

NOTA PREVENTIVA SUL MECCANISMO D'AZIONE DELLE CORDE VOCALI NELLA FONAZIONE (*)

A. GEMELLI, O. F. M.

Accademico Pontificio

(Dal Laboratorio di Psicologia sperimentale dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano)

SYMMARIVM. — Auctor summam exponit permultorum experimentorum (de quibus fusius in alia commentatione aget), quae ideo perfecit, ut interpretatur qua ratione chordae vocales in phonatione efficienda operentur. Opinatur auctor largugem veluti oscillatorem se gerere, qui agit ex eo quod vocales chordae operiuntur vel clauduntur; attenuatis autem vibrationibus, quae a larynge oriuntur, superponuntur supertoni quos pharynx et os praestant.

Nelle numerose ricerche compiute per determinare il meccanismo d'azione delle corde vocali nella fonazione non si può dire che i numerosi autori che, specie in questi ultimi anni, ne hanno fatto oggetto di studio, abbiano raggiunto l'accordo dando una descrizione di esso che permetta di stabilire un rapporto tra il modo di comportarsi delle corde vocali e la forma delle vibrazioni dell'aria che vengono trasmesse a quella porzione del tubo fonatorio che si trova al di sopra della rima glottidea. Senza dubbio la stroboscopia e la radiografia stratigrafica hanno permesso di acquistare nuove conoscenze; la cinematografia ultrarapida purtroppo non ha corrisposto alle speranze concepite dopo i lavori di PANCONCELLI CALZIA; ad ogni modo, questi ed altri metodi dei quali possiamo disporre sono metodi indiretti, cosicchè è necessario ricorrere ad ipotesi che, connettendo i fatti osservati, diano ragione del meccanismo d'azione delle corde vocali. La questione è particolarmente complessa per ciò che si riferisce alla formazione delle vocali, alle quali restringo la mia esposizione (1).

(*) Nota presentata nella Riunione privata del 19 luglio 1945.

(1) Mi propongo di pubblicare al più presto la memoria ampiamente documentata e illustrata nella quale i fatti qui esposti verranno distesamente descritti.

W. ed F. TRENDELENBURG e i loro collaboratori, VULLSTEIN, HARTMANN, MÜLLER ed altri, affrontarono direttamente la questione apportandovi, essi ritennero, un contributo risolutivo; essi cioè studiarono la laringe isolata di vitello e di uomo; parve dapprima che essi avessero dato una dimostrazione positiva della dottrina di HELMOHLTZ; bisogna affermare che questo risultato non fu raggiunto. Secondo le ricerche di W. TRENDELENBURG, le corde vocali darebbero vibrazioni uniformi che si ripeterebbero un determinato numero di volte in un secondo, ossia la rima glottidea si aprirebbe altrettante volte quanti sono i periodi ciclici che costituiscono le vocali; le sezioni del tubo fonatorio superiore alla rima glottidea avrebbero il compito di formare quelle vibrazioni che sono caratteristiche come toni parziali delle vocali; aggiungendosi e sovrapponendosi alla fondamentale originata dalla rima glottidea danno luogo ai cicli caratteristici costituenti le vocali.

In questa teoria però riesce incomprensibile come la sezione media e superiore del tubo fonatorio possono, come risonatori, dare origine alle numerose vibrazioni che caratterizzano una vocale aggiungendosi e sovrapponendosi, come si è detto, alla fondamentale; infatti le vibrazioni delle corde vocali sono, secondo W. TRENDELENBURG, nettamente sinusoidali.

Anche la tecnica usata da W. TRENDELENBURG lascia luogo a qualche dubbio. Egli isola la laringe; stimola la rima glottidea con una corrente d'aria e registra, mediante un ingegnoso dispositivo, l'aprirsi e il chiudersi periodico della rima glottidea. Inoltre, valendosi del metodo del microfono condensatore, con il quale BACKHAUS ha studiato le vibrazioni proprie della cassa del violino, W. TRENDELENBURG ha registrato le vibrazioni delle corde vocali. In terzo luogo, registrando in pari tempo le vocali emesse dalla bocca e le aperture e le chiusure della rima glottidea, W. TRENDELENBURG ha dimostrato che l'inizio di ciascuno dei periodici ciclici dai quali è costituito ogni vocale coincide con l'apertura della rima glottidea.

Se non che è da obbiettarsi che: 1) i risultati delle ricerche compiute sul cadavere non si possono senz'altro trasportare sul vivente; 2) il meccanismo delle corde vocali non può essere considerato a sè, ma quale elemento di un tutto, e cioè di un organo complesso quale è il tubo fonatorio; basta infatti ricordare gli effetti di

accoppiamento delle varie sezioni del tubo fonatorio, ovvero i caratteri dei vari registri per cavarne come conseguenza che non è possibile considerare il meccanismo delle corde vocali come a sè stante e pretendere di interpretarlo come un fatto isolato.

Per queste considerazioni le ricerche di HUSSON e TARNEAUD, nonchè quelle di STERN, di WEISS compiute soprattutto con l'esame stroboscopico, hanno il merito di aver cercato di mettere in luce che il meccanismo delle corde vocali è dipendente dalla impostazione che, per la fonazione, viene data alle varie parti del tubo fonatorio. Per altro verso le ricerche di RUSSEL e di CURRY hanno precisata l'influenza che l'impostazione delle corde vocali ha nella emissione delle vocali sui diversi registri.

Guidato da questi concetti fondamentali, ho compiuto due ordini di ricerche:

1) Mediante un microfono piezoelettrico ho registrato le vibrazioni trasmesse dalla cavità laringea alla faccia esterna della cartilagine tiroidea. Questa registrazione era già stata fatta da altri autori e anche da me; ma poichè venivano impiegati microfoni tali che l'aerea di cui era registrata la vibrazione trasmessa era troppo ampia, ne seguiva che veniva registrato non solo ciò veniva prodotto per opera delle vibrazioni delle corde vocali, ma anche le vibrazioni delle parti del tubo fonatorio superiori alla rima glottidea. Ho perciò costruito microfoni molto piccoli, di grandezza, variabile a seconda dei soggetti per i quali venivano usati, da due a cinque cm. Una adatta amplificazione permetteva la registrazione esclusivamente delle vibrazioni trasmesse dalla laringe. Contemporaneamente veniva registrato il suono emesso dalla bocca. Delle vibrazioni trasmesse dalla laringe ho fatto un'analisi sia mediante un analizzatore automatico elettrico che ho descritto altrove, sia mediante l'analisi meccanica degli oscillogrammi. Gli oscillogrammi delle vibrazioni trasmesse dalla laringe si presentano come una curva a periodi costanti costituiti da una fondamentale, e da uno, da due, al più da tre sopratoni. Quanto più è bassa la voce, maggiore è il numero dei sopratoni; in alcune voci maschili giunge fino a tre. Quanto più la voce è elevata, tanto minore è il numero dei sopratoni che si riducono anche ad uno.

Quale è il significato di queste registrazioni? come si debbono interpretare questi oscillogrammi? A mio modo di vedere la laringe,

per il fatto della apertura e chiusura ritmica della rima glottidea, opera come un oscillatore che entra in giuoco per la pressione esercitata dalla ventilazione polmonare e per la contrazione dell'apertura glottica; però la cavità laringea, chiusa in basso dalle corde vocali e in alto dalle false corde vocali, deve considerarsi come un risonatore a due aperture mobili a seconda della posizione delle corde vocali vere e false. In questo modo di considerare le corde vocali false viene attribuita ad esse una importante funzione, mentre sin qui dai vari autori ad esse non si dava alcun significato. I ventricoli di MORGAGNI costituiscono parte importante di questo risonatore.

I toni parziali registrati da me giungono nell'uomo sino a 980 e nella donna sino a 1220. È evidente che le corde vocali, costituite come sono da muscoli, non possono avere vibrazioni così elevate. Bisogna dunque ammettere che le corde vocali vengono ritmicamente e rapidamente premute l'una contro l'altra così da chiudere la via d'uscita all'aria; poscia si allontanano distendendosi più lentamente l'una dall'altra. L'altezza del suono, ossia la sua frequenza, è in ragione diretta del grado di costrizione dello sfintere glottideo, ossia del modo come le corde vocali sono premute l'una contro l'altra. È da osservarsi che gli oscillogrammi registrati ponendo il microfono sulla faccia esterna della laringe sono costituiti da onde sinusoidali con un caratteristico e costante decremento; è lo stesso grado di decremento che si osserva nelle vocali quando sono registrate all'uscita dalla bocca; questo decremento si deve al modo caratteristico di comportarsi del risonatore costituito dalla cavità laringea.

Siamo forse nel caso di ancie battenti? Non mi sembra; io ritengo che confrontare il meccanismo delle corde vocali con quello di vari strumenti musicali, come hanno fatto vari autori, non conduca a risolvere il problema; se proprio, come fanno taluni, si vogliono paragonare le corde vocali ad ancie battenti, bisogna dire che sono ancie che premono fortemente l'una contro l'altra, più o meno a seconda della vocale per dare la quale il tubo fonatorio è impostato.

2) Questi fatti sono stati confermati da una serie di radiografie che io ho potuto compiere in posizione antero-posteriore (ipofaringografia) valendomi dell'aiuto di un esperto radiologo, il prof. CIGNOLINI PIETRO. È in fondo la tecnica di Retli, perfezionata dal CIGNOLINI stesso, ossia.

si tratta di introdurre la pellicola radiografica in faringe e di eseguire la radiografia durante l'emissione di suoni.

Dalle radiografie eseguite risulta:

a) in ciascuna delle tre vocali *a*, *i*, *u* (che nelle mie ricerche sulle vocali ho dimostrato essere le fondamentali, alle quali tutte le altre vocali possono essere ridotte), le corde vocali hanno un diverso atteggiamento. Mentre nell'*a* le corde vocali sono maggiormente premute l'una contro l'altra e sono come ispessite nei loro margini, invece nell'*i* il riavvicinamento delle due corde è minimo e minimo è pure il loro spessore; nell'*u* abbiamo invece un intermedio accollamento delle due corde vocali e le corde vocali hanno un ispessimento medio del loro margine;

b) parallelamente si ha un diverso comportamento delle altre parti della laringe; nell'*a* il ventricolo è quasi scomparso e le pliche ventricolari sono esse pure avvicinate ed ispessite; l'epiglottide è allargata; nell'*u* i ventricoli sono al massimo distanziati; hanno fondo arrotondato e quasi rigonfio, mentre l'epiglottide è moderatamente allungata; nell'*i* l'epiglottide è al massimo allungata ed i ventricoli sono meno distanziati che in *a* e in *u* ⁽¹⁾.

Concludendo: non si possono considerare le corde vocali come a sè stanti e non si può rendere ragione del loro meccanismo considerando a sè; se ci si vuole rendere conto del loro meccanismo, bisogna considerare le corde vocali come uno degli elementi delle parti molli del tubo fonatorio, le quali tutte prendono un caratteristico atteggiamento per ciascuna vocale; perciò il paragonare la laringe ad uno strumento musicale è fondato sull'erroneo concetto della isolata funzionalità delle corde vocali; a dare le differenti vocali concorrono, insieme con la tensione delle corde vocali e con il loro ispessimento, anche l'allungamento o l'allargamento dell'epiglottide, la dilatazione dei ventricoli, l'ispessimento delle pliche.

La laringe adunque agisce come un tutto, ossia come un oscillatore dato dall'aprirsi e chiudersi periodico delle corde vocali; alle vibrazioni smorzate che si formano per opera della laringe si sovrapp-

⁽¹⁾ Non mi soffermo a descrivere le modificazioni dell'atteggiamento delle corde vocali in rapporto con i diversi registri, perchè questo sarà descritto nella memoria in cui i fatti verranno distesamente descritti.

pongono poi i sopratoni originati per opera del risonatore medio (faringe) e superiore (bocca).

Ci si può rendere conto, considerando questa cooperazione varia delle parti molle della laringe ad assumere una diversa conformazione nella impostazione del tubo fonatorio per dare le singole vocali, del fatto che le vibrazioni che si formano nella laringe quando si emettono le singole vocali e che vengono trasmesse alla superficie esterna della laringe, non sono tutte dello stesso tipo, ma presentano differenze caratteristiche da vocale a vocale.

Le vocali dunque cominciano a differenziarsi nella laringe e il resto del tubo fonatorio superiore alla rima glottidea completa e arricchisce queste differenze tra vocale a vocale.

Ometto di dare le indicazioni bibliografiche che verranno date nella memoria nella quale i concetti qui sommariamente esposti verranno sviluppati ed illustrati.