

L' IMPIEGO DEL LARINGOFONO NELLA DOSIMETRIA VOCALE

Pasquale Bottalico (1), Arianna Astolfi (1), Raffaele Pisani (2), Paolo Onali (2), Chiara Devecchi (2), Katia Mara (2)

- 1) Politecnico di Torino, Dipartimento di Energetica, gruppo TEBE
- 2) Studio di Ingegneria Acustica Pisani

1. Introduzione.

La dosimetria vocale è basata su un numero di collisioni delle corde vocali durante la fonazione per un periodo di molte ore. Il numero di collisioni viene conteggiato mediante un accelerometro posto in corrispondenza della fossa alla base del collo. Il dispositivo in commercio attraverso il quale vengono effettuate tali rilevamenti è l'Ambulatory Phonation Monitor della Kaypentax®. Altri dispositivi capaci di rilevare le vibrazioni delle corde vocali e che risultano allo stesso tempo indipendenti dal rumore ambientale sono l'elettroglottografo e il laringofono. L'elettroglottografo risente degli spostamenti in senso verticale della glottide, il laringofono invece capta le vibrazioni delle corde vocali indipendentemente dalla posizione della laringe. Si procede ad un confronto fra il segnale captato dall'APM ed il segnale del laringofono in camera anecoica su un soggetto, entrambi i segnali registrati contemporaneamente anche a quello rilevato dal microfono posto ad 1 m di distanza dalla bocca e ruotato di 45° rispetto all'asse frontale. Il confronto è effettuato sui valori di frequenza fondamentale e livello di pressione sonora. La stima del livello di pressione sonora con l'APM e con il laringofono viene effettuata attraverso la correlazione tra l'ampiezza del segnale acquisito dai trasduttori e il segnale acquisito, attraverso una procedura di calibrazione, da un microfono.

2. Strumenti di misura

I due strumenti considerati sono l'APM 3200 ed un laringofono. Il Modello APM 3200, mostrato in Figura 1, è uno strumento portatile che viene fatto indossare al soggetto per ottenere parametri importanti sul suo comportamento vocale nell'arco di un'intera giornata. Sviluppato da una collaborazione tra Kaypentax, Sensimetrics Corporation e specialisti del Massachusetts General Hospital, l'APM offre un modo per risolvere il grande problema di sapere come le persone usano la voce durante il giorno. Il soggetto indossa il monitor APM, fissato alla vita, nello svolgimento di tutte le sue

normali attività quotidiane. Il trasduttore è costituito da un piccolo accelerometro che viene fatto aderire alla base del collo (appena sopra la fossetta dello sterno).

Un cavetto collega l'accelerometro al modulo hardware fissato alla vita. L'accelerometro percepisce le vibrazioni della pelle del collo associate alla fonazione.

Il laringofono, mostrato in Figura 2, è un tipo di microfono che capta il suono tramite sensori direttamente a contatto con il collo. Data la sua progettazione, è capace di captare la voce in ambienti rumorosi, dove altri tipi di microfoni non funzionerebbero bene perché la voce sarebbe sovrastata dal rumore ambientale.

3. Parametri misurati

I parametri confrontati sono la frequenza fondamentale ed il livello di pressione sonora. L'APM restituisci i due parametri campionati entrambi ogni 50 ms. Il livello di pressione sonora viene stimato attraverso una procedura di calibrazione. Tale procedura (Fig. 3) consiste nell'emissione da parte del soggetto di una /a/ sostenuta iniziando in pianissimo per arrivare gradualmente ad un fortissimo in circa 10 secondi.

Tale procedura viene effettuata ponendo a 15 cm di distanza dalla bocca del soggetto, che già indossa l'APM, un microfono di riferimento. Il risultato di questa calibrazione è una regressione lineare tra il livello di pressione sonora misurato dal microfono e l'ampiezza del segale prelevato dall'accelerometro, come mostrato in Figura 4.



Figura 1 – Ambulatory Phonation Monitor



Figura 2 – Laringofono



Figura 3 – Procedura di calibrazione dell'APM 3200

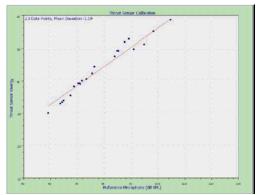


Figura 4 – Retta di regressione lineare tra il livello di pressione sonora misurato dal microfono e l'ampiezza del segale prelevato dall'accelerometro

La frequenza fondamentale viene misurata, effettuando un conteggio dei passaggi per lo zero del segnale vocale. Va inoltre sottolineato che il trasduttore utilizzato dall'APM, ovvero l'accelerometro, risulta particolarmente idoneo a tal scopo in quanto funge da filtro passa basso, e quindi considera le frequenze fondamentali del segnale del parlato, tagliando le armoniche.

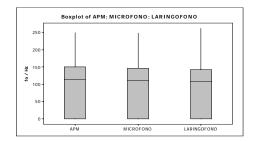
Il laringofono restituisce un segnale molto simile, a livello percettivo a quello microfonico, a differenza dell'accelerometro, dove l'intelligibilità si perde quasi totalmente.

Sia per il laringofono che per il fonometro, utilizzato come riferimento, la frequenza fondamele è stata analizzata attraverso il sistema di analisi per la voce CSL della Kaypentax. Per quanto riguarda il livello pressione sonora, è stato utilizzato un analizzatore di spettro per calcolare i livelli del segnale prelevato sia dal laringofono che dal fonometro campionati ogni 50 ms. [a1]Il fonometro è stato posta a 1 m di distanza dalla bocca del soggetto con una angolazione di 45°.

4. Analisi e risultati

Il fonometro non può considerarsi come lo strumento più accurato per la ricognizione della frequenza fondamentale, si procede quindi con un confronto tra i risultati ottenuti con i tre differenti dispositivi e analizzati secondo le modalità sopra presentate.

In figura 5 vengono riportati i boxplot relativi alla frequenza fondamentale (sinistra) ed al SPL (destra) misurati con i tre strumenti. Per la frequenza fondamentale i risultati sembrano ottimali, la mediana dei tre box coincide e come unica differenza si può riscontrare una leggero aumento della dispersione nei risultati ottenuti con il laringofono. Per quanto riguarda il SPL, l'APM presenta una grande dispersione. Tale dispersione può essere dovuta al fatto che, quando non vi è vibrazione delle corde vocali l'APM restituisce un livello pari a zero, mentre sia per il fonometro che per il laringofono questo non avviene a causa del rumore di fondo. [a2]



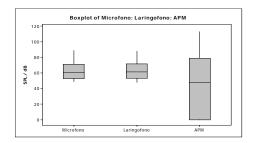
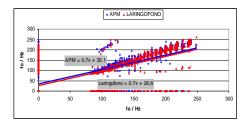


Figura 5 – Boxplot relativi alla frequenza fondamentale (sinistra) ed al SPL (destra) misurati con i tre strumenti.

In Figura 6 si riporta l'andamento della fo (sinistra) e SPL (destra) ottenuti con APM e laringofono rispetto al fonometro. Come si può notare gli strumenti restituiscono risultati congruenti tra loro. Le rette di regressione ottenute hanno la stessa pendenza, di conseguenza c'è una buona corrispondenza tra i risultati ottenuti con i tre strumenti.

In Figura 7 si riporta una estratto delle time history relative alla fo (sinistra) e SPL (destra) ottenuti con APM,—e laringofono e fonometro. Anche questi grafici confermano quanto già visto nei boxplot, ovvero la corrispondenza tra le 3 frequenze fondamentali ottenute è ottimale, mentre si presentano delle lievi differenze per quanto riguarda il livello di pressione sonora, imputabili a quanto già detto.



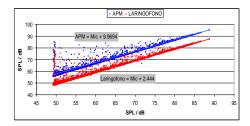


Figura 6 – Andamento della fo (sinistra) e SPL (destra) ottenuti con APM e laringofono rispetto al fonometro.



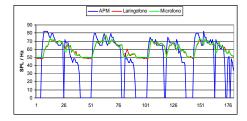


Figura 7 – Estratti dalle time-history della fo (sinistra) e SPL (destra) ottenuti con APM, e laringofono e fonometro.

5. Conclusioni

L'obiettivo di quest'indagine è stata una verifica dell'utilizzo del laringofono nella dosimetria vocale. La dosimetria vocale [1] prevede il calcolo di alcune dosi, quali il Time dose (Dt), che misura il tempo durante il quale le corde vocali hanno vibrato sul tempo si misura; il Vocal Loading Index (VLI), correlato al tempo di fonazione ed alla frequenza fondamentale; il Distance dose (Dd), che quantifica la distanza totale accumulata dalle corde vocali nella vibrazione; l'Energy dissipation dose (De), ottenuto dall'integrazione della potenza dissipata dal tessuto vibrante delle corde durante il periodo di osservazione; e il Radiated energy dose (Dr), relativo all'energia dissipata dalle corde vocali in funzione dell'energia acustica irradiata in prossimità della bocca.

Tali dosi sono calcolabili attraverso delle time history contenenti la frequenza fondamentale e il livello di pressione sonora durante il periodo di osservazione.

Questo studio dimostra che esiste un'ottima corrispondenza tra i risultati ottenuti in termini di frequenza fondamentale, dall'APM 3200, strumento attualmente in commercio, e quelli ottenuti da analisi effettuate su registrazioni ottenute con un laringofono.

Per quanto riguarda il livello di pressione sonora, inoltre, i risultati del laringofono sembrano addirittura più accurati rispetto all'APM in quanto più vicini a quelli ottenuti dal fonometro.

6. Bibliografia

[1] Titze, I.R.; Švec, J.G.; Popolo, P.S. *Vocal dose measures: quantifying accumulated vibration exposure in vocal fold tissues*, Journal of Speech, Language and Hearing Research, **46** (2003), pp. 919–932