

Caracterización acústica y aerodinámica de la voz esofágica

F. Vázquez de la Iglesia¹, S. Fernández González²

¹Hospital Ntra. Sra. de Belén. La Coruña. ²Clínica Universitaria de Navarra. Pamplona.

Resumen: *Objetivos:* Desarrollar un método que permita cuantificar objetivamente los parámetros fisiológicos implicados en la voz esofágica, diagnosticando distintas calidades de voz y asentar las bases para un futuro protocolo de rehabilitación vocal adaptado a la consulta clínica diaria. *Material y Métodos:* Se estudiaron 33 pacientes laringectomizados que participaron en un protocolo aerodinámico, acústico y perceptual de la voz (aceptabilidad). *Resultados:* Existe una asociación estadísticamente significativa entre las variables acústicas y aerodinámicas cualitativas (patrones de onda de flujo fonatorio, espectrograma sonoro, análisis perceptual) con respecto a las variables cuantitativas (presión neoglótica, flujo fonatorio, tiempo de fonación, frecuencia fundamental, intensidad máxima y *speech rate*). *Conclusiones:* El método resulta eficaz, fiable y objetivo para el estudio de la voz esofágica y es reproducible y adaptable en la práctica clínica. Los parámetros cualitativos y cuantitativos son susceptibles de ser monitorizados y suponen la base de un sistema de retroalimentación positiva en la rehabilitación de la voz esofágica.

Palabras clave: Voz esofágica. Presión neoglótica. Flujo fonatorio. Análisis perceptual.

Acoustic and aerodynamic characteristics of the oesophageal voice

Abstract: *Objective:* The aim of the study is to determine the physiology and pathophysiology of esophageal voice according to objective aerodynamic and acoustic parameters (quantitative and qualitative parameters). *Material and Methods:* Our subjects were comprised of 33 laryngectomized patients (all male) that underwent aerodynamic, acoustic and perceptual protocol. *Results:* There is a statistical association between acoustic and aerodynamic qualitative para-

eters (phonation flow chart type, sound spectrum, perceptual analysis) among quantitative parameters (neoglottic pressure, phonation flow, phonation time, fundamental frequency, maximum intensity sound level, speech rate). *Conclusion:* Nevertheless, not always such observations bring practical resources to clinical practice. We consider that the facts studied may enable us to add, pragmatically, new resources to the more effective vocal rehabilitation to these patients. The physiology of esophageal voice is well understood by the method we have applied, also seeking for rehabilitation, improving oral communication skills in the laryngectomee population.

Key words: Esophageal voice. Neoglottic pressure. Phonation flow. Perceptual analysis.

INTRODUCCIÓN

El cáncer de laringe es el segundo cáncer en incidencia del tracto aerodigestivo superior, siendo el carcinoma escamoso el tipo histopatológico predominante (95%)¹. En un año se diagnostican aproximadamente 136.000 nuevos casos de cáncer de laringe en el mundo, con una supervivencia global a 5 años de un 68%¹. Desde que Theodore Billroth realizó en 1873 la primera laringectomía total con éxito², uno de los objetivos de los otorrinolaringólogos ha sido no sólo velar por la supervivencia de los pacientes, sino procurarles una calidad de vida aceptable. La laringectomía total es una cirugía mutilante y aunque la calidad de vida es razonablemente buena³, una de las mayores discapacidades a las que debe enfrentarse el sujeto es la pérdida de la voz. Tres son básicamente las opciones con las que cuenta el laringectomizado para restituir su capacidad de comunicación oral: voz esofágica o erigmofónica, voz esofágica con prótesis fonatoria y electrolaringe.

La voz esofágica o erigmofónica exige un aprendizaje más o menos arduo que requiere frecuentes explicaciones para que el sujeto comprenda el principio fundamental en el que se basa su producción: inyección, succión o deglución de aire (elemento efector) desde la cavidad oral hacia el segmento faringoesofágico, para provocar una erupción automática fluida o en su defecto una eructación voluntaria del flujo ascendente de aire hacia la cavidad oral. Es este flujo de aire la fuente de energía necesaria para producir la

Correspondencia: Francisco Vázquez de la Iglesia
Avda. General Sanjurjo, 16-18, 5ª izda.
15006 La Coruña
E-mail: fvazquez74@yahoo.es
Fecha de recepción: 22-2-2005
Fecha de aceptación: 25-9-2005

vibración de la mucosa redundante de la neoglotis (elemento vibrador), originando la frecuencia fundamental que posteriormente se enriquece en segmentos más superiores del tracto aerodigestivo (elemento resonador) para proyectarse en forma de voz inteligible mediante la articulación de la palabra (elemento articulador)⁴.

Aunque en la actualidad el estudio de la voz cuenta con procedimientos de exploración basados en el estudio morfológico (laringoscopia indirecta), acústico y aerodinámico, siendo estos métodos instrumentales herramientas de uso cada vez más rutinarios en la consulta otorrinolaringológica, resulta paradójico que quienes más necesitan la voz, es decir, los laringectomizados, no participan de ningún diseño metodológico multifactorial que nos ayude a comprender no sólo los fenómenos fisiológicos que acontecen durante la producción de la voz esofágica, sino que nos permita valorar las causas que determinan una mala inteligibilidad vocal y buscar estrategias encaminadas a mejorar la voz de estos pacientes.

Es por tanto nuestro objetivo desarrollar un método instrumental que nos permita cuantificar de forma fiable los parámetros fisiológicos implicados en el desarrollo de la voz erigimofónica, mediante una metodología que aborde desde una perspectiva multifactorial (acústica, aerodinámica y análisis perceptual) las bases fisiológicas de la voz de los pacientes laringectomizados, de forma que pueda aplicarse a la consulta clínica diaria, caracterizando la voz esofágica y buscando estrategias encaminadas a procurar una rehabilitación basada en la monitorización de parámetros objetivos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los pacientes que han participado en las diferentes pruebas llevadas a cabo en el diseño experimental, lo han hecho de manera voluntaria, después de haber recibido una detallada explicación verbal y escrita (consentimiento informado) en la cual se aclaraba la naturaleza de las pruebas, el significado y el fin de las mismas. Se ha estudiado una muestra de 33 pa-

cientes laringectomizados, todos varones, con edades comprendidas entre 47 y 77 años ($62,16 \pm 8,2$). El tiempo transcurrido desde la laringectomía total fue de 58,48 meses de media (rango: 3 a 240 meses), lo que quiere decir que no todos los sujetos llevan el mismo tiempo utilizando voz esofágica como forma de comunicación oral. A todos los pacientes se les realizó una laringectomía total por haber padecido cáncer de laringe. Un total de 13 pacientes (39%) recibieron tratamiento complementario con radioterapia después de la cirugía, frente a un total de 20 pacientes (61%) que no lo precisaron. Han sido excluidos del estudio aquellos pacientes que en el momento de realizar las pruebas presentaban alguna infección de la vía aérea respiratoria o un segundo tumor primario en el área de cabeza y cuello o cáncer de pulmón.

El estudio aerodinámico se realizó utilizando una máscara de Rothenmberg (Figura 1A) con transductores para la presión (manómetro) y flujo fonatorio (numotacógrafo) situados en ambos lados de la máscara y un micrófono de condensador eléctrico con una frecuencia de respuesta de 70 a 16.000 Hz, instalado en el interior del mango de la máscara de Rothenmberg. También se utilizó un electroglotógrafo (Laryngograph®) con dos electrodos de superficie colocados por encima del traqueostoma y sujetos mediante una cinta alrededor del cuello (Figura 1B). El electroglotógrafo suministró un voltaje de baja intensidad, 10mA y alta frecuencia (0,5-10 MHz) de un electrodo al otro, recogiendo el paso de corriente eléctrica a través de la neoglotis durante el movimiento de este sistema vibrador. Después de calibrar el sistema de registro (neumotacógrafo, manómetro, micrófono y electroglotógrafo), el sujeto se adapta el electroglotógrafo y sostiene con una mano la máscara de Rothenmberg de la forma más hermética posible en la cara, tapando nariz y boca. Una vez el sujeto realiza las distintas fonaciones: /a/ sostenida, /i/ sostenida y /pa/ (de forma independiente, pues se registran por separado), las señales (presión fonatoria, flujo fonatorio, presión sonora y electroglotograma) son amplificadas simultáneamente mediante un preamplificador MS-100 de Glottal Enterprises y un amplificador SI-200 de Alamed Cooperation, permitiendo



Figura 1. A: Máscara de Rothenmberg. B. Realización del protocolo aerodinámico con la máscara de Rothenmberg y el electroglotógrafo.

controlar la ganancia del sistema, así como posibles saturaciones o artefactos. Las señales se monitorizan en tiempo real con un osciloscopio digital y se digitalizan con una tarjeta A/D de 16 bits Data Translation DT2821, con una frecuencia de muestreo de 22 kHz por canal. Para la recogida y análisis de los datos, se utilizó un soporte informático y el programa Voice Plus Acquire 2.0 de Alamed Corp.

Se registró la señal acústica, electroglotográfica, flujo fonatorio y presión neoglótica de forma simultánea para las fonaciones /a/, /i/ y /pa/ (Figura 2), calculando la presión neoglótica (mmH₂O), flujo fonatorio medio (ls⁻¹) y tiempo de fonación (s) como parámetros aerodinámicos cuantitativos, y los patrones de flujo fonatorio (A, B o C) como parámetro aerodinámico cualitativo.

En el análisis acústico, los sujetos se situaron a una distancia de 30 cm de un micrófono tipo 515SDX- Shure®, conectado a un ordenador personal con tarjeta de sonido, programa informático SoundScope versión 1.2, y tarjeta A/D de 16 bits SoundScope. A los sujetos participantes en el estudio, se les invitó a realizar la fonación mantenida /a/, la fonación mantenida /i/ y la lectura de la frase: "papá pinta la pared de color púrpura con la pintura que compró por la tarde". Se calcularon las variables acústicas cuantitativas frecuencia fundamental (Hz), Speech rate (número de sílabas/ tiempo (s)) y las variables cualitativas en función del tipo de espectrograma según la clasificación de Yanagihara. En el protocolo acústico también se valoró la presión sonora o intensidad de la voz (dBHL) mediante un sonómetro digital Sound Level Meter SLM-1352A, Iso-Tech®, conectado a un ordenador personal con el programa informático Soundmeter®. Se calculó la intensidad máxima (dBHL) registrada durante la fonación de la consonante-vocal /pa/ durante 15 s.

Cinco miembros del departamento de otorrinolaringología, todos ellos con umbrales de audición normal y acostumbrados a tratar con pacientes laringectomizados, participaron en la calificación del análisis perceptual, valorando la aceptabilidad de la voz de todos los pacientes de la mues-

tra. Para ello, juzgaron la calidad de la voz (a partir de la grabación de la frase utilizada en el análisis acústico) atendiendo a tres características: tensión de la voz (1-normal; 2-constreñida; 3-muy constreñida), fluidez de la voz (1-frase fluida; 2-palabra fluida; 3-poca fluidez), componente de ruido (1-bajo; 2-medio; 3-alto).

La normalidad de las variables cuantitativas se estudió mediante la prueba de Shapiro-Wilks. Las variables de distribución normal se presentan como media (x) y desviación típica(s).

Se calcularon los indicadores descriptivos más habituales: medias, desviaciones típicas, o en su caso medianas, percentiles y amplitud intercuartil.

Las variables que no siguen una distribución normal se presentan con mediana (mx) con Amplitud Intercuartil (AIC), que es el intervalo formado por el percentil 25 y el percentil 75; es decir, es un intervalo que engloba al 50% central de la muestra.

Se ha llevado a cabo la comparación de las medias mediante el análisis de la varianza (ANOVA) de un factor, seguido del procedimiento de comparación múltiple de Tukey cuando había homogeneidad de varianza y de Tamhane cuando las varianzas eran heterogéneas.

La comparación de variables que no se han ajustado a una distribución normal se ha llevado a cabo mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

El estudio de las correlaciones entre las distintas variables se ha realizado mediante la Prueba de Pearson para las variables paramétricas, y la prueba de Spearman en las no paramétricas. Se definió como significativo el valor p bilateral inferior a 0,05. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SPSS para Windows v 11.1

RESULTADOS

En la Figura 3 se muestran los resultados aerodinámicos y acústicos cuantitativos.

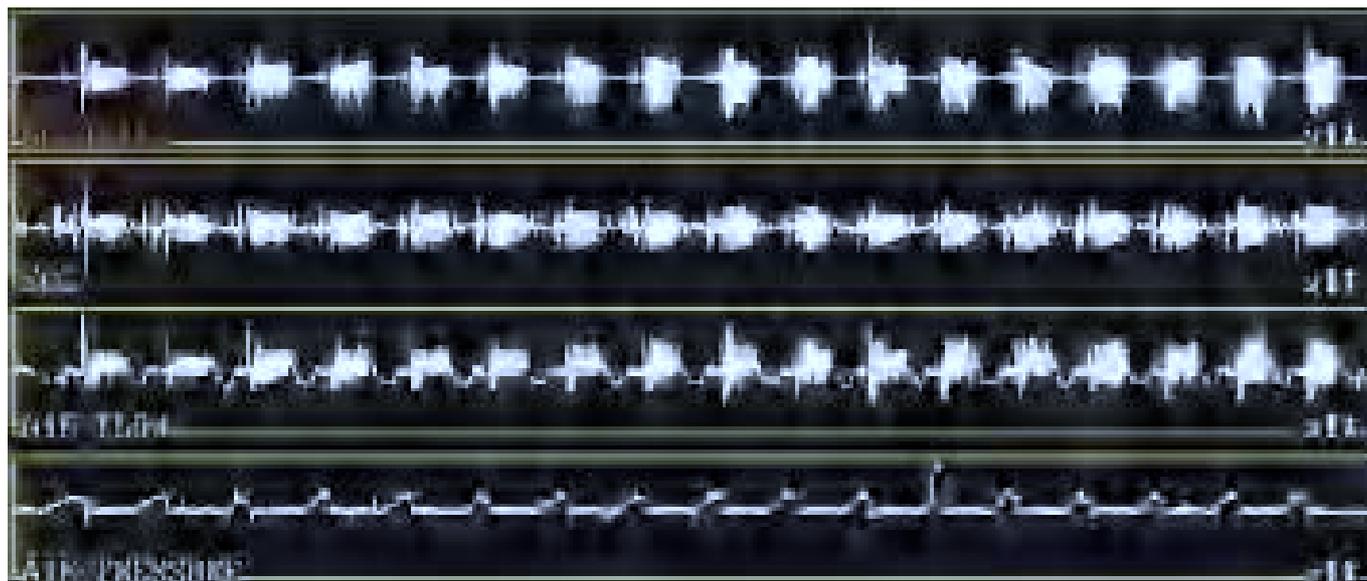


Figura 2. Trazado de una vocal /a/ que muestra las cuatro señales (acústica, electroglotográfica, presión y flujo), registradas simultáneamente en el protocolo aerodinámico.

Caracterización aerodinámica: Tal y como se muestra en la tabla 1, en el trazado de flujo fonatorio se aprecian dos segmentos claramente diferenciados; un segmento previo a la fonación en el dominio del tiempo (que hemos denominado segmento de ataque) y un segmento que corresponde con la fonación (coincide en el dominio del tiempo con la señal acústica y electroglotográfica) que denominamos segmento de flujo fonatorio, del cual se extrae el valor cuantitativo que corresponde al flujo fonatorio. Pues bien, se ha podido observar que existen tres patrones gráficos claramente diferenciados en lo que al segmento de ataque (flujo fonatorio) se refiere, denominados A, B y C tal y como se muestra en la figura 4. Dicho segmento previo a la fonación, se corresponde con la dinámica del segmento faringo-esofágico que determinará la capacidad de generar una voz óptima, esto es, se corresponde con los mecanismos de succión o inyección de aire hacia el segmento faringoesofágico (de ahí que sean flujos negativos) y la posterior erupción ascendente, previa a la activación del elemento vibrador neoglótico. La prueba estadística de χ^2 determinó una asociación estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre los patrones de flujo fonatorio y el grado de aceptabilidad de la voz; así pues, el patrón tipo A se relacionó con patrones de aceptabilidad altos (para el ruido y la fluidez), el patrón tipo B con aceptabilidad intermedia y el tipo C fue el que obtuvo peores puntuaciones en el análisis perceptual. El análisis de la varianza (ANOVA) puso de manifiesto que las presiones neoglóticas y flujos mas bajos, se corresponden con patrones de flujo tipo C (y por tanto, niveles bajos de aceptabilidad), mientras que los patrones de flujo tipo A (el de mayor aceptabilidad perceptual) se corresponde con valores intermedios de presión neoglótica y mayores de flujo fonatorio, siendo las diferencias para cada grupo de patrones de flujo fonatorio estadísticamente significativa.

Caracterización acústica: Los resultados del análisis acústico se pueden dividir en cuantitativos (frecuencia funda-

Tabla 1: Valores de los parámetros acústicos y aerodinámicos en laringectomizados.

Parámetros cuantitativos	Media y desvío estándar
Presión fonatoria (mmH ₂ O)	/pa/: 261,03±22,13; /a/: 144,88 ± 15,75
Flujo fonatorio (ls ⁻¹)	/pa/: 0,032 ± 0,003; /a/: 0,090 ± 0,002
Tiempo de fonación (s)	1,64 ± 0,7 s
Speech rate (s.p.m)	0,38 ± 0,19 s.p.m (sílabas por minuto)
Frecuencia fundamental (Hz)	106,23 ± 13,33 Hz
Intensidad Máxima (dBHL)	80,90 ± 3,40 dB

mental, *speech rate*, intensidad máxima) y cualitativos (espectrograma). Atendiendo al análisis espectrográfico, se realizó un análisis cualitativo de la voz de los pacientes de la muestra por medio de un espectrograma (de banda ancha y estrecha) para las vocales /a/ e /i/. Se clasificaron los espectrogramas según los grados de Yanagihara (grado I, grado II, grado III y grado IV).

Tratándose de pacientes laringectomizados, hemos subdividido los grados II y III en subgrupos a y b para tener mayor capacidad de caracterización en grupos, ya que son pocos los laringectomizados que adquieren un grado I (muy bajo componente de ruido en el trazado espectrográfico) o un grado IV. La subdivisión en a o b dentro de los grados II o III, hace referencia a pequeñas sutilezas apreciadas en el trazado espectrográfico; considerando un tipo "b" (ya sea en el grupo II o III) a aquel trazado que presenta un alto componente de ruido en frecuencias altas, sin llegar por ello a cambiar de grado en la clasificación de Yanagihara. Tanto para el trazado espectrográfico de la vocal /a/ como de la vocal /i/, el tipo más frecuente fue el IIb, con el 43% y el 37% de la muestra respectivamente. Ha existido una asociación estadísticamente significativa ($p < 0,05$) (ANOVA) entre los tipos de espectrograma y las variables acústicas cuantitativas, de forma que el trazado espectrográfico mas favorable (el IIa, ya que no existió ninguno del tipo I), se asoció con valores altos de intensi-



Figura 4. Patrones de flujo fonatorio (A, B y C) en función de la representación gráfica que adquiere el segmento previo a la fonación (segmento de ataque).

dad fonatoria máxima ($90 \pm 12,5$ dBHL), *speech rate* ($3,8 \pm 0,9$ silabs/s) y valores bajos de frecuencia fundamental ($92 \pm 11,3$ Hz). Las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con respecto a los otros tipos de espectrograma. El análisis de la varianza (ANOVA) mostró que existen diferencias entre el valor de la frecuencia fundamental y el grado de aceptabilidad (obteniendo mayores aceptabilidades en aquellos pacientes con frecuencia fundamental baja) ($p < 0,01$) al igual que el valor de la intensidad máxima (dBHL) es mayor cuanto mejor es la percepción (aceptabilidad) de la voz de los sujetos laringectomizados ($p < 0,05$).

Radioterapia: Se ha analizado la influencia que pudiera tener el haberse sometido o no a tratamiento con radioterapia en las diferentes variables cuantitativas acústicas y aerodinámicas. El análisis de la varianza (ANOVA) de un factor (radioterapia/no radioterapia), demostró que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los valores de la presión neoglótica, flujo fonatorio, tiempo de fonación y frecuencia fundamental en función de haber recibido tratamiento complementario con radioterapia. Así pues, aquellos pacientes que se irradiaron después de la cirugía, presentan valores más altos de presión neoglótica y frecuencia fundamental, y valores más bajos en el flujo fonatorio y tiempo de fonación, con respecto a aquellos que no precisaron irradiación externa.

Edad, tiempo transcurrido desde la cirugía: Se estudió la influencia que pudiera tener la edad de los sujetos y el tiempo transcurrido desde la laringectomía total hasta que el sujeto se presta voluntario para realizar las pruebas de aerodinámica y acústica. Las dos variables (edad y tiempo desde la cirugía) se estudiaron de forma independiente (ANOVA de un factor), obteniendo los siguientes resultados: existen diferencias estadísticamente significativas en el valor de la presión neoglótica entre el segmento de edad comprendido entre los 60-70 años ($270 \pm 23,15$ mmH₂O) con respecto al segmento de edad de 50-60 años ($200 \pm 13,23$ mmH₂O) ($p < 0,05$). En cuanto al tiempo transcurrido desde la cirugía, existe una tendencia (estadísticamente significativa) a disminuir progresivamente el valor de la frecuencia fundamental (Hz) a medida que el sujeto laringectomizado se habitúa a utilizar la voz esofágica, pasando de un valor medio de 120 Hz de frecuencia fundamental (< 1 año desde la cirugía) a 105 Hz (1-3 años desde la cirugía) hasta 95 Hz en sujetos laringectomizados hace más de 10 años ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

La calidad de vida de los sujetos laringectomizados viene determinada en gran medida por la capacidad de restituir su capacidad de comunicación oral^{3,5,6}. Después de una laringectomía total, las revisiones periódicas llevadas a cabo en la consulta tienen el objetivo de valorar la evolución de la enfermedad (recidiva tumoral, segundo primario) y de la cirugía, apoyándonos en diversas técnicas instrumentales (laringoscopia, escáner... etc.). Sin embargo, actualmente no contamos con ningún método instrumental que nos permita

hacer un seguimiento objetivo, fiable y eficiente de la evolución de la voz de los laringectomizados. En la literatura médica existen diversos trabajos que ponen de manifiesto la importancia de la monitorización de la presión neoglótica y flujo fonatorio como parámetros aerodinámicos cuantitativos en el estudio de la voz esofágica^{7,11}, no obstante, el valor neto de las variables aerodinámicas cuantitativas (presión neoglótica, flujo fonatorio o tiempo de fonación) no son capaces de caracterizar por sí solos el grado de inteligibilidad de la voz (al igual que las variables acústicas). La presión neoglótica es una variable aerodinámica cuantitativa que se ha estudiado en relación a la voz esofágica considerándola un factor determinante en la inteligibilidad y aceptabilidad de ésta^{7,10}. Connor NP et al.⁸ señala que los sujetos con una voz esofágica inteligible, utilizan presiones neoglóticas menores que aquellos que presentan peores porcentajes de inteligibilidad y Motta S et al.⁷ afirma que los sujetos laringectomizados con peor inteligibilidad utilizan presiones esofágicas mayores en un esfuerzo por aprovechar el aire. Nosotros hemos encontrado una mayor aceptabilidad (bajo componente de ruido y fluidez alta) en valores elevados de presión neoglótica, sin embargo, atendiendo a nuestros resultados, los patrones de flujo fonatorio más favorables (el tipo A) se relacionan con valores intermedios en la variable presión neoglótica. Este hecho nos hace pensar que quizás el valor neto de la presión neoglótica no es un factor decisivo en la aceptabilidad de la voz esofágica tal y como se ha comentado previamente. En algunos trabajos^{9,11} se hace referencia al hecho de que la inteligibilidad de la voz esofágica es mayor en la medida que se adquieran presiones neoglóticas constantes a lo largo del trazado fonatorio, y que la capacidad de generar diferentes presiones neoglóticas ante fonemas diferentes (por ejemplo /b/ y /p/) es un factor que se relaciona con una mayor aceptabilidad. De la literatura médica destacamos la importancia de la presión neoglótica en cuanto a variable cuantitativa sugestiva de monitorización *in vivo*^{9,11} de forma que el paciente pueda modificarla en virtud de mejorar la calidad de la voz. La caracterización aerodinámica de la voz esofágica, en nuestra opinión, debiera realizarse en función de los patrones de flujo fonatorio (A, B y C), siendo este análisis cualitativo la herramienta de monitorización que nos permita alcanzar objetivos (llegar a un patrón tipo A) en virtud de modificar los valores de presión neoglótica y flujo fonatorio mediante retroalimentación positiva utilizando un osciloscopio digital. Ocurre lo mismo en cuanto a la caracterización acústica de la voz esofágica. Existe una asociación entre los parámetros cuantitativos acústicos con los diferentes tipos de espectrograma. ¿En qué medida el valor neto de la frecuencia fundamental o el *speech rate* son determinantes a la hora de diagnosticar la inteligibilidad de la voz esofágica? En nuestros resultados, una alta aceptabilidad en el análisis perceptual se relacionó con unos valores bajos de frecuencia fundamental. Algunos autores señalan^{12,13} que hay relación entre la aceptabilidad de la voz y la frecuencia fundamental, sin embargo otros¹⁰ refieren que la frecuencia fundamental alta sugiere una aceptabilidad más favorable, incluso¹² se pone de manifiesto la necesidad de

umentar el valor de la frecuencia fundamental en estadios iniciales de la rehabilitación en laringectomizados, para conseguir una mayor inteligibilidad. Este hecho contradice nuestros resultados. De hecho, hemos visto cómo en el análisis acústico cualitativo, los espectrogramas más "limpios" (mejor clasificación de Yanagihara) son aquellos que presentan frecuencias fundamentales bajas y más próximas a valores equivalentes a la voz laríngea (100-105Hz). Sin embargo, puede que el valor de la frecuencia fundamental sea un parámetro de relativa importancia en la aceptabilidad, ya que hay autores¹⁴ que no encuentran diferencias entre la frecuencia fundamental de la voz laríngea, la voz esofágica y la voz esofágica con prótesis fonatoria, hecho que destaca la pobre implicación de la frecuencia fundamental en la caracterización de la voz. El valor de la espectrografía en el análisis de la voz esofágica ha sido estudiado por otros autores^{9,15,16}, señalando la utilidad de dicho procedimiento como herramienta en el análisis cualitativo de la voz esofágica. Atendiendo a nuestros resultados, existe una correlación estadísticamente significativa entre los criterios espectrográficos de Yanagihara y el *speech rate*, medida acústica cuantitativa que se relaciona con la fluidez en el habla (palabras/minuto), logrando valores más altos en aquellos casos que han obtenido mejores puntuaciones en la clasificación de Yanagihara. En el análisis espectrográfico del sujeto laringectomizado, la energía se concentra en todas las frecuencias, hay un gran componente de ruido, la frecuencia fundamental es una octava más baja (que la voz laríngea), la frecuencia del primer formante es más alta y no siempre aparece el tercer formante, a diferencia de un trazado de un sujeto con voz laríngea. Además, hemos visto una tendencia (no significativa) que relaciona valores altos de intensidad máxima de la voz con trazados espectrográficos favorables, siendo la intensidad máxima una variable acústica cuantitativa directamente relacionada con una buena voz esofágica tal y como señalan algunos autores¹⁷.

Por tanto, los parámetros acústicos y aerodinámicos cuantitativos están asociados estadísticamente con los cualitativos (espectrograma, patrones de flujo fonatorio y análisis perceptual), hay tendencias en las variables cuantitativas que determinan un espectrograma, un patrón de flujo fonatorio o una aceptabilidad más óptima, poniendo de manifiesto que la voz esofágica es susceptible de ser comprendida en función de parámetros fisiológicos concretos que nos permiten caracterizarla, y lo que es más importante, monitorizar las variables implicadas en el complejo fenómeno de la voz esofágica para poder buscar estrategias rehabilitadoras.

CONCLUSIONES

1. El método empleado resulta eficaz, fiable y objetivo para el estudio de la voz esofágica y es fácilmente reproducible y adaptable en la práctica clínica.

2. El análisis cualitativo espectrográfico se correlaciona con las variables acústicas cuantitativas, siendo éste una herramienta útil a la hora de caracterizar la voz esofágica en función de su grado de aceptabilidad.

3. Se han podido caracterizar distintos tipos de fonación esofágica en función de la caracterización de la onda de flujo fonatorio.

4. El grado de aceptabilidad de la voz esofágica se puede establecer en función del tipo de onda de flujo fonatorio.

5. De acuerdo con los resultados obtenidos, se establece que el patrón cualitativo de flujo fonatorio, el análisis espectrográfico, la presión neoglótica y la frecuencia fundamental, son parámetros susceptibles de ser monitorizados y suponen la base de un sistema de retroalimentación positiva que apoye la rehabilitación de la voz esofágica.

Referencias

1. Pao AM. Tracheoesophageal Voice restoration with total laryngectomy. *Otolaryngol Clin N Am* 2004;37:531-545.
2. Rubio F. Extirpación total de la laringe. Observación clínica presentada en la Real Academia de Medicina, sesión del 23 de Mayo. Imprenta de los Señores Rojas. Tudescas 34, Principal. Madrid, 1878.
3. Weymuller EA, Yueh B, Deleyiannis F, Mphil MPH, Kuntz AL, Al-sarraf R, Coltrera M. Quality of life in head and neck cancer. *Laryngoscope* 2000;110. (Supplement 94):4-7.
4. Kearney A. Esophageal Speech. *Otolaryngol Clin N Am* 2004;37:613-625.
5. Shuster M, Lohscheller J, Kummer P, Hoppe U, Eyshold U, Rosanowski F. Quality of life in laryngectomees after prosthetic voice restoration. *Folia Phoniatica et Logopaedica* 2003;55:211-219.
6. Frederic WB, Weymuller EA, Coltrera MD, Fultran Nortant ? *Head & Neck* 1999;21:319-324.
7. Motta S, Galli I, DiRienzo L. Aerodynamic findings in esophageal voice. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2001;127:700-704.
8. Connor NP, Hamlet SL, Joyce JC. Acoustic and physiologic correlates of the voicing distinction in esophageal speech. *J Speech Hear Disord* 1985;50:378-384.
9. Murry T, Brown WS. Intraoral air pressure variability in esophageal speech. *Folia Phoniatr* 1975;27:237-249.
10. Swisher WE. Oral pressures, vowel durations, and acceptability ratings of esophageal speakers. *J Commun Disord* 1980;13:171-181.
11. Searl JP. Magnitude and Variability of Oral Pressure in Tracheoesophageal Speech. *Folia Phoniatr Logop* 2002;54:312-328.
12. Bertino G, Bellomo A, Miami C, Ferrero F, Staffieri A. Spectrographic Differences between Trachealela-Esophageal and Esophageal Voice. *Folia Phoniatica et Logopaedica*. 1996.
13. Bellandese MH, Lerman JW, Gilbert HR. An acoustic analysis of excellent female esophageal, tracheoesophageal, and laryngeal speakers. *J Speech Lang Hear Res* 2001;44:1315-1320.
14. Pindzola RH, Cain BH. Duration and Frequency Characteristics of Tracheoesophageal Speech. *Ann Otol Rhinol Laryngol*: 1989;99:34-38.
15. Besson R, Grateau P, Pechard L. Acoustic study of esophageal voice. Comparison with laryngeal voice. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)* 1984;105:429-436.
16. Rosique M, Ramon JL, Canteras M, Rosique L. Discriminant analysis applied to formants of vowels in Castellano dialect during the phonation with prosthesis and esophageal voice after total laryngectomy. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2003;54(5):361-366.
17. Max L, Steurs W, De Bruyn W. Vocal capacities in esophageal and tracheoesophageal speakers. *Laryngoscope* 1996;106(1 Pt 1):93-9.