

LO SFORZO VOCALE DALLA FISIOLOGIA ALLA PATOLOGIA: STIMA DELL'INCIDENZA DELLO SFORZO VOCALE E CAPACITÀ DI RECUPERO

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

(1) Studio di ingegneria acustica Pisani, Rivoli (TO)

(2) Politecnico di Torino, Dipartimento di Energetica, gruppo TEBE

1. Introduzione

I professionisti che utilizzano la voce (cantanti, attori, insegnanti, etc.) sono soggetti a patologie dell'apparato fonatorio se la loro attività professionale impone all'organo della fonazione sollecitazioni oltre la normale attività fonatoria quotidiana. Sforzi vocali sono anche rilevabili su soggetti che sono costretti a parlare in ambienti rumorosi. In questo contesto il livello di fonazione viene elevato, con un conseguente aumento della frequenza fondamentale. Al fine di quantificare la sollecitazione dell'apparato fonatorio su un lungo periodo, alcuni autori propongono la misura del livello di vibrazione della glottide durante la fonazione, rilevato mediante accelerometro fissato sul collo tra lo sterno e la laringe. Lo sforzo vocale viene valutato mediante l'analisi del livello equivalente del segnale vocalizzato, della durata delle pause (densità di probabilità), dei segmenti vocalizzati e della frequenza fondamentale. Altri parametri oggetto di studio sono l'energia dissipata dalle corde vocali e le loro accelerazioni. Tali parametri sono acquisiti dalla elaborazione del segnale accelerometrico, rilevato sulla parte frontale del collo del parlatore per un periodo riferito alla durata lavorativa. Si propone, invece, un metodo più semplice, che utilizza un laringofono collegato al sistema di analisi portatile (registratore digitale opportunamente tarato). L'effetto prodotto sull'organo fonatorio dallo sforzo vocalico viene valutato confrontando il segnale acquisito mediante l'accelerometro e mediante il laringofono. Entrambi i segnali ed i rispettivi parametri sono confrontati con il segnale microfonico, acquisito contemporaneamente a 30 cm dalla bocca (sistema ideale di riferimento che non è possibile utilizzare in pratica su soggetti che operano in ambienti rumorosi e per un periodo di tempo elevato). L'accelerometro si rivela un trasduttore limitato in banda di frequenze che, se facilita l'estrazione della frequenza fondamentale della voce, limita l'energia che si distribuisce a livello delle seconde, terze e quarte formanti. Il laringofono, invece, fornisce un segnale, in ampiezza, più stabile ed a banda più larga. Per quanto riguarda le informazioni sull'effetto dello sforzo vocale sulla voce e sulle capacità di recupero, si considerano,

invece, alcuni parametri da tempo utilizzati che quantificano le perturbazioni dell'ampiezza e della frequenza fondamentale F_0 (Shimmer, Jitter, RAP, PPQ, etc.)

2. Comparazione elettroacustica dei tre metodi di registrazione: microfono, laringofono ed accelerometro

L'indagine sulla migliore qualità del trasduttore si valuta sulla qualità della registrazione di un lungo periodo di fonazione, utilizzando un accelerometro ed un laringofono che possono essere indossati senza produrre particolare disagio a chi parla. Tali segnali, per una corretta analisi della voce, dovrebbero essere simili e contenere le stesse informazioni del segnale acquisito con il microfono. Per valutare la qualità del segnale in funzione dell'analisi elettroacustica, vengono effettuate prove di laboratorio, registrando contemporaneamente su tre canali il segnale acquisito da un microfono posto a 30 cm dalla bocca, quello di un accelerometro posto tra lo sterno e la laringe e quello rilevato dai sensori del laringofono, posto su ambo i lati della glottide (Fig. 1).

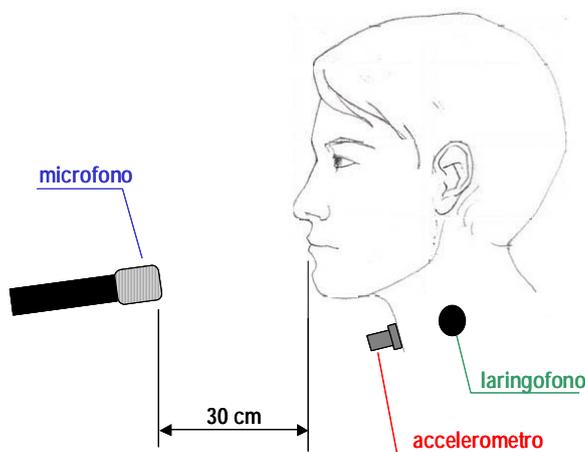


Figura 1 – Collocazione dei tre sensori utilizzati per rilevare il segnale vocale

Nella figura 2 si riporta l'analisi spettrografica del segmento di segnale corrispondente alle parole "le mie", acquisita mediante microfono, laringofono ed accelerometro. Come si osserva, il segnale microfonico consente una buona separazione della consonante sonora /m/ dalla /e/ che precede e dalla /i/ che segue. Il sonagramma della stessa consonante, acquisita dal laringofono, invece, mette meglio in evidenza le caratteristiche legate alla sonorità della consonante, con esaltazione dell'energia riflessa dal condotto vocale. Il segnale accelerometrico, invece, evidenzia solo la prima formante e non consente ulteriori considerazioni sulle caratteristiche acustiche della stessa consonante sonora.

Ulteriori considerazioni sulle caratteristiche dei due trasduttori possono essere effettuate considerando la forma d'onda dei segnali acquisiti dal microfono, dal laringofono e dall'accelerometro durante la registrazione di una vocale /a/ sostenuta (figura 3). Come si osserva, il segnale del laringofono è simile al segnale del microfono ed evidenzia la presenza di energia alle frequenze alte (campo delle formanti). Il segnale accelerometrico, invece, evidenzia la presenza di una morfologia legata esclusivamente alla frequenza fondamentale per effetto del filtro passa-basso che esercita sul segnale.

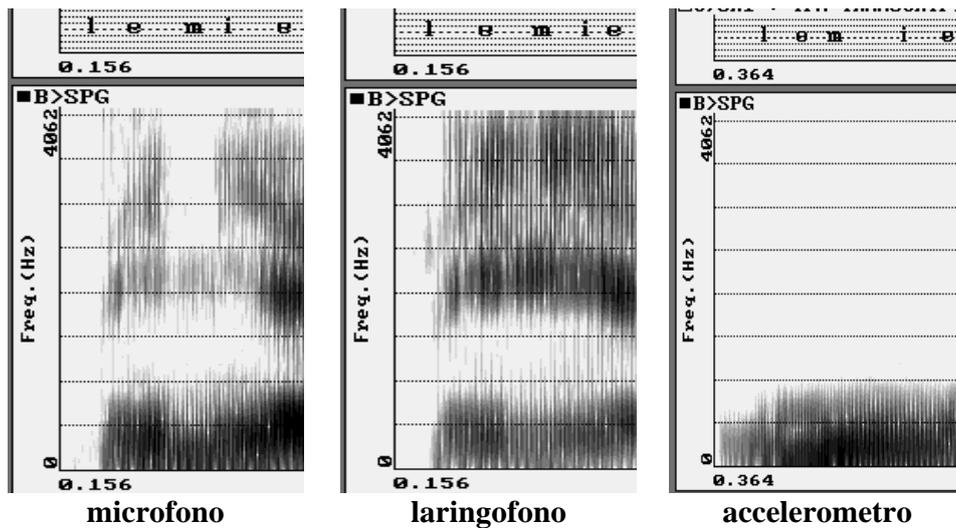


Figura 2 - Sonogrammi relativi al segmento temporale “le mie”. Registrazione con microfono – laringofono – accelerometro

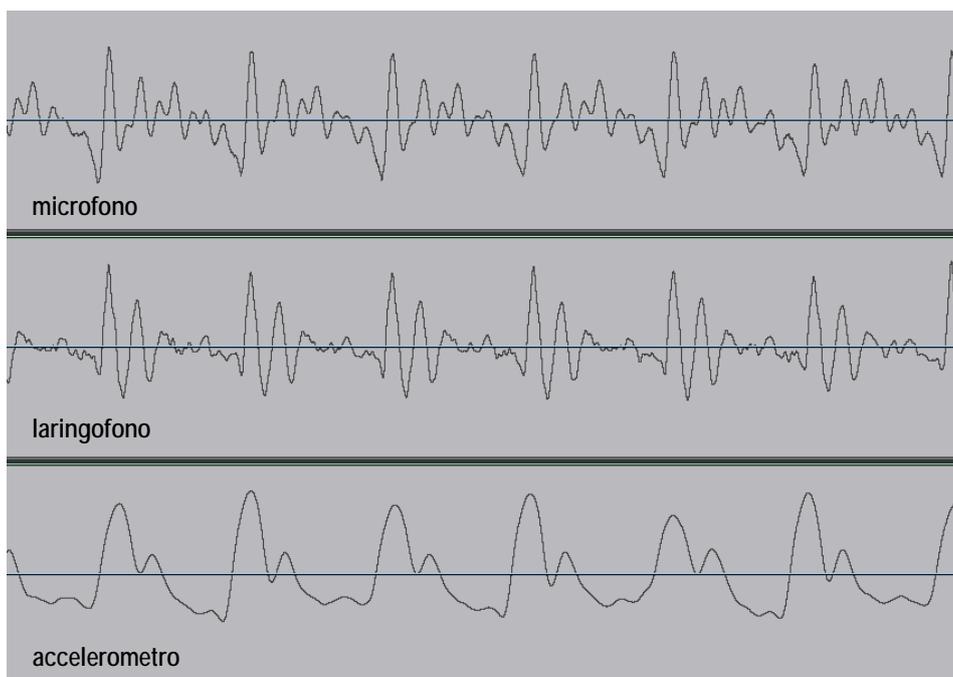


Figura 3 - Forma d'onda vocale durante la pronuncia di una vocale /a/ sostenuta – Registrazione con microfono, laringofono e accelerometro

Nella figura 4 si confrontano, ancora, la risposta del condotto vocale, durante la pronuncia di una vocale /i/, ottenuta attraverso l'elaborazione dei tre segnali (A=microfono, B=laringofono e C=accelerometro). Il segnale proveniente dall'accelerometro esercita una forte attenuazione sulle formanti della vocale. Analisi sulle ampiezze dei segnali sono meno significative, in quanto la variazione della frequenza fondamentale porta a modulazioni di ampiezza non presenti sul segnale se la frequenza fondamentale si avvicina alla frequenza di taglio del filtro passa-basso equivalente.

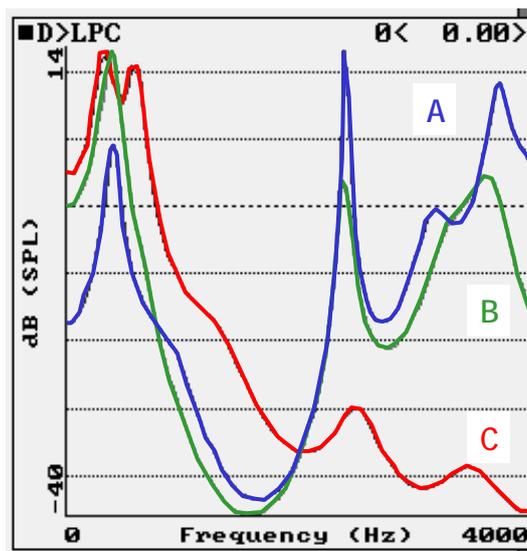


Figura 4 - Risposta del condotto vocale durante la pronuncia della vocale /i/

2.1 Analisi dei livelli

L'intensità di emissione della voce è legata al flusso d'aria che attraversa le corde vocali ed alla capacità delle stesse di modulare, in ampiezza e frequenza, tale flusso d'aria. Un aumento di intensità della voce porta ad un aumento della frequenza fondamentale. Si vuole verificare la linearità che sussiste tra livello di pressione sonora rilevato dal microfono e livello del segnale registrato con il laringofono e con l'accelerometro. Vengono fatte pronunciare al soggetto delle vocali sostenute e delle frasi a diversi livelli di emissione sonora (voce pacata, voce mezzo forte e voce forte o alta). Si esegue l'analisi statistica dei livelli dei segnali registrati contemporaneamente segmentando particolari frasi o parole che presentano livelli di emissione diversi. Si misura il livello equivalente di ciascun segmento di suono e si riportano i valori su un grafico dove sulla ascissa è riportato il livello rilevato dal microfono, mentre sulla ordinata quello rilevato dal laringofono o dall'accelerometro. I dati che si riferiscono alle stesse emissioni sonore sono più o meno dispersi e da essi si ricava una retta di regressione, come indicato nella figura 5. La misura della dispersione dei valori rispetto alla retta di regressione è data dal coefficiente di correlazione. I dati misurati si scostano meno dalla retta di regressione se il coefficiente di correlazione è prossimo all'unità. Eseguendo l'analisi su tre soggetti diversi che presentano dimensioni del collo (circonferenza e lunghezza) diverse, si ottengono i coefficienti di correlazione riportati nella tabella 1.

Tabella 1 – Coefficienti di correlazione

soggetti	accelerometro	laringofono
Soggetto RA	$R^2=0.77$	$R^2=0.94$
Soggetto PA	$R^2=0.49$	$R^2=0.30$
Soggetto FA	$R^2=0.16$	$R^2=0.63$

Come si rileva dalla tabella sopra riportata il coefficiente di correlazione è più elevato se si utilizza il laringofono rispetto all'accelerometro.

Per livelli di voce elevata si osserva anche una saturazione di intensità del segnale prodotto dai due trasduttori. Come è possibile rilevare per l'accelerometro, si ha una linearità non marcata.

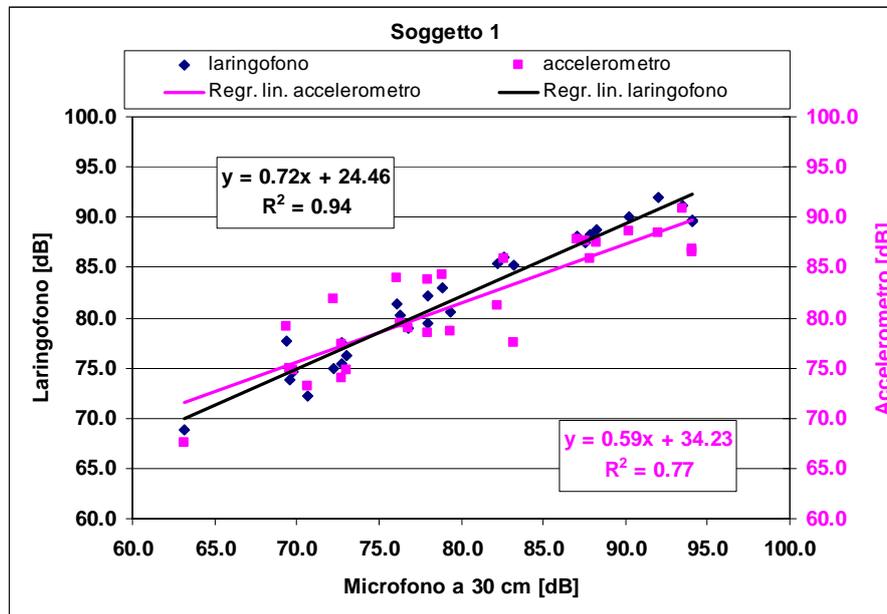


Figura 5 - Grafico di dispersione microfono – laringofono e microfono – accelerometro

3. I parametri che caratterizzano la qualità della voce

Molte patologie dell'apparato fonatorio vengono evidenziate dai valori che assumono alcuni parametri raggruppati in otto categorie:

1. parametri legati alla frequenza fondamentale (parametri statistici);
2. parametri legati alle perturbazioni della frequenza fondamentale a breve ed a lungo termine;
3. parametri legati alle perturbazioni a breve ed a lungo termine dell'ampiezza;
4. parametri legati all'interruzione della voce;
5. parametri correlati con la produzione di subarmoniche;
6. parametri collegati alla irregolarità di fonazione;
7. parametri legati alla presenza di rumore durante la fonazione;
8. parametri collegati alla presenza di tremore durante la fonazione.

Dal punto di vista clinico i valori che assumono tali parametri sono stati classificati in relazione ad una voce senza patologie. Valori che superano i valori limite sono indice di particolari patologie.

L'indagine clinica a seguito di sospette patologie causate da un eccessivo sforzo vocale può riferirsi ad una analisi dei valori ottenuti mediante un protocollo e le procedure di misura di tali parametri. È riconosciuta in ambito clinico l'utilità di eseguire l'analisi di stabilità dei parametri pronunciando la vocale /a/ per una durata di alcuni secondi. L'indicazione, quindi, della capacità di affaticamento della voce può essere estratta dalla comparazione dei valori numerici dei parametri più significativi legati alle anomalie che insorgono in relazione alle vibrazioni eccessive delle corde vocali. Il metodo proponibile è semplice: occorre registrare la vocale /a/ pronunciata, con voce normale, prima e dopo lo sforzo vocale; rilevarne i parametri e vedere se sussistono recuperi in tempi

successivi allo sforzo per tornare alla normalità. Nella figura 6 si riportano i valori su un cerchio unitario dei parametri rilevati per un soggetto maschile, cantante, prima e dopo lo sforzo vocale che è costituito da prova di canto di alcune ore. I parametri che superano i valori di normalità si collocano fuori dal cerchio di riferimento.

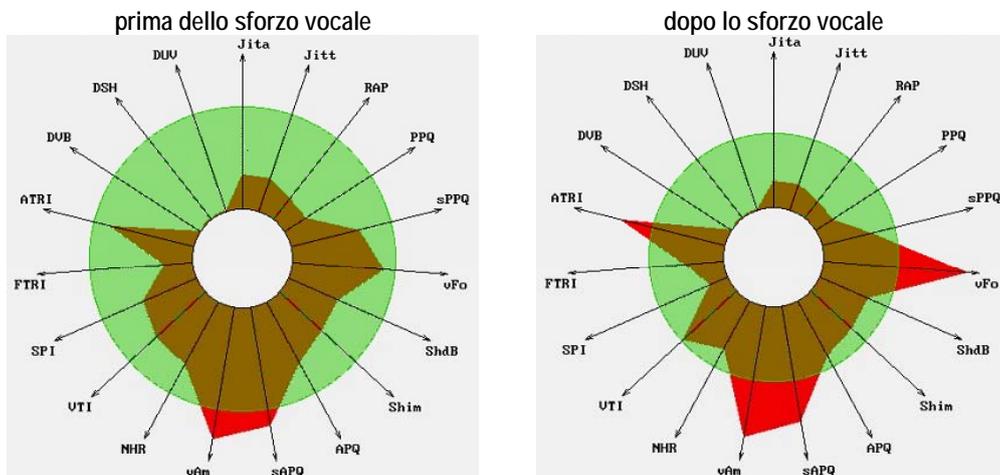


Figura 6 - Valori normalizzati degli indici di qualità della voce. Il cerchio indica i limiti tra voce fisiologica e patologica. I parametri che escono fuori dal cerchio sono quelli alterati dallo sforzo vocale. SOGGETTO MASCHILE - CANTANTE

Nella figura 7 si confrontano i parametri rilevati, prima e dopo lo sforzo vocale, per un soggetto femminile impegnato in una lezione di ballo. Lo sforzo vocalico è elevato in quanto le istruzioni devono essere impartite dall'insegnante agli allievi con voce intensa per superare il rumore di fondo costituito dalla musica.

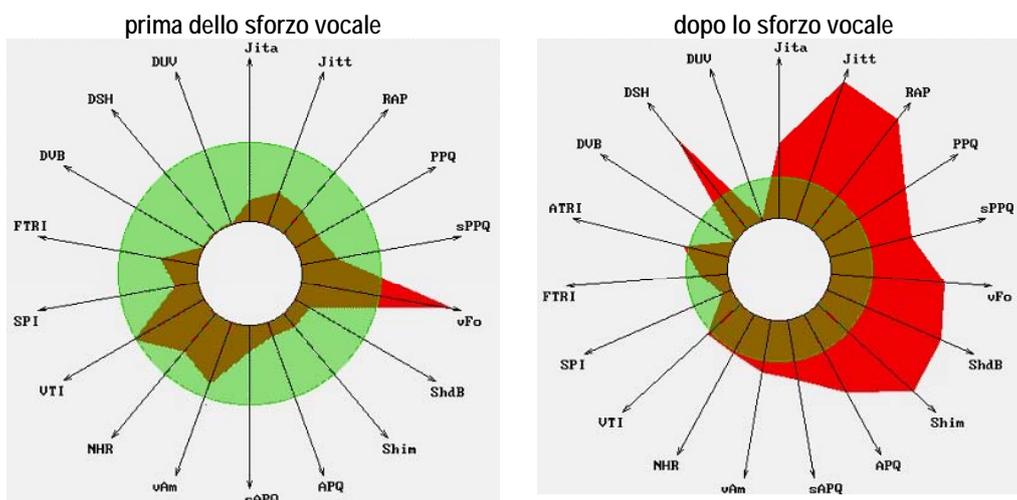


Figura 7 - Valori normalizzati degli indici di qualità della voce. Il cerchio indica i limiti tra voce fisiologica e patologica. I parametri che escono fuori dal cerchio sono quelli alterati dallo sforzo vocale. SOGGETTO FEMMINILE - INSEGNANTE DI BALLO

La differenza tra i due soggetti è notevole in quanto il cantante ha una voce educata per la sua professione, per cui si allena a mantenere invariato il timbro, l'estensione vocale, la qualità di emissione, la respirazione, etc.. L'insegnante di ballo, invece, utilizza la voce al solo scopo di impartire delle istruzioni e di contare, a ritmo di musica, per la sincronizzazione dei passi. L'insegnante esegue anch'essa gli esercizi fisici per cui la produzione della voce avviene proprio durante l'impegno fisico del ballo e degli esercizi ginnici. Si riporta, nella tabella 2, il confronto dei risultati ottenuti per la voce maschile e per quella femminile, prima e dopo lo sforzo vocale.

Tabella 2 – Confronto dei parametri del soggetto maschile e femminile

Parametro	Voce maschile		Voce femminile	
	prima	dopo	prima	dopo
ATRI – Amplitude Tremor Intensità Index %	3,63	6,31		4,87
VAM – Peak – Aplitude Variation %	10,70	14,60	6,76	10,59
SAPQ – Smoothed Amplitude Perturbation Quotient %	4,94	6,60	1,36	6,23
SHIM – Shimmer %	2,12	2,82	0,82	12,15
SHDB – Shimmer dB	0,18	0,25	0,07	1,07
VF0 – Fundamental Frequency Variation %	0,981	2,13	2,10	3,05
SPPQ – Smoothed Pitch Perturbation Quotient %	0,69	0,69	0,47	2,12
PPQ – Pitch Perturbation Quotient %	0,20	0,22	0,27	2,02
RAP – Relative Average Perturbation %	0,17	0,19	0,25	2,34
JITT – Jitter %	0,36	0,38	0,44	3,78
JITA – Absolute Jtter	27,90	29,60	21,80	151,93
DSH – Degree of Sub_harmonics %	0,00	0,00	0,00	37,84

Dai risultati, per la voce maschile si nota un lieve aumento dei parametri legati alle perturbazioni dell'ampiezza a breve ed a lungo termine, nonché all'indice di intensità di ampiezza del tremore. Per quanto riguarda la voce femminile, invece, si osserva, oltre ad un aumento dei parametri legati alle perturbazioni dell'ampiezza a breve ed a lungo termine, un aumento anche di quelli legati alle perturbazioni della frequenza fondamentale della voce a breve ed a lungo termine. Si rileva, altresì, la comparsa di frequenze subarmoniche della frequenza fondamentale. Il recupero, comunque, della funzione fisiologica è stato totale dopo il riposo notturno. Per quanto riguarda il significato clinico dei diversi parametri indicati nei grafici si rimanda alla letteratura medica specializzata.

PRESENTAZIONE

LO SFORZO VOCALE

DALLA FISIOLOGIA ALLA PATOLOGIA:

STIMA DELL'INCIDENZA DELLO SFORZO VOCALE

E CAPACITÀ DI RECUPERO

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

(1) Studio di ingegneria acustica Pisani, Rivoli (TO)

(2) Politecnico di Torino, Dipartimento di Energetica, gruppo TEBE



Studio di Ingegneria Acustica
Via Cav. di Vittorio Veneto, 8
10098 RIVOLI (TO)
Tel. 011-9566871 Fax 011-9561261
e-mail sia.pisani@tin.it



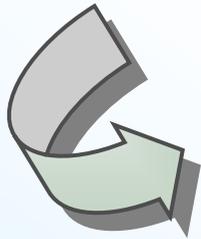
I professionisti che utilizzano la voce (cantanti, attori, insegnanti, etc.) sono soggetti a patologie dell'apparato fonatorio se la loro attività professionale impone all'organo della fonazione sollecitazioni oltre la normale attività fonatoria quotidiana.

Sforzi vocali sono anche rilevabili su soggetti che sono costretti a parlare in ambienti rumorosi. In questo contesto il livello di fonazione viene elevato, con un conseguente aumento della frequenza fondamentale (effetto *Lombard*).

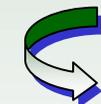
Al fine di quantificare la sollecitazione dell'apparato fonatorio su un lungo periodo, alcuni autori propongono la misura del livello di vibrazione della glottide durante la fonazione, rilevato mediante accelerometro fissato sul collo tra lo sterno e la laringe .

E' stato realizzato, su tale principio, e posto in commercio uno strumento Ambulatoriale per il Monitoraggio della Fonazione (APM).

OGGETTO DEL PRESENTE LAVORO



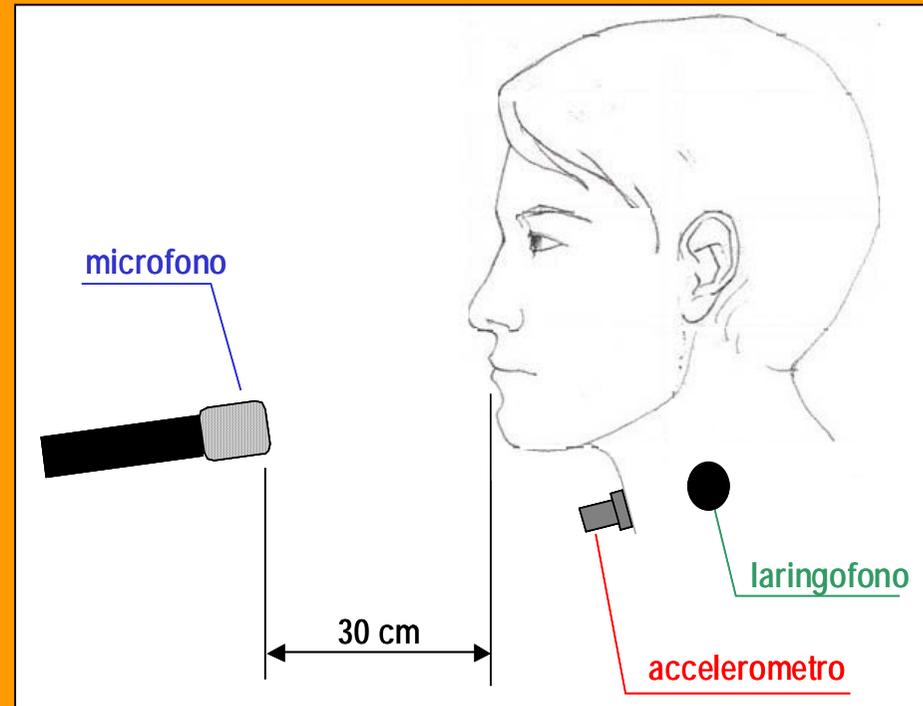
E' quello di:

-  verificare l'impiego di un sistema a larga banda per estrarre parametri significativi a valutare la qualità della voce
-  individuare quali tra i diversi parametri utilizzati nella prassi clinica meglio si adatta per diagnosticare eventuali future patologie vocali
-  definire un protocollo di indagine per la valutazione delle capacità di recupero fonatorio

Verificare l'impiego di un sistema a larga banda per estrarre parametri significativi a valutare la qualità della voce

Si propone l'impiego di un laringofono (microfono a contatto) collegato al sistema di analisi portatile (registratore digitale opportunamente tarato).

Al fine di verificare l'impiego del laringofono si confrontano i segnali acquisiti mediante l'accelerometro e il laringofono con il segnale microfonico, acquisito contemporaneamente a 30 cm dalla bocca.

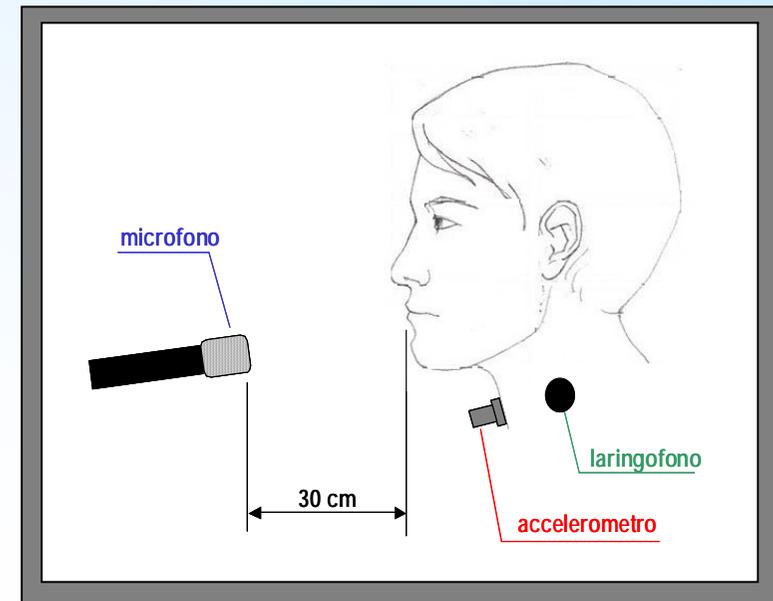


L'accelerometro si rivela un trasduttore limitato in banda di frequenze che, se facilita l'estrazione della frequenza fondamentale della voce, limita l'energia che si distribuisce a livello delle seconde, terze e quarte formanti.

Il laringofono, invece, fornisce un segnale, in ampiezza, più stabile ed a banda più larga.

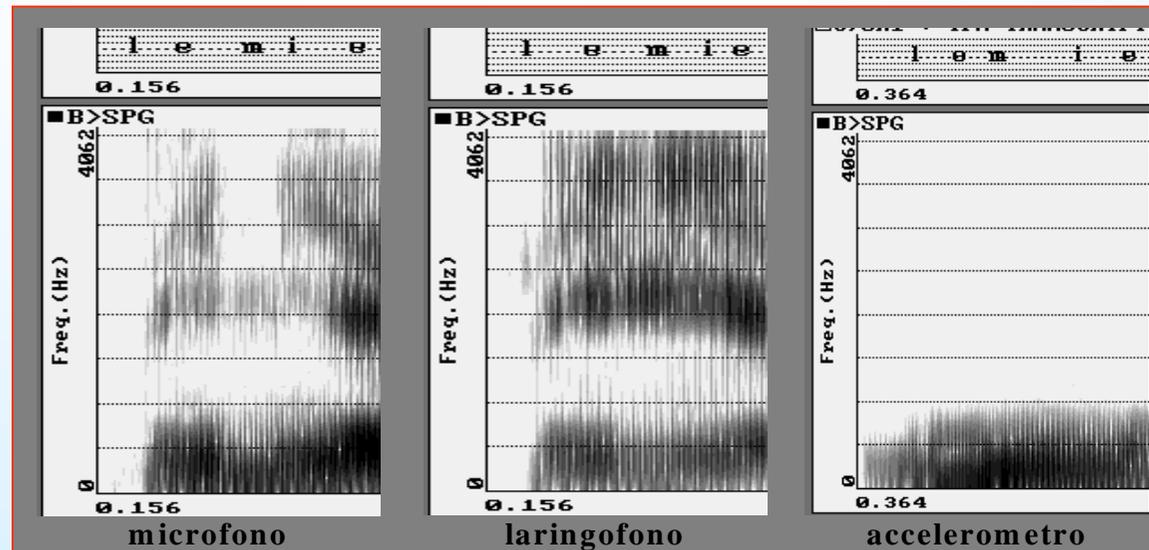
Qualità del segnale a larga banda

Per valutare la qualità del segnale in funzione dell'analisi elettroacustica, vengono effettuate prove di laboratorio, registrando contemporaneamente su tre canali il segnale acquisito da un microfono posto a 30 cm dalla bocca, quello di un accelerometro posto tra lo sterno e la laringe e quello rilevato dai sensori del laringofono, posto su ambo i lati della glottide.



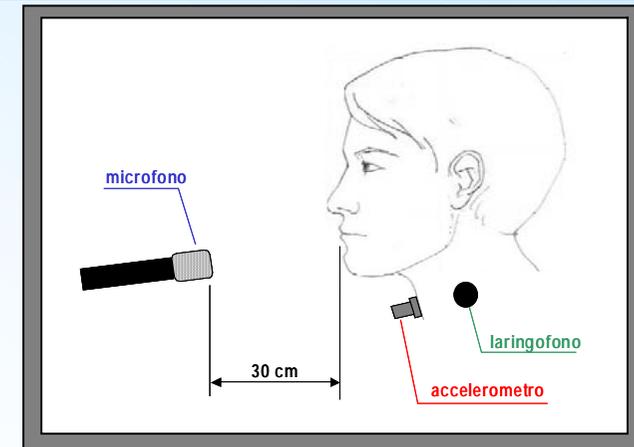
Frase: "le mie"

Analisi spettrografica dei segnali captati dal microfono, laringofono ed accelerometro.



Qualità del segnale a larga banda

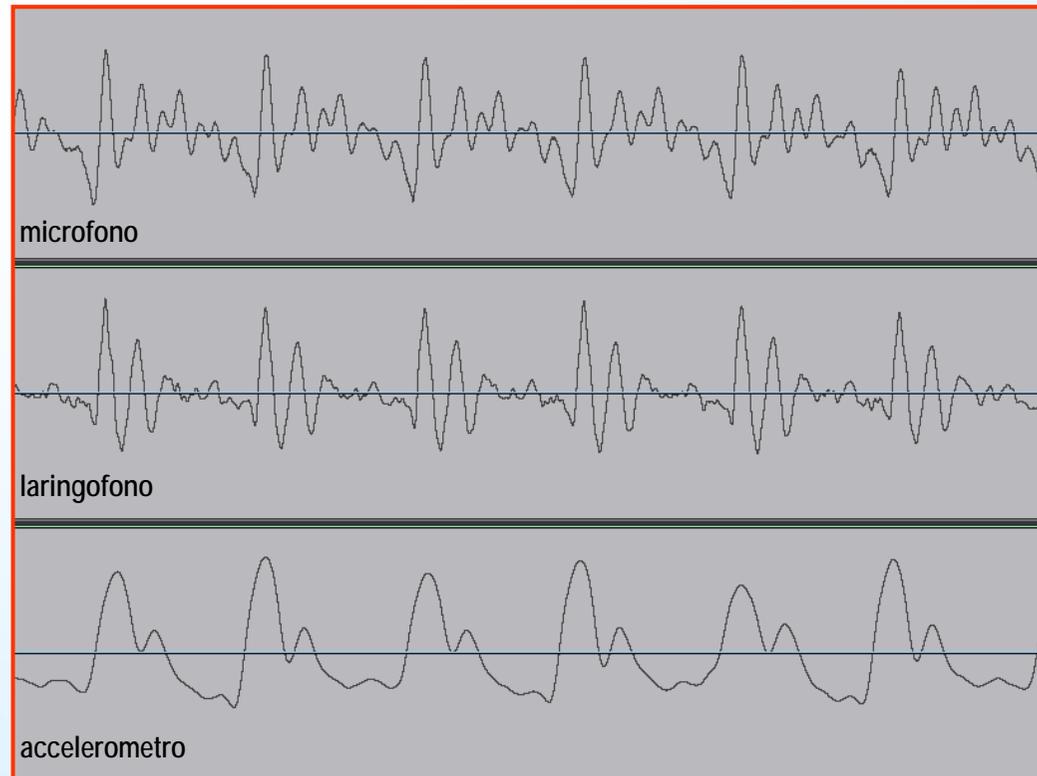
La forma d'onda dei tre segnali acquisiti evidenzia il vantaggio di utilizzare il segnale accelerometrico per estrarre la frequenza fondamentale F_0 .



Vocale sostenuta: /a/

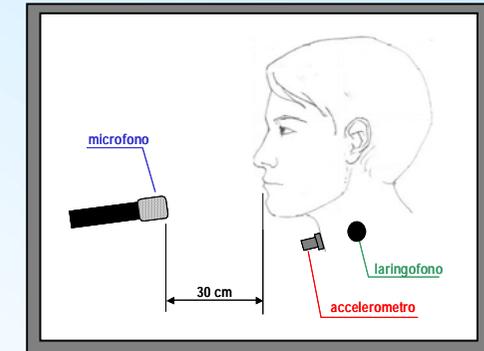
Forma d'onda dei tre segnali acquisiti contemporaneamente.

Il soggetto pronuncia una **/a/** sostenuta per alcuni secondi



Qualità del segnale a larga banda

La risposta in frequenza del condotto vocale, ottenuta impiegando il predittore lineare, evidenzia una migliore attitudine del segnale microfonico a riprodurre le formanti F1, F2 ed F3.



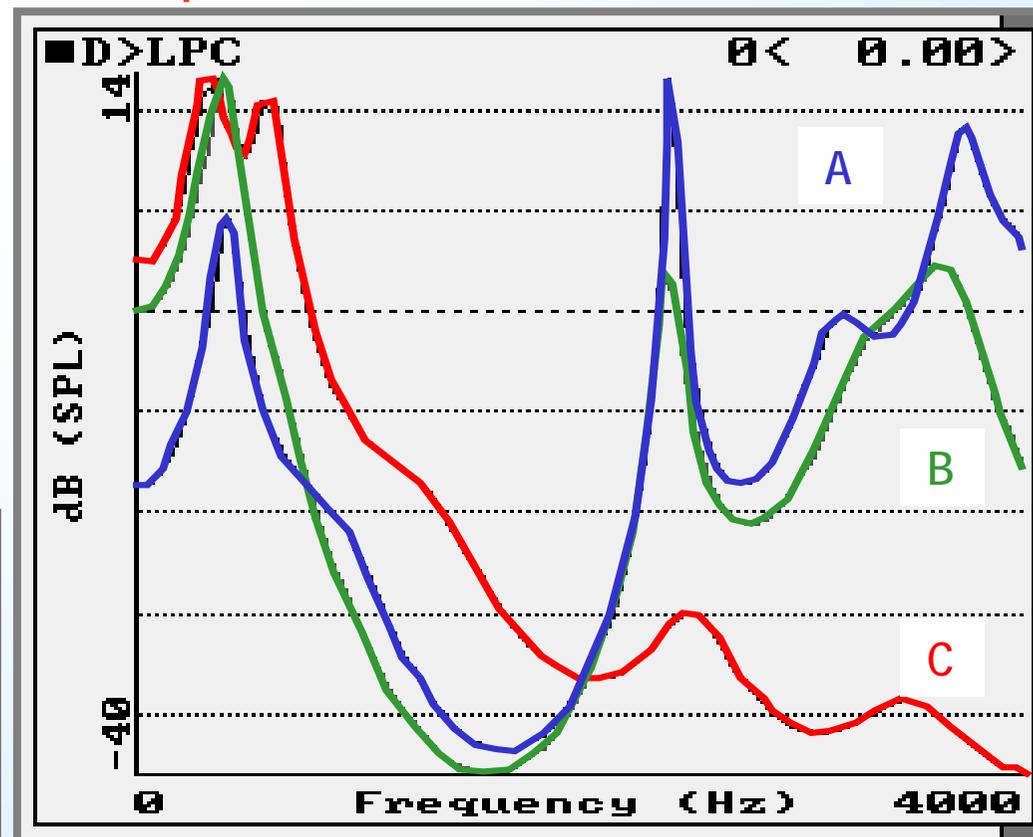
Vocale pronunciata: /i/

Il segnale del laringofono presenta una difficoltà a separare, nell'esempio, la terza e la quarta formante in quanto il segnale risente maggiormente delle risonanze della trachea.

A – segnale microfonico

B – segnale del laringofono

C – segnale dell'accelerometro



Individuare quali, tra i diversi parametri utilizzati nella prassi clinica, meglio si adattano per diagnosticare eventuali future patologie vocali

I parametri si dividono in OTTO CATEGORIE:

1. parametri legati alla frequenza fondamentale (parametri statistici);
2. parametri legati alle perturbazioni della frequenza fondamentale a breve ed a lungo termine;
3. parametri legati alle perturbazioni a breve ed a lungo termine dell'ampiezza;
4. parametri legati all'interruzione della voce;
5. parametri correlati con la produzione di sub_armoniche;
6. parametri collegati alla irregolarità di fonazione;
7. parametri legati alla presenza di rumore durante la fonazione;
8. parametri collegati alla presenza di tremore durante la fonazione.

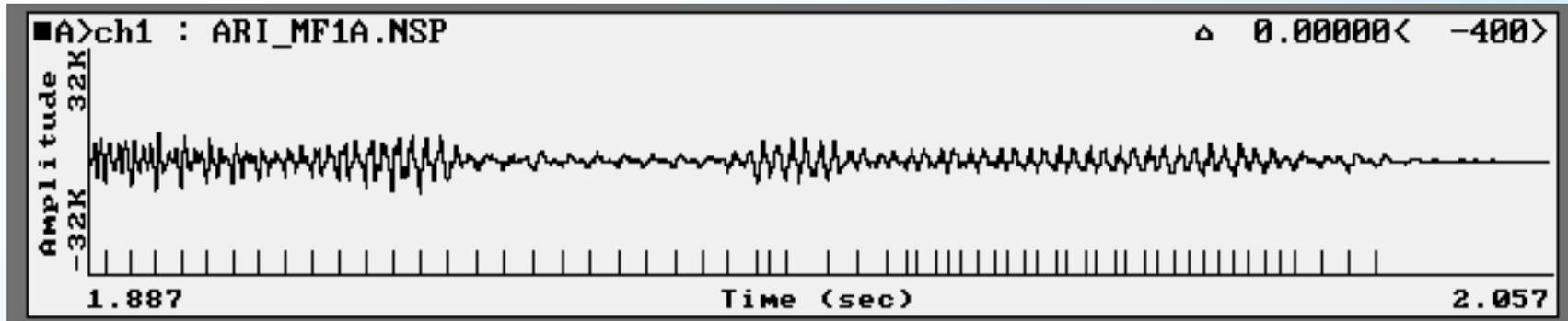
Dal punto di vista clinico i valori che assumono tali parametri sono stati classificati in relazione ad una voce senza patologie. Valori che superano i valori limite sono indice di particolari patologie.

LA QUALITA' DELLA VOCE

Si considerano i seguenti parametri estratti dalla pronuncia della **vocale /a/ sostenuta**

Parametro	Descrizione	Valore di riferimento
ATRI	Amplitude Tremor Intensity Index (profondità di modulazione)	4,37 %
VAM	Coefficient of – Amplitude Variation (scarto tipo delle ampiezze)	8,20 %
SAPQ	Smoothed Amplitude Perturbation Quotient (variabilità dell'ampiezza)	4,23 %
SHIM	Shimmer (variabilità dell'ampiezza pp tra periodo e periodo)	3,81 %
VF0	Fundamental Frequency Variation (scarto tipo della F0)	1,10 %
SPPQ	Smoothed Pitch Perturbation Quotient (variabilità del periodo a breve)	1,02 %
PPQ	Pitch Perturbation Quotient (variabilità del periodo a breve 5 periodi)	0,84 %
RAP	Relative Average Perturbation (variabilità del periodo a breve 3 periodi)	0,68 %
JITT	Jitter (variabilità del periodo a breve termine: tra periodo e periodo)	1,04 %
DSH	Degree of Sub harmonics (stimata rispetto a F0)	1,00 %

IL RUOLO DELLA FREQUENZA FONDAMENTALE F0

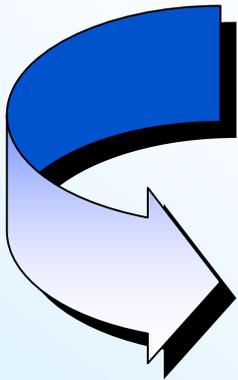


La frequenza fondamentale F0 è alla frequenza con cui vibrano le corde vocali per cui è indice del numero di collisioni al secondo nel periodo di tempo in cui avviene la fonazione dei suoni vocalici (*voiced*).

Gli algoritmi implementati per estrarre la F0 sono numerosi e si avvalgono di tecniche di correlazione, di tecniche basate sugli attraversamenti dello zero (*zero-crossing*) e di tecniche che ricorrono all'analisi cepstrale del segnale.

In tutti gli algoritmi è presente l'errore di una falsa estrazione di F0 specialmente se vi è una rapida variazione della frequenza fondamentale.

Verifica della estrazione della frequenza fondamentale F0



Si estrae il valore della frequenza fondamentale del segnale captato dal microfono, dall'accelerometro e del laringofono e si confrontano i risultati espressi dalla densità di probabilità. Il soggetto ripete lo stesso discorso con voce normale e con voce "più forte"

Il ruolo dell'ampiezza del segnale

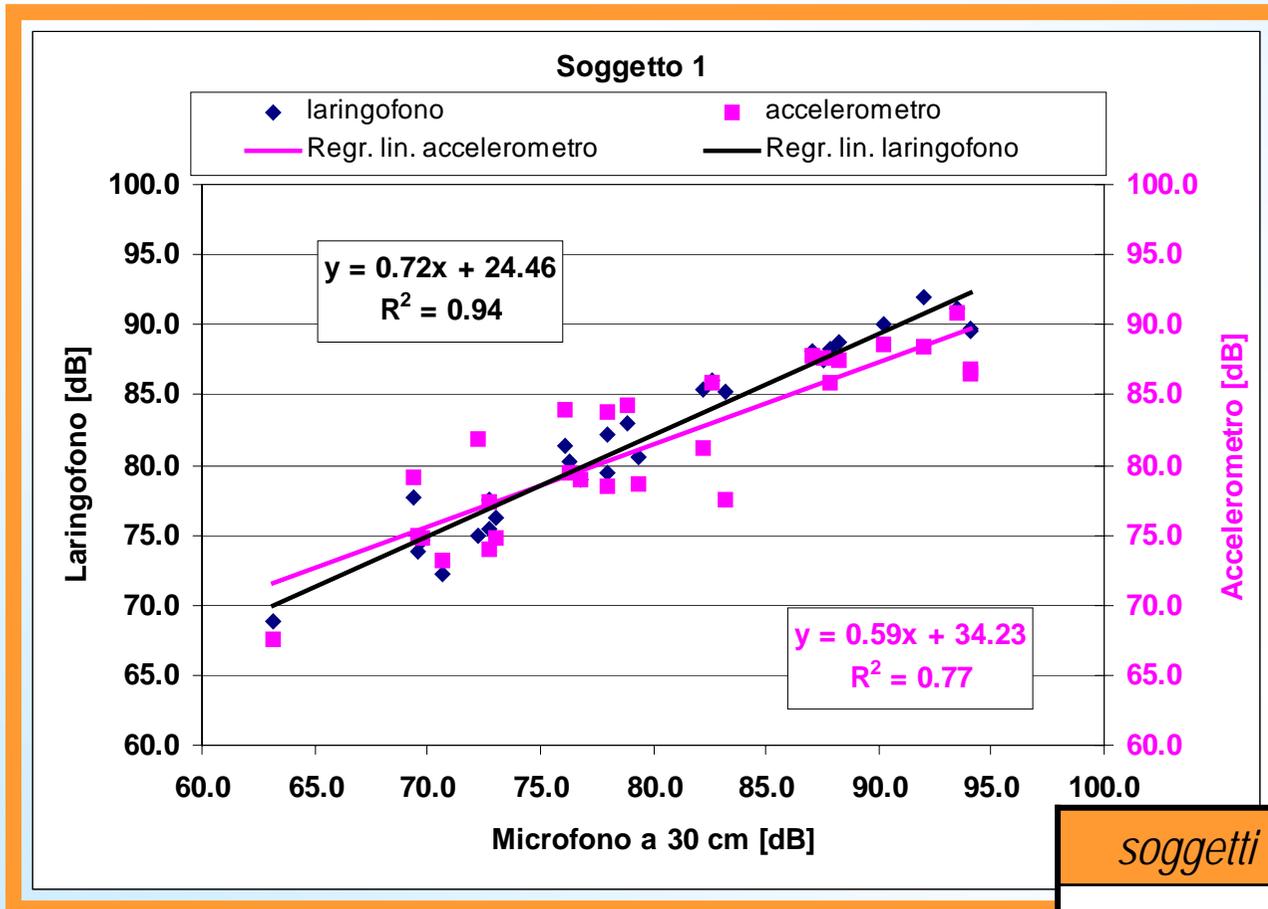
L'intensità di emissione della voce è legata al flusso d'aria che attraversa le corde vocali ed alla capacità delle stesse di modulare, in ampiezza e frequenza, tale flusso d'aria.

Un aumento di intensità della voce porta ad un aumento della frequenza fondamentale in quanto aumenta la tensione delle corde vocali. Si vuole verificare la linearità che sussiste tra livello di pressione sonora rilevato dal microfono e livello del segnale registrato con il laringofono e con l'accelerometro.

Si misura il livello equivalente di ciascun segmento di suono e si riportano i valori su un grafico dove sulla ascissa è riportato il livello rilevato dal microfono, mentre sulla ordinata quello rilevato dal laringofono o dall'accelerometro.

Il ruolo dell'ampiezza del segnale

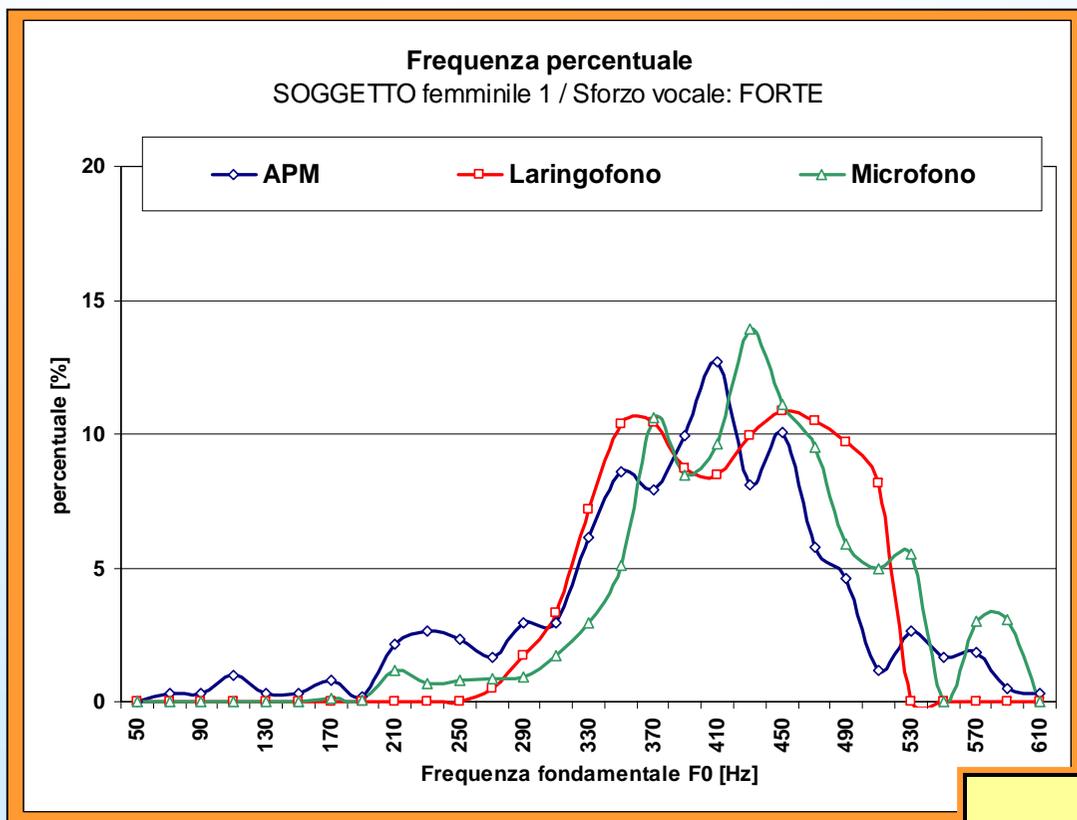
La calibrazione in ampiezza



<i>soggetti</i>	<i>accelerometro</i>	<i>laringofono</i>
soggetto RA	$R^2=0.77$	$R^2=0.94$
soggetto PA	$R^2=0.49$	$R^2=0.30$
soggetto FA	$R^2=0.16$	$R^2=0.63$

Il ruolo della frequenza fondamentale

La verifica dell'algoritmo di calcolo di F0



	LARINGOFONO [Hz]	MICROFONO [Hz]	APM [Hz]
media	403	440	382
min	270	153	67
max	500	769	648
dev.st	59	105	96

IL PROTOCOLLO DI INDAGINE PER LA VALUTAZIONE DELLE CAPACITA' DI RECUPERO FONATORIO

- ◆ Si acquisisce il segnale vocale, mediante laringofono, su un registratore digitale.
- ◆ Lo sforzo vocale si manifesta per un periodo di tempo sufficientemente lungo (lezione per gli insegnanti, prove di canto, etc.) per cui il soggetto indossa il laringofono collegato al registratore tascabile.
- ◆ Il soggetto, prima della attività lavorativa, pronuncia una /a/ sostenuta, con voce normale. Durante l'attività viene registrata la voce per la successiva dosimetria vocale.
- ◆ Dopo lo sforzo vocale il soggetto ripete la stessa vocale /a/ sostenuta e con voce normale.

SI ANALIZZANO TRE EPISODI:

analisi della
/a/ sostenuta
PRIMA
dello sforzo vocale

Estrazione dei parametri MDVP
Multidimensional Voice parameter

analisi dell'INTERO
impegno vocale

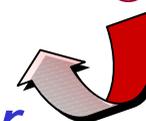
Dosimetria vocalica

analisi della
/a/ sostenuta
DOPO
dello sforzo vocale

Estrazione dei parametri MDVP
Multidimensional Voice parameter

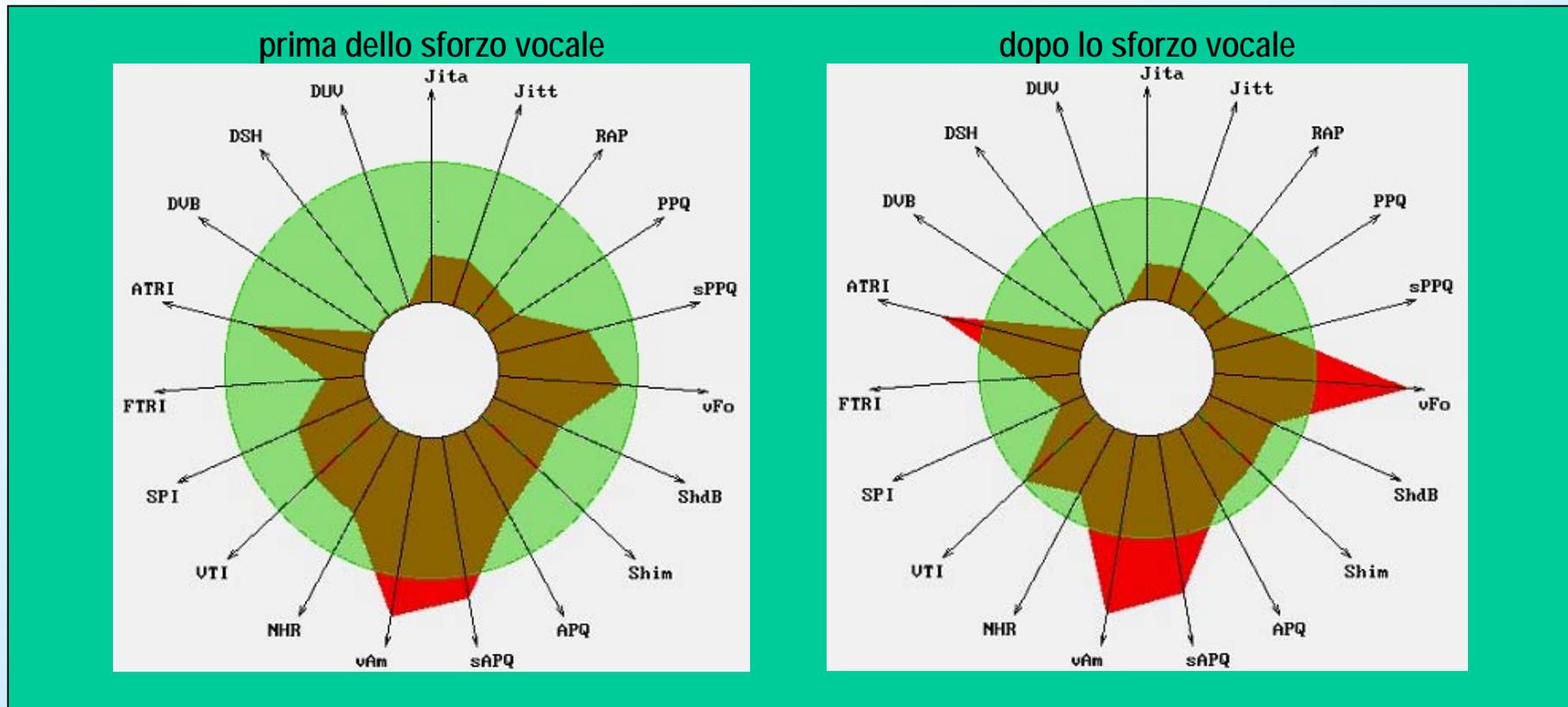


C
O
N
F
R
O
N
T
O



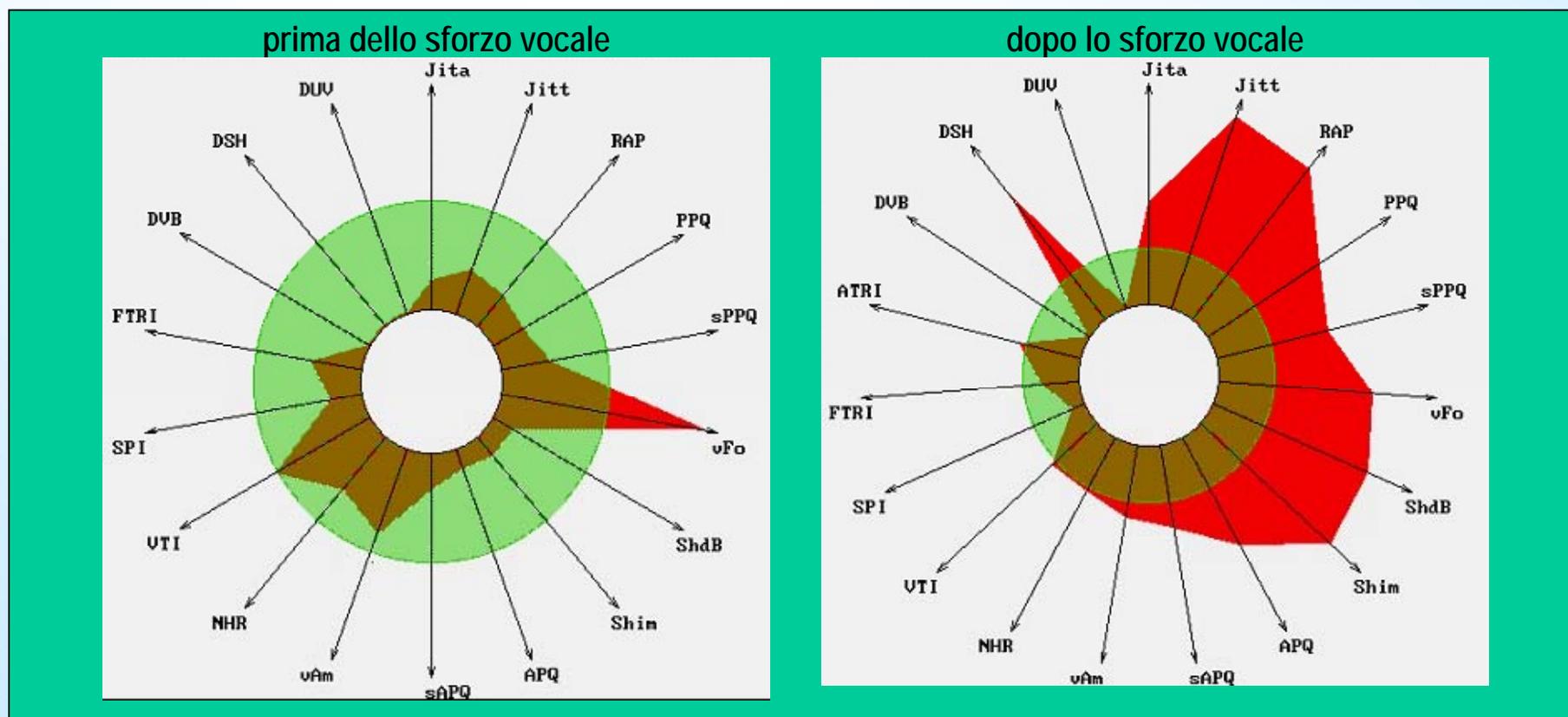
Comparazione dei valori numerici dei parametri più significativi

Esempio dell'analisi della voce di un CANTANTE *prima* e *dopo* lo sforzo vocale



I valori, normalizzati sui dati di riferimento, sono riportati su un cerchio di raggio unitario. La prova di canto ha impegnato il cantante per alcune ore. I parametri che superano i valori di normalità si collocano fuori dal cerchio di riferimento

Esempio dell'analisi della voce di un INSEGNANTE DI BALLO
prima e dopo lo sforzo vocale eseguito impartendo istruzioni e battendo il
 tempo contemporaneamente allo sforzo fisico per l'impegno nel ballo



La differenza tra i due soggetti è notevole in quanto il cantante ha una voce educata per la sua professione, per cui si allena a mantenere invariato il timbro, l'estensione vocalica, la qualità di emissione, la respirazione, etc..

L'insegnante di ballo, invece, utilizza la voce al solo scopo di impartire delle istruzioni e di contare, a ritmo di musica, per la sincronizzazione dei passi.

Parametro	Voce maschile		Voce femminile	
	prima	dopo	prima	dopo
ATRI – Amplitude Tremor Intensità Index %	3,63	6,31		4,87
VAM – Peak – Aplitude Variation %	10,70	14,60	6,76	10,59
SAPQ – Smoothed Amplitude Perturbation Quotient %	4,94	6,60	1,36	6,23
SHIM – Shimmer %	2,12	2,82	0,82	12,15
SHDB – Shimmer dB	0,18	0,25	0,07	1,07
VFO – Fundamental Frequency Variation %	0,981	2,13	2,10	3,05
SPPQ – Smoothed Pitch Perturbation Quotient %	0,69	0,69	0,47	2,12
PPQ – Pitch Perturbation Quotient %	0,20	0,22	0,27	2,02
RAP – Relative Average Perturbation %	0,17	0,19	0,25	2,34
JITT – Jitter %	0,36	0,38	0,44	3,78
JITA – Absolute Jtter	27,90	29,60	21,80	151,93
DSH – Degree of Sub_harmonics %	0,00	0,00	0,00	37,84

Il soggetto con apparato fonatorio NON allenato a sopportare lo sforzo vocale presenta significative variazioni dei seguenti parametri:

SHIM – Shimmer: variabilità dell'ampiezza picco-picco tra periodo e periodo

SPPQ – Smoothed Pitch Perturbation Quotient: variabilità del periodo a tempo breve

PPQ – Pitch Perturbation Quotient: Variabilità media del periodo su 5 campioni

RAP – Relative Average Perturbation: Variabilità media del periodo su 3 campioni

JITT – Jitter: variabilità
tra periodo e
periodo
successivo

