

Elementi di tecnica vocale

1 – Anatomia e fisiologia dell'apparato vocale
Respirazione, laringe, corde vocali, fonazione

a cura di Domenico Innominato

AA 2007-08 | Bienni abilitanti A77-31-32

LA RESPIRAZIONE – GABBIA TORACICA

La parete toracica è definita come l'insieme delle strutture extrapolmonari che vengono mobilizzate durante la respirazione. Essa comprende:

- 1) la gabbia toracica ed i propri muscoli respiratori
- 2) il diaframma
- 3) i muscoli respiratori addominali

Gabbia toracica e muscoli respiratori propri

La gabbia toracica è formata da:

- 12 paia di coste con le rispettive cartilagini costali
- 12 vertebre toraciche con i dischi intervertebrali
- lo sterno

Le cartilagini costali delle prime 7 coste si articolano direttamente con lo sterno (*coste vere*). L'8°, la 9° e la 10° sono dette *coste false* o *asternali* perché le loro cartilagini non raggiungono singolarmente lo sterno ma si fondono assieme per formare l'*arco costale* il quale le unisce allo sterno. L'11° e la 12° sono dette *libere* o *fluttuanti* perché non entrano in rapporto con sterno né con l'arco costale: il loro breve segmento cartilagineo si impegna nelle masse muscolari della parete laterale dell'addome, dando attacco a fasci carnososi.



Lo **sterno** è formato a sua volta da tre parti: manubrio, corpo e processo xifoideo (o appendice xifoidea). Il margine superiore del manubrio è concavo e forma la cosiddetta *incisura giugulare dello sterno*.

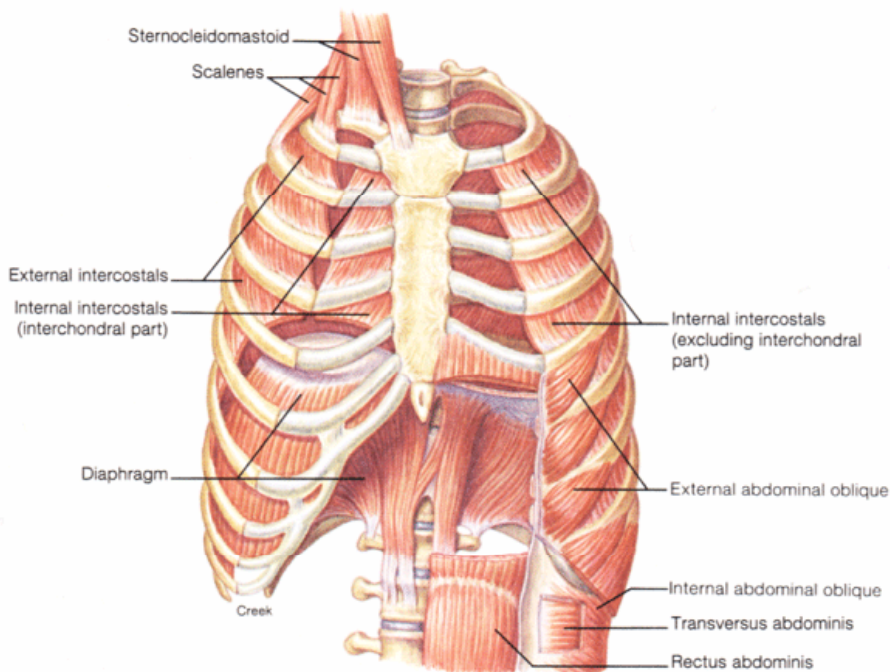
I muscoli della respirazione si suddividono in **muscoli inspiratori** e **muscoli espiratori**

LA RESPIRAZIONE – MUSCOLI INTERCOSTALI, DIAFRAMMA

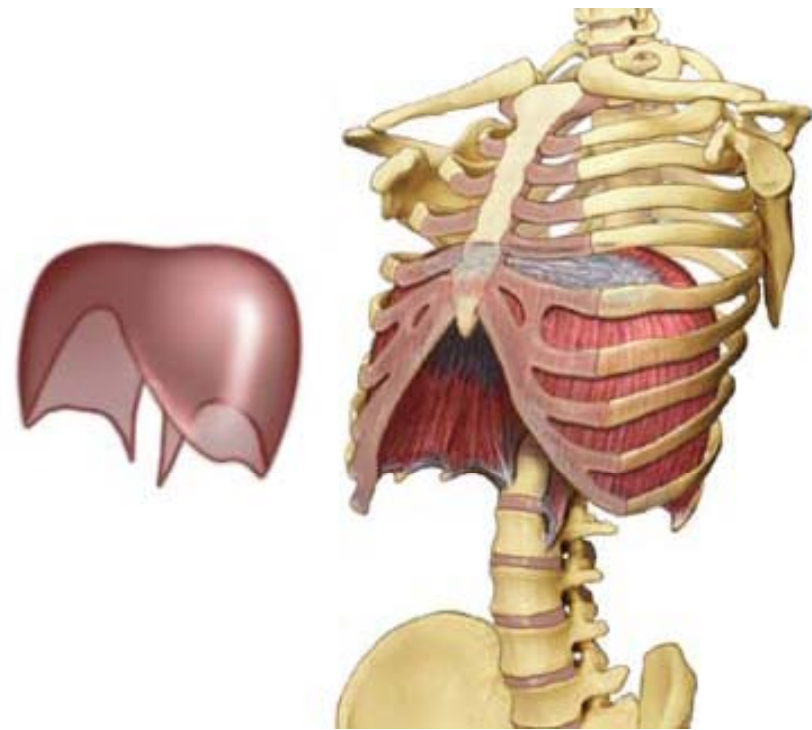
I principali muscoli dell'*inspirazione* sono gli **Intercostali esterni**, che sollevano le coste, e il **Diaframma**, un ampio muscolo a lamina che si solleva ad ombrello verso il cavo toracico, il lato concavo guarda invece i visceri addominali.

Contrariamente all'inspirazione, durante una respirazione regolare, l'*espirazione* avviene passivamente per retrazione elastica polmonare. I muscoli maggiormente coinvolti nella *espirazione* sono i muscoli **Intercostali interni**, che riabbassano le coste. Questi muscoli, situati al di sotto degli intercostali esterni, si estendono dal labbro interno delle coste al margine superiore e alla faccia interna della costa sottostante. Hanno direzione obliqua, dall'alto in basso e dall'avanti all'indietro, incrociando a X i fasci sovrastanti e corrispondenti dei muscoli intercostali esterni la cui obliquità è diretta in senso contrario cioè da dietro in avanti.

Muscles of inspiration



Muscles of expiration



LA RESPIRAZIONE – MUSCOLI ESPIRATORI (espirazione forzata)

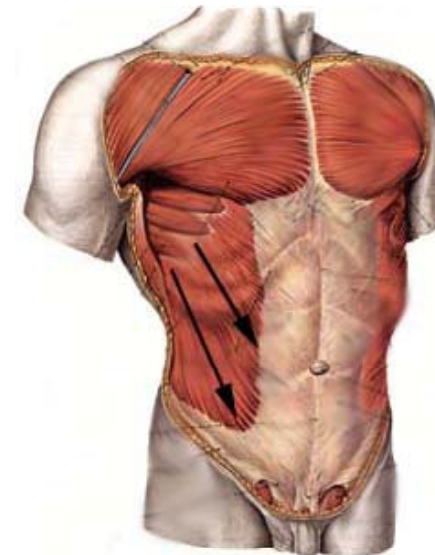
Nella cosiddetta “*espirazione forzata*” i muscoli addominali, comprimendo i visceri, abbassano le coste inferiori e tirano verso il basso la parte anteriore del torace. Regolano l’emissione dell’aria durante il parlato e il cantato - sono quattro (elencati dal muscolo più interno): **Trasverso e Retto addominale, Obliquo interno, Obliquo esterno.**



Frecce orizzontali: muscolo *Trasverso addominale*
Frecce verticali: muscolo *Retto addominale*

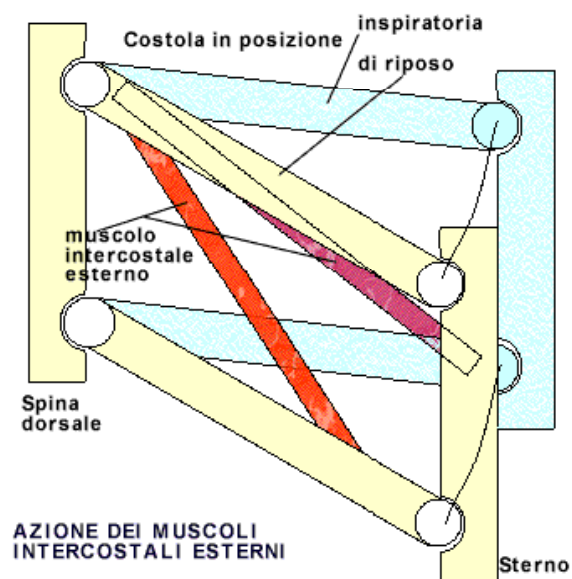


muscolo *Obliquo interno*



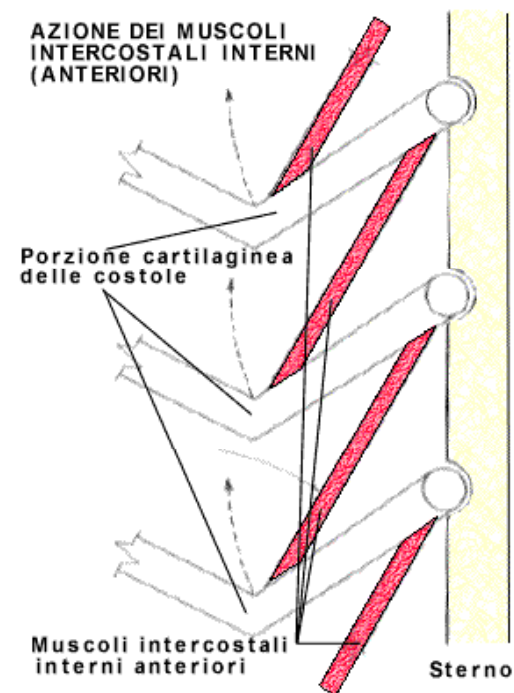
muscolo *Obliquo esterno*

Gli *Intercostali esterni*, come tutti i muscoli, lavorano attraverso contrazione. Le costole sono incardinate alla spina dorsale e sono unite anche allo sterno. Il principio di sollevamento delle costole è raffigurato con il seguente modello meccanico:



Le strisce in azzurro rappresentano schematicamente l'innalzamento delle costole e dello sterno durante l'inspirazione. Le costole allo stato di riposo sono colorate in giallo. A sinistra è rappresentata la spina dorsale, che funge da struttura portante. La striscia in rosso rappresenta una fibra del muscolo *Intercostale esterno* che connette due costole. Quando il muscolo si contrae (striscia viola), accorciandosi alza la costola alla posizione in blu. Elevando le costole, i muscoli *Intercostali esterni* aumentano il volume dei polmoni; ottenuta una differenza di pressione, l'aria entrerà per depressione.

I muscoli *Intercostali interni* corrono perpendicolarmente agli *Intercostali esterni*. Gli *Intercostali interni anteriori*, che uniscono le cartilagini di connessione fra costole e sterno, lavorano in maniera differente rispetto ai muscoli che si trovano nella parte laterale o posteriore della gabbia toracica: tirando su le costole sono anch'essi muscoli inspiratori.



LA RESPIRAZIONE

Come accennato, i muscoli della gabbia toracica e della parete addominale generano uno spostamento delle costole che - unitamente all'azione del diaframma - sono all'origine dell'espansione dei polmoni (*inspirazione*) e, in misura minore, del loro "ritorno" alla condizione fisiologica d'origine (*espirazione*).

La respirazione si può realizzare in due distinte condotte, dipendenti da funzioni muscolari differenti e antagoniste.

1° Respirazione "costale": nell'inspirazione agiscono i muscoli *Intercostali esterni*, gli *Scaleni* (*anteriore, medio e posteriore*) e gli *Elevatori delle coste* - nell'espirazione intervengono gli *Intercostali interni* e il *Trasverso del torace*. Questo movimento muscolare mette in atto, durante l'inspirazione, un'espansione polmonare di modesta entità: l'alto torace "si muove" verso l'esterno e verso l'alto non garantendo un adeguato controllo sulla pressione e sulla continuità dell'aria uscente. Avvertendo questa discontinuità, per equilibrare l'assetto della laringe (durante la fonazione questa si posiziona in senso verticale in conseguenza dell'aria emessa) entrano in funzione i muscoli estrinseci, deputati principalmente al sostegno dell'organo nel suo complesso. Tale impiego muscolare (la respirazione costale è un'abitudine "acquisita", da considerarsi fisiologicamente non corretta) influisce negativamente - anche se in modo indiretto - sulle corde vocali che, "indebolite" nella loro funzionalità muscolare si avvicinano in maniera imperfetta (gli adduttori delle corde intervengono in modalità scorrette), permettendo così un effetto di "sfiatamento d'aria" che, non trasformandosi completamente in suono produce, assieme alla voce, pure una sorta di sibilo (soffio).

Cantare o parlare in modo assiduo (*surmenage vocale*), o in modo scorretto (*malménage vocale*) utilizzando la sola respirazione costale, può essere causa di molti problemi della voce. Uno fra i più frequenti e diffusi è la comparsa del *Nodulo cordale*, ispessimento calloso della mucosa. La causa di questo "callo" è data da un'errata adduzione, che a sua volta produce un improprio "sfregamento" fra i due margini vibranti. La presenza del nodulo è individuabile soprattutto attraverso fenomeni progressivi di *voce velata*, di *raucedine*, fino ad arrivare a forme *disfoniche* più gravi.

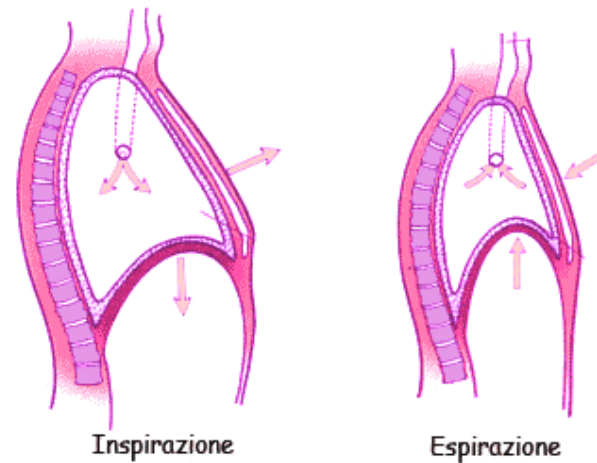
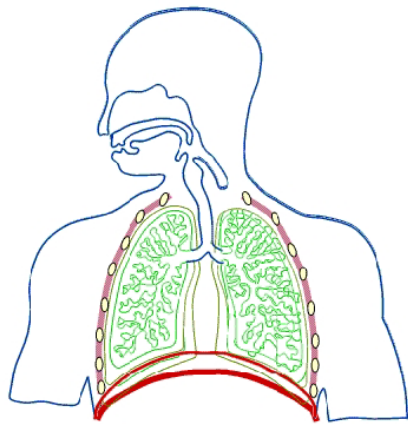


Noduli cordali bilaterali: corde vocali aperte e in posizione fonatoria

2° Respirazione "addominale": intervengono i muscoli dell'addome "*Retto*" e "*Obliquo esterno*" che agiscono sulle costole separate dallo sterno e, indirettamente, sul DIAFRAMMA, membrana muscolare - a forma di cupola - che divide orizzontalmente l'apparato respiratorio da quello digerente.

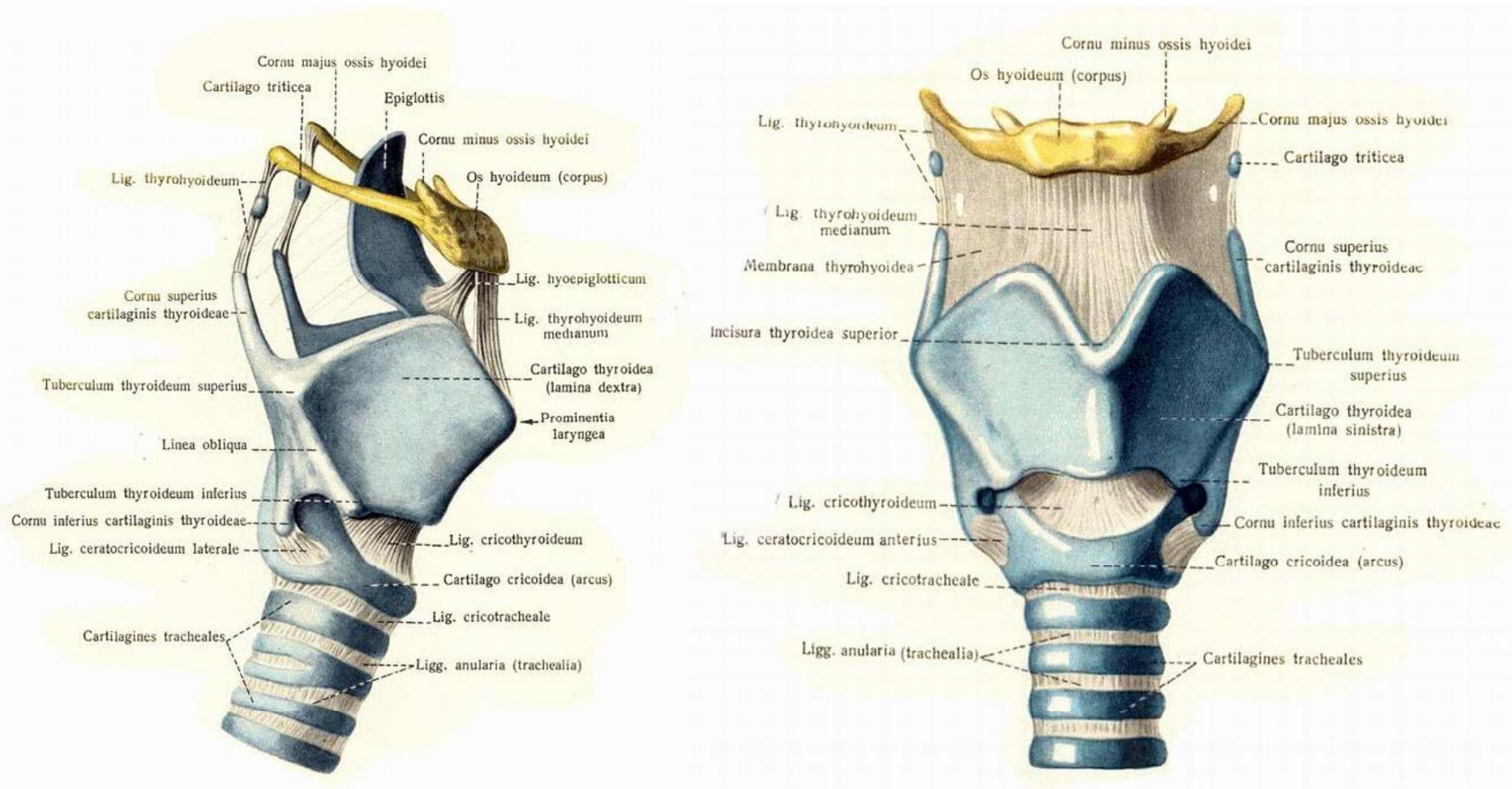
Durante l'inspirazione il diaframma si abbassa e, mettendosi in tensione, comprime gli organi sottostanti. È da notare che questo movimento avviene in maniera del tutto involontaria e si compie anche durante la respirazione costale.

Durante l'espiazione il diaframma si solleva (distensione muscolare) e ritorna alla posizione fisiologica, anche per l'azione verso l'alto degli organi compressi in precedenza. Il movimento del diaframma (rinforzato e migliorato a causa dell'influente spostamento dei muscoli addominali) imprime all'aria un impulso maggiore, come in uno stantuffo. Il controllo della pressione d'aria nell'espiazione è esercitato con un'azione muscolare che si muove, in maniera omogenea, dall'esterno verso l'interno delle pareti addominali anteriore e laterale.

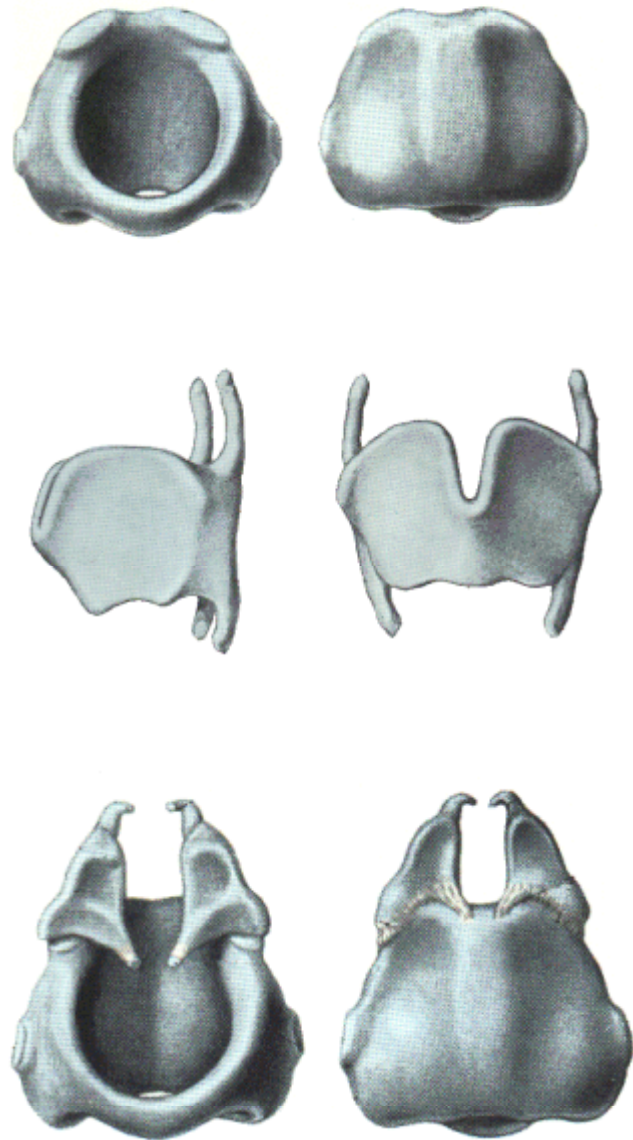


Laringe

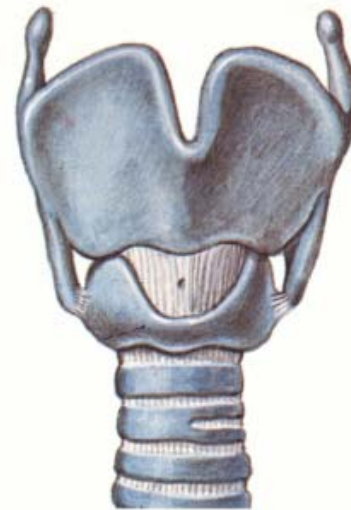
La laringe è un organo cavo posto fra faringe e trachea. È composta da diverse parti cartilaginee unite fra loro da muscoli e da legamenti:



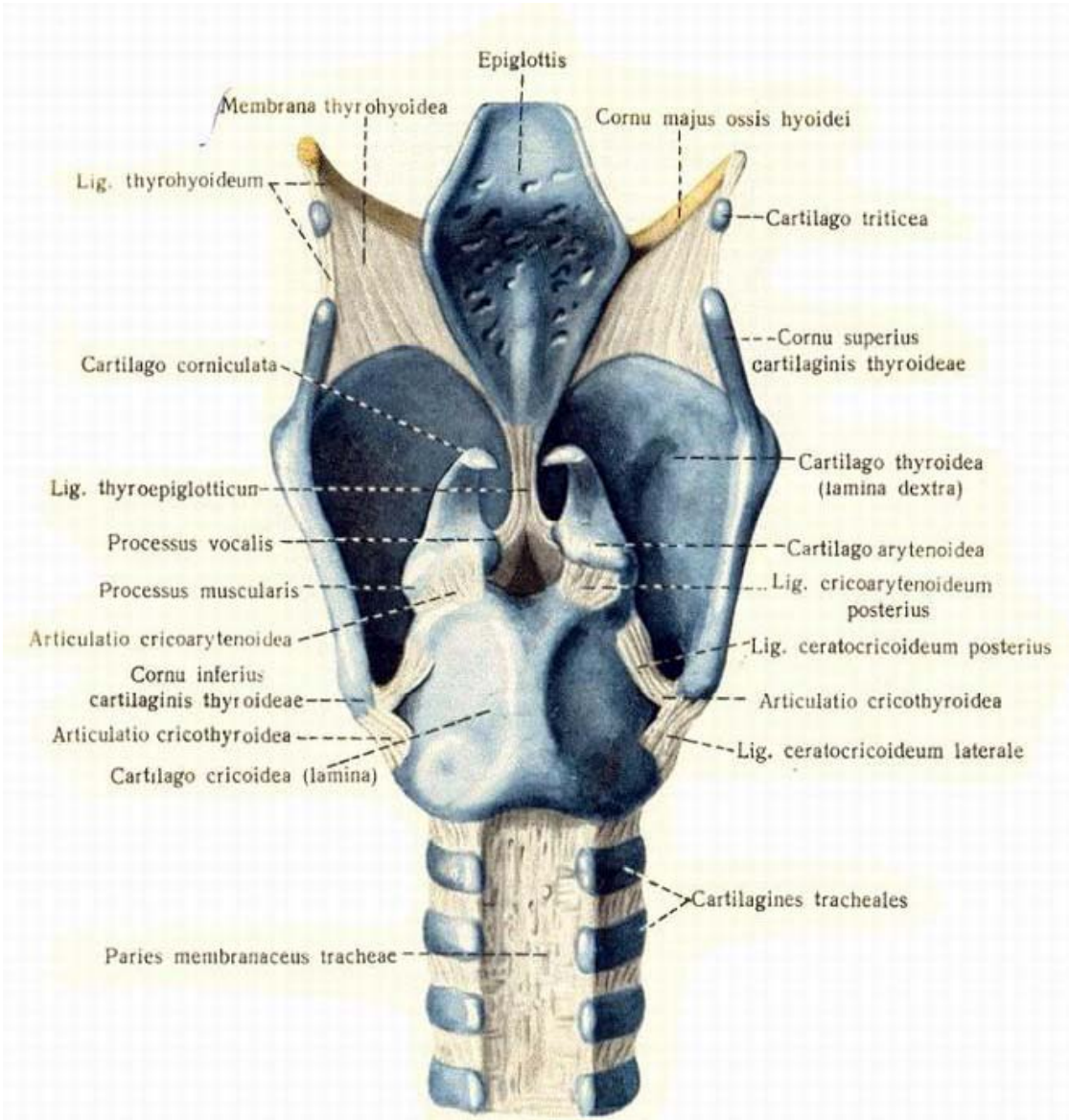
Cartilagini laringee



Cartilagine cricoide - a forma d'anello con castone posteriore: è il proseguimento della trachea e base della laringe. Sopra di essa si articola anteriormente la Cartilagine tiroide - a forma di scudo con doppie protuberanze (o corni): le superiori fungono da leva, le posteriori da cerniera. Sopra la cricoide, posteriormente, stanno le due Cartilagini aritenoidi - a forma d'imbuto - dotate di maggior mobilità, possono ruotare parzialmente attorno al proprio asse, innalzarsi ed abbassarsi "scivolando" sulla cricoide, inclinarsi in avanti e in dietro.

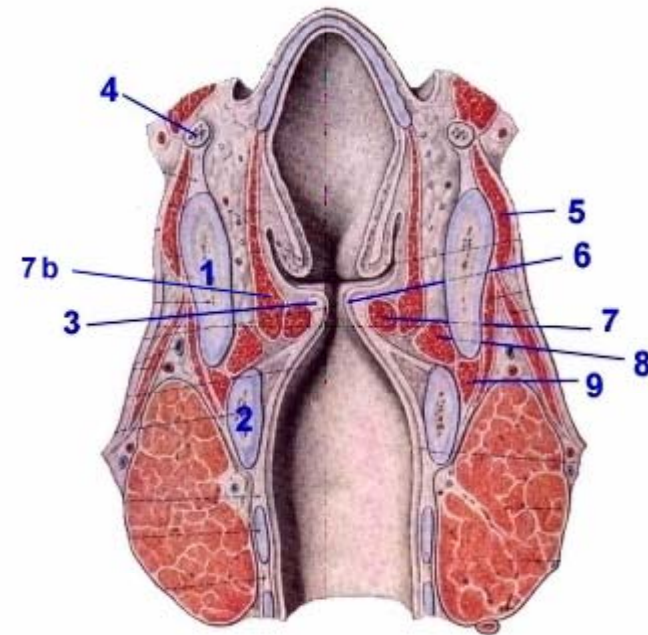


Laringe



Corde Vocali

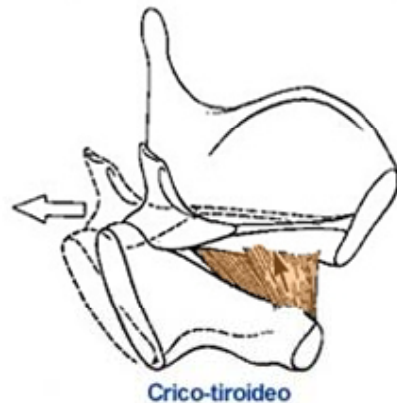
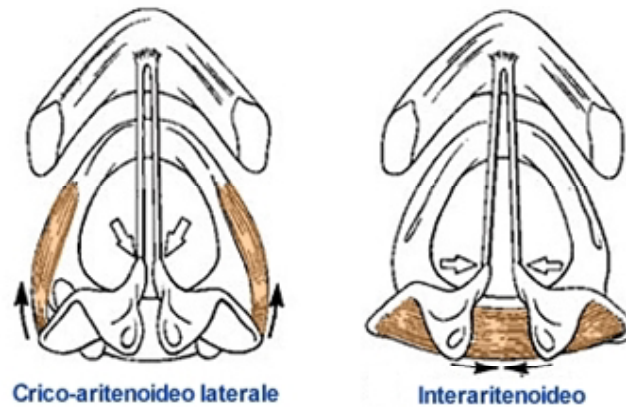
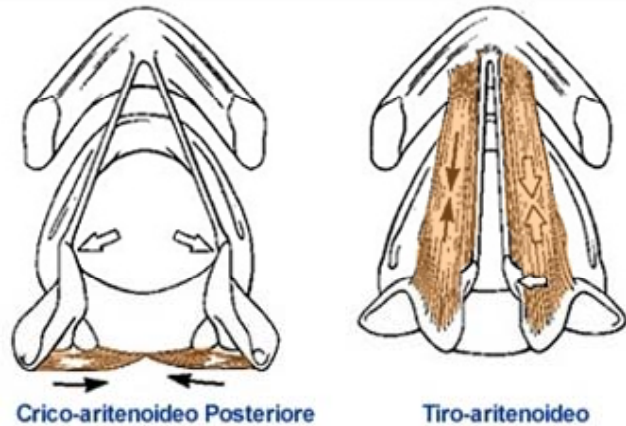
Sono due complessi muscolari di forma prismatica triangolare costituiti - nel loro insieme - dalla *Piega vocale* (6), dal *Legamento vocale* (3), scheletro fibroso delle corde vocali, e dai due muscoli *Tiroaritenoidi: laterale* (7b) e *mediale* (7) detto anche “muscolo vocale”. Le Corde vocali sono inserite, in avanti, alla zona mediana della faccia interna della *cartilagine tiroide* (1); posteriormente sono unite alle due *cartilagini aritenoidi*. Il legamento è saldato al muscolo che a sua volta s'inserisce lateralmente alla parete interna laterale della cartilagine tiroide. La *piega vocale*, membranosa, sporgendo nella cavità laringea, è libera di vibrare. Il muscolo vocale determina l'aumento di tensione di tutto il complesso; tale contrazione avviene senza modifica delle dimensioni (contrazione “isometrica”). Il fascio *laterale* è costrittore della glottide ed adduttore delle corde.



Sezione frontale della laringe

1. Lamina della *Cartilagine tiroide*
2. Lamina della *Cartilagine cricoide*
3. Legamento vocale
4. Osso ioide
5. Muscolo (M.) *Tiro-ioideo*
6. *Piega vocale*
7. M. *Tiro-aritenoideo mediale* (m. *vocale*)
- 7b. M. *Tiro-aritenoideo laterale*
8. M. *Crico-aritenoideo laterale*
9. M. *Crico-tiroideo*

Muscoli laringei



L'apparato muscolare laringeo è diviso in due classi:

Muscolatura intrinseca, comprendente le corde vocali e muscoli che muovono le cartilagini laringee: agiscono sulla tensione delle corde.

I muscoli intrinseci si distinguono in adduttori, abduttore e tensori.

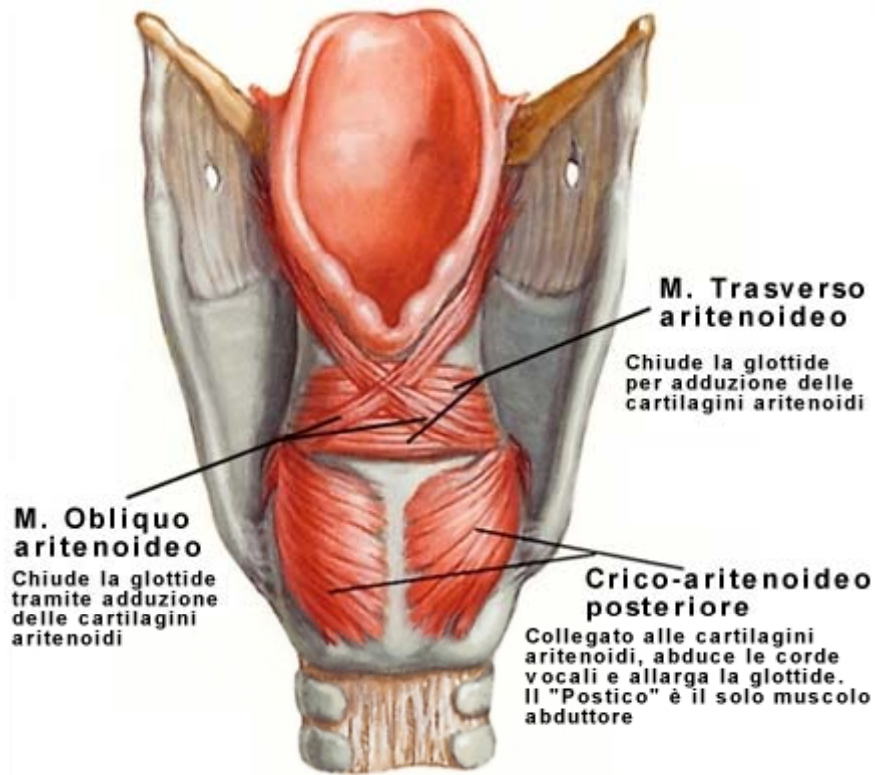
Abduttore: *Crico-aritenoideo posteriore* o "Postico"

Adduttori: *Interaritenoideo* e *Crico-aritenoideo laterale*

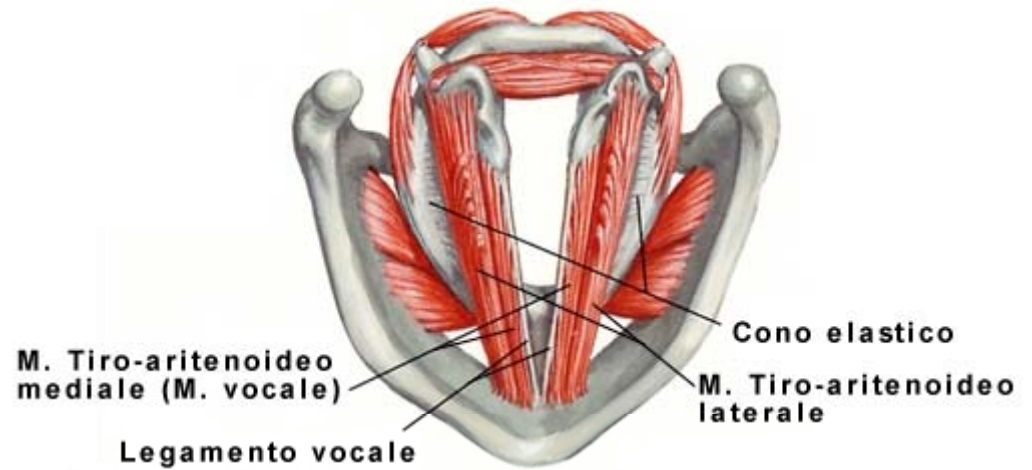
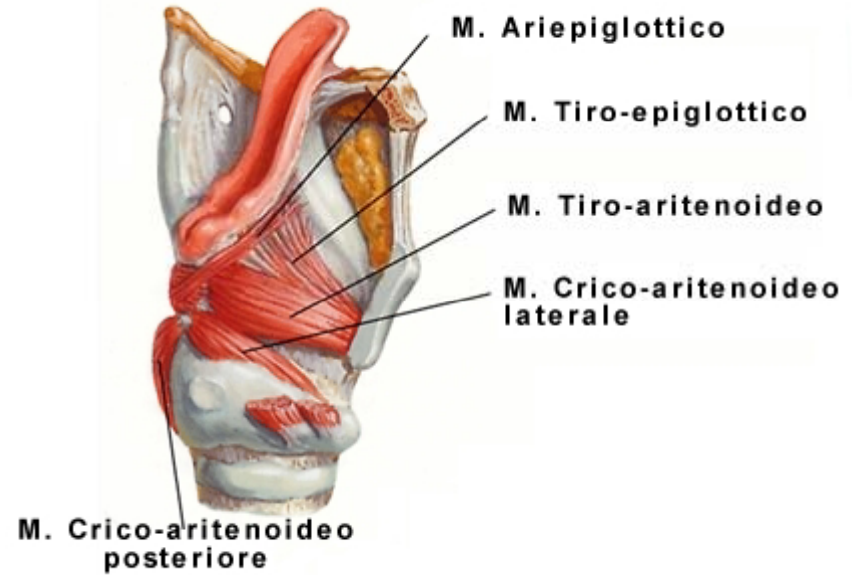
Tensori: *Tiro-aritenoideo* o "Muscolo vocale" (1° registro)
Crico-tiroideo (2° registro, di "falsetto")

Muscolatura estrinseca, che unisce la laringe allo scheletro. I muscoli estrinseci influiscono in maniera indiretta sui procedimenti di tensione delle corde vocali.

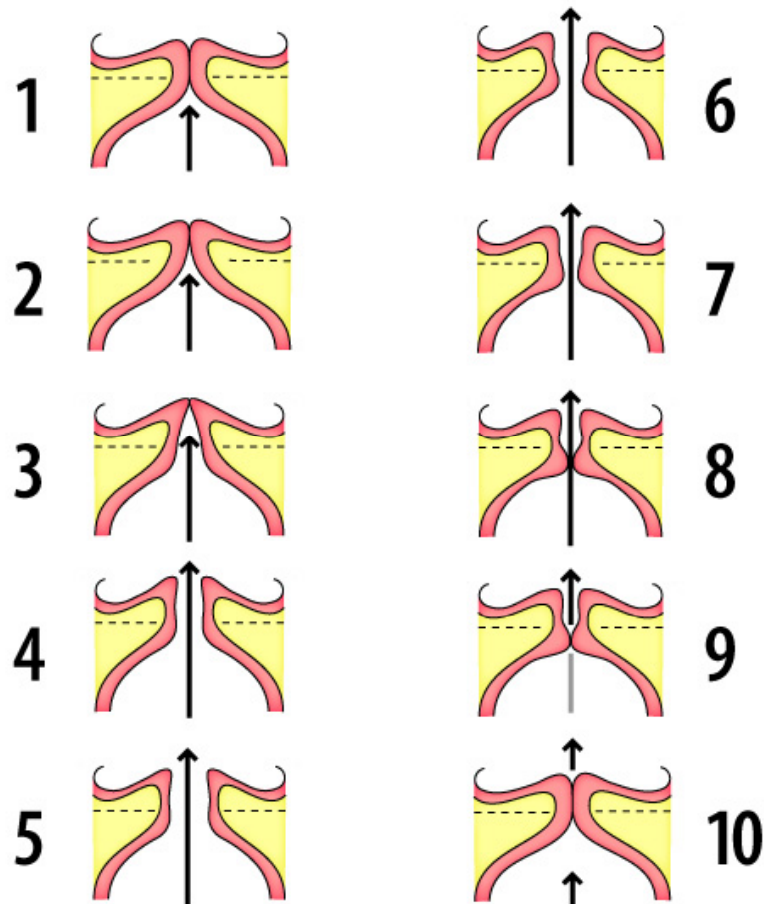
Muscolatura intrinseca



Muscoli intrinseci della laringe (posteriore)



Movimento delle corde vocali



FUNZIONE DELLE CORDE VOCALI

Nella naturale inspirazione, la contrazione involontaria del muscolo *Cricoaritenideo posteriore* dà luogo ad un'ampia apertura a livello della *rima glottidea*, permettendo il passaggio dell'aria.

I muscoli *Cricoaritenoidi laterali* fanno portare a contatto il margine interno delle corde vocali (1) impedendo il passaggio dell'aria verso l'esterno. L'impedimento determina un aumento della pressione (2,3) nella regione sottostante la rima glottidea (segmento trasversale della cavità laringea nel quale le due corde vocali si avvicinano); l'aria si accumula finché la forza non è superiore alla resistenza esercitata dalle corde vocali, che si allontaneranno (4,5,6,7,8), cedendo all'azione.

Diminuita la pressione (a causa del passaggio dell'aria), avverrà un graduale ritorno alla precedente posizione (8,9), si ristabilirà una nuova chiusura (10) e il fenomeno appena descritto si ripeterà in maniera ciclica (1-10).

La frequenza con la quale questo processo si ripete aumenterà in dipendenza del maggiore stiramento/tensione delle corde vocali.

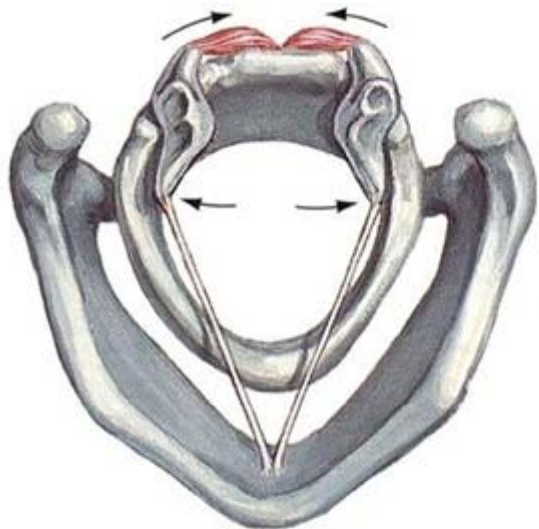
La voce umana dispone di una frequenza oscillatoria che varia da 87,307 Hz (Fa₁ del Basso) a 1046,493 Hz (Do₅ del Soprano).

Corde Vocali – voce “di petto”

Il *Crico-aritenoideo posteriore*, o *postico*, ha funzione d'abduzione delle corde vocali.

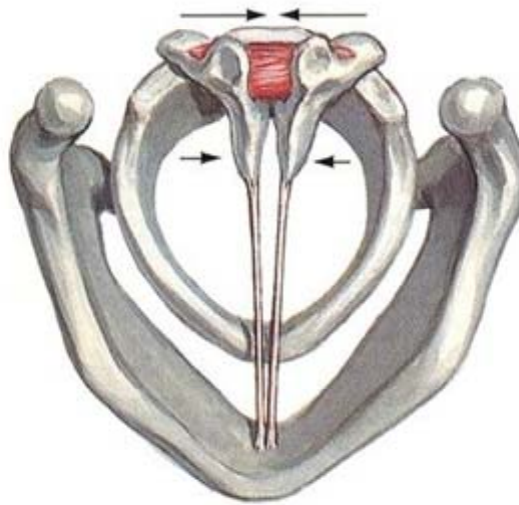
Le corde vocali si contraggono per l'azione del muscolo *Tiro-aritenoideo* mediale (o muscolo *Vocale*). Questo processo è attuato quando, avvicinate le *Aritenoidi* sulla linea mediana della rima glottidea (posizione fonatoria), il muscolo *Crico-tiroideo* blocca il punto d'inserzione anteriore delle corde vocali fermando il movimento “a perno” della cartilagine tiroide. Il muscolo estrinseco *Sterno-tiroideo* contribuisce ulteriormente ad immobilizzare la cartilagine tiroide.

Movimento di adduzione delle aritenoidi durante la fonazione. Notare lo stiramento “aggiuntivo” delle corde vocali in tensione attiva per l'intervento dei muscoli *Crico-aritenoidei laterali*. E' così possibile emettere suoni progressivamente più acuti, fino ad un determinato limite.



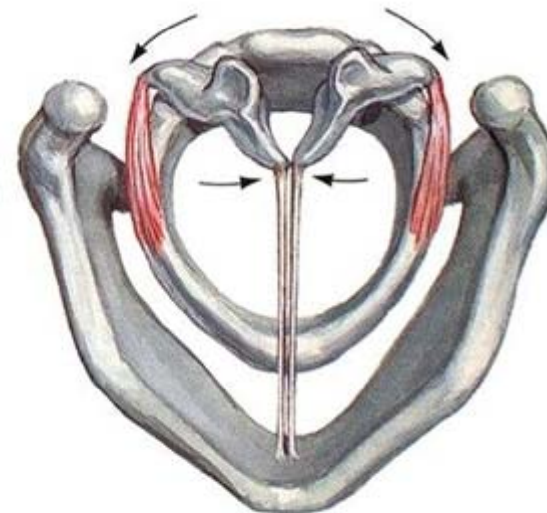
M. Crico-aritenoideo posteriore

Abduzione delle corde vocali durante l'inspirazione



M. Aritenoideo trasverso

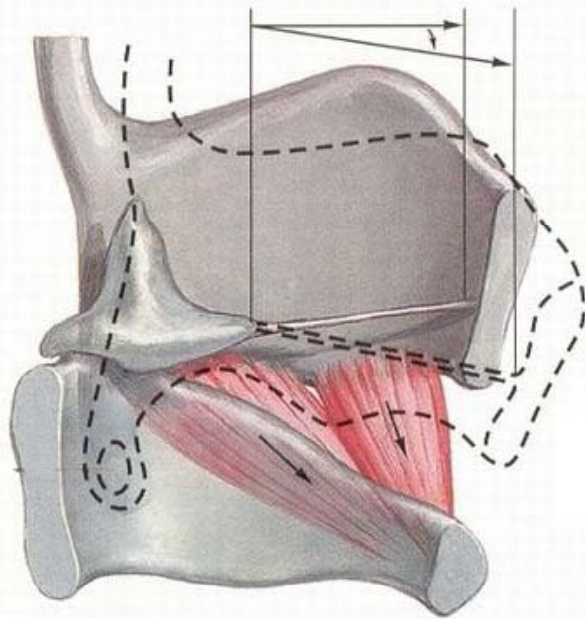
Adduzione delle corde vocali per la fonazione



M. Crico-aritenoideo laterale

Stiramento all'indietro delle corde vocali durante la fonazione di suoni progressivamente più acuti

Corde Vocali – voce “di falsetto”



Action des muscles crico-thyroïdiens

Allongement (tension accrue)
des ligaments vocaux



Il passaggio al registro acuto “di falsetto” è provocato dall’inclinazione in avanti e verso il basso della cartilagine tiroide per azione del muscolo *Crico-tiroideo*. Si ottiene così un allontanamento maggiore fra i due opposti punti d’inserzione delle corde vocali che aumentano in lunghezza e in tensione.

Il falsetto si produce attraverso la prevalenza del sistema *cricotiroideo* sul quello *aritenoidico*, che induce le corde a vibrare solo sul margine libero, con un contatto inferiore del 40% della normale lunghezza vibratoria.

Il controtenore usa il registro di falsetto “rinforzato” ottenuto aggiungendo all’inclinazione della tiroide un abbassamento della laringe (come nel canto lirico): in questo modo il suono è più ricco e rotondo.