

IV.7. L'ELETTROGLOTTOGRAFIA E GLI INDICI AERODINAMICI

G. Bergamini, A. Ghidini

L'elettroglottografia o elettrolaringografia (EGG) è una tecnica di indagine della funzione glottica introdotta nel 1957 da Philippe Fabre¹², professore di fisica biologica all'Università di Lille.

Essa consente di studiare e monitorare le caratteristiche e la regolarità della vibrazione delle corde vocali senza interferire con l'attività fonco-articolatoria e senza arrecare alcun disagio al soggetto in esame¹¹. Questa metodica comporta il posizionamento di due elettrodi metallici a placca con superficie di contatto di circa 2-3 cm² sulla cute di ciascun lato del collo, in corrispondenza delle cartilagini tiroidee a livello del piano glottico, per misurare l'impedenza elettrica che è in funzione del tasso di contatto delle corde vocali (essa diminuisce a corde vocali chiuse ed aumenta a corde vocali aperte); si utilizza una corrente alternata ad alta frequenza (0,3-5 MHz) ed a bassa intensità (< 20 mA) che non viene avvertita dal paziente e non determina contrazioni muscolari o stimolazioni nervose^{14 1 6 7 10 29 36 22}. Alcuni fattori (tessuto adiposo, spessore della cute e delle lamine tiroidee, movimenti della laringe) possono influenzare il segnale ma i moderni elettroglottografi sono dotati di filtri e di sistemi di controllo automatico dell'amplificazione così da ottenere una stabilizzazione dell'ampiezza della curva EGG.

Il segnale elettroglottografico viene visualizzato sullo schermo di un oscilloscopio e registrato per lo studio in tempo differito e per l'archiviazione; attualmente, con la disponibilità di sistemi informatici, il segnale viene acquisito sotto forma numerica, digitalizzando cioè direttamente l'uscita dell'elettroglottografo e memorizzando i dati su hard disk e/o su Cd Rom. In questo modo si evitano tutti i problemi di distorsione di ampiezza e di fase presenti nella registrazione analogica¹⁵. Esso può essere visualizzato secondo due polarità alternative (in alto la fase di chiusura ed in basso la fase di apertura oppure nella parte superiore la fase di massima impedenza che corrisponde alle corde vocali aperte ed inferiormente la massima ammettenza).

L'immagine elettroglottografica appare sotto forma di onda periodica paratrigonale la cui frequenza è uguale alla frequenza di vibrazione delle corde vocali; essa può essere suddivisa in una fase di rapida salita (le c.v. si stanno accollando sul piano orizzontale in senso antero-posteriore), fase quasi statica superiore (fase di massimo contatto), fase lenta di discesa (le c.v. iniziano a separarsi), fase quasi statica inferiore (le c.v. sono separate).

Numerosi sono stati i tentativi di classificazione dei tracciati EGG negli ultimi 35 anni^{37 2 27 28 8}.

Una modalità di interpretazione e di utilizzo è quella esclusivamente morfologica^{27 22} che cerca di trovare correlazioni fra la forma dell'onda e/o la tipologia della irregolarità nella successione delle onde nel tracciato e particolari situazioni patologiche organiche e/o funzionali. È però opportuno sottolineare che esistono variazioni elettroglottografiche intraindividuali in condizioni fisiologiche, come ad esempio nel passaggio da un registro di petto a un registro di falsetto^{16 25 21 30} oppure durante il periodo della muta vocale^{4 14}, e che è possibile rilevare una curva EGG anomala sia nei soggetti normali^{5 3 27 8 28}, sia in patologie non strettamente vocali³². Si è cercato, quindi, da un lato di parametrare la morfologia del tracciato alla fisiologia della vibrazione mediante correlazioni fra EGG e stroboscopia ed EGG e cinematografia ultrarapida^{25 24 8 14 31}, dall'altro di quantizzare le varie fasi del tracciato essenzialmente sulla coordinata orizzontale e di ottenere una sua normalizzazione che consentisse di eliminare le diversità legate alle variazioni interindividuali o intraindividuali della frequenza fondamentale^{35 3 13}.

Una delle parametrizzazioni morfologiche più complete è quella di Lecluse²⁴ (Fig. 1) che individua cinque punti significativi nella curva:

- I: momento iniziale di chiusura;
- II: momento di chiusura completa solo sul piano orizzontale;
- III: momento di chiusura completa anche sul piano verticale;
- IV: momento di inizio dell'apertura;
- V: momento in cui si realizza l'apertura completa sul piano verticale.

Ne conseguono 6 parametri temporali (I-II, II-III, III-IV, IV-V, V-I) che possono essere normalizzati mediante il rapporto fra la loro durata e la durata totale del ciclo elettroglottografico (T). Ferrero¹⁴ propone una semplificazione considerando il periodo I-III (fase di chiusura o di adduzione), il periodo III-V (fase di diastasi o di abduzione), il periodo V-I (fase di apertura) ed il loro rapporto con T dà origine rispettivamente al quoziente di chiusura, al quoziente di diastasi e al quoziente di apertura.

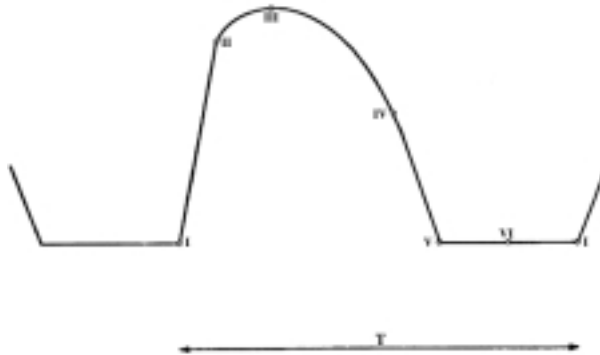


Fig. 1.
Tracciato elettroglottografico (da Lecluse, modificata).

L'elettroglottografia è senz'altro una metodica di esame semplice e non invasiva, che fornisce una esatta misurazione della frequenza fondamentale. È stata utilizzata nello studio di varie laringopatie ma l'applicazione clinica risulta complessa perché non riesce a dare sempre informazioni utili a scopo diagnostico. Alcuni aspetti tecnici dovranno essere risolti ed ulteriori ricerche sono necessarie per superare le controversie relative all'interpretazione e alla quantificazione del tracciato.

L'analisi aerodinamica della fonazione trova il presupposto nell'intima connessione anatomo-funzionale della laringe con l'apparato broncopolmonare (mantice) che giustifica l'attenzione che gli Autori hanno sempre rivolto alla dinamica respiratoria in rapporto con il fenomeno della fonazione. I quattro aspetti aerodinamici fondamentali sono: la velocità del flusso di aria a livello della glottide, la pressione sottoglottica, la pressione sopraglottica e l'impedenza glottica. I valori di questi parametri si modificano durante un ciclo vibratorio in relazione all'apertura e alla chiusura della glottide ma queste rapide variazioni per motivi tecnici non possono essere normalmente misurate nel vivente. Con finalità cliniche di solito si fa riferimento ai valori medi di questi parametri che sono fra loro correlati nel modo seguente¹⁸: P_{sub} (pressione sottoglottica media) – P_{sup} (pressione sopraglottica media) = MFR (quoziente medio di flusso, correlabile con la velocità) x GR (resistenza glottica media).

Grazie all'utilizzo di appropriato strumentario (in alcuni casi è sufficiente un semplice cronometro), si possono ricavare utili informazioni sull'efficienza pneumo-fonatoria.

Il più semplice parametro aerodinamico della voce è il tempo massimo fonatorio (MPT) espresso in secondi¹⁷. Esso consiste nel far pronunciare al paziente la vocale /a/ il più a lungo possibile, dopo una profonda inspirazione, ad una frequenza ed intensità spontanee e confortevoli. È maggiore nel maschio rispetto alla femmina ma il limite critico inferiore non è molto diverso fra i due sessi: un valore inferiore a 10 secondi deve essere considerato patologico. Eventuali possibili risultati inattendibili possono verificarsi per una scarsa capacità vitale (CV) che può determinare valori ridotti pur in presenza di competenza glottica normale o per una CV molto elevata che potrebbe compensare e mascherare un difetto di chiusura glottica. Per ovviare a questo rischio si fa ricorso al quoziente fonatorio (PQ) che è correlato al MPT dalla seguente equazione: $PQ = \text{Capacità vitale} / \text{MPT (sec)}$. Normali valori di PQ sono stati riportati da vari Autori^{33 17 34 38}; i valori medi nella popolazione adulta sembrano essere compresi tra 120 e 190 ml/sec.

Un altro indice importante è il quoziente medio di flusso (MFR) che si ottiene dividendo la quantità di aria usata durante la fonazione per la durata della fonazione stessa. Si fa pronunciare la vocale /a/ sostenuta emessa alla naturale frequenza ed intensità utilizzata dal soggetto in esame il quale deve fonare dentro una maschera o un boccaglio con il naso pinzato connessi ad uno spirometro o ad uno pneumotacografo o ad un anemometro a filo caldo. I limiti critici sono rispettivamente 40 e 200 ml/sec per cui vanno ritenuti patologici valori non compresi in questo range.

A volte può essere utile utilizzando uno spirometro per valutare la curva flusso-volume che assume una importanza particolare in quei casi in cui i problemi di voce sono associati ad ostruzione laringea, come nella paralisi bilaterale adduttorica, nelle stenosi causate da cicatrici, nell'edema di Reinke di grado severo o nelle neoplasie ostruenti.

La pressione aerea sottoglottica può essere misurata mediante palloncini endoesofagei, cateteri transglottici o tramite puntura tracheale; è quindi sempre una metodica invasiva che non viene utilizzata routinariamente ma è riservata alla ricerca.

Nella maggior parte dei casi i valori della pressione sottoglottica durante la fonazione normale oscillano tra i 5 e i 10 cm H₂O¹⁸. Essa è direttamente correlata all'intensità e alla frequenza di fonazione (aumenta con l'incremento di questi due parametri). Nell'ambito della patologia, sono stati riscontrati valori generalmente più alti di pressione sottoglottica in caso di carcinoma laringeo, paralisi ricorrente, laringocele e disфония disfunzionale^{19 23 26}. La pressione aerea sottoglottica può infine essere utilizzata per stimare l'efficienza fonatoria⁹.

La resistenza glottica non può essere misurata direttamente, ma solo attraverso il rapporto Psub/MFR. Isshiki²⁰ ha riportato valori di resistenza glottica di 20-100 dyne sec/cm² alle basse e medie frequenze e valori di 150 dyne sec/cm² alle alte frequenze ma ulteriori ricerche sono necessarie prima dell'applicazione clinica.

Fra tutti questi indici aerodinamici i più utilizzati sono il tempo massimo fonatorio (MPT) ed il quoziente fonatorio (PQ) che sono facilmente rilevabili senza la necessità di ricorrere ad apparecchiature sofisticate e/o a manovre invasive e sono in grado di fornire utili informazioni sulla efficienza glottica.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Baer T, Lofqvist A, McGarr N.S. *Laryngeal vibration: a comparison between high-speed filming and glottographic techniques*. J Acoust Soc Am 1983;73:1304-9.
- ² Baer T, Titze L, Yoshioka H. *Multiple simultaneous measures of vocal fold activity*. In: Bless DM, Abbs JH, eds. *Vocal Fold Physiology: Contemporary Research and Clinical Issues*. San Diego: College Hill Press 1983:229-40.
- ³ Bergomi A, Giannobi P, Scaramellini G, Zonta S. *L'esame elettro-glottografico in alcune forme di laringopatia*. Boll Ital Audiol Fon 1983;6:518-30.
- ⁴ Chevrie-Muller C, Gremy F. *Etude de l'electroglottogramme et du phonogramme en periode de «mute vocale»*. Ann Oto-Laryng 1962;79:1035-42.
- ⁵ Chevrie-Muller C. *Contribution a l'etude des traces glottographiques chez l'adulte normal*. Rev Laryng (Bordeaux) 1967;88:227-44.
- ⁶ Childers DG, Larar JN. *Electroglottography for laryngeal function assessment and speech analysis*. IEEE Transaction on biomedical Engineering 1984;31:807-15.
- ⁷ Childers DG, Smith AM, Moore GP. *Relationship between electroglottograph, speech and vocal cord contact*. Folia Phoniatr 1984;36:105-12.
- ⁸ Childers DG, Krishnamurthy AK. *A critical review of electro-glottography*. CRC Critical Review in biomedical Engineering 1985;12:131-40.
- ⁹ Colton RH, Woo P. *Measuring vocal fold function*. In: Rubin JS, Sataloff RT, Korovin GS et al., eds. *Diagnosis and Treatment of Voice Disorders*. New York: Igaku-Shoin 1995:290-315.
- ¹⁰ Croatto L, Ferrero FE, Arrigoni L. *Comparazione fra segnale elettroglottografico e segnale fotoelettroglottografico: primi risultati*. Acta Phon Lat 1980;2:213-20.
- ¹¹ Dejonckere PH. *Perceptual and laboratory assessment of disphonia*. In: Rosen AC, Murry T. The Otolaryngologic Clinics of North America (Voice Disorders and Phonosurgery I). Philadelphia: W.B. Saunders Co. 2000:731-50.
- ¹² Fabre P. *Un procede électrique percutané d'inscription de l'accolement glottique au cours de la phonation: glottographie de haute fréquence. Premiers résultats*. Bull Acad Natl Med 1957;3:9-27.

- ¹³ Ferrero FE, Vagges K, Zovato S. *Proposta di un metodo di valutazione di «normalità» della voce basata sulla normalizzazione ampiezza tempo dell'elettroglottogramma*. Acta Phon Lat 1986;8:37-45.
- ¹⁴ Ferrero FE. *L'Elettroglottografia*. In: Croatto L, ed. *Trattato di Foniatria e Logopedia*. Padova: La Garangola 1988;vol.4:109-64.
- ¹⁵ Grosjacques M, Ursino F, Pardini L, Panattoni G, Matteucci F, Incerti Vecchi M, et al. *L'elettroglottografia nel soggetto normale: criteri di normalizzazione e di parametrizzazione*. Acta Phon Lat 1990;12:65-84.
- ¹⁶ Gougerot L, Gremy F, Merstal N. *Glottographie a large bande passante. Application a l'etude de la voix de fausset*. J Physiologie 1960;52:823-32.
- ¹⁷ Hirano M, Koike Y, Von Leden H. *Maximum phonation time and air usage during phonation*. Folia Phoniatri. 1968;20:185-201.
- ¹⁸ Hirano M. *Aerodynamic Tests*. In: Hirano M, ed. *Clinical examination of voice*. Vienna: Springer-Verlag 1981:78-111.
- ¹⁹ Hiroto I. *Mechanism of phonation. Pathophysiological aspects of the larynx*. Pract Otol (Kyoto) 1966;39:229-91.
- ²⁰ Isshiki N. *Regulatory mechanism of vocal intensity variation*. J Sp Hear Res 1964;7:17-29.
- ²¹ Kitzing P. *Photo and electroglottographical recording of the laryngeal vibratory pattern during different register*. Folia Phoniatri 1982;34:234-44.
- ²² Kitzing P. *Electroglottography*. In: A. Ferlito ed. *Diseases of the larynx*. New York: Arnold 2000:127-38.
- ²³ Kuroki K. *Subglottic pressure of normal and pathological larynges*. Otologia (Fukuoka) 1969;15:54-74.
- ²⁴ Lecluse FLE, Brocaar MP, Verschuure J. *The electroglottograph and its relation to glottal activity*. Folia Phoniatri 1975;25:215-27.
- ²⁵ Lecluse FLE. *Elektroglottografie*. Tesi Ph. D Univ di Rotterdam A.A. 1977.
- ²⁶ Loebell E. *Über die direkte Messung des subglottischen Luftdrucks*. Arch Ohr Nas Kehlkheilkd 1969;194:316-20.
- ²⁷ Motta G, Catalano GB, Conticello S, Villari G, Biondi S, Iengo M. *Le neoformazioni benigne della laringe: trattamento riabilitativo e chirurgico*. Relazione XVIII Congr Soc Ital di Foniatria, Bologna, 23-24 maggio 1983.
- ²⁸ Motta G, Iengo M, Cesari U, Motta Jr G. *L'impiego dell'elettroglottografia nei disturbi della voce*. Acta Phon Lat 1988;10:243-53.
- ²⁹ Rothenberg M. *Some relations between glottal air flow and vocal fold contact area*. In: Ludlow CL, Hart MO, eds. Proc Conf Ass Vocal Pathol Asha Rep 1981;11:88-101.
- ³⁰ Roubeau B, Chevrie-Muller C, Arabia-Guidet C. *Electroglottographic study of the changes of voice registers*. Folia Phoniatri 1987;3:280-96.
- ³¹ Salviera C, Mento G, Galletti B, Antonuccio A. *La glottografia con l'ausilio dello stroboscopia sincronizzato*. Acta Phon Lat 1984;6:209-21.
- ³² Salviera C, Mento G, Galletti B, Finocchiaro MD, Cannavo C. *Rilievi elettroglottografici in alcuni casi di patologia tiroidea*. Acta Phon Lat 1987;9:249-63.
- ³³ Sawashima M. *Measurement of maximum phonation time*. Jpn J Logoped Phoniatri 1966;7:23-8.
- ³⁴ Shigemori Y. *Some tests related to the air usage during phonation*. Clin Investig Otol (Fukuoka) 1977;23:138-66.
- ³⁵ Thyme K, Frokjaer-Jensen B. *Acoustic change caused by speech training compared with changes in electro-glottography*. Cit. da Ferrero FE. *L'elettroglottografia*. In: Croatto L, ed. *Trattato di Foniatria e Logopedia*. Padova: La Garangola 1988;4:109-19.
- ³⁶ Titze IR, Talkin D. *Simulation and interpretation of glottographic waveforms*. In: Ludlow CL, Hart MO. Eds Proc Conf Assessment of vocal Pathol Asha Rep 1981;11:48-57.
- ³⁷ Van Michel C. *Morphologie de la courbe glottographique dans certains troubles fonctionelles du larynx*. Folia Phoniatri 1967;19:192-205.
- ³⁸ Yoshioka H, Sawashima M, Hirose H, Ushijima T, Honda k. *Clinical evaluation of air usage during phonation*. Jpn J Logoped Phoniatri 1977;18:87-93.