

Φωνητικός μηχανισμός – πώς λειτουργεί

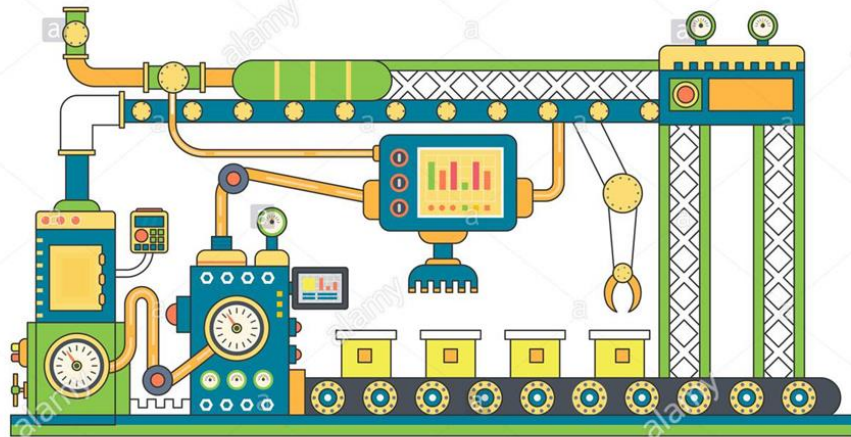
ΚΙΑΓΙΑΔΑΚΗ ΔΕΒΟΡΑ, ΩΡΛ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΣ, ΦΩΝΙΑΤΡΟΣ

Περίγραμμα

- Εισαγωγή
- Η φωνή-το φωνητικό σύστημα
- Φωνητικό σύστημα
 - 1^{ος} σταθμός (ενεργοποιητής)
 - 2^{ος} σταθμός (παραγωγός)
 - 3^{ος} σταθμός (αντηχεία)
- Κεντρική ρύθμιση και έλεγχος

Λειτουργία της φώνησης

αεροδυναμική ενέργεια

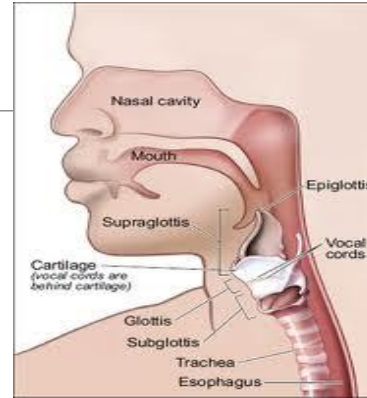


ακουστική ενέργεια (ήχος)

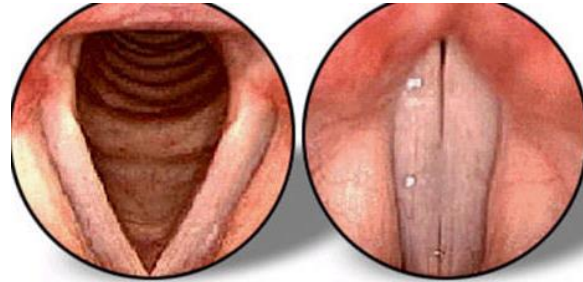


Φωνητική οδός και φωνητικό σύστημα

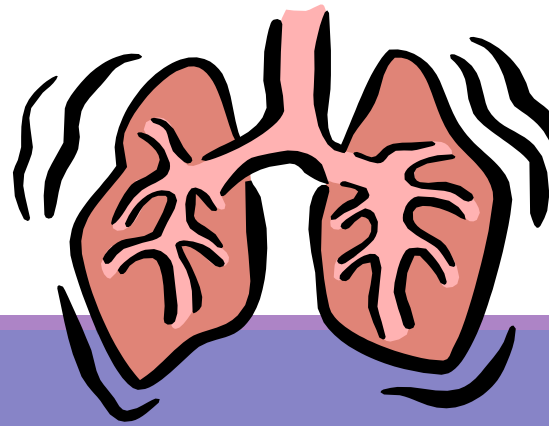
Αντηχεία



Παραγωγός



Ενεργοποιητής

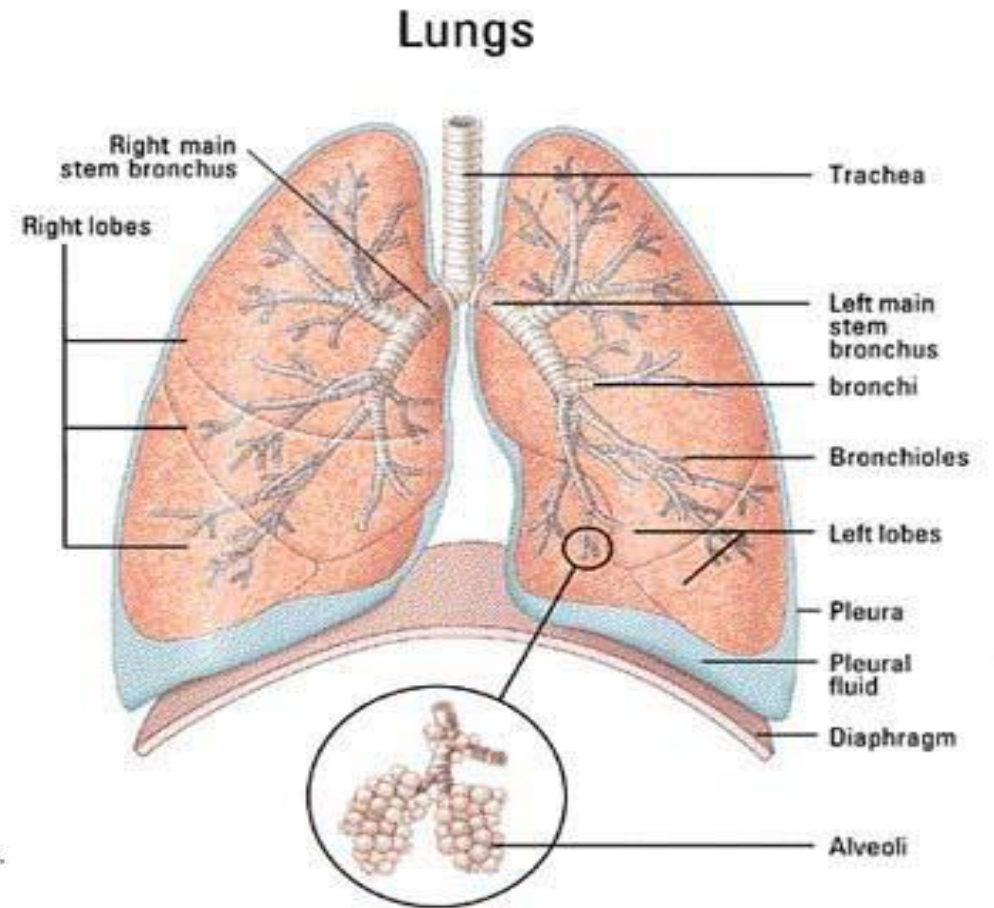
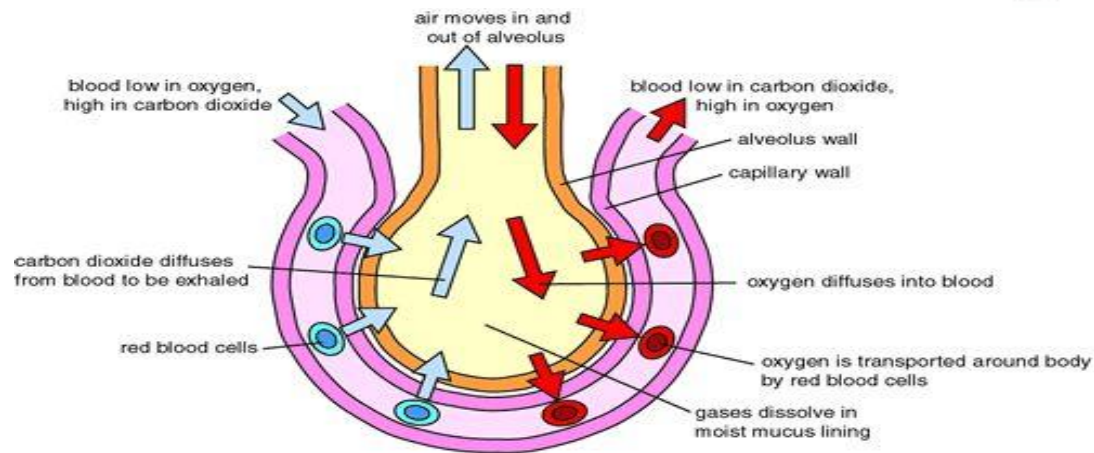


1^{ος} σταθμός: πνεύμονες-
αναπνοή

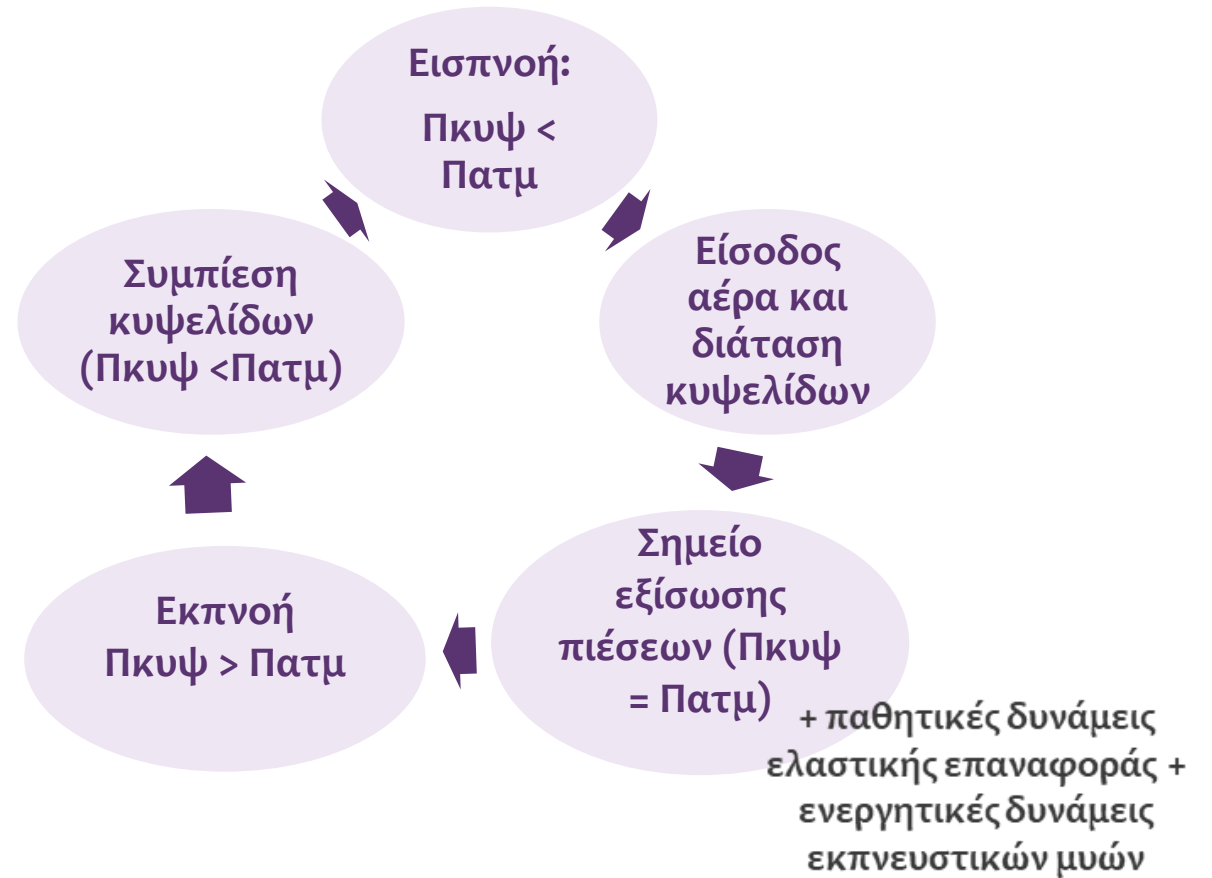
Ενεργοποιητής = κατώτερο αναπνευστικό σύστημα

Παροχή οξυγόνου στους ιστούς

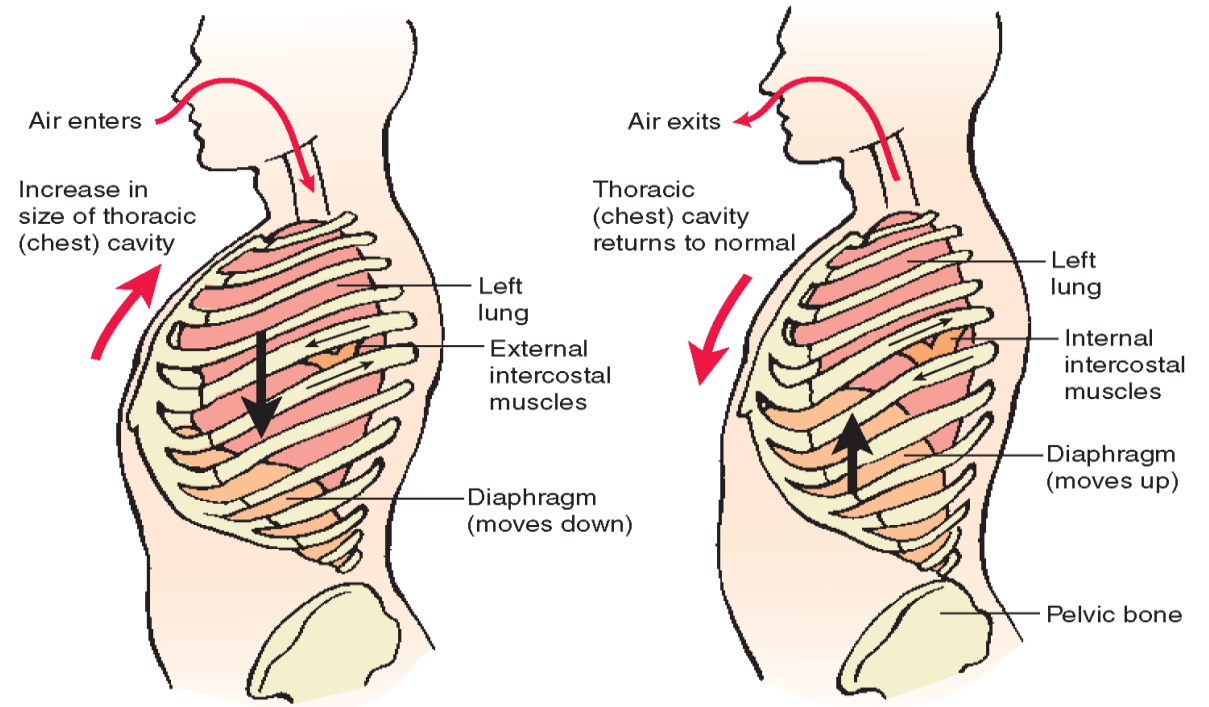
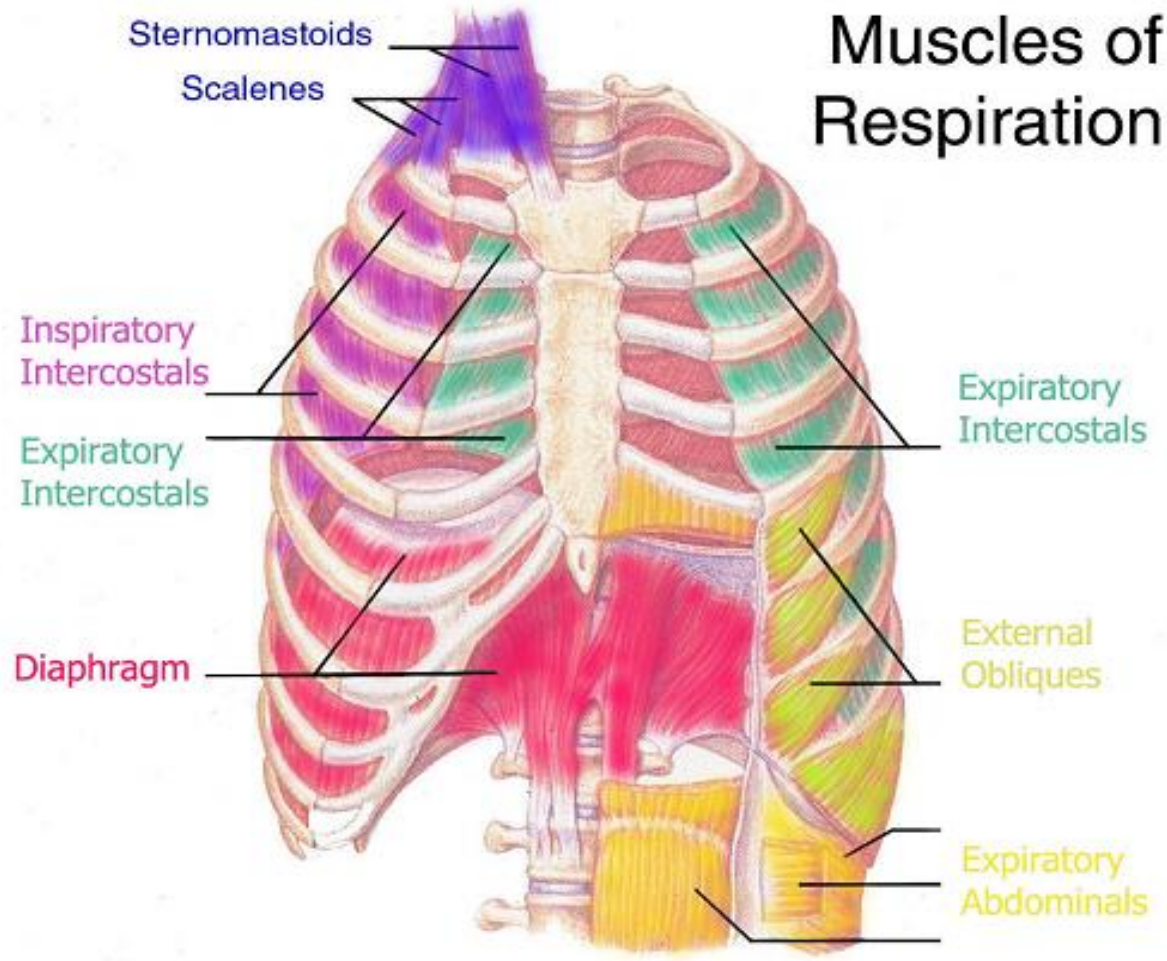
Απομάκρυνση διοξειδίου του άνθρακα από τα κύτταρα



Αναπνοή (κυψελίδες)

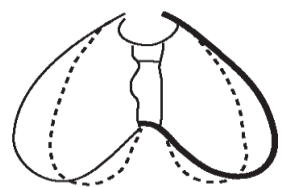


Φυσιολογία αναπνοής

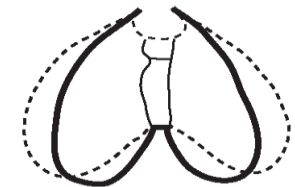


During inhalation the diaphragm presses the abdominal organs downward and forward. The intercostal muscles expand the pleural space.

During exhalation the diaphragm rises and recoils to the resting position. Air is passively exhaled.

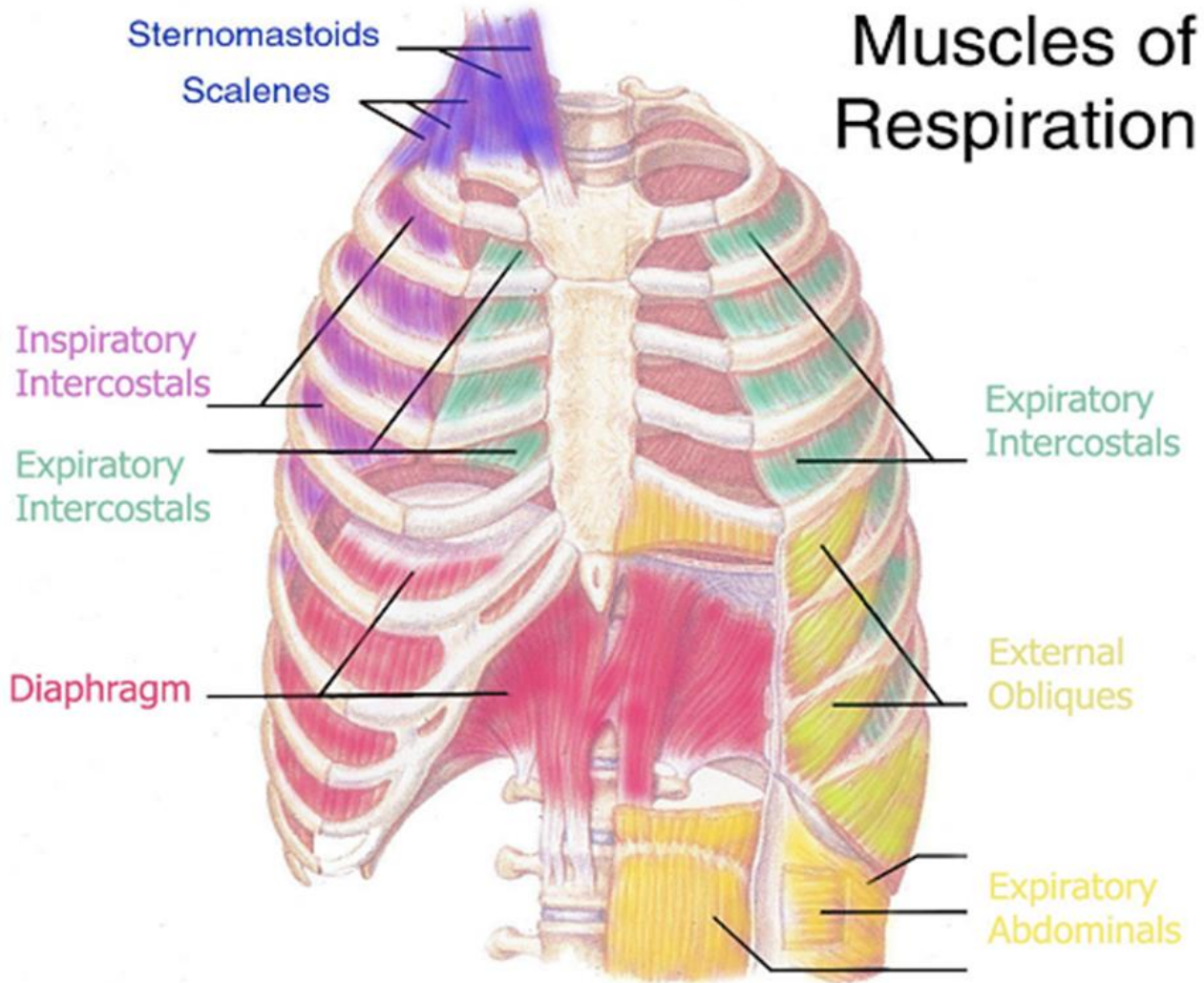


These activities create a vacuum in the chest cavity.



A

B



Ήρεμη αναπνοή: μυϊκή σύσπαση μόνο στην εισπνοή και εκπνοή παθητική

Ενεργητική εκπνοή: η σύσπαση των κοιλιακών μυών (εσω-έξω πλάγιος και εγκάρσιος κοιλιακός)

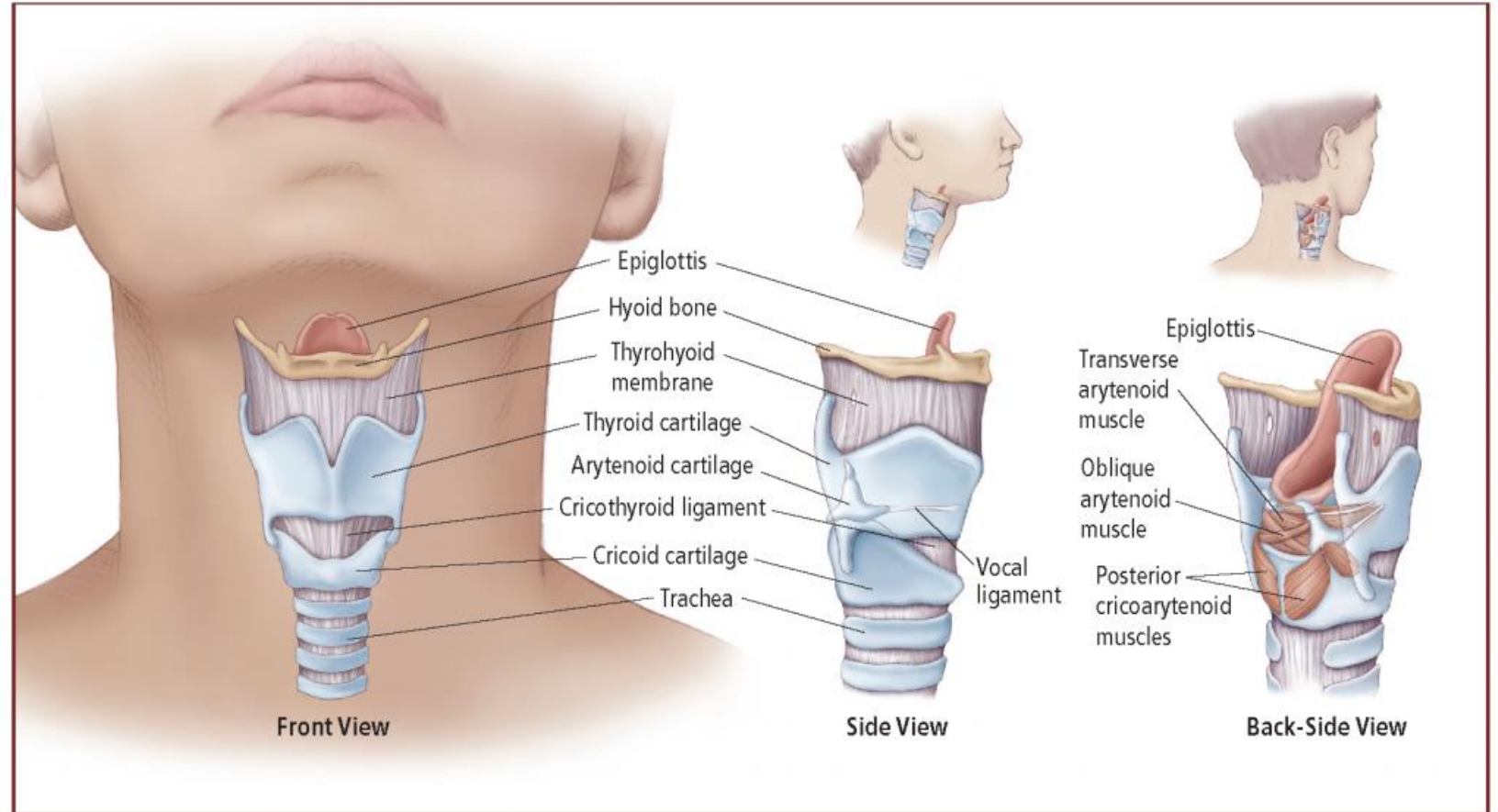
- αυξάνει την ενδοκοιλιακή πίεση
- κατασπών τις κατώτερες πλευρές για την σύμπτυξη του θώρακα των πνευμόνων και την άνοδο του διαφράγματος
 - Μικρότερη συμμετοχή του ορθού κοιλιακού

2^{ος} σταθμός: λάρυγγας

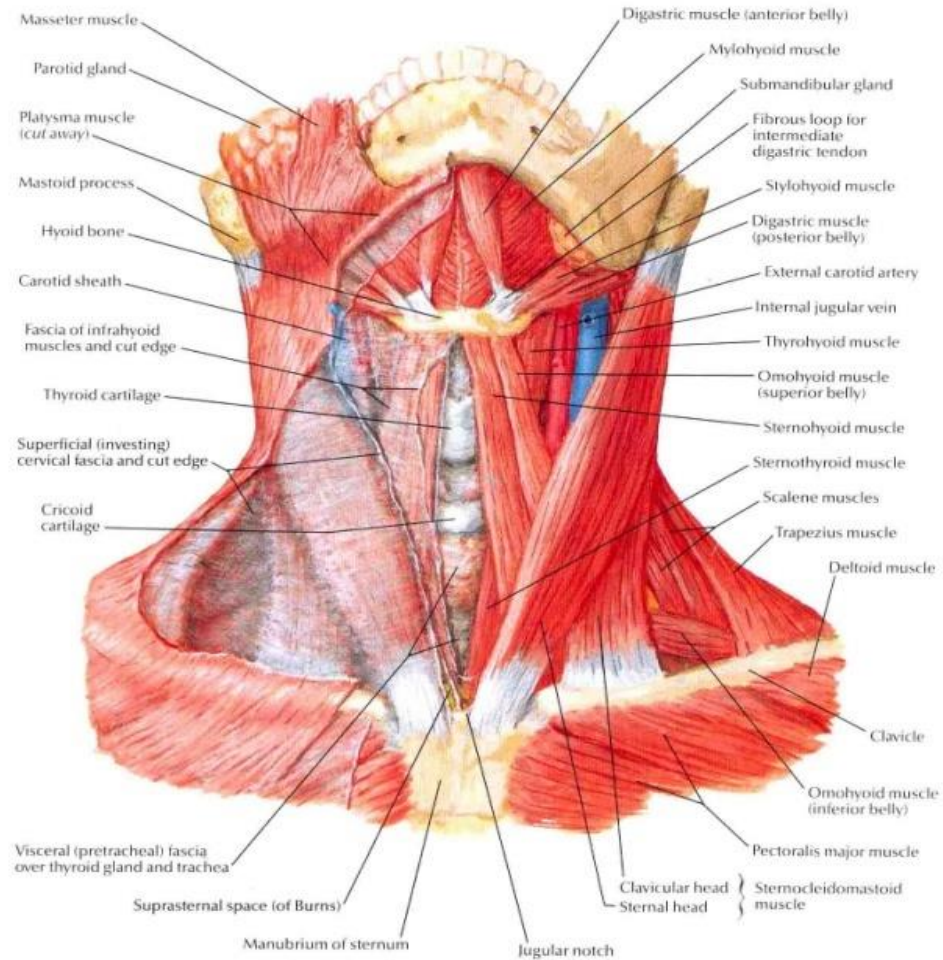
Παραγωγός = Λάρυγγας

ΣΚΕΛΕΤΟΣ

- Χόνδροι
- Υμένες και συνδέσμοι
- Αυτόχθονες και ετερόχθονες μύες

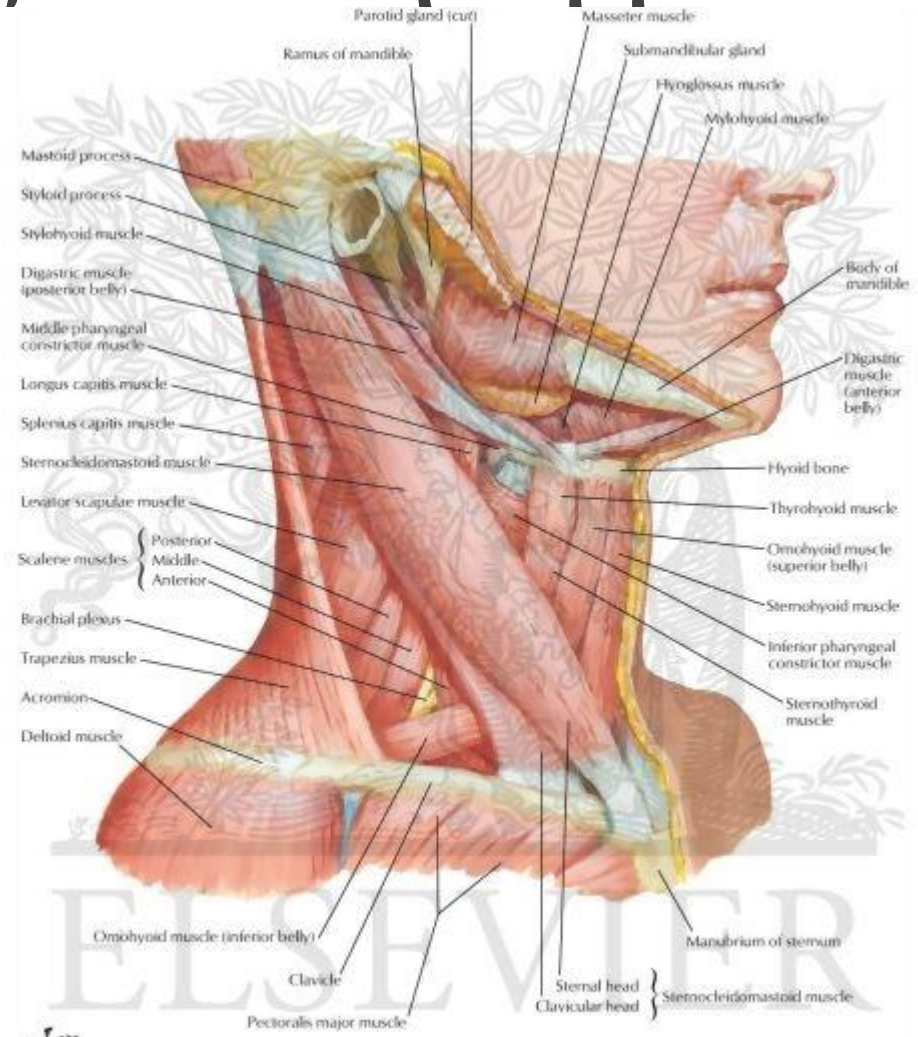
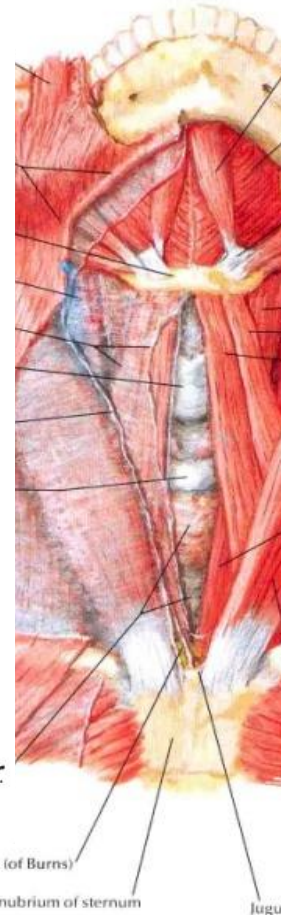
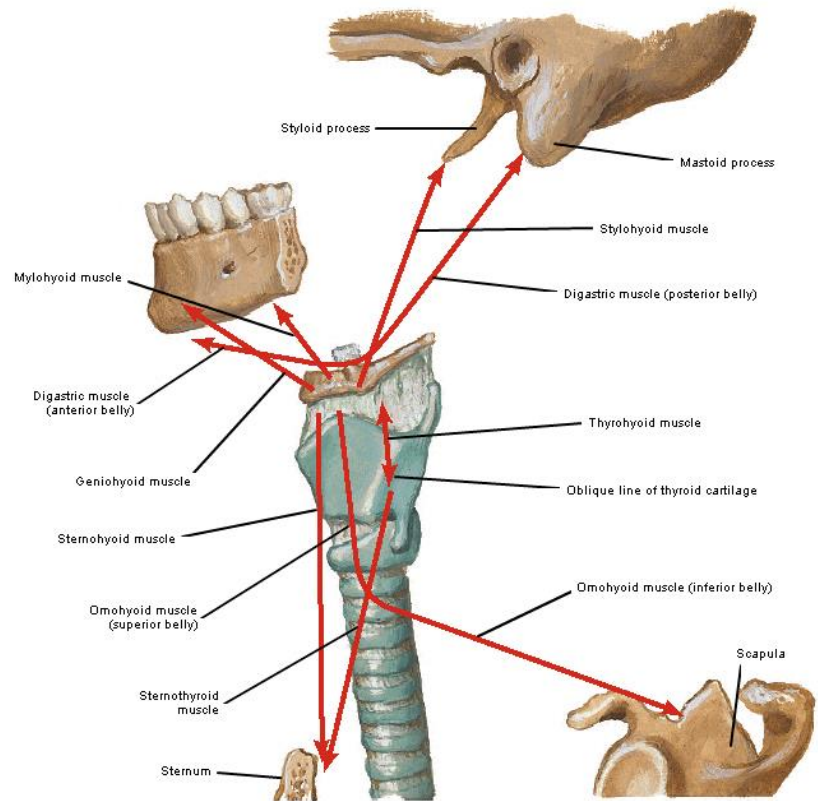


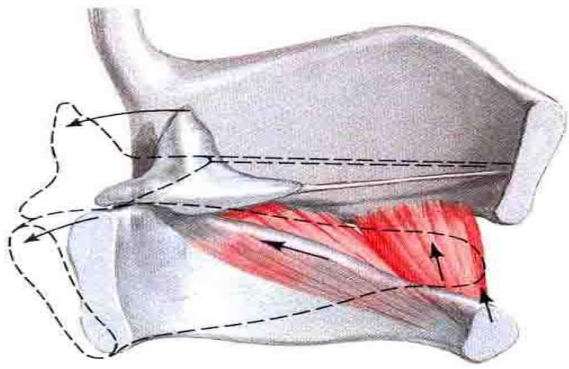
Ετερόχθονες μύες του λάρυγγα



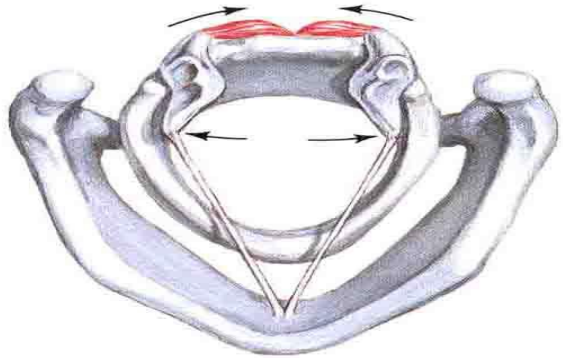
Ετερόχθονες μύες του λάρυγγα

Infrahyoid and Suprahyoid Muscles and their Action Schema

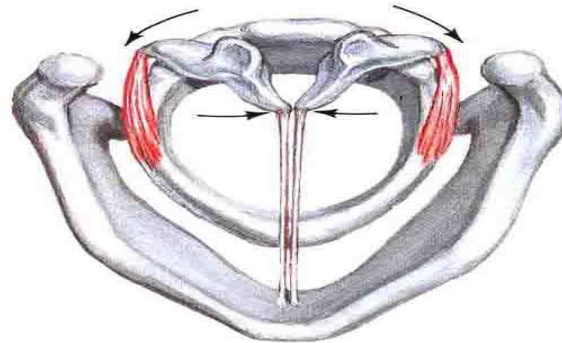




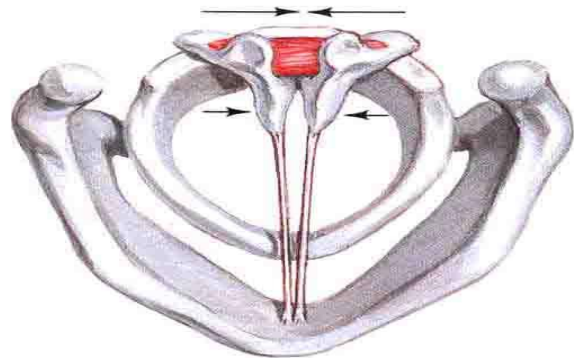
Action of cricothyroid muscles
Lengthening (tension) of vocal folds



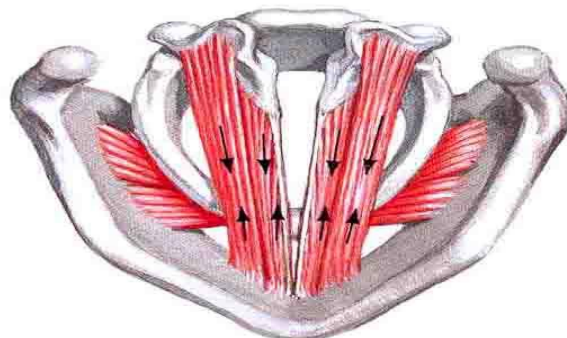
Action of posterior cricoarytenoid muscles
Abduction of vocal folds



Action of lateral cricoarytenoid muscles
Adduction of vocal folds



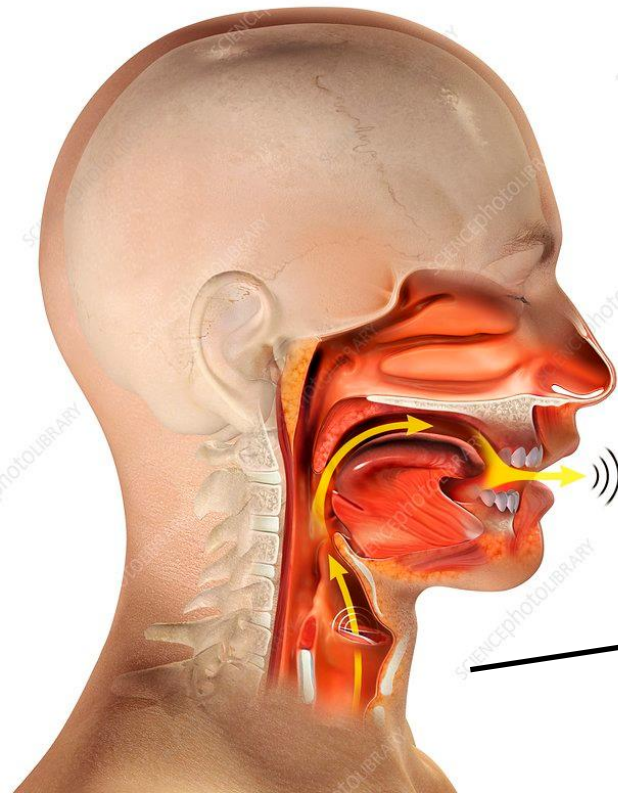
Action of transverse arytenoid muscle
Adduction of vocal folds



Action of vocalis and thyroarytenoid muscles
Shortening (relaxation) of vocal folds

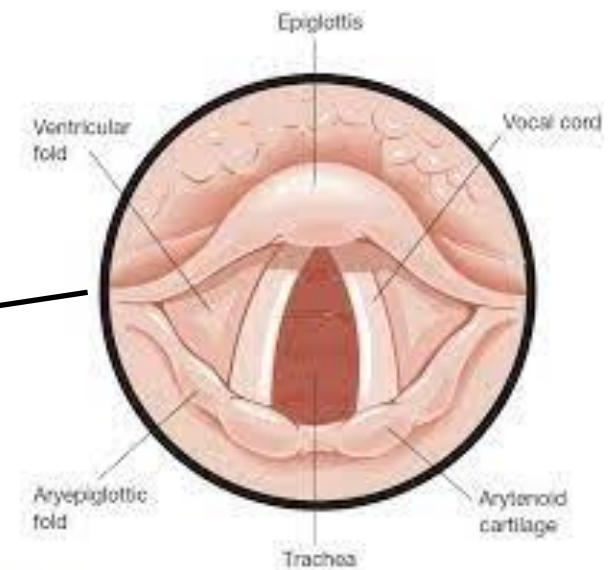
Αυτόχθονες μύες του λάρυγγα

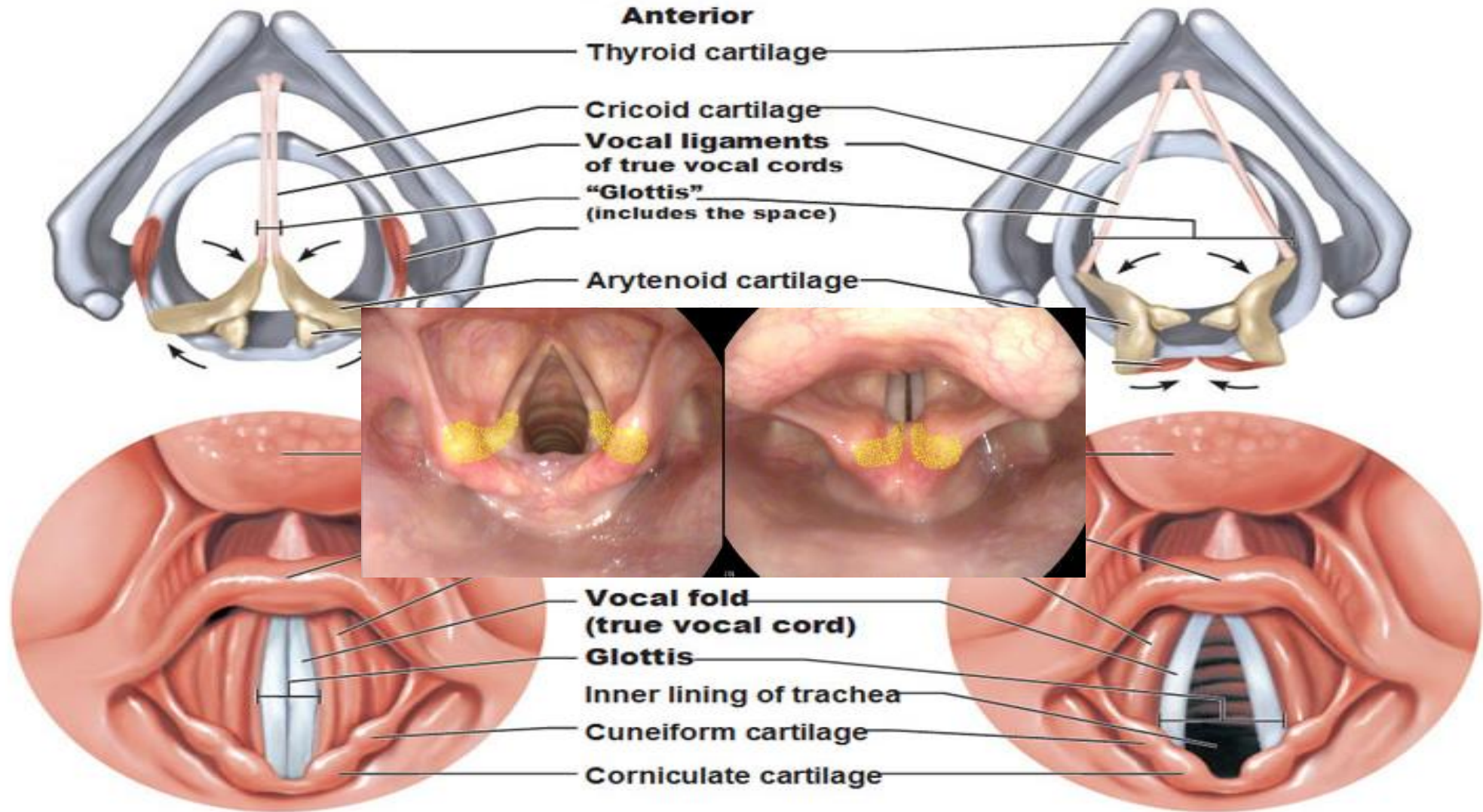
Παραγωγός = Λάρυγγας



ΦΩΝΗΤΙΚΕΣ ΧΟΡΔΕΣ

Δονούμενο τμήμα



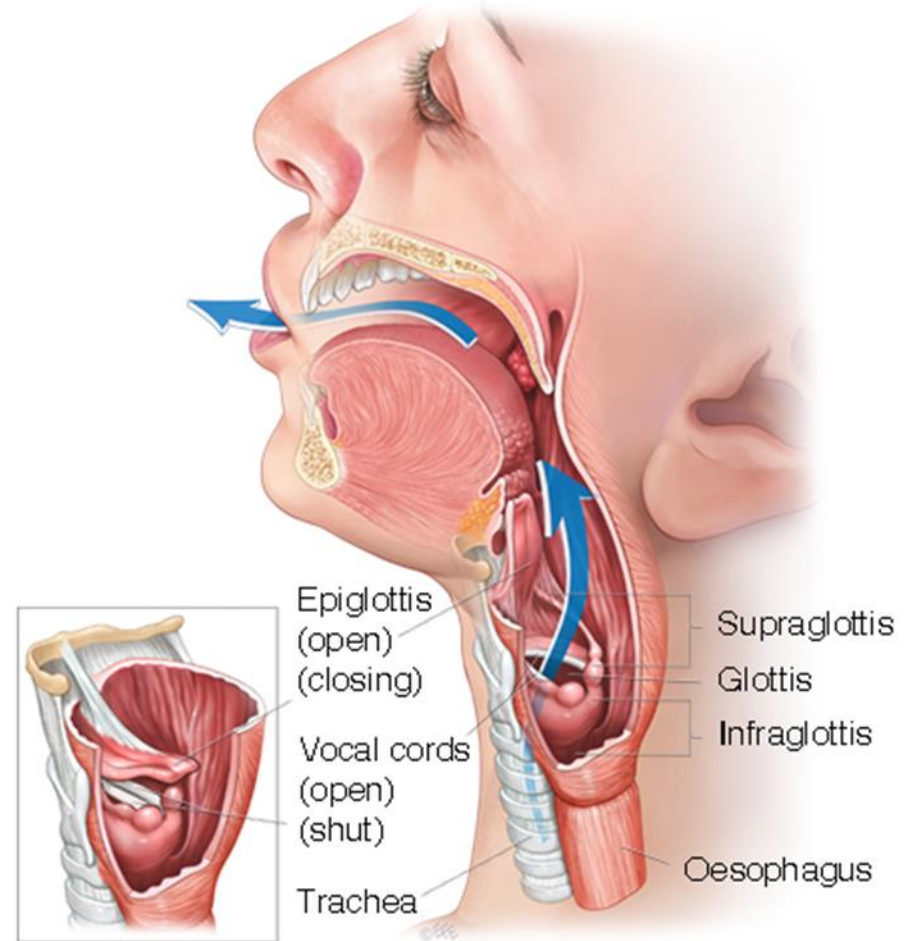
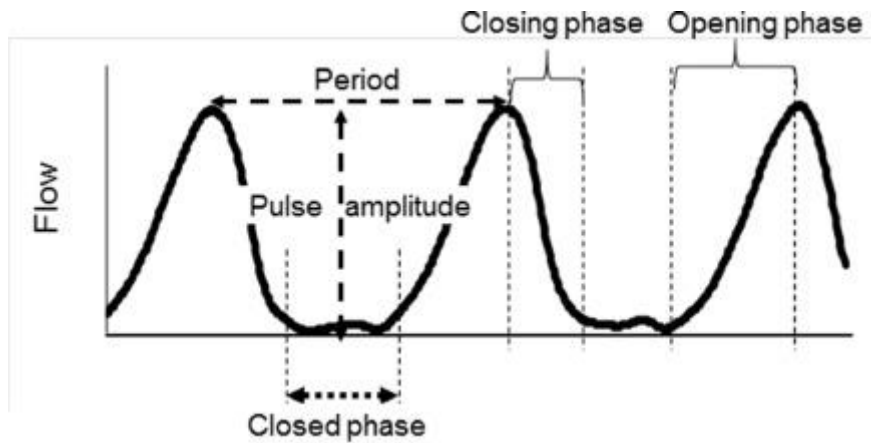


(a) Vocal folds in closed position; closed glottis

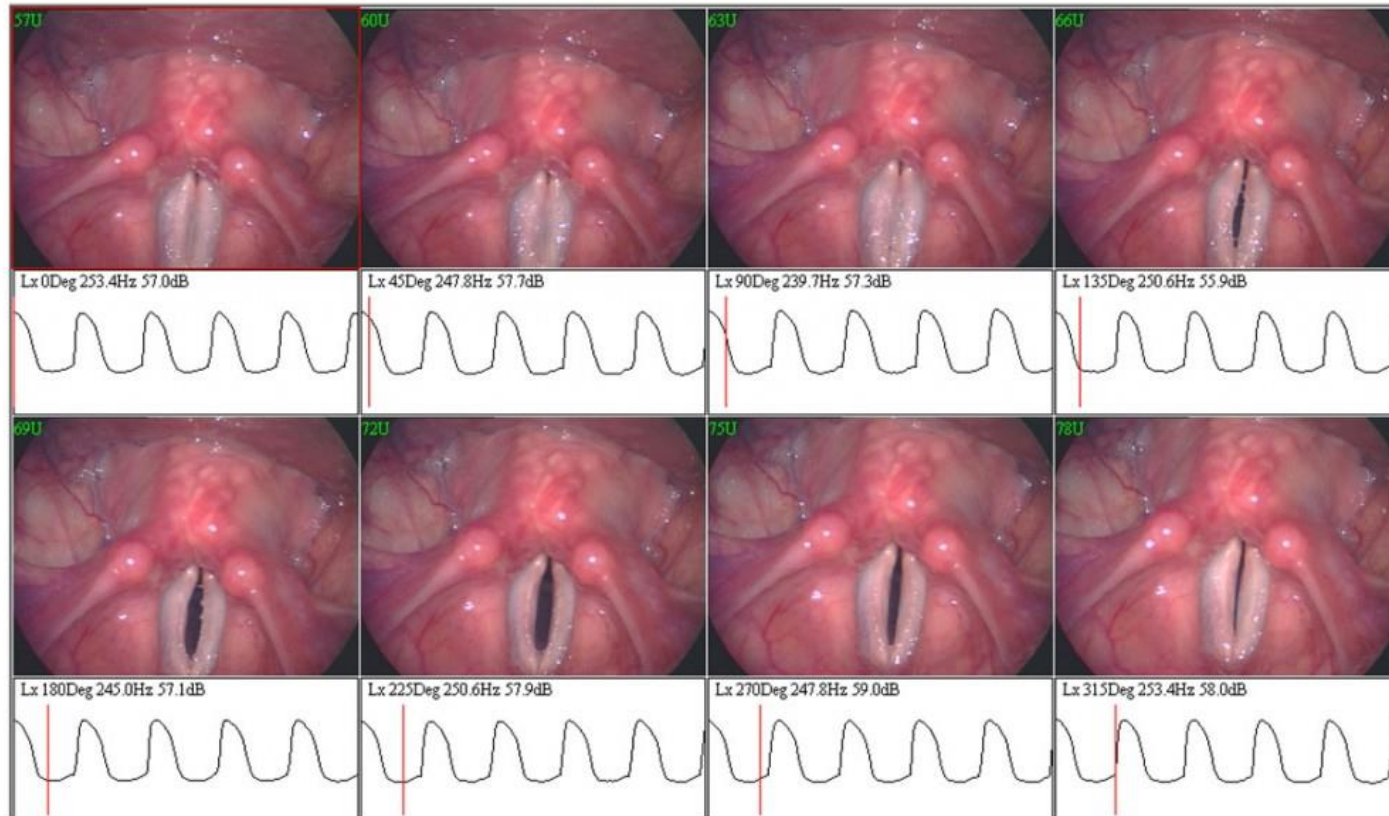
(b) Vocal folds in open position; open glottis

Από την εκπνοή στον ήχο

Πρωτογενής ήχος (λάρυγγας)



Βλεννογονικό κύμα



Κύκλος φωνητικής δόνησης (glottal cycle)

- άνδρες 110 κύκλοι/sec
- γυναίκες 200 κύκλοι/sec

- F_0

Η επαφή με το ρεύμα αέρα κατά την εκπνοή προκαλεί μια διαδοχική απαγωγή και προσαγωγή του ελεύθερου χείλους των φωνητικών χορδών, από κάτω προς τα πάνω (εμπρός και πίσω) που επαναλαμβάνεται σε κύκλους/δευτερόλεπτο.

Οι φωνητικές χορδές

- 5 στρώματα

ΚΑΛΥΠΤΡΑ : δονούμενο τμήμα

1. Επιθήλιο
(οροβλενώδες
Κάλυμα

2. Επιπολής στρώμα
της lamina propria

ελαστική
ευπίεστη

ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΣΤΡΩΜΑ : φωνητικός σύνδεσμος

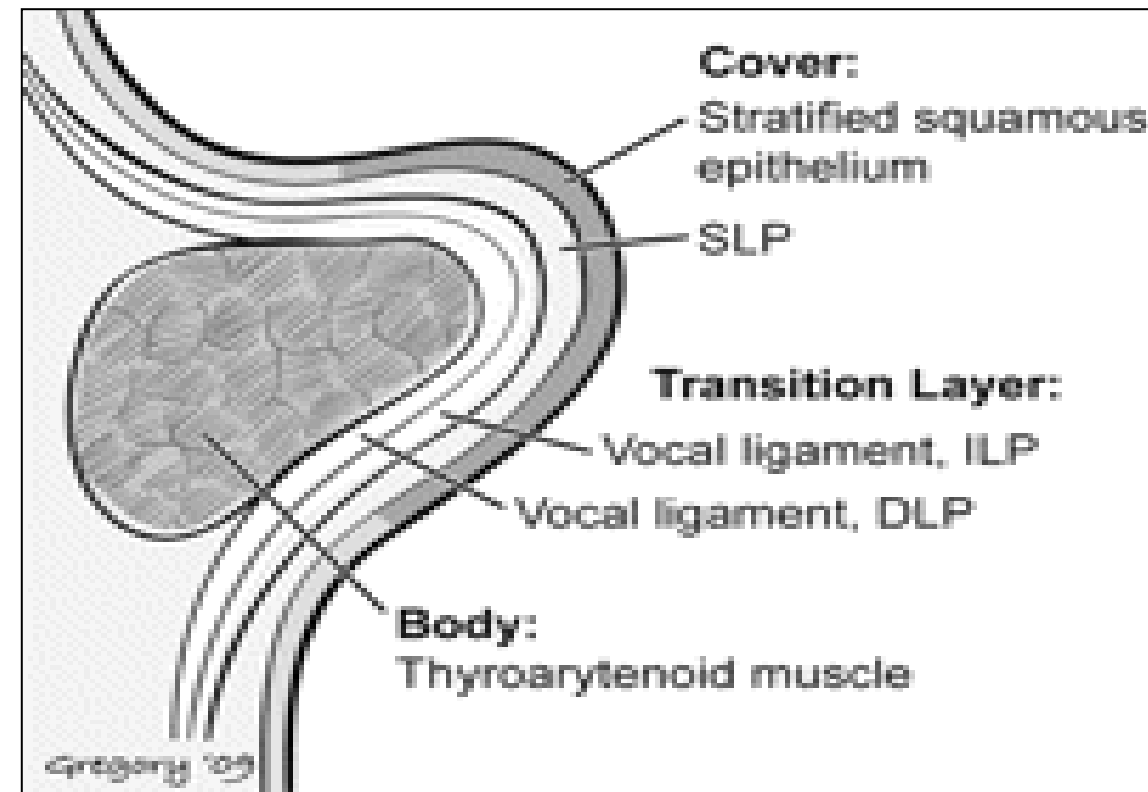
3. Μεσαίο στρώμα
της lamina propria

4. Εν τω βάθει στρώμα
της lamina propria

απορρόφηση δυνάμεων
τριβής

ΣΩΜΑ : ρύθμιση μάζας και τάσης

Φωνητικός μυς

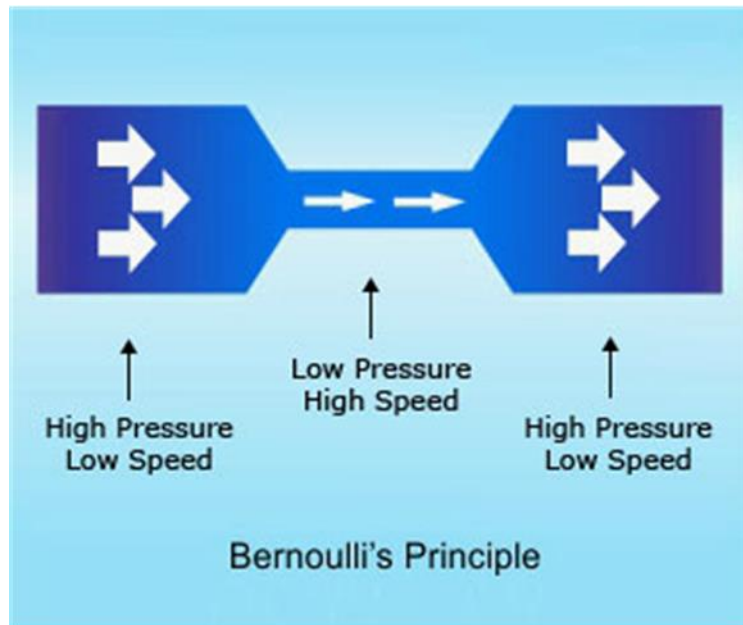


Hirano: cover-body theory

Παραγωγή ήχου στο επίπεδο της γλωττίδας

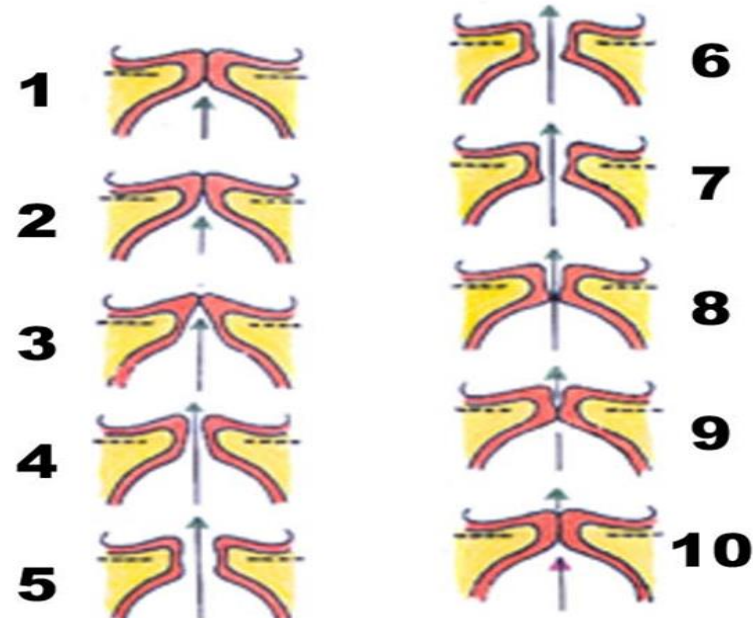
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

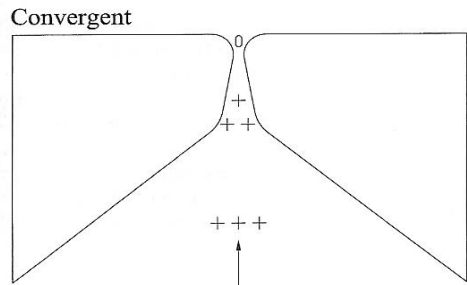
Αλληλεπίδραση με την ροή του αέρα



ΜΥΟΕΛΑΣΤΙΚΗ

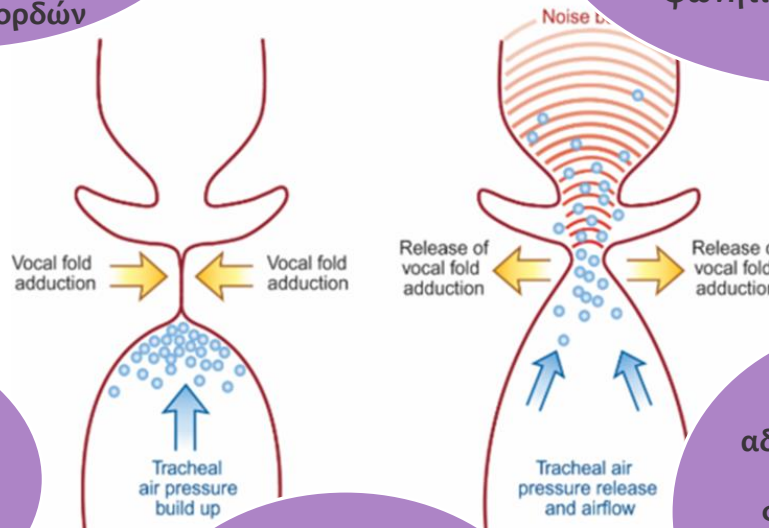
Ενδογενής μάζα-τάση-ελαστικότητα-
γλωττιδική διαμόρφωση





Φωνητικές χορδές σε προσαγωγή
($P_{υπο} > P_{υπερ}$) και ο αέρας από τους πνεύμονες στο επίπεδο της γλωττίδας αλληλεπιδρά με τις ελαστικές δυνάμεις των φωνητικών χορδών

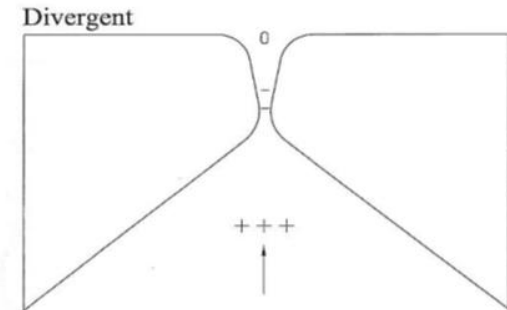
Η διαφορά μεταξύ υπογλωττιδικής και υπεργλωττιδικής πίεσης είναι αρνητική ($P_{υπερ} > P_{υπο}$), με αποτέλεσμα η δύναμη που ωθεί σε απαγωγή τις φωνητικές χορδές να είναι μικρότερη



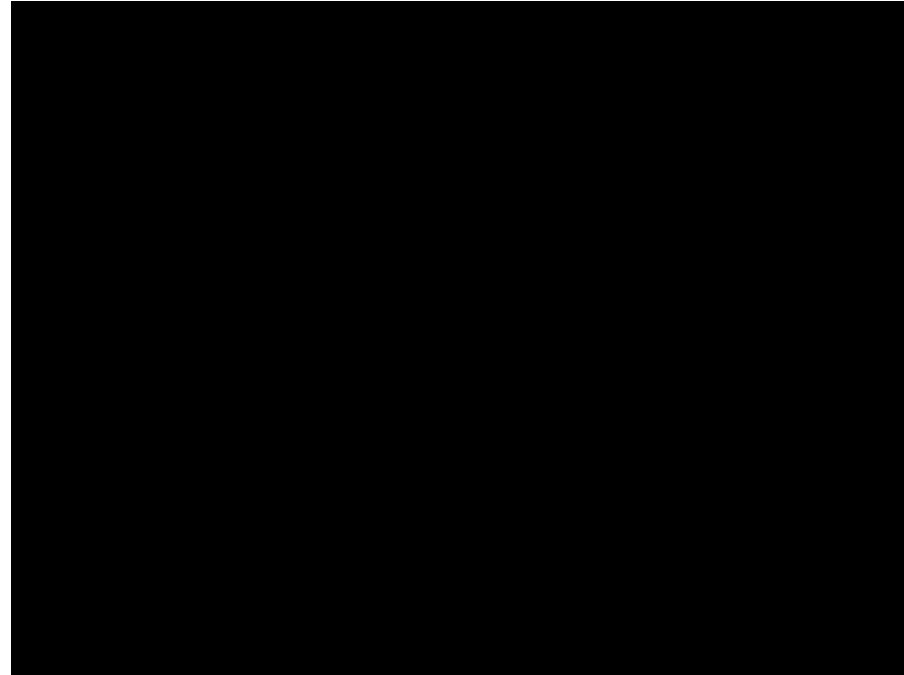
η διαφορά της πίεσης μειώνεται σταδιακά καθώς η ταχύτητα του αέρα που διέρχεται από τη γλωττίδα αυξάνει και τελικά αρνητικοποιείται ($P_{υπερ} > P_{υπο}$).

δημιουργείται αρνητική πίεση που τείνει να προσάγει τις φωνητικές χορδές.

κυρίως δυνάμεις αδράνειας τείνουν να επαναφέρουν τις φωνητικές χορδές στην προηγούμενη τους κατάσταση (προσαγωγή).

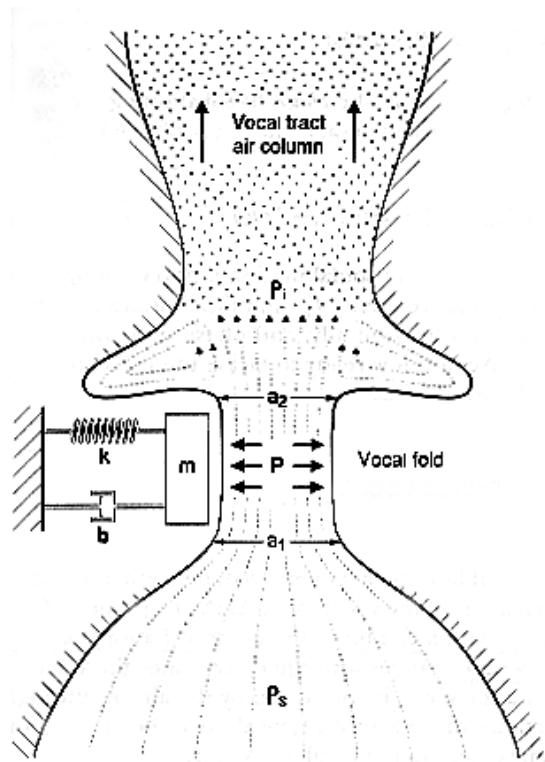


Δόνηση φωνητικών χορδών



Παραγωγή ήχου στο επίπεδο της γλωττίδας

ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

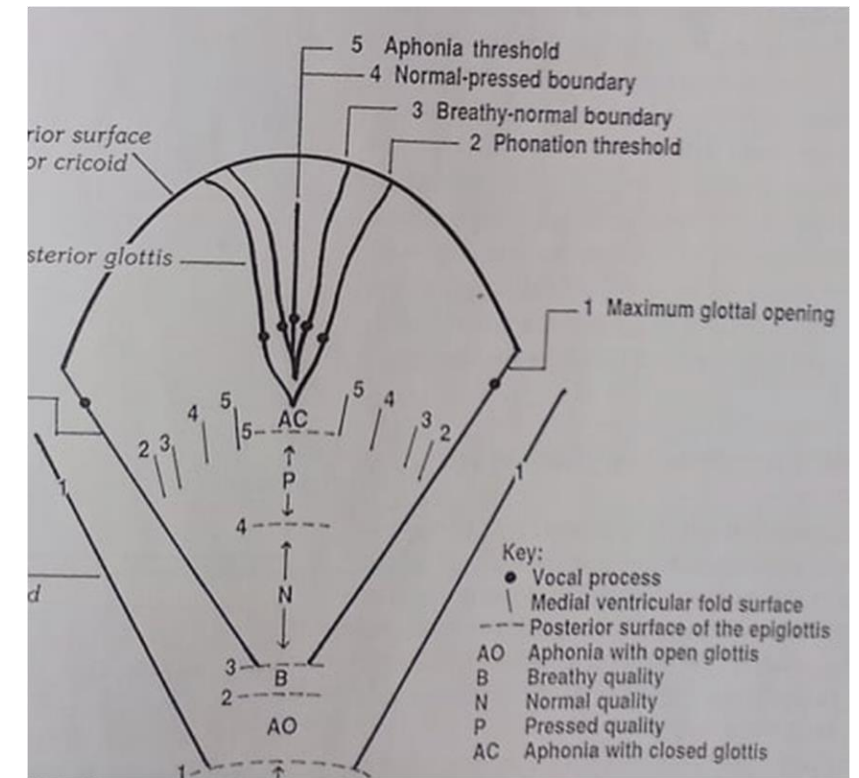


Υπογλωττιδική πίεση (ελάχιστο όριο πίεσης φώνησης): 3-6 cmH₂O

Προσαγωγική θέση για έναρξη φώνησης (14% του συνολικού εύρους απαγωγής)

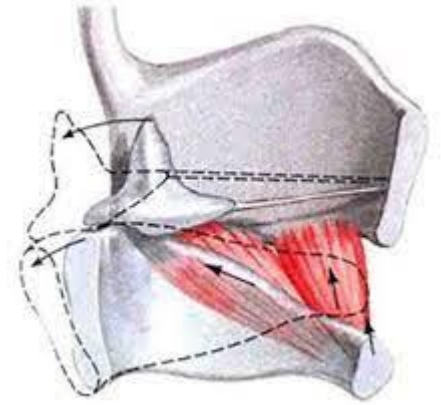
Αντίσταση φωνητικών χορδών (μάζα-τάση-δυνάμεις αδράνειας)

ΜΥΟΕΛΑΣΤΙΚΗ



Ρύθμιση της F_0 (θεμελιώδης συχνότητα)

- Αντιληπτικά το pitch = ρυθμός επανάληψης του γλωττιδικού κύκλου
- Με μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων των φωνητικών χορδών
 - Μεταβολή της πίεσης του αέρα
- Δράση του **ΚΘ**
 - Μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής με ρεύμα αέρα – πιο γρήγορη απαγωγή δόνησης
 - Διάταση ινών του φωνητικού συνδέσμου-γρηγορότερη επαναφορά
- Συνέργεια του **ΘΑ** (αύξηση ακαμψίας)
 - Αύξηση της υπογλωττιδικής πίεσης (Tietze, αύξηση απόστασης ελεύθερου χείλους από τη μέση γραμμή) ↑
4-5 Hz /1cmH₂O

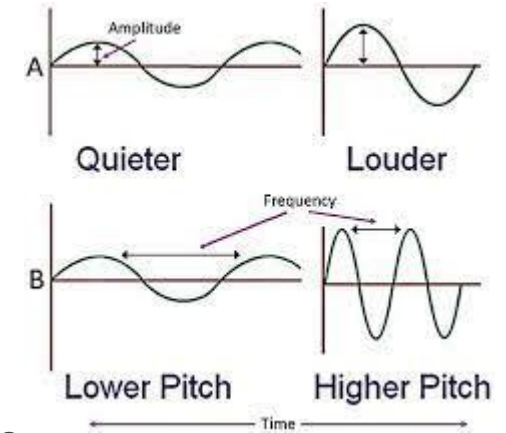


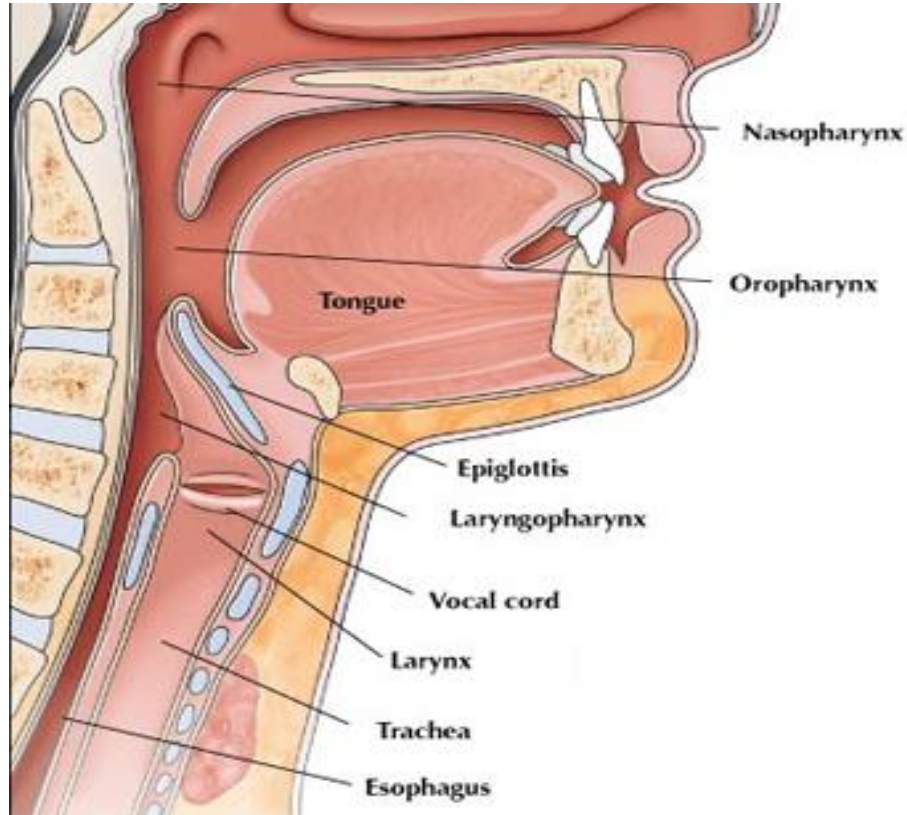
Ρύθμιση της έντασης (ακουστότητα)

- Αύξηση του μεγέθους (πλάτος) του ηχητικού κύματος: εντονότερο φωνητικό σήμα
- Αύξηση της **υπογλωττιδικής πίεσης**: μεγαλύτερη ένταση ήχου
- Αύξηση κλειστής φάσης του κύκλου δόνησης

R=P/flow

- Συνδυασμός με **αυξημένη αντίσταση** (βιομηχανικές ιδιότητες των φχ) (modal register)
- Εξαρτάται περισσότερο από την **ροή του αέρα** (Falsetto register)
 - Το εύρος εντάσεων είναι μεγαλύτερο στο modal register (40-50dB) ενώ 15-20 στο falsetto





3^{ος} σταθμός: Αντηχεία

- Στήθος
 - Τραχεία
 - Οστά θόλου κρανίου
-
- **Φάρυγγας**
 - Υπερώα
 - **Στοματική κοιλότητα**
 - Γλώσσα
 - Χείλη
 - Ρινικές κοιλότητες
 - Κάτω γνάθος

Αντηχεία

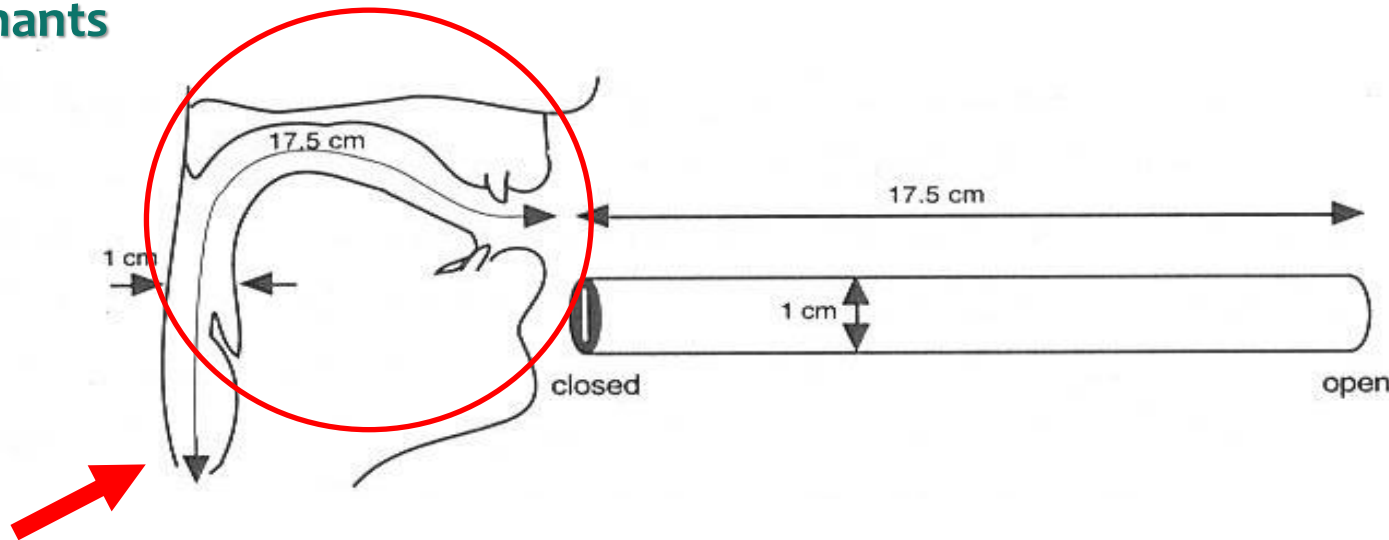


- ✓ Διαμόρφωση – εμπλουτισμός – ενίσχυση ήχου
- ✓ **Ηχόχρωμα** (χαρακτηριστικά της φωνής όπως αυτή γίνεται αντιληπτή)
- ✓ Άρθρωση λόγου

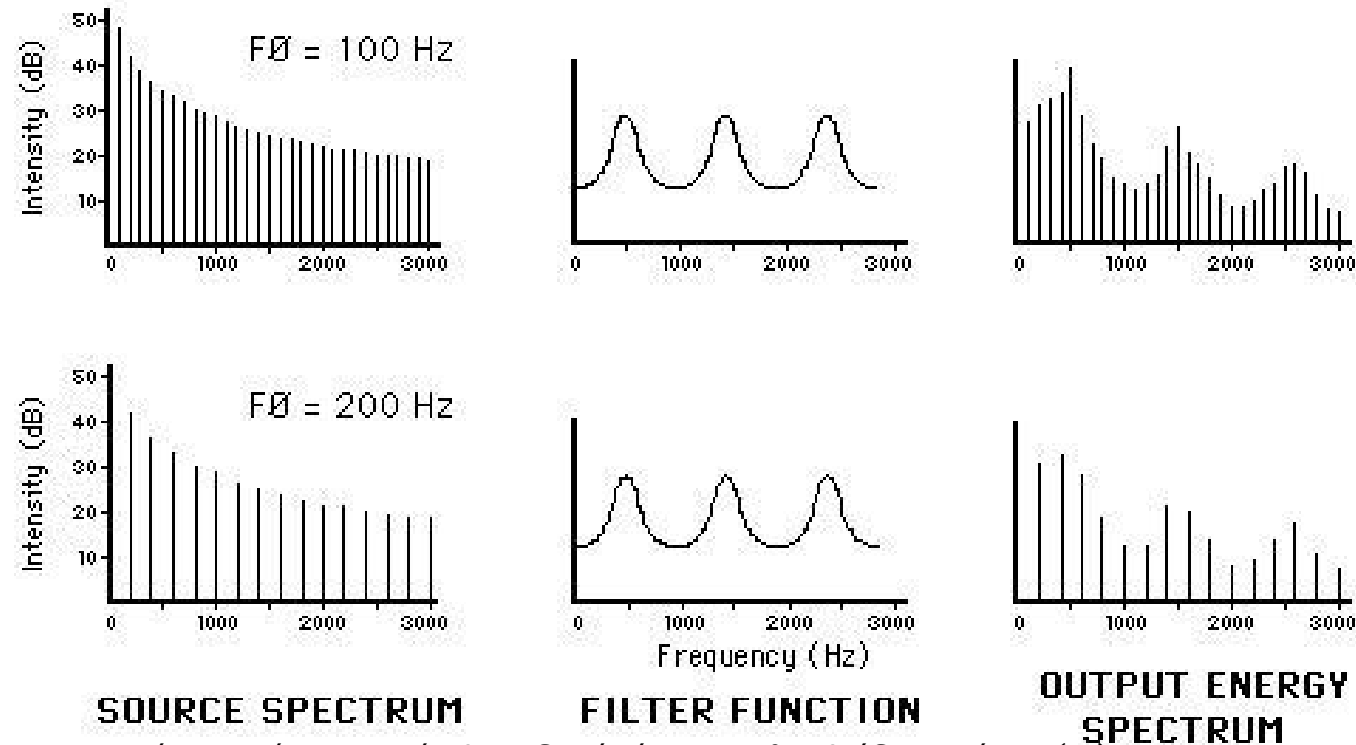
- ✓ Μέγεθος – σχήμα – τοίχωμα - μήκος φωνητικής οδού: δυναμικές μεταβολές

Θεωρία πηγής-φίλτρου

- Πηγή = δονούμενες φωνητικές χορδές (closed end)
- Φίλτρο = φωνητική οδός ανάλογα με το σχήμα/μήκος ενισχύονται κάποιες συχνότητες ενώ άλλες μειώνονται
- **Οι ενισχυμένες συχνότητες μέσα στα αντηχεία (που αντηχούν με μεγαλύτερη ένταση/συντονίζονται) = formants**

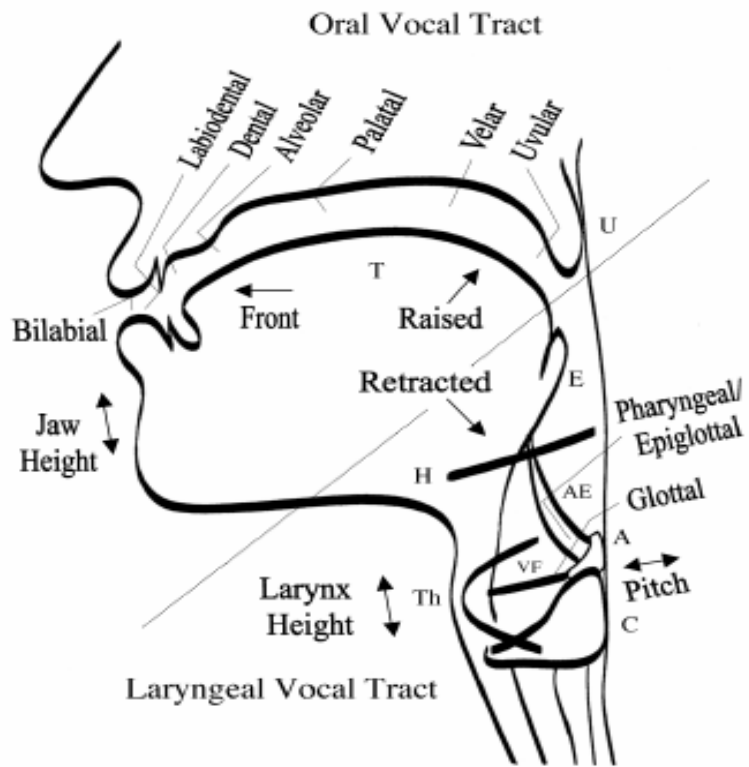


Source-filter theory

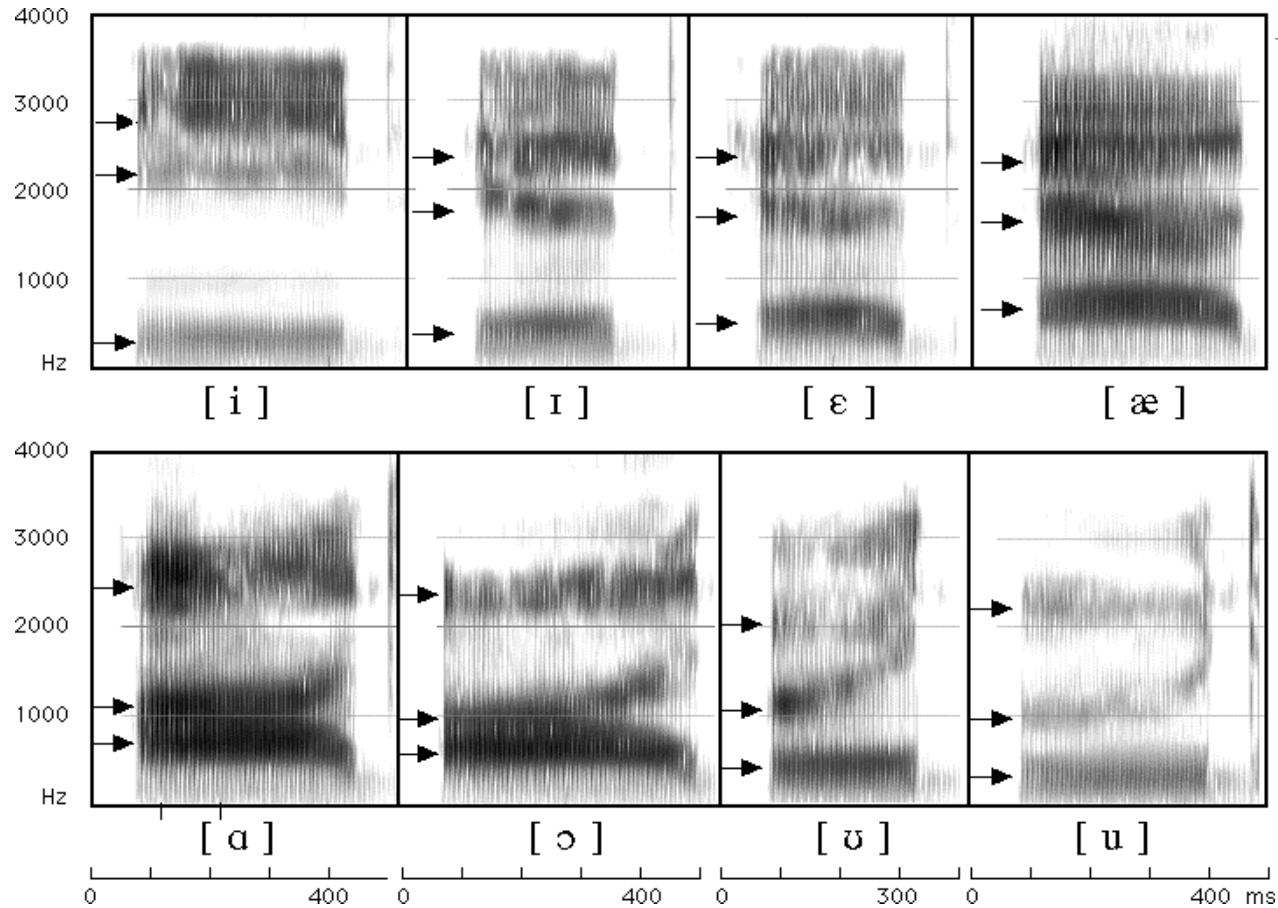


Γράφημα φάσματος ενός γλωττιδικού σήματος με θεμελιώδη συχνότητα (F_0) στα 100 και 200 Hz και το αναμενόμενο γράφημα φάσματος, ως αποτέλεσμα φιλτραρίσματος μιας υπεργλωττιδικής οδού, με μήκος περίπου 17 εκ., και formants στα 500, 1500 και 2500 Hz

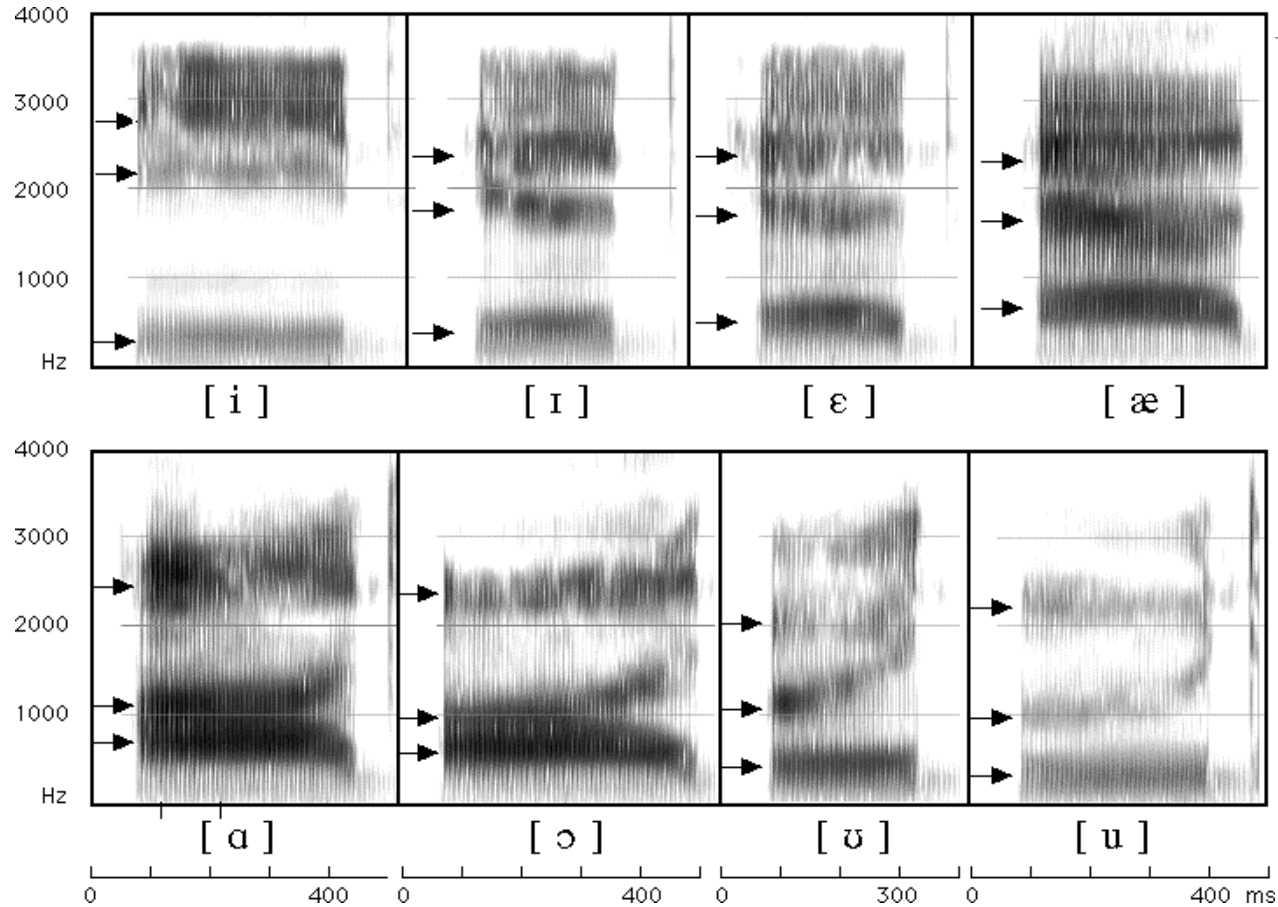
Χαρακτηριστικά formants φωνητικής οδού



- Μεταβολή συχνοτήτων formants
- Σχήμα
- Κινήσεις κ. γνάθου (άνοιγμα ενισχύει την F1)
- Γλώσσα: προκαλεί «σύσπαση» σε οποιοδήποτε σημείο της υπεργλωττιδικής οδού (υπερώα-υποφάρυγγας) F2
- Χείλη: μεταβολή ανοίγματος
- Πλάγια τοιχώματα φάρυγγα
- Μεταβολή ύψους του λάρυγγα (μεταβολή μήκους)

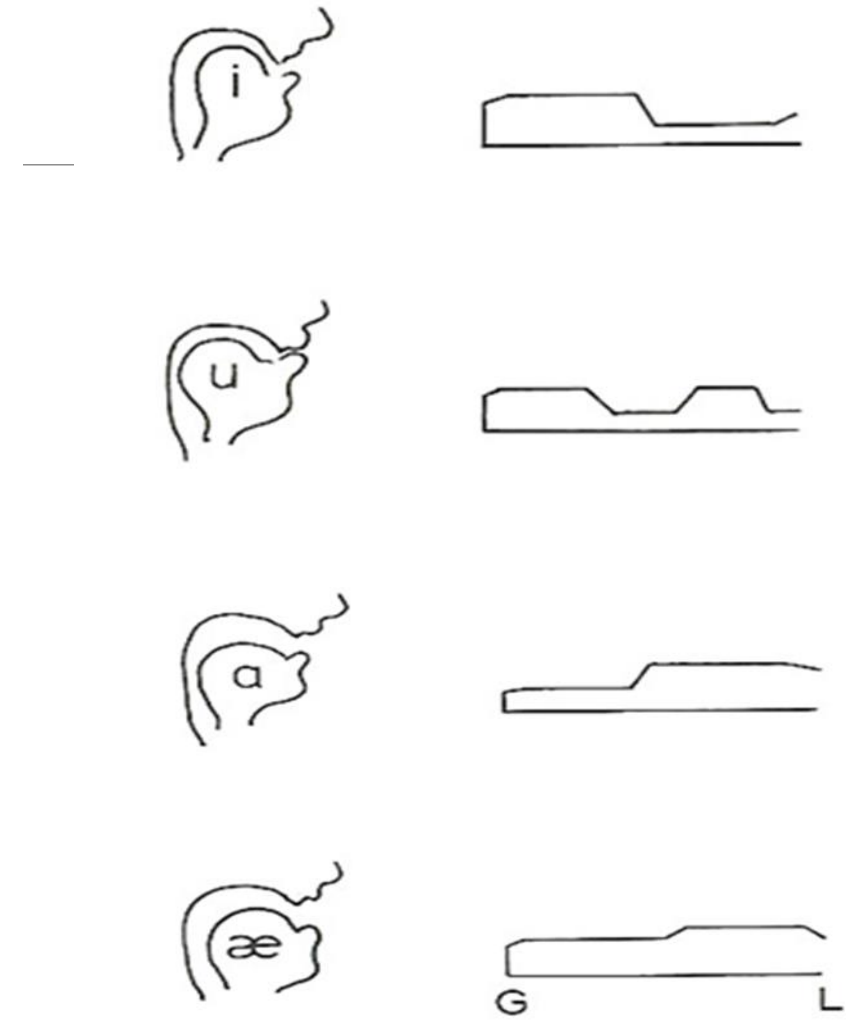
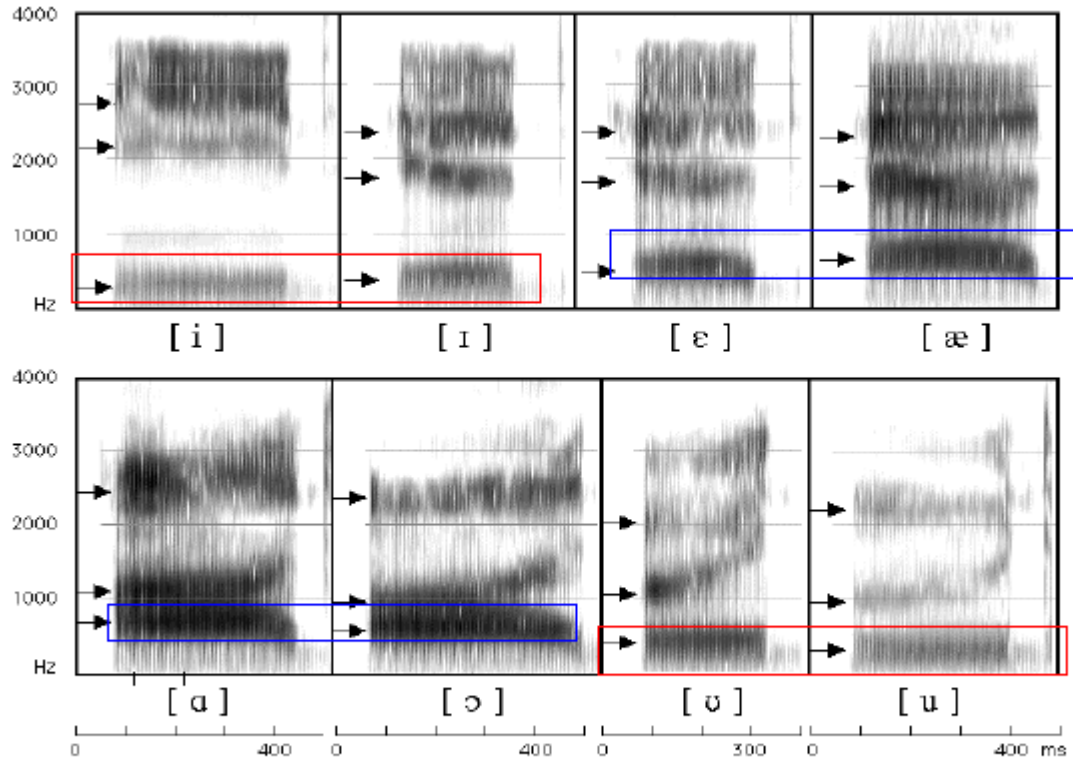


- We can see them as the peaks in a spectrum.
- At any one point in time (as with spectra) there may be any number of formants, but for speech the most informative are the first three, appropriately referred to as **F1, F2, and F3**.



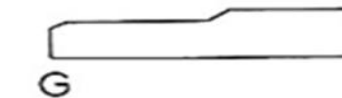
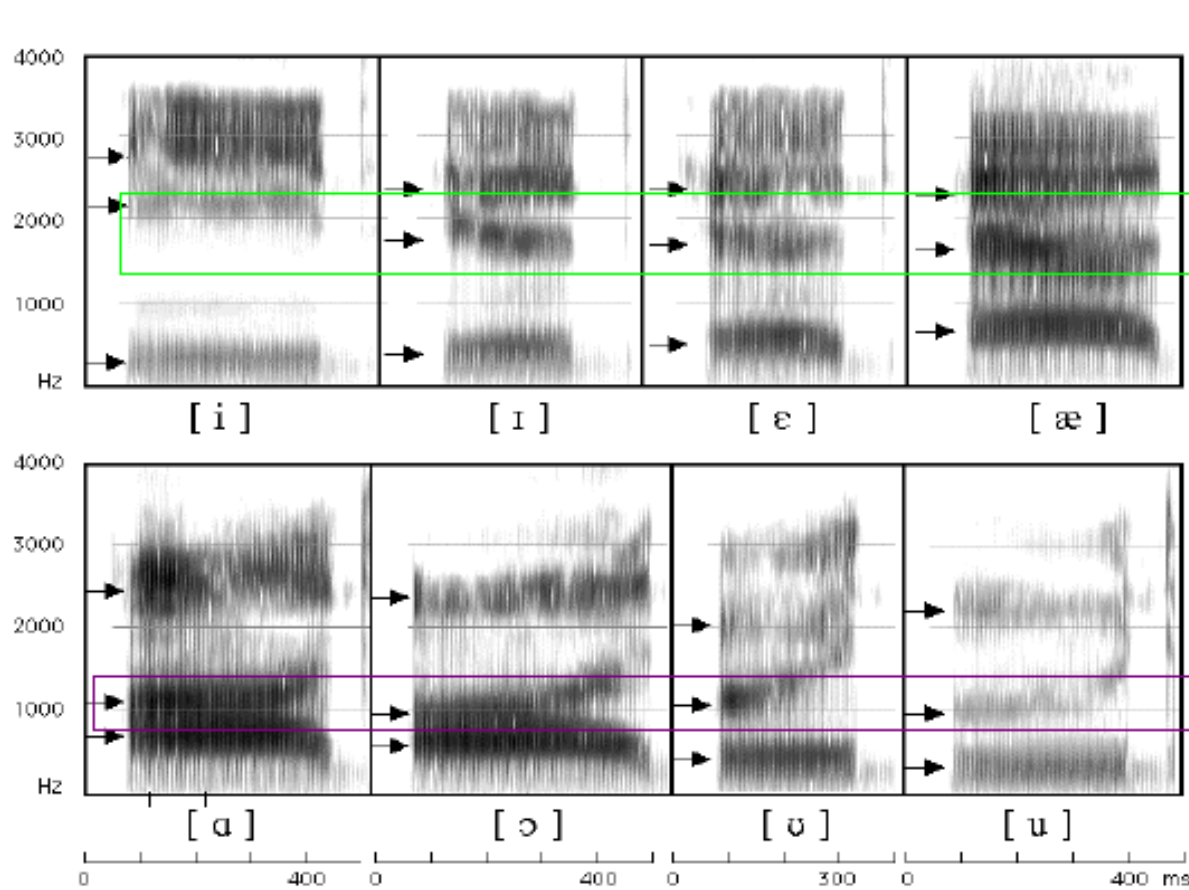
- With vowels, the frequencies of the formants determine which vowel you hear
- They are responsible for the differences in quality among different periodic sounds.

- The **first formant (F1)** in vowels is inversely related to vowel height: The higher the vowel, the lower the first formant (and vice versa).



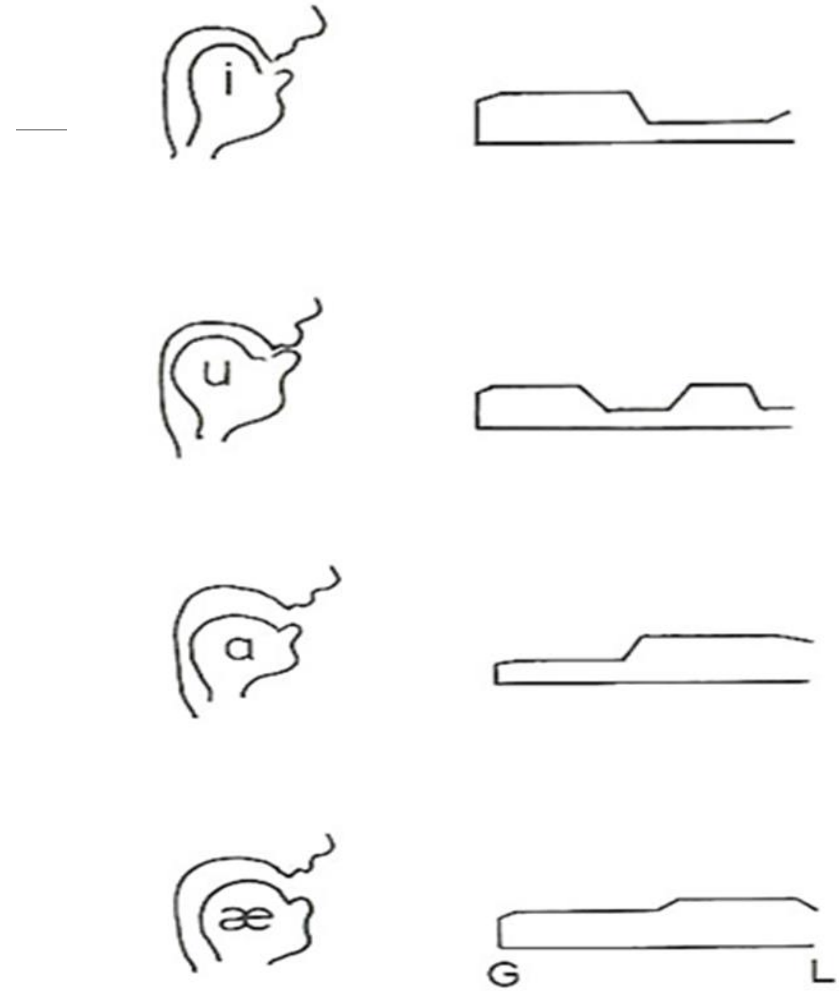
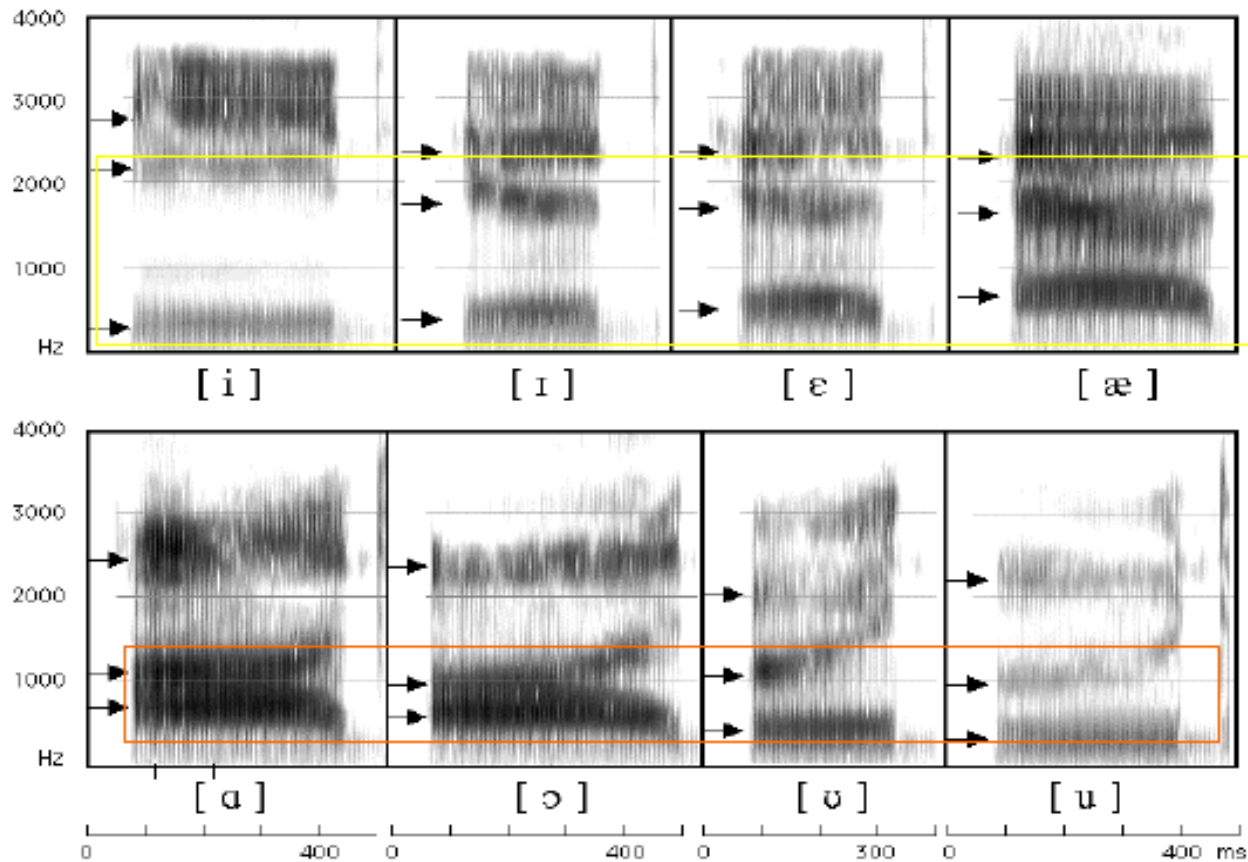
Red = high vowels, low F1 Blue = mid/low vowels, higher F1

- The **second formant (F2)** in vowels is somewhat related to degree of backness: The more front the vowel, the higher the second formant (but affected by lip-rounding).



Green = front vowels, higher F2 Purple = back vowels, lower F2

- The **distance between F1 and F2** is a better predictor of degree of backness in vowels.
- The closer F1 and F2 are to each other, the more back a vowel is.

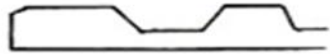


Yellow = front vowels,
further apart F1-F2

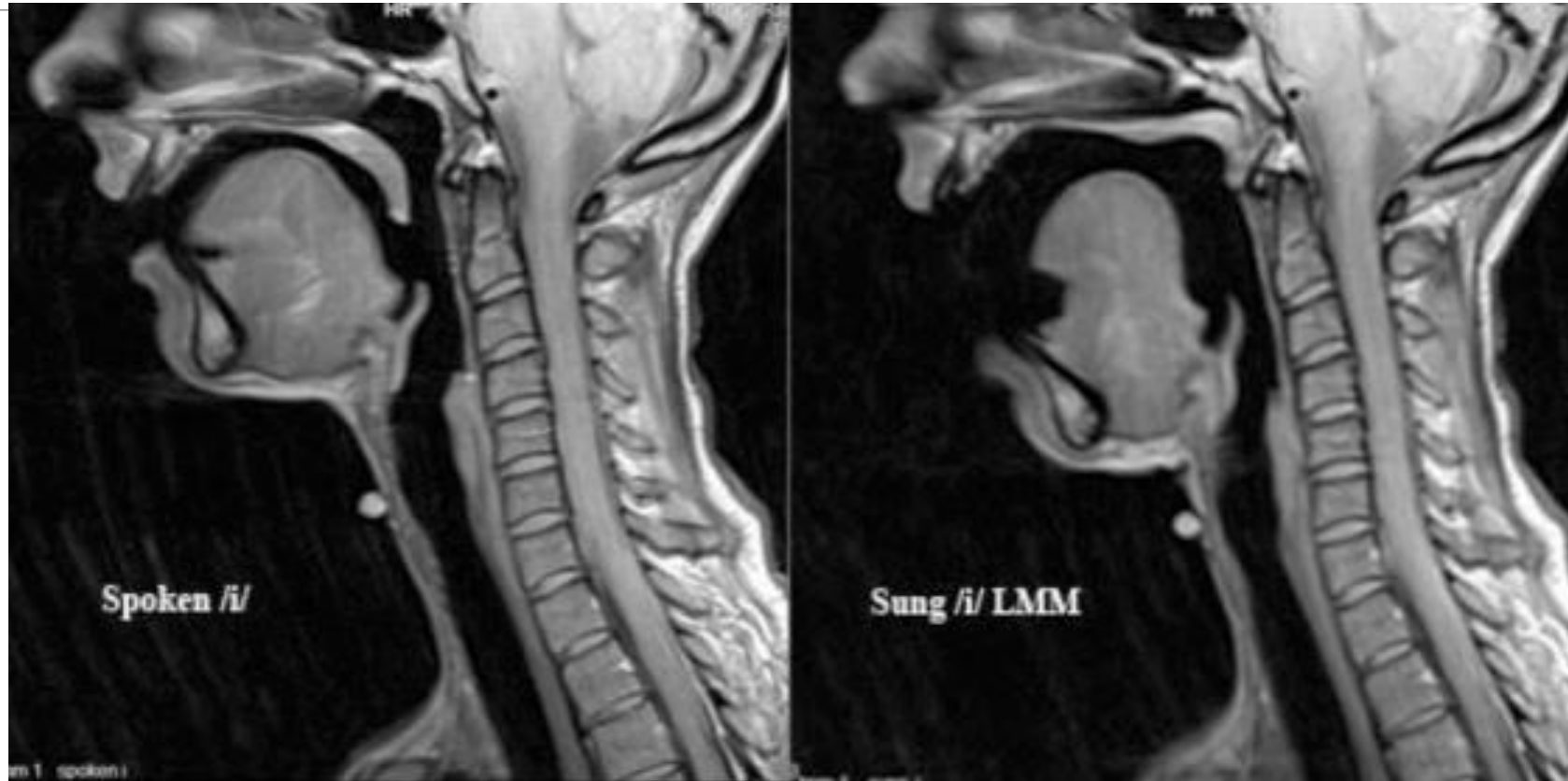
Orange = back vowels,
closer F1-F2

F3: related to the position of the tongue tip or the size of the cavity between the tongue and the low scissors teeth when contracted

F4-5: related to the length of the vocal tract (position of the lower part of the larynx)

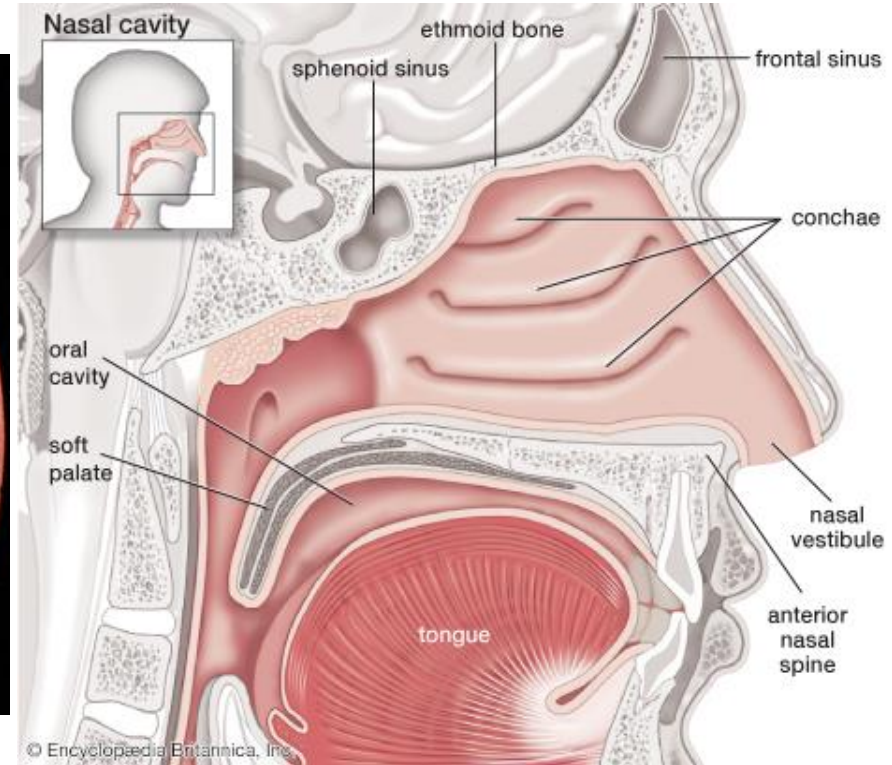
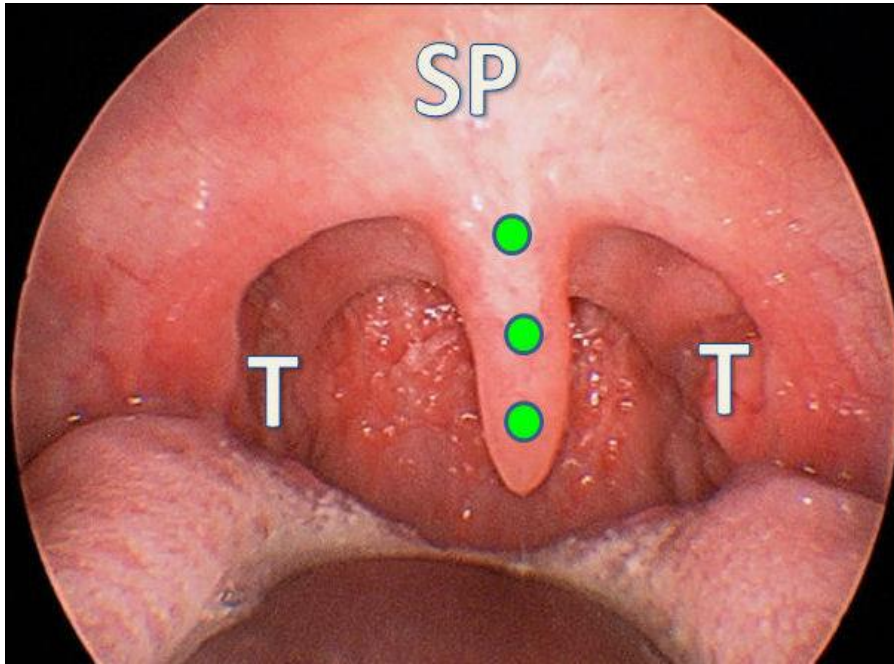


Vocal tract special configurations..

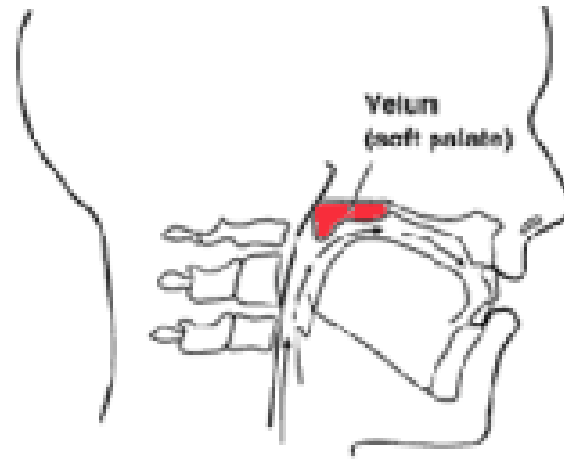


Nair, Angelika, Garyth Nair, and Gernot Reishofer. "The Low Mandible Maneuver and Its Resonential Implications for Elite Singers." *Journal of Voice* 30.1 (2016): 128-e13.

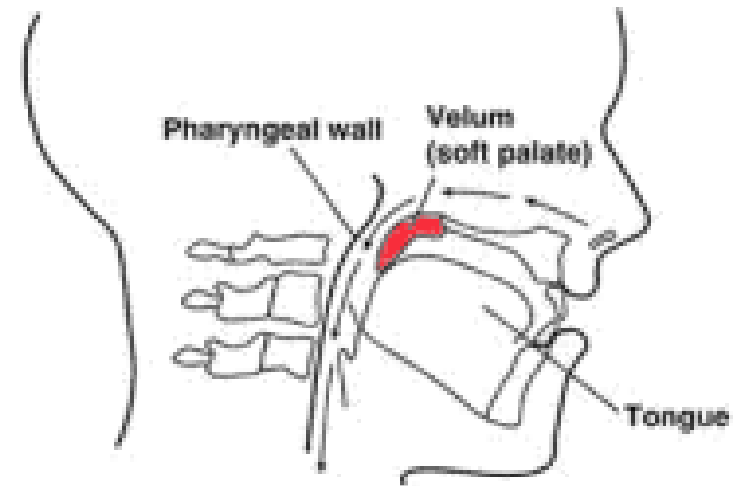
Η μαλακή υπερώα



Isolation of nasal cavity

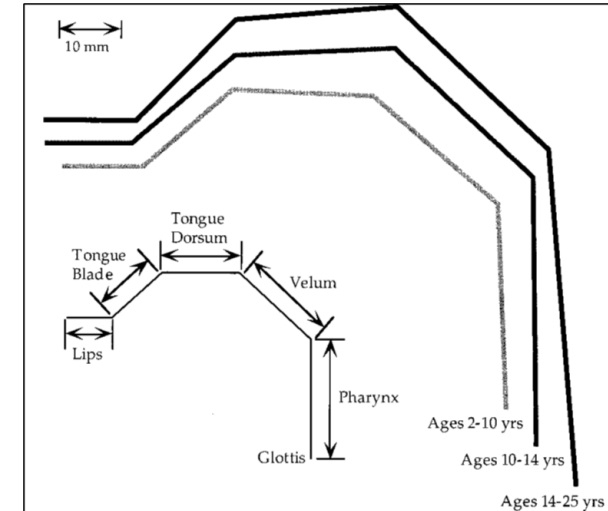
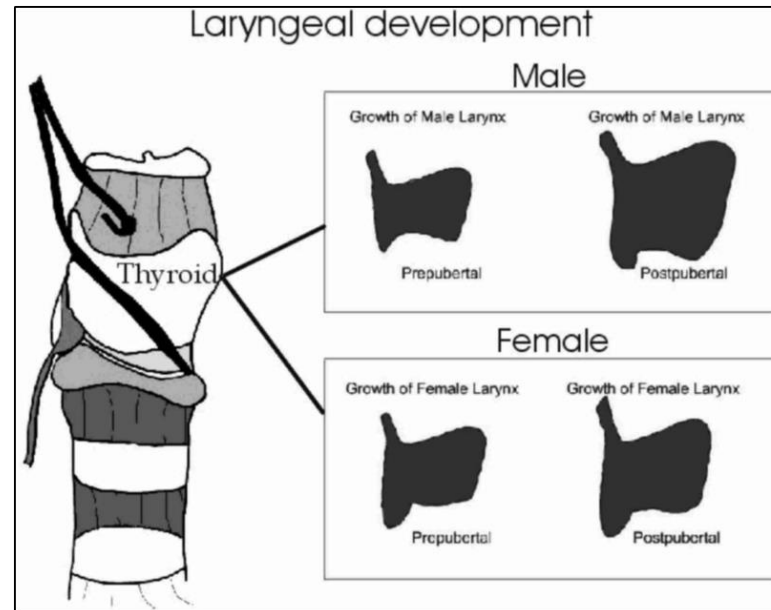
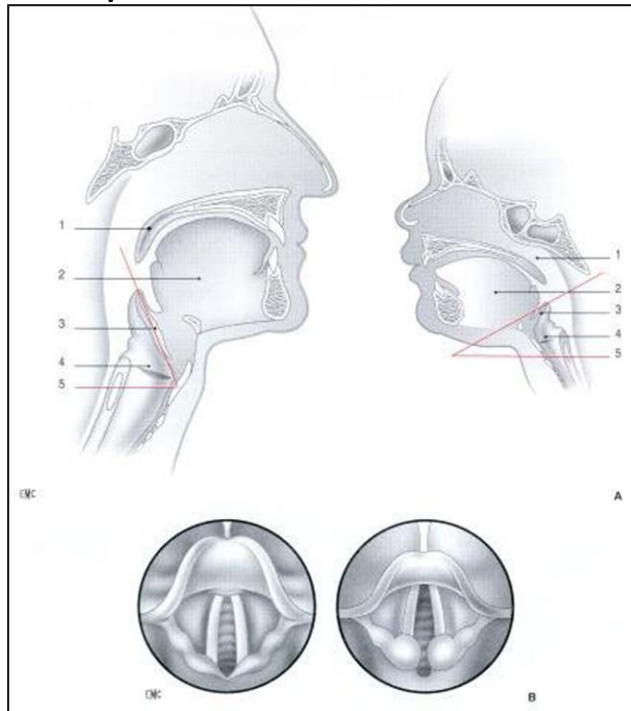


Isolation of buccal cavity



Διαφορές με την ηλικία-φύλο

40% υψηλότερες συχνότητες στα formants μεταξύ παιδιών και ενηλίκων ανδρών
15% υψηλότερες σε γυναίκες



Κεντρικό Νευρικό Σύστημα

Προγραμματισμός, ενεργοποίηση, έλεγχος

Σωματική ανατροφοδότηση

Ακουστική ανατροφοδότηση



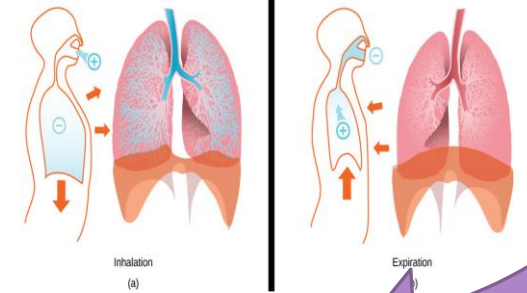
Περιφερικό Νευρικό Σύστημα

Μεταφορά των πληροφοριών από το κέντρο και από την περιφέρεια

Επίδραση ορμονών

Πνεύμονας “ενεργοποιητής”

Όγκοι, πιέσεις, επαρκής ροή αέρα



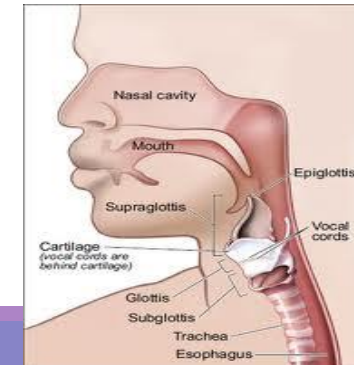
Λάρυγγας “παραγωγός”

Ήχος από: δόνηση (βιο-μηχανικό συστατικό) και κυματισμό του βλεννογόνου



Vocal tract “αντηχεία”

Διαμόρφωση ήχου-ηχοχρώματος
Στήριξη





ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ!

www.dkiagiadaki.gr

info@dkiagiadaki.gr