de sobrecarga				Después de la tarea de sobrecarga				
	Valor mínimo	Valor máximo	\bar{X}	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo	\bar{X}	Desviación estándar	Valor P
CQ (%)	0,42	0,57	0,49	0,35	0,35	0,55	0,47	0,05	< 0,05 *
FC (ms)	1,66	2,58	2,20	0,21	1,31	2,50	1,86	0,29	< 0,05 *
FA (ms)	1,69	2,58	2,22	0,19	1,65	2,60	2,04	0,24	< 0,05 *
TeC (ms)	0,33	0,59	0,43	0,07	0,33	0,59	0,41	0,07	0,14
TeD (ms)	1,19	2,14	1,68	0,22	0,92	1,99	1,40	0,32	< 0,05 *
IC	-0,71	-0,39	-0,56	0,08	-0,78	-0,35	-0,52	0,12	0,01*

* Diferencia significativa.

Abreviaciones: Shim, Shimmer; TMF, tiempo máximo fonatorio; F0, frecuencia fundamental; FC, fase de cierre; FA, fase de apertura; TeC, tiempo en contactar; TeD, tiempo en decontactar; IC, índice de contacto.

Valores referenciales: Jitter local, 0.032 – 0.972 %; Shimmer local, 1.393 – 4.861; HNR, 12 – 16.5 dB% (Susana Finger, Aparecida Cielo, & Schwarz, 2009); Tiempo máximo fonatorio, 21.3 s (Casado et al., 2002); Intensidad, 51 – 104 dB (Behrman, 2017); Frecuencia fundamental en mujeres, 192 – 275 Hz (Colton, Casper, & Leonard, 2011); CQ, 0.4 – 0.6 (Baken, 1992).

Con respecto a la distribución de los síntomas, se observó que el 100 % de las participantes manifestó al menos uno de los síntomas funcionales explorados. De estos, el de mayor frecuencia fue la sequedad en el 100 % de los sujetos, mientras que con un 26,7 %, el dolor fue el de menor recurrencia. En relación al tiempo de aparición de cada síntoma, se evidenció que este fluctuó entre los 23 y 38 minutos (tabla 5).

Tabla 5. Distribución (cantidad de sujetos y tiempo de aparición) de los síntomas percibidos durante la tarea de sobrecarga vocal.

Síntoma	Cantidad de sujetos		Tiempo de aparición (minutos)			
	n	%	Mínimo	Máximo	\bar{X}	Desviación estándar
Sequedad	30	100	7	59	25,9	15,0
Carraspeo	26	86,7	8	59	23,3	16,0
Picazón	11	36,7	11	55	23,5	14,3
Ardor	10	33,3	9	35	24,5	8,6
Dolor	8	26,7	15	56	33,8	13,9
Tensión	16	53,3	17	59	38,7	11,5

Discusión

La sobrecarga vocal repercute de múltiples formas en la estructura y función vocal (Fujiki & Sivasankar, 2017). En esta investigación se observaron cambios que corroboran y fortalecen esta idea. Sin embargo, también se evidenciaron fenómenos que permiten entender el continuo que significa la prescripción y dosificación de las fuerzas mecánicas involucradas en la fonación.

Previo a la tarea de sobrecarga vocal se observó que el único parámetro que expresó valores anormales fue el tiempo máximo fonatorio (tabla 4). Específicamente, se observó una reducción de 10 segundos en comparación a lo esperado para la edad y sexo de la muestra. Esta disminución con respecto a la normalidad, en voces acústicamente sanas, denota la falta de acondicionamiento muscular aductor que tienen las cuerdas vocales (Fuentes, Briones, Curinao, Duque, & Hernández, 2019). En un contexto cotidiano de uso vocal esto no expresa síntomas, sin embargo, bajo tareas de sobrecarga, provoca que los síntomas propios de la fatiga aparezcan con mayor rapidez (Wu, Crumley, Armstrong, & Caiozzo, 2000).

Este tipo de particularidades remarca la relevancia del concepto resistencia laríngea, donde la condición muscular permite enfrentar (según su grado de desarrollo) de peor o mejor forma la exigencia de la tarea, confirmando así, que la sobrecarga y sus expresiones están condicionadas por la capacidad aeróbica y anaeróbica que presentan, principalmente, los músculos de los pliegues vocales (Tellis, Rosen, Carroll, Fierro, & Sciote, 2011).

Durante la ejecución de la prueba las participantes debieron incrementar la intensidad de su voz a valores que fluctuaron entre los 75 y 85 dB. Este comportamiento automáticamente generó la elevación de la frecuencia fundamental a valores cercanos (en promedio) a los 350 Hz. En voces no entrenadas esto se debe principalmente a que cuando aumenta la presión subglótica las cuerdas vocales se estiran en dirección lateral y anteroposterior (Titze, 2000). Al crecer su elongación lateral también se acrecienta su tensión. Con esto, debido al incremento de las fuerzas elásticas, los pliegues vocales vuelven más rápido a su punto de equilibrio y el ciclo oscilatorio tiene mayor frecuencia (Rothenberg & Mahshie, 1977).

Este hecho ha sido definido como uno de los principales factores de riesgo biomecánico de sobrecarga hacia la cubierta cordal (Whitling et al., 2015). Con su ocurrencia tiende a aumentar de manera significativa el estrés de impacto, de cizalla, y las aceleraciones y desaceleraciones que sufren los tejidos expuestos a la vibración (Horáček et al., 2009). Por esto mismo, se ha estimado que la presencia de este comportamiento sumado a un tiempo de fonación que impida la recuperación de las células epiteliales, sería el principal factor de daño funcional (Hunter & Titze, 2010).

En las mediciones obtenidas, los valores más altos de F0 (en promedio) se observaron en el mismo tiempo que los niveles más elevados de intensidad vocal. Este fenómeno se ha indicado que es una respuesta al esfuerzo físico necesitado para ejecutar la tarea de sobrecarga vocal (Stepp, Sawin, & Eadie, 2012). Simultáneamente, en la muestra estudiada el incremento de ambos parámetros fue proporcional al paso del tiempo. Esta particularidad se trataría de una adaptación natural a la rigidez que adquiere la cubierta cordal producto al mismo uso y, además, explica porque una vez terminada la tarea de sobrecarga las características acústicas empleadas durante su ejecución se mantienen en el tiempo (Remacle et al., 2017).

El aumento progresivo de tono e intensidad a medida se ejecutó la tarea de sobrecarga vocal, se describe como parte del comportamiento adaptativo que existe durante la fatiga vocal (Remacle et al., 2017). A medida el sujeto percibe su voz cansada, inicia un círculo compensatorio que solicita más esfuerzo y, por consiguiente, un aumento de los parámetros mencionados (McCabe & Titze, 2002). Cuando esto ya no es sostenible por los tejidos involucrados, el rendimiento decae y los parámetros vocales también (tal como se observó en la última medición durante la prueba).

El 93,3 % de la muestra estudiada tuvo una mayor vascularización en la cubierta cordal al finalizar la tarea de sobrecarga. Esto se debe principalmente a la respuesta inflamatoria que provoca el constante estrés mecánico al que es sometido esta estructura (De Biase & Pontes, 2008). Esta respuesta es normal y natural, y permite que los tejidos expuestos al daño puedan recuperarse (Ahmed, 2011). Sin embargo, también se considera como el punto de inicio de las lesiones de origen fonotraumático (Samuel et al., 2011).

Los cambios supraglóticos existentes posterior a la tarea de sobrecarga han sido definidos como propios de la hiperfunción vocal (Angsuwarangsee & Morrison, 2002). No obstante, también se ha indicado que suelen aparecer debido a la adaptación propia de la laringe a la exigencia de la tarea (Van Houtte, Van Lierde, & Claeys, 2011). En este caso, la compresión lateral nacería como compensación para mantener y lograr mayor intensidad (Finnegan & Alipour, 2009), mientras que el acortamiento anteroposterior se originaría gracias a las constantes acomodaciones que realiza la lengua durante la articulación del habla (Behrman, Dahl, Abramson, & Schutte, 2003). Variaciones como estas también indican la razón de porqué la mayoría de las participantes refirieron que su voz se sintió apretada o tensa al momento de finalizar la tarea de sobrecarga vocal (Van Houtte et al., 2011).

A pesar de lo anterior, algunos autores han indicado que las compensaciones laríngeas que se producen a medida se ejercita la voz, son parte de las adaptaciones propias de la exigencia que conlleva producir el sonido con mayor intensidad o altura y, que por lo mismo, no siempre representarían un fenómeno hiperfuncional (Mayerhoff et al., 2014).

Las modificaciones existentes en la amplitud vibratoria obedecen a la adaptación muscular del mecanismo tiroarrienoideo (Remacle et al., 2014). La acomodación muscular también produce otros efectos que se observaron en esta investigación, algunos de ellos son el aumento de intensidad habitual y el incremento del tiempo máximo fonatorio.

Específicamente, ambos se relacionarían con el mejor aprovechamiento de la energía aerodinámica por parte de los músculos aductores cordales (Titze, 2000).

Las adaptaciones musculares también incluyen a los cambios en Jitter, Shimmer y a la mayor definición del componente armónico. En este caso, lo que se indica es la presencia de mayor estabilidad con respecto a la frecuencia y amplitud oscilatoria. Sin embargo, los ajustes comentados anteriormente en la cubierta cordal también pueden influir en su modificación (Jiang, Zhang, MacCallum, Sprecher, & Zhou, 2009).

Si bien los resultados obtenidos indican que los músculos laríngeos se adaptan al ejercicio al que son sometidos. También aluden a la sobreexigencia del mecanismo tiroaritenoides. La presencia de asimetría vibratoria corrobora este hecho. Se ha explicado que esta respuesta aparece debido a la fatiga que experimentan los músculos aductores de una o ambas cuerdas vocales (Shadi et al., 2016). A este fenómeno se le conoce como fatiga metabólica y se origina cuando el músculo agota sus recursos energéticos debido al sobre esfuerzo al que es sometido (Nanjundeswaran et al., 2017). Modificaciones como estas conducen a que el borde libre reciba impactos en puntos precisos, los cuales con el tiempo se acumulan y se expresan en forma de lesión de base funcional (Dejonckere & Kob, 2009).

Los cambios electroglotográficos observados posterior a la prueba de sobrecarga indican que las cuerdas vocales de las participantes presentaron ciclos más pequeños, de menor duración y con un mayor índice de contacto. La reducción en la fase de cierre y de apertura se relaciona con voces que tienen una frecuencia fundamental elevada (Baken, 1992). Esto fue observado en la muestra que participó en esta investigación (tabla 2). A su vez, el aumento en el índice de contacto indica mayor simetría en el contacto vertical de las cuerdas vocales (Winkler, Brückl, Brückl, & Sendlmeier, 2003), lo que lleva a entender a este parámetro como un predictor del tono de las cuerdas vocales (Orlikoff, 1991). En la muestra estudiada su incremento fue de - 0,65 a - 0,52, corroborándose así, el fenómeno de adaptación muscular previamente mencionado.

La reducción del tiempo que demoran las cuerdas vocales en cerrar también indica aumento de la frecuencia fundamental, sin embargo, también se ha visto este fenómeno en voces que tienen características hiperfuncionales (Szkielkowska, Krasnodębska, Miąskiewicz, & Skarzyński, 2018). En este caso, la rápida velocidad de cierre hace alusión a una colisión brusca e intensa. Debido a los datos observados en esta investigación ambas teorías pueden dar explicación a este hallazgo.

La presencia de los síntomas expresados durante la ejecución de la tarea solicitada indican la aparición y evolución de la fatiga vocal en sujetos no entrenados (Samuel et al., 2011). Esta se manifestó alrededor de los 23 minutos mediante la sensación de sequedad. Se ha estimado que este síntoma se relaciona con la disipación de energía en calor, lo que ocurriría no solo en el tracto vocal, sino que también dentro de las cuerdas vocales (Sandage, Wang, & Cao, 2019). Con esto, se incrementa el espesor de la mucosidad de la región y aparece la sensación de carraspeo (Bonilha, O'Shields, Gerlach, & Deliyski, 2009). Estos cambios en el balance hídrico dentro del tracto vocal y de la cubierta cordal repercutirían directamente en las escasas modificaciones observadas en la onda mucosa de las participantes (Witt, Taylor, Regner, & Jiang, 2011). La aparición de picazón en el tracto vocal se relaciona con la liberación de histamina propia del proceso inflamatorio de las estructuras sobreutilizadas (Thurmond, Kazerouni, Chaplan, & Greenspan, 2014). Mientras que el ardor correspondería a una expresión de la irritación de la mucosa del tracto vocal, debido al estrés mecánico que están recibiendo los tejidos blandos que se insertan en el hioides (Fuentes, 2018).

En la función vocal, el dolor se conoce como odinofonía y se manifiesta principalmente en aquellas personas que presentan cuadros de insuficiencia glótica (Jung et al., 2017). Se ha indicado que su aparición se expresa cuando se inflaman los tendones que se insertan en el hioides (Aydi, Ekinci, Köybaşıoğlu, & Kizil, 2007) o cuando se forman pequeñas contracturas dentro de los músculos intrínsecos de las cuerdas vocales (Jung et al., 2017). Este último caso sería concordante con la sobreactivación del mecanismo tiroaritenoides expresado anteriormente.

A pesar de los resultados anteriormente discutidos, este estudio contó con una serie de limitaciones. Estas incluyen a la poca diversidad en la muestra, la inexistente clasificación de los participantes según resistencia laríngea, la utilización de instrucciones e instrumentos no validados o estandarizados para la medición de la sintomatología percibida, y la falta de herramientas de medición propias de la evaluación de la carga vocal, como el dosímetro.

Conclusión

El proceso de sobrecarga vocal produce una serie de adaptaciones en la estructura y función vocal. Desde un punto muscular estos van desde el acondicionamiento hasta la fatiga metabólica, mientras que, en la lámina propia, incluyen a expresiones propias de la inflamación aguda.

Simultáneamente, estas adaptaciones se expresan con cambios positivos en parámetros como Jitter, Shimmer y comportamiento de los armónicos. Además, modifica el patrón oscilatorio en cuanto a velocidad y duración de la fase de cierre y apertura. Simultáneamente, provoca cambios supraglóticos que se definen como hiperfuncionales y, finalmente, causa la aparición de síntomas que van desde la sequedad del tracto vocal hasta el dolor durante la fonación.

Por último, las modificaciones acústicas que se producen durante la tarea de sobrecarga vocal, producto de las acomodaciones naturales de la cubierta y cuerpo de las cuerdas vocales, se mantienen inclusive una vez terminada su ejecución.

Bibliografía

- Ahmed, A. U. (2011). An overview of inflammation: mechanism and consequences. *Frontiers in Biology*, 6(4), 274. <https://doi.org/10.1007/s11515-011-1123-9>
- AngéliqueRemacle, Morsomme, D., & Finck, C. (2014). Comparison of Vocal Loading Parameters in Kindergarten and Elementary School Teachers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(2), 406–415. https://doi.org/10.1044/2013_JSLHR-S-12-0351
- Angsuwarangsee, T., & Morrison, M. (2002). Extrinsic laryngeal muscular tension in patients with voice disorders. *Journal of Voice : Official Journal of the Voice Foundation*, 16(3), 333–343.
- Assad, J., Magalhães, M., Nunes, J., & Côrtes, A. (2017). Dose Vocal: uma revisão integrativa da literatura. *Revista CEFAC*, 19(3), 429–438. <https://doi.org/10.1590/1982-021620171932617>
- Aydil, U., Ekinci, Ö., Köybaşıoğlu, A., & Kizil, Y. (2007). Hyoid bone insertion tendinitis: Clinicopathologic correlation. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 264(5), 557–560. <https://doi.org/10.1007/s00405-006-0220-x>
- Baken, R. J. (1992). Electroglottography. *Journal of Voice*, 6(2), 98–110. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80123-7](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80123-7)
- Behrman, A. (2017). *Speech and Voice Science*. San Diego: Plural Publishing, Inc.
- Behrman, A., Dahl, L. D., Abramson, A. L., & Schutte, H. K. (2003). Anterior-posterior and medial compression of the supraglottis: signs of nonorganic dysphonia or normal postures? *Journal of Voice : Official Journal of the Voice Foundation*, 17(3), 403–410.
- Bonilha, H. S., O'Shields, M., Gerlach, T. T., & Deliyski, D. D. (2009). Arytenoid adduction asymmetries in persons with and without voice disorders. *Logopedics, Phoniatrics, Vocology*, 34(3), 128–134. <https://doi.org/10.1080/14015430903150210>
- Bonilha, H. S., White, L., Kuckhahn, K., Gerlach, T. T., & Deliyski, D. D. (2012). Vocal fold mucus aggregation in persons with voice disorders. *Journal of Communication Disorders*, 45(4), 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2012.03.001>
- Casado, J. C., Adrián, J. A., Cobeta, I., Nuñez, F., González, R., Coll, R., & Muñoz del Castillo, F. (2002). *Evaluacion Clinica de la Voz*. Aljibe Ediciones.
- Colton, R. H., Casper, J. K., & Leonard, R. (2011). *Understanding voice problems : a physiological perspective for diagnosis and treatment*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- De Biase, N. G., & Pontes, P. A. de L. (2008). Blood Vessels of Vocal Folds. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 134(7), 720. <https://doi.org/10.1001/archotol.134.7.720>
- Dejonckere, P. H., & Kob, M. (2009). **Pathogenesis of vocal fold nodules: New insights from a modelling approach.** *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 61(3), 171–179. <https://doi.org/10.1159/000219952>
- Finnegan, E. M., & Alipour, F. (2009). Phonatory effects of supraglottic structures in excised canine larynges. *Journal of Voice : Official Journal of the Voice Foundation*, 23(1), 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2007.01.004>
- Franklyn-Miller, A., Roberts, A., Hulse, D., & Foster, J. (2014). Biomechanical overload syndrome: defining a new diagnosis. *British Journal of Sports Medicine*, 48(6), 415–416. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091241>
- Fuentes, C. (2018). *La carga vocal. Definición, fonotrauma y prescripción* (Primera; Brujas, Ed.).
- Fuentes, C., Briones, V., Curinao, C., Duque, F., & Hernández, I. (2019). Repercusiones vocales del síndrome de hiperlaxitud articular. *Revista de Logopedia, Foniatria y Audiología*, 39(4), 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2019.05.002>
- Fujiki, R. B., & Sivasankar, M. P. (2017). A Review of Vocal Loading Tasks in the Voice Literature. *Journal of Voice*, 31(3), 388.e33-388.e39. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.09.019>
- Gray, S., & Titze, I. (1988). Histologic Investigation of Hyperphonated Canine Vocal Cords. *Annals of Otolaryngology & Laryngology*, 97(4), 381–388. <https://doi.org/10.1177/000348948809700410>
- Horáček, J., Laukkanen, A.-M., Šidlof, P., Murphy, P., & Švec, J. G. (2009). Comparison of acceleration and impact stress as possible loading factors in phonation: A computer modeling study. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 61(3), 137–145. <https://doi.org/10.1159/000219949>
- Hunter, E. J., & Titze, I. R. (2010). Variations in intensity, fundamental frequency, and voicing for teachers in occupational versus nonoccupational settings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(4), 862–875. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/09-0040\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/09-0040))
- Jiang, J. J., Zhang, Y., MacCallum, J., Sprecher, A., & Zhou, L. (2009). Objective acoustic analysis of pathological voices from patients with vocal nodules and polyps. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 61(6), 342–349. <https://doi.org/10.1159/000252851>
- Jung, S., Park, H., Bae, H., Yoo, J., Park, H., Park, K., ... Chung, S. (2017). Laryngeal myofascial pain syndrome as a new diagnostic entity of dysphonia. *Auris Nasus Larynx*, 44(2), 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2016.05.001>
- Mayerhoff, R., Guzman, M., Jackson-Menaldi, C., Munoz, D., Dowdall, J., Maki, A., ... Rubin, A. D. (2014). Analysis of supraglottic activity during vocalization in healthy singers. *The Laryngoscope*, 124(2), 504–509. <https://doi.org/10.1002/lary.24310>
- McCabe, D. J., & Titze, I. R. (2002). Chant Therapy For Treating Vocal Fatigue Among Public School Teachers. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 11(4), 356–369. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2002/040\)](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2002/040))
- Miri, A. K. (2014). Mechanical Characterization of Vocal Fold Tissue: A Review Study. *Journal of Voice*, 28(6), 657–667. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.03.001>

- Nanjundeswaran, C., Van Swearingen, J., & Abbott, K. V. (2017). Metabolic mechanisms of vocal fatigue. *Journal of Voice*, 31(3), 378.e1-378.e11. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.09.014>
- Núñez-Batalla, F., Morato-Galán, M., García-López, I., & Ávila-Menéndez, A. (2015). Adaptación fonética y validación del método de valoración perceptual de la voz CAPE-V al español. *Acta Otorrinolaringologica Espanola*, 66(5), 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.otorri.2014.07.007>
- Orlikoff, R. F. (1991). Assessment of the dynamics of vocal fold contact from the electroglottogram: Data from normal male subjects. *Journal of Speech and Hearing Research*, 34(5), 1066–1072. <https://doi.org/10.1044/jshr.3405.1066>
- Poburka, B. J. (1999). A new stroboscopy rating form. *Journal of Voice*, 13(3), 403–413. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(99\)80045-9](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(99)80045-9)
- Poburka, B. J., Patel, R. R., & Bless, D. M. (2017). Voice-vibratory assessment with laryngeal imaging (vali) form: reliability of rating stroboscopy and high-speed videoendoscopy. *Journal of Voice*, 31(4), 513.e1-513.e14. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.12.003>
- Remacle, A., Garnier, M., Gerber, S., David, C., Petillon, C., Martin, S., & Cedex, H. (2017). *Vocal Change Patterns During a Teaching Day: Inter- and Intra-subject Variability*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.03.008>
- Remacle, M., Degols, J. C., & Delos, M. (1996). Exudative lesions of Reinke's space. An anatomopathological correlation. *Acta Oto-Rhino-Laryngologica Belgica*, 50(4), 253–264.
- Rothenberg, M., & Mahshie, J. (1977). Induced transglottal pressure variations during voicing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 62(S1), S14–S14. <https://doi.org/10.1121/1.2016037>
- Rousseau, B., Suehiro, A., Echemendia, N., & Sivasankar, M. (2011). Raised intensity phonation compromises vocal fold epithelial barrier integrity. *The Laryngoscope*, 121(2), 346–351. <https://doi.org/10.1002/lary.21364>
- Samuel, J., Mahalingam, S., Balasubramaniyam, S., Boominathan, P., & Arunachalam, R. (2011). Stroboscopic and Multiparametric Acoustic Analysis of Voice after Vocal Loading Task. *International Journal of Phonosurgery and Laryngology*, 1(2), 47–51. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10023-1012>
- Sandage, M. J., Wang, S., & Cao, G. (2019). Upper Airway Thermoregulation During Singing Warm-Up. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.08.020>
- Shadi, M. S., Hegazi, M. A., Nassar, J. F., Bassiouny, S., Sarwat, S., & Saleh, M. M. (2016). Videokymographic Visualization of Phonasthenia: A Nonorganic Voice Disorder. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 68(6), 252–260. <https://doi.org/10.1159/000480432>
- Silveira, B., de Oliveira, K., Godoy, J., Reis, C., Ghio, A., & Côrtes, A. (2012). Electroglottography of speakers of Brazilian Portuguese through objective multiparameter vocal assessment (EVA). *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 78(4), 29–34. <https://doi.org/10.1590/S1808-86942012000400007>
- Stepp, C. E., Sawin, D. E., & Eadie, T. L. (2012). The relationship between perception of vocal effort and relative fundamental frequency during voicing offset and onset. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research : JSLHR*, 55(6), 1887–1896. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2012\)11-0294](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012)11-0294)
- Susana Finger, L., Aparecida Cielo, C., & Schwarz, K. (2009). Acoustic vocal measures in women without voice complaints and with normal larynxes. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 75(3), 432–440. [https://doi.org/10.1016/s1808-8694\(15\)30663-7](https://doi.org/10.1016/s1808-8694(15)30663-7)
- Szkielkowska, A., Krasnodębska, P., Miaśkiewicz, B., & Skarżyński, H. (2018). Electroglottography in the diagnosis of functional dysphonia. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 275(10), 2523–2528. <https://doi.org/10.1007/s00405-018-5012-6>
- Tellis, C. M., Rosen, C. A., Carroll, T. L., Fierro, M., & Sciote, J. J. (2011). In vivo oxygen consumption and hemoglobin levels in human thyroarytenoid muscle. *The Laryngoscope*, 121(11), 2429–2434. <https://doi.org/10.1002/lary.22225>
- Thurmond, R. L., Kazerouni, K., Chaplan, S. R., & Greenspan, A. J. (2014). Peripheral Neuronal Mechanism of Itch: Histamine and Itch. In *Itch: Mechanisms and Treatment*. CRC Press/Taylor & Francis.
- Titze, I. R. (1994). Mechanical stress in phonation. *Journal of Voice*, 8(2), 99–105. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80302-9](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80302-9)
- Titze, I. R. (2000). *Principles of voice production*. Utah: National Center for Voice and Speech.
- Van Houtte, E., Van Lierde, K., & Claeys, S. (2011). Pathophysiology and Treatment of Muscle Tension Dysphonia: A Review of the Current Knowledge. *Journal of Voice*, 25(2), 202–207. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2009.10.009>
- Whitling, S., Lyberg-Åhlander, V., & Rydell, R. (2017). Recovery From Heavy Vocal Loading in Women With Different Degrees of Functional Voice Problems. *Journal of Voice : Official Journal of the Voice Foundation*, 31(5), 645.e1-645.e14. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.12.012>
- Whitling, S., Rydell, R., & Lyberg Åhlander, V. (2015). Design of a Clinical Vocal Loading Test With Long-Time Measurement of Voice. *Journal of Voice*, 29(2), 261.e13-261.e27. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.07.012>
- Winkler, R., Brückl, M., Brückl, B., & Sendlmeier, W. (2003). *The Aging Voice: an Acoustic, Electroglottographic and Perceptive Analysis of Male and Female Voices*.
- Witt, R. E., Taylor, L. N., Regner, M. F., & Jiang, J. J. (2011). Effects of surface dehydration on mucosal wave amplitude and frequency in excised canine larynges. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery : Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 144(1), 108–113. <https://doi.org/10.1177/0194599810390893>
- Wu, Y. Z., Crumley, R. L., Armstrong, W. B., & Caiozzo, V. J. (2000). New perspectives about human laryngeal muscle: Single-fiber analyses and interspecies comparisons. *Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 126(7), 857–864. <https://doi.org/10.1001/archotol.126.7.857>