

Biofeedback electromiográfico y electroglotográfico aplicado a la terapia vocal: una revisión sistemática

Sofía Abril-Rodríguez¹ y Ricard Herrero²

Recibido 21 de abril de 2021 / Primera revisión 24 de mayo de 2021 / Aceptado 1 de julio de 2021

Resumen. La electromiografía y electroglotografía son técnicas de exploración que, combinadas con el biofeedback, permiten en el emisor ajustes musculares para la mejora de la función fonatoria. Nos proponemos, pues, determinar los efectos del biofeedback electromiográfico para aumentar o disminuir el tono en los músculos que intervienen de manera indirecta o directa en la producción de la voz, identificar los efectos del biofeedback electroglotográfico para producir cambios en el patrón vibratorio de los pliegues vocales y, finalmente, determinar la frecuencia del biofeedback en el tratamiento vocal, a partir de una revisión sistemática de los trabajos publicados desde el año 2000 en revistas logopédicas y laringológicas. El análisis de los estudios obtenidos en el proceso de documentación sugiere que el uso del biofeedback electromiográfico y electroglotográfico puede producir cambios perdurables en el tiempo sobre el patrón vibratorio de los pliegues vocales y en la actividad muscular de la producción vocal, de manera que podría ser un instrumento útil añadido a la intervención vocal basada en la evidencia. Los datos relativos a la frecuencia de uso necesaria de este instrumento, sin embargo, no parecen concluyentes.

Palabras clave: electromiografía, electroglotografía, biofeedback, voz, disfonía, terapia logopédica

[en] Electromyographic and Electroglottographic Biofeedback in the management of voice disorders: Systematic Review

Abstract. Electromyography and electroglottography are exploration techniques that, combined with biofeedback, enable muscle adjustments in the issuer to improve phonatory function. We therefore intend to determine the effects of electrographic biofeedback to increase or decrease the tone in the muscles that involves indirectly or directly in the production of the voice, to identify the effects of electroglottographic biofeedback to produce changes in the vibratory pattern of the vocal folds and, finally, to determine the frequency of biofeedback in vocal treatment, starting from systematic review in papers published since 2000 in speech therapy and laryngological journals. The analysis of the studies obtained in the documentation process suggests that the use of electromyographic and electroglottographic biofeedback can produce lasting changes over time in the vibratory pattern of vocal folds and in the muscle activity of vocal production, so that could be a useful instrument added to vocal intervention based on evidence. The data in relation to frequency of use of this instrument, however, does not seem conclusive.

Keywords: Electromyography, Electroglottography, Biofeedback, Voice, Dysphonia, Speech Therapy

Sumario: Introducción. Metodología. Resultados. Discusión. Conclusiones. Bibliografía.

Cómo citar: Abril-Rodríguez, S., Herrero, R. (2022). Biofeedback electromiográfico y electroglotográfico aplicado a la terapia vocal: una revisión sistemática. *Revista de Investigación en Logopedia* 12(1), e75581. <https://dx.doi.org/10.5209/rlog.75581>

Introducción

El estudio clínico de la voz cuenta con diferentes técnicas que permiten la exploración funcional de la laringe como la laringoestroboscopia, la videoquimografía, la electromiografía y la electroglotografía, entre otras (Kume & Ramírez, 2017; Crestani & Woisard, 2014; Herbst, 2019). Muchas de estas herramientas tienen un coste elevado, son invasivas y presentan procedimientos poco tolerados por algunas personas (Herbst, 2019). De estas, hay dos que, de manera directa o indirecta, se centran en el comportamiento muscular laríngeo: la electromiografía y la electroglotografía.

¹ Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir. soaro@mail.ucv.es

² Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir. ricard.herrero@ucv.es

El trabajo de este autor forma parte del proyecto FFI2016-76245-C3-3-P, financiado por la Agencia Estatal de Investigación y por el FEDER, y del grupo de investigación GIUV2013-137 de la Universitat de València.

La electromiografía de superficie (EMGs) es una técnica que permite registrar la actividad eléctrica de los músculos, también los laríngeos, y determina, por lo tanto, la tensión de las fibras musculares (de Amorim, Balata, Vieira, Moura & da Silva, 2018). En el ámbito laringológico, la electromiografía ha sido utilizada para la evaluación e investigación de los trastornos neuromusculares de la laringe, ya que es la única técnica que permite obtener de manera directa información sobre la funcionalidad de la musculatura específicamente laríngea (Croake, Stemple, Uhl, Archer & Andreatta, 2014). Esta técnica se lleva a cabo con la aplicación de unos electrodos, habitualmente de superficie, sobre la piel; un ordenador, que capta, graba y gestiona la señal, permite procesar y analizar de manera rápida la actividad eléctrica del músculo. Dicha señal, medida habitualmente en microvoltios (μV), se presenta en el denominado *electrograma* (Allen, 2007). Los datos obtenidos con este instrumento, sin embargo, pueden estar condicionados por diversas variables como la propia colocación de los electrodos, el nivel de activación muscular y la consistencia para activar el músculo de la tarea realizada, entre otros aspectos (Croake et al., 2014).

La electroglotografía o electrolaringografía (EGG) es una técnica no invasiva que permite el análisis de las características vibratorias de los pliegues vocales registrando los cambios en la impedancia producidos en la laringe con las diferencias de grado de contacto de los pliegues vocales a lo largo del ciclo vocal (Hosokawa, Ogawa, Iwahashi, Hashimoto & Inohara, 2015). Con esta técnica se puede monitorear el funcionamiento glótico de manera directa, a diferencia de lo que ocurre con la electromiografía. En la electroglotografía se aplican dos electrodos de contacto a cada lado del cartílago tiroideos, y, al igual que la electromiografía, proporciona mejores resultados si dichos electrodos se colocan a corta distancia (Herbst, 2019). A través de estos pasa una corriente de baja frecuencia que puede ser registrada. En la electroglotografía, pues, se recogen las variaciones en el flujo de esta corriente, es decir, registra si el voltaje se mantiene constante o no. Debido a que la piel es un conductor eléctrico bastante bueno comparado con otros medios como el aire, podemos interpretar que la variación en el flujo de la corriente entre los electrodos se corresponde con cambios en el área de contacto de los pliegues vocales (Herbst, Howard & Schlömicher-Thier, 2010; Giovanni & de Saint-Victor, 2013).

El biofeedback o biorretroalimentación es la información que se proporciona al individuo sobre algún evento del propio organismo; algunas funciones fisiológicas internas como la tensión muscular, pueden ser amplificadas electrónicamente mediante diferentes procedimientos, ofreciéndonos información que generalmente no está a nuestro alcance. Así, se entiende que mediante el biofeedback los individuos pueden obtener conocimiento sobre el funcionamiento de su propio cuerpo y promover los cambios considerados necesarios para la optimización de una función dada (Allen, 2007; de Amorim et al., 2018). Los efectos de esta retroalimentación, sin embargo, pueden depender de la frecuencia en la que se presenta. Se ha dicho que el biofeedback continuo, es decir, a tiempo real, es útil cuando se trata de adquirir una nueva habilidad; por el contrario, el biofeedback limitado, es decir, el que se da únicamente a la presencia o ausencia de una respuesta deseada, es útil para mantener o perfeccionar respuestas y habilidades generales (Allen, 2007).

Al combinar el biofeedback con la electromiografía o electroglotografía, se puede ofrecer de manera visual a través de una pantalla la actividad eléctrica muscular que realiza el propio sujeto en la fonación, tanto si se trata de un grupo muscular laríngeo intrínseco, como un grupo muscular laríngeo extrínseco que se ha descrito como participante en la producción de la voz. El dato objetivo que ofrece la técnica sumado a la presentación de una señal externa sobre la propia emisión permitiría al hablante modificar una función, la fonatoria, que, de acuerdo con Tellis (2018), se suele adquirir de manera implícita, mayoritariamente sin un grado elevado de conciencia y que permanece implícita y automáticamente para la mayoría de las personas a lo largo de su vida.

Esta, quizás, sería la mayor ventaja del feedback electromiográfico y electroglotográfico en la intervención logopédica, puesto que ayudaría a los pacientes con trastorno vocal, especialmente en los cuadros de disfonías que cursan con tensión muscular, a adoptar ecológicamente y sin una instrucción explícita una correcta (o mejor) coordinación fonomuscular en unas condiciones óptimas para provocar cambios permanentes en la función fonatoria; por esta razón hoy se entiende que el uso del biofeedback EMGs o EGG puede ser una técnica prometedora en el tratamiento de las disfonías (Allen, 2007). Sin embargo, no hay un consenso sobre el número de aplicaciones, la duración, el tipo de actividad y la frecuencia de uso de este instrumento, por lo que todavía hoy resulta difícil aplicarlo en el ámbito clínico (Ribeiro, Vitor, Honório, Brasolotto y Silverio, 2018).

En el presente trabajo, pues, nos proponemos llevar a cabo una revisión sistemática de los estudios publicados en revistas específicas del ámbito logopédico y laringológico que aborden el uso de la retroalimentación visual electromiográfica y electroglotográfica en la terapia vocal. Los resultados de los estudios que conforman esta revisión nos permitirán, en primer lugar, (1) determinar la efectividad del biofeedback electromiográfico para reducir o aumentar la actividad muscular de los músculos que intervienen directa o indirectamente en la fonación y sus posibles cambios en la voz, así como (2) comprobar la efectividad de la retroalimentación electroglotográfica para mejorar o modificar el patrón vibratorio de los pliegues vocales. En segundo lugar, el análisis de dichos trabajos nos ayudará a (3) identificar la permanencia de los cambios conseguidos, si los hubiera, y valorar la posible generalización a la vida diaria de los patrones adquiridos durante el entrenamiento vocal y (4) establecer la frecuencia de uso del instrumento que se ha considerado necesaria en ambos tipos de biofeedback.

Metodología

Para compilar el corpus de trabajos de investigación de los que parte el presente estudio se han determinado, en primer lugar, las fuentes de información; concretamente se han consultado las bases de datos que manejan los motores de búsqueda

PubMed, Web of Science (WoS) y EBSCOhost. A continuación, se han establecido las palabras clave, tanto en inglés como en español, que se han empleado en la búsqueda, concretamente los términos *biofeedback psychology* (*biorretroalimentación psicológica*), *feedback* (*retroalimentación*), *electromyography* (*electromiografía*), *electroglottography* (*electroglotografía*), *voice* (*voz*), *voice training* (*entrenamiento de la voz*), *voice disorders* (*trastornos de la voz*), *dysphonia* (*disfonía*) y *phonation* (*fonación*). Además, se han incluido expresiones sinónimas y relacionadas de acuerdo con las sugerencias de cada motor de búsqueda, así como los términos tesoro y los descriptores en ciencias de la salud (DeCS). Por último, se ha determinado la estrategia o ecuación de búsqueda usando los operadores booleanos *and* y *or* para combinar términos diferentes y para agregar los términos sinónimos, relacionados y los descriptores, respectivamente. Para recuperar la palabra desde la raíz, se ha incluido, asimismo, la estrategia de truncamiento en las búsquedas realizadas en WoS y EBSCOhost. En todas las consultas se aplicó un filtro temporal para obtener los trabajos publicados entre los años 2000 y 2020.

Para acotar los trabajos que van a formar parte de este estudio se van a tener en cuenta determinados criterios de inclusión y exclusión. Incluimos, pues, todos los trabajos publicados en los últimos 20 años (2000-2020), llevados a cabo con sujetos de todas las edades, sin tener en cuenta el sexo, la edad y la presencia o ausencia de patología o alteraciones vocales, siempre que se haya realizado una intervención o entrenamiento vocal aplicando biofeedback con electromiografía de superficie o electroglotografía. Sin embargo, se han excluido aquellos estudios en los que se utiliza la electromiografía invasiva o con aguja, los que presentan la técnica electromiográfica para manejar una electrolaringe y los realizados con animales.

Como resultado de la estrategia inicial de documentación, realizada en el mes de diciembre de 2020, se obtiene un total de 112 artículos, de los cuales 48 son duplicados en los diferentes motores de búsqueda. Se procedió a leer el título y el resumen y, tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, y analizar su idoneidad, se descartaron 55 artículos. De estos 55 artículos, 36 han sido descartados por no realizar intervención empleando biofeedback con EMGs o EGG, pues en muchos de estos estudios se utilizan otros tipos de biofeedback (auditivo o kinestésico) o se emplean estas técnicas como instrumento únicamente de evaluación, pero no de intervención. Otros 11 artículos han sido descartados por no realizar terapia vocal; en su lugar, el biofeedback EMGs es utilizado para intervenir disfagia, disfemia, parálisis facial y para la encopresis. En menor medida, se descartan estudios realizados en animales, con EMG invasiva y con una electrolaringe. Con la exclusión de dichos trabajos, se obtienen los 11 estudios finalmente seleccionados. En la Figura 1 se ofrece el diagrama de flujo que resume de manera visual el proceso de búsqueda y selección de los artículos que forman parte del corpus de análisis de este trabajo.

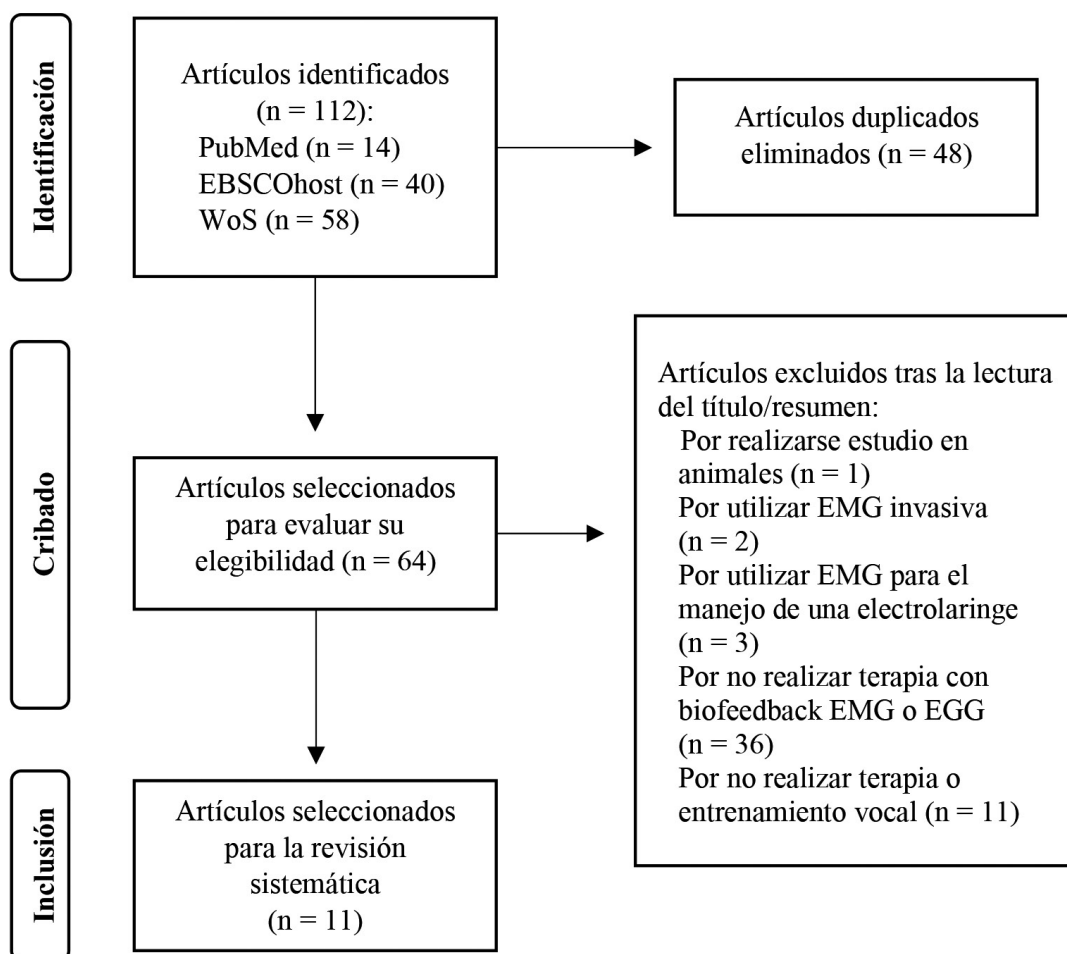


Figura 1. Diagrama de flujo

Resultados

Nivel de evidencia y grados de recomendación

Para analizar el nivel de evidencia y grado de recomendación de los estudios hemos utilizado la clasificación de Sackett (a partir de Manterola, Asenjo-Lobos & Otzen, 2014), que establece 5 niveles de evidencia y 4 grados de recomendación. De los 11 trabajos que manejamos, solo dos (Yiu, Verdolini & Chow, 2005 y Ribeiro, de Oliveira, da Silva Vitor, Brasolotto & Silverio, 2019) se situarían en los niveles más altos de evidencia y recomendación (nivel A 1b). El resto de los trabajos se sitúan en niveles intermedios de grado de recomendación (B y C) e intermedios (2-3) e, incluso, bajos de nivel de evidencia (4) (v. Tabla 1).

Características de los sujetos participantes

De las 142 personas que componen el número total de participantes en los 11 estudios, la mayoría, el 62,6 % (n = 89), son mujeres. En lo que respecta a la edad, el 75,3 % (n = 107) de los participantes son adultos, tomando como referencia la mayoría de edad de acuerdo con la legislación española. Cabe advertir, sin embargo, que en el trabajo de Kirkpatrick & McLester (2012) no se especifica ni el sexo ni la edad de los sujetos, lo que supone el 21,1 % (n = 30) del total de los participantes. En cuanto al estado vocal inicial de los participantes, el 33,8 % (n = 48) de los sujetos presenta algún tipo de trastorno vocal (v. Tabla 1 para los datos de sexo, edad y estado vocal de los participantes). Además, 5 estudios han sido realizados exclusivamente con cantantes, mayoritariamente estudiantes de canto lírico y con tesitura de soprano, lo que supone el 33,8 % (n = 48) de los participantes (Herbst et al., 2010; Kirkpatrick & McLester, 2012; Pettersen & Westgaard, 2004a; Pettersen & Westgaard, 2004b; Pettersen & Westgaard, 2005).

Sobre el tipo de biofeedback empleado, el 88,7 % (n = 126) de los sujetos han recibido retroalimentación electromiográfica, mientras que solo 5 personas han seguido un tratamiento con biofeedback electroglotográfico, concretamente los participantes de los estudios de Chernobelsky (2002) y Herbst et al. (2005). Los 11 sujetos restantes no han dispuesto de dicho mecanismo informativo, dado que pertenecen al grupo control diseñado para el estudio de Ribeiro et al. (2019).

Evaluación vocal: temporalización e instrumentos

En la mayoría de los estudios seleccionados se ha utilizado la EMGs como instrumento para la recogida de datos; solo dos, como se ha mencionado anteriormente, emplean la EGG, los de Chernobelsky (2002) y Herbst et al. (2010), concretamente. Además de dichos instrumentos, se han usado de manera muy variable otras técnicas de evaluación como cuestionarios, laringoscopia indirecta, laringostroboscopia, etc. (v. Tabla 1). Al igual que las técnicas de evaluación, la temporalidad de esta es variable entre los estudios; aunque todos los estudios han realizado una evaluación inicial y final, las evaluaciones de seguimiento difieren desde datos comparados durante la fase de intervención a evaluaciones que se realizan tras finalizar la intervención hasta 12 meses después (v. Tabla 1).

Tabla 1. Características

Autores y año de publicación	Nivel de evidencia	Características de los participantes				Evaluación	
		Edad	Sexo	Estado vocal	Técnicas e instrumentos	Temporalidad	
Chernobelsky (2002)	B 3b	15 años	4 H	Puberfonía	EKG, laringoscopia, laringostroboscopia y obtención de la frecuencia fundamental	Al inicio y transcurridos 6 y 12 meses tras finalizar la intervención	
Petterson & Westgaard (2004a)	C 4	32-40 años	2 M 2 H	Sin patología	EMG	Al inicio y tras finalizar la intervención	
Petterson & Westgaard (2004b)	C 4	23-40 años	2 M 2 H	Sin patología	EMG	Al inicio y tras finalizar la intervención	
Petterson & Westgaard (2005)	C 4	30-40 años	3 M 2 H	Sin patología	EMG	Al inicio y tras finalizar la intervención	
Yiu et al. (2005)	A 1b	19-27 años	18 M 4 H	Sin patología	EMG	Al inicio, al finalizar y 1 semana tras finalizar la intervención	
Warnes & Allen (2005)	C 4	16 años	1 M	Movimiento paradójico de las CV	EMG, escala visual del dolor, cuestionario de interferencia del dolor y registro de anécdotas	Al inicio y durante cada sesión	
Herbst et al. (2010)	C 4	37 años	1 M	Sin patología, presenta una grieta por hiato glótico posterior	EKG y laringostroboscopia	Al inicio y una semana tras finalizar la intervención	
Wong et al. (2011)	B 2b	19-48 años	18 M 3 H	Disfonía funcional	EMG y <i>Voice Activity and Participation Profile</i> (cuestionario)	Al inicio y 1 semana después tras finalizar la intervención	
Kirkpatrick & McLester (2012)	B 3b	No especificado	30 participantes	Sin patología	EMG, medida del descenso laríngeo y análisis perceptivo de la voz	Al inicio y tras finalizar la intervención	
Ma et al. (2013)	B 2b	20-49 años	18 M 6 H	Sin patología	EMG	Al inicio y una semana tras finalizar la intervención	
Ribeiro et al. (2019)	A 1b	18-45 años	22 M	Disfonía funcional	EMG y valoraciones perceptuales y acústicas por parte de profesionales entrenados	Al inicio, al finalizar y transcurridos 1 y 3 meses tras la intervención	

Modo de presentación del biofeedback empleado

En todos los estudios seleccionados el biofeedback se presenta de forma visual, bien mediante el uso de un monitor conectado a un ordenador, bien empleando tecnología específica como un osciloscopio (Chernobelsky, 2002) o el software Biotrainer® (Ribeiro et al., 2019). En 6 de los estudios que emplean la EMGs como biofeedback, la forma de presentación ha sido el perfil de onda electromiográfica; sin embargo, con una menor frecuencia, se presenta una cifra o una representación de barras de colores que representan el nivel de actividad de un músculo o grupo muscular. En otros 2 estudios, la señal que se muestra a los participantes es la forma de onda electroglotográfica (Lx), por lo que se observa directamente la actividad de los pliegues vocales en fonación, concretamente las características relacionadas con el grado y modo de contacto. Otra manera de atender el feedback facilitado en los diferentes trabajos es según la frecuencia de visualización de la señal retroalimentada (v. Tabla 2). Para el 52,8 % (n = 75) de los participantes, la frecuencia de visualización de la propia señal ha sido constante, es decir, durante toda la sesión y a tiempo real. Como dato metodológico, cabe destacar que en el estudio de Ma, Yiu y Yiu (2013) los participantes se dividían dos grupos: uno que recibía retroalimentación a tiempo real y otro que lo recibía de manera autocontrolada, es decir, el propio participante decide cuándo visualizar su propia señal. Sin embargo, los sujetos pertenecientes al grupo control no reciben biofeedback, lo que representa el 7,7 % (n = 11) de sujetos.

Colocación de los electrodos y músculos examinados

La diversidad en la aplicación topográfica de los electrodos de contacto depende de los objetivos de cada estudio de acuerdo con la participación de cada músculo o grupo muscular en la función fonatoria. Así, encontramos estudios en los que los electrodos se han posicionado exclusivamente en la zona tiroidea y trabajos en los que se ha evaluado la actividad de músculos no específicamente laríngeos, como, por ejemplo, el esternocleidomastoideo, el trapecio o, incluso, la musculatura de la zona orofacial (v. Tabla 2 para un mayor detalle).

Entrenamiento o terapia vocal

El material vocal utilizado es heterogéneo, pues este depende del diseño experimental de cada estudio. Entre ellos se incluyen las emisiones vegetativas para la búsqueda del tono acorde a la edad y el sexo (Chernobelsky, 2002), piezas cantadas (Herbst et al., 2010), lecturas de textos y frases con diferentes longitudes (Yiu et al., 2005; Wong et al., 2011; Ma et al., 2013), etc. (v. Tabla 2).

En cuanto a las instrucciones proporcionadas, en aquellos estudios en los que los participantes no son cantantes, no se entregan instrucciones explícitas de tipo biomecánico para alcanzar los objetivos propuestos, sino que se les anima a buscar en su propia emisión vocal aquellas sensaciones que logran alcanzar el dato objetivo. Por otro lado, en los estudios realizados con cantantes, sí se muestra la relación entre la acción biomecánica y el dato EMGs, para que, posteriormente, sea practicado mediante el canto y el biofeedback proporcionado.

Solo un trabajo (Ribeiro et al., 2019) especifica el tipo de terapia logopédica llevada a cabo en paralelo al uso del biofeedback electromiográfico de superficie. En dicho estudio, se ha llevado a cabo una intervención vocal de tipo fisiológico, concretamente a partir de tareas de tracto vocal semiocluído.

Tabla 2. Intervención

Autores y año de publicación	Características del biofeedback (FB) utilizado			Tareas realizadas	Instrucciones dadas a los participantes
	Frecuencia	Colocación de los electrodos	Presentación		
Chernobelsky (2002)	FB a tiempo real	Alrededor del cartilago tiroideos	Forma de onda EGG	Producción de tos en registro modal extendiéndola a vocales, agrupaciones fónicas y palabras cortas	Se anima a los sujetos a conseguir una forma de onda EGG correspondiente al registro modal (onda mostrada)
Petersen & Westgaard (2004a)	A FB a tiempo real	Sobre el trapecio y el esternocleidomastoideo	Forma de onda EMG	Uso de maniobras para reducir el nivel de activación muscular	Se anima a los sujetos a conseguir una forma de onda EMGs determinada
Petersen & Westgaard (2004b)	FB a tiempo real	Sobre el trapecio	Forma de onda EMG	Uso de maniobras para reducir el nivel de activación muscular	Se anima a los sujetos a conseguir una forma de onda EMGs determinada
Petersen & Westgaard (2005)	FB a tiempo real	Sobre el trapecio y el esternocleidomastoideo	Forma de onda EMG	Uso de maniobras para reducir el nivel de activación muscular	Se anima a los sujetos a conseguir una forma de onda EMGs determinada
Yiu et al. (2005)	GC: FB a tiempo real GE: FB cada dos frases	Alrededor de la membrana tirohioidea	Forma de onda EMG	Lectura de frases en chino cantonés, 5 bloques de 24 oraciones cada bloque	Se anima a los sujetos a conseguir una forma de onda EMGs determinada.
Warnes & Allen (2005)	FB a tiempo real	Alrededor de la membrana tirohioidea	EMG, representada mediante barras de colores	No especificado	Alcanzar el objetivo marcado en pantalla, que se corresponde con un dato EMG deseado
Herbst et al. (2010)	FB a tiempo real	Alrededor del cartilago tiroideos	Forma de onda EGG	Habla y canto con producción de la vocal [á] y producción de [á-á] y [ú-ú] (<i>staccato</i>) en tono e intensidad normales	Aumentar la longitud de onda electrofotográfica
Wong et al. (2011)	FB cada dos frases	Alrededor de la membrana tirohioidea	EMG representada mediante una cifra	Lectura de bloques de 24 oraciones. El tipo de oraciones difiere según el grupo, uno lleva a cabo la lectura de frases de cuatro caracteres chinos, otro lee frases en un número creciente de caracteres y otro realiza la lectura de las frases de longitud aleatorizada	Reducir la cifra que aparece en pantalla
Kirkpatrick & McLester (2012)	FB a tiempo real	Esternotiroideo y esternohioideo	Forma de onda EMG	Producir el descenso de la laringe utilizando el bostezo	Aumentar la actividad muscular para activar los músculos que descienden la laringe durante el canto
Ma et al. (2013)	GC: FB autocontrolado GE: FB cada dos frases	Membrana tirohioidea	EMG representada mediante una cifra	Lectura de frases en chino cantonés, 4 bloques de 24 oraciones cada bloque	Reducir la cifra que aparece en pantalla
Ribeiro et al. (2019)	GC: sin BF GE: FB a tiempo real	Suprahioideos y esternocleidomastoideos	Forma de onda EMG	Se aplican técnicas de tracto vocal semiocluído tanto en los participantes del grupo experimental (obtienen FB EMG) como en los del grupo control (sin FB)	Se anima a los sujetos a conseguir una forma de onda EMGs determinada

Efectividad reportada del biofeedback EMG o EGG

El corpus de estudios en que se basa el presente trabajo es muy heterogéneo, tanto en los objetivos de investigación de cada uno de ellos como en la metodología empleada (v. Tabla 3 para un mayor detalle). El análisis de la efectividad del uso del feedback EMGs y EGG en la calidad vocal no pudo ser desarrollada más que atendiendo a los estudios de manera independiente. Sin embargo, para una mayor claridad en la exposición de los objetivos y los resultados de los 11 estudios de los que parte este trabajo, dividiremos los párrafos siguientes en tres secciones diferenciadas: estudios que manejan voces con algún tipo de trastorno, trabajos que parten de voces normales y, por último, investigaciones que, de un modo u otro, se centran en la voz cantada.

En el ámbito de los trastornos vocales, destacan los trabajos de Wong, Ma & Yiu (2011) y Ribeiro et al. (2019), que se ocupan de pacientes con disfonía funcional, así como los de Chernobelsky (2002) y Warnes & Allen (2005), que parten de alteraciones vocales mucho más restringidas: el trastorno de la muda vocal el primero y el movimiento paradójico de los pliegues vocales el segundo.

En el estudio realizado con sujetos con disfonía por exceso de tensión muscular de Wong et al. (2011), los resultados obtenidos antes y después de la terapia parecen indicar que se produce un aprendizaje motor que permite disminuir la tensión en todos los conjuntos de datos a lo largo del tiempo y para las dos zonas observadas: la zona tiroidea y orofacial. El efecto se mantiene en los participantes de los tres grupos, cuya diferencia estriba, básicamente, en la extensión de los textos usados en la terapia propioceptiva. En una línea similar, y también con retroalimentación electromiográfica, Ribeiro et al. (2019) observan en los resultados del grupo experimental una reducción significativa de la actividad de diferentes grupos musculares a lo largo de la intervención, aunque con resultados ligeramente distintos en la línea temporal. Los datos finales, además, permiten constatar una diferencia notable entre los participantes del grupo experimental, con valores inferiores, y del grupo control, cuyos componentes no han empleado el feedback en su terapia. En el trabajo de Chernobelsky (2002), los autores reportan mejoras rápidas, en tan solo 8 o 10 sesiones, a través del indicador básico de descenso de la F0. Además, se describe en este punto un registro modal generalizado, así como una vibración normal de la mucosa de los pliegues vocales en la observación laringostroboscópica. Finalmente, Warnes & Allen (2005), en un estudio de caso único, anotan la efectividad del biofeedback EMG en el tratamiento logopédico del movimiento paradójico de los pliegues vocales.

El uso del biofeedback electromiográfico también se ha ensayado con sujetos sin patología vocal en Yiu et al. (2005) y Ma et al., (2013) para comprobar el efecto de dicha técnica en la fonación normal. En el estudio de Yiu et al. (2005) se observa que el descenso de la actividad electromiográfica de la zona tiroidea produce un descenso, incluso superior, en la zona orofacial, actividad de la que los participantes no reciben retroalimentación alguna. Los datos de Ma et al. (2013) son similares, aunque se añade una variable ausente en el estudio anterior: el control del biofeedback. En este trabajo los participantes se dividen según si controlan ellos mismos la información retroalimentada o lo hace el clínico, pero no se observa una diferencia relevante entre ambos grupos, a pesar de que el uso del instrumento es sustancialmente mayor en aquellos sujetos que controlan el mecanismo informativo. En cualquier caso, tanto los datos de Yiu et al. (2005) como los de Ma et al. (2013) parecen sugerir que los hablantes pueden obtener un aprendizaje efectivo de la fonación relajada, y por lo tanto un control motor deseable, mediante el uso de una señal electromiográfica.

Los trabajos dedicados específicamente a la voz cantada son los mayoritarios en nuestro corpus, pues suponen 5 de los 11 estudios seleccionados. En los tres trabajos de Pettersen & Westgaard (2004a, 2004b, 2005) se investigan los posibles cambios aparejados al descenso de la actividad muscular del trapecio y esternocleidomastoideo usando biofeedback electromiográfico de superficie en otras estructuras y grupos musculares, siempre en cantantes líricos. Se comprueba que la reducción de la actividad muscular del trapecio y esternocleidomastoideo produce un efecto secundario en diversos músculos (v. Tabla 3). En el trabajo de Herbs et al. (2010) los resultados indican que el biofeedback visual electroglotográfico en tiempo real facilita la adquisición de habilidades fonatorias en una cantante no profesional con hiato glótico posterior, siempre que se ofrezcan las instrucciones o el entrenamiento adecuado para modificar el comportamiento fonatorio. En el estudio realizado por Kirkpatrick & McLester (2012) se pretende incrementar el movimiento depresor laríngeo. Dicho movimiento se relaciona directamente con niveles superiores de activación de los músculos esternotiroideo y esternohioideo, por lo que para entrenar a los participantes en el descenso laríngeo se usa el biofeedback electromiográfico. Los resultados muestran un descenso laríngeo y mejora de la calidad vocal.

Tabla 3. Objetivos y resultados

Autores y año de publicación	Objetivo de estudio	Resultados
Chernobelsky (2002)	Se propone el uso del biofeedback EGG para la intervención de trastornos de muda vocal en personas sordas	La frecuencia fundamental media en los 4 participantes desciende de 436 Hz obtenidos antes de realizar la intervención a 184 Hz inmediatamente después de finalizar la intervención. Posteriormente, se realizan dos evaluaciones más, transcurridos seis y doce meses, obteniendo frecuencias de 184 Hz y 182 Hz respectivamente de media
Pettersen & Westgaard (2004a)	Comprobar si, al reducir mediante biofeedback con EMG la actividad muscular en los músculos trapecio y esternocleidomastoideo, se producen desajustes en la actividad de los músculos intercostales, músculos laterales del abdomen y músculo recto abdominal	Los resultados indican que el descenso logrado en la actividad muscular del trapecio y del esternocleidomastoideo con el uso de la técnica informativa no produce desajustes o cambios compensatorios en los músculos intercostales y laterales del abdomen, de gran relevancia respiratoria para el canto profesional. En el músculo recto del abdomen los datos varían en la observación individual de cada participante
Pettersen & Westgaard (2004b)	Investigar la influencia del trapecio sobre el movimiento del tórax en canto clásico	Se observa que el descenso del nivel de actividad del músculo trapecio produce una posición superior y expandida del tórax, así como un menor movimiento respiratorio, tanto en los cantantes profesionales como en los estudiantes de canto lírico
Pettersen & Westgaard (2005)	Examinar si disminuir los niveles electromiográficos y cambiar el patrón muscular de los músculos trapecio y esternocleidomastoideo, también se producen cambios en el nivel de actividad o en los patrones de los músculos escalenos y de la región posterior del cuello	Constatan que el descenso de la actividad en los músculos trapecio y esternocleidomastoideo produce un efecto secundario de descenso de la actividad electromiográfica en los músculos de la región posterior del cuello y en el músculo escaleno
Yiu et al. (2005)	Plantear la hipótesis de que la práctica del biofeedback con EMGs facilitará el aprendizaje de una fonación relajada	Los datos expuestos sugieren que la retroalimentación muscular reduce el voltaje electromiográfico desde la línea base hasta las fases finales, tanto para los sujetos que reciben un feedback continuado como para los que lo reciben de manera limitada. Sin embargo, la reducción del voltaje electromiográfico resulta superior en la comisura labial, actividad de la que los participantes no reciben retroalimentación alguna
Warnes & Allen (2005)	Comprobar la efectividad del biofeedback EMG en el tratamiento logopédico del movimiento paradójico de los pliegues vocales	Los resultados aportados indican un aumento del control muscular y un descenso superior al 60 % de los niveles de tensión laríngea. Se aprecia, asimismo, un descenso importante en las dificultades respiratorias y en la manifestación de dolor

Tabla 3. Objetivos y resultados

Autores y año de publicación	Objetivo de estudio	Resultados
Herbst et al. (2010)	Se pretende comprobar si el biofeedback visual electrologotográfico a tiempo real facilita la adquisición de habilidades fonatorias en una cantante no profesional con voz aérea	De acuerdo con sus datos, la participante mejoró el índice de adducción posterior y la calidad vocal representada por la pendiente espectral
Wong et al. (2011)	Comprobar los efectos de la variabilidad de la práctica de la fonación relajada mediante el biofeedback EMG	Los resultados obtenidos antes y después de la terapia con dicho sistema informativo indican que se produce un aprendizaje motor que permite disminuir la tensión en todos los conjuntos de datos a lo largo del tiempo y para las dos zonas observadas, tirohioidea y orofacial, aunque con mayor incidencia en la primera. De acuerdo con sus datos electromiográficos, el efecto se mantiene en el tiempo, en ambas zonas y en los participantes de los tres grupos. Los resultados del cuestionario propioceptivo (<i>Voice Activity Participation Profile</i> ; VAPP) reportan mejoras significativas en la percepción de la severidad de los problemas de voz en el trabajo
Kirkpatrick & McLester (2012)	Se pretende incrementar el movimiento depresor laríngeo para aumentar la calidad de los tonos altos sostenidos	Los datos muestran que tras un entrenamiento de dos minutos los participantes muestran un nivel medio y pico superior en el voltaje electromiográfico, así como un descenso laríngeo medio de 1.44 cm y una mejora del 12 % en la evaluación perceptiva de calidad vocal por parte de jueces expertos
Ma et al. (2013)	Comprobar si la frecuencia del biofeedback autocontrolado facilita el aprendizaje motor	Los resultados indican que hay un aprendizaje motor reflejado en el descenso del voltaje electromiográfico, tanto en los pasajes entrenados como los no entrenados. No se observa una diferencia entre la actividad muscular laríngea y la orofacial, de la que no reciben señal retroalimentada. En lo que respecta al control del feedback, no se observa una diferencia relevante entre el grupo autocontrolado y el que recibe feedback cada dos frases, a pesar de que el uso del instrumento es sustancialmente mayor en aquellos sujetos que controlan el mecanismo informativo
Ribeiro et al. (2019)	Analizar la efectividad de la terapia vocal con biofeedback electromiográfico en un grupo de mujeres con disfonía funcional	Al analizar los resultados del grupo experimental se observa que en el esternocleidomastoideo izquierdo ya se produce una diferencia significativa entre la primera y la segunda evaluación, en los músculos infrahioideos no se alcanza un cambio estadísticamente relevante hasta la cuarta observación. Los datos finales, además, permiten constatar una diferencia notable entre los participantes del grupo experimental, con valores inferiores, y del grupo control, cuyos componentes no han empleado el feedback en su terapia. Dicha divergencia no solamente se reproduce en los datos estrictamente musculares, sino que también se observa en los parámetros perceptivos de la escala GRBAS de grado y aspereza

Discusión

La electromiografía de superficie es una técnica no invasiva que permite registrar la actividad muscular. En el ámbito de la rehabilitación física, los instrumentos de feedback neuromuscular, entre los que se encuentra la retroalimentación electromiográfica, se han usado ampliamente en los últimos 50 años para permitir a los usuarios obtener el control de los procesos físicos que antes se consideraban una respuesta automática (Giggins, Persson & Caulfield, 2013). La intervención logopédica en los trastornos de la voz ha ido incorporando en los últimos años instrumentos y técnicas que previamente se han aplicado en la rehabilitación física —v. por ejemplo, Fuentes Aracena (2020) para el uso de agentes físicos como la electroterapia y la termoterapia—. En la esfera logopédica, el feedback EMGs también se ha utilizado en la intervención terapéutica de alteraciones orofaciales (Rosell-Clari, 2017), articulación del habla (McClean & Tasko, 2003), dificultades de la deglución (Crary, Carnaby, Groher & Helseth, 2004), etc., sin embargo, en el ámbito estrictamente vocológico, son relativamente escasos los estudios basados en biofeedback como herramienta de intervención terapéutica vocal (Maryn, De Bodt & Van Cauwenberge, 2006).

Uno de los principales objetivos de este trabajo es determinar si mediante el biofeedback electromiográfico se puede reducir o aumentar la actividad de los músculos que intervienen de manera directa o indirecta en la fonación y, por lo tanto, mejorar una función dada de acuerdo con un equilibrio musculofuncional deseable. Son varios los estudios que indican que el biofeedback con electromiografía de superficie es una herramienta útil para facilitar la reducción de la actividad en los músculos de la zona tirohioidea (Yiu et al., 2005; Warnes & Allen, 2005; Wong et al., 2011; Ma et al., 2013; Ribeiro et al., 2019) y otros músculos que, especialmente en el canto, coparticipan en la fonación: trapecio (Pettersen & Westgaard, 2004a, 2004b y 2005), esternocleidomastoideo (Pettersen & Westgaard, 2004a y 2005; Ribeiro et al., 2019), suprahioideos (Ribeiro et al., 2019). Por otro lado, según se ha comprobado en el trabajo de Kirkpatrick & McLester (2012), el uso de biofeedback con electromiografía de superficie también puede ser útil para aumentar la actividad en los músculos esternotiroideo y esternohioideo, que permiten la depresión laríngea para la emisión óptima de tonos altos. Entendemos que para la intervención logopédica la reducción de la actividad muscular laríngea y perilaríngea es fundamental en los trastornos vocales más habituales, aquellos que cursan con un aumento significativo o inadecuado de la tensión muscular.

Conviene tener en cuenta, sin embargo, que al aplicar biofeedback electromiográfico para reducir la actividad muscular de una zona dada puede haber efectos concomitantes en zonas ajenas a los grupos musculares de los que se ha recibido una señal retroalimentada. En los estudios de Pettersen & Westgaard (2004a, 2005), por ejemplo, se ha observado que reducir la actividad muscular en el trapecio y en el esternocleidomastoideo puede también reducir la actividad en el músculo recto del abdomen y aumentar la actividad muscular en la región posterior del cuello, aunque sea de manera poco generalizada. Por otra parte, los trabajos de Yiu et al. (2005), Wong et al. (2011) y Ma et al. (2013) constatan que al trabajar la disminución de la actividad muscular en la zona tirohioidea también se reduce el tono muscular de la zona orofacial. En este mismo sentido, Ribeira et al. (2019) detectan un descenso de la actividad de los músculos infrahioideos simultáneo a la reducción de esa misma actividad en los músculos suprahioideos y esternocleidomastoideos. La investigación ha ofrecido diversos argumentos para dar explicación a estos hechos, que, en referencia a la fonación y al canto, bien pueden considerarse satisfactorios o negativos; conviene considerar que estos músculos pueden estar mecánica o neurológicamente vinculados (Ma et al., 2013).

Además, el estudio de Kirkpatrick & McLester (2012) se recuerda la importancia de la colocación de los electrodos con respecto a los músculos esternocleidomastoideos y platismas, ya que estos pueden interferir en la señal electromiográfica. También indican que se debe tener en cuenta que la actividad muscular es más elevada en hombres que en mujeres. Este efecto no afecta al descenso laríngeo, ya que el estudio indica que no hay interacciones significativas entre géneros en el descenso laríngeo medido en centímetros, es decir, ambos sexos obtienen el mismo éxito para descender la laringe. La actividad electromiográfica más elevada en hombres podría deberse únicamente a que los músculos son más grandes.

En cuanto al objetivo que plantea determinar la permanencia y generalización de los patrones musculares adquiridos mediante el biofeedback electromiográfico, los escasos datos de los que disponemos apuntan hacia cambios permanentes y generalizables con respecto al patrón motor previo. Los trabajos de Wong et al. (2011) y Ma et al. (2013) indican que estos cambios en la actividad muscular y en los patrones motores se mantienen en el tiempo, pues se evalúa la misma actividad una semana después del periodo de entrenamiento y son generalizados a otro tipo de tareas fonatorias no entrenadas previamente. Para los autores citados, los datos posteriores a la fase de entrenamiento indican que ha habido un aprendizaje motor, aunque, especialmente en el trabajo de Ma et al. (2013), dichos datos se toman con precaución porque, a pesar de que los resultados son estadísticamente significativos, el cambio en los valores electromiográficos es bastante reducido.

Otro de los objetivos planteados es identificar si la reducción o aumento de la actividad muscular producidos por el biofeedback electromiográfico puede generar cambios en la percepción de la calidad vocal. A partir de los datos que se ofrecen, se puede considerar que la reducción o aumento de la actividad muscular puede producir cambios en la percepción de la voz, lo que se ha observado tanto en parámetros fundamentales del timbre vocal (Ribeiro et al., 2019), como en la propiocepción vocal del paciente o participante (Wong et al., 2011). En los sujetos que participaron en el trabajo realizado por Kirkpatrick & McLester (2012), las puntuaciones obtenidas en la calidad de determinados tonos sostenidos cantados pasan de una puntuación promedia mala (2,63 / 5) a una puntuación suficiente (3,23 / 5) tras un entrenamiento breve; también, se observa un aumento en la intensidad del formante del cantante y de todos

los armónicos que se encuentran por encima de 4000 Hz, así como de la aparición del vibrato en algunos cantantes. Asimismo, en el trabajo de Pettersen & Westgaard (2004b) se muestra que estos cambios en la actividad muscular también pueden ser útiles para optimizar la función respiratoria en el canto lírico, ya que al reducir la actividad muscular del trapecio se producen cambios satisfactorios en la posición y configuración del tórax.

En el estudio de Warnes & Allen (2005), además, los resultados del feedback electromiográfico no se limitan a los aspectos musculares de la fonación, concretamente al control muscular en el movimiento paradójico de los pliegues vocales, sino que, de manera simultánea, se consigue un descenso relevante en las dificultades respiratorias y en la manifestación del dolor, con la reducción de 5 a 0 en la puntuación del cuestionario de dolor e interferencia.

La electroglotografía es una técnica que registra y analiza las características vibratorias de los pliegues vocales y su grado de contacto; al amplificar y visualizar esta señal eléctrica a través de una pantalla, se permite que los sujetos obtengan retroalimentación de esta función fisiológica. Uno de los objetivos principales en cuanto a la electroglotografía es determinar si mediante el biofeedback electroglotográfico se puede optimizar el grado de contacto de los pliegues vocales, como se observa en el estudio de caso de Herbst et al. (2010), en el que dicho instrumento mejora sustancialmente el grado de adducción glótica, lo que produce el descenso de ruido característico de las voces aéreas. Conviene advertir, sin embargo, que los cambios producidos en el patrón fonatorio y en la voz de la paciente no parecen ser producidos por el uso del biofeedback *per se*, sino que este es meramente un instrumento que debe usarse junto a estrategias fonatorias específicas de la intervención logopédica. En el mismo trabajo de Herbst et al. (2010), la participante, a pesar de que obtenía un biofeedback electroglotográfico a tiempo real, no empieza a realizar cambios voluntarios en las formas de onda hasta que se introducen actividades específicas de tratamiento vocal.

Chernobelsky (2002) usa el feedback electroglotográfico para proporcionar una información visual que no puede ser adquirida auditivamente, como estrategia para el establecimiento de una frecuencia fundamental de la voz acorde a la edad y el sexo de varones sordos. Sus datos reportan resultados satisfactorios no solo en la consecución del objetivo sino también en la permanencia del patrón fonatorio adoptado, que persiste a los 6 y 12 meses de la intervención terapéutica.

Por último, se plantea el objetivo de identificar la frecuencia óptima a la que se debe ofrecer el biofeedback. Los resultados de los estudios de Yiu et al. (2005) y Ma et al. (2013) no sugieren que dicha variable sea especialmente relevante o que afecte directamente al rendimiento en el aprendizaje, lo que se observa con la configuración de grupos experimentales que reciben feedback de manera continua o de manera limitada en el primer estudio, y grupos que contrastan por el control del instrumento, en el segundo.

Sin embargo, más allá de los objetivos generales y específicos que se plantea esta revisión, debemos preguntarnos, esencialmente, cuál es la utilidad del feedback electroglotográfico y electromiográfico de superficie en la intervención logopédica de los trastornos de la voz. A pesar de que los estudios llevados a cabo con participantes disfónicos son reducidos en el cómputo total de participantes reseñados (44 de 142 con formas básicas de disfonía; 49 de 142 si incluimos las formas especiales de trastorno vocal: puberfonía y movimiento paradójico de las CCVV), los datos que se derivan de estos trabajos (Chernobelsky, 2002; Warnes & Allen, 2005; Herbst et al., 2010; Wong et al., 2011 y Ribeiro et al., 2019), así como de aquellos que manejan muestras de hablantes normofónicos (Yiu et al., 2005 y Ma et al., 2013), indican que estas técnicas no solo son efectivas para la reducción de la tonicidad de la musculatura laríngea y perilaríngea, sino que, combinadas con terapia vocal, ofrecen mejores resultados que cuando se aplica únicamente tratamiento logopédico convencional (Ribeiro et al., 2019). Probablemente, de las múltiples casuísticas a las que se enfrenta la logopedia en la rehabilitación vocal, los cuadros de tensión muscular aumentada, tanto en disfonías funcionales como en disfonías orgánicas u orgánico-funcionales, son los mayoritarios en la acción rehabilitadora de la voz (v., por ejemplo, los datos de Preciado et al., 2005). Entendemos, por lo tanto, que estos instrumentos se han mostrado eficaces para la reducción de la tensión muscular laríngea y, por lo tanto, para conseguir uno de los objetivos fundamentales en la rehabilitación vocal.

El segundo de los aspectos que conviene destacar en el uso del feedback electroglotográfico y electromiográfico de superficie es que esta técnica puede encajar tanto en una perspectiva de aprendizaje motor global acorde a los modelos tradicionales, es decir, que incida en el movimiento final sin una instrucción explícita y sin atención consciente a las partes, como en una perspectiva de control relativamente consciente de algún mecanismo aislado que conforma una acción final (v. Tellis, 2018).

De los estudios llevados a cabo esencialmente con hablantes tanto disfónicos como normofónicos (excluimos, pues, a los cantantes profesionales), se desprende que la ausencia de una instrucción explícita sobre la relajación de la musculatura laríngea y con la mera retroalimentación visual de la propia conducta fonatoria se ha contribuido a la modificación de un patrón motor establecido, cumpliendo con los principios fundamentales del aprendizaje sensoriomotor. Conviene recordar, en este sentido, que las evaluaciones posteriores a la fase de entrenamiento, tanto en sujetos disfónicos como en sujetos normales, muestran datos electroglotográficos y electromiográficos de la zona tiroidea acordes al objetivo del entrenamiento mediante el feedback visual de la actividad muscular, incluso hasta 12 meses después de dicha fase, como en el caso de los 4 varones sordos del estudio de Chernobelsky (2002), datos que apuntan hacia la automatización y la generalización del proceso. De acuerdo con estas teorías tradicionales del aprendizaje motor, para que haya una transferencia o generalización, el proceso entrenado debe ser automatizado mediante una serie de principios que favorecen la integración procedimental. Algunos de esos principios indican que el movimiento final no debe ser secuenciado en partes, debe involucrar una ejecución motora (la propia fonación) y

un componente sensorial que interactúan (la señal retroalimentada, la propiocepción y la percepción auditiva de la propia voz) y se debe hacer, básicamente, mediante una instrucción implícita que no requiera atención interna sobre aspectos biomecánicos concretos (Titze & Verdolini Abbott, 2012). En este sentido, el uso del biofeedback permite que las condiciones biofísicas del movimiento entrenado sean, esencialmente, equiparables a las del movimiento objetivo, que suele ser de naturaleza inconsciente, es decir, que la rehabilitación de la voz en el habla se haga mediante el uso de la propia voz en el habla en condiciones máximamente naturales (Bermúdez de Alvear & Martínez Arquer, 2013). Recordemos que a los participantes de estos estudios solo se le ha pedido lograr una forma de onda o un dato electromiográfico o glotográfico sin una instrucción biomecánica precisa para conseguirlo.

Sin embargo, los estudios llevados a cabo con cantantes de alto nivel han mostrado cómo el entrenamiento de un aspecto específico y externo a la conducta motriz estrictamente laríngea ha contribuido a la mejora del resultado final complejo: la emisión vocal de alta exigencia en el canto lírico. En dichos trabajos el feedback electromiográfico se ha usado bien para aumentar la activación de los músculos extrínsecos que favorecen la depresión laríngea y optimizar, por tanto, la emisión de tonos agudos sostenidos (Kirkpatrick & McLester, 2012), bien para reducir la actividad de los músculos trapecio y esternocleidomastoideo con el objetivo de mejorar las condiciones posturales y respiratorias para el canto (Pettersen & Weestgaard, 2004a, 2004b, 2005). En estos 4 estudios se ha instruido brevemente a los participantes, mediante técnicas biomecánicas relativamente explícitas, a conseguir una acción muscular determinada que debe atenderse e incorporarse a la ejecución del movimiento global, la voz cantada. En este sentido, se pretende incorporar un entrenamiento explícito a un plan motor previamente establecido y, muy probablemente, automatizado; el feedback electromiográfico, pues, confirma la correcta ejecución de la acción instruida. Los datos recabados al final del proceso experimental confirman que se produce un cambio muscular en el sentido planeado y que, en el caso de los cantantes participantes en el estudio de Kirkpatrick & McLester (2012), se produce una mejora perceptiva de la voz medida mediante un experimento de jueces expertos. Desgraciadamente, dichos trabajos no aportan datos temporalmente distanciados de la instrucción por lo que no se puede constatar un aprendizaje de la ejecución.

Limitaciones de la revisión

Esta revisión presenta una serie de limitaciones que conviene detallar, entre las que destacan el bajo número de trabajos analizados, la muestra reducida en la mayor parte de los trabajos y, en relación con este aspecto, el bajo número de participantes disfónicos. Únicamente 4 de los 11 estudios analizados han realizado intervención en población con algún tipo de patología vocal, con lo que resulta complejo transportar los datos analizados a la situación clínica del logopeda.

Pero más allá de la muestra o, incluso, del grado de evidencia de los estudios, la limitación más destacable con que nos encontramos es la escasa descripción de las tareas fonatorias y las estrategias de intervención que acompañan al uso del feedback EMGs o EGG, especialmente cuando se trata de participantes con trastornos de voz, con la excepción del trabajo de Ribeiro et al., (2019), en el que se describe con detalle el uso de tareas de tracto vocal semiocluído. Sin una descripción más profunda del proceso terapéutico no podemos entender cuál ha sido desarrollo del aprendizaje sensoriomotor de los nuevos patrones fonatorios, aspecto que parece fundamental en cualquier intervención vocal.

Conclusiones

Los datos analizados en el corpus de trabajos seleccionados parecen indicar que mediante el biofeedback electromiográfico es posible reducir o aumentar la actividad muscular en la laringe y en otros grupos musculares que, directa o indirectamente, intervienen en la fonación y en el canto. Estos cambios en la actividad muscular, a su vez, pueden producir mejoras en los parámetros acústicos, perceptuales y propioceptivos de la voz. La aplicación de dicha técnica permitiría reducir la tensión en la musculatura laríngea (Yiu et al., 2005; Warnes & Allen, 2005; Wong et al., 2011; Ma et al., 2013; Ribeiro et al. 2019), favorecer la depresión laríngea para la emisión de tonos altos (Kirkpatrick & McLester, 2012) y reducir la tensión en la musculatura respiratoria (Pettersen & Weestgaard, 2004a, 2004b, 2005).

Asimismo, aunque con una evidencia inferior por el menor número de estudios y participantes, se ha mostrado que el uso del biofeedback electroglotográfico podría producir cambios en el patrón vibratorio de los pliegues vocales utilizando este instrumento como facilitador en el proceso de intervención, lo que se ha observado tanto en la facilitación de un registro modal en puberfonía (Chernobelsky, 2002) como en el aumento del grado de adducción de los pliegues vocales (Herbst, 2010). Dichos cambios del comportamiento muscular producen mejoras en los parámetros acústicos y perceptivos de la voz.

Aunque los estudios seleccionados no permiten abordar con seguridad la perdurabilidad y generalización de los patrones musculares adoptados en el ámbito clínico, sí se detectan indicios en dicha dirección, como la generalización a pasajes no entrenados en tareas de lectura una semana después del periodo de entrenamiento o la permanencia del registro modal en jóvenes puberfónicos a los 12 meses del tratamiento, lo que parece indicar que ha habido un aprendizaje motor.

Con respecto a la frecuencia de uso del instrumento, no parece que haya una evidencia sólida que relacione el aprendizaje del patrón muscular con la intensidad de uso y el control del feedback electroglotográfico o electroglotográfico.

A pesar de los datos reportados en estos estudios, que apuntan a la utilidad de la retroalimentación de la señal electromiográfica o electroglotográfica, los trabajos son todavía insuficientes, especialmente en población con trastorno vocal. A nuestro entender necesitamos más investigación que aborde el uso de estas técnicas combinadas con intervención logopédica basada en la evidencia, con un mayor control metodológico que permita hacer un seguimiento del establecimiento y generalización de los patrones musculares adquiridos y acompañados de medidas acústicas y perceptivas que permitan relacionar el aspecto muscular y el aspecto tímbrico de la voz.

Bibliografía

- Allen, K.D. (2007). EMG biofeedback treatment of dysphonias and related voice disorders. *The Journal of Speech and Language Pathology–Applied Behavior Analysis*, 2(2), 149-157. <http://dx.doi.org/10.1037/h0100213>
- Bermúdez de Alvear, R., y Martínez Arquero, G. (2013). Estrategias para potenciar el aprendizaje motor en el tratamiento vocal de las enfermedades neurodegenerativas. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 33(1), 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2012.07.004>
- Chernobelsky, S. (2002). The use of electroglottography in the treatment of deaf adolescents with puberphonia. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 27(2), 63-65. <https://doi.org/10.1080/140154302760409275>
- Crary, M.A., Carnaby, G.D., Groher, M.E., y Helseth, E. (2004). Functional benefits of dysphagia therapy using adjunctive sEMG biofeedback. *Dysphagia*, 19(3), 160-164. <https://doi.org/10.1007/s00455-004-0003-8>
- Crestani, S., y Woisard, V. (2014). Exploración de la laringe. *EMC-Otorrinolaringología*, 43(2), 1-14. [https://doi.org/10.1016/S1632-3475\(14\)67514-7](https://doi.org/10.1016/S1632-3475(14)67514-7)
- Croake, D.J., Stemple, J.C., Uhl, T., Archer, S., y Andreatta, R.D. (2014). Reliability of Clinical Office-Based Laryngeal Electromyography in Vocally Healthy Adults. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 123(4), 271-278. <https://doi.org/10.1177/0003489414525022>
- de Amorim, G.O., Balata, P.M.M., Vieira, L.G., Moura, T., y da Silva, H.J. (2018). Biofeedback in dysphonia—progress and challenges. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 84(2), 240-248. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.07.006>
- Fuentes, C. (2020). Rol de los agentes físicos en la rehabilitación vocal: una revisión de la literatura. *Revista de Investigación en Logopedia*, 10 (2), 107-122.
- Giggins, O.M.; Persson, U.M., y Caulfield, B. (2013). Biofeedback in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 10(1), 60. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-60>
- Giovanni, A., y de Saint-Victor, S. (2013). Estudio clínico de la voz. *EMC-Otorrinolaringología*, 42(4), 1-17. [https://doi.org/10.1016/S1632-3475\(13\)65961-5](https://doi.org/10.1016/S1632-3475(13)65961-5)
- Herbst, C. T. (2019). Electroglottography: An Update. *Journal of Voice*, 34(4), 503-526. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.12.014>
- Herbst, C. T., Howard, D., y Schlömicher-Thier, J. (2010). Using electroglottographic real-time feedback to control posterior glottal adduction during phonation. *Journal of Voice*, 24(1), 72-85. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2008.06.003>
- Hosokawa, K., Ogawa, M., Iwahashi, T., Hashimoto, M., y Inohara, H. (2015). Does cervical muscular contraction affect the measurement for electroglottographic Perturbation Parameters? *Journal of Voice*, 29(6), 660-669. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.11.001>
- Kirkpatrick, A., y McLester, J. R. (2012). Teaching lower laryngeal position with EMG biofeedback. *Journal of Singing*, 68(3), 253.
- Kume, M., y Ramírez Gorostiza, A. (2017). Evolución de las técnicas para el estudio de la función vibratoria de las cuerdas vocales. *Revista Mexicana de Comunicación, Audiología, Otoneurología y Foniatría*, 5(3), 77-82
- Ma, E.P.M., Yiu, G.K.Y., y Yiu, E.M.L. (2013). The effects of self-controlled feedback on learning of a “relaxed phonation task”. *Journal of Voice*, 27(6), 723-728. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.04.003>
- Manterola, C., Asenjo-Lobos, C., y Otzen, T. (2014). Jerarquización de la evidencia: Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual. *Revista chilena de infectología*, 31(6), 705-718. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182014000600011>
- Maryn, Y., De Bodt, M., y Van Cauwenberge, P. (2006). Effects of biofeedback in phonatory disorders and phonatory performance: a systematic literature review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 31(1), 65-83. <https://doi.org/10.1007/s10484-006-9005-7>
- McClellan, M.D. y Tasko, S.M. (2003). Association of orofacial muscle activity and movement during changes in speech rate and intensity. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 46, 1387-1400. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2003\)108](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2003)108)
- Pettersen, V. (2005). Muscular patterns and activation levels of auxiliary breathing muscles and thorax movement in classical singing. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 57(5-6), 255-277. <https://doi.org/10.1159/000087079>
- Pettersen, V., y Westgaard, R. H. (2004a). Muscle activity in professional classical singing: a study on muscles in the shoulder, neck and trunk. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 29(2), 56-65. <https://doi.org/10.1080/14015430410031661>
- Pettersen, V., y Westgaard, R. H. (2004b). The association between upper trapezius activity and thorax movement in classical singing. *Journal of Voice*, 18(4), 500-512. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2003.11.001>
- Pettersen, V., y Westgaard, R. H. (2005). The activity patterns of neck muscles in professional classical singing. *Journal of Voice*, 19(2), 238-251. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2004.02.006>
- Preciado, J., Pérez, C., Calzada, M., y Preciado, P. (2005). Incidencia y prevalencia de los trastornos de la voz en el personal docente de La Rioja. Estudio clínico: cuestionario, examen de la función vocal, análisis acústico y vídeolaringoestroboscopia. *Acta Otorrinolaringol. Española*, 56(2), 202-210. [https://doi.org/10.1016/S0001-6519\(05\)78601-5](https://doi.org/10.1016/S0001-6519(05)78601-5)
- Ribeiro, V. V., Vitor, J., Honório, H. M., Brasolotto, A. G., y Silverio, K. (2018). Surface electromyographic biofeedback for behavioral dysphonia in adult people: a systematic review. *CoDAS*, 30(6), e20180031. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018031>

- Ribeiro, V.V., Gabriela de Oliveira, A., da Silva Vitor, J., Ramos, A.C., Brasolotto, A.G., y Silverio, K.C.A. (2019). Effectiveness of voice therapy associated with electromyographic biofeedback in women with behavioral dysphonia: randomized placebo-controlled double-blind clinical trial. *Journal of Voice*, 33(3), 381.e11-381.e22. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.12.015>
- Rosell-Clari, V. (2017). Orofacial alterations and surface electromyography in neurodevelopmental disorders. *Revista de neurología*, 64(s01), S85-S88.
- Tellis, C. (2018). New concepts in motor learning and training related to voice rehabilitation. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, 3(3), 56-67. <https://doi.org/10.1044/persp3.SIG3.56>
- Titze, I.R., y Verdolini Abbott, K. (2012). *Vocology: the science and practice of voice habilitation*. Utah: National Center for Voice and Speech.
- Warnes, E., y Allen, K.D. (2005). Biofeedback treatment of paradoxical vocal fold motion and respiratory distress in an adolescent girl. *Journal of applied behavior analysis*, 38(4), 529-532. <https://doi.org/10.1901/jaba.2005.26-05>
- Wong, A.Y.H., Ma, E.P.M., y Yiu, E.M.L. (2011). Effects of practice variability on learning of relaxed phonation in vocally hyperfunctional speakers. *Journal of Voice*, 25(3), e103-e113. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2009.10.001>
- Yiu, E.M., Verdolini, K., y Chow, L.P. (2005). Electromyographic study of motor learning for a voice production task. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(6), 1254-1268 [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2005/087a\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2005/087a))