

APPENDICE

I RISULTATI FUNZIONALI

G. Motta, U. Cesari, M. Mesolella, M. Polce

RIASSUNTO

Introduzione. L'impiego del laser a CO₂ nel trattamento dei tumori laringei offre la possibilità di attuare interventi chirurgici radicali con un trauma ridotto, una bassa incidenza di complicanze intra e post-operatorie, tempi di degenza contenuti e quindi disagi limitati per i pazienti.

L'intento del lavoro, è stato quello di studiare l'attività fonatoria nei pazienti sottoposti a tali interventi.

Più precisamente, tenendo conto del tipo di operazione eseguita, sono stati studiati:

- i postumi dei vari interventi praticati;
- le caratteristiche delle manifestazioni disfoniche dei vari pazienti;
- i compensi funzionali attuati da essi per potenziare la funzione vocale.

Materiali e metodi. La casistica comprende 140 pazienti (135 maschi e 5 femmine), la cui età variava tra 36 e 83 anni (media 60), sottoposti ad intervento chirurgico di cordectomia in microlaringoscopia diretta in sospensione, con l'impiego del Laser a CO₂, per la presenza di un carcinoma glottico.

In rapporto alle caratteristiche dell'intervento chirurgico attuato a seconda dell'estensione del tumore i casi studiati sono stati distinti in 5 gruppi che comprendevano rispettivamente:

Gruppo A: 5 casi T1a (superficiali), sottoposti a cordotomia sottolegamentosa monolaterale;

Gruppo B: 45 casi T1a, in cui si è praticata una cordectomia sottopericondrale monolaterale;

Gruppo C: 35 casi T1b, sottoposti a cordectomia sottopericondrale bilaterale;

Gruppo D: 30 casi T2 monolaterali, in cui si è proceduto ad una cordectomia allargata monolaterale;

Gruppo E: 25 casi T2 bilaterali, che hanno subito una cordectomia allargata bilaterale.

Le indagini strumentali praticate sono state le seguenti:

1) l'esame videolaringoscopico per valutare:

- la presenza o meno di una neocorda;
- la costituzione di una sinechia nella sede della commessura anteriore;
- i compensi funzionali realizzatesi nei vari pazienti; più precisamente la struttura vibrante poteva avere:

- una localizzazione glottica, ed era limitata dalla corda vocale sana e dalla neocorda controlaterale (CV-N);
 - una localizzazione vestibolare: alla sua costituzione partecipavano le due corde vocali false (CF-CF);
 - una localizzazione a livello dell'adito laringeo; esso si costituiva per la partecipazione delle due pliche ari-epiglottiche (PAE-PAE);
 - una localizzazione mista inferiore, se si formava tra la corda vocale vera di un lato e la corda falsa controlaterale (CV-CF);
 - una localizzazione mista superiore quando appariva limitata dalla corda vocale falsa di un lato e dalla mucosa della plica ariepiglottica del lato opposto (CF-PAE);
- 2) l'esame spettrografico, prendendo in considerazione:
- a) il Tempo Massimo Fonatorio (TMF);
 - b) l'indice Harmonic/Noise ratio (H/N);
 - c) gli indici di Jitter e di Shimmer,

Risultati. In tutti i casi, nei giorni successivi all'intervento, si è avuta naturalmente una elevata disfonia ed un'evidente alterazione di tutti i parametri spettrografici.

Queste manifestazioni sono progressivamente migliorate, dopo l'operazione, con il passare del tempo; in genere può affermarsi che i compensi spontanei si costituiscono nei 3-5 mesi successivi all'intervento; tale spazio di tempo è evidentemente in relazione con le caratteristiche dell'operazione attuata e col tipo di compenso.

In relazione al tipo di intervento attuato nei casi studiati si è osservato quanto segue:

– nelle *cordotomie sottolegamentose*, per la ridotta exeresi chirurgica, la neocorda ottenuta risulta sempre valida per dimensioni e morfologia: il compenso funzionale si ottiene per affrontamento della corda vocale vera e della neocorda (CV-N); esso si stabilisce già a partire dal terzo mese dall'intervento e si dimostra particolarmente efficace;

– nelle *cordectomie sottopericondrali monolaterali*, si ha in genere (89% dei casi) la formazione di una neocorda valida e quindi un compenso fonatorio realizzato dall'accostamento tra la corda vocale integra e la neocorda (CV-N); nell'11% dei pazienti invece si costituisce in corrispondenza della commessura anteriore una sinechia cicatriziale che riduce la mobilità della neocorda, favorendo quindi un compenso misto inferiore, CV-CF, meno valido di quello realizzato negli altri casi (CV-N);

– nell'ambito delle *cordectomie sottopericondrali bilaterali*, nel 25,7% dei casi si forma una neocorda valida solo da un lato, quindi insufficiente per un compenso glottico; pertanto si realizza un compenso funzionale sovraglottico di tipo CF-CF; nel 74,3% dei pazienti si ha invece un compenso di tipo misto superiore per l'avvicinamento della corda vocale falsa mobile con la plica ariepiglottica controlaterale (CF-PAE);

– nelle *cordectomie allargate monolaterali* – che comportano dal lato del tumore l'exeresi della corda vocale vera e di quella falsa – si evidenzia costantemente la costituzione di una neocorda fibrosa, quindi poco valida ai fini dei compensi; nel 60% di questi casi il compenso fonatorio è di tipo misto superiore, CF-PAE; nel 40% dei casi, in cui è presente una sinechia che riduce l'efficienza della corda vocale falsa integra, il compenso fonatorio si realizza a livello dell'adito laringeo (per l'intervento delle due pliche ariepiglottiche: PAE-PAE);

– nei casi di *cordectomia allargata bilaterale* si osserva sempre un compenso a livello dell'adito laringeo (PAE-PAE); nel 24% dei pazienti si rileva una sinechia anteriore.

Conclusioni. Nei pazienti studiati i risultati funzionali appaiono condizionati, oltre che dalla maggiore o minore aggressività dell'intervento chirurgico, dai postumi che ad esso fanno seguito ed in particolare:

- dalla eventuale presenza di una neocorda;
- dalle sinechie o comunque dai processi aderenziali che talora si formano in corrispondenza dell'angolo anteriore della cartilagine tiroidea ed in particolar modo nella sede della commessura anteriore.

Va rilevato inoltre come non sia possibile procedere ad una valutazione globale dei risultati funzionali che la chirurgia endoscopica attuata con l'impiego del laser a CO₂, consente di ottenere nei pazienti con carcinomi laringei; tali risultati, infatti, sono condizionati sicuramente da diversi fattori e in particolare:

- dalle caratteristiche dell'intervento eseguito in relazione all'estensione del tumore per i quali è stata posta la relativa indicazione chirurgica;
- dall'andamento dei fenomeni riparativi secondari all'operazione e i tipi di compenso funzionali che si stabiliscono nei singoli casi.

INTRODUZIONE

L'impiego del laser a CO₂ nel trattamento dei tumori laringei ha incontrato, negli ultimi anni, consensi sempre più ampi^{36-38 40 41 46}; esso offre infatti la possibilità di attuare interventi chirurgici radicali che comportano un trauma ridotto, che hanno una bassa incidenza di complicanze intra e post-operatorie, e che, in confronto alle tecniche tradizionali, impongono ai pazienti tempi di degenza contenuti e quindi disagi limitati.

Vari Autori^{3 18 45} si sono posti il problema se queste tecniche chirurgiche consentano di ottenere anche dei vantaggi in relazione ai postumi vocali.

Alcune ricerche^{1 40} in casi con tumori piuttosto limitati portano a ritenere che, in genere, nei pazienti operati per via endoscopica con il laser a CO₂, si conseguono migliori risultati fonatori.

Va in proposito segnalato, però, come le indicazioni a tale chirurgia non siano univoche. Infatti mentre vari AA.^{3 24 28 31 39 41} limitano gli interventi in questione alle neoplasie cordali circoscritte (T1a-T2 iniziali), altri^{18 29 34-38 46} ritengono che essi possano trovare indicazione anche nei carcinomi glottici estesi alla commessura anteriore, al ventricolo di Morgagni, alle corde vocali false oltre che alla regione ipoglottica, purché non vi siano infiltrazioni dello scheletro cartilagineo, della membrana cricotiroidea o della loggia io-tiro-epiglottica.

È evidente che la valutazione delle caratteristiche delle disfonie secondarie agli interventi oggetto della nostra indagine deve tener conto:

- a) della localizzazione e dell'estensione del tumore e quindi della tecnica chirurgica che si rende necessaria in relazione a tali fattori;
- b) dell'andamento dei fenomeni riparativi che fanno seguito all'operazione;
- c) delle possibilità di ottenere un recupero fonatorio sia spontaneamente, sia attraverso una riabilitazione assistita.

SCOPO DELLA RICERCA






L'intento del nostro lavoro, è stato quello di studiare l'attività fonatoria nei pazienti sottoposti ad interventi di laringectomia parziale in microlaringoscopia con l'impiego del laser a CO₂.

Più precisamente, in relazione al tipo d'intervento eseguito a causa dell'estensione del carcinoma (T), abbiamo studiato:

- i postumi dei vari interventi praticati;
- le caratteristiche delle manifestazioni disfoniche nei vari gruppi in cui i pazienti studiati sono stati suddivisi a seconda del tipo di operazione che essi avevano subito;
- i compensi funzionali che i pazienti sono stati in grado di attuare per potenziare la funzione vocale.

Tab. I.

Dati relativi ai pazienti studiati.

Gruppo	Intervento	Schema	TNM	Numero pazienti
A	Cordectomia sottomucosa		T1a	5
B	Cordectomia sottopericondrale monolaterale		T1a	45
C	Cordectomia sottopericondrale bilaterale		T1b	35
D	Cordectomia allargata monolaterale		T2 monolaterali	30
E	Cordectomia allargata bilaterale		T2 bilaterali	25
Totale				140

MATERIALI E METODI

La nostra casistica comprende 140 pazienti (135 maschi e 5 femmine), la cui età variava tra 36 e 83 anni (media 60), sottoposti ad intervento chirurgico di cordectomia in microlaringoscopia diretta in sospensione, con l'impiego del laser a CO₂, per la presenza di un carcinoma glottico.

I pazienti, oggetto del presente studio, sono stati distinti in gruppi facendo riferimento alla classificazione TNM dell'UICC (1987, aggiornata nel 1997); essi sono stati sottoposti a differenti tipi di cordectomia in base alla sede e all'estensione della relativa neoplasia (T); i dati relativi ai pazienti studiati sono sinteticamente riportati nella Tabella I.

In rapporto alle caratteristiche dell'intervento chirurgico attuato a seconda dell'estensione del tumore abbiamo distinto i nostri casi nei seguenti 5 gruppi:

Gruppo A: 5 casi T1a (superficiali), sottoposti a cordotomia sottolegamentosa monolaterale;

Gruppo B: 45 casi T1a, in cui si è praticata una cordectomia sottopericondrale monolaterale;

Gruppo C: 35 casi T1b, operati di cordectomia sottopericondrale bilaterale;

Gruppo D: 30 casi T2 monolaterali, in cui si è proceduto ad una cordectomia allargata monolaterale;

Gruppo E: 25 casi T2 bilaterali, che hanno subito una cordectomia allargata bilaterale.

Tutti i pazienti all'atto dei controlli non presentavano segni di recidive.

Le indagini strumentali da noi praticate sono state le seguenti:

1. Esame videolaringoscopico: si è utilizzato un apparecchio a fibre ottiche a 90°, collegate con un sistema di stroboscopia Atmos.

L'esame si proponeva di valutare i postumi anatomico-funzionali stabilitisi dopo l'operazione e i compensi laringei attuati per migliorare la capacità fonatoria.

Più precisamente:

– dal punto di vista morfologico abbiamo accertato:

- la presenza o meno di una neocorda e la sua capacità ad intervenire nei meccanismi fonatori (Tab. II; Tab. III);

- la costituzione di una sinechia nella sede della commessura anteriore e la sua interferenza nella dinamica fonatoria;

– in relazione ai compensi funzionali abbiamo cercato di identificare le strutture che dopo l'intervento limitavano lo spazio fonatorio e partecipavano all'emissione vocale; in proposito tale spazio poteva avere:

- una localizzazione glottica, ed era limitato dalla corda vocale sana e dalla neocorda controlaterale (CV-N);

- una localizzazione vestibolare: alla sua costituzione partecipavano le due corde vocali false (CF-CF);

- una localizzazione a livello dell'adito laringeo; esso si costituiva per la partecipazione delle due pliche ari-epiglottiche (PAE-PAE);

- una localizzazione mista inferiore, se si formava tra la corda vocale vera di un lato e la corda falsa controlaterale (CV-CF),

- una localizzazione mista superiore, quando appariva limitato dalla corda vocale falsa di un lato e dalla mucosa della plica ariepiglottica del lato opposto (CF-PAE).

2. Esame Spettrografico: è stato praticato con un apparecchio Kay-Sonograph 5500; si è impiegata una frequenza di campionamento di 20 KHz, con filtro a banda stretta di 512 Hz, durante la registrazione di una vocale /a/ sostenuta, dalla quale venivano prelevati i due secondi centrali, e di una frase bilanciata foneticamente. L'indagine era condotta per studiare e valutare la qualità dell'emissione vocale.

Per l'analisi dei rilievi spettrografici sono stati presi in considerazione:

a) il Tempo Massimo Fonatorio (TMF), espresso in secondi; si tratta della durata massima di emissione di una vocale ad intensità media di conversazione, dopo una profonda inspirazione; il suo valore negli individui normali è: > 16 sec;

b) l'indice Harmonic/Noise ratio (H/N): tale parametro è espresso in dB ed indica il rapporto tra il segnale vocale periodico (H) e la componente di rumore (N); il valore di riferimento è di 7dB per una voce normale^{8 15-17 21};

c) gli indici di Jitter e di Shimmer, rispettivamente indicativi delle perturbazioni di intensità (dB) e di frequenza del segnale vocale considerato per ogni ciclo vibratorio²⁶; i relativi valori sono espressi in termini percentuali rispetto al dato iniziale. Per questi ultimi parametri non esiste ancora una normativa universalmente riconosciuta e dei valori di riferimento; tenuto conto, però, del loro interesse abbiamo ritenuto opportuno studiarli per valutarne le modificazioni a seguito dei compensi fonatori avvenuti.

In sintesi può affermarsi che:

- il TMF fornisce una valutazione oggettiva della tenuta fonatoria;
- l'indice di H/N permette una misurazione quantitativa della componente di rumore all'interno dello spettro vocale;
- l'indice di Jitter e quello di Shimmer consentono di calcolare la percentuale di oscillazioni irregolari, rispettivamente per intensità e frequenza, dell'emissione vocale.

È stato quindi condotto un follow-up post-operatorio di 12 mesi, effettuando il primo controllo a 4 settimane dall'intervento, il secondo a 2 mesi da esso; infine, il terzo controllo ed i successivi sono stati condotti con cadenza trimestrale.

I RISULTATI

In tutti i casi, nei giorni successivi all'intervento, si è avuta naturalmente una elevata disfonia ed un'evidente alterazione di tutti i parametri spettrografici.

Queste manifestazioni sono progressivamente migliorate, dopo l'operazione, con il passare del tempo; in genere può affermarsi che i compensi spontanei si costituiscono e si stabilizzano nei 3-5 mesi successivi all'intervento; tale spazio di tempo è evidentemente in relazione con le caratteristiche dell'operazione attuata e col tipo di compenso.

Nell'esposizione faremo riferimento ai risultati verificati nel corso dei controlli effettuati dopo 5 mesi e dopo 1 anno dall'intervento per valutare l'evoluzione dei compensi vocali.

I risultati relativi alla nostra indagine sulla capacità fonatoria nei soggetti sottoposti ad intervento di cordectomia per via endoscopica sono riportati analiticamente nelle Tabelle II e III.

In sintesi i rilievi stroboscopici e spettrografici relativi a ciascuno dei 5 gruppi di pazienti presi in considerazione, mettono in evidenza i dati seguenti:

Gruppo A

Intervento: cordotomia sottolegamentosa (5 casi) per carcinomi cordali superficiali (T1a):

a) L'indagine endoscopica mette costantemente in evidenza:

- una neocorda consistente con rilevante elasticità;
- l'assenza di sinechie localizzate a livello della commessura anteriore;
- un compenso fonatorio di tipo glottico (CV-N).

b) Le ricerche elettroacustiche documentano:

- un progressivo aumento del TMF che, a distanza di circa 12 mesi dall'operazione, raggiunge valori indubbiamente soddisfacenti (12,5 sec.);
- un aumento del rapporto segnale/rumore (da 2,5dB a 3,5dB);
- un graduale miglioramento dei valori di Jitter e di Shimmer.

Gruppo B

Intervento: cordectomia sottopericondrale monolaterale (45 casi) per carcinoma T1a:

a) L'esame video-laringoscopico permette di osservare:

- una neocorda consistente in tutti i pazienti;
- l'assenza di sinechie commessurali in 40 casi (89%): in essi il compenso, di tipo glottico, si realizza per un affrontamento tra la corda vocale vera e la neocorda (CV - N);
- la presenza di una sinechia cicatriziale anteriore in 5 malati (si tratta di soggetti nei quali il carcinoma interessava tutto il tratto anteriore della corda vocale, per cui il laser ha agito anche sulla commessura anteriore), con un compenso fonatorio di tipo misto inferiore, determinato dall'avvicinamento della corda vocale vera non interessata dal tumore con la corda vocale falsa controlaterale (CV-CF).

b) L'analisi elettroacustica evidenzia come i postumi cicatriziali condizionino i compensi fonatori; in particolare si rileva che:

– nei casi con un compenso glottico (CV-N) si verifica:

- un progressivo aumento della durata fonatoria (TMF);
- un più favorevole rapporto segnale/rumore (H/N);
- un graduale miglioramento dei parametri di Jitter e di Shimmer.

– nei pazienti con un compenso misto inferiore (CV-CF), in base ai parametri studiati, una voce nel complesso soddisfacente anche se meno sonora e più rauca di quella documentata nei soggetti dello stesso gruppo con un compenso glottico.

Tab. II.
Risultati dopo 5 mesi dall'intervento chirurgico.

Gruppo	Intervento	TNM	Numero pazienti	Presenza di una sinechia	Presenza di una neocorda prevalente	Compenso	TMF	H/N	Jitter	Shimmer
								sec	dB	%
A	Cordectomia sottomucosa	T1a	5	No	Sì	Glottico CV-N	11,5	2,5	3,5	3,8
B	Cordectomia sottopericondrale monolaterale	T1a	40	No	Sì	Glottico CV-N	9	2,1	3,9	4,1
			5	Sì (11%)		Misto inferiore CV-CF	7,5	1,7	4,8	5,3
C	Cordectomia sottopericondrale bilaterale	T1b	35	No	Sì	Vestibolare CF-CF	7	-2,1	5,2	5,6
			26	Sì (74,3%)	No	Misto superiore CF-PAE	6	-2,7	5,8	6,2
D	Cordectomia allargata monolaterale	T2	30	No	No	Misto superiore CF-PAE	5,5	-3,8	6,8	6,9
			12	Sì (40%)		Adito laringeo PAE-PAE	4	-6,4	7,9	8,4
E	Cordectomia allargata bilaterale	T2	25	No	No	Adito laringeo PAE-PAE	3,5	-10,8	10,2	11,2
			6	Sì (24%)		Adito laringeo PAE-PAE	5	-9,1	9	9,8
Totale			140							

CV = corda vera; TMF = tempo massimo fonatorio; CF = corda falsa; H/N = harmonic noise ratio; N= neocorda; PAE = plica ariepiglottica.

Tab. III.
Risultati dopo 12 mesi dall'intervento chirurgico.

Gruppo	Intervento	TNM	Numero pazienti	Presenza di una sinechia	Presenza di una neocorda	Compenso prevalente	TMF sec	H/N dB	Jitter %	Shimmer dB
A	Cordectomia sottomucosa	T1a	5	No	Sì	Glottico CV-N	12,5	3,5	2	2,4
B	Cordectomia sottopericondrale monolaterale	T1a	45	No	Sì	Glottico CV-N	10	2,3	3,1	3,6
			5	Sì (11%)		Misto inferiore CV-CF	8,5	1,1	4,1	4,8
C	Cordectomia sottopericondrale bilaterale	T1b	35	No	Sì	Vestibolare CF-CF	8	- 1	4,6	4,9
			26	Sì (74,3%)	No	Misto superiore CF-PAE	7	- 3,2	5,1	5,8
D	Cordectomia allargata monolaterale	T2	30	No	No	Misto superiore CF-PAE	6,5	- 5	6,1	6,5
			12	Sì (40%)		Adito laringeo PAE-PAE	5	- 7,2	7,2	7,8
E	Cordectomia allargata bilaterale	T2	25	No	No	Adito laringeo PAE-PAE	4,5	- 11,2	11	12,3
			6	Sì (24%)		Adito laringeo PAE-PAE	5,5	- 9,3	9,5	10,1
Totale			140							

CV = corda vera; TMF = tempo massimo fonatorio; CF = corda falsa; H/N = harmonic noise ratio; N = neocorda; PAE = plica ariepiglottica.

Gruppo C

Intervento: cordectomia sottopericondrale bilaterale (35 casi) per carcinomi cordali T1 bilaterali (T1b):

a) L'esame videolarinoscopico evidenzia:

– in 9 casi (25,7%) la presenza di una neocorda valida da un lato e un compenso sopraglottico caratterizzato dall'affrontamento di entrambe le corde vocali false (CF-CF);

– negli altri 26 pazienti (74,3%) la formazione di un esile banda cicatriziale ovvero la totale mancanza di una neocorda: in questi casi è sempre presente una sinechia; il compenso è di tipo misto superiore; esso si realizza per l'avvicinamento della corda vocale falsa di un lato con la plica ariepiglottica controlaterale (CF-PAE).

b) I rilievi spettrografici documentano:

– nei 9 casi con neocorda consistente e compenso sopraglottico, indici elettroacustici (TMF, H/N, Jitter, Shimmer) indicativi di una disfonia medio-grave, migliorata al termine del follow-up (12 mesi);

– negli altri casi, con compenso misto superiore, nei quali vi era una sinechia, tutti i parametri con valori meno soddisfacenti, per una disfonia più grave.

Gruppo D

Intervento: cordectomia allargata monolaterale (30 casi) per carcinomi cordali T2 monolaterali, con interessamento del ventricolo di Morgagni e della corda vocale falsa e con estensione sottoglottica.

1) L'indagine endoscopica dimostra:

– l'assenza in tutti i casi di una neocorda;

– in 18 casi (60%) – senza sinechia – un compenso misto superiore per l'avvicinamento della corda vocale falsa del lato opposto al tumore alla plica ariepiglottica del lato operato (CF-PAE);

– in 12 casi (40%) una sinechia anteriore costituitasi evidentemente per la necessità di estendere l'exeresi alla commessura anteriore per la compromissione da parte del tumore di tutto il tratto anteriore della corda vocale vera interessata, e un compenso a livello dell'adito laringeo per un avvicinamento delle pliche ariepiglottiche dei due lati (PAE-PAE).

2) I rilievi spettrografici mettono in evidenza:

– nei 18 casi senza sinechia (compenso misto superiore: CF-PAE) una riduzione del TMF, ed una significativa componente di rumore (H/N) per la raucedine provocata dalla vibrazione della mucosa della plica ariepiglottica;

– nei 12 pazienti con sinechia (compenso a livello dell'adito: PAE-PAE) valori dei parametri studiati meno soddisfacenti – malgrado i miglioramenti avutisi nel tempo – per una rilevante disfonia, che si spiega tenendo conto delle caratteristiche dei compensi.

Gruppo E

Intervento: cordectomia allargata bilaterale (25 casi) per carcinomi cordali bila-

terali T2 con interessamento della commessura anteriore, estesi alla regione sopraglottica e a quella sottoglottica.

L'esame endoscopico permette di osservare:

- l'assenza costante di una neoglottide funzionalmente valida;
- in 19 casi (76%) l'assenza di fenomeni aderenziali – in particolare di sinechie in corrispondenza della commessura anteriore – e un compenso a livello dell'adito laringeo per azione delle pliche ariepiglottiche (PAE-PAE);
- in 6 pazienti (24%) una sinechia a livello del piano glottico ed un compenso assicurato sempre dalle pieghe ariepiglottiche (PAE-PAE).

Alla valutazione spettrografica si evidenzia:

- in tutti i casi una rilevante alterazione dei parametri studiati, che però mostrano sempre una tendenza al miglioramento col trascorrere del tempo;
- risultati alquanto migliori nei soggetti in cui si era costituita una sinechia.

CONSIDERAZIONI

Gli esiti anatomici e funzionali favorevoli, conseguiti con gli interventi di cordectomia attuati con impiego del laser in microlaringoscopia, sono stati segnalati in numerose pubblicazioni^{43 46 47}. Alcuni Autori hanno approfondito l'argomento^{1 12 40} confrontando i risultati ottenuti con questa chirurgia endoscopica e quelli conseguiti con le tecniche tradizionali: tali lavori concordano sul fatto che le metodiche endoscopiche consentono migliori successi funzionali; va però rilevato che le casistiche prese in considerazione in queste indagini riguardano forme neoplastiche circoscritte e quindi fanno riferimento a interventi relativamente limitati.

È però innegabile che le osservazioni citate sono di indubbio interesse e di indiscutibile validità; ma è altresì evidente che le relative conclusioni non possono essere genericamente estese a tutti gli interventi endoscopici; infatti la valutazione dei relativi risultati funzionali deve tener conto di molteplici fattori, fra cui particolare importanza hanno l'estensione della neoplasia glottica (T), e quindi le caratteristiche dell'intervento chirurgico, ed i suoi postumi; d'altra parte questi risultati per essere attendibili vanno studiati ricorrendo ad adeguate indagini videolaringoscopiche e spettrografiche.

Discuteremo, quindi, le nostre osservazioni tenendo conto:

- dei risultati delle indagini eseguite;
- dei compensi funzionali realizzati nei vari gruppi di pazienti studiati;
- dei tipi di interventi praticati;
- dei postumi di tali operazioni.

Le indagini foniatriche

Esse si basano sulle osservazioni effettuate con la videostroboscopia e con la spettrografia.

I reperti obiettivi, rilevati con le indagini endoscopiche, permettono di accertare gli esiti anatomico-funzionali delle operazioni attuate nei singoli casi e di stabilire

quali strutture consentono dei compensi funzionali più o meno validi; in particolare si potrà verificare:

a. la presenza o meno nelle operazioni più limitate di una neocorda; se essa è elastica favorisce il recupero vocale per un compenso a livello glottico; se invece è costituita da una sottile banda fibrosa cicatriziale riveste una importanza funzionale secondaria;

b. l'integrità anatomico-funzionale delle corde vocali false, che intervengono per assicurare un compenso fonatorio a livello vestibolare qualora esso non si possa realizzare a livello glottico;

c. un edema della mucosa che riveste le pliche ariepiglottiche e le cartilagini corniculate; si tratta di condizioni che favoriscono i compensi fonatori a livello dell'adito laringeo quando tali compensi non possono realizzarsi a livelli più bassi.

d. la formazione di una sinechia in corrispondenza della commessura anteriore; essa riduce la motilità delle strutture presenti a livello glottico ed in genere rende meno validi i compensi glottici e vestibolari, favorendo però quelli a livello dell'adito laringeo.

I rilievi spettrografici danno la possibilità di accertare la maggiore o minore efficacia dei compensi descritti; bisogna però rilevare che la valutazione della compromissione della voce non è agevole per la presenza di numerose variabili che possono interferire nelle relative indagini.

Noi abbiamo fatto riferimento ad alcuni parametri spettrografici che ci consentivano dei rilievi obiettivi (TMF; H/N ratio; Jitter; Shimmer); non è stata invece presa in considerazione la classificazione di Yanagihara⁵⁰ a cui hanno fatto riferimento altri Autori¹²⁵; essa prevede una quantificazione dell'efficienza vocale basata sull'osservazione soggettiva dei tracciati sonografici e in particolare sull'eventuale presenza di rumore in rapporto con vari fattori in grado di interferire sulla fonazione stessa (raucedine, afonia, etc.).

In effetti, lo stesso Yanagihara⁵⁰ non ha mai utilizzato la classificazione citata nei casi con postumi di interventi per patologie neoplastiche, ma l'ha impiegata unicamente per lo studio delle disfonie funzionali. Va inoltre segnalato che le valutazioni fatte con tale classificazione sono basate non su dati obiettivi, ma su una «impressione» derivante dall'osservazione dei tracciati sonografici.

Anche il rilievo dell'andamento di Jitter e di Shimmer, da noi comunque effettuato, presenta dal punto di vista valutativo dei limiti, in quanto i relativi valori nei soggetti sottoposti ai vari interventi chirurgici riferiti sono attribuibili non al ciclo glottico (per cui tali parametri sono stati a suo tempo messi a punto) ma alla dinamica di altre strutture laringee provviste di mucosa vibrante; da ciò la difficoltà di una loro precisa interpretazione per la mancanza di parametri di riferimento.

I compensi funzionali

Sulla base dei risultati delle ricerche sinteticamente illustrate, come si è accennato, abbiamo distinto nei soggetti operati per carcinomi laringei 5 tipi di compensi che si stabiliscono rispettivamente a livello della glottide, del vestibolo laringeo, dell'adito della laringe e – compensi misti – della glottide e del vestibolo ovvero del vestibolo e dell'adito.

Il *compenso a livello della glottide* (CV-N) si realizza per la costituzione di una struttura sfinterica vibrante costituita:

- dalla corda vocale vera integra;
- dalla neocorda.

Questo tipo di compenso si riscontra dopo interventi:

- di cordotomia per carcinomi cordali sottomucosi;
- di cordectomia per tumori cordali T1a.

I parametri spettrografici documentano per tale tipo di compenso un ottimo recupero dei relativi valori (Tab. II, III). Si tratta, nel settore della chirurgia oggetto della nostra indagine, del compenso fonatorio più valido, la cui efficacia è proporzionale al volume e all'elasticità della neocorda (e quindi inversamente proporzionale all'estensione del tumore).

Questo compenso, spesso si costituisce in un tempo relativamente limitato: esso infatti si stabilizza dopo circa 90 giorni.

Il *compenso a livello del vestibolo* (CF-CF) si costituisce per la formazione di una struttura sfinterica vibrante in corrispondenza della regione sovraglottica; essa è limitata dalle corde vocali false più o meno ipertrofiche.

Questo tipo di compenso si riscontra nei soggetti sottoposti ad una cordectomia sottopericondrale bilaterale per carcinomi T1b bilaterali, con asportazione delle corde vocali vere e della commessura anteriore. Esso consente una buona tenuta vocale (TMF) che però si attua con una notevole raucedine. Tale compenso si stabilizza nell'arco di 120-150 giorni.

Il *compenso a livello dell'adito laringeo* (PAE-PAE) si realizza per l'affrontamento delle pliche ariepiglottiche e si osserva in seguito ad interventi di cordectomie allargate per carcinomi T2, estesi bilateralmente, ma anche nel 40% dei casi di cordectomia allargata monolaterale, qualora si costituisca una sinechia che limiti la mobilità dell'emilaringe dal lato opposto alla sede del tumore.

Tale compenso presuppone:

- un'ipertrofia e, talora, anche un edema della mucosa che riveste le pliche ariepiglottiche e le cartilagini corniculate;
- un potenziamento dell'attività delle fibre muscolari ariepiglottiche poste nello spessore delle pliche omonime;
- la contrazione del muscolo interaritenoidico posteriore.

Si tratta di un compenso non del tutto soddisfacente per la compromissione della tenuta vocale (TMF) e per l'entità della raucedine (H/N); va tenuto presente che l'alterazione vocale è in questi casi resa accettabile dall'entità dell'intervento.

Tale tipo di compenso richiede per realizzarsi 120-150 giorni.

Il *compenso misto inferiore* (CV-CF) si costituisce per l'avvicinamento della corda vocale vera di un lato alla corda vocale falsa del lato opposto, dal lato cioè in cui è stata praticata una cordectomia. Si tratta di un tipo di compenso che si realizza nei pazienti sottoposti a cordectomia sottopericondrale monolaterale, qualora in corrispondenza della commessura anteriore si formi una aderenza che riduca la mobilità della neocorda costituitasi nella sede del tumore asportato.

I parametri spettrografici documentano in questi casi valori soddisfacenti a cui corrisponde un buon recupero vocale; è sempre però presente un certo grado di raucedine, documentata dai valori bassi di H/N.

Il compenso segnalato si stabilisce in genere in 90-100 giorni.

Il *compenso misto superiore* (CF-PAE) si realizza per l'avvicinamento di una corda vocale falsa alla piega ariepiglottica controlaterale. Esso si costituisce:

– a seguito di cordectomie bilaterali per carcinomi classificati T1b, qualora la sinechia presente in corrispondenza della commissura anteriore riduca la motilità di una corda vocale falsa;

– dopo una cordectomia allargata eseguita per carcinomi T2 monolaterali; in questa eventualità può aversi un avvicinamento della plica ariepiglottica dal lato dell'intervento alla corda vocale falsa controlaterale. I parametri spettrografici in tali casi dimostrano una buona tenuta vocale (TMF), ma anche un rumore di fondo rilevante (H/N) in rapporto con un certo grado di raucedine.

Si tratta di un compenso che richiede per realizzarsi circa 120 giorni.

I trattamenti chirurgici

In relazione al tipo di intervento attuato nei casi da noi studiati si è osservato quanto segue:

– Nelle *cordectomie sottolegamentose*, per la ridotta exeresi chirurgica, la neocorda ottenuta risulta sempre valida per dimensioni e morfologia.

Il compenso funzionale ottenibile dall'affrontamento della corda vocale vera con la neocorda (CV-N) già a partire dal terzo mese dall'intervento si dimostra particolarmente efficace, come è confermato anche dai parametri elettroacustici.

– Nelle *cordectomie sottopericondrali monolaterali* si ha in genere (89% dei casi) la formazione di una neocorda valida (per la conservazione del muscolo crico-arterenoideo laterale) e quindi un compenso fonatorio realizzato dall'accostamento tra la corda vocale integra e la neocorda (CV-N); i valori dei parametri spettrografici confermavano la validità di tale compenso.

Nell'11% dei pazienti invece si costituisce in corrispondenza della commissura anteriore una sinechia cicatriziale che riduce la motilità della neocorda, favorendo quindi un compenso misto inferiore, CV-CF, meno valido di quello realizzato negli altri casi (CV-N). Alla spettrografia, infatti, i parametri elettroacustici mettono in evidenza una disfonia più accentuata, sebbene anche in questa eventualità si abbia dopo l'intervento un progressivo miglioramento di tali parametri.

Nell'ambito delle *cordectomie sottopericondrali bilaterali*, nel 25,7% dei casi si costituisce una neocorda valida solo da un lato, quindi insufficiente per un compenso glottico; pertanto si realizza un compenso funzionale sovraglottico di tipo CF-CF; nel restante 74,3% per l'assenza di una neocorda funzionalmente valida e per la costituzione di una sinechia nella sede della commissura anteriore, che comporta una riduzione della motilità della corda vocale falsa di un lato, si ha un compenso di tipo misto superiore per l'avvicinamento della corda vocale falsa mobile con la plica ariepiglottica controlaterale (CF-PAE).

In questi casi, qualunque sia il compenso, dal punto di vista spettrografico, si registra una discreta tenuta vocale (TMF), ma anche una considerevole rumorosità (H/N), espressione di una raucedine rilevante.

Nelle *cordectomie allargate monolaterali* – che comportano dal lato del tumore l'exeresi della corda vocale vera e di quella falsa – si evidenzia costantemente la costituzione di una neocorda fibrosa, quindi poco valida ai fini dei compensi.

Nel 60% di questi casi il compenso fonatorio è di tipo misto superiore, CF-PAE. Il coinvolgimento della piega ariepiglottica ed in particolare la vibrazione della relativa mucosa deve ritenersi presumibilmente responsabile della significativa componente di rumore rivelato dalla spettrografia (H/N) e della conseguente raucedine. Anche la tenuta vocale (TMF), assicurata dal compenso in questione, è piuttosto modesta.

Nel 40% dei casi, in cui è presente una sinechia che riduce l'efficienza della corda vocale falsa integra, il compenso fonatorio si realizza a livello dell'adito laringeo (per l'intervento delle due pliche ariepiglottiche PAE-PAE).

L'analisi spettrografica evidenziava in questi casi risultati simili a quelli rilevati negli altri pazienti con compensi di tipo misto superiore.

Nei casi di *cordectomia allargata bilaterale* si osserva sempre un compenso a livello dell'adito laringeo (PAE-PAE). Nel 24% dei pazienti si rileva una sinechia anteriore; in essi, pur in presenza di una grave disfonia, i parametri elettroacustici appaiono meno compromessi, specie per quanto riguarda la tenuta fonatoria (TMF).

I postumi chirurgici

In definitiva, i rilievi esposti dimostrano come i risultati funzionali siano condizionati, oltre che dalla maggiore o minore aggressività dell'intervento chirurgico, dai postumi che ad esso hanno fatto seguito. In proposito una particolare valutazione deve essere fatta nei riguardi:

- della eventuale neocorda che si può costituire dopo l'asportazione di carcinomi limitati alla corda vocale vera;
- delle sinechie o comunque dai processi aderenziali che talora si formano in corrispondenza dell'angolo anteriore della cartilagine tiroidea ed in particolar modo nella sede della commessura anteriore.

La *neocorda*: essa può avere consistenza e struttura diversa; in particolare nei casi sottoposti a cordotomia per un carcinoma superficiale, la neocorda ha una consistenza elastica e conserva una sua motilità in quanto contiene nel suo spessore strutture muscolari (fasci laterali del muscolo tiroaritenoidico, fibre del muscolo cricoaritenoidico laterale); essa quindi ha una buona capacità funzionale. Nei pazienti invece in cui si è proceduto ad una cordectomia sottopericondrile, la consistenza, l'elasticità e la motilità della neocorda possono essere più o meno compromesse poiché essa risulta formata da tessuto fibroso cicatriziale ed eventualmente da residui del pericondrio; ciò evidentemente si ripercuote sulla sua funzionalità fonatoria. Per preservare una certa consistenza alla neocorda noi raccomandiamo di rispettare le fibre del muscolo cricoaritenoidico laterale; si tratta di un accorgimento di facile esecuzione, attuabile, naturalmente, solo qualora il tumore non si estenda in misura rilevate alla regione ipoglottica.

Va infine segnalato che la funzionalità della neocorda può essere compromessa dalla presenza di una sinechia cicatriziale che fissa la neocorda stessa alla commessura anteriore.

La *sinechia anteriore*: la presenza di aderenze in corrispondenza dell'angolo anteriore della cartilagine tiroide – in genere a livello della commessura anteriore – secondo alcuni Autori ⁴¹ favorirebbe la costituzione di uno sfintere glottico, valido ai fini della fonazione, mentre secondo altri ²⁵ essa non influenzerebbe la qualità vocale.

Le nostre osservazioni non concordano con tali rilievi.

Generalmente, infatti, le sinechie glottiche bloccano la motilità della struttura vocale con cui esse fanno corpo (neocorda, corda vocale integra, corda vocale falsa): ciò comporta la costituzione di compensi a livelli più alti, con risultati funzionali meno soddisfacenti, come risulta documentato dai risultati delle indagini spettrografiche. Solo nei casi in cui si sia praticata una cordectomia bilaterale allargata – nei quali quindi si è proceduto all'exeresi delle strutture glottiche e vestibolari in grado di attuare dei compensi – l'eventuale presenza di una sinechia glottica migliora il rendimento vocale: ciò è confermato dai reperti spettrografici come abbiamo segnalato anche in precedenti lavori ³⁸; l'osservazione riferita potrebbe dipendere da una riduzione della sfuggita d'aria durante la fonazione e quindi da un miglioramento del flusso aereo e dei parametri che esso influenza.

CONCLUSIONI

Non è possibile una valutazione globale dei risultati funzionali che la chirurgia endoscopica attuata con l'impiego del laser a CO₂ consente di ottenere nei pazienti con carcinomi laringei. Tali risultati, infatti, sono condizionati sicuramente da diversi fattori quali:

- le caratteristiche dell'intervento eseguito e quindi l'estensione del tumore per i quali è stata posta la relativa indicazione chirurgica;
- l'andamento dei fenomeni riparativi secondari all'operazione e i tipi di compenso funzionale che si stabiliscono nei singoli casi o meglio in gruppi di pazienti in cui il processo neoplastico aveva caratteristiche simili.

Naturalmente i risultati funzionali, e quindi i reperti videolaringoscopici e quelli spettrografici, sono migliori nei casi sottoposti ad interventi circoscritti, nei quali quindi il processo neoplastico era relativamente limitato.

A nostro parere la validità della chirurgia endoscopica attuata con il laser a CO₂ non può essere affermata sostenendo che essa genericamente dà migliori risultati funzionali; la sua efficacia è legata principalmente ai risultati oncologici che consente di ottenere con rischi contenuti, con limitati disagi per i malati e con ridotte spese di degenza.

Questi vantaggi si ottengono non solo senza sacrificare la voce, ma anche conservando una capacità fonatoria che può senz'altro considerarsi soddisfacente in relazione all'estensione e alle caratteristiche del processo neoplastico primitivo.

È infine interessante rilevare come in tutti i casi riportati si abbia, dopo l'intervento, un progressivo miglioramento fonatorio per i compensi spontanei che si attuano in ciascun paziente in modo diverso, in relazione ai fattori precedentemente segnalati; il trattamento logopedico può senza dubbio ulteriormente potenziare il

rendimento vocale, ma esso dovrà essere condotto razionalmente tenendo conto dei rilievi videolaringoscopici e spettrografici che caratterizzano, nei vari malati, i risultati chirurgici.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Almadori G, Ottaviani F, D'Alatri L, Carriero E, Modica V, Paludetti G. *Risultati funzionali dopo cordectomia in laringofissura e in microlaringoscopia con laser a CO₂*. Acta Otorhinol Ital 1998;18:16-22.
- ² Altissimi G. *Aspetti laringostroboscopici e parametri vocali nell'insufficienza glottica prima e dopo trattamento foniatrico*. Riv ORL Aud Fon 1987;3:281.
- ³ Andrews AH, Moss HW. *Experiences with the carbon dioxide laser in the larynx*. Ann otol Rhinol Laryngol 1974;83:462-72.
- ⁴ Baken RJ. *Clinical measurement of speech and voice*. Londra: Ed Taylor and Francis 1987.
- ⁵ Baken RJ. *Readings in clinical spectrography*. Singular Publishing Ed, San Diego (USA) 1987.
- ⁶ Bellussi C, Formigoni P, Genovese E, Ferrero F. *Correlazione tra indagine elettroacustica e percettive della voce. Considerazioni conclusive*. In: *La riabilitazione fonetica del laringectomizzato*. Relaz Uff XIX Congr Naz SIFEL Abano Terme. Acta Phon Lat 1985;7:289-97.
- ⁷ Biondi S, Zappalà M, Amato G, Arcidiacono A, Saita V, Serra A. *Risultati foniatrici nelle cordectomie al CO₂ laser*. Acta Phon Lat 1989;11:237-43.
- ⁸ Biondi S, Zappalà M, Amato G. *La spettrografia della voce*. Acta Phon Lat 1990;12:199-236.
- ⁹ Cooper M. *Spectrographic analysis of fundamental frequency and hoarseness before and after vocal rehabilitation*. J Speech Hear Dis 1974;39:286.
- ¹⁰ Daniilidis J, Nikolaou A, Symeonidis V. *Our experience in the surgical treatment of T1 carcinoma of the vocal fold*. J Laryngol Otol 1990;1:222-4.
- ¹¹ De Santis M, et al. *L'indagine elettroacustica nella patologia della voce*. Relaz XIV Congr Soc Ital Audiol Foniati Bol Audiol Foniati 1976;25:1.
- ¹² De Vincentiis M et al. *Risultati foniatrici degli interventi di cordectomia eseguiti con metodica tradizionale ed in microlaringoscopia mediante fotocoagulazione laser CO₂*. Il Valsala 1990;66:147-53.
- ¹³ Dejonkere PH. *Analyse acoustique de la production vocale. Essai de synthèse dans une optique clinique*. Acta ORL Belg 1986;40:377.
- ¹⁴ Dejonkere PH. *Analyse spectrale moyennée de la voix. Comparaison de voix normales et de voix altérées par différentes catégories de pathologie laryngées*. Acta ORL Belg 1986;40:426.
- ¹⁵ Di Nicola V. *Determinazione quantitativa del rumore nella disфонia*. Acta Phon Lat 1995;XVII.
- ¹⁶ Di Nicola V. *Perturbazioni del suono vocale: jitter e shimmer*. Acta Phon Lat 1995;XVII.
- ¹⁷ Di Nicola V. *La valutazione dei parametri acustici della voce (H/N ratio, Jitter, Shimmer) dopo fonochirurgia*. Acta Otorhinol Ital 1998;20:324-30.
- ¹⁸ Eckel HE, Thumfart WF. *Laser surgery for the treatment of the larynx carcinomas: indications, techniques and preliminary results*. Ann Otol Laryngol 1992;101:113-8.
- ¹⁹ Ferrero F. *Nozioni di fonetica acustica*. Torino: Ed Omega 1979.
- ²⁰ Freche C. *Cancer glottique et laser*. J Franc Otorhinolaryngol 1988;37:67-9.
- ²¹ Fukazawa T, El-Assoutoty, Honio I. *A new index for valuation of the turbulent noise in pathological voice*. J Acoust Soc Am 1988;83:1189-93.
- ²² Hirano M. *Clinical examination of voice*. New York: Ed Springer Verlag Wien 1981.
- ²³ Hirano M. *Stroboscopic video recording of vocal fold vibration*. Ann Otol Rhinol Laring 1985;4:588.
- ²⁴ Hofler H. *Esperienza sull'uso del laser in laringologia*. Acta Otorhinol Ital 1982;2:107-12.
- ²⁵ Iengo M, Villari P, Masula I, De Clemente M. *Analisi morfo-funzionale degli esiti chirurgici nei diversi tipi di cordectomia con laser a CO₂*. Acta Otorhinol Ital 2000;20:106-20.

- ²⁶ Klingholz F, Martin F. *Quantitative spectral evaluation of shimmer and jitter*. J Speech Hear Res 1985;28:169.
- ²⁷ Kojima H. *Computer analysis of hoarseness*. Arch Oto-Laring 1980;89:547.
- ²⁸ Krajina Z. *Esperienza sull'uso del laser in laringologia*. Acta Otorhinol Ital 1982;2:99-105.
- ²⁹ Krespi YP, Meltzer CJ. *Laser surgery for vocal cord carcinoma involving the anterior commissure*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1989;89:105-9.
- ³⁰ Mc Guirt WF, Blalock D, Koufman JA, Feehs RS. *Voice analysis of patient with endoscopically treated early laryngeal carcinoma*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1992;101:142-6.
- ³¹ Moreau PR. *Treatment of laryngeal carcinomas by laser endoscopy microsurgery*. Laryngoscope 2000;110:1000-6.
- ³² Motta G, Villari G, Motta G jr, et al. *Il trattamento dei tumori glottici in microlaringoscopia diretta in sospensione mediante l'impiego del laser a CO₂*. In: *Attualità in otorinolaringologia*. Milano: Ed Scient Valeas 1983:271-91.
- ³³ Motta G, Villari G, Motta G jr, Ripa G, Cesari U. *Il laser a CO₂ nella microchirurgia laringea*. Acta Otorhinol Ital 1984;4:49-68.
- ³⁴ Motta G, et al. *L'impiego del laser a CO₂ nella chirurgia conservativa dei tumori glottici*. Acta Otorhinolaryngol Ital 1991;11:25-34.
- ³⁵ Motta G, et al. *Riabilitazione funzionale, chirurgica e logopedia dopo interventi di laringectomia parziale, sub-totale e totale*. Tav Rot LXXIX Congr Naz SIO e Chir Cerv Fac Sorrento, 1992. Acta Otorhinolaryngol Ital 1992;XII:209-27.
- ³⁶ Motta G, et al. *Chirurgia funzionale della laringe: stato attuale dell'arte*. Relaz Uff LXXX Congr Naz SIO e Chir Cerv Fac Udine 1993:367-84.
- ³⁷ Motta G, Esposito E, Cassiano B. *Il laser CO₂ nella chirurgia endoscopica della laringe*. In: Saetti R, Serafini I, Villari G, a cura di. *Atti del XIX Convegno Nazionale di aggiornamento A.O.O.I. «Laserchirurgia in Otorinolaringoiatria»*, 1995:131-66.
- ³⁸ Motta G, Cesari U. *Disodie e disfonie*. Formenti 1999.
- ³⁹ Ossoff RH, Sisson GA, Shapshay SM. *Endoscopic management of selected early vocal cord carcinoma*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1985;94:560-4.
- ⁴⁰ Pia F, Gonella ML, Boggero R, Ponzio S, Giordano C. *Valutazione obiettivo-strumentale della funzionalità glottica residua dopo cordectomia tradizionale e cordectomia CO₂ laser*. Acta Otorhinol Ital 1994;14:329-38.
- ⁴¹ Remacle M, et al. *CO₂ laser in the diagnosis and treatment of early cancer of the vocal fold*. Eur Arch Otorhinolaryngol 1997;254:169-76.
- ⁴² Segre R. *La comunicazione orale normale e patologica*. Torino: Ed Med Scient 1976.
- ⁴³ Sittel C, et al. *Phonatory results after laser surgery for glottic carcinoma*. Otolaryngol Head Neck Surg 1998;119:418-24.
- ⁴⁴ Sittel C, et al. *Voice quality after partial laser laryngectomy*. Laryngorhinologie 1998;77:219-25.
- ⁴⁵ Steiner W. *Esperienza sull'uso del laser in laringologia*. Acta Otorhinol Ital 1982;2:113-9.
- ⁴⁶ Steiner W. *Results of curative laser microsurgery of laryngeal carcinomas*. Am J Otolaryngol 1993;14:116-21.
- ⁴⁷ Strong MS, Jako GJ. *Laser surgery in the larynx: Early clinical experience with continuous CO₂ laser*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1972;81:791-8.
- ⁴⁸ Strong MS. *Laser excision of carcinoma of the larynx*. Laryngoscope 1975;85:1286-9.
- ⁴⁹ Vaughan CW, Blaungrund SM. *Surgical management of voice disorders*. J Voice 1988;2:176-81.
- ⁵⁰ Yanagihara N. *Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness*. J Speech Hear Res 1967;10:531-41.
- ⁵¹ Yumoto E, Sasaki Y, Okamura H. *The Harmonics to noise ratio as an Index of the Degree of Hoarseness*. J Acoust Soc Am 1982;71:1544.
- ⁵² Yumoto E. *The quantitative evaluation of hoarseness*. Arch Oto-Laring 1983;109:48.
- ⁵³ Yumoto E, Sasaki Y, Okamura H. *Harmonics to noise ratio and psychophysical measurement of the degree of hoarseness*. J Speech Hear Res 1984;27:2.