

# Estudio aerodinámico de la voz esofágica\*

Francisco Vázquez de la Iglesia,\*\* S. Fernández González,\*\*\* M. de la Cámara Gómez\*\*\*\*

## Resumen

### OBJETIVO

Estudiar la fisiología de la voz esofágica en función de los siguientes parámetros aerodinámicos: presión neoglótica ( $\text{mmH}_2\text{O}$ ), flujo fonatorio ( $\text{ls}^{-1}$ ) y tiempo de fonación (s).

### PACIENTES Y MÉTODO

Se estudió una muestra de 33 pacientes laringectomizados durante la fonación de la consonante-vocal /pa/. Se midieron los parámetros aerodinámicos de la presión neoglótica ( $\text{mmH}_2\text{O}$ ) y el flujo fonatorio ( $\text{ls}^{-1}$ ), con una máscara de Rothenberg, y el tiempo de fonación de la vocal /i/.

### RESULTADOS

Se analizaron los resultados aerodinámicos cuantitativos y se obtuvieron tres patrones (A, B y C), claramente diferenciados en el análisis gráfico de las ondas de flujo fonatorio.

### CONCLUSIONES

El método utilizado es eficaz para estudiar la aerodinámica de la voz esofágica. La caracterización de los patrones gráficos del flujo fonatorio (A, B y C) determina la tendencia de los parámetros aerodinámicos cuantitativos y puede usarse como una herramienta más (monitorización) en la rehabilitación de la voz esofágica.

### Palabras clave:

máscara de Rothenberg, presión neoglótica, flujo fonatorio, voz esofágica.

## Abstract

### OBJECTIVE

To study the physiology of esophageal voice in function of the following aerodynamic parameters: neoglottic pressure ( $\text{mmH}_2\text{O}$ ), phonation flow ( $\text{ls}^{-1}$ ) and phonation time (s).

### PATIENTS AND METHOD

A sample of 33 laryngectomized patients was studied during the phonation of consonant-vowel /pa/, measuring aerodynamic parameters of neoglottic pressure ( $\text{mmH}_2\text{O}$ ) and phonation flow ( $\text{ls}^{-1}$ ) with a Rothenberg mask, and the phonation time of vowel /i/.

### RESULTS

Quantitative aerodynamic results were analyzed and three patterns were obtained (A, B and C), clearly differentiated in the graphical analysis of the phonation flow waves.

### CONCLUSIONS

The method used is efficient to study the aerodynamics of esophageal voice. Characterization of graphical patterns of phonation flow (A, B and C) determines the trend of quantitative aerodynamic parameters and may be used as a tool (monitoring) in the rehabilitation of esophageal voice.

### Key words:

Rothenberg mask, neoglottic pressure, phonation flow, esophageal voice.

## Introducción

En 1910 Seeman utilizó por primera vez el término voz esofágica y en 1921 Escat la denominó voz erigmofónica.<sup>1</sup> En 1982 Steffen propuso que la voz esofágica se provoca mediante un mecanismo de eructo voluntario, es decir, se deglute aire (elemento efector) y en un movimiento

de peristaltismo reverso se expele en dirección caudo-craneal hacia la cavidad oral (elemento articulador). Esto hace vibrar la mucosa redundante del segmento faringoesofágico, verdadera glotis vibratoria<sup>2</sup> (elemento vibrador).

La adquisición de la voz esofágica no es fácil y requiere del aprendizaje<sup>3</sup>

basado en tres mecanismos básicos: lograr la independencia de los soplos bucal y pulmonar, conseguir una inyección, succión o deglución del aire lo más correctas y conscientes posibles en el esófago, y provocar una erupción automática fluida o, en su defecto, una eructación voluntaria.<sup>4</sup>

\* Este manuscrito es un resumen parcial de la tesis doctoral leída públicamente por el Dr. Francisco Vázquez de la Iglesia en la Universidad de Navarra el 2 de octubre del 2004; obtuvo por unanimidad por reconocimiento de *cum laude* la calificación de sobresaliente.

\*\* Especialista en otorrinolaringología, Hospital Arquitecto Maridueña, Ferrol, La Coruña, España.

\*\*\* Especialista en otorrinolaringología, Clínica Universitaria de Navarra, Pamplona, Navarra, España.

\*\*\*\* Especialista en medicina de familia y comunitaria, Hospital Juan Canalejo, La Coruña, España.

Correspondencia: Dr. Francisco Vázquez de la Iglesia. Playa de Gandarío 33 (Sada-Bergondo), CP 151600, La Coruña, España. E-mail: fvazquez74@yahoo.es

Existen tres métodos para rehabilitar la voz esofágica: método de deglución, aspiración e inyección.<sup>5</sup> El propósito común de los tres es crear un gradiente de presión entre la cavidad oral y el esófago, para provocar un flujo de aire descendente hacia el segmento faringoesofágico. La introducción de volumen de aire, desde la cavidad oral hasta el esófago, requiere aumento de la presión orofaríngea con respecto a la esofágica (métodos de deglución e inyección) o la creación de dicho gradiente descendente mediante la negativización de la presión intraesofágica después de una inspiración forzada (método de aspiración), ya que la presión pleural es equivalente a la presión intraesofágica.<sup>2</sup>

Aunque los pacientes que hablan con una óptima voz esofágica utilizan de manera indistinta los tres métodos durante la fonación,<sup>6</sup> hay fonemas que se favorecen más de un método que de otro. Por ejemplo, durante la fonación de los fonemas nasales /m/ y /n/, el velo del paladar no cierra la rinofaringe, por lo que resulta muy difícil crear un gradiente de presión al aumentar la presión en la orofaringe. Es más eficaz el método de aspiración (presión intraesofágica negativa después de una inspiración forzada) para su fonación.

La voz esofágica es un fenómeno físico cuyo éxito depende de la correcta integración entre la capacidad de crear gradientes de presión favorables y el aprovechamiento de los flujos de aire. Por lo tanto, es un sistema aerodinámico, susceptible de ser estudiado en función de parámetros cuantitativos.<sup>7</sup> Los parámetros aerodinámicos que más información aportan al estudio de la voz esofágica son la presión neoglótica y el flujo fonatorio,<sup>7-11</sup> y se ha encontrado que algunas variaciones (por defecto o exceso) o patrones determinados de las variables aerodinámicas influyen de manera positiva o negativa en la inteligibilidad de la voz.<sup>10-13</sup> De hecho,

en la fonación laríngea, la variabilidad en el pico de presión subglótica es un indicador aerodinámico de inteligibilidad, con tendencia a mantenerse muy estable al repetir la misma fonación.<sup>14</sup> Esto ha llevado a algunos autores<sup>10,11</sup> a considerar las variaciones de presión neoglótica (laringectomizados) durante la prosodia como un parámetro indicativo de la aceptabilidad o inteligibilidad de la voz esofágica. En este sentido, algunos autores<sup>15</sup> utilizan los valores de la presión neoglótica como tratamiento de retroalimentación para mejorar la inteligibilidad de la voz.

Se realizó un estudio prospectivo en una muestra de pacientes laringectomizados. Se utilizó un método fiable, que permitió conocer los parámetros aerodinámicos más relevantes de la voz esofágica, describir los valores obtenidos y procurar su caracterización cuantitativa o cualitativa. Esto, con el fin de crear un sistema de monitorización que en el futuro pueda servir como herramienta objetiva en el diseño de métodos de aprendizaje de la voz esofágica o erigofónica.

## Pacientes y método

Se estudiaron 33 hombres laringectomizados, con edades comprendidas entre 47 y 77 años ( $62.16 \pm 8.2$ ). La media del tiempo transcurrido desde la laringectomía total fue de 58.48 meses (rango 3 a 240 meses). Trece pacientes (39%) recibieron tratamiento complementario con radioterapia después de la operación,

en comparación con 20 (61%) que no lo precisaron. Se excluyeron quienes al momento de realizar las pruebas tenían alguna infección de la vía aérea respiratoria o un segundo tumor primario en el área de la cabeza y el cuello o cáncer de pulmón.

El estudio aerodinámico se realizó con una máscara de Rothenberg (figura 1A), con transductores para la presión (manómetro) y el flujo fonatorio (neumotacógrafo), situados en ambos lados de la máscara, y con 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 Rothenberg. 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 voltaje de baja intensidad (10 mA) y alta frecuencia (0.5 a 10 MHz) de un electrodo al otro, y recogió el paso de corriente eléctrica a través de la neoglótis 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 la máscara de Rothenberg, de la forma más hermética posible, tapando la nariz y la boca. Una vez que el sujeto realiza la fonación de varias /pa/ seguidas y encadenadas, las señales (presión fonatoria, flujo fonatorio, presión sonora



Figura 1. A. Máscara de Rothenberg.

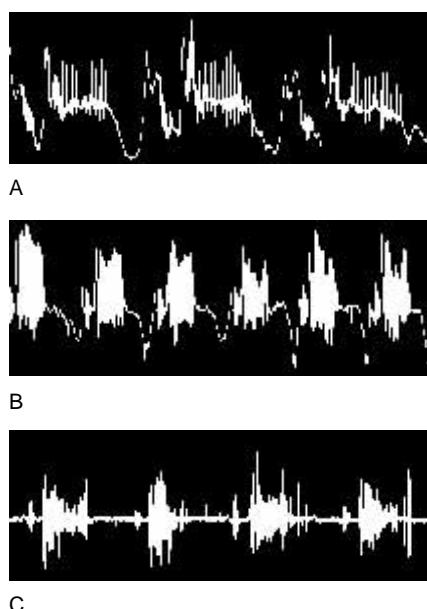


Figura 1. B. Realización del protocolo aerodinámico con la máscara de Rothenberg y el electroglotógrafo.

y electroglotograma) se amplifican de forma simultánea mediante un preamplificador MS-100 de Glottal Enterprises y un amplificador SI-200 de Alamed Corporation, lo que controla la ganancia del sistema y las 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 obtención y el análisis de los datos se utilizó un soporte informático y el programa Voice Plus Aquire 2.0 de Alamed Corp.

El registro de señal acústica, electroglotográfica, flujo fonatorio y presión neoglótica fue de forma simultánea para la fonación /pa/ (figura 2). La presión neoglótica ( $\text{mmH}_2\text{O}$ ), el flujo fonatorio medio ( $\text{ls}^{-1}$ ) y el tiempo de fonación se calcularon como los parámetros aerodinámicos más relevantes. El cálculo de la presión neoglótica se realizó con la medición del punto máximo de cada onda de presión en la línea de base. Para calcular el flujo fonatorio se consideró que la onda de flujo tiene dos partes: el ataque, o la primera porción de la onda, que se corresponde con la fase previa a la fonación, y el cuerpo, que es el segmento de la onda que comienza y termina de forma simétrica con la onda acústica (en el dominio del tiempo). Se calculó el flujo fonatorio durante la fonación, razón por la que tan sólo mereció interés el segmento de la onda de flujo que concierne a la fonación. El inicio y final de la onda acústica no siempre se corresponde con la fonación /pa/; en los límites iniciales y finales del segmento del cuerpo existe un alto componente de ruido. Para asegurar que la medición del flujo fonatorio se correspondiera realmente con la fonación y no con el ruido se decidió medir el segmento central (400 ms) del cuerpo de la onda de flujo como valor de flujo fonatorio (flujo fonatorio medio).

Otra medida aerodinámica que se calculó fue el tiempo de fonación (s), el cual



**Figura 2.** 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*).

queda registrado de manera automática en cada trazado acústico. Su cálculo es simple y se basa en acotar la señal de una onda acústica en el dominio del tiempo. En todos los pacientes se calculó la media y el desvío estándar de cada segmento de fonación a lo largo del trazado acústico para la fonación de la vocal /i/.

La normalidad de las variables cuantitativas se estudió mediante la prueba de Shapiro-Wilks. Las variables de distribución normal se mostraron como media ( $\bar{x}$ ) 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 siguieron una distribución normal se presentaron con mediana y amplitud intercuartil, que es el intervalo formado por el percentil 25 y el percentil 5; es decir, es un intervalo que engloba al 50% central de la muestra.

La comparación de las medias se hizo mediante el análisis de variancia (ANOVA) de un factor, seguido del procedimiento de comparación múltiple

de Tukey, cuando había homogeneidad de variancia, y de Tamhane, cuando las variancias eran heterogéneas.

La comparación de variables que no se habían ajustado a la distribución normal se hizo mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

El estudio de las correlaciones entre las distintas variables se realizó mediante las pruebas de Pearson, para las variables paramétricas, y de Spearman, para 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 versión 11.1.

## Resultados

En el cuadro 1 se muestran los resultados descriptivos cuantitativos correspondientes a los valores de la presión neoglótica ( $\text{mmH}_2\text{O}$ ), flujo fonatorio ( $\text{ls}^{-1}$ ) medio y tiempo de fonación (s) obtenidos en la muestra.

Para calcular el flujo fonatorio medio ( $\text{ls}^{-1}$ ) se analizó el segmento medio (denominado cuerpo de la onda) de cada onda de flujo, que coincide en el dominio del tiempo con la señal acústica y electroglotográfica (con esto se cerciora que en realidad se está midiendo el flujo que se corresponde con la fonación), para asegurarse que la medición de dicho parámetro fuera homogénea en toda la muestra. Asimismo, se despreció el componente de ruido inicial y final en el cuerpo de la onda. Si se observa el segmento previo a la fonación en el dominio del tiempo de la onda de flujo fonatorio (denominado segmento de ataque) (figura 2) se aprecia que hay tres patrones gráficos claramente diferenciados y que se han denominado A, B y C (figura 2). El segmento previo a la fonación hace referencia a la dinámica del segmento faringoesofágico, que determina la capacidad de generar una voz óptima, es decir, se corresponde con los mecanismos de succión o inyección de aire hacia el segmento faringoesofágico (de ahí que

**Cuadro 1.** Media y desviación estándar de los parámetros aerodinámicos

Parámetros aerodinámicos	Media y desviación estándar
Presión fonatoria (mmH <sub>2</sub> O)	/pa/: 261.03 ± 22.13
Flujo fonatorio (ls <sup>-1</sup> )	/pa/: 0.032 ± 0.003
Tiempo de fonación (s)	1.64 ± 0.7

sean flujos negativos) y con la posterior erupción ascendente, previa a la activación del elemento vibrador neoglótico. El hallazgo de los tres patrones gráficos de flujo fonatorio se considera un resultado cualitativo. Mediante el análisis de variancia (ANOVA) se estudiaron las diferencias existentes en los parámetros aerodinámicos cuantitativos: presión neoglótica (mmH<sub>2</sub>O), flujo fonatorio (ls<sup>-1</sup>) medio y tiempo de fonación (s) con respecto al patrón gráfico cualitativo de flujo fonatorio (A, B, C). Se han apreciado diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.005$ ) para la variable presión neoglótica (mmH<sub>2</sub>O) según el patrón de onda de flujo, con valores mayores de presión neoglótica para las ondas tipo B ( $269.89 \pm 11.98$  mmH<sub>2</sub>O), valores intermedios para el tipo A ( $258.46 \pm 22.30$  mmH<sub>2</sub>O) y valores menores para el tipo C ( $208.181 \pm 13.70$  mmH<sub>2</sub>O). También existen diferencias significativas ( $p < 0.005$ ) en los valores del flujo fonatorio según el patrón gráfico cualitativo de flujo fonatorio. En el análisis de variancia (ANOVA) se aprecia que el patrón gráfico de flujo fonatorio tipo A tiene los flujos fonatorios más altos ( $0.043 \pm 0.007$  ls<sup>-1</sup>), seguido del patrón B ( $0.042 \pm 0.004$  ls<sup>-1</sup>) y, por último, del patrón C ( $0.020 \pm 0.004$  ls<sup>-1</sup>). En las pruebas de comparaciones múltiples *post hoc* de Tukey y Bonferroni (con variancias iguales en la prueba de Levenne), las diferencias en los valores del flujo fonatorio fueron significativas ( $p < 0.005$ ) para el patrón C, no así para los patrones A y B. No se

encontraron diferencias con significado estadístico ( $p > 0.05$ ) en el valor del tiempo de fonación (s) con respecto a los distintos patrones gráficos del flujo fonatorio (A, B, C).

Se analizó la influencia que pudo haber tenido el haberse expuesto o no a tratamiento con radioterapia en las diferentes variables aerodinámicas. El análisis de variancia (ANOVA) de un factor (radioterapia/no radioterapia) demostró que existen diferencias con significado estadístico ( $p < 0.05$ ) en los valores de la presión neoglótica, flujo fonatorio y tiempo de fonación en función de haber recibido tratamiento complementario con radioterapia. Así pues, los pacientes que se irradiaron después de la operación tuvieron valores más altos de presión neoglótica y valores más bajos en el flujo fonatorio y tiempo de fonación con respecto a los que no precisaron irradiación externa.

## Discusión

Es difícil calcular el porcentaje de pacientes laringectomizados que hablan bien con la voz esofágica. Algunos autores<sup>16</sup> señalan que no más del 35% tiene una voz lo suficientemente inteligible como para comunicarse con normalidad. Esto exige a los otorrinolaringólogos poner más interés en procurar devolver una voz con la mayor calidad posible después de la laringectomía total, pues la comunicación oral en esos pacientes es un importante indicador de calidad de

vida.<sup>17</sup> En este sentido, el análisis aerodinámico pretende ser una herramienta más en el conocimiento de la fisiología de la voz esofágica y en el empeño por conocer parámetros susceptibles de ser monitorizados para utilizarlos en el desarrollo de estrategias de rehabilitación objetivas.

Diversos autores<sup>7-15</sup> han estudiado el comportamiento de los valores aerodinámicos cuantitativos (presión neoglótica, flujo fonatorio y tiempo de fonación) en relación con la calidad de la voz esofágica. El tiempo de fonación es un parámetro directamente relacionado con la calidad de la voz esofágica, pues un tiempo de fonación corto determina un mayor índice de pausas fonatorias, hecho que implica la pobre prosodia.<sup>18</sup> Algunos autores<sup>10,11,12,18</sup> correlacionan el valor de la presión neoglótica con la inteligibilidad de la voz. La presión intermedia (ni demasiado alta ni muy baja) se relaciona con una óptima voz esofágica; sin embargo, ningún autor se ha aventurado a dar un “punto de corte” numérico. En cualquier caso, el valor de la presión neoglótica como dato aislado es difícil de evaluar en el complejo contexto de la dinámica del segmento faringoesofágico y es poco probable que el valor “neto” de la presión pueda utilizarse para distinguir la calidad de la voz. Algunos autores<sup>11,12</sup> sugieren que la inteligibilidad de la voz esofágica es mayor a medida que se adquieren presiones esofágicas 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 mayor inteligibilidad.

Lo mismo ocurre con el flujo fonatorio; no es posible determinar un punto de corte cuantitativo. Cuanto más alto sea el flujo fonatorio, mayor será la fuente de energía (aire) que hace vibrar la mucosa redundante del segmento faringoesofágico (neoglótis) o elemento vibrador; por lo tanto, los tiempos de fonación serán

más altos y la calidad de voz mejor.<sup>18,19,20</sup> El flujo fonatorio demasiado alto implica mayor ruido en el estoma y rápido consumo del aire esofágico, lo que ocasiona un tiempo de fonación corto. Es decir, el sistema es no lineal y está sujeto a múltiples variables, que incluso se comportan de forma muy distinta individualmente (fibrosis del segmento faringoesofágico, volumen de aire que es capaz de inyectar cada sujeto, competencia del esfínter esofágico inferior, etc.).

Puede decirse que resulta más eficaz la caracterización aerodinámica cualitativa, sobre todo en términos prácticos de rehabilitación. En este sentido, resulta original el haber distinguido el segmento de ataque de las ondas de flujo fonatorio en tres patrones gráficos claramente definidos: A, B y C. El segmento de ataque se corresponde con el momento previo a la fonación, es decir, de manera gráfica representa el momento crítico que supone para el paciente laringectomizado la deglución o succión de aire que después utilizará como fuente de energía para provocar la voz vicariante esofágica. Se ha visto cómo el patrón tipo A es el que se corresponde con presiones neoglóticas intermedias y mayores flujos fonatorios, precisamente la tendencia a la que dichos parámetros determinan la mayor inteligibilidad de voz. De hecho, si se considera que los pacientes expuestos a tratamiento con radioterapia tienen peor voz esofágica<sup>21,22</sup> después de una laringectomía total, los resultados señalan que esos pacientes tienen valores muy altos de presión neoglótica y muy bajos de flujo fonatorio y tiempo de fonación. Es decir, se distinguen en un patrón gráfico cualitativo de flujo fonatorio tipo C, que es el peor de los tres (A, B, C).

Por lo tanto, si se considera que los patrones gráficos de flujo fonatorio (A, B y C) caracterizan desde un punto de vista cualitativo la dinámica de la voz esofágica, no resulta extraño admitir que la monitorización en tiempo real (con un osciloscopio) de la onda de flujo durante

la fonación es una medida objetiva que puede utilizarse con fines de rehabilitación. En este sentido, la producción de patrones gráficos del flujo fonatorio de tipo A durante la fonación sería el objetivo primordial. El patrón A implica la mejor utilización de los recursos previos a la fonación y se corresponde con valores cuantitativos aerodinámicos más favorables en la producción de voces más inteligibles. En cualquier caso, la caracterización aerodinámica de la voz esofágica y su rehabilitación mediante la monitorización de la onda del flujo fonatorio requieren mayor estudio de los factores aerodinámicos implicados en la voz vicariante esofágica. Asimismo, es necesario realizar ensayos clínicos que evalúen la calidad de dicho procedimiento.

## Conclusiones

El método utilizado en el estudio aerodinámico de la voz esofágica es eficaz, fiable y objetivo para estudiar la voz esofágica; de igual forma, es fácilmente reproducible y adaptable en la práctica clínica.

La voz esofágica se ha podido distinguir desde un punto de vista cualitativo en función de tres patrones gráficos (A, B y C), según el tipo de curva que adquiere el flujo ( $ls^{-1}$ ) previo a la fonación.

El patrón cualitativo del flujo fonatorio es susceptible de ser monitorizado en tiempo real y supone la base de un sistema de retroalimentación positiva que apoye la rehabilitación de la voz esofágica.

## Referencias

- Algabe J. Ponencia oficial de la XXVIII reunión anual de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cervico-Facial. Recuperación de la voz en los laringectomizados. Fistuloplastias y prótesis fonatorias. Madrid: Garsi, 1988.
- Culton G, Gerwin J. Current trends in laryngectomy rehabilitation: a survey of speech-language pathologists. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1998;118:458-63.
- Kearney A. Esophageal speech. *Otolaryngol Clin North Am* 2004;37:613-24.
- Gisbert Alos J. Ponencia oficial de la XXVIII reunión anual de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cervico-Facial. Recuperación de la voz en los laringectomizados. Fistuloplastias y prótesis fonatorias. Madrid: Garsi, 1988.
- Gonçalves MI, Behlau M. Laringectomía total: perspectivas da reabilitação vocal. In: Lopes Filho O. Tratado de fonoaudiología. São Paulo: Roca, 1997;pp:23-75.
- Kearney A. Esophageal speech. *Otolaryngol Clin North Am* 2004;37:613-24.
- Schutte HK, Nieboer GJ. Aerodynamics of esophageal voice production with and without a Groningen voice prosthesis. *Folia Phoniatr Logop* 2002;54:8-18.
- Weinberg B, Horii Y, Smith BE. Long-time spectral and intensity characteristics of esophageal speech. *J Acoust Soc Am* 1980;67:1781-4.
- Moon JB, Weinberg B. Aerodynamic and myoelastic contributions to tracheoesophageal voice production. *J Speech Hear Res* 1987;30:387-95.
- Motta S, Galli I, DiRienzo L. Aerodynamic findings in esophageal voice. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2001;127:700-4.
- Murry T, Brown WS. Intraoral air pressure variability in esophageal speech. *Folia Phoniatr* 1975;27:237-49.
- Searl JP. Magnitude and variability of oral pressure in tracheoesophageal speech. *Folia Phoniatr Logop* 2002;54:312-28.
- Robbins J, Fisher HB, Blom EC, Singer MI. A comparative acoustic study of normal, esophageal, and tracheoesophageal speech production. *J Speech Hear Disord* 1984;49:202-10.
- Brown WS, McGlone RE. Constancy of intraoral air pressure. *Folia Phoniatr* 1969;21:332-9.

15. Connor NP, Hamlet SL, Joyce JC. Acoustic and physiologic correlates of the voicing distinction in esophageal speech. *J Speech Hear Disord* 1985;50:378-84.
16. Daou RA, Shultz JR, Remy H, Chan NT, Attia EL. Laryngectomy study: clinical and radiologic correlates of esophageal voice. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1984;92:628-34.
17. Delyiannis FW-B, Weymuller EA, Coltrera MD, Fultran N. Quality of life after laryngectomy: are functional disabilities important? *Head Neck* 1999;21:319-24.
18. Max L, Steurs W, De Bruyn W. Vocal capacities in esophageal and tracheoesophageal speakers. *Laryngoscope* 1996;106(1 Pt 1):93-96.
19. Van Dam F, Hilgers F, Emsbroek G, Touw F, et al. Deterioration of olfaction and gestation as a consequence of total laryngectomy. *Laryngoscope* 1999;109:1150-5.
20. Swisher WE. Oral pressures, vowel durations, and acceptability ratings of esophageal speakers. *J Commun Disord* 1980;13:171-81.
21. Izdebski K, Fontanesi J, Ross JC, Hetzler D. The effects of irradiation on alaryngeal voice of totally laryngectomized patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1988;146:1281-6.
22. Mendenhall WM, Morris CG, Stringer SP, Amdur RJ, et al. Voice rehabilitation after total laryngectomy and postoperative radiation therapy. *J Clin Oncol* 2002;20(10):2500-5.