



FACULTADE DE MEDICINA
E ODONTOLOXÍA

Traballo de
fin de grao

**Caracterización acústica da voz
traqueoesofáxica.**

**Caracterización acústica de la voz
traqueoesofágica.**

**Acoustic characterization of the
tracheoesophageal voice.**

Autoria: Tania Pérez López

Titor/a/e(s): Carlos Santiago Martín
Martín

Cotitor/a/e(s): Juan Carlos Vázquez
Barro

Departamento: Otorrinolaringoloxía

(Xuño 2022)

Índice

1. Agradecimientos.....	1
2. Resumen/Abstract/Resumo	2
2.1 RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	2
2.2 ABSTRACT.....	3
2.3 RESUMO.....	4
3. Introducción.....	5
3.1 MECANISMO DE PRODUCCIÓN DE LA VOZ NORMAL	5
3.2 CUALIDADES DE LA VOZ HUMANA	6
3.3 PARÁMETROS ACÚSTICOS DE LA VOZ	7
3.4 ANÁLISIS ACÚSTICO DE LA VOZ	8
3.5 VALORACIÓN SUBJETIVA DE LA VOZ.....	10
3.5.1 Escala GRABS	10
3.5.2 Voice Handicap Index (VHI)	11
3.6 EL CÁNCER DE LARINGE	13
3.7 HISTORIA DE LA REHABILITACIÓN VOCAL.....	13
4. Necesidad y propósito de esta revisión	16
5. Objetivos	17
6. Material y método	18
7. Resultados	21
7.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA PRÓTESIS FONATORIA DE CALIDAD	21
7.2 SELECCIÓN DE CANDIDATOS PARA LA FONACIÓN TRAQUEOESOFÁGICA	22
7.3 MECANISMO DE PRODUCCIÓN DE LA FONACIÓN TRAQUEOESOFÁGICA..	23
7.4 PARÁMETROS ACÚSTICOS DE LA FONACIÓN TRAQUEOESOFÁGICA.....	24
7.5 CALIDAD DE VIDA	28
7.6 PRÓTESIS TRAQUEOESOFÁGICAS DESDE EL PUNTO DE VISTA FONATORIO	30
7.7 MANEJO DE LOS PACIENTES TRAS LA PANDEMIA COVID	31
8. Discusión	33
9. Conclusiones	38
10. Bibliografía.....	39

1. Agradecimientos

- A mi tutor del Trabajo de Fin de Grado, el Doctor Carlos Santiago Martín Martín por ayudarme a enfocar este tema desde la perspectiva correcta y su plena disposición.
- A mi cotutor, el Doctor Juan Carlos Vázquez Barro, que ha conseguido una gran evolución en mi desarrollo como futura sanitaria y ha estado pendiente de la maduración de este proyecto sin importar la hora o el día de la semana del que se tratase.
- A mi novio Dimas, por levantarme cada vez que me caí durante estos 6 duros años de formación, así como por aportarme la perspectiva musical que incluye este trabajo. Sin ti no habría sido posible.
- A mi familia, en especial a mi hermana Laura, por animarme cada vez que no encontraba las palabras y aguantarme cuando ni yo misma era capaz de hacerlo.
- A mi perro Ivar, por estar conmigo durante la elaboración de este trabajo y obligarme a despegarme del ordenador de vez en cuando.

2. Resumen/Abstract/Resumo

2.1 RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Introducción: La laringectomía total representa una de las alternativas terapéuticas de los tumores avanzados de laringe. Esta intervención lleva aparejada la pérdida de la fonación natural de los pacientes, por lo que las técnicas que permitan la recuperación de la fonación cobran especial importancia. La creación de una fístula traqueoesofágica con inserción de una prótesis fonatoria en la misma es una de las técnicas quirúrgicas y rehabilitadoras más utilizada en estas circunstancias.

Objetivos: Este estudio se centra en el análisis de las características acústicas de la fonación adquirida mediante la fístula traqueoesofágica con inserción de una prótesis fonatoria en la misma. También se abordará cómo ha interferido la actual pandemia COVID en el manejo de estos pacientes y la calidad de vida obtenida con este método de fonación.

Metodología: El estudio es una revisión bibliográfica de las características acústicas de la fonación que se consigue con la fonación traqueoesofágica. Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos “PubMed”, “Google Scholar”, “Cochrane Library” y “Web of Science” restringida al periodo comprendido entre el 1 de enero de 2011 y el 1 de marzo de 2022, siendo incluidos aquellos artículos publicados en español o inglés, con criterios de inclusión y exclusión. Se exponen los resultados de la búsqueda y se discuten los mismos.

Resultados y discusión: Se han incluido 47 artículos sobre la rehabilitación vocal mediante el empleo de una prótesis traqueoesofágica en personas laringectomizadas. La fonación traqueoesofágica es el método rehabilitador que proporciona una voz de calidad. Ésta se ha estimado mediante pruebas subjetivas y objetivas, pudiendo caracterizar la voz traqueoesofágica desde un punto de vista acústico como una voz de frecuencia fundamental baja, con los primeros formantes que tienden a frecuencias agudas y con un jitter y shimmer alterados. De todas formas, se necesitan más estudios para caracterizar esta voz, pues algunos de los parámetros estudiados están diseñados para la caracterización acústica de ondas casi periódicas, y la voz traqueoesofágica se corresponde, acústicamente, con una onda aperiódica.

Conclusiones: Se necesitan más investigación para la valoración acústica precisa de la fonación traqueoesofágica. La frecuencia fundamental de la misma tiende a estar en el rango de las frecuencias graves, los primeros formantes suelen ser más agudos que la voz natural, y el jitter y shimmer están muy alterados.

Palabras clave: cáncer de laringe, laringectomía, fonación traqueoesofágica, prótesis fonatoria, fístula traqueoesofágica, parámetros acústicos.

2.2 ABSTRACT

Introduction: Total laryngectomy represents one of the therapeutic alternatives for advanced tumors of the larynx. This intervention entails the loss of the natural phonation of the patients, for which the techniques that allow the recovery of the phonation take on special importance. The creation of a tracheoesophageal fistula with the insertion of a voice prosthesis in it is one of the most used surgical and rehabilitation techniques in these circumstances.

Objectives: This study focuses on the analysis of the acoustic characteristics of the phonation acquired through the tracheoesophageal fistula with the insertion of a voice prosthesis in it. It will also address how the current COVID pandemic has interfered in the management of these patients and the quality of life obtained with this phonation method.

Methodology: The study is a bibliographic review of the acoustic characteristics of the phonation that is achieved with tracheoesophageal phonation. A bibliographic search was carried out in the following databases: “PubMed”, “Google Scholar”, “Cochrane Library” and “Web of Science”, restricted to the period between January 1, 2011 and March 1, 2022, including those articles published in Spanish or English, with inclusion and exclusion criteria. The results of the search are exposed and discussed.

Results and discussion: 47 articles on vocal rehabilitation through the use of a tracheoesophageal prosthesis in laryngectomized people have been included. Tracheoesophageal phonation is the rehabilitative method that provides a quality voice. This has been estimated through subjective and objective tests, being able to characterize the tracheoesophageal voice from an acoustic point of view as a voice with a low fundamental frequency, with the first formants tending to high frequencies and with altered jitter and shimmer. In any case, more studies are needed to characterize this voice, since some of the parameters studied are designed for the acoustic characterization of almost periodic waves, and the tracheoesophageal voice corresponds, acoustically, to an aperiodic wave.

Conclusions: More research is needed for accurate acoustic assessment of tracheoesophageal phonation. The fundamental frequency of it tends to be in the low frequency range, the first formants are usually higher than the natural voice, and the jitter and shimmer are very altered.

Keywords: laryngeal cancer, laryngectomy, tracheoesophageal phonation, voice prosthesis, tracheoesophageal fistula, acoustic parameters.

2.3 RESUMO

Introdución: A laringectomía total representa unha das alternativas terapéuticas para os tumores avanzados de larinxe. Esta intervención da lugar á perda da capacidade de fonación natural dos doentes, polo que as técnicas que permitan a recuperación da fonación teñen especial importancia. A creación ducha fístula traqueoesofáxica con inserción dunha prótese fonatoria na mesma é unha das técnicas cirúrxicas e rehabilitadoras máis empregada nestas circunstancias.

Obxectivos: Este estudo céntrase na análise das características acústicas da fonación adquirida a través da fístula traqueoesofáxica coa inserción dunha prótese de voz na mesma. Tamén abordará cómo a actual pandemia de COVID interferiu no manexo destes pacientes e na calidade de vida obtida con este método de fonación.

Metodoloxía: O estudo é unha revisión bibliográfica das características acústicas da fonación que se consegue coa fonación traqueoesofáxica. Realizouse unha busca bibliográfica nas bases de datos "PubMed", "Google Scholar", "Cochrane Library" e "Web of Science" restrinxida ao período comprendido entre o 1 de xaneiro de 2011 e o 1 de marzo de 2022, incluíndose aqueles artigos publicados en castelán. ou inglés, con criterios de inclusión e exclusión. Expóñense e discuten os resultados da busca.

Resultados e discusión: Inclúense 47 artigos sobre rehabilitación vocal mediante o uso dunha prótese traqueoesofáxica en persoas laringectomizadas. A fonación traqueoesofáxica é un método rehabilitador que proporciona unha voz de calidade. Isto estimouse mediante probas subxectivas e obxectivas, podendo caracterizar a voz traqueoesofáxica dende o punto de vista acústico como unha voz de baixa frecuencia fundamental, tendendo os primeiros formantes ás altas frecuencias e cun jitter e shimmer alterados. En todo caso, son necesarios máis estudos para caracterizar esta voz, xa que algúns dos parámetros estudados están deseñados para a caracterización acústica de ondas case periódicas, e a voz traqueoesofáxica corresponde, acústicamente, a unha onda aperiódica.

Conclusións: Son necesarias máis investigación para unha valoración acústica precisa da fonación traqueoesofáxica. A súa frecuencia fundamental adoita situarse no rango de frecuencias baixas, os primeiros formantes adoitan ser máis altos que os da voz natural e o jitter e o shimmer están moi alterados.

Palabras clave: cáncer de larinxe, laringectomía, fonación traqueoesofáxica, prótese fonatoria, fístula traqueoesofáxica, parámetros acústicos.

3. Introducción

3.1 MECANISMO DE PRODUCCIÓN DE LA VOZ NORMAL

La laringe es un elemento del aparato respiratorio que constituye el órgano fonador del ser humano. Es un órgano impar, medial y simétrico con forma de reloj de arena. (1)

La cavidad laríngea consta de dos regiones: una región superior llamada bandas ventriculares (cuerdas vocales falsas) y una región inferior que se corresponde con las cuerdas vocales propiamente dichas. En el medio de ambas se encuentran unas estructuras conocidas como Ventrículos de Morgagni. (1)

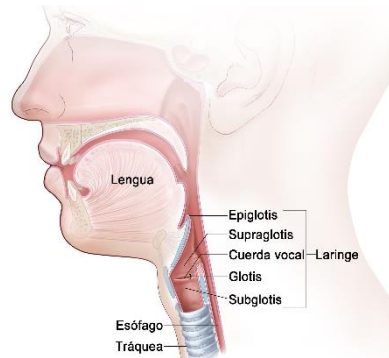


Figura 1: Anatomía de la laringe (2)

Sus principales funciones son la respiratoria, actuando como un conducto para el paso de aire desde la faringe hacia la tráquea; la esfinteriana, al aislar con su cierre el árbol traqueobronquial; y la función fonatoria, que se consigue al vibrar las cuerdas vocales durante el paso de aire. (1)

Las cuerdas vocales se encargan de transformar la energía aerodinámica en energía acústica produciendo la característica voz de las personas. Esta modificación energética está influida en gran medida por la composición de las cuerdas vocales (más elásticas en su zona superficial) y por el modo en que éstas vibran. De igual forma la presión subglótica, las propiedades biomecánicas de las cuerdas vocales, la resistencia supraglótica y la resonancia también tienen un importante papel en la producción de la voz. (3)

Para poder comprender cómo se produce la voz se necesita un amplio conocimiento de la física acústica. Entendiendo que el objetivo de este trabajo no se centra en estos conceptos acústicos, detallaremos de forma somera algunos conceptos básicos que permiten entender el mecanismo de producción de la voz de una manera sencilla.

En un primer momento, las cuerdas vocales se encuentran cerradas. Al salir el aire procedente de los pulmones hacia la laringe y encontrarse con este obstáculo, se produce un aumento progresivo de la presión por debajo de la glotis (presión subglótica). Llega un momento en el que dicha presión supera la ejercida por la musculatura laríngea responsable de mantener cerrados los repliegues vocales y es entonces cuando el aire logra atravesar la glotis para dirigirse hacia el tracto vocal, aumentando la presión de éste (presión supraglótica).(4)

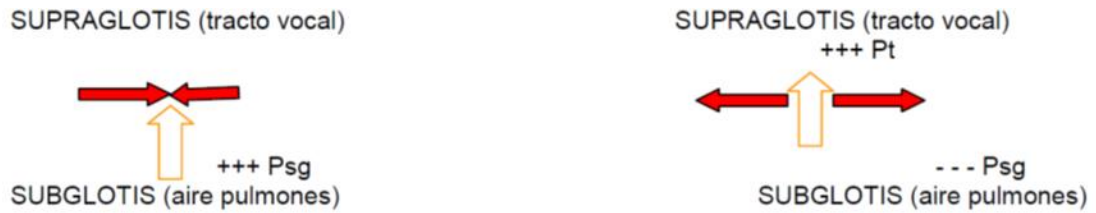


Figura 2: Paso de aire a nivel de la glotis (flechas blancas) y fuerza de aducción (flechas rojas). (4)

El flujo de aire va aumentando poco a poco debido a la apertura de la glotis hasta que llega a su pico máximo. A medida que se separan las cuerdas vocales, disminuye la presión subglótica, y con ella el flujo de aire, lo que hace que las cuerdas vocales comiencen a cerrarse de nuevo. Al disminuir el espacio entre ambas cuerdas vocales, aumenta la velocidad a la que el aire pasa a través de esta hendidura con la intención de mantener un flujo constante. Sin embargo, debido a la inercia, va disminuyendo rápidamente la presión transglótica, produciéndose un cierre repentino de los repliegues vocales y comenzando de nuevo el ciclo vocal. De este modo, cada vez que la glotis se cierra y se abre se produce un pulso de aire, que genera una onda sonora, responsable de la voz humana.(4)



Figura 3: Paso de aire a nivel de la glotis (flechas blancas) y fuerza de aducción (flechas rojas). (4)

3.2 CUALIDADES DE LA VOZ HUMANA

Para poder valorar la calidad de la voz es necesario conocer previamente una serie de conceptos básicos acerca de las características fundamentales de la fonación. Para ello nos basaremos en el trabajo “El tono de la voz masculina y femenina en los informativos radiofónicos: un análisis comparativo.” de Emma Rodero Antón (5).

- Tono: la tonalidad de la voz viene definida por el número de veces que las cuerdas vocales vibran por unidad de tiempo, es decir, la frecuencia. Así, cuántas más vibraciones se produzcan, más aguda será la voz del orador, y a la inversa, cuántas menos vibraciones por segundo, más grave será. Otro factor que influye en esta cualidad de la voz es la longitud de los pliegues vocales, ya que, a mayor longitud, la voz será más grave y viceversa. Esto explica que, entre otras causas, la menor longitud de las cuerdas vocales de los niños sea responsable de una voz más aguda (5).

- Ritmo: se refiere al número de palabras que se emiten con cada ciclo vocal acompañadas de breves periodos de silencio que se repiten de forma periódica (6).
- Altura: entendida como grave, cuando las cuerdas vocales vibran pocas veces por segundo, aguda cuando lo hacen a una mayor frecuencia, y media cuando se encuentra entre las dos anteriores (5).
- Timbre: cualidad de la voz que está íntimamente relacionada con la calidad de los formantes. Es la identidad vocal de la persona y depende de la estructura fisiológica de las cuerdas vocales y de las cavidades resonadoras del individuo. Nos permite diferenciar dos sonidos que presentan la misma altura e intensidad (7).
- Intensidad: Es la amplitud de la onda sonora. Nos indica la fuerza con la que el aire sale de los pulmones para hacer vibrar las cuerdas vocales y producir así los sonidos. Se relaciona con el volumen de la voz (7).

3.3 PARÁMETROS ACÚSTICOS DE LA VOZ

Los sonidos pueden ser, desde un punto de vista físico, aperiódicos (timbre, viento, ...), en el sentido de que son irregulares en cuanto a su representación en ciclos y amplitudes; o periódicos (diapasones), en el que cada ciclo es similar al anterior y el número de ciclos por segundo es siempre el mismo (frecuencia), aunque la amplitud decaiga progresivamente.

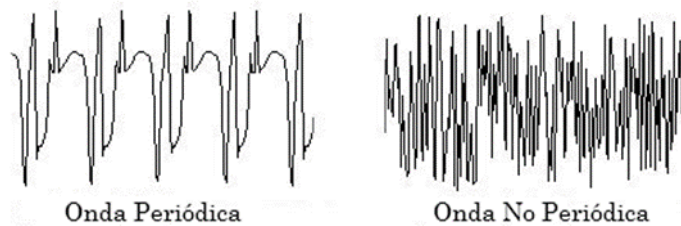


Figura 4: Tipos de onda según su periodicidad. (8)

Entre los sonidos aperiódico y periódico se sitúan los sonidos periódicos complejos como la voz humana, que tiene la peculiaridad de que se puede descomponer en múltiples sonidos periódicos según la transformada de Fourier. Cada una de las ondas en las que un sonido periódico complejo se descompone se denomina armónico, entendiéndose como frecuencia fundamental al armónico de menor frecuencia.

La frecuencia está definida por el número de vibraciones por segundo de las cuerdas vocales y su unidad de medida son los hertzios (9).

Asimismo, cada armónico es un múltiplo de la frecuencia fundamental, lo que quiere decir que cada uno de los infinitos armónicos se encuentra separado del armónico anterior y del armónico siguiente por la misma distancia en frecuencia. (10) Estos múltiplos alcanzan hasta una frecuencia de 20 kHz, aunque su intensidad se atenúa unos 12 dB por cada octava que aumenta la frecuencia (9). De lo anteriormente expuesto se infiere que un sonido periódico complejo tendrá una frecuencia fundamental y una cantidad variable de armónicos.

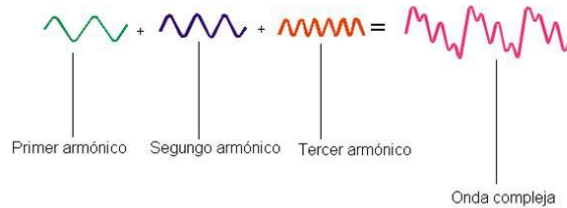


Figura 5: Armónicos y ondas complejas (11)

Otro concepto a tener en cuenta es el de formante. Un formante será aquel armónico cuya frecuencia de resonancia coincide con determinada frecuencia de resonancia que tenga el tracto vocal del individuo. El tracto vocal tendrá, como cualquier “tubo”, varias frecuencias de resonancia, dependiendo éstas tanto de la longitud como de la anchura del tracto vocal. Así, dependiendo de la forma que tenga la cavidad de resonancia tendremos unos determinados formantes u otros (4).

De lo anteriormente expuesto se infiere que la longitud del tracto vocal condicionará las frecuencias de los formantes F_1 , F_2 y F_3 , siendo éstas más altas en los niños, de valor intermedio en las mujeres, y obteniéndose los valores más bajos en los varones (9,12).

Los formantes más importantes son los 3 primeros, F_1 , F_2 y F_3 . F_1 y F_2 son los responsables de la identidad vocal, presentando unos valores similares en todas las personas. Por su parte, F_3 y superiores se encargan de definir el timbre de voz característico de cada persona, permitiéndonos asociar una voz característica a cada individuo (9).

3.4 ANÁLISIS ACÚSTICO DE LA VOZ

El análisis acústico de la voz se refiere a un conjunto de técnicas computarizadas que miden la señal acústica de una vocal o del habla prolongada, aportando una medición objetiva de los parámetros acústicos (13).

De este modo, los parámetros acústicos constituyen una herramienta muy útil para medir la calidad vocal. De ellos, el jitter, el shimmer y la relación armónico-ruido son los más fiables cuando se trata de sonidos semiperiódicos o periódicos complejos, como la voz humana. Sin embargo, cuando se trata de sonidos muy aperiódicos, estos parámetros son menos exactos (14).

El jitter se puede definir como la variación de frecuencia ciclo a ciclo de la frecuencia fundamental, siendo normal, generalmente, cuando se encuentra por debajo de 0,8%. Por otro lado, el shimmer corresponde a la variación de la amplitud de la frecuencia fundamental de un periodo con respecto al periodo inmediatamente anterior y se mide en decibelios. Se considera un shimmer normal, generalmente, cuando es inferior a 0,5 decibelios. Cuánto mayores sean estas variaciones, más inestable será la voz analizada (14–16).

En la práctica clínica, para realizar el análisis acústico se suele pedir a las personas que emitan la vocal /a/, /o/ o /i/ a un volumen y tono que les resulten cómodos (13).

Según el estudio de Meike Brockmann-Bausera y Michael J. Drinnan, existen ciertos factores que afectan a la precisión de las mediciones de jitter y shimmer. Entre ellos, los más relevantes serían el sexo, la vocal empleada para realizar el estudio, el entorno en el que se realiza la grabación, el programa informático empleado para procesar las grabaciones de voz y sobre todo la intensidad de la voz del paciente a estudio (13).

En la investigación anterior, se obtuvo que el 24% de la variación del jitter y el 62% del shimmer se debían a cambios en la intensidad de la voz. Por otro lado, el sexo, la frecuencia fundamental y la vocal empleada para el análisis acústico produjeron modificaciones en un rango de 0 al 6% en ambos parámetros (13).

Con la intención de minimizar el efecto de confusión que producen estas variables, se han propuesto una serie de medidas para estandarizar la grabación de voz a estudio. Entre las recomendaciones propuestas se encontrarían el disponer de una habitación en la que el ruido ambiental sea inferior a 50 dB, una distancia de grabación de voz de 3–10 cm o 30 cm, y un micrófono de alta calidad (13).

También pueden incluirse en las medidas acústicas básicas tres puntos críticos del fonetograma (VRP: voice range profile) (14, 28). La frecuencia más alta y la intensidad más suave (dB a 30 cm) parecen ser las más sensibles a los cambios en la calidad de la voz (15, 37, 43), esta última relacionada con la presión del umbral de fonación (33, 34). La medición de la frecuencia más baja permite calcular el rango de frecuencia fundamental. Tal “fonetograma de tres puntos” se puede obtener sin completar un perfil de rango de voz completo (que requiere mucho tiempo). Sin embargo, como estos tres puntos representan rendimientos "extremos", al igual que MPT y CV, son muy sensibles a los efectos del aprendizaje y la fatiga (16).

Otra herramienta muy útil para valorar la calidad vocal es el espectrograma de Yanagihara, que consiste en una clasificación del nivel de disfonía atendiendo a los trazados de un espectrograma de banda estrecha. Para calcular el grado de afectación vocal se propusieron una serie de factores que se han relacionado con la disfonía: la cantidad de ruido presente en los formantes principales de las vocales, el ruido de alta frecuencia (>3 kHz) y la pérdida de los armónicos en frecuencias elevadas. Basándose en estos 3 parámetros clasifica las disfonías en 4 grados (17):

- Grado I: se trata de un espectrograma normal, en el que los armónicos se mezclan con algo de ruido en las regiones correspondientes a los formantes vocales (17).
- Grado II: En los segundos formantes se ve una dominancia del ruido frente a los armónicos. Además, hay pequeñas cantidades de ruido por encima de los 3 kHz (17).
- Grado III: El segundo formante es sustituido por ruido. La cantidad de ruido de alta frecuencia (>3 kHz) aumenta considerablemente con respecto al grado II (17).
- Grado IV: Deja de existir componente periódico en el primer formante, apareciendo ruido a estos niveles. Asimismo, sigue elevándose el ruido en altas frecuencias (17).

Asimismo, existe una modificación de esta escala para pacientes que han sido sometidos a una laringectomía. En esta versión se dividen los grados II y III en dos niveles cada uno, quedando la clasificación de la siguiente manera (18):

- Grado I: igual que la escala original.
- Grado IIa: se trata de una voz algo ronca, que presenta ruido en los segundos formantes de las vocales.
- Grado IIb: desaparecen los armónicos entre F1 y F2.
- Grado IIIa: se pierden los segundos formantes de las vocales y se sustituyen por ruido.
- Grado IIIb: ausencia total del F2.
- Grado IV: igual que la escala original.

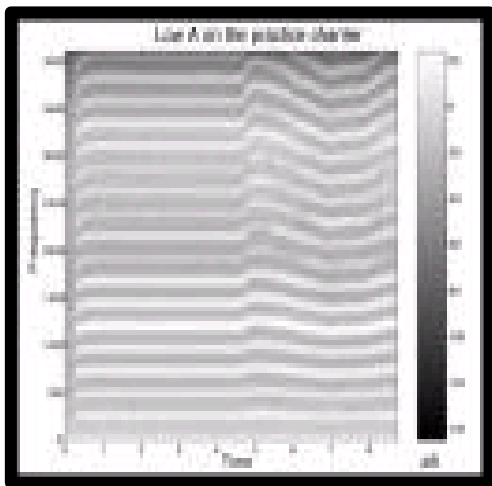


Figura 6: Espectrograma de banda estrecha. Poco ruido interarmónico.

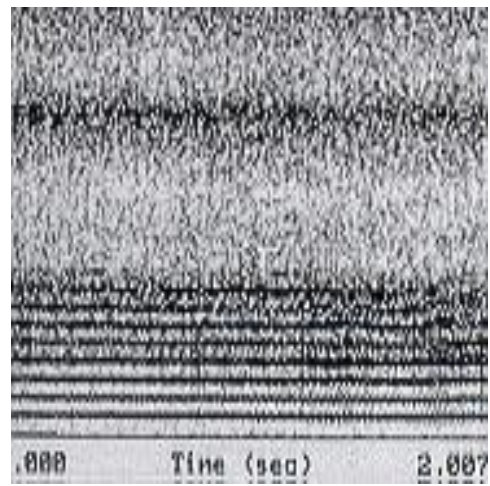


Figura 7: Espectrograma de banda estrecha. Ruido interarmónico en frecuencias agudas.

3.5 VALORACIÓN SUBJETIVA DE LA VOZ

Existen diferentes escalas que sirven para medir de manera subjetiva la calidad de la voz, teniendo todas ellas la misma validez. Entre ellas, las más empleadas en la práctica clínica son la escala GRABS, que es la que se utiliza de manera generalizada, y el CAPE-V. Otros cuestionarios, como el Voice Handicap Index (VHI) nos permiten obtener una idea acerca del impacto que la calidad vocal tiene en el día a día del paciente (19).

3.5.1 Escala GRABS

Esta herramienta de medición fue desarrollada por la Sociedad Japonesa de Logopedas y Foniatras y divulgado por Hirano en 1981. En ella, un examinador evalúa 5 ítems que se engloban bajo el acrónimo GRABS en inglés:

- G (Grade): se refiere al grado de afectación vocal.
- R (Roughness): valora el grado de ronquera de la voz.
- A (Asthenicity: en relación con la voz cansada (o asténica).
- B (Breathiness): presencia o no de pérdida de aire a través de las cuerdas vocales, respiración entrecortada o soplo.
- S (Strain): entendido como el grado de rigidez vocal.

Cada uno de estos parámetros recibe una puntuación de 0 a 3. Si el ítem a valorar se considera dentro de la normalidad recibe 0 puntos; 1 punto si la afectación es leve; 2 puntos si está moderadamente alterado y 3 puntos si hay una gran disparidad con la normalidad (19,20).

	0 (normal)	1 (leve)	2 (moderada)	3 (severa)
G (grado global)				
R (aspereza)				
A (astenia)				
B (voz soplada)				
S (tensión)				

Tabla 1: Escala GRABS (21)

3.5.2 Voice Handicap Index (VHI)

Se trata de un cuestionario desarrollado por Jacobson et al. en el que se realizan 30 preguntas a una persona que presenta una alteración vocal con la finalidad de valorar la función vocal, la capacidad física y los sentimientos que esta alteración causa en el individuo afectado, permitiéndonos obtener correlaciones con su calidad de vida. Cada una de las preguntas se valora con una puntuación que va desde 0 hasta 4 puntos, siendo 4 el grado máximo de afectación (19). De este modo, una puntuación de 120 se correspondería con la afectación vocal más severa y el grado de incapacidad vocal se divide en leve (menos de 30 puntos), moderada (entre 31 y 60 puntos), severa (entre 61 y 90 puntos) y grave (entre 91 y 120 puntos). (22) Debido a su uso tan generalizado ha sido validada y traducida a muchos idiomas, entre ellos, el español (19).

Además, si realizamos el VHI antes y después de someter a una laringectomía total al paciente, podemos conocer la eficacia del tratamiento valorando si ha mejorado la calidad de vida del paciente (19).

Parte I-F (funcional)					
F1. La gente me oye con dificultad debido a mi voz	0	1	2	3	4
F2. La gente no me entiende en sitios ruidosos	0	1	2	3	4
F3. Mi familia no me oye si la llamo desde el otro lado de la casa	0	1	2	3	4
F4. Uso el teléfono menos de lo que desearía	0	1	2	3	4
F5. Tiendo a evitar las tertulias debido a mi voz	0	1	2	3	4
F6. Hablo menos con mis amigos, vecinos y familiares	0	1	2	3	4
F7. La gente me pide que repita lo que les digo	0	1	2	3	4
F8. Mis problemas con la voz alteran mi vida personal y social	0	1	2	3	4
F9. Me siento desplazado de las conversaciones por mi voz	0	1	2	3	4
F10. Mi problema con la voz afecta al rendimiento laboral	0	1	2	3	4
Parte II-P (física)					
P1. Noto perder aire cuando hablo	0	1	2	3	4
P2. Mi voz suena distinto a lo largo del día	0	1	2	3	4
P3. La gente me pregunta: ¿qué te pasa con la voz?	0	1	2	3	4
P4. Mi voz suena quebrada y seca	0	1	2	3	4
P5. Siento que necesito tensar la garganta para producir la voz	0	1	2	3	4
P6. La calidad de mi voz es impredecible	0	1	2	3	4
P7. Trato de cambiar mi voz para que suene diferente	0	1	2	3	4
P8. Me esfuerzo mucho para hablar	0	1	2	3	4
P9. Mi voz empeora por la tarde	0	1	2	3	4
P10. Mi voz se altera en mitad de una frase	0	1	2	3	4
Parte III-E (emocional)					
E1. Estoy tenso en las conversaciones por mi voz	0	1	2	3	4
E2. La gente parece irritada por mi voz	0	1	2	3	4
E3. Creo que la gente no comprende mi problema con la voz	0	1	2	3	4
E4. Mi voz me molesta	0	1	2	3	4
E5. Progreso menos debido a mi voz	0	1	2	3	4
E6. Mi voz me hace sentir cierta minusvalía	0	1	2	3	4
E7. Me siento contrariado cuando me piden que repita lo dicho	0	1	2	3	4
E8. Me siento avergonzado cuando me piden que repita lo dicho	0	1	2	3	4
E9. Mi voz me hace sentir incompetente	0	1	2	3	4
E10. Estoy avergonzado de mi problema con la voz	0	1	2	3	4

Tabla 2: Voice Handicap Index (VHI) (23)

Una forma de reducir el tiempo empleado en realizar el cuestionario obteniendo un resultado fiable sería utilizar una versión más breve del VHI, conocida como VHI-10. Se trata de un cuestionario que contiene los 10 ítems más robustos del VHI tradicional. (19)

F1. La gente me oye con dificultad debido a mi voz	0	1	2	3	4
F2. La gente no me entiende en sitios ruidosos	0	1	2	3	4
F8. Mis problemas con la voz alteran mi vida personal y social	0	1	2	3	4
F9. Me siento desplazado de las conversaciones por mi voz	0	1	2	3	4
F10. Mi problema con la voz afecta al rendimiento laboral	0	1	2	3	4
P5. Siento que necesito tensar la garganta para producir la voz	0	1	2	3	4
P6. La calidad de mi voz es impredecible	0	1	2	3	4
E4. Mi voz me molesta	0	1	2	3	4
E6. Mi voz me hace sentir cierta minusvalía	0	1	2	3	4
P3. La gente me pregunta: ¿qué te pasa con la voz?	0	1	2	3	4

Tabla 3: Voice Handicap Index 10 (VHI-10) (23)

Con el VHI-10 obtendremos una puntuación total < 10 cuando las interferencias que la voz produce en la calidad de vida del paciente sean leves; una puntuación entre 11 y 20 cuando sean moderadas; 21-31 puntos en los casos severos y 31-40 puntos en los graves. (9)

3.6 EL CÁNCER DE LARINGE

Europa se sitúa entre las áreas del mundo en las que la incidencia de cáncer de laringe es mayor. Los tumores de laringe afectan sobre todo a hombres adultos que se encuentran alrededor de los 50 años (24).

Entre los factores de riesgo más importantes se encuentran el tabaco y el alcohol. Otros factores que también se han asociado con el cáncer de laringe son el virus del papiloma humano, el reflujo gastroesofágico o la exposición al asbesto y ciertos aceites minerales (24).

Gracias a los avances en las cirugías conservadoras de la voz y las técnicas de radioterapia, la mayoría de los pacientes con cáncer de laringe pueden curarse de manera efectiva. A pesar de esto, en aquellos pacientes que presentan estadios avanzados de la enfermedad, la única alternativa terapéutica es la laringectomía total (12).

La extirpación total de la laringe, que es requerida en estadios avanzados de la enfermedad, tiene graves consecuencias para la vida del paciente, partiendo de la pérdida de la capacidad de hablar e incluso afectando a los procesos de respiración y deglución. Por todo ello, resulta de vital interés un abordaje rehabilitador del paciente laringectomizado que cubra todas estas alteraciones (24).

Entre las alternativas existentes para la rehabilitación vocal se encuentran la voz traqueoesofágica, la voz esofágica y la electrolaringe, siendo el primero el método rehabilitador en una buena parte de los países occidentales (24).

3.7 HISTORIA DE LA REHABILITACIÓN VOCAL

El inicio de la rehabilitación de la voz se remonta a la primera mitad del siglo XIX. Concretamente, en 1848 Reynaud, un cirujano de Francia describió la voz esofágica en personas que a causa de heridas de bala tenían una fístula traqueoesofágica y estenosis laríngea (25).

En 1870, Vincenz von Czerny publicó la primera laringectomía en perros. Al darse cuenta de que esta técnica podría ser factible en humanos comenzó a investigar cómo realizar la misma intervención en personas. Para ello, centró todos sus esfuerzos en crear una laringe artificial y estudiar su eficacia en perros laringectomizados (25).

Sin embargo, será Christian Albert Theodor Billroth en 1873 quien tenga el honor de haber realizado la primera laringectomía exitosa en un individuo que padecía un cáncer de laringe en estadio avanzado. Un año después Gussenbauer, un ayudante de Billroth, sería el primero en presentar una prótesis de voz interna, inspirándose en Czerny (25).

Posteriormente fueron muchos los médicos que realizaron mejoras en esta primitiva prótesis, como es el caso de David Foulis, quien en 1877 modificó la prótesis creada por Gussenbauer facilitando la inserción y ajuste de la misma, consiguiendo así una voz más parecida a la producida de forma natural. Otros, como Víctor von Bruns, realizaron

modificaciones cuya finalidad era impedir la aspiración de alimentos, líquidos y saliva de la orofaringe al mismo tiempo que facilitaban la inspiración (25).

Fueron también importantes los esfuerzos de Paul von Bruns, hijo de Víctor von Bruns, consiguiendo en 1881 que los pacientes laringectomizados pudiesen seguir respirando por la boca y por la nariz, logrando así oler y acondicionar activamente el aire inspirado (25).

A estos investigadores les siguieron otros también meritorios, siendo Brown en 1925 el primero en idear una prótesis que podía ser retirada antes de las comidas e insertada posteriormente por el propio paciente (25).

A pesar de todas las mejoras realizadas en las prótesis de colocación interna eran muchos los pacientes que presentaban irritación de la piel y una cicatrización lenta debido a las aleaciones de plata, caucho y latón de las que estaban compuestos estos instrumentos. Esto, unido a la dificultad que conllevaba el manejo de estas prótesis y su facilidad de contaminación por las abundantes secreciones bronquiales y salivares, hicieron que éste método rehabilitador fuese prácticamente abandonado desde 1930 hasta 1970, periodo en el que la fonación esofágica se convirtió en el “gold standard” en cuanto a rehabilitación vocal postlaringectomía (25).

Sin embargo, la fonación esofágica, a pesar de tener menos complicaciones que las prótesis fonatorias internas, sólo conseguía una fonación adecuada en uno de cada tres pacientes, lo que llevó a la fabricación de nuevas prótesis modernas. Fue Mozolewski, en 1972, quien describió la primera prótesis de voz interna que se insertaba en una fístula traqueoesofágica. Le siguieron otros, como Blom y Singer y Nijdam y Hilgers, encargados de mejorar ese primer diseño hasta que finalmente, a principios de 1990, las prótesis de voz internas se convirtieron en el nuevo estándar de oro de la rehabilitación vocal después de una laringectomía (25).

Las prótesis traqueoesofágicas han ido evolucionando a lo largo de los años, de manera que los sistemas actuales permiten una rehabilitación integral del paciente al incorporar elementos, como los intercambiadores de calor y humedad y válvulas automáticas de traqueostoma, que permiten conseguir una rehabilitación tanto vocal como pulmonar en los pacientes laringectomizados (25).

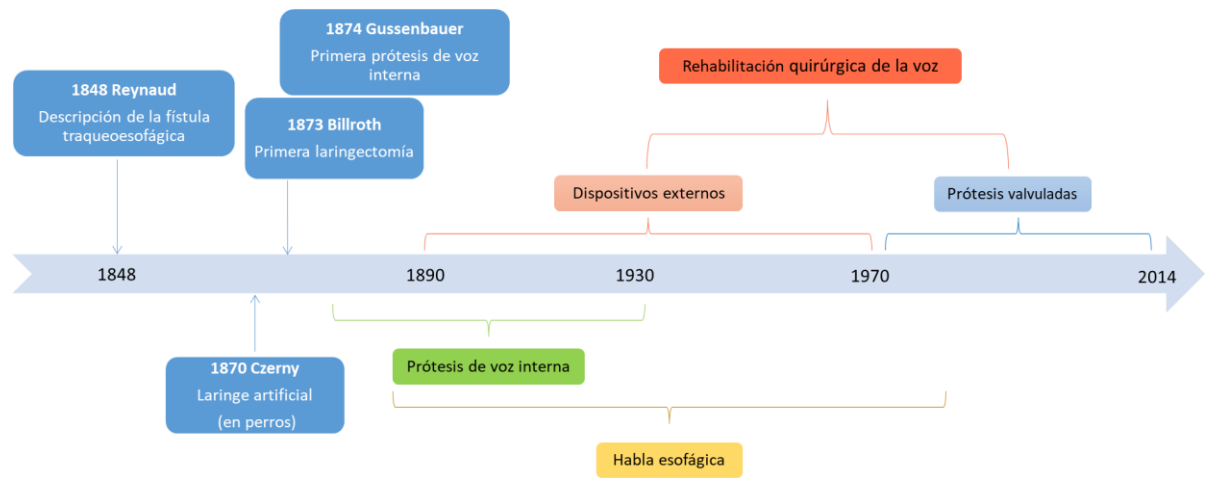


Figura 8: Historia de la rehabilitación vocal. (24)

4. Necesidad y propósito de esta revisión

Gracias a los numerosos avances en las terapias del cáncer de laringe se ha conseguido un incremento sustancial de la supervivencia. Como contrapartida, los logros alcanzados al conseguir una remisión completa acarrear consecuencias, como es el caso de la pérdida de la capacidad de fonación normal. Para solventar esta pérdida, han surgido diferentes métodos rehabilitadores que permiten a las personas recuperar la capacidad de comunicarse mediante la palabra, entre los que se encuentran el empleo de una prótesis de voz traqueoesofágica, la voz esofágica o la electrolaringe.

Se han realizado diferentes estudios con la intención de dilucidar los resultados que se obtienen con los diversos métodos de rehabilitación vocal existentes, pero lo cierto es que las conclusiones obtenidas varían mucho en función del estudio. No obstante, en la mayoría, se acepta que la prótesis traqueoesofágica permite obtener una voz de calidad y fácilmente comprensible por las demás personas.

La motivación para realizar esta revisión bibliográfica ha surgido en relación con la necesidad de esclarecer los parámetros acústicos que determinan la calidad vocal de la fonación traqueoesofágica, al tratarse del método rehabilitador por excelencia en nuestro medio.

En consonancia con lo anteriormente expuesto surge la necesidad de conocer cuáles son los métodos de análisis óptimos para valorar la voz traqueoesofágica, al tratarse de un sonido aperiódico, distinto a la voz laríngea, que es periódica.

Hemos realizado, teniendo en cuenta todo lo anterior, una revisión de la literatura con el fin de comprender mejor qué parámetros acústicos definen la voz protésica. También hemos pretendido valorar la calidad de vida que presentan estas personas, así como la repercusión que ha tenido la actual pandemia COVID en el tratamiento rehabilitador de la voz.

Por tanto, y de forma general, esta investigación fue diseñada con el fin de aproximarse y familiarizarse con la fonación traqueoesofágica.

5. Objetivos

Este estudio estará centrado en el análisis de las características y cualidades de la fonación adquirida mediante la fístula traqueoesofágica con inserción de una prótesis fonatoria en la misma. Los objetivos son los siguientes:

- El conocimiento de los parámetros acústicos de la fonación traqueoesofágica.
- El análisis del mecanismo de producción de la voz traqueoesofágica.
- El conocimiento de la calidad de vida de los pacientes que emplean este método de fonación.
- La comparación de las diferentes prótesis fonatorias disponibles desde el punto de vista fonatorio.
- El conocimiento y reflexión de cómo ha interferido la pandemia de COVID-19 en el manejo de estos pacientes.

6. Material y método

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó una revisión de la bibliografía existente sobre este tema a través de diferentes fuentes de información. Para ello se emplearon tanto artículos científicos como libros y tesis doctorales que abordaban la fonación traqueoesofágica desde diferentes perspectivas.

Se incluyeron, en la investigación, estudios cuyos participantes eran personas adultas sometidas a una laringectomía total que empleaban una prótesis traqueoesofágica como nuevo mecanismo de fonación. Se tuvieron en cuenta tanto pacientes que se encontraban dentro del periodo de rehabilitación como aquellos que ya se habían familiarizado con el empleo de estas prótesis. No se tuvo en cuenta la edad y sexo de los participantes en los estudios.

La búsqueda de información se llevó a cabo durante el curso escolar 2021- 2022 en la bases de datos “*Google Scholar*”, “*Cochrane Library*”, “*Web of Science*” y “*PubMed*”. Con la intención de recoger la mayor información posible se incluyeron estudios tanto en inglés como en español publicados desde el 1 de enero de 2011 hasta el 1 de marzo de 2022. Se tuvieron en cuenta tanto artículos prospectivos como retrospectivos que analizasen el empleo de una prótesis traqueoesofágica en el contexto de una laringectomía total. Se incorporaron a esta revisión aquellos trabajos con una fecha de publicación anterior al 1 de enero de 2011 que contenían información que se consideró relevante para esta investigación, así como otros artículos referenciados en la bibliografía de los trabajos inicialmente considerados por ser relevantes.

Para la selección inicial se procedió a la lectura del título de los artículos encontrados, descartando aquellos que no tuviesen relación con el tema a estudio. Posteriormente se continuó afinando la selección al leer el “abstract” de los trabajos previamente considerados, incluyendo sólo aquellos artículos que aportasen información de interés para nuestra investigación. Para terminar, los artículos finalmente considerados fueron analizados minuciosamente, comprobando que cumplían los requisitos para ser incluidos en la revisión actual.

Los términos de búsqueda empleados fueron los siguientes:

- “Vocal quality” OR “Voice quality” OR “Qualitative spectral evaluation” OR “Acoustic spectrography” OR “Sound spectrography” AND “Voice prosthesis” OR “Phonatory fistuloplasty” AND “Total laryngectomy” AND “Laryngectomy”.
- “Tracheoesophageal voice”
- “Tracheoesophageal Acoustic”
- “Tracheoesophageal fistula”

Criterios de inclusión:

- Publicaciones del tipo revisión bibliográfica realizadas en el periodo comprendido desde el 1 de enero de 2011 al 1 de marzo de 2022.
- Publicaciones del tipo estudio observacional realizadas entre el 1 de enero de 2011 al 1 de marzo de 2022.
- Publicaciones del tipo revisión sistemática en el periodo anteriormente descrito.
- Ensayos clínicos aleatorios (ECA) publicados entre el 1 de enero de 2011 y el 1 de marzo de 2022.
- Guías de práctica clínica con fecha de publicación entre el 1 de enero de 2011 y el 1 de marzo de 2022.
- Pacientes rehabilitados con una prótesis traqueoesofágica.
- Artículos en inglés o español.

Criterios de exclusión:

- Fecha de publicación del artículo anterior al 1 de enero de 2011 o posterior al 1 de marzo de 2022.
- Pacientes rehabilitados con otro método que no sea una prótesis traqueoesofágica.
- No disposición del texto completo.
- Idioma de publicación diferente al español o inglés.

Al introducir los términos de búsqueda descritos en las bases de datos descritas encontramos un total de 6.579 artículos. Al precisar dicha búsqueda, aplicando como criterio de inclusión artículos publicados entre 1 de enero de 2011 al 1 de marzo de 2022, los resultados se redujeron a 2.185. Posteriormente, al filtrar los resultados incluyendo sólo los artículos publicados en español e inglés, el número de artículos se redujo a 2.076. De ellos, se eliminaron 843 por estar duplicados, quedando un total de 1.233 artículos. A continuación, se procedió a la lectura del título de los artículos resultantes, siendo descartados 729 por no abordar los objetivos de esta investigación y quedando un total de 504 artículos. Para terminar, se llevó a cabo la lectura del “abstract” de los trabajos, considerándose relevantes para los objetivos de nuestro estudio un total de 33 publicaciones científicas.

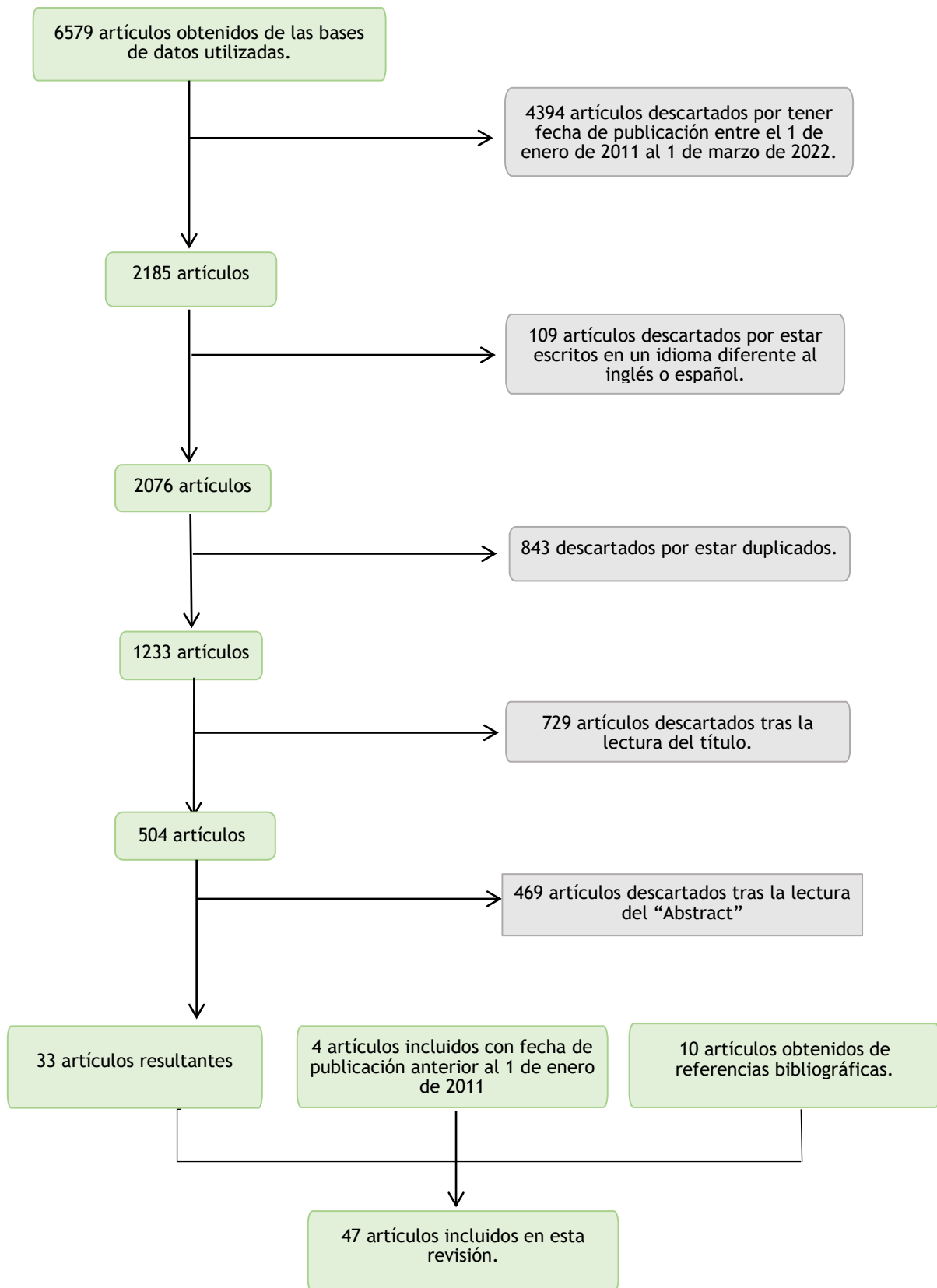


Figura 9. Diagrama de flujo: Material y métodos: selección de artículos.

7. Resultados

La pérdida de la capacidad fonatoria sigue siendo uno de los grandes problemas del siglo XXI en el terreno del tratamiento quirúrgico de los tumores laríngeos avanzados. Son muchas las personas que, debido a un estadio avanzado de su cáncer de laringe, necesitan someterse a una intervención quirúrgica en la que se extirpa la totalidad de la laringe con la finalidad de aumentar la supervivencia del cáncer laríngeo en estos estadios. La laringectomía total comporta la pérdida de la fonación natural, habiéndose empleado diferentes técnicas que pretenden conseguir una fonación eficiente postlaringectomía. Entre éstas han sido las principales el uso de la electrolaringe, la erigimofonía, y la realización de una fístula traqueoesofágica con posterior inserción de una prótesis en la misma.

Fueron muchas las investigaciones que se llevaron a cabo para comparar las diferentes opciones de rehabilitación vocal tras una laringectomía total. Los resultados que se obtuvieron muestran una gran variabilidad en los parámetros a estudio, aunque la mayoría de ellos sostiene que la prótesis traqueoesofágica es el método de recuperación de la fonación por excelencia en la actualidad.

7.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA PRÓTESIS FONATORIA DE CALIDAD

Verkerke et al (26) sugiere en su trabajo una serie de propiedades que toda prótesis fonatoria debe de cumplir con la intención de obtener una voz con la máxima calidad posible. El primer requisito, aunque no se refiere específicamente a la prótesis, hace referencia al lugar de realización de la fístula traqueoesofágica y posterior colocación de la prótesis, siendo el más indicado el cercano a las zonas próximas a las que ocupan anatómicamente las cuerdas vocales.

Es importante tener en cuenta la limitación de espacio existente para la colocación de la prótesis fonatoria, lo que condiciona el pequeño tamaño de ésta. Tampoco sería útil una prótesis que exigiese un gran esfuerzo para producir la voz o cuya frecuencia fundamental no fuese similar a la de la voz natural femenina (con una media de 210 Hz) o masculina (cuya media ronda los 120 Hz) (26).

Asimismo, para que la voz sea audible al oído humano es necesario que el nivel de presión de sonido se halle entre 60 – 80 dB medidos a una distancia de 0,3m de la boca. Del mismo modo, la voz obtenida debe ser inteligible, permitiendo distinguir una vocal de otra, lo que se consigue mediante los armónicos de la frecuencia fundamental hasta 4 kHz y debe poseer una entonación adecuada, similar a la presente en la voz laríngea cuya variación de la frecuencia durante la fonación es de unos 7 semitonos (26). De esta forma, las prótesis eficaces deberían poseer estas características.

Por último, la funcionalidad de la prótesis debe estar en consonancia con un tiempo de función suficiente. Se considera que la funcionalidad de la prótesis debería ser de, al menos, 3-4 meses (26).

7.2 SELECCIÓN DE CANDIDATOS PARA LA FONACIÓN TRAQUEOESOFÁGICA

Bajo la premisa de mejorar la calidad de vida de las personas laringectomizadas han surgido diversas alternativas fonatorias que les permiten comunicarse con los demás individuos. La investigación llevada a cabo por Deore et al. (27) es un buen punto de partida para conocer cuáles son las características y los condicionantes que nos llevan a seleccionar uno u otro método rehabilitador como el óptimo en cada paciente. Dependiendo de la integridad del segmento faringoesofágico, del tamaño de la válvula y de los problemas asociados nos decantaremos por una u otra opción.

En la actualidad, las formas más extendidas de rehabilitación vocal son el habla esofágica o erigmofofía, la electrolaringe y la prótesis de voz traqueoesofágica, siendo esta última la opción preferida en la mayor parte de los países desarrollados (27,28).

En España, las prótesis de voz traqueoesofágicas son la forma más extendida de rehabilitación vocal en pacientes laringectomizados (9).

Asimismo, cada una de estas técnicas rehabilitadoras tiene una serie de ventajas e inconvenientes. El habla esofágica no requiere la colocación de una prótesis fonatoria con su correspondiente mantenimiento y, por tanto, no plantea los riesgos quirúrgicos asociados a dicha intervención. Sin embargo, la voz obtenida presenta un menor tono y volumen con respecto a la natural (27).

Como contrapartida, con la electrolaringe la fuente productora del sonido es un dispositivo colocado sobre la mejilla o el cuello del paciente. (28)

La voz traqueoesofágica, por lo general, tiene una frecuencia fundamental, un número de palabras por minuto y un tiempo máximo de fonación que se asemejan a la voz normal, con mayor volumen y fluidez que la erigmofofía, así como una rápida velocidad de adquisición (14,27,29). También es preciso señalar que tiene la desventaja de tener que emplear, en muchos casos, un dedo para ocluir el traqueostoma y así poder hablar. Hay que tener en cuenta también que el paciente se ve en la necesidad de someterse a una operación quirúrgica y los cambios de prótesis deben ser realizados por un profesional de la salud (27).



Figura 10. Imagen en la que se puede apreciar la válvula unidireccional de la prótesis traqueoesofágica. (30)

Cabe destacar que el procedimiento traqueoesofágico se puede realizar tanto en personas que hayan sido sometidos a radioterapia como a una disección de cuello. (27)

7.3 MECANISMO DE PRODUCCIÓN DE LA FONACIÓN TRAQUEOESOFÁGICA

En la producción de la voz anatómica, el aire procedente de los pulmones es dirigido a través del tracto respiratorio hasta la laringe, dónde se encuentran las cuerdas vocales que, al vibrar, generan lo que conocemos como voz natural. Posteriormente, el flujo de aire continúa ascendiendo por el tracto vocal superior, dónde las cavidades resonadoras se encargarán de amplificar y modificar los sonidos haciéndolos audibles (31).

Por otro lado, la rehabilitación traqueoesofágica lleva implícita la realización de una punción entre la pared posterior del traqueostoma y la parte superior del esófago, en la que se inserta una válvula de silicona unidireccional. De este modo, la válvula impide la entrada del material deglutido a la vía aérea, mientras que la prótesis conduce el aire espirado (cuando el traqueostoma está ocluido) hacia el segmento faringoesofágico, que funcionará como una especie de neoglotis generadora de sonido. El aire proveniente de los pulmones aumenta la presión por debajo del segmento faringoesofágico hasta que es lo suficientemente alta para producir la vibración de la neoglotis. A continuación, este aire hace vibrar los pliegues de la mucosa y finalmente el sonido se transforma en habla gracias a los órganos articuladores (como los labios, la lengua y los dientes) (9,27,32).

Es importante señalar que la realización de la fístula traqueoesofágica con la colocación de la válvula puede efectuarse de forma primaria (durante la propia laringectomía) o secundaria (en una segunda intervención quirúrgica) (9).

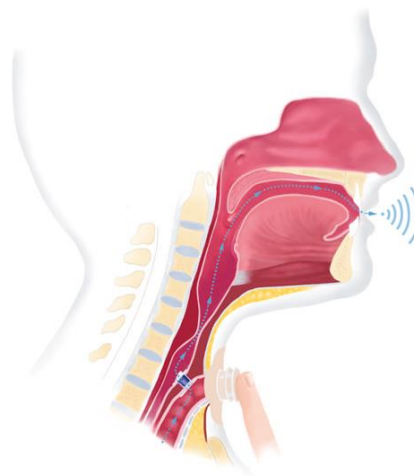


Figura 11: Voz traqueoesofágica. (33)

7.4 PARÁMETROS ACÚSTICOS DE LA FONACIÓN TRAQUEOESOFÁGICA

Con la finalidad de mejorar las capacidades comunicativas de las personas laringectomizadas, los cirujanos de cabeza y cuello y los especialistas dedicados a la rehabilitación vocal han ido perfeccionando las técnicas empleadas (15). Entre estas, la realización de una fístula traqueoesofágica con inserción de una prótesis en ella presenta, por lo general, una calidad superior a la proporcionada por la erigmofonía o la laringe artificial.

El análisis de los parámetros acústicos se ha convertido en uno de los métodos más empleados para valorar la calidad de voz ya que, además de proporcionar resultados cuantitativos objetivos, su realización no requiere el empleo de técnicas invasivas. Se han realizado varios estudios para conocer la calidad de la fonación traqueoesofágica analizando parámetros como la frecuencia fundamental (F_0), el jitter, el shimmer y la relación armónico-ruido (HNR) y comparándolos con los obtenidos para la fonación esofágica y con la voz normal. El estudio de Deore et al. muestra que analizando los parámetros obtenidos para una vocal sostenida se pueden extraer unas medidas confiables acerca de la calidad vocal conseguida a través de la fonación traqueoesofágica (15).

En consonancia con lo anterior, en el estudio de Jacobi et al. se ha visto que determinadas variables que acompañan a la intervención quirúrgica como la radioterapia, la neurectomía, la disección del cuello y los procedimientos de reconstrucción influyen en la calidad de voz obtenida. Las faringes más estrechas y las neoglótis posicionadas más superiormente han mostrado mejores resultados. (29)

En cuanto a los parámetros acústicos que se han considerado más robustos para valorar la calidad vocal de la voz traqueoesofágica se han propuesto la frecuencia fundamental (F_0), las frecuencias de los formantes, el jitter y el espectrograma de Yanagihara. También, en cuanto a métodos subjetivos de valoración de la calidad vocal, se ha visto que escalas como el VHI o la escala GRABS podrían valorar de forma eficaz la calidad vocal (9).

Hay que tener en cuenta que los parámetros acústicos anteriormente referidos se estudian en caso de sonidos casi periódicos; pero si se pierde la periodicidad, la dificultad para estudiar estos parámetros es importante. En este sentido se han propuesto métodos de evaluación de la fonación que no requieran la presencia de la periodicidad frecuencial. De esta forma se ha propuesto calcular la prominencia del pico cepstral suavizado (CPPs), que podría ser útil en voces aperiódicas como la traqueoesofágica. No se ha investigado suficientemente sobre esta posibilidad, si bien hay estudios que vinculan la mayor alteración vocal con la disminución del valor de la prominencia del pico cepstral suavizado (20).

En el estudio de Deore et al. se realizó el análisis acústico de la vocal sostenida /i/ para evaluar la voz traqueoesofágica comparándola con la fonación natural, obteniéndose una frecuencia fundamental promedio para los sujetos normales de 144,04 Hz, mientras que los portadores de una prótesis traqueoesofágica tenían una frecuencia fundamental promedio de 110,31 Hz, que es significativamente más baja (15). En el mismo sentido, en el estudio de Klein et al. se obtuvo una F_0 para la vocal /i/ de 141.78 Hz en pacientes con voz traqueoesofágica, siendo de 123,30 Hz en la voz natural (9). Del mismo modo, en el estudio de Debruyne et al. se obtuvieron valores similares para la vocal /a/ que abarcan un rango entre 50 y 110 Hz para hablantes traqueoesofágicos (14). Otro estudio que analiza la frecuencia fundamental es el de van As et al., en el que se obtuvo una F_0 para la vocal /a/ de 115 Hz en pacientes con prótesis traqueoesofágica y de 111 Hz en los controles (34). En el estudio de Robbins et al. también se

analizó la frecuencia fundamental de la vocal /a/, siendo ésta de 82,4 Hz en el grupo de pacientes con voz traqueoesofágica frente a un F_0 de 103,4 Hz en el grupo con voz natural (35). Por su parte y centrándose en la frecuencia fundamental (F_0), Allegra et al. obtuvieron una F_0 media para la vocal /a/ de 119,1 Hz en los pacientes con voz traqueoesofágica (38), y D'Alatri et al. encontraron una F_0 para la vocal /a/ de 89.14 Hz (36). Otros estudios como el de Lundström et al. obtuvieron las medidas acústicas a través de la lectura de un texto a un tono e intensidad cómodos para cada uno de los sujetos, obteniéndose una F_0 media de 109 Hz (37).

En el estudio de Deore et al. se obtuvo un valor medio de jitter para la voz traqueoesofágica del 2,18%, significativamente más alto que el del grupo de control, con un valor del 0,18% (15). Estos datos indican que en pacientes con voz traqueoesofágica hay una mayor variabilidad de la frecuencia fundamental ciclo a ciclo, y aunque la vibración que se obtiene es bastante regular y estable, sigue siendo peor que la presente en la voz natural. (15) En consonancia con estos resultados, el estudio de Debruyne et al. determina que los valores de shimmer y jitter son superiores en la voz traqueoesofágica, siendo imposible determinar estos parámetros en la mitad de los pacientes al presentar una F_0 muy inestable. No obstante, en la otra mitad de los pacientes, se mantuvieron por debajo del límite superior de normalidad del programa de medición; jitter 0.61-2.6% y shimmer 0.4-1.6 dB (14). Por su parte, el trabajo realizado por Klein et al. muestra un jitter medio de 2.85% en pacientes con voz traqueoesofágica, mientras que en los controles fue de 0.47% para la vocal /a/ (9). En el mismo sentido, en la investigación realizada por Allegra et al. se obtuvo un jitter medio de 2.92% para los pacientes laringectomizados con voz traqueoesofágica (38).

Con respecto a los valores del parámetro shimmer, en el estudio de Deore et al. se obtuvo un valor medio para los pacientes con voz traqueoesofágica significativamente mayor que el del grupo con fonación natural (6,77% frente a 0,95% respectivamente) (15). Por su parte, el artículo de Klein et al. muestra un shimmer para la vocal /a/ de 15.06% para pacientes con prótesis fonatoria, y de 5,92% para las personas con voz natural (9). Otro estudio que analizó éste parámetro fue el de Allegra et al., poniendo de manifiesto un shimmer medio de 3,91% en los pacientes con voz traqueoesofágica (38).

Otro de los parámetros que se pueden estudiar para caracterizar la voz traqueoesofágica es la relación armónico/ruido interarmónico. En el estudio de Deore et al. la relación Armónico-Ruido (HNR) media para pacientes con voz traqueoesofágica fue 11.41 mientras que para el grupo con fonación normal fue de 25.03 (15).

Respecto al tiempo máximo de fonación (MPT), en el estudio de Deore et al. se obtuvo que era las personas que emplearon una prótesis traqueoesofágica fue de 6,87 segundos, notablemente más bajo que el del grupo de control (23,87 segundos). Este descenso parece estar relacionado con las fugas de aire durante la oclusión del estoma y con el hecho de tener que coordinar la aspiración de aire a través del estoma con la oclusión del mismo con el dedo para producir la voz, lo que requiere mayor tiempo y da lugar a un habla más lenta (15). En este mismo sentido, en el estudio de Debruyne et al., el tiempo máximo de fonación fue de 6 segundos en los pacientes con voz traqueoesofágica (14). Por otro lado, en el estudio de Van As et al. se obtuvo un tiempo máximo de fonación de 13 segundos para los pacientes con voz traqueoesofágica, y de 26 segundos para la voz natural. (34). En la investigación realizada por Klein et al. se obtuvo un tiempo máximo de fonación para el fonema /a/ de 13.15 segundos en los pacientes con voz traqueoesofágica, y de 22,85 segundos en los controles (9). Allegra et al., al estudiar éste parámetro para la vocal /a/, constató un valor medio de 10,64 segundos (38). En consonancia con el artículo anterior, D'Alatri obtuvo un tiempo máximo de fonación de 10.95

segundos para la misma vocal (36). En el mismo sentido, el trabajo de Robbins et al. puso de manifiesto un tiempo máximo de fonación en pacientes con voz traqueoesofágica inferior al de grupo con voz natural. Así, los primeros fueron capaces de hablar 12.2 segundos, habiendo empleado 21.8 segundos el grupo de voz natural (35).

En relación con lo anterior, parece lógico que los pacientes con voz traqueoesofágica realicen un mayor número de pausas y que éstas sean más duraderas. En el estudio de Lundström et al. se analizó la lectura de un párrafo que realizaban los pacientes con voz traqueoesofágica, para lo cual hicieron una media de 13 pausas, con un tiempo medio de cada pausa de unos 26 segundos. (37)

Según el estudio de Deore et al. parece que podría existir una asociación entre F_0 y el estadio tumoral. Se ha observado una F_0 mayor en pacientes en los que el cierre faríngeo tras la laringectomía se realiza de forma horizontal, en aquellos que no presenten complicaciones y en los que no hay necesidad de reconstrucción faríngea (15).

La intensidad máxima obtenida en pacientes traqueoesofágicos fue de 79.7 dB según el estudio de Debruyne (14). Por su parte, Klein et al. obtuvieron una intensidad máxima de 66.92 dB en pacientes con voz traqueoesofágica y una intensidad de 63.55 dB en el grupo de voz natural (9).

Con respecto a la intensidad media, Klein et al. obtuvieron un valor de 63.92 dB en las personas con prótesis y un valor de 61.84 dB en los controles (9). Por su parte, Lundström et al. obtuvieron una intensidad media de 69 dB para un discurso en el que cada paciente se encontrase a gusto (37). Por otro lado, en el estudio de Robbins et al. que comparaba voz natural y voz traqueoesofágica, se obtuvo una intensidad media de 10 dB más alta en el grupo de voz traqueoesofágica con respecto a la voz natural 69,3 dB y 79,4 dB, respectivamente (35).

Las frecuencias de los formantes han merecido atención también en la caracterización de la voz traqueoesofágica. Así, las frecuencias de los formantes F_1 y F_2 de las vocales finlandesas fueron más altas respecto de la voz natural, con la excepción de F_1 para /u/, /o/ y /e/ (12). Para pacientes con voz traqueoesofágica holandeses y cantoneses las frecuencias de los formantes F_1 y F_2 también se elevaron en comparación con las que presentaban la voz natural (12). Lo mismo ocurrió en hablantes de español excepto con F_2 para la vocal /o/ (12). Adicionalmente, se registró que, en laringectomizados con voz traqueoesofágicos ingleses, las frecuencias de F_3 eran superiores a la de las personas con voz natural (12). También en el caso de los hablantes polacos las frecuencias de F_1 y F_2 fueron superiores en la mayoría de los casos para la voz traqueoesofágica, a excepción de F_2 para la vocal /i/. Estos valores se ven reflejados en la tabla 4 (12).

Vocal	Voz traqueoesofágica		Voz laríngea	
	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F1 (Hz)	F2 (Hz)
/a/	743.06	1370.04	699.19	1282.77
/e/	618.79	1770.47	598.56	1565.14
/i/	403.58	2000.87	344.99	2173.96
/o/	592.14	1136.30	562.96	994.55
/u/	478.73	1405.45	390.92	767.93
/y/	480.92	1999.55	422.25	1727.50

Tabla 4: Valores medios de las frecuencias de los formantes F_1 y F_2 de las vocales polacas. (12)

De acuerdo con los datos señalados anteriormente sobre los formantes, el artículo de Klein et al. expone unos datos similares para los formantes F_1 , F_2 y F_3 del fonema /a/. En el grupo de pacientes con voz traqueoesofágica se obtuvieron unos valores de 835.41 Hz para F_1 , 1560.43 Hz para F_2 y 2955.33 Hz para F_3 . En comparación, las personas con habla laríngea presentaron un F_1 de 733.33 Hz, un F_2 de 1398.62 Hz y un F_3 de 2783.03 Hz. (9) En el artículo de D'Alatri et al. se encontró un F_1 medio para la vocal /a/ de 772.98 Hz y un F_2 de 1452.05 Hz (36).

Las personas laringectomizadas presentan una morfología del tracto vocal y del segmento faringoesofágico (o neoglottis) muy variable dependiendo del tipo y extensión de la cirugía. Esto hace que las variaciones de las frecuencias de los formantes sean mayores entre las personas con fonación traqueoesofágica que entre aquellas que emplean el habla laríngea (12).

En cuanto a la valoración subjetiva de la calidad de voz a través de la escala GRABS, en el estudio de Klein et al. se obtuvo una puntuación media de 7,35 puntos en las personas con fonación traqueoesofágica y un VHI-10 de 11,29 puntos (9).

El espectrograma de Yanagihara realizado a los hablantes traqueoesofágicos en uno de los estudios se ha demostrado que el 88% de las personas sometidas a este método de rehabilitación vocal se encontraban en los grados I y II del espectrograma, lo que se correlaciona con una fonación de calidad, percibida tanto por los pacientes como por los examinadores que analizaron las voces (9).

En el estudio de Robinson et al. se ha comparado la inserción de la prótesis traqueoesofágica de forma primaria, es decir, durante la propia intervención en la que se crea la fístula traqueoesofágica, con la inserción de forma secundaria, en una segunda intervención quirúrgica. La colocación primaria parece ser mejor que la secundaria, permitiendo iniciar la rehabilitación vocal 4 días antes que en el grupo de colocación diferida (39).

Autores	F_0	Jitter	Shimmer	Tiempo máximo de fonación	Intensidad media	Intensidad máxima
Deore et al.	110,31 Hz /i/	2,18%	6,77%	6,87s	-	-
Klein et al.	141,78 Hz /i/	2,85%	15,06%	13,15s	63,92 dB	66,92 dB
Debruyne et al.	50-110 Hz /a/	0,61-2,6%	0,4-1,6 dB	6s	-	79,7 dB
Van As et al.	115 Hz /a/	-	-	13s	-	-
Allegra et al.	119,1 Hz /a/	2,92%	3,91%	10,64s	-	-
D'Alatri et al.	89,14 Hz /a/	-	-	10,95s	-	-
Lundström et al.	109 Hz /lectura/	-	-	-	69 dB	-
Robbins et al.	82.8 Hz /a/	-	-	12,2s	79,4 dB	-

Tabla 5: Resumen de los parámetros acústicos obtenidos en diferentes estudios.

7.5 CALIDAD DE VIDA

En los últimos años se ha prestado más atención al impacto de la laringectomía total en la calidad de vida y la discapacidad relacionada con la voz (40). Gracias a los avances médicos, los pacientes laringectomizados tienen un pronóstico favorable a lo largo de los años, con tasas de supervivencia a cinco años del 65 al 75%, pero también con consecuencias funcionales y fisiológicas notables (27).

La laringectomía total influye en la calidad de vida de las personas al afectar a la capacidad de producir la voz, a la respiración, a la deglución y produciendo pérdida de los sentidos del gusto y del olfato, siendo las consecuencias más importantes los cambios fonatorios que surgen de la pérdida de la laringe y el hecho de tener una traqueotomía de por vida (41). La privación de voz junto con la necesidad de aprender una nueva forma de hablar aumenta el sentimiento de soledad y hace que las personas sometidas a esta intervención tengan una tendencia al aislamiento social (38). Otras secuelas asociadas a la laringectomía total serían el reflejo tusígeno deficiente, dificultades para tragar y cambios en la función pulmonar (15,27).

En este sentido, la calidad vocal y el esfuerzo necesario para obtener la fonación mediante una prótesis traqueoesofágica se ven influidos por la tonicidad de la neoglótis y la capacidad vibratoria que esta presenta. De la misma forma, la anatomía individual, el tipo de intervención quirúrgica realizada y la radioterapia adyuvante parecen jugar un papel importante en la posición, longitud y rigidez del segmento vibratorio, condicionando de este modo la calidad vocal y la deglución (29).

Se ha estimado que los problemas de salud mental, como la depresión y la ansiedad, se presentan en el 22-30% de las laringectomías, y que el 40% de las personas sometidas a esta intervención se retrae socialmente. También se han visto afectadas las parejas de estas personas, en las que se han detectado alteraciones en las relaciones sociales (35%) y sexuales (31%), así como depresión y ansiedad en el 20% (40). En la figura 12 se representa el impacto de la comunicación traqueoesofágica en las actividades, la participación y el bienestar de los individuos (40).

Con respecto a lo anterior, resulta crucial la labor realizada por los terapeutas del lenguaje y demás especialistas al crear grupos de ayuda en los que diferentes personas que comparten una misma situación, en este caso el empleo de voz traqueoesofágica, pueden compartir sus logros y sentirse identificados y comprendidos por otras personas que están viviendo una situación similar (40).

También, los grupos de apoyo en línea como los de la red social Facebook, juegan un papel importante. Entre ellos cabe destacar “‘Laryngectomy Support’ que consta de más de 1000 miembros o “Survivors of Head & Neck Cancer” con casi 2000 integrantes (40).

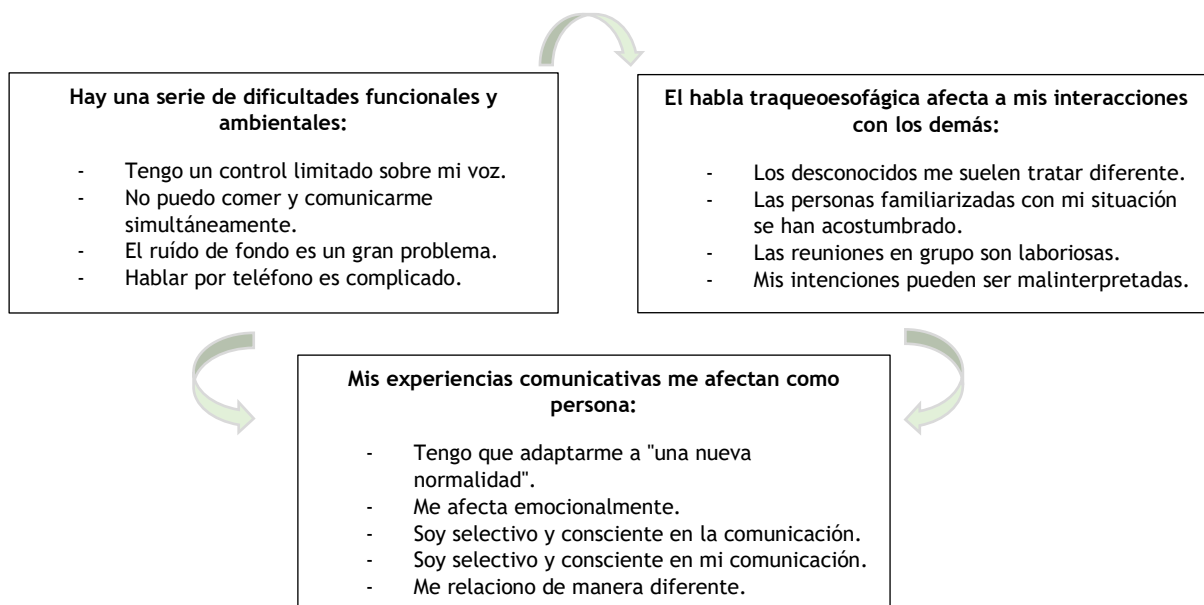


Figura 12: Alteraciones que el habla traqueoesofágica produce en aspectos básicos de la vida. (40)

Como hemos mencionado anteriormente, entre las pruebas existentes para valorar la fonación en personas laringectomizadas se encuentran aquellas que proporcionan la percepción que los pacientes tienen acerca de su nueva voz, como es el caso del VHI (Voice Handicap Index), que a su vez nos permite obtener una aproximación de la calidad de vida de estas personas (28).

De este modo, el grupo de Dragičević et al. realizó un análisis del VHI en pacientes con voz traqueoesofágica, todos ellos usuarios de una prótesis del tipo Provox 2 implantada de manera secundaria. El valor medio del VHI fue de 29,03, lo que indica un grado de discapacidad leve (< 30 puntos) (28). Asimismo, en la investigación llevada a cabo por Allegra et al. se obtuvo también un valor medio del VHI de 29 puntos (38). Sin embargo, en el estudio de Lundström et al. en el que participaron 35 sujetos que empleaban una prótesis Provox 2, se obtuvo un VHI medio de 46,9 puntos (37).

En el estudio de Massaro et al. se realizó un análisis en el que se calculó el VHI-10 y el V-RQOL en una muestra de 51 pacientes laringectomizados que empleaban una prótesis fonatoria. Los resultados obtenidos fueron de 75,9 puntos en el V-RQOL y 13,5 en el cuestionario VHI-10, lo que objetiva una buena calidad de vida y una adecuada funcionalidad de éstas prótesis. En este sentido, la calidad de vida de los pacientes no se veía influida por la terapia coadyuvante con radioterapia o quimioterapia, ni tampoco en relación con realizar la colocación de la prótesis en el tiempo de la laringectomía (punción primaria) o en una segunda intervención quirúrgica (punción secundaria) (42).

En el estudio de Saltürk et al. se llevó a cabo una comparación de la calidad de voz percibida por los pacientes y de cómo el método de rehabilitación vocal había influido en su estado anímico a través de los cuestionarios VHI-10, HADS-A y HADS-D. Los resultados obtenidos para la rehabilitación mediante el empleo de una prótesis traqueoesofágica mostraron un VHI-10 con una media de 19.42 ± 5.56 , lo que indica una discapacidad vocal de grado moderado según el paciente. El valor medio obtenido para la HADS-A fue de 8.18 ± 5.06 y para la HADS-D de 6.81 ± 3.45 , ambos indicativos de depresión según los valores de corte de 7 para HADS-A y 5 para HADS-D en pacientes con cáncer (41).

El trabajo de Galli et al. analiza la calidad de vida de las personas usuarias de una prótesis traqueoesofágica doce años después de ser sometidas a este procedimiento, mediante el cuestionario SF-36. El SF-36 consta de 36 preguntas que engloban la salud funcional, física y mental, así como el bienestar de cada persona. A mayor puntuación en este índice, mejor calidad de vida tiene la persona (19). Pues bien, en el trabajo de Galli se observó que la calidad de vida no solo se mantenía estable, sino que era considerablemente mejor a pesar del envejecimiento de las personas. Al realizar el cuestionario SF-36 observaron una mejora en el rol físico (RP), dolor corporal (BP), funcionamiento social (SF) y rol emocional (RE) al comparar los resultados con los obtenidos en esos mismos pacientes seis años antes (44).

Por otro lado, una forma de mejorar la calidad de vida de estas personas podría ser el empleo de un intercambiador de calor y humedad (HME) que permite humedecer y calentar el aire que entra a través del estoma antes de pasar a la tráquea y los pulmones, disminuyendo así la producción aumentada de esputo, la expectoración forzada y la tos (34,43), lo cual incidirá también en una mejora en la calidad de vida.



Figura 13: Filtros Provox® HME (43)

7.6 PRÓTESIS TRAQUEOESOFÁGICAS DESDE EL PUNTO DE VISTA FONATORIO

En 1978 Eric Blom y Mark Singer basándose en los conceptos introducidos por Mozolewski insertaron de forma secundaria una válvula protésica diseñada para ser colocada en una fístula traqueoesofágica creada quirúrgicamente (25,27).

Desde el primer modelo de prótesis ideado por Bloom-Singer han surgido diferentes tipos de prótesis traqueoesofágicas. En el artículo publicado por Coffey et al. se realiza una comparación de los diferentes modelos existentes atendiendo a la opinión tanto de expertos como de personas que utilizan este método de fonación. Para ello emplearon la escala de percepción de la voz traqueoesofágica de Sunderland (SToPS), que consta de 14 ítems: 6 de ellos son parámetros de calidad vocal (el tono de voz, la tensión, la humedad, el deterioro del volumen, la aceptabilidad social de la voz y el susurro), 7 son parámetros no relacionados con la calidad de voz (inteligibilidad, ruido de inhalación o exhalación a través del estoma, fluidez, precisión articulatoria, las características positivas de la articulación, el acento y la lectura deficiente) y el parámetro restante sería una valoración general de la calidad de voz. Los resultados obtenidos al realizar el SToPS no mostraron diferencias significativas entre las distintas prótesis (45).

En el estudio anterior también se consideró la opinión de los expertos con respecto a las prótesis fonatorias más empleadas en la actualidad, ocupando el primer puesto en valoración

positiva la prótesis Blom-Singer Classic Indwelling, y siendo la peor la Provox Vega. Esta selección se basó en una calificación ciega en la que los evaluadores no sabían qué prótesis estaba empleando cada paciente (45).

Con respecto a la opinión de los pacientes con voz traqueoesofágica, según el estudio de Coffey et al. la prótesis preferida es la Provox NID, y la menos valorada la Blom-Singer Duckbill. (45)

Modelo de prótesis	Pacientes	Expertos
Blom-Singer Duckbill	6.2%	12.5%
Blom-Singer Low Pressure	14.6%	12.1%
Blom-Singer Classic Indwelling	12.2%	21.9%
Blom-Singer Advantage	12.2%	17%
Provox NID	32.5%	12.5%
Provox Vega	28.5%	8.5%

Tabla 6: Porcentaje de pacientes y expertos que han considerado cada uno de los modelos de prótesis como el mejor del mercado. (45)

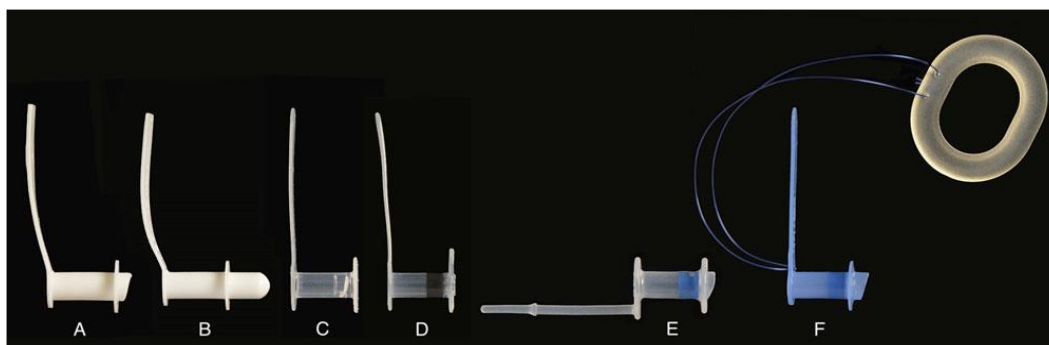


Figura 14: Prótesis más empleadas. (A) Blom-Singer Low Pressure, (B) Blom-Singer Duckbill, (C) Blom-Singer Classic Indwelling, (D) Blom-Singer Advantage, (E) Provox Vega y (F) Provox NID (no Indwelling). (45)

Cabe destacar que en la actualidad los modelos de prótesis de voz más utilizados en todo el mundo son la Provox y la Blom-Singer. (27)

7.7 MANEJO DE LOS PACIENTES TRAS LA PANDEMIA COVID

Tras la declaración de la actual pandemia COVID-19, la atención sanitaria general y en concreto la atención de los pacientes sometidos a una laringectomía ha cambiado en gran medida. A pesar de que actualmente no existen muchos estudios que analicen cómo se ha modificado la atención sanitaria de estos pacientes, lo que sí se sabe es que en el tracto respiratorio superior hay una alta carga viral, lo que supone un riesgo de contagio para los profesionales de la salud encargados de atender a estas personas (46). Estos pacientes necesitan un seguimiento del cáncer de laringe, además de un tratamiento de soporte tras la creación de la fístula traqueoesofágica para que no haya complicaciones

postquirúrgicas, como el desprendimiento de la prótesis u otras incluso más graves, como sería el caso de la neumonía (47).

Por todo lo anterior, han sido muchas las organizaciones que han creado guías sobre el manejo de estos pacientes para ayudar a otorrinolaringólogos y cirujanos de cabeza y cuello a realizar sus funciones de una manera eficaz y segura. (46)

Entre las recomendaciones iniciales dirigidas a los usuarios de una prótesis traqueoesofágica se encontraban el lavado de manos antes y después de la oclusión digital del estoma, el empleo de una mascarilla que cubra la nariz y la boca junto con filtros de humidificación sobre el estoma y acudir al hospital o a los servicios de urgencias sólo cuando fuese imprescindible, para prevenir el contagio. (46)

También se ha sugerido que para disminuir el riesgo de contagio en las personas laringectomizadas podría ser útil el empleo de dispositivos manos libres, como Provox Free-Hands FlexiVoice o la válvula ajustable Blom-Singer. Ambos sistemas facilitan el habla alaríngea al mismo tiempo que reducen el contacto directo entre la mano y el estoma. (46)



Figura 15: Provox Free-Hands FlexiVoice. (48)

Otra forma de reducir el riesgo de contagio de los sanitarios durante la atención a pacientes laringectomizados sería cubrir el traqueostoma con un intercambiador de calor y humedad (HME) y con un filtro higroscópico viral/ bacteriano integrado antes de su llegada a la clínica (47).

En aquellos casos en los que la prótesis se desajuste de su posición habitual y haya riesgo de aspiración de la misma, los pacientes pueden ser vistos en el servicio de urgencias local, donde se les realizará una placa de tórax o un TC para comprobar que todo esté correctamente, pudiendo someterse a la prueba de COVID-19 si estuviese disponible en el centro (47).

En aquellos pacientes que tengan el COVID-19, con riesgo de sufrir una neumonía por aspiración o por el propio coronavirus, serán los cirujanos de cabeza y cuello los que consideren la posibilidad de efectuar el recambio de la prótesis. Si el riesgo de neumonía

es elevado se llevará a cabo el recambio, protegiendo en la medida de lo posible a los especialistas y demás sanitarios que efectúen el cambio de la prótesis y siendo el cirujano más experimentado el que realice el procedimiento. Asimismo, se intentará que participe el menor número posible de personas (47).

8. Discusión

Desde comienzos del siglo XIX, momento en el que surge la rehabilitación vocal como tal, han ido sucediéndose diferentes avances que nos han permitido ir perfeccionando las prótesis de voz hasta las que existen actualmente.

La mayoría de los autores consideran que el mejor método de rehabilitación vocal tras una laringectomía total es la fonación que se consigue a través de una prótesis traqueoesofágica, la cual presenta una frecuencia fundamental, un número de palabras por minuto y un tiempo máximo de fonación similar a la voz normal, con un volumen y fluidez adecuados, así como una rápida velocidad de adquisición (9,14,27–29). Además, el hecho de haber recibido tratamientos como la radioterapia o una disección de cuello no son considerados una contraindicación para llevar a cabo este tipo de rehabilitación vocal (27).

Gracias a las investigaciones de algunos autores se han podido discernir las características que debiera cumplir una prótesis traqueoesofágica para ser considerada de gran calidad. Entre estas características cabe destacar la colocación de la prótesis en una zona próxima a la que ocuparía la laringe normal. Debido al poco espacio existente en esta zona es necesario que la prótesis sea pequeña. También es interesante que la nueva forma de fonación sea capaz de producir unas frecuencias fundamentales similares a las de la voz normal: alrededor de 210 Hz en las mujeres y 120 Hz en los varones. Tampoco debemos olvidar que el oído humano requiere un nivel de presión de sonido de 60-80 dB, así que la voz producida deberá encontrarse en ese rango para poder ser audible. Asimismo, para que la voz generada sea fácilmente entendible por los demás, permitiendo distinguir una vocal de otra, serán fundamentales los armónicos, que llegarán hasta 4 kHz y una adecuada entonación. De la misma forma, la funcionalidad de la prótesis deberá de ser de 3-4 meses (26).

La producción de la voz a través de la prótesis traqueoesofágica surge de la realización de una comunicación entre la tráquea y el esófago (fístula traqueoesofágica), en la que se colocará dicha prótesis. La prótesis fonatoria contiene una válvula que impide que los alimentos pasen a las vías respiratorias, permitiendo únicamente el paso de aire (9,27,32). De esta forma, al ocluir el traqueostoma, el aire pulmonar llegará, a través de la prótesis, al segmento faringoesofágico, vibrando la mucosa de éste y actuando, consiguientemente, como una neoglottis.

La caracterización acústica de la voz traqueoesofágica presenta diferencias según los diferentes estudios publicados. Ésta se puede medir mediante parámetros objetivos como la frecuencia fundamental (F_0), la intensidad media de la fonación, los parámetros de estabilidad vocal como Jitter y Shimmer y el estudio de la relación armónico/ruido interarmónico, entre otros. También existen escalas subjetivas de valoración de la calidad vocal como la escala GRABS, o el cuestionario VHI, entre otros.

No existe concordancia en los diversos trabajos en cuanto a la frecuencia fundamental de la voz traqueoesofágica. Existen trabajos en los que se obtienen frecuencias fundamentales medias más altas en el caso de pacientes con fonación traqueoesofágica en relación con las personas con fonación laríngea (9,34,35). El hecho de que la fonación traqueoesofágica exprese una F_0 mayor podría deberse a la menor longitud del tracto vocal útil en estos pacientes con respecto al que existe en la fonación natural. De todas formas, Deore et al. han obtenido en su estudio frecuencias fundamentales similares en los grupos de voz traqueoesofágica y voz laríngea (15). En su estudio se indica que determinadas variables que acompañan a la laringectomía total, como el tipo de cierre de la neoglotis, el estadio tumoral o la presencia de complicaciones después de la intervención pueden condicionar una F_0 menor. Además del estudio de Deore, también Klein obtiene frecuencias fundamentales similares en la voz traqueoesofágica y laríngea (9). Por ello, de estos dos últimos trabajos se podría inferir que en el caso de la voz traqueoesofágica existe una tendencia hacia la masculinización de la fonación, ya que la frecuencia fundamental será, en una buena parte de los casos, grave.

Respecto a otro de los parámetros que pueden caracterizar acústicamente la voz traqueoesofágica como es el jitter, todos los estudios analizados han encontrado que este parámetro es mayor en los pacientes laringectomizados con fonación traqueoesofágica que en la voz natural. Esto podría indicar que la variación ciclo a ciclo de la frecuencia fundamental es mayor en personas que emplean la fonación traqueoesofágica, lo que concuerda con el hecho de que sus voces sean más aperiódicas que la voz laríngea, habiendo una menor similitud de un ciclo con el siguiente (9,14,15,38).

Por otro lado, el shimmer, parámetro acústico relacionado con la estabilidad laríngea, también fue significativamente mayor en pacientes traqueoesofágicos, indicando que la variación de la amplitud de onda ciclo a ciclo es mayor en pacientes laringectomizados con fonación traqueoesofágica. Esto será percibido como una mayor variación del volumen al que emiten las palabras de una frase con respecto a la siguiente. Este hallazgo podría ser explicado también, como en el caso del Jitter, por el carácter aperiódico de la voz traqueoesofágica (9,15,38).

Respecto de la relación armónico/ruido interarmónico no existen muchos estudios que se refieran a este parámetro acústico. Deore et al. han mostrado en su trabajo, la existencia de un descenso de la relación armónico-ruido (HNR) en personas con voz traqueoesofágica con respecto a la fonación natural. Esta variable sirve para valorar la cantidad de ruido añadido en la señal acústica, empeorando la calidad vocal a medida que disminuye este valor, al haber una mayor proporción de ruido aditivo. Este hallazgo podría ser explicado tanto por la aperiodicidad resultante de la vibración de la neoglotis como por la fuga de aire que se produce al ocluir el estoma (15).

Todos los trabajos que incluyen el análisis del tiempo máximo de fonación en pacientes laringectomizados con fonación traqueoesofágica coinciden en la existencia de valores más bajos en la fonación traqueoesofágica con respecto a la fonación natural. Del mismo modo, el tiempo durante el cual los usuarios de una prótesis traqueoesofágica son capaces de comunicarse es inferior al de las personas con fonación laríngea (9,14,15,34–36,38). Sin embargo, el tiempo medio que cada muestra de pacientes es capaz de mantener el discurso varía considerablemente de un estudio a otro, lo que podría estar relacionado con una mayor destreza en el manejo de la prótesis de unos usuarios con respecto a otros,

consiguiendo que las fugas de aire durante la oclusión digital del estoma sean menores (15,37).

Con respecto a la intensidad media de fonación, los pacientes con voz traqueoesofágica presentan, en general, valores más elevados que las personas con una fonación laríngea (9,35,37). Este hallazgo podría estar relacionado con la mayor resistencia al paso de aire que presentan las vías respiratorias de las personas con una prótesis traqueoesofágica, lo que provoca que la presión necesaria para iniciar y mantener la sonoridad sea considerablemente mayor que la necesaria para producir la voz laríngea. Como la fonación traqueoesofágica necesita un mayor flujo de aire pulmonar para vencer la resistencia de la vía respiratoria, también tendrá una mayor intensidad fonatoria como consecuencia de esa mayor cantidad de aire que utiliza (9,35,37). De todas formas, algunos trabajos han obtenido valores similares de, intensidad máxima e intensidad intermedia en las personas con fonación traqueoesofágica y laríngea. Teniendo en cuenta que estas variables en la fonación laríngea son diferentes según el sexo, el hecho de que se mantengan estables en la voz traqueoesofágica sugiere que en ésta existe una tendencia a la “masculinización” vocal (9).

El estudio de los formantes vocales puede ayudar a la caracterización de la voz traqueoesofágica. Al analizar los valores de F_1 y F_2 obtenidos en los diferentes estudios para pacientes con fonación traqueoesofágica y comparándolos con los obtenidos en personas con fonación laríngea, las frecuencias de los principales formantes F_1 , F_2 y F_3 parecen desplazarse, en los trabajos analizados, hacia regiones más agudas (9,12). Este hecho podría estar relacionado con la reducción del tamaño del tracto vocal que sufren las personas laringectomizadas. En este sentido, como las configuraciones y longitudes del nuevo tracto vocal son muy variables, los valores que se obtienen de las frecuencias de los formantes son mucho más dispersos en la fonación traqueoesofágica. (9,12) Asimismo, esta amplia variabilidad de los parámetros acústicos entre los pacientes con fonación traqueoesofágica podría también estar relacionada con el tipo de prótesis empleada (38).

De todo lo anteriormente expuesto cabría inferir que la caracterización de la voz traqueoesofágica es, a día de hoy, dificultosa por cuanto no existe una concordancia notable en los valores que obtienen los diferentes trabajos. Resulta relevante, en este sentido, tener en cuenta la variabilidad existente en las muestras empleadas para analizar los parámetros acústicos. En ese sentido, algunas investigaciones analizan la vocal /a/, otras se centran en la /i/ y todavía otras estudian dichos parámetros a través de la lectura de un texto. Teniendo en cuenta que los parámetros acústicos son diferentes según la vocal que se estudia, sería interesante para futuras investigaciones la homogenización de las muestras, de manera que se examinasen los parámetros acústicos de una misma vocal. Además, hay que tener en cuenta que una buena parte de los parámetros estudiados son robustos en el estudio de sonidos periódicos complejos, pero no aperiódicos como es la fonación traqueoesofágica. Habría que diseñar, en mi opinión, parámetros más fiables en relación con sonidos aperiódicos para precisar más los aspectos acústicos de la fonación traqueoesofágica.

Existen pocos estudios que relacionen la calidad de la voz traqueoesofágica en situaciones en las que los pacientes hayan sido sometidos a quimiorradioterapia como parte del tratamiento del cáncer laríngeo, o en cuanto al número de recambios de la prótesis fonatoria. En este sentido, sólo el estudio de Klein et al. hace referencia a estas situaciones,

no habiéndose demostrado en el referido estudio una asociación entre la calidad de voz obtenida en pacientes con voz traqueoesofágica y el empleo de quimiorradioterapia coadyuvante o el número de cambios de la prótesis fonatoria. Esto podría deberse a que en las investigaciones analizadas han participado pocos pacientes. Así, para obtener una evidencia más consolidada, sería recomendable ampliar esta búsqueda bibliográfica en posteriores investigaciones que analicen en detalle estas variables (9).

Algunos estudios como el de Robinson et al. estuvieron centrados en analizar si es mejor realizar la fístula traqueoesofágica con la colocación de la prótesis vocal al mismo tiempo que la laringectomía total, o en una segunda intervención quirúrgica. Los resultados obtenidos mostraban que la recuperación del paciente en aquellos casos en los que la laringectomía y la creación de la fístula se hacían simultáneamente eran mejores que los obtenidos con la creación de la fístula en una segunda intervención. Esto se debe a una reducción del edema y estabilización de la prótesis más temprana, lo que permite que el paciente se familiarice antes con el empleo de la prótesis de voz (39).

No está claro si el tipo de prótesis que se coloca en la fístula traqueoesofágica condiciona de algún modo la calidad vocal obtenida. Coffey et al (45) diseñaron un estudio en el que utilizaban un cuestionario que deberían cubrir tanto expertos en prótesis fonatorias como usuarios de las mismas para comparar los diferentes tipos de prótesis traqueoesofágicas disponibles en el mercado. En este trabajo se realizó el cuestionario SToPS, ofreciéndoselo tanto a expertos en voz protésica como a los usuarios de las mismas. Los resultados arrojados por este cuestionario indicaron que no existen diferencias significativas entre los distintos tipos de prótesis. Sin embargo, al preguntarle a los expertos qué prótesis consideran que es la mejor, la preferida resultó ser la prótesis Blom-Singer Indwelling. Por su parte, los hablantes traqueoesofágicos prefirieron la Provox NID. Los motivos que llevaron a los pacientes a realizar esta selección van desde la calidad de la voz hasta la visibilidad y la facilidad de limpieza de la prótesis. En este sentido, la prótesis Provox NID es más visible al ser de color azul, mientras que las demás son transparentes, y ello podría facilitar los cuidados y limpieza de la misma. Por su parte, parece que los expertos se decantaron por la Blom-Singer Indwelling al basar su elección en la calidad de voz obtenida, obteniéndose con este modelo una voz más similar a la natural que con el resto (45).

La laringectomía total influye en la calidad de vida de las personas al afectar a la fonación, a la respiración y a la deglución, además de producir cierta pérdida de los sentidos del gusto y del olfato. Las consecuencias más importantes de la laringectomía son las representadas por los cambios fonatorios que surgen de la pérdida de la laringe y el hecho de tener una traqueotomía de por vida (41). La privación de voz junto con la necesidad de aprender una nueva forma de hablar aumenta el sentimiento de soledad y hace que las personas sometidas a esta intervención tengan una tendencia al aislamiento social (38). En este sentido, la voz traqueoesofágica, al presentar una calidad vocal mayor que otras formas de fonación, puede tener cierta influencia en la calidad de vida percibida por el paciente. Otras secuelas asociadas a la laringectomía total serían el reflejo tusígeno deficiente, dificultades para tragar y cambios en la función pulmonar (15,27).

Todos los estudios señalan que se debe realizar un abordaje integral del paciente para mejorar la calidad de vida de las personas laringectomizadas (15,27,41). Aunque el abordaje de la fonación es importante para mejorar la calidad de vida, no se pueden obviar los aspectos psicológicos, la ansiedad o depresión que la adaptación a la laringectomía les

puede ocasionar (38). Resulta de gran utilidad también que los evaluadores que calculan el grado de discapacidad de la voz y el impacto de la laringectomía en la calidad de vida del paciente, además de proporcionar una gradación del nivel de afectación, indiquen qué aspectos son los más dañados para poder realizar una atención focalizada en la base del problema (40).

En los últimos años hemos asistido a la pandemia COVID-19, pudiendo ésta haber tenido influencia en la rehabilitación vocal del laringectomizado. Los artículos que estudian cómo ha influido la pandemia del COVID-19 en la rehabilitación vocal son muy limitados, pero esta enfermedad ha marcado un antes y un después en el abordaje del paciente. Al ser una de las vías de transmisión de esta enfermedad la vía aérea, los cambios de prótesis y demás procedimientos que hay que realizar en los pacientes laringectomizados suponen un alto riesgo de contagio para los trabajadores sanitarios. En este sentido, han surgido numerosos protocolos de atención al paciente, que se han ido actualizando a medida que evolucionaba la pandemia. Debido a todo lo anterior, se debe minimizar el contacto en situaciones de riesgo de transmisión de enfermedades en la medida de lo posible, quedando éste limitado a aquellas circunstancias que supongan un peligro para la vida del paciente (46,47).

9. Conclusiones

La supervivencia de las personas que padecen un cáncer de laringe ha aumentado en los últimos años. La laringectomía total es una técnica quirúrgica empleada todavía en una parte de los tumores avanzados de laringe, y conlleva la pérdida de la fonación. La rehabilitación vocal adquiere, pues, gran importancia, siendo la creación de una fístula traqueoesofágica con la inserción de una prótesis en la misma el método rehabilitador vocal que, probablemente, proporcione una mejor calidad vocal. A pesar de la frecuencia de empleo de este método rehabilitador son pocos los estudios que han analizado la caracterización de la voz resultante, quedando aún muchos interrogantes por resolver.

Tras analizar minuciosamente numerosas investigaciones sobre pacientes laringectomizados que empleen una prótesis traqueoesofágica como método de fonación, se puede concluir que:

- La rehabilitación vocal mediante la realización de una fístula traqueoesofágica con posterior inserción de una prótesis en su interior constituye una buena alternativa para la recuperación de la comunicación en pacientes laringectomizados.
- La frecuencia fundamental que se obtiene con la voz traqueoesofágica es variable, moviéndose probablemente más en el rango de las frecuencias graves que en el de las agudas. Por ello se puede afirmar que se preserva, en los hombres, la masculinidad de la voz. En las mujeres, la voz tiende a ser “masculinizada”.
- Las frecuencias de los principales formantes, en la voz traqueoesofágica, se desplazan a regiones más agudas, probablemente debido al acortamiento del tracto vocal.
- Los parámetros que se relacionan con la estabilidad de la voz, como el jitter y el shimmer, presentan valores notablemente más altos que los presentes en la voz laríngea, debido a que la voz traqueoesofágica se relaciona con una onda aperiódica.
- La relación “armónico/ruido interarmónico” es baja en la voz traqueoesofágica, debido a que este tipo de voz se relaciona con una onda aperiódica.
- El tiempo máximo de fonación está disminuido notablemente en la voz traqueoesofágica.
- La calidad de vida en usuarios de voz traqueoesofágica es considerablemente buena gracias a los buenos resultados vocales que este método rehabilitador ofrece.
- Con la finalidad de disminuir los contagios del COVID-19 en usuarios de prótesis traqueoesofágica, así como en el personal sanitario encargado de atenderlos, se recomienda minimizar el contacto entre ambos en la medida en que las circunstancias de cada paciente lo permitan.

10. Bibliografía

1. Sañido JR, Marañillo E, Leon X. Anatomía del sistema fonatorio. En: Cobeta Marco I. Patología de la voz. 1ª edición. Barcelona: Marge Médica Books; 2013. p. 29-46.
2. Diccionarios del NCI. supraglotis [Internet]. Instituto Nacional del Cáncer. 2012 [citado 12 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/supraglotis>
3. Nuñez F. Fisiología de la fonación. En: Cobeta Marco I, editor. Patología de la voz. 1ª edición. Barcelona: Marge Médica Books; 2013. p. 55-75.
4. Murtró Ayat MP. Bases acústicas de la voz [Internet]. Docplayer. [citado 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/170808448-Bases-acusticas-de-la-voz.html>
5. Antón ER. El tono de la voz masculina y femenina en los informativos radiofónicos: un análisis comparativo. En: Mujeres, hombres y medios de comunicación, Vol 2, 2002 (Comunicaciones (I)), págs 319-329 [Internet]. Lex Nova; 2002 [citado 12 de octubre de 2021]. p. 319-29. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4733313>
6. Las características de la voz - Artículos de EscuchaActiva.com [Internet]. EscuchaActiva.com. [citado 12 de octubre de 2021]. Disponible en: http://www.escuchaactiva.com/articulo_caracteristicas_voz.htm
7. Godino JI, Gómez-Vilda P. Notas sobre acústica vocal. En: Cobeta Marco I. Patología de la voz. 1ª edición. Barcelona: Marge Médica Books; 2013. p. 76-109.
8. Torrealba F. Ondas Sonoras [Internet]. Ondas Sonoras. 2015 [citado 12 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://ondassonorasfaviotorrealba.blogspot.com/2015/11/segun-el-medio-en-que-se-propagan.html>
9. Klein-Rodríguez A, Cabo-Varela I, Vázquez de la Iglesia F. Acoustic Characterization of the Voice With a Tracheoesophageal Speech in Laryngectomized Patients. Similarities and Differences With the Laryngeal Voice. Journal of Voice. enero de 2021;0(0):1-6.
10. Nuñez F. Glosario. En: Cobeta Marco I. Patología de la voz. 1ª edición. Barcelona: Marge Médica Books; 2013. p. 611.
11. Rubí L. Fonética acústica. - ppt descargar [Internet]. SlidePlayer. 2015 [citado 12 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/3746640/>
12. Mięsikowska M. Analysis of Polish Vowels of Tracheoesophageal Speakers. Journal of Voice. marzo de 2017;31(2):1-7.

13. Brockmann-Bausser M, Drinnan MJ. Routine acoustic voice analysis: time to think again? *Current Opinion in Otolaryngology & Head & Neck Surgery*. junio de 2011;19(3):165-70.
14. Debruyne F, Delaere P, Wouters J, Uwents P. Acoustic analysis of tracheo-oesophageal versus oesophageal speech. *J Laryngol Otol*. abril de 1994;108(4):325-8.
15. Deore N, Datta S, Dwivedi R, Palav R, Shah R, Sayed S, et al. Acoustic analysis of tracheo-oesophageal voice in male total laryngectomy patients. *annals*. octubre de 2011;93(7):523-7.
16. Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchman L, Friedrich G, et al. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Guideline elaborated by the Committee on Phoniatics of the European Laryngological Society (ELS). *Eur Arch Otorhinolaryngol*. febrero de 2001;258(2):77-82.
17. Nuñez F. Laboratorio de voz. En: Cobeta Marco I, editor. *Patología de la voz*. 1ª edición. Barcelona: Marge Médica Books; 2013. p. 199-214.
18. Granda Membiela CM, Fernández Gutiérrez MJ, Mamolar Andrés S, Santamarina Rabanal L, Sirgo Rodríguez P, Álvarez Marcos C. La voz del laringectomizado: incapacidad, percepción y análisis acústico. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*. julio de 2016;36(3):127-34.
19. Nuñez F, Mate MA. Historia clínica y valoración subjetiva de la voz (calidad de vida en relación con la voz). En: Cobeta Marco I, editor. *Patología de la voz*. 1ª edición. Barcelona: Marge Médica Books; 2013. p. 111-8.
20. Delgado-Hernández J, León-Gómez NM, Izquierdo-Arteaga LM, Llanos-Fumero Y. Cepstral Analysis of Normal and Pathological Voice in Spanish Adults. Smoothed Cepstral Peak Prominence in Sustained Vowels Versus Connected Speech. *Acta Otorrinolaringologica (English Edition)*. mayo de 2018;69(3):134-40.
21. González Guzmán A. Cambios en los parámetros objetivos y subjetivos de la voz de pacientes con edema de Reinke tras tratamiento quirúrgico. [Internet]. Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 2020 [citado 10 de octubre de 2021]. 55 p. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/111336#>
22. Barbero-Díaz FJ, Ruiz-Frutos C, Barrio Mendoza A, Bejarano Domínguez E, Alarcón Gey A. Incapacidad vocal en docentes de la provincia de Huelva. *Medicina y Seguridad del Trabajo*. marzo de 2010;56(218):39-48.
23. Núñez-Batalla F, Corte-Santos P, Señaris-González B, Llorente-Pendás JL, Górriz-Gil C, Suárez-Nieto C. Adaptación y validación del índice de incapacidad vocal (VHI-30) y su versión abreviada (VHI-10) al español. *Acta Otorrinolaringológica Española*. noviembre de 2007;58(9):386-92.

24. Mayo M. Guía clínica de Cáncer de laringe [Internet]. [citado 19 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.fisterra.com/guias-clinicas/cancer-laringe/#31775>
25. Lorenz KJ. Rehabilitation after Total Laryngectomy—A Tribute to the Pioneers of Voice Restoration in the Last Two Centuries. *Front Med.* 26 de junio de 2017;4(81):1-12.
26. Verkerke GJ, Thomson SL. Sound-Producing Voice Protheses: 150 Years of Research. *Annu Rev Biomed Eng.* 11 de julio de 2014;16(1):215-45.
27. Deore N, Palav R, Kazi R, Shah R, Jagade M, Kapila M. A brief review of voice restoration following total laryngectomy. *Indian J Cancer.* 2011;48(1):99-104.
28. Dragičević D, Jović RM, Kljajić V, Vlaški L, Savović S. Comparison of Voice Handicap Index in Patients with Esophageal and Tracheoesophageal Speech after Total Laryngectomy. *Folia Phoniatr Logop.* 2020;72(5):363-9.
29. Jacobi I, Timmermans AJ, Hilgers FJM, van den Brekel MWM. Voice quality and surgical detail in post-laryngectomy tracheoesophageal speakers. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* septiembre de 2016;273(9):2669-79.
30. Laura. Prótesis fonatoria, la clave en el habla traqueoesofágica [Internet]. *Tras el Fotóforo.* 2019 [citado 19 de enero de 2022]. Disponible en: <https://traselfotoforo.wordpress.com/2019/09/24/protesis-fonatoria-la-clave-en-el-habla-traqueoesofagica/>
31. Tang CG, Sinclair CF. Voice Restoration After Total Laryngectomy. *Otolaryngologic Clinics of North America.* agosto de 2015;48(4):687-702.
32. Yan N, Ng ML, Wang D, Zhang L, Chan V, Ho RS. Nonlinear Dynamical Analysis of Laryngeal, Esophageal, and Tracheoesophageal Speech of Cantonese. *Journal of Voice.* enero de 2013;27(1):101-10.
33. Kaye R, Tang CG, Sinclair CF. The electrolarynx: voice restoration after total laryngectomy. *MDER.* junio de 2017;Volume 10:133-40.
34. van As CJ, Hilgers FJM, Verdonck-de Leeuw IM, Beinum FJK van. Acoustical analysis and perceptual evaluation of tracheoesophageal prosthetic voice. *Journal of Voice.* enero de 1998;12(2):239-48.
35. Robbins J, Fisher HB, Blom EC, Singer MI. A Comparative Acoustic Study of Normal, Esophageal, and Tracheoesophageal Speech Production. *J Speech Hear Disord.* mayo de 1984;49(2):202-10.
36. D'Alatri L, Bussu F, Scarano E, Paludetti G, Marchese MR. Objective and Subjective Assessment of Tracheoesophageal Prosthesis Voice Outcome. *Journal of Voice.* septiembre de 2012;26(5):607-13.

37. Lundström E, Hammarberg B. Speech and Voice after Laryngectomy: Perceptual and Acoustical Analyses of Tracheoesophageal Speech Related to Voice Handicap Index. *Folia Phoniatr Logop.* 2011;63(2):98-108.
38. Allegra E, La Mantia I, Bianco MR, Drago GD, Le Fosse MC, Azzolina A, et al. Verbal performance of total laryngectomized patients rehabilitated with esophageal speech and tracheoesophageal speech: impacts on patient quality of life. *PRBM.* agosto de 2019;Volume 12:675-81.
39. Robinson RA, Simms VA, Ward EC, Barnhart MK, Chandler SJ, Smee RI. Total laryngectomy with primary tracheoesophageal puncture: Intraoperative versus delayed voice prosthesis placement: Intraoperative versus delayed voice prosthesis placement. *Head Neck.* junio de 2017;39(6):1138-44.
40. Summers L. Social and quality of life impact using a voice prosthesis after laryngectomy. *Current Opinion in Otolaryngology & Head & Neck Surgery.* junio de 2017;25(3):188-94.
41. Saltürk Z, Arslanoğlu A, Özdemir E, Yıldırım G, Aydoğdu İ, Kumral TL, et al. How do voice restoration methods affect the psychological status of patients after total laryngectomy? *HNO.* marzo de 2016;64(3):163-8.
42. Massaro N, Verro B, Greco G, Chianetta E, D'Ecclesia A, Saraniti C. Quality of Life with Voice Prosthesis after Total Laryngectomy. *Iranian Journal of Otorhinolaryngology [Internet].* septiembre de 2021 [citado 1 de diciembre de 2021];33(5). Disponible en: <https://doi.org/10.22038/ijorl.2021.53724.2832>
43. Pedemonte-Sarrias G, Villatoro-Sologaistoa JC, Ale-Inostroza P, López-Vilas M, León-Vintró X, Quer-Agustí M. Adherencia crónica al humidificador de traqueostoma en pacientes laringectomizados. *Acta Otorrinolaringológica Española.* 1 de julio de 2013;64(4):247-52.
44. Galli A, Giordano L, Biafora M, Tulli M, Di Santo D, Bussi M. Voice prosthesis rehabilitation after total laryngectomy: are satisfaction and quality of life maintained over time? *Acta Otorhinolaryngol Ital.* junio de 2019;39(3):162-8.
45. Coffey MM, Tolley N, Howard D, Hickson M. Evaluating the effect of different voice prostheses on alaryngeal voice quality: Effect Different Voice Prostheses on Voice Quality. *The Laryngoscope.* noviembre de 2018;128(11):2460-6.
46. Vergara J, Starmer HM, Wallace S, Bolton L, Seedat J, de Souza CM, et al. Swallowing and Communication Management of Tracheostomy and Laryngectomy in the Context of COVID-19: A Review. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 1 de enero de 2021;147(1):85.
47. Goldstein DP, Ralph G, de Almeida JR, Jethwa AR, Irish J, Chepeha DB, et al. Tracheoesophageal voice prosthesis management in laryngectomy patients during the COVID-19 pandemic. *J of Otolaryngol - Head & Neck Surg.* diciembre de 2020;49(1):59.

48. Atos Medical. Provox FreeHands FlexiVoice [Internet]. Atos Medical. [citado 19 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.atosmedical.co.uk/product/provox-freehands-flexivoice/>