

VALORACIÓN DEL CIERRE NEO-GLÓTICO EN VOZ ESOFÁGICA

Roberto Fernández-Baíllo¹, Pedro Gómez¹, Bartolomé Scola², Carlos Ramírez²

¹Laboratorio de Comunicación Oral (GIPASI) Universidad Politécnica de Madrid, Campus de Montegancedo, s/n 28660 Boadilla del Monte, Madrid. e-mail: roberto@junipera.datsi.fi.upm.es

²Servicio ORL, Hospital Provincial Universitario Gregorio Marañón, C/ Doctor Esquerdo. Madrid.

RESUMEN

Las características de la voz esofágica hacen que su estudio a través de un análisis acústico tradicional sea complicado y limitado. Estas limitaciones son mayores cuando se trabaja con pacientes que no tienen un gran dominio de la técnica. Sin embargo, el rehabilitador necesita obtener información sobre la mecánica desarrollada por el paciente para la producción de la voz esofágica. Ya que el mecanismo de producción en voz esofágica a diferencia de la voz laríngea no es universal ni tan transparente. Cada paciente, debido a los cambios anatómicos que afectan al esfínter cricofaríngeo (ECF) y a las pérdidas funcionales derivadas de la cirugía, desarrolla diferentes estrategias para producir voz. Por todo ello, es fundamental que los clínicos puedan contar con nuevos instrumentos para valorar la calidad de la voz esofágica, que a su vez le aproximen al conocimiento de la dinámica del ECF. El presente trabajo realiza una descripción de la voz de cuatro pacientes laringectomizados basada en el estudio del perfil de la onda neo-glótica. Se muestran los resultados obtenidos tras analizar las fases de abierto-cerrado y la tensión del cuerpo muscular a nivel del ECF.

1. INTRODUCTION

El paciente laringectomizado es aquel que debido a un proceso cancerígeno ha sido sometido a una intervención quirúrgica cuyo resultado ha sido la extirpación total de la laringe. Como consecuencia de la operación el paciente sufre una serie de modificaciones anatómicas que conllevan la alteración y/o pérdida de determinadas funciones. Sin duda, la limitación principal a la que se enfrentan estos pacientes es a la pérdida de la voz y por tanto de la comunicación oral. Es por ello, que el proceso de tratamiento y rehabilitación post-cirugía tiene como principal objetivo el restablecimiento de la comunicación. En estos casos el rehabilitador enseña a al paciente un nuevo modelo de producción de voz, llamado voz erigmofónica o esofágica. Está voz sigue el mismo principio general descrito para la voz laríngea, se trata de aprovechar el cierre ocasionado por un esfínter muscular para impulsar una columna de aire hacia el tracto vocal (1). En voz esofágica se utiliza el ECF como fuente de vibración (neo-glotis) y se impulsa el aire previamente

almacenado en el esófago. Una de las limitaciones que presenta la voz esofágica radica en la cantidad de aire que puede ser almacenar en el esófago, aproximadamente unos 50ml (2) en habla no esofágica, cantidad que durante el habla esofágica puede aumentar a 94ml (3). La limitación al almacenar energía ocasiona que el habla esofágica sea lenta, ya que continuamente debe ser interrumpida para coger aire. Otra de las restricciones importantes de la neo-fonación radica en que el ECF tiene una dinámica muy distinta a las cuerdas vocales. En el caso del ECF el esfínter muscular es de tipo constrictor y el cierre lo consigue por un fenómeno de “estrangulamiento” de la luz descrita por la neo-glotis. Además hay que considerar la capacidad para controlar el cierre y el grado de tensión muscular es relativo. Por último, es importante también considerar que la mucosa a nivel esofágico es diferente a la mucosa de los pliegues vocales. Ambas comparten un epitelio estratificado en su capa superficial, pero la organización a nivel más profundo difiere.

La calidad de la voz esofágica está muy relacionada con el mecanismo utilizado para la producción de la voz (4). Actualmente, los estudios de la dinámica del ECF se realizan mediante métodos basados en técnicas radiográficas, manometría (5) y videofluoroscopia (6). Estos métodos tienen varias limitaciones, son invasivos y ninguno de ellos aporta conjuntamente datos de dinámica de la neoglotis y de calidad de voz.

El presente trabajo se basa en un método de filtrado inverso utilizado para la estimación de la fuente glótica en voz laríngea (7) con el objetivo de establecer el correlato dinámico del ECF. Para ello se asume que la ubicación ECF es similar a la de los pliegues vocales y que en ambos durante la fonación se produce un fenómeno de onda mucosa de similares características.

2. MÉTODO

2.1 Obtención de muestras.

El estudio se llevó a cabo con cuatro registros de voz esofágica enviados por el Servicio de ORL del Hospital Gregorio Marañón para su análisis. Se conservó el etiquetado de los pacientes tal y como fueron derivados por el centro hospitalario. La única información aportada era referente al sexo y la técnica esofágica. Todos los pacientes conseguían una voz esofágica a través del

método de deglución, excepto uno de ellos que utilizaba una estrategia basada en la inyección (8) (9). Igualmente se realizó una clasificación de los pacientes en función de la aceptabilidad de la voz esofágica tras una valoración perceptual por un experto en voz del componente de tensión y ruido según la escala GRABS (10) (*Ver tabla I*). El protocolo de registro incluía una grabación de la vocal /a/ mantenida. Todos los pacientes tuvieron un tiempo de fonación inferior a 1,5 seg. Posteriormente se seleccionaron 0,2 seg. para el procesamiento y extracción del correlato de fuente neo-glótica y onda mucosa (7). Tanto para la grabación como para el procesamiento de la señal se utilizó el software GLOTTEX® (11) (12) (*Figura 2*).

Tabla I. Clasificación de los pacientes.

| Nº Traza | Técnica | Tensión | Ruido |
|----------|-----------|----------|-------|
| ES-1 | Deglución | Alta | Bajo |
| ES-3 | Deglución | Baja | Alto |
| ES-4 | Deglución | Muy Alta | Alto |
| ES-7 | Inyección | Alta | Bajo |

2.2 Estimación de la fuente neo-glótica y del correlato de onda mucosa (GLOTTEX®).

El modelo de producción de la voz esofágica es similar al de la voz laríngea. De tal forma que la voz esofágica se define como el resultado irradiado por los labios de una onda generada por la vibración del ECF a su paso de una columna de aire procedente del esófago y que ha sido modificada en los órganos de la resonancia.

El esfínter ECF es un anillo muscular establecido entre el cricoides (límite inferior de la laringe) y el músculo constrictor inferior de la faringe. En función de lo dicho se puede concluir que a priori la longitud del tracto vocal en el paciente laringectomizado será similar a la del sujeto con voz laríngea.

Por tanto, en el paciente laringectomizado podemos aplicar el mismo filtrado de señal que se utiliza para voz normal (7), ya que el modelo de tracto vocal no sufre grandes variaciones. El resultado que obtenido después de eliminar la influencia del tracto vocal es una señal neo-glótica resultante de la vibración del ECF.

Si bien la dinámica cierre es muy diferente entre los pliegues vocales y el ECF, ya que este actúa como un músculo orbicular. Una vez conseguido el cierre el comportamiento dinámico de ambos sistemas es muy similar. En ambos casos se diferencia un cuerpo muscular y un componente de cubierta. La vibración, tanto los pliegues vocales como el ECF, se produce por el paso de una columna de aire que desplaza los componentes superiores e inferiores de la cubierta con distinta fase. Así pues el mismo modelo de 3-masas (7) utilizado para aproximarnos a la dinámica de los pliegues vocales es válido para explicar el comportamiento del ECF. El

modelo de cuerpo-cubierta nos permite conocer las tensiones establecidas en cada uno de dichos elementos durante la producción de la voz. De tal forma que tensiones elevadas en cubierta disminuyen el componente de onda mucosa y tensiones altas en cuerpo se relacionan con elevada presión de cierre.

El procesamiento de la señal de voz basada en la metodología expuesta mediante el software GLOTTEX, genera una onda correlato de la fuente glótica (o neoglótica en caso de voz esofágica) en la que se diferencian dos componentes (*Fig. 1*): una señal de duración de un ciclo de fonación completo (intervalo entre dos cierres glóticos consecutivos, incluyendo la fase de cierre y la de apertura) denominada por Titze (13) como la onda acústica promedio, y una componente que conserva los contenidos de alta frecuencia, que se denomina componente dinámica de cubierta o también correlato de onda mucosa. En la *figura 1* se muestra un ejemplo para voz laríngea y en la *figura 2* los resultados obtenidos con voz esofágica.

El software utilizado permite la posibilidad de extraer una serie de puntos singulares en el perfil de la onda

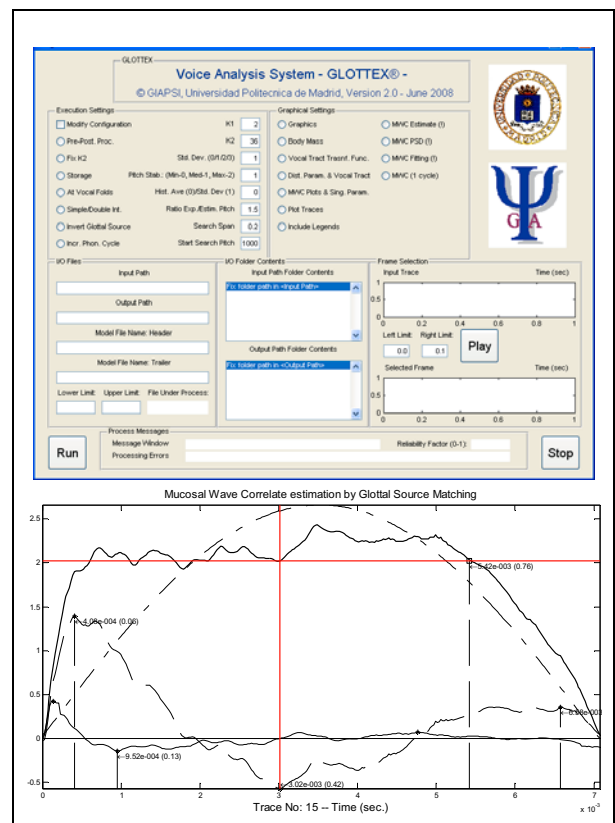


Figura 1. La imagen superior muestra la pantalla principal del software utilizado para la captura y procesamiento de la señal. La imagen inferior se corresponde con el perfil de onda glótica para una voz laríngea no patológica masculina. En la imagen aparecen marcados los puntos de referencia para el estudio de las fases de abierto-cerrado. Se observa que el modelo se aproxima a lo descrito por el modelo L-F (14).

glótica. Posibilitando así calcular las fases de abierto-cierre tomando como referencia lo esperado para un modelo L-F (14) (Figura 1). El software también ofrece una serie de parámetros relacionados con las masas, rigidez y las pérdidas de energías ocurridas en el cuerpo y la cubierta (7) (Figura 2).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El perfil de onda glótica para la voz laríngea no patológica se caracteriza por ser próximo al descrito en el modelo L-F (14). En estas curvas el valor máximo de amplitud se encuentra en fase de abierto (Pho), siendo la amplitud en fase de cerrado (Phc) de tendencia uniforme e inferior a la reflejada en Pho. Esta es una condición que está relacionada con la calidad del cierre. El estudio del perfil de la fuente neo-glótica en los pacientes con voz esofágica derivó en distintos resultados los cuales estaban relacionados con la técnica utilizada en la producción de la voz erigmofónica.

| Paciente | Tono (HZ) | | Masa (g) | Rigidez (g/seg ²) |
|----------|-----------|---|----------|-------------------------------|
| ES-1 | 60 | B | 0.12 | 15000 |
| | | C | 0.09 | 15000 |
| ES-3 | 61 | B | 0.04 | 6500 |
| | | C | 0.05 | 3800 |
| ES-4 | 67 | B | 0.5 | 100000 |
| | | C | 0.08 | 55000 |
| ES-7 | 75 | B | 0.03 | 7500 |
| | | C | 0.02 | 2500 |

Tabla II. Muestra los valores medios obtenidos en la estimación del tono, masa y rigidez. Se muestran separadamente los valores de masa y rigidez para el cuerpo del esfínter neo-glótico (B) y para la cubierta o mucosa (C).

El estudio de la onda neo-glótica en el paciente ES-1 se aprecia la irregularidad existente en la producción de la voz. Se obtienen dos ciclos consecutivos que son diferentes (Ver figura 2). El segundo ciclo (C2) es algo más próximo al modelo L-F (14), mientras que el primer ciclo se aleja del modelo normativo y se caracteriza por un marcado defecto de cierre. La irregularidad en la producción es una característica intrínseca al propio mecanismo de producción de la voz esofágica. Así el control de la técnica va dirigido a lograr un cierre efectivo y regular. En los pacientes ES-3 y ES-4 se aprecia una mayor simetría entre ciclos consecutivos (C1 y C2).

Una de las características más notorias de la voz erigmofónica es el tono. El cual adquiere unos valores muy bajos con independencia del género. Este es un hecho difícil de superar para el paciente y el rehabilitador ya que es consecuencia directa de la anatomía del ECF. El ECF aporta una mayor masa tanto de cuerpo como de cubierta. Además hay que considerar que el mecanismo de cierre es orbicular lo cual ocasiona que la neo-glótitis tenga una mayor superficie de contacto en sentido

cráneo-caudal. Con independencia de estas limitaciones anatómicas hay que considerar que la mecánica de cierre, y por tanto la masa involucrada en el mismo, es dependiente de la técnica de voz. En la tabla II se muestran los valores medios del tono para los pacientes estudiados. Se puede apreciar como todos tienen un registro muy grave que está por debajo del umbral de género. Los paciente ES-1, ES-3 Y ES-4 tienen unos valores próximos tono localizados entre 60-70Hz. Todos ellos utilizan la técnica de la deglución, la cual si es efectiva implica una mayor aportación de masa por parte del ECF. El paciente ES-4 consigue un tono de 67 Hz, el más elevado de los tres, pero para ello ha tenido que desarrollar una rigidez máxima. El paciente ES-7 utiliza la técnica de la inyección y presenta el valor de tono más elevado (75Hz). Esto es debido a la propia mecánica de la técnica que aprovecha la tensión articular para introducir el aire en el esófago. El resultado es un cierre más relajado y con un tono más alto al involucra menos masa muscular y mucosa a nivel del ECF. Es decir, al igual que en la voz fonada existe una relación directa entre tono, masa y tipo de cierre glótico.

El estudio de la rigidez revela datos que corroboran todo lo anteriormente expuesto. Los cierres más absolutos implican una mayor tensión tanto en cuerpo como en cubierta. La estimación de la sección del tracto vocal (Ver figura 2) es un tipo de estudio muy interesante para poder acercarnos a la biomecánica particular del paciente durante la producción de la voz esofágica.

En el paciente ES-1 el estudio de la sección del tracto vocal permite estimar la localización de la neo-glótitis 20 cm desde los labios. El segmento del tubo esofágico utilizado para la fonación es de unos 13 cm. con una sección transversal del 15% en relación a la apertura máxima.

Los resultados para ES-2 y ES-3 son muy parecidos a los obtenidos en ES-1. Únicamente destacar que en estos casos el valor de la sección del tubo esofágico aumenta tomando valores del 20-30%. En el caso de ES-4 que es la voz calificada como más tensa, tanto por la valoración acústica como por el resultado de la estimación de la rigidez en cuerpo y cubierta, se aprecia que la zona de vibración, neo-glótitis, es más extensa verticalmente lo cual viene a confirmar lo anteriormente expuesto al hablar del tono. Los resultados para el paciente ES-7 son diferentes. La estimación de la zona neogótica es más difusa y la participación del tubo esofágico durante la producción de la voz es menor. Esto es debido a que por la técnica vocal utilizada, como ya se ha comentado, no necesita un cierre tan tenso, ni almacenar las mismas cantidades de aire que los otros pacientes ya que se aprovecha para ello de las oclusiones articulatorias.

4. CONCLUSION

En voz esofágica hay que buscar aquellas conductas vocales que implican un cierre efectivo y que no implique una excesiva rigidez a nivel del ECF. Favoreciendo el

uso de aquellas técnicas vocales que favorecen el incremento del tono y la agilidad en la producción. El estudio de la fuente neo-glótica aporta importantes datos sobre la biomecánica del ECF. Estos datos son de gran importancia para la evaluación de la voz en este tipo de paciente y fundamentalmente para la planificación y desarrollo de programas de rehabilitación y pedagogía vocal.

Ministerio de Educación y Ciencia, **CCG06-UPM/TIC-0028** del Plan Regional de Investigación Científica e Investigación Tecnológica de la Comunidad de Madrid, y el proyecto **HESPERIA** (<http://www.proyecto-hesperia.org>) del Programa CENIT, Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, Ministerio de Industria.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias al **TIC2003-08756, TEC2006-12887-C02-00** del Plan Nacional de I+D+i,

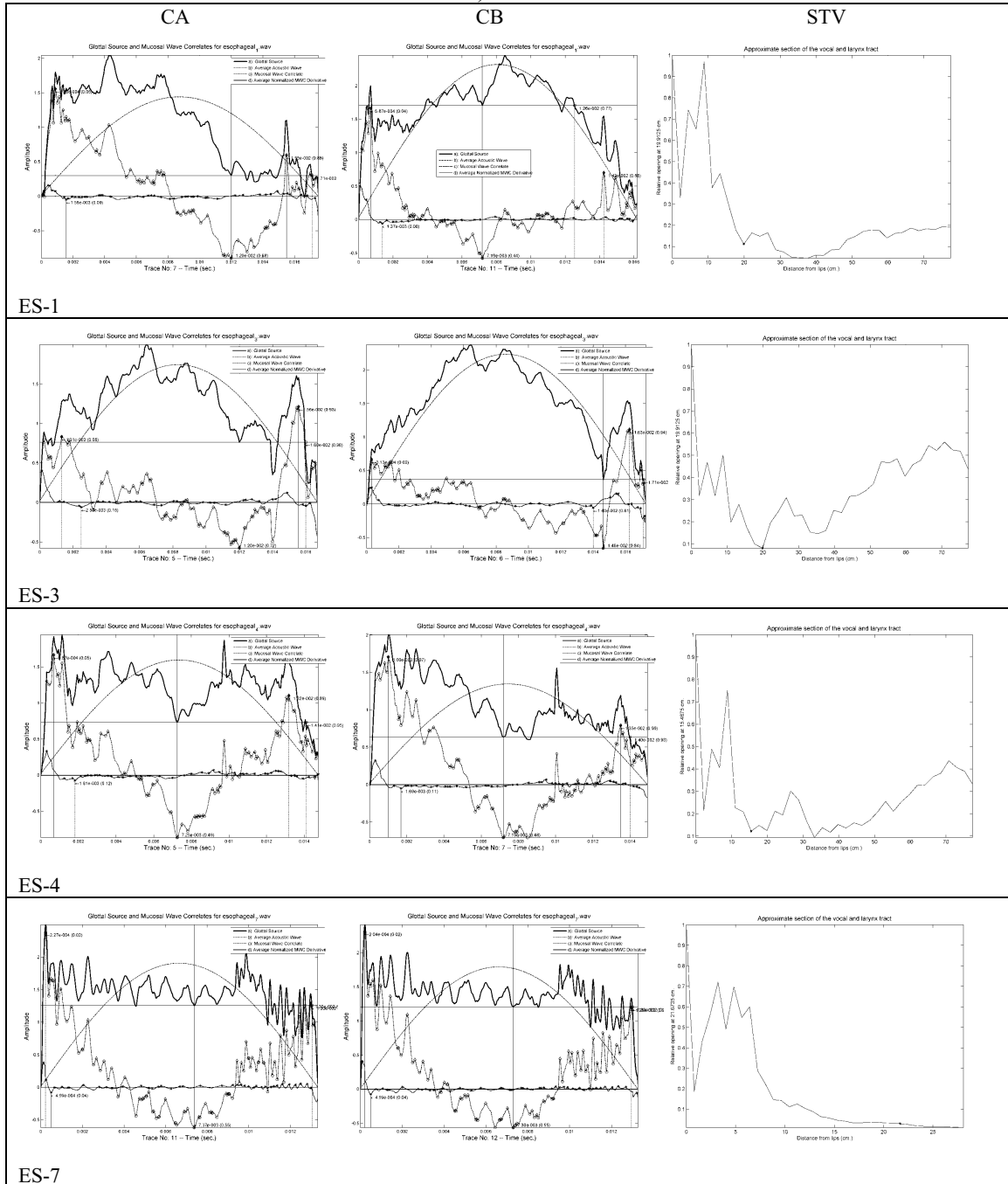


Figura 2. Se muestran los perfiles de onda neo-glóticas obtenidos para cada paciente en dos ciclos consecutivos (C1 y C2). La columna STV muestra los perfiles correspondientes a la estimación de la sección del tracto vocal.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fernández-Baillo R., Fernández Camacho F.J., Nieto Altuzarra., Gómez Vilda P. Biomechanical Model of Voice Production. *Libro de Actas del XXIV Internacional Congress AELFA 2004*. Madrid. pp. 590.
- [2] Isshiki N, Snidecor JC. Air intake and usage in esophageal speech. *Acta Otolaryngol*, vol 9, pp. 559-5574. 1965.
- [3] Snidecor JC, Isshiki N. Air volume and air flow relationships of sic male asophageal speakers. *J Speech Hear Disord*, vol 30, pp. 205-216. 1965
- [4] Gatenby RA., et all. Esophageal Speech: Double-contrast evaluation of the pharyngo-esophageal segment. *Radiology*, 157, pp. 127-131. 1985.
- [5] Kilman WJ, Goyal RK. Disorders of pharyngeal and upper esophageal sphinter motor function. *Arch Intern Med*. Vol. 136, pp. 592-601.1976.
- [6] Sloane PM., Griffin JM., O'Dwyer TP. Esophageal insufflation and videofluroscopy for evaluation of esophageal speech in laryngectomy patients: clinical implications. *Radiology*, vol 181, pp. 433-437. 1991.
- [7] Gómez, P., Fernández-Baillo., et al., Evaluation of voice pathology based on the estimation of vocal fold biomechanical parameters, *Journal of Voice*. Vol. 21, No. 4, 2007, pp. 450-476.
- [8] Gonçalves MI ,Behlau M. Laringectomia total: perspectivas dareabilitação vocal. In Lopes Filho, O. *Tratado de fonoaudiología*.S.,o Paulo, Roca, 1997.
- [9] Vazquez de la Iglesia F, et all. Voz esofágica. *Rev Med Univ Navarra*. Vol 50, pp 56-64. 2006.
- [10]Hirano M, Hibi S, Yoshida T, Hirade Y, Kasuya H, Kikuchi Y. Acoustic análisis of pathological voice: Some results of clinical application. *Acta Otolaryngologica*. Vol. 105, No 5-6, pp. 432-438, 1998.
- [11]Fernández-Baillo R., Gómez P. Métodos de análisis y evaluación acústica de la voz normal y patológica. In *Proceedings The lenguaje of health care*. Alicante. October. 2007.
- [12] Gómez-Vilda, P., Fernández-Baillo, R., Rodellar-Biarge, V., Lluís, c.N., Álvarez-Marquina, A., Mazaira-Fernández, L.M., Martínez-Olalla, R., Godino-Llorente, J.I., Glottal Source Biometrical Signature for Voice Pathology Detection, *Speech Communication* (2008)
- [13] Fant G., Liljencrants J., Lin Q., "A four-parameter model of glottal flow", *STL-QSPR*, Vol. 4, pp 1-13. 1985.
- [14] Fernández-Baillo, R., Gómez, P., Ramírez, C., Scola, B., "Pre-post surgery evaluation based on the profile of the glottal source", *Proc. of MAVEBA'07*, Florence, December 13-15, 2007.
- [13] Titze IR. Summary Statement. *Workshopon Acoustic Voice Analysis*. National Center of Voice and Speech. 1994.