

Bollettino del Laboratorio di
FONETICA SPERIMENTALE
«Arturo Genre»
dell'Università di Torino



Bollettino del Laboratorio di Fonetica Sperimentale

«Arturo Genre»

dell'Università di Torino

Pubblicazione semestrale

COMITATO SCIENTIFICO

- | | |
|---|---|
| MARIA GRAZIA BUSÀ – Dip. di Studi linguistici e letterari – Università di Padova | ANTONIO ROMANO – Dipartimento di Lingue e L.S. e C.M. – Università di Torino |
| ELISABETTA CARPITELLI – Dép. Parole et Cognition GIPSA-Lab. – Université Grenoble-Alpes | MATTEO RIVOIRA – Dipartimento di Studi Umanistici – Università di Torino |
| MARCO GAMBA – Dipart. di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi – Università di Torino | MAURO TOSCO – Dipartimento di Studi Umanistici – Università di Torino |
| JOHN HAJEK – Research Unit for Multilingualism University of Melbourne | MAURO UBERTI – Comitato scientifico Laboratorio di Fonetica Sperimentale «Arturo Genre» |
| PAOLO MAIRANO – Université de Lille | FABIÁN SANTIAGO VARGAS – Structures Formelles du Langage – Université de Paris 8 |
| CARLA MARELLO – Dip. di Lingue e Lett. Straniere e Culture Moderne – Università di Torino | STEPHAN SCHMID – Laboratorio di Fonetica – Università di Zurigo |
| VICTORIA MARRERO – UNIED Madrid | MARIE BERTHE VITTOZ – Centro Linguistico di Ateneo – Università di Torino |
| LORENZO MASSOBRIO – Istituto dell'Atlante Linguistico Italiano – Università di Torino | |
-

Direttore scientifico: ANTONIO ROMANO

COMITATO EDITORIALE

- | | |
|--|---|
| VALENTINA COLONNA – Dipartimento di Lingue e L.S. e C.M. – Università di Torino | MATTEO RIVOIRA – Dipartimento di Studi Umanistici – Università di Torino |
| VALENTINA DE IACOVO – Dipartimento di Lingue e L.S. e C.M. – Università di Torino | ANTONIO ROMANO – Dipartimento di Lingue e L.S. e C.M. – Università di Torino |
| PAOLO MAIRANO – Univ. de Lille – Laboratorio di Fonetica Sperimentale «Arturo Genre» | MAURO UBERTI – Comitato scientifico Laboratorio di Fonetica Sperimentale «Arturo Genre» |

Direttore responsabile: MAURO UBERTI

DIREZIONE E REDAZIONE

Laboratorio di Fonetica Sperimentale «Arturo Genre» dell'Università di Torino

Via Sant'Ottavio n. 20, 10124 Torino - E-MAIL: lfsag.unito@gmail.com

<http://www.lfsag.unito.it/ricerca/phonews/index.html>

Registrazione del Tribunale Ordinario di Torino n° 33 del 22 maggio 2018

Stampato in proprio.

Bollettino del Laboratorio di
FONETICA SPERIMENTALE
«Arturo Genre»
dell'Università di Torino

N. 7 – Giugno 2021

SOMMARIO

ANTONIO ROMANO,	Presentazione	1	
ANTONIO ROMANO,	<i>Etico vs. emico</i> e la linguistica in Italia oggi	3	
MAURO UBERTI,	La partecipazione di tutto il corpo alla produzione della voce	15	
NATHALIE HEINRICH BERNARDONI,	La voce umana, dal respiro al canto	43	
PHONEWS			
<i>(a cura di VALENTINA DE IACOVO)</i>			
<i>World Voice Day One world – Many voices</i> (Giornata della Voce 2021)			59
Norme editoriali			61

La partecipazione di tutto il corpo alla produzione della voce

Mauro Uberti

1. Introduzione

La partecipazione di tutto il corpo alla produzione della voce è l'argomento che, a cominciare da un certo momento della mia vita, ha occupato maggiormente il mio interesse; la perdita della voce, infatti, e la necessità di recuperare questa funzione fisiologica per svolgere il mio lavoro di insegnante mi avevano messo improvvisamente nella necessità di darmi da fare in prima persona per recuperarla, dato che la medicina non sembrava essere in grado di aiutarmi. La ricerca svolta sul mio corpo per recuperare la voce e la sperimentazione su quella degli allievi, quando poi mi trovai ad insegnare canto, mi hanno portato progressivamente alla consapevolezza di meccanismi fisiologici dei quali prima non ero cosciente e che riguardano la partecipazione di tutto il corpo alla produzione della voce.

Tali meccanismi sono sotto gli occhi di tutti, ma per quanto mi sia dato da fare non riesco a trovarne traccia nella letteratura scientifica; o, meglio, anche se qualche indizio della consapevolezza degli organi del corpo e delle loro funzioni nella produzione della voce qua e là lo incontro non vi riconosco risultati o consapevol-

ze corrispondenti a quelli della mia esperienza personale. Ritengo quindi opportuno raccontare il mio vissuto ed esporre le conoscenze che mi pare di aver conseguito.

Sono conscio del fatto che lo scritto presente è di tipo autobiografico e quindi insolito in ambito scientifico, ma, dato che non conosco esperienze che aggiungendosi alla mia possano dare valore statistico a quanto sto per dire, avendo io applicato efficacemente sugli allievi i risultati delle osservazioni e delle sperimentazioni fatte su me stesso presumo di poter attribuire a queste un valore in qualche modo sperimentale.

2. Il coordinamento pneumofonico

Stante la mia costituzione fisica di longilineo, la mia respirazione spontanea è di tipo costo-apicale¹. Ne consegue che nella fase espiratoria della respirazione sono indotto a contrarre

1. Devo aggiungere di aver scoperto più tardi di essere anche affetto da reflusso gastro-esofageo, ma a quei tempi nessun medico prese nemmeno in esame questa possibilità. Del resto, se devo giudicare dalle date delle pubblicazioni mediche che trattano degli effetti del reflusso gastroesofageo sulla voce, la foniatria si occupa della relazione tra queste due funzioni fisiologiche soltanto da poco più di una trentina d'anni.

la parte epigastrica della muscolatura addominale dividendo la pressione sulla massa dei visceri in due direzioni: una orientata in alto verso la gabbia toracica e l'altra in basso verso il bacino. Questo tipo di comportamento respiratorio, oltre a ridurre il sostegno meccanico a tutto l'apparato respiratorio, determina una contrattura delle corde vocali più o meno intensa e costante², ma analoga a quella che si forma quando ci si mette sotto sforzo per sollevare un peso.

Nel 1962 incominciai ad insegnare Matematica e Osservazioni scientifiche nella scuola media e cercai di farlo parlando ad alta voce per farmi sentire bene dagli allievi. Vociferando nelle condizioni respiratorie che ho detto, in capo ad una ventina di giorni mi ritrovai completamente afono.

Nell'immediato feci fronte al problema parlando con voce bisbigliata – la sola rimasta – in un microfono e rendendo percettibili i miei sussurri con un amplificatore. Contemporaneamente mi rivolsi alla foniatria, ma il solo specifico rimedio che mi fu dato furono delle sedute ambulatoriali nelle quali dovevo tenere un vibratore applicato alla laringe per rinforzare con una sorta di ginnastica forzata le corde vocali. I risultati erano praticamente nulli.

Compresi che dovevo trovare io

2. Contrattura detta in foniatria «ipercinesia vocale».

una soluzione e, essendo un biologo e avendo meditato sui sotto-problemi dei quali il mio problema vocale poteva essere composto, giunsi finalmente al Servizio di Fisiologia respiratoria dell'Università di Torino dove conobbi Miss Gladys Storey, la docente del corso di Aggiornamento di tecnica della riabilitazione respiratoria del Centro toraco-polmonare dell'Università di Torino. Miss Storey mi diede una visione completa della meccanica respiratoria e mi consigliò gli esercizi di ginnastica presentati nel *Manuale di fisioterapia toraco-polmonare* di Felice Viglione³. Praticai quegli esercizi e progressivamente la voce tornò. Intanto, istruito da quanto avevo imparato sul manuale, andavo esplorando il mio corpo per sensazioni, scoprivo per tentativi ed errori i rapporti che esistono fra la meccanica respiratoria e quella fonatoria ed imparavo a sostenere l'attività della mia laringe manovrando nel modo opportuno la muscolatura corporea. Realizzavo cioè con il controllo consapevole l'accordo pneumofonico spontaneo che la natura non mi aveva dato.

Nel 1973 cambiai mestiere e divenni insegnante al Conservatorio di Pesaro⁴; poi, nel 1977, approdai al Conservato-

3. Viglione (1959); Storey (1979).

4. Parallelamente alla mia attività scientifica e didattica avevo intanto svolto attività concertistica come direttore di un sestetto madrigalistico e l'avevo accompagnata con ricerche nel campo della vocalità antica.

rio di Parma dove dopo due anni, stan- te il carattere sperimentale del Liceo del Conservatorio nel quale mi ero trovato ad insegnare, proposi al direttore del Conservatorio, m^o Piero Guarino, di istituire un corso sperimentale di canto sulla base della mia esperienza vocale. Egli acconsentì e dal 1979 il Liceo fu dotato di un corso denominato Pre- canto, che ebbe caratteristiche diverse da quelle dei corsi normali di Canto, nei quali si insegna specificamente can- to lirico. Due caratteristiche distintive del corso erano quella di ammettervi allievi iscritti al primo anno di liceo – cioè ragazzi, sia maschi che femmine, dell'età di 14 anni mentre l'età minima di ammissione ai corsi normali di Can- to di conservatorio era ed è di 16 anni per le donne e di 18 per gli uomini – nonché quella di non sottoporli ad una selezione vocale di ammissione al cor- so nell'ipotesi di lavoro che nello svol- gimento del corso fosse possibile far loro costruire il coordinamento pneu- mofonico necessario a cantare⁵. Mia fortuna fu quella di avere come collega di Educazione fisica Angelo Morandi, insegnante di ginnastica in possesso di una laurea in medicina⁶. Egli aveva ca- pito perfettamente il problema e diede

piena collaborazione al mio esperimento con un corso di ginnastica respirato- ria fatto su misura per allievi cantanti⁷.

Nei primi anni '80 del secolo scorso fui invitato dal prof. Melchiorre Masali, titolare della cattedra di Antropologia ed antropometria dell'ISEF⁸ di Torino, a tenere dei seminari sulla ginnastica respiratoria in relazione alla voce e ne seguì un incarico quale relatore di un certo numero di tesi sull'argomento. Le tesi, tutte a carattere sperimentale, prendevano di volta in volta in esame specifiche e diverse categorie di pro- fessionisti della voce: insegnanti, can- tanti, attori, ecc.⁹ Anche in questo caso i risultati pratici delle tesi contribuirono a mettere in evidenza i vantaggi di un corretto accordo pneumofonico

per un bombardamento. Era riuscito tuttavia a laurearsi, ma, essendo rimasto sordo, dato che a quei tempi la timpanoplastica era una pratica ancora rudimentale, non aveva potuto fare il medico. Si era quindi riciclato come insegnante di Educazione fisica occupandosi comunque della riabilitazione dei bambini mutilati di guerra. La ricostruzione chirurgica dei suoi timpani era avvenuta quando era ormai tardi per met- tersi a fare il medico.

7. Cfr. Morandi (1985).

8. L'ISEF (Istituto Superiore di Educazione Fisica) era l'istituto di istruzione superiore che, a partire dal secondo dopoguerra, formava gli insegnanti di Educazione fisica tramite corsi triennali che rilasciavano un diploma post-se- condario. A partire dal 1998, dopo la riforma che ha reso obbligatoria la laurea per insegna- re nelle scuole, ne hanno assunto le funzioni i corsi di laurea in scienze motorie.

9. Cfr., e.g., Bottero (1983).

5. Sul perché di questa scelta cfr. Uberti (1986).

6. Angelo Morandi, studente di medicina in tempo di guerra, aveva perso l'udito per le le- sioni ai timpani subite a Voghera dove i tede- schi l'avevano portato a scaricare un treno di munizioni che, mentre lui lavorava, era esploso

nell'uso professionale della voce.

Avendo collaborato, dal 1982 al 1988, con «Tuttoscienze», supplemento settimanale di divulgazione scientifica del quotidiano *La Stampa*, che pubblicò una serie di miei articoli sulla voce, fui richiesto da alcuni lettori di interventi di vario tipo – seminari, corsi di aggiornamento o vere e proprie lezioni individuali – nell'ambito dei quali ebbi modo di fare ulteriori e più varie esperienze.

Intanto procedevo nell'esplorazione del mio corpo per sensazioni; esplorazione che si andava estendendo perché, sia la sperimentazione metodica con i miei allievi, sia gli spunti per l'osservazione che avevano origine da eventi occasionali, mi portavano a scoprire aspetti nuovi del coinvolgimento di tutto il corpo nell'emissione della voce.

Come la medicina dello sport ha perseguito e persegue conoscenze utili anche nella medicina ordinaria osservando il comportamento del corpo in condizioni di impegno particolari, così l'osservazione e la sperimentazione nell'ambito dell'insegnamento del canto – attività, questa, nella quale l'emissione della voce è il risultato di comportamenti muscolari più impegnativi di quelli in uso nella voce parlata – possono mettere in evidenza fatti e comportamenti fisiologici che nella quotidianità sfuggono. Fondamentale, nel mio caso, la comprensione dell'interazione fra la muscolatura articolatoria e quella respiratoria

nella produzione della voce nonché, di conseguenza, degli effetti di tale interazione sulla struttura acustica di questa.

3. La funzione primaria della laringe¹⁰

Per quanto nella sua storia evolutiva la laringe, sia pure in forme ancora rudimentali, compaia già negli Anfibi in qualità di organo produttore del suono, nei Mammiferi essa assume il compito primario di chiusura meccanica della struttura costituita dall'apparato respiratorio e dalla gabbia toracica. In questa struttura la laringe funziona a volta a volta da otturatore o da ammortizzatore a seconda delle occasioni in cui il corpo si trova ad essere impegnato in uno sforzo muscolare. Nei Mammiferi gli arti anteriori sono collegati al tronco per mezzo della cintura toracica¹¹. In essi la solidità della gabbia toracica, che dà attacco a tali arti, è assicurata dalla chiusura della trachea; chiusura che, im-

10. In questa sede do per scontato che chi legge abbia le conoscenze fondamentali dell'anatomia e del funzionamento della laringe.

11. La cintura toracica, detta anche cintura scapolare, è l'anello di ossa che unisce gli arti superiori (o anteriori nel caso dei quadrupedi) al tronco e che nell'Uomo è costituito dalle due scapole e dalle due clavicole. A differenza della cintura pelvica – detta anche, questa, bacino o pelvi – non è connessa direttamente con la colonna vertebrale. Dorsalmente si appoggia con la scapola alla gabbia toracica e ventralmente, tramite la clavicola, si connette allo sterno. In Mammiferi come il Cane e il Cavallo, però, è priva della clavicola e si riduce alla scapola.

pedendo ai polmoni di svuotarsi, impedisce anche alle coste di cedere e consente loro di fare da supporto valido agli sforzi degli arti superiori¹². Questo fatto consente all'individuo di compiere le azioni muscolari nei quali è impegnato.

Per quanto riguarda in particolare l'Uomo, è esperienza comune, per esempio, l'impressione di perdere le forze se ci si fa ridere mentre si regge un peso; nonostante tale impressione non è vero che si perdano le forze, ma, col ridere, la laringe si apre, l'aria sfugge, le coste cedono e la gabbia toracica non offre più un attacco solido ai muscoli delle braccia. La laringe, cioè, non svolge più la sua funzione di otturatore¹³.

Per quanto riguarda invece la funzione della laringe come ammortizzatore è di nuovo esperienza comune quella di trovarsi a dover reggere un peso considerevole e quindi emettere forzatamente un gemito nel momento in cui ci se ne fa carico. In ambito sportivo, per esempio, è abituale per gli atleti del getto del peso o del lancio del disco emettere un gemito nel momento in cui essi rilasciano l'attrezzo.

Stanti queste considerazioni, nella laringe la funzione di chiusura meccanica appare primaria rispetto a quella fonatoria in quanto indispensabile anzitutto allo svolgimento della vita.

12. Per avere un'idea degli sforzi ai quali è sottoposta, e.g., la gabbia toracica di un cavallo nella corsa cfr. il filmato Muybridge (1878).

13. Cfr Uberti (1982). Sitografia, Uberti (1982).

Tanto considerato mi pare ragionevole valutare la fonazione come una funzione secondaria di quest'organo e ritenere quindi la comunicazione sonora come conseguenza della possibilità, da parte della laringe, di modulare suoni come quelli che essa può emettere nello svolgimento della sua funzione ammortizzatrice¹³. Per avere un modello analogo e facilmente visibile di adattamento di un organo da una funzione all'altra si pensi alle labbra che, formatesi per succhiare il latte materno e poi masticare e trattenere il cibo in bocca, possono fare pernacchie e suonare strumenti a fiato.

4. La laringe come organo otturatore, ammortizzatore e fonatore

Piuttosto pare importante prendere in esame gli elementi che compongono la laringe in relazione alle citate funzioni di otturazione e ammortizzazione. Le corde vocali, che in condizioni normali stanno in posizione aperta per dare passaggio all'aria respiratoria, avvicinate e messe a contatto dalla rotazione all'indietro delle cartilagini aritenoidi possono entrare in tensione sia per contrazione attiva che per distensione passiva. Se entrano in

13. Del resto derivano dalle loro funzioni primarie anche le possibilità articolatorie impiegate nella produzione della voce da parte degli organi detti appunto articolatori, ma che sono quelle della suzione, dell'assunzione del cibo solido, della masticazione e della deglutizione.

contrazione attiva esse si ispessiscono e chiudono saldamente la trachea fungendo da otturatore del sistema respiratorio; se invece entrano in distensione passiva per l'accentuazione della rotazione all'indietro delle cartilagini aritenoidi nonché per l'inclinazione in avanti della cartilagine tiroide, l'otturazione del condotto respiratorio non è più così salda e la sfuggita della quantità opportuna di aria trasforma la gabbia toracica in ammortizzatore; essa infatti può ridurre elasticamente, se pure in modo limitato, la sua resistenza alla pressione interna dell'aria contenuta nei polmoni. Naturalmente la contrazione attiva e la distensione passiva non si escludono a vicenda e di conseguenza le funzioni meccaniche di otturazione e di ammortizzazione sfumano una nell'altra.

Le condizioni di contrazione attiva e di distensione passiva sono presenti a volta a volta anche durante il funzionamento della laringe come generatore della voce. Avvertire dal timbro della voce che una persona è impegnata in uno sforzo fisico, cioè che parla con le corde vocali contratte attivamente, è esperienza quotidiana¹⁴. Come esempio di voce ottenuta per distensione passiva delle corde vocali

14. Il fatto di muoversi quotidianamente per diverse ore sotto sforzo, di tenere quindi a lungo le corde vocali in contrazione attiva e di dare di conseguenza stabilmente alla voce un timbro per così dire «contratto», è tipico degli

si può prendere invece quella dei cantanti dotati di bella voce naturale e che cantano senza dare alcuna sensazione di impegno muscolare¹⁵. Poiché, come appena detto, le funzioni meccaniche di otturazione e di ammortizzazione sfumano una nell'altra, anche i timbri vocali¹⁶ che ne derivano passano più o meno gradatamente dall'uno all'altro.

Il rapporto tra la laringe e la muscolatura corporea, che appare durante gli sforzi, si manifesta anche nella produzione della voce e, come vedremo, il coordinamento tra l'attività laringea e quella respiratoria, detto «accordo pneumofonico», va ben oltre quello tra la laringe ed i muscoli specificamente respiratori coinvolgendo tutto il corpo.

5. Connessione fra laringe, sistema articolatorio e sistema respiratorio

Le due condizioni di tensione delle corde vocali – contrazione attiva e distensione passiva – influiscono sulla struttura acustica della voce non solo

sportivi e dei danzatori; lo si sente nelle interviste radiofoniche e televisive.

15. Il rimando ai cantanti dotati di bella voce naturale è fatto perché il loro coordinamento pneumofonico è presente anche nella parola e lo si sente ascoltandoli parlare in trasmissioni radiofoniche e televisive. Non rientrano in questo esempio le voci gridate, attualmente in uso nella musica leggera.

16. Nella voce cantata questi timbri prendono il nome di «registro», a volta a volta «di petto», «medio» (ma anche talvolta detto «di gola») e «di testa». Per la loro descrizione cfr. Uberti (2005).

per il comportamento vibratorio delle corde vocali – e di conseguenza sulla struttura acustica della voce – ma anche per la meccanica articolatoria, necessaria a determinarlo. Tale meccanica, che è il risultato del comportamento pneumofonico complessivo, incide anche sulle dimensioni complessive del condotto vocale nonché, in particolare, sulle misure dei tratti faringeo e buccale nonché sulla proporzione fra le dimensioni di questi determinando cambiamenti nel timbro generale della voce e, in particolare, nella struttura acustica delle vocali prodotte dal singolo individuo.

Si tenga conto anzitutto delle dimensioni delle corde vocali. Secondo Léon Testut e André Latarjet la lunghezza delle corde vocali è, in media, 20-25 mm nell'uomo e 16-20 mm nella donna¹⁷. Secondo Wikipedia, Ingo R. Titze darebbe per la lunghezza delle corde vocali maschili una misura compresa tra 1,75 cm e 2,50 cm e per le corde vocali femminili una misura fra 1,25 cm e 1,75 cm¹⁸. Mao-Chang Su *et alii* hanno misurato su pazienti vivi e in anestesia neurolettica le lunghezze

medie di $14,6 \pm 1,2$ mm per i maschi e $11,1 \pm 1,0$ mm per le femmine mentre da pazienti in anestesia generale hanno ottenuto le misure di $15,3 \pm 1,6$ mm per i maschi e $13,5 \pm 1,3$ mm per le femmine¹⁹. Queste misurazioni si riferiscono a popolazioni ed epoche diverse, ma, come si vede, sono sempre nell'ordine di grandezza di pochi millimetri.

È comunque evidente che, semplicemente osservando l'articolazione della consonante labio-dentale [v] nella sua combinazione con le vocali [i] e [u], così come avviene nelle sillabe [vi] e [vu], si può vedere – e, meglio ancora, percepire su se stessi – che nell'emissione della prima gli incisivi superiori sono posti a contatto con il bordo superiore del labbro inferiore mentre per emettere la seconda si compie una protrusione della mandibola; protrusione che porta gli incisivi a toccare la parete interna del labbro presso la sua base. Tale avanzamento, per quanto dell'estensione di pochissimi millimetri, determina una sensibile trazione in avanti applicata sia alla membrana tiro-ioidea che all'estremità dei corni superiori della cartilagine tiroide. Il movimento in avanti della mandibola fa quindi inclinare la cartilagine in avanti e in basso, provocando uno sti-

17. Testut - Latarjet (1971). La prima edizione del trattato (Testut (1901) diceva invece che «Leur longueur est, en moyenne, de 20 millimètres chez l'homme, de 15 millimètres chez la femme». André Latarjet (1877-1947) fu allievo e poi collaboratore di Léon Testut (1849-1925) partecipando a numerose riedizioni del *Traité* la cui prima edizione, in 4 volumi, era uscita negli anni che erano andati dal 1899 al 1901.

18. Titze (1994) secondo «Wikipedia, Corde vocali». Nell'edizione del 2000 in mio possesso, però, non riesco a trovare dette misure.

19. Mao-Chang Su *et alii* (2002).

ramento delle corde vocali; stiramento che determina un allungamento apprezzabile di queste. Il tutto con gli effetti acustici del caso. In poche parole: le dimensioni delle corde vocali sono talmente piccole che bastano spostamenti millimetrici della laringe rispetto agli organi ai quali essa è collegata – sia che a spostarsi sia essa, sia che a spostarsi siano gli organi – per determinare cambiamenti significativi nel suo comportamento fonatorio.

La connessione meccanica fra la laringe e il sistema respiratorio forse più facile da accertare è quella che si può constatare ponendosi un dito appunto sulla laringe mentre si parla. Nel corso di un'inspirazione il diaframma spinge in basso i visceri addominali il cui peso grava già di per sé sui muscoli addominali, che intanto si rilassano. L'insieme degli organi dell'apparato respiratorio li segue in questa discesa e con essi scende anche la laringe in quanto fa parte dell'apparato. L'entità di questa discesa dipende dal tipo di meccanica respiratoria messa in atto dal soggetto²⁰. Subito dopo, procedendo nel ciclo respiratorio e in particolare agendo per espirare l'aria necessaria a proferire una frase, il sistema respiratorio comprime dal basso i visceri addominali i quali, così premuti, risalgono verso l'alto, distendono

il diaframma e spingono verso l'alto anche i polmoni. Questi si adattano alla costrizione imposta inferiormente dalla risalita dei visceri e lateralmente dalle coste le quali per parte loro si chiudono. Spremuti, essi emettono l'aria. Con i polmoni risale la trachea, con essa la laringe e la risalita è quella che si può percepire al tatto. Contemporaneamente la raggiera dei muscoli che collegano l'osso ioide al cranio e alla mandibola si contrae conservando l'equilibrio di tale osso fra la sospensione e l'appoggio.

La risalita della laringe, quella che possiamo palpare, determina un accorciamento di tutto il condotto vocale ed un cambiamento nella proporzione fra le dimensioni del tratto faringeo rispetto e quelle del tratto buccale; essa determina quindi un cambiamento nella struttura acustica della voce fra l'inizio e la fine della frase. Porto come esempio la recitazione da parte mia, in postura assisa e in un fiato solo, di sei ripetizioni della frase monovocalica «La gran bagnata»²¹. La durata della registrazione è di 8,408 secondi e ne sono state analizzate con Praat la prima recitazione e l'ultima ripetizione. Prescindendo dal progressivo impoverimento di tutti i caratteri del suono dall'inizio alla fine della frase,

20. Dei diversi tipi di comportamento respiratorio si parlerà più avanti.

21. Prime parole da «Genesi 6-9», sonetto di Giuseppe Varaldo (Varaldo 1993: 21).

i valori medi delle due prime formanti e delle rispettive bande cambiano nel modo che segue:

	<i>Prima recitazione</i>	<i>Ultima ripetizione</i>
<i>Freq./banda F₁</i>	390/87	474/71
<i>Freq./banda F₂</i>	1375/120	1394/524

Questo esempio, sia pure circoscritto all'esame di una frase monovocalica, dovrebbe bastare per mettere in evidenza i cambiamenti che avvengono nella struttura acustica della voce dall'inizio alla fine di una frase parlata. Tali cambiamenti acustici, però, non sono dovuti a movimenti articolatori, ma sono il risultato del movimento fisiologico della risalita della laringe nell'espiazione.

Per cogliere il fenomeno nella sua completezza occorrerebbe poter misurare tale risalita, ma l'operazione è praticamente impossibile con normali metodi antropometrici perché la laringe scorre sotto la parete anteriore del collo dando luogo ad un rilievo arrotondato e mobile, che non offre punti di riferimento per la misurazione. Il principale mezzo di tipo radiologico non invasivo, e che quindi consentirebbe ricerche di questo tipo, parrebbe essere la risonanza magnetica; su YouTube, infatti, si trova un certo numero di filmati relativi all'emissione della voce e all'articolazione della parola, fatti con questa tecnica. Stante però la fissità dei profili dei soggetti ripresi – in alcuni casi stan-

te anche l'appiattimento della nuca verosimilmente appoggiata su una base di sostegno – e valutato ad orecchio il timbro delle voci, soprattutto di quelle cantate, pare di capire che tali filmati sono stati ottenuti con la risonanza magnetica chiusa, cioè con grossi macchinari tubolari, nei quali il soggetto da esaminare è collocato orizzontalmente in postura supina e opportunamente scandito. Per avere un'emissione vocale più vicina a quella normale sarebbe probabilmente necessario usare la risonanza magnetica aperta²², tecnica con la quale il soggetto da esaminare può essere sistemato in una postura più simile a quella eretta. I mezzi a mia disposizione sono quindi la palpazione e l'esplorazione del corpo, fatte ricercando e individuando le sensazioni propriocettive con la guida dei trattati e degli atlanti di anatomia²³.

22. Per la precisione, però, la risonanza magnetica chiusa usa un campo magnetico più potente rispetto a quella aperta e quindi la risonanza magnetica aperta, pur mantenendo la medesima precisione diagnostica, produce immagini meno nitide.

23. Cfr. anche il laringoaltimetro di Pehlivan e Denizoglu (2009). Secondo quanto si legge, si tratta di un dispositivo portatile a batteria, costituito da due microfoni a condensatore applicati sopra l'incisura dello sterno e sulla regione sopraglottica e usati per cogliere le vibrazioni corrispondenti durante la fonazione. I segnali dei microfoni sono quindi filtrati, digitalizzati e confrontati tra loro mediante algoritmi di rilevamento presenti nello stesso laringoaltimetro.

6. Diversità fra i due sessi ed area di esistenza delle vocali

È noto dall'anatomia che nelle donne la laringe si trova in posizione più alta, rispetto alla colonna vertebrale, che negli uomini. Questo fatto determina una diversa proporzione, nei due sessi, fra le lunghezze dei due tratti, quello faringeo e quello buccale, in cui si divide il condotto vocale e probabilmente è da ricercare in questa diversità anatomica la causa della differenza nell'architettura geometrica che si osserva fra i grafici delle aree di esistenza delle vocali femminili e di quelle maschili²⁴.

Ma, sempre probabilmente, alle diversità anatomiche sono da associare quelle fisiologiche. Si sa dalla pneumologia che esistono diversi tipi di respirazione: la respirazione addominale, la respirazione costale, la respirazione combinata e la respirazione costale laterale²⁵, il tutto in una variabilità conti-

nua: nel maschio prevale una respirazione combinata mentre nella femmina, data la maggiore obliquità in basso delle coste²⁶, prevale quella costale.

A queste due prevalenze si deve aggiungere il fatto che gli individui longilineri²⁷, sia maschi che femmine, tendono ad accentuare la componente costale della respirazione mentre i brevilinei²⁸, sia maschi che femmine, tendono ad accentuare quella addominale. Il tutto con variabilità intermedie.

I diversi tipi di respirazione determinano inoltre, come vedremo, variazioni nel comportamento vibratorio della laringe in risalita facendo cambiare i rapporti di forza, nella tensione delle corde vocali, tra le fibre muscolari delle

levando particolarmente le prime coste e che si osserva soprattutto in soggetti femminili. La respirazione prevalentemente costale femminile è da ricondurre alle esigenze respiratorie della donna in gravidanza, che, sollevando particolarmente lo sterno e le coste, compensa la difficoltà, in quelle condizioni, a praticare la respirazione addominale.

26. Viglione (1959: 70). Non conosco studi che mettano in relazione la conformazione delle coste – e in particolare quella dell'articolazione costo-vertebrale – con la meccanica respiratoria, ma è evidente che, per quanto si tratti di un carattere sessuale secondario interessante, ci si scontrerebbe con i problemi già visti a proposito dell'uso della risonanza magnetica.

27. Individui nei quali, rispetto alla normalità media, prevalgono le misure longitudinali (Brian *et alii* 1987).

28. Individui nei quali, rispetto alla normalità media, prevalgono le misure trasversali (Brian *et alii* 1987).

24. Si vedano a questo proposito i due diagrammi relativi alle vocali italiane, che appaiono in Ferrero *et alii* (1979: 122-123). I due diagrammi erano comparsi la prima volta in Ferrero (1968) (cfr. Ferrero 1970: 54-58). Prescindendo dagli interrogativi posti dalla diversa distribuzione delle aree di esistenza delle vocali maschili e femminili sul piano cartesiano, i criteri praticati allora per la scelta dei 25 informatori di ognuno dei due sessi e dei campioni fonetici da essi pronunciati, stanti le possibilità degli attuali mezzi di indagine acustica sarebbero da rivedere. Cfr. anche Ferrero *et alii* (1995).

25. Così Viglione (1959: 67-72); ma io aggiungerei la respirazione costale apicale, fatta sol-

corde stesse che si contraggono attivamente e la loro distensione passiva da parte di muscoli intrinseci ed estrinseci della laringe, i quali, direttamente o indirettamente, le stirano allungandole. Queste variazioni nel comportamento vibratorio determinano cambiamenti nella struttura acustica originale del suono laringeo mentre i cambiamenti di forma e di dimensioni del condotto vocale determinano cambiamenti nelle risonanze di questo e quindi nella struttura acustica finale della voce.

7. Antagonismo fra le muscolature respiratorie addominale e dorsale

La muscolatura addominale ha come antagonista la muscolatura dorsale. È un fatto che sfugge completamente all'osservazione visiva perché la muscolatura dorsale, benché lavori in continuazione per mantenere eretto il corpo, sia che esso sia fermo sia che esso sia in movimento, è apparentemente immobile. Basta però porsi due dita ai lati della colonna vertebrale mentre si parla per avvertire l'attività dei muscoli dorsali²⁹, i quali, sia che il soggetto sia in postura eretta sia che

esso sia in postura assisa, sono continuamente in azione per mantenerlo eretto. La continua verticalità del corpo è garantita anche dall'attività dei muscoli addominali dei quali i muscoli dorsali sono antagonisti. Con un po' di impegno si arriva pure a sviluppare la capacità di percepire per sensazioni il lavoro continuo di questi muscoli senza bisogno di palparli. Non solo: questo lavoro continuo, che è rivolto dall'alto verso il basso, è avvertibile in modo particolare nel punto della loro inserzione alle ossa iliache ed è importante prendere coscienza di questo fatto per i motivi che vedremo in seguito.

Continuando l'esplorazione manuale della propria muscolatura respiratoria si avverte che quando nell'espiazione si contraggono i muscoli addominali i muscoli dorsali rispondono contraendosi essi pure. Allo stesso modo si può constatare che, quando si sia presa coscienza della loro inserzione alle ossa iliache, è possibile comandare l'espiazione contraendo i muscoli dorsali al punto della loro inserzione al bacino e che in questo caso, ovviamente, a rispondere sono i muscoli antagonisti, cioè i muscoli addominali.

Impiegando questa meccanica muscolare nell'espiazione si ottiene la maggiore efficienza respiratoria perché a tale comportamento segue automaticamente il rilasciamento dei muscoli addominali in un atto inspiratorio dovuto prevalentemente al peso

29. Il mezzo abituale, usato in fisioterapia per suscitare e sviluppare sensazioni propriocettive in punti del corpo a sensibilità ridotta, è appunto quello di palparli. Stante il fatto che, come ho detto, non si è abituati a badare alle sensazioni relative ai muscoli dorsali, palpazioni fatte in occasioni ripetute possono essere utili a sviluppare questa consapevolezza.

dei visceri. Questi infatti, appunto per il loro peso, premono verso il basso spinti inoltre dal diaframma che intanto si contrae. Con questo tipo di respirazione il sistema respiratorio non è indotto al sollevamento dello sterno anche se le coste si allargano. Invece la base del conoide in cui può essere schematizzata la gabbia toracica – base, cioè, a cui corrisponde il diaframma, organo che peraltro non è piatto come la base di un cono geometrico, ma a forma di cupola – si allarga e si appiattisce. Questa base – cioè il diaframma dal quale è materialmente costituita – proprio per il fatto di essere collocata al livello più basso del conoide – cioè dove il diametro della gabbia toracica è maggiore – nell’inspirazione determina un aumento del volume di questa struttura nonché una discesa dell’apparato respiratorio – e quindi della laringe – più accentuata. In questa modalità respiratoria l’aumento di volume è maggiore che nelle altre. Quando poi nell’espirazione tutti i visceri – compresi a partire dal basso dalla muscolatura addominale e lateralmente dalle coste – risalgono, ricomincia il ciclo respiratorio.

8. Interazione fra la muscolatura del tronco e quella dell’osso ioide

Se è vero che la laringe costituisce di fatto il segmento iniziale della trachea e che quindi ne segue i continui movimenti respiratori di discesa e di risalita,

è altrettanto vero che essa è collegata allo scheletro – verso l’alto o verso il basso, direttamente o indirettamente – con la doppia raggiera dei muscoli sottoioidei e di quelli sopraioidei. Ad essi devono aggiungersi, sia pure indirettamente, quelli della lingua, collegati a loro volta più o meno direttamente con l’osso ioide. Questi collegamenti sono determinanti nel comportamento fonatorio della laringe.

Quando ho parlato di contrazione attiva e distensione passiva delle corde vocali non ho specificato che i meccanismi per i quali esse entrano in tensione sono tre: 1° la loro contrazione attiva, 2° la loro trazione all’indietro per la rotazione all’indietro delle cartilagini aritenoidi, 3° la loro trazione in avanti per l’inclinazione in avanti della cartilagine tiroide. Di fatto i tre meccanismi non agiscono mai separatamente e il risultato fonatorio varia a seconda di come e quanto ognuno di essi entra in azione³⁰. In particolare c’è da aggiungere che, quando la costituzione fisica ed il coordinamento pneumofonico lo determinano, la trazione all’indietro da parte delle cartilagini aritenoidi e quella contemporanea, in avanti, da parte della cartilagine tiroide si risolvono in una distensione passiva delle corde vocali che determina un’attività vocale a bi-

30. Per il funzionamento dei tre meccanismi in fonazione cfr. il mio capitolo «Acustica della voce» in Cingolani - Spagnolo (2005).

lancio energetico minimo³¹. È questo il comportamento fonatorio tipico delle belle voci naturali. Cercando di definirle a parole, esse si percepiscono come limpide, morbide e smaltate. Esse si distinguono soprattutto nell'emissione parlata perché danno l'impressione di essere emesse totalmente senza sforzo e quasi di cantare mentre parlano.

Mentre le azioni di contrazione delle corde vocali e quelle di rotazione all'indietro delle cartilagini aritenoidi sono compiute da muscoli preposti a quella e soltanto a quella funzione, l'inclinazione in avanti della cartilagine tiroide dipende dall'azione dei muscoli cricotiroidei ma anche da quella dei muscoli sternoioidei e, sia pure indirettamente, da quella di alcuni muscoli specificamente ioidei. Non solo: come già detto, essa dipende pure da quelli della lingua che, ripeto, agiscono direttamente o indirettamente sull'osso ioide e quindi indirettamente sulla cartilagine tiroide. In quale proporzione queste tre componenti intervengano sull'inclinazione di questa cartilagine, con i mezzi di indagine attuali non possiamo quantificarlo; possiamo soltanto stimarlo ad occhio osservando il comportamento respiratorio e quello articolatorio della mandibola.

31. Bilancio energetico minimo per le corde vocali. Il lavoro necessario a metterle in distensione passiva è però scaricato e variamente distribuito sulla muscolatura corporea.

8.1. Azione dei muscoli sottoioidei anteriori e dei muscoli cricotiroidei

Distinguo le due coppie muscolari costituite dai muscoli sternoioidei e dai muscoli sternotiroidei – l'azione dei quali può considerarsi prolungata fino all'osso ioide da quella dei muscoli tiroioidei – dai muscoli omoioidei che sono rivolti all'indietro e della cui azione parlerò anche questa volta più avanti.

Per prendere coscienza manuale dei rapporti fra i muscoli sottoioidei anteriori e lo sterno basta palparsi la trachea con due dita simulando uno sbadiglio: si sentono abbastanza bene due strisce muscolari che si contraggono sotto la pelle anche se non si può distinguere fra i muscoli sternoioidei e gli sternotiroidei perché le due coppie di muscoli sono sovrapposte (quelli esterni, a contatto con le dita, comunque, sono gli sternoioidei). Se invece ci si palpa parlando si sente un pulsare continuo di lievi contrazioni che verosimilmente corrispondono a quelle che si susseguono in questi muscoli nell'articolazione della parola.

L'esperienza può essere approfondita cercando anzitutto la cartilagine cricoide, la quale si percepisce in rilievo al vertice della trachea come un anello più corposo, liscio e rotondo di quelli sottostanti. Ponendo poi le dita in modo che il polpastrello tocchi tanto la cartilagine cricoide quanto la soprastante cartilagine tiroide, men-

tre si parla si avvertono i veloci movimenti di inclinazione verso il basso – e ovviamente anche quelli di ritorno verso l'alto – di quest'ultima cartilagine. Capire e valutare soltanto con la palpazione quanta parte del lavoro compiuto per inclinare la cartilagine tiroide sia dovuto ai muscoli cricotiroidei e quanta parte ai due muscoli sottoioidei è evidentemente impossibile. Il solo strumento di indagine oggi disponibile per quantificare con precisione questi movimenti sarebbe l'elettromiografia³², ma è un esame che richiede l'inserimento di elettrodi nei muscoli e quindi, per cominciare, la perforazione della cute. È dunque un mezzo invasivo, che non possiamo prendere in considerazione come mezzo di indagine abituale.

Al paragrafo dedicato alla connessione fra la laringe e i sistemi articolatorio e respiratorio (§ 5) avevo parlato della risalita della laringe nel corso del proferimento di una frase e del conseguente accorciamento del condotto vocale. Ora, avendo noi preso coscienza dell'attività dei muscoli sottoioidei anteriori durante la locuzione, ci appare evidente che al risalire della laringe i muscoli che collegano direttamente o indirettamente la cartilagine tiroide allo sterno hanno tre possibilità fondamentali di comportamento: 1. lasciarsi distendere passivamente dalla

laringe che, risalendo, si allontana dallo sterno; 2. comportarsi come tiranti anelastici, che trattengono la parte libera della cartilagine tiroide e quindi l'inclinano in avanti; 3. contrarsi attivamente associandosi all'azione dei muscoli cricotiroidei i quali, contraendosi anch'essi, provvedono in continuazione a quelle piccole inclinazioni della cartilagine tiroide, che abbiamo percepito sotto le dita parlando. Sempre schematizzando, ognuno di questi comportamenti interviene in modo diverso sulla trazione in avanti delle corde vocali determinando comportamenti vibratorii – e quindi suoni laringei – altrettanto diversi.

Comunque, come già detto, come e quanto si contraggano i singoli muscoli nelle tre situazioni si potrebbe sapere soltanto con l'elettromiografia; noi non possiamo fare altro che cercare di arguirlo col ragionamento. Pare appunto ragionevole desumere da considerazioni anatomiche e funzionali che i lunghi muscoli sottoioidei incidano prevalentemente sul timbro generale della voce in quanto, agendo sull'inclinazione della cartilagine tiroide e quindi sulla tensione delle corde vocali per trazione, agiscono sul comportamento vibratorio di queste. Pare ragionevole invece pensare che i piccoli muscoli cricotiroidei intervengano di più nell'articolazione dei singoli fonii provocando le piccole accentuazioni corrispondenti alle altrettanto piccole in-

32. Cfr., e.g., Roubeau *et alii* (1997).

clinazioni della cartilagine tiroide, che possiamo percepire sotto le dita mentre parliamo e delle quali si è già detto.

8.2. Azione dei muscoli sopraioidei e della muscolatura della mandibola

Nessuno dei muscoli sopraioidei è collegato direttamente alla cartilagine tiroide, la quale è invece congiunta all'osso ioide per tutto il suo margine superiore tramite la membrana tiroioideea e, in corrispondenza dei suoi corni superiori, con i legamenti tiroioidei. Le azioni applicate all'osso ioide sono quindi trasmesse alla cartilagine tiroide e, di conseguenza, le trazioni verso l'alto, esercitate su quell'osso dai muscoli sopraioidei, sono opposte a quelle dei muscoli sottoioidei. Questi, invece, inclinano la cartilagine tiroide – e quindi tramite la membrana tiroioideea anche l'osso ioide – verso il basso.

A queste trazioni sono da aggiungere quelle operate dai muscoli del pavimento della bocca e dalla lingua anche se, stante la complessità della sua struttura, sarebbe rischioso fare delle affermazioni precise sulle azioni dei singoli muscoli che la compongono e quindi sui collegamenti fra mandibola e osso ioide che a lei si devono.

Comunque, quando la mandibola viene protrusa come, per esempio, nel modo già detto della pronuncia della sillaba [vu], la trazione orizzontale esercitata dalla mandibola sull'osso ioide – e quindi sulla cartilagine tiroide –

per le leggi della geometria determina l'inclinazione in avanti di questa. Questa a sua volta, dato che le corde vocali sono a lei inserite, esercita una trazione su di esse contrastando e quindi riducendo più o meno energicamente lo stato di contrazione attiva in cui, occasionalmente o stabilmente, le stesse possono trovarsi.

Dico «occasionalmente o stabilmente» perché la meccanica fonatoria abituale di ognuno dipende dal coordinamento pneumofonico personale. Mentre tutta la letteratura sulla vibrazione delle corde vocali che io conosco fa riferimento alle immagini laringoscopiche che si possono ottenere con esami ottici di tipo foniatrico o con tecnica elettroglottografica rivolta alla laringe nel suo complesso, non conosco alcun lavoro che si riferisca specificamente ai tre meccanismi laringei dei quali ho già parlato ed ai quali corrispondono sensazioni pallestesiche ben precise nonché timbri vocali ben riconoscibili, cioè quelli che nella tecnica del canto sono detti «registri vocali».

Avendo cercato in letteratura testi e ricerche relative ai registri vocali, mi sono scontrato con criteri relativi al modo di intenderli e di studiarli, diversi da quelli che la mia esperienza di insegnante di canto mi ha portato ad adottare. Non mi interessa mettere in discussione ciò che è stato detto e quindi non lo farò. Devo però specificare che la terminologia della quale

faccio uso io non coincide con quella usata nelle pubblicazioni che ho finora trovato; ritengo infatti che i criteri principali secondo i quali è opportuno classificare i diversi comportamenti vibratorii delle corde vocali siano quelli che ho già detto al § 4, cioè le loro modalità di tensione muscolare: contrazione attiva e distensione passiva e, nell'ambito della seconda, la trazione in direzione posteriore e quella in direzione anteriore. I procedimenti per distinguere e quantificare in qualche modo il lavoro dei diversi muscoli dovrebbero essere messi in atto dopo che i modi in atto della loro azione sono stati individuati.

Nelle pubblicazioni esaminate ho constatato poca attenzione ai muscoli sottoioidei dei quali ho parlato nel paragrafo precedente e non ne ho trovato alcuna nei riguardi dell'azione della muscolatura della mandibola nella fonazione. La mia attenzione alla protrusione della mandibola nella locuzione è stata stimolata da due occasioni diverse, che possono essere prese come esempi generali. Mio padre era toscano mentre mia madre era piemontese ed io sono cresciuto in Piemonte, quindi in ambiente dialettale piemontese. Mio padre pronunciava distintamente le sette vocali della lingua italiana e, avendogli io chiesto di mostrarmi come facesse ad articularle, mi fece vedere che, nella loro pronuncia, dalla [i] alla [u] egli protrudeva progressivamente il

labbro e la mandibola. Essendomi altra volta infortunato ed essendo andato in ospedale per farmi medicare, l'infermiere mi iniettò il vaccino antitetanico. Avendogli chiesto il nome del medicinale egli mi rispose: «Anatetall», ma io dovetti leggerlo dal suo registro perché colui parlava con accento dialettale tenendo la mandibola retratta ed io non riuscivo a capirlo perché non riuscivo ad integrare mentalmente una parola che non conoscevo.

Avendo poi tenuto in conservatorio il corso sperimentale di Pre-canto – del quale ho già detto nel § 2 e per l'ammissione al quale, torno a dire, non era richiesta una selezione vocale di ammissione – misi gradualmente a punto un procedimento per dotare chiunque di una voce naturale, adatta ad esprimersi musicalmente³³.

Sempre come ho già detto, il procedimento per dotarsi di una voce di questo tipo è molto semplice anche se impegnativo: si tratta di scaricare le corde vocali del lavoro di contrazione attiva caricando il lavoro di distensione passiva sui muscoli aritenoidei, per quanto riguarda la trazione all'indietro, e sull'insieme dei muscoli cricoti-

33. Con «esprimersi musicalmente» intendo il poter eseguire qualsiasi repertorio musicale, ma non necessariamente il poter fare uso della voce in grandi teatri accompagnati da grandi orchestre, pratica per la quale occorre una costituzione fisica di base, data dalla natura. Si veda sull'argomento Uberti (2008).

roidei, di quelli sottoioidei e di quelli della mandibola per quanto riguarda la trazione in avanti. A questi devono aggiungersi quelli della lingua. Il tutto mentre i muscoli addominali e dorsali spremono verso l'alto la massa dei visceri facendo risalire polmoni e trachea – di conseguenza la laringe e quindi in particolare la cartilagine cricoide – mentre l'insieme dei muscoli che ho detto tira in avanti la cartilagine tiroide facendola inclinare.

È questo il coordinamento pneumofonico spontaneo, proprio di coloro che sono dotati per costituzione di una buona voce naturale. Il modo di prenderne consapevolezza pratica lo vedremo più avanti. Per dare una rappresentazione di tale comportamento articolatorio, immaginate a parer mio più significativa ed efficace della fotografia di un cantante attuale è il putto cantore centrale del pannello di destra della Cantoria scolpita da Luca della Robbia³⁴ per la cattedrale di S. Maria del Fiore a Firenze (fig. 1).

I due pannelli laterali della Cantoria rappresentano complessivamente nove fanciulli che cantano sulla vocale [a] mentre tre tengono la bocca chiusa. Ognuno dei cantori tiene la bocca aperta in modo

un po' diverso, ma fondamentalmente tutti hanno la mandibola protrusa nel modo che ho detto.

9. La meccanica respiratoria e il coordinamento pneumofonico

In tutta la letteratura scientifica sulla voce che sono riuscito finora a consultare ho sempre trovato la respirazione trattata soltanto come la funzione fisiologica destinata a produrre il flusso d'aria necessario a mettere in vibrazione le corde vocali. Gli organi respiratori presi in considerazione sono sempre e soltanto il diaframma unitamente a polmoni, bronchi, trachea e laringe mentre i loro compiti meccanici – e non solo pneumatici – nella produzione della voce sono ignorati, a cominciare dal fenomeno già descritto della risalita della laringe



Fig. 1.

34. Luca della Robbia: Firenze 1400-Firenze 1482. La Cantoria fu scolpita fra gli anni 1431 e 1438. Cfr. Sitografia, Della Robbia.

nel corso della semplice pronuncia di una frase così come si è visto al § 5³⁵.

La risalita della cartilagine cricoide è invece la componente meccanica di sostegno della cartilagine tiroide nella sua inclinazione in avanti; inclinazione che può realizzarsi completamente soltanto a condizione che la prima si opponga alla spinta verso il basso del diedro in cui si può schematizzare la seconda e che si inclina mentre le due articolazioni cricotiroidee fanno da perno. Quando ciò avviene l'inclinazione della cartilagine tiroide – e quindi la distensione passiva in avanti delle corde vocali – avviene più per il lavoro dei muscoli della mandibola, della lingua e di quelli addominali che per l'azione dei muscoli cricotiroidei.

Ho parlato del lavoro dei muscoli addominali perché lo scarico del lavoro necessario all'inclinazione di questa cartilagine sulla muscolatura del corpo può avvenire soltanto a condizione che i muscoli addominali spingano la cartilagine cricoide verso l'alto attraverso gli organi interposti mentre i muscoli sternotiroidei e sternoiodei trattengono la parte anteriore della cartilagine tiroide determinandone l'inclinazione. Superfluo ricordare che agenti fondamentali di questo movimento sono contemporaneamente i

muscoli cricotiroidei. Altrettanto superfluo sottolineare che misurare la distribuzione percentuale di questo lavoro tra muscoli intrinseci e muscoli estrinseci della laringe è, almeno attualmente, impossibile.

Al lavoro di questi grossi muscoli è da aggiungere quello dei muscoli del pavimento della bocca e della lingua. Uno dei procedimenti che uso per portare i miei allievi di canto ad un comportamento pneumofonico corrispondente a quello delle buone voci naturali³⁶ – e quindi per dotarli della massima estensione vocale possibile unitamente alla massima variabilità dinamica e timbrica su tutta l'estensione – è quello di dare loro come modello di articolazione la pronuncia della [i] nella sillaba [ki]. Se si pronuncia una [i] mantenendo i margini della lingua a contatto con il palato come nella pronuncia della [k] – cioè formando tra la lingua e il palato una camera di ri-

35. Salvo mie involontarie omissioni, fanno eccezione Fussi e Magnani (1994) che tracciano una panoramica de «L'educazione respiratoria nelle diverse pedagogie».

36. Inducono alla scelta della voce naturale come obiettivo didattico oltre che ragioni fisiologiche anche ragioni estetiche. La sensazione acustica di voce naturale si ha quando la maggior parte del lavoro muscolare necessario alla vocalizzazione viene svolto dalla muscolatura del corpo e le corde vocali ne sono scaricate. La voce così emessa, oltre che limpida e morbida suona come emotivamente neutra e bastano minime espressioni mimiche delle emozioni per colorarne appunto emotivamente il timbro (Ghirardi (1995)) e realizzare quel «recitar cantando» che era già l'ideale estetico di Emilio de' Cavalieri (De Cavalieri (1600)).

sonanza lunga e stretta, mantenendo gli angoli della bocca morbidi, senza aprirli né chiuderli e protrudendo il labbro inferiore come e quanto è necessario³⁷ – si riesce a mettere a punto una vocale cantata che è inequivocabilmente una [i] pur senza essere stridula e che è inoltre corposa perché la protrusione del labbro determina pure l'avanzamento della mandibola e dell'osso ioide³⁸; la protrusione, infatti, determina la dilatazione in avanti della cavità faringea e quindi ne consegue l'abbassamento della prima formante. Dato che è possibile produrre anche le altre vocali con lo stesso tipo di at-

teggiamento articolatorio, si ottiene il miglior compromesso possibile fra la comprensibilità della parola e l'omogeneità del timbro della voce. Questo comportamento articolatorio della lingua, che è quello usato spontaneamente anche nella vociferazione abituale da parte di chi è dotato di una buona voce naturale, sommato a quanto detto precedentemente si risolve inoltre in una distensione passiva delle corde vocali le quali possono vibrare senza dare la sensazione di impegno muscolare.

Altro prezioso modello di articolazione, presente nel discorso quotidiano, è la pronuncia della sillaba [vu], che, come ho già detto al § 5, richiede la protrusione della mandibola. La combinazione fra l'inarcamento della lingua, necessario alla pronuncia della sillaba [ki] – quindi l'azione dei muscoli della lingua e di quelli del pavimento della bocca – e la protrusione della mandibola, fatta dai muscoli masticatori come nella pronuncia della sillaba [vu], determina la trazio-

37. L'esercizio completo che faccio fare è la sequenza [ki], [ke], [ka], [ko], [ku], [ko], [ka] [ke], [ki], cantata per scale di quinta ascendente e discendente (do, re, mi, fa, sol, fa, mi, re, do; do#, re#, mi#, fa#, sol#, fa#, mi#, re#, do#; re, mi, fa#, sol, la, sol, fa#, mi, re; ecc.). L'impiego di una sola «e» ed una sola «o» – cioè il fatto di non mettere in evidenza la differenza articolatoria fra vocali aperte e vocali chiuse – dipende dall'esigenza didattica di usare un esercizio di sole cinque note, facile da eseguire. La scelta di conservare le vocali chiuse invece che quelle aperte dipende dall'opportunità di mantenere la maggiore adesione possibile dei margini della lingua al palato – di conseguenza la contrazione dei muscoli che vanno dalla sinfisi mentoniera all'osso ioide – e di partecipare alla protrusione della mandibola. La somma dei due comportamenti contribuisce alla distensione passiva delle corde vocali. Inoltre, se è vero che nella fase ascendente la protrusione del labbro inferiore – e quindi della mandibola – aumenta dalla [ki] alla [ku], in quella discendente labbro e mandibola non tornano alla posizione iniziale perché nel

corso dell'inspirazione necessaria all'emissione della voce, la laringe, l'osso ioide e la lingua sono stati spinti in alto così come abbiamo visto.

38. Questa esperienza articolatoria mi ha chiarito anche il significato fisiologico delle parole di Giambattista Mancini (1714-1800) che nella 3ª edizione delle sue *Riflessioni pratiche sul canto misurato* (1777:211-212) diceva: «i buoni professori usano gran fatica nel piegare, o sia incanalare la lingua nel mezzo, acciò la voce non trovi nell'escire impedimento alcuno» (Mancini (1777)). Sitografia, Mancini G. Uberti (1986).

ne in avanti dell'osso ioide e la distensione passiva delle corde vocali³⁹.

Che questo meccanismo sia quello ottimale è dimostrato dal fatto che, quando nel canto si realizza il giusto coordinamento fra l'inarcamento della lingua, la protrusione della mandibola già vista al § 8.2 e la spinta dei visceri della cavità addominale dal basso verso l'alto con la conseguente risalita della laringe, la voce arriva alla sua massima estensione. Quando ciò non avviene l'azione dei soli muscoli cricotiroidei ottiene risultati molto più limitati.

La presenza di questo accordo pneumofonico ottimale si manifesta anche alla vista nel comportamento articolatorio della lingua. Dato che la lingua è inserita all'osso ioide con la sua base e che durante l'espiazione è sostenuta dalla muscolatura addominale tramite appunto l'osso ioide, se essa durante l'emissione della voce appare morbida e tondeggiante è perché il sostegno è efficiente e non ci sono contratture. Questa realtà si osserva agevolmente

nei cantanti dotati di bella voce naturale, soprattutto mentre cantano, ma anche quando parlano. Come ho già fatto per dare un esempio ottimale della protrusione della mandibola senza ricorrere alla fotografia di un cantante attuale, mi avvalgo del viso di uno dei tre cantori del «Concerto»⁴⁰ di Lorenzo Costa, che mette in evidenza, oltre che il labbro inferiore protruso alla maniera di quello del putto cantore di Luca della Robbia, la lingua morbidamente arrotondata e adagiata nella bocca aperta (fig. 2).

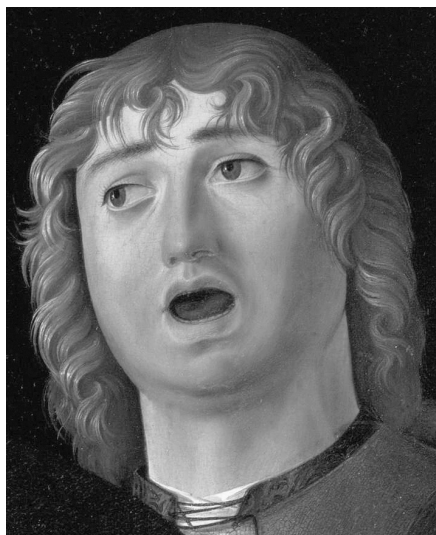


Fig. 2.

39. L'esercizio che faccio fare in questo caso è la sequenza [zvru], [zvro], [zvra], [zvre], [zvri], [zvre], [zvra], [zvro], [zvru], cantata, come quello di cui alla nota precedente, per scale di quinta ascendente e discendente (l'aggiunta delle consonanti [z] ed [r] è data da esigenze della meccanica respiratoria di cui parlerò più avanti). L'allievo trova il modello della protrusione della mandibola nella sillaba [zvru] e ne conserva la posizione nelle sillabe seguenti pur inarcando sempre di più la lingua.

40. «Il Concerto» di Lorenzo Costa (1460-1535), la cui data di esecuzione è stimata fra il 1485 e il 1495, si trova alla National Gallery di Londra. L'immagine del cantore è stata elaborata al fine di metterne meglio in evidenza la lingua (Sitografia, Costa L.).

10. Riflessi delle contrazioni della muscolatura addominale sulla laringe

L'esplorazione del corpo, fatta analizzando le mie sensazioni propriocettive a cominciare dai tempi della perdita della voce, mi ha portato a capire che c'è una stretta relazione fra il comportamento respiratorio della muscolatura addominale e quello fonatorio della laringe. Il tipo di impegno che si forma nella parete muscolare addominale durante l'espiazione provoca nella laringe un impegno corrispondente, che è più o meno intenso a seconda del tipo di respirazione adottata (cfr. § 6) e che è percettibile dal soggetto come una contrazione più o meno intensa. Si tratta di una sensazione simile, anche se molto più lieve, a quella che si prova quando ci si mette sotto sforzo per sollevare un peso. A questa sensazione propriocettiva corrisponde un'effettiva contrazione delle corde vocali e un timbro di voce variabile fra quello che derivando da un semplice impegno muscolare va a quello dello sforzo. Il timbro vocale che si forma con quest'impegno può inoltre dare semplicemente l'impressione di un impegno fisico come appunto il sollevamento di un peso o, a seconda della componente psicologica che vi può essere associata, prendere la connotazione di un'esclamazione di sorpresa, di gioia, di dolore, ecc.

Limitando il discorso al riflesso della contrazione della muscolatura

addominale sulle corde vocali, ognuno, prestando attenzione alle proprie sensazioni, può prendere coscienza del fatto che contraendo la parete addominale all'altezza dell'epigastrio si sente che le corde vocali, anche se poco, si impegnano. Può anche sentire che questa sensazione di impegno muscolare diminuisce a mano a mano che il centro della contrazione viene abbassato; sente inoltre, che la sensazione si riduce al minimo quando si scende a contrarre la muscolatura addominale in prossimità del pube. Come già detto al § 7, alla contrazione della muscolatura addominale corrisponde automaticamente quella della muscolatura dorsale.

Quando si sia presa coscienza per sensazioni dell'inserzione dei muscoli dorsali alle ossa iliache è possibile invertire l'ordine dei comandi muscolari e prendere come punto di inizio dell'espiazione la loro inserzione al bacino. Con questo comportamento respiratorio, come è ovvio che sia, a rispondere sono i muscoli addominali, ma in questo caso la sensazione di impegno muscolare delle corde vocali è nulla. O quasi: le si sente risalire – spinte dal basso con tutto l'apparato respiratorio – ma non contrarsi. Parallelamente, impegnandosi a respirare in questo modo la fatica vocale tende a zero.

Posso dirlo con sicurezza perché, stante la mia respirazione costo-apicale spontanea, stante il mio riflusso ga-

stro-esofageo (del quale ho parlato alla nota n. 1, § 2) e stante la vecchiaia per la quale le mie energie sono ridotte, ponendo attenzione continua ad effettuare l'espiazione nel modo descritto io riesco a parlare anche a lungo senza problemi per le corde vocali. Non solo: dato che continuo ad occuparmi della voce di amici ed allievi, questa avvertenza respiratoria è la prima che continuo ad insegnare e raccomandare con risultati immediati e costanti nella costruzione delle voci cantate.

11. Il rapporto fra mandibola e muscolatura addominale

Al § 8.2 ho parlato del collegamento della mandibola con la laringe tramite l'osso ioide. Altro collegamento indiretto della mandibola nella fonazione con una parte del corpo, questa volta lontana, è quello con la muscolatura addominale.

Protrudendo il labbro inferiore come nella pronuncia della sillaba [vu] e ponendo attenzione alle sensazioni propriocettive del dorso si ottiene la sensazione di un impegno delle scapole. Il collegamento anatomico della mandibola con le scapole è costituito, sia pure tramite l'osso ioide, dai muscoli omoioidei e quindi, stando alle sensazioni, pare ragionevole attribuire a questi muscoli anche il rapporto sensoriale tra il labbro inferiore, la mandibola e quelle due ossa.

Contemporaneamente a questa sen-

szazione si percepisce quella di un punto della parete addominale, posto a metà strada fra l'ombelico e il pube, che si contrae come se rientrasse e che, premendo sui visceri addominali, dà l'impressione di sostenere dal basso la laringe tramite questi e gli altri organi interposti. Che questa sensazione non sia soltanto tale ma corrisponda ad un'azione muscolare precisa ed efficace posso dirlo con sicurezza ora che, invecchiando e perdendo progressivamente le forze, sto perdendo anche la capacità di articolare la [r] e la [s] come le articolavo fino a qualche tempo fa. Mi rendo conto del fatto che il gruppo dei muscoli linguali e sopraioidei che agiscono nell'articolazione dei fonemi non è più sostenuto dal basso come una volta, che il solco mediano della lingua rimane distante dal palato e che quindi, per limitare il discorso alla [r] ed alla [s], usando soltanto l'impegno muscolare articolatorio al quale ero abituato, la [r] stenta ad «arrotarsi» e la [s] non «sibila» più come prima. Se però parlo badando a comandare con continuità il respiro e incomincio dall'inserzione dei muscoli dorsali al bacino protrudendo contemporaneamente il labbro inferiore, il punto della parete addominale che ho detto poc'anzi risponde nel modo che ho già detto e la [r] e la [s] tornano a formarsi (quasi) come in precedenza.

Se mentre si protrude il labbro inferiore si mettono due dita sui muscoli

dorsali, sempre ai due lati della colonna vertebrale, si avverte una lieve contrazione di questa muscolatura. Pare quindi logico attribuire l'attività corrispondente della parte ipogastrica della parete addominale all'antagonismo fra le due muscolature, quella dorsale e quella addominale, e che lo stimolo indotto dalla mandibola sulla prima tramite i muscoli omoioidei si ripercuota, per l'antagonismo fra le due muscolature, su quella addominale. L'insieme complessivo delle sensazioni è quello di una sorta di triangolo costituito dal labbro inferiore, dall'insieme delle due scapole e del punto citato della muscolatura ipogastrica; triangolo nel quale il labbro inferiore dà l'impressione di essere direttamente collegato alla muscolatura addominale. Si noti che io parlo di protrusione del labbro inferiore e non della mandibola perché le sensazioni e i risultati che si ottengono ponendo attenzione al labbro sono diversi e comunque più efficaci di ciò che si ottiene cercando di protrudere direttamente la mandibola. L'aggregazione delle azioni e delle sensazioni descritte, infatti, è quella che io metto normalmente in pratica nella didattica del canto.

12. Il rapporto fra le muscolature addominale e dorsale con la laringe

Quello di cui parlo per ultimo è il primo dei collegamenti fra le muscolature delle varie parti del corpo che insegno ai miei allievi, sia per far loro

acquisire un'abilità pneumofonica fondamentale, sia per abituarli ad ascoltare con attenzione e in continuazione tutte le loro sensazioni fisiche.

Se si intona una [r] prolungata articolandola al palato nel modo comune, cioè ponendo la punta della lingua agli alveoli dei denti come avviene nella pronuncia della parola «rara», si avvertono quattro sensazioni precise di lavoro a carico della muscolatura respiratoria: addominalmente si percepiscono due contrazioni che partendo dalle spine iliache anteriori superiori⁴¹ convergono in quel punto dell'addome, posto a metà strada fra l'ombelico e il pube, del quale ho detto al paragrafo precedente e che può essere percepito come il «centro di gravità» sul quale si scarica il peso dei visceri; ai due lati del dorso si avverte il lavoro dei due cordoni muscolari che scendono dalle coste al bacino e che nel corso dell'espirazione si contraggono verso il basso (in realtà, anche se percepiti posteriormente, sia pure ai lati, i due cordoni muscolari sono il margine esterno dei muscoli addominali larghi⁴²). Contem-

41. Le spine iliache anteriori superiori si avvertono alla palpazione come le due prominenze della parte superiore del bacino, che sporgono in avanti ai due lati del ventre.

42. Ricordo che i tre muscoli larghi dell'addome, m. obliquo esterno, m. obliquo interno e m. trasverso, sono sovrapposti e che l'andamento delle loro fibre è incrociato in modo simile a quello degli strati del legno compensato.

poraneamente, mettendosi le solite due dita ai lati della colonna vertebrale, si sente che si contraggono i muscoli lunghi del dorso ai lati di questa, ma le sensazioni evidenti sono quelle dei muscoli addominali appena descritte.

Se invece si intona la [r] prolungata articolandola come nella pronuncia della parola «tre», cioè appoggiando la lingua agli incisivi per articolare la [t] e mantenendola nello stesso punto per realizzare il trillo della [r], il comportamento della muscolatura respiratoria cambia: si ha l'impressione della formazione di uno «slip» muscolare che, partendo dai tubercoli pubici, «tira» verso le spine iliache cioè in direzione contraria a quella di prima. Non solo, prolungando la durata della [tr] ed aumentando l'energia di articolazione si avverte anche la formazione dell'«elastico», per così dire, dello «slip», che tira da una spina iliaca all'altra mentre si forma la sensazione di un triangolo muscolare che sostiene i visceri soprastanti.

Nel canto questa meccanica fonatoria porta rapidamente ad emettere voce senza sforzo per un'estensione che può superare le tre ottave, anche se l'estensione musicalmente utile per timbro e intensità può rimanere attorno alle due. Sempre nel canto, con questa meccanica il registro – e quindi il timbro della voce – con il quale si canta diventa uno solo⁴³ perché la tensione vibratoria delle corde vocali è

ottenuta per distensione passiva di un unico tipo dal basso all'acuto. Nell'eloquio la voce appare limpida, morbida e smaltata come già detto al § 8.

13. L'emissione vocale a bilancio energetico minimo

L'emissione vocale a bilancio energetico minimo, della quale si è già parlato al § 8, può essere schematizzata graficamente nelle quattro frecce indicate con quattro lettere nel disegno della fig. 3. La spiegazione è quella che viene dopo la figura.

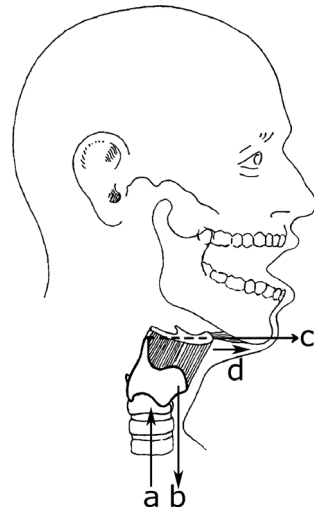


Fig. 3.

a) la «spremitura» dei visceri da parte della muscolatura respiratoria addo-

43. Non entro, in questo articolo, nell'argomento dei registri vocali, argomento che porterebbe fuori da quello che mi sono proposto di trattare in questa sede.

minale fa risalire i polmoni, la trachea e quindi la laringe e in particolare la cartilagine cricoide (risalita che mentre si parla e si canta si può percepire sotto il dito);

b) i muscoli sterno tiroidei si contraggono e tirano verso il basso e in avanti la cartilagine tiroide che si inclina e stira di conseguenza in avanti le corde vocali; la combinazione delle due azioni, risalita della cartilagine cricoide e contrazione dei m. sternotiroidei, ottiene una facile ed efficiente inclinazione della cartilagine tiroide ai fini vocali;

c) un atteggiamento avanzato del labbro inferiore e della mandibola come quello del putto cantore della fig. 1 tramite la muscolatura del pavimento della bocca trascina in avanti l'osso ioide il quale, collegato alla cartilagine tiroide nel modo che è stato detto, la inclina in avanti;

d) la muscolatura della base della lingua si contrae per ottenere i diversi atteggiamenti articolatori e somma la sua azione a quella della muscolatura della mandibola.

14. Conclusione

Tanto considerato non ritengo inopportuno riportare qui i procedimenti fondamentali che, sulla base dell'esperienza, uso per dotare i miei allievi di una voce musicalmente utile e, *mutatis mutandis*, per sostenere la mia voce parlata di vecchio.

1. Prima esplorazione della muscolatura respiratoria con esercizi sulla consonante [r] prolungata.

2. Esercizi sul gruppo [tr] per far scoprire e poi assimilare la meccanica pneumofonica ottimale.

3. Esercizi sulla sequenza [zvru], [zvro], [zvra], [zvre], [zvri], [zvre], [zvra], [zvro], [zvru] per abituare l'allievo all'articolazione di tutti i suoni, vocalici e consonantici sul modello della sillaba [vu] (protrusione del labbro e della mandibola). La lingua intanto si adatta nel modo opportuno per realizzare la cavità di risonanza necessaria a determinare l'opportuna F_2 delle vocali. La consonante [z] serve a preparare il sostegno respiratorio per i foni che seguono, la [v] a suggerire la protrusione opportuna del labbro e della mandibola e la [r] a determinare la meccanica respiratoria ottimale per l'emissione della voce.

4. Esercizi sulla sequenza [skri], [skre], [skra], [skro], [skru], [skro], [skra], [skre], [skri] per dare la [k] della sillaba [ki] come modello di articolazione della lingua con il palato anche per le sillabe con le altre vocali. Vale per le consonanti [z] e [r] quanto già detto per il gruppo [zvr].

Come avevo anticipato all'inizio, le cose che ho detto sono di una semplicità assoluta e sono sotto gli occhi di tutti, ma, avendole trovate fondamentali nella pratica e vedendole invece ignorate nella letteratura scientifica ho ritenuto opportuno metterle per iscritto.

Bibliografia

Bottero A. (1983), *La rieducazione della voce attraverso la ginnastica respiratoria*, Tesi di diploma ISEF, Torino.

Brian L. et alii. (1987), *Tipi fisici e temperamenti umani*, Padova, Piccin.

De' Cavalieri E. (1600), *Rappresentazione di Anima, et di Corpo*, Roma, Niccolò Mutij, Avvertimenti iniziali.

Cingolani S. – Spagnolo R., a cura di (2005), *Acustica musicale e architettonica*, Torino, UTET.

Mancini G. (1777), *Riflessioni pratiche sul canto misurato*, 3^a ediz., Milano, Galeazzi.

Mao-Chang Su et alii (2002), «Measurement of adult vocal fold length» in *The Journal of Laryngology & Otology*, 116, 447-449.

Morandi A. (1985), «Un esperimento di ginnastica respiratoria in conservatorio», *Foniatra e canto: confronto di conoscenze, obiettivi e strategie*, Atti del 1° Convegno Nazionale, Salsomaggiore Terme.

Ferrero F. (1978), «Diagrammi di esistenza delle vocali italiane», *Alta frequenza..*

Ferrero F. et alii (1979), *Nozioni di fonetica acustica*, Torino, Omega.

Ferrero F. et alii (1995), «Le vocali al femminile», *Atti del Convegno Internazionale di Studi 'Dialettologia al femminile'*, Quaderni del Centro per le Ricerche di Fonetica.

Fussi F. - Silvia Magnani S. (1994), *L'Arte Vocale*, Torino, Omega.

Ghirardi C. (1995), *Studio delle influenze della mimica facciale sul segnale elettroglottografico*

co sulla base del «Maximally Discriminative Facial Movement Coding System», Tesi di diploma universitario in Logopedia, Torino.

Pehlivan M. - Denizoglu I. (2009), «Laryngoaltimeter: a new ambulatory device for laryngeal height control, preliminary results», *Journal of Voice*, 23 (5), 529-538.

Roubeau B. et alii (1997) «Electromyographic Activity of Strap and Cricothyroid Muscles in Pitch Change», *Acta Oto-Laryngologica*, 117(3), 459-464.

Storey G. (1979), *La riabilitazione funzionale respiratoria nella pratica clinica*, Torino, Edizioni Medico Scientifiche.

Testut L. (1901), *Traité d'anatomie humaine*, Paris, Doin.

Testut L. - Latarjet A. (1971), *Trattato di anatomia umana*, Torino, UTET.

Titze, I.R. (1994), *Principles of Voice Production*, National Center for Voice and Speech, Iowa City.

Uberti M. (1982), «La gola dell'Uomo non è nata per cantare», *La Stampa - «Tuttoscienze»*, Torino.

Uberti (1986), «Sembrava uno sbadiglio, era una nuova tecnica di canto», *La Stampa - «Tuttoscienze»*, Torino.

Uberti M. (1986), «Un esperimento di didattica musicale: il corso di Precanto al Conservatorio di Parma», *be-Quadro*, Fiesole.

Uberti M. (2005), «Acustica della voce», *Acustica musicale e architettonica*, a cura di Cingolani S. e Spagnolo R., Torino, UTET.

Uberti M. (2008), «Il diritto al canto», *Studi e Documentazioni. Rivista Umbra di musicologia*, Perugia.

Varaldo G. (1993), *All'alba Sharazad andrà ammazzata*, Milano, Garzanti.

Viglione F. (1959), *Manuale di fisioterapia toraco-polmonare*, Torino, Edizioni Minerva Medica.

Sitografia

Bottero A. (1983), <http://www.maurouberti.it/vocalita/bottero/bottero.html>

Corde vocali, https://it.wikipedia.org/wiki/Corde_vocali

Costa L., [https://it.wikipedia.org/wiki/File:Lorenzo_Costa_-_Un_concerto_\(National_Gallery,_london\).jpg](https://it.wikipedia.org/wiki/File:Lorenzo_Costa_-_Un_concerto_(National_Gallery,_london).jpg)

Della Robbia L., https://it.wikipedia.org/wiki/Cantoria_di_Luca_della_Robbia

Mancini G., <https://books.google.it,> battere «riflessioni pratiche sul canto misurato 1777»

Mao-Chang Su *et alii* (2002), https://www.researchgate.net/publication/11076569_Measurement_of_adult_vocal_fold_length

Morandi A. (1985), <http://www.maurouberti.it/vocalita/morandi/morandi1.html>

Muybridge E. (1878), <https://www.youtube.com/watch?v=heRuLp7CyTM>

Pehlivan M. - Denizoglu I. (2009), https://www.academia.edu/5191007/Laryngoaltimeter_A_New_Ambulatory_Device_for_Laryngeal_Height_Control_Preliminary_Results

Roubeau B. *et alii* (1997), <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/00016489709113421>

Uberti M. (1982), <http://www.maurouberti.it/gola/gola.html>

Uberti M. (1986), <http://www.maurouberti.it/bequadro.html>

Uberti M. (2005), <http://www.maurouberti.it/ama/ama.html>

Uberti M. (2005), <http://www.maurouberti.it/ama/11.3.generazionehtml>

Uberti M. (2008), http://www.maurouberti.it/diritto_canto/diritto_canto.html