



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ**

**ΩΤΟΡΙΝΟΛΑΡΥΓΓΟΛΟΓΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ**

**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ  
ΛΑΡΥΓΓΑ**

**ΖΑΡΑΧΗ Λ. ΑΘΗΝΑ**

**ΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΗ ΩΤΟΡΙΝΟΛΑΡΥΓΓΟΛΟΓΟΣ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2023**





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ**

**ΩΤΟΡΙΝΟΛΑΡΥΓΓΟΛΟΓΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ**

**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ  
ΛΑΡΥΓΓΑ**

**ΖΑΡΑΧΗ Λ. ΑΘΗΝΑ**

**ΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΗ ΩΤΟΡΙΝΟΛΑΡΥΓΓΟΛΟΓΟΣ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2023**

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα Ν. 5343/32, άρθρο 202, παράγραφος 2 (νομική κατοχύρωση του Ιατρικού Τμήματος)



Ημερομηνία αίτησης της κ. Ζαράχη Αθηνάς: 21-11-2017

Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: Γ.Σ. αριθμ. 846α/27-03-2018

**Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:**

Επιβλέπων:

Εξαρχάκος Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Ωτορινολαρυγγολογίας

Μέλη:

Αργυροπούλου Μαρία, Καθηγήτρια Ακτινολογίας

Καστανιουδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ωτορινολαρυγγολογίας

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 19-04-2018

«Ταξινόμηση της φωνητικής ικανότητας με βάση την ανατομία του λάρυγγα»

**ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ 1036<sup>ο</sup>/21-12-2022**

1. Εξαρχάκος Γεώργιος, τ. Αναπληρωτής Καθηγητής Ωτορινολαρυγγολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
2. Καστανιουδάκης Ιωάννης, τ. Καθηγητής Ωτορινολαρυγγολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
3. Αργυροπούλου Μαρία, Καθηγήτρια Ακτινολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
4. Ψυχογιός Γεώργιος, Καθηγητής Ωτορινολαρυγγολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
5. Ράγκος Βασίλειος, Καθηγητής Γναθοπροσωπικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
6. Ταφιάδης Διονύσιος, Επίκουρος Καθηγητής Λογοπαθολογίας με έμφαση στις διαταραχές επικοινωνίας του Τμήματος Λογοθεραπείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
7. Αλεξίου Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Νευροχειρουργικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΑΡΙΣΤΑ» στις 13-02-2023

Ιωάννινα 06-06-2023

**ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**Σπυρίδων Κονιτσιώτης**

**Καθηγητής Νευρολογίας**









## ΠΡΟΛΟΓΟΣ- ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ. Εξαρχάκο Γεώργιο για την εμπιστοσύνη και την ευκαιρία που μου έδωσε αλλά και για την καθοριστική και ουσιαστική συμβολή του στην εκπόνηση της Διδακτορικής Διατριβής μου. Ευχαριστώ επίσης τον καθηγητή μου, κ. Καστανιουδάκη Ιωάννη και την καθηγήτρια Ακτινολογίας Κα Αργυροπούλου Μαρία για την σημαντική βοήθειά τους και τις πολύτιμες συμβουλές τους που έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην εκπόνηση αυτής της διατριβής

Στους γονείς μου Λουκά και Τριανταφυλλιά για την αμέριστη συμπαράστασή τους

Στο σύζυγό μου Άγγελο για την πολύτιμη στήριξή του

Στην κόρη μας

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ- ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	9
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	10
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	12
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	13
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	13
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	14
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	17
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	17
ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	17
ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	18
ΘΕΩΡΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΩΝΗΣ .....	18
ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΩΝΙΑΤΡΙΚΗΣ .....	19
ΕΜΒΡΥΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ .....	23
ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ.....	26
Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ.....	35
Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ.....	37
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ.....	41
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ.....	47
ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ.....	51
ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ .....	51
ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ .....	61
Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ ΤΟΥ ΤΡΑΓΟΥΔΙΣΤΗ ΚΑΙ Η ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ ΩΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ .....	76
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ.....	78
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	80
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	80
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	81
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΝΤΑΞΗΣ – ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ, ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	81
ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	83

<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b>93</b>
<b>ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ .....</b>	<b>96</b>
ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	97
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ .....</b>	<b>99</b>
<b>ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΝΗΣ ΚΑΙ ΤΙΣ</b>	
<b>ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>99</b>
<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>117</b>
<b>ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ .....</b>	<b>117</b>
<b>ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ ΜΕ ΤΑ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ -</b>	
<b>ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΤΡΟΒΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ.....</b>	<b>122</b>
<b>ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΦΩΝΗΤΙΚΗ</b>	
<b>ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ.....</b>	<b>129</b>
<b>ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....</b>	<b>131</b>
<b>ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ</b>	
<b>ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ .....</b>	<b>133</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>136</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ.....</b>	<b>138</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ .....</b>	<b>142</b>
<b>ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ, ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ, ΕΠΑΙΝΟΙ ΚΛΠ., ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΥΨΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ</b>	
<b>ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ.....</b>	<b>145</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ.....</b>	<b>146</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ο Garcia πραγματοποιεί την πρώτη έμμεση λαρυγγοσκόπηση (4). .....	20
Εικόνα 2: Μετά την ανάπτυξη του λαρυγγοτραχειακού σάκου την 4η- 5η εμβρυική εβδομάδα, αναπτύσσεται το επιγλωττιδικό έπαρμα και τα αρυταινοειδή επάρματα, σχηματίζοντας εν τέλει μια λαρυγγική είσοδο σχήματος "T" (11). .....	24
Εικόνα 3: Άνω εικόνες, Κάτω εικόνες.....	25
Εικόνα 4: Διευθύνσεις έλξης του λαρυγγικού μυϊκού συστήματος.....	31
Εικόνα 5: Νεύρωση λάρυγγα. ....	34
Εικόνα 6: Διάγραμμα του βλεννογονικού κύματος.....	40
Εικόνα 7: Διαφορετικές ονομασίες του τόνου στη μουσική σημειολογία, με βάση χώρα και πολιτισμική καταβολή (6). .....	50
Εικόνα 8: Μηχανογραφημένο φωνόγραμμα (προφίλ εύρους φωνής), σε κανονική γυναικεία φωνή. ....	61
Εικόνα 9: Έμμεση λαρυγγοσκόπηση (13) .....	63
Εικόνα 10: Μικρολαρυγγοσκόπηση με προσαρμοσμένο μικροχειριστή laser (13) .....	65
Εικόνα 11: Φωτογραφικό καρέ στροβοσκοπικών λήψεων σε ασθενή με αμφοτερόπλευρη παράλυση φωνητικών χορδών, δύο μήνες μετά από ολική θυρεοειδεκτομή. ....	71
Εικόνα 12: Θέσεις της φωνητικής πτυχής. ....	72
Εικόνα 13: Α. Φυσιολογικός λάρυγγας κατά τη φώνηση, Β. Φυσιολογικός λάρυγγας κατά την αναπνοή (13).....	72
Εικόνα 14: Ιδανικές κυματομορφές για το γλωττιδικό κύμα στην γλωττιδογραφία και ηλεκτρογλωττιδογραφία. Αναπαράσταση του φυσιολογικού γλωττιδικού κύματος (67).....	74
Εικόνα 15: Διαφορετικές φωνητικές ομάδες κατά την ταξινόμηση της ανδρικής και γυναικείας φωνής, με χρήση της θεμελιώδους συχνότητας (15).....	79
Εικόνα 16: Έντυπο συγκατάθεσης - σελίδα 1η .....	84
Εικόνα 17: Έντυπο συγκατάθεσης - σελίδα 2η .....	85
Εικόνα 18: Έντυπο συγκατάθεσης - σελίδα 3η .....	85
Εικόνα 19: Ειδικό πρωτόκολλο εξέτασης τραγουδιστή - σελίδα 1η .....	87
Εικόνα 20: Ειδικό πρωτόκολλο εξέτασης τραγουδιστή - σελίδα 2η .....	88
Εικόνα 21: Ενδοσκόπιο 70° και προσαρμοζόμενο μικρόφωνο στροβοσκόπησης .....	89
Εικόνα 22: Ο εξεταστής ενδοσκοπεί το λάρυγγα του εξεταζόμενου ενώ πατάει το πεντάλ στροβοσκόπησης. Ταυτόχρονα ο εξεταζόμενος τοποθετεί το μικρόφωνο στροβοσκόπησης κοντά στο στόμα του .....	90
Εικόνα 23: Ερωτηματολόγιο εξέτασης τραγουδιστή .....	91
Εικόνα 24: Τεχνικός του Ακτινολογικού Τμήματος του ΠΓΝΙ, μετακινεί τη λυχνία του ακτινογραφικού μηχανήματος, έτσι ώστε η απόστασή της από το φιλμ να είναι 200 cm .....	92
Εικόνα 25: Σχηματική απεικόνιση και ανατομικά μέρη του φωνητικού τμήματος, όπως απεικονίζονται στην οπισθοπρόσθια πλάγια ακτινογραφία του λάρυγγα. ....	94
Εικόνα 26: Οπισθοπρόσθια πλάγια ακτινογραφία λάρυγγα. ....	95

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Κατανομή συμμετεχόντων βάσει Φύλου .....	97
Πίνακας 2. Κατανομή συμμετεχόντων βάσει Κατηγορίας Φωνής .....	98
Πίνακας 3. Κατανομή συμμετεχόντων ανά ηλικία, βάρος, ύψος, έτη εκμάθησης στο τραγούδι .....	99
Πίνακας 4. Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ όλων των τραγουδιστών.....	100
Πίνακας 5. Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ κατηγοριών ανδρικών φωνών: μπάσος, βαρύτονος και τενόρος .....	102
Πίνακας 6. Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ κατηγοριών: μπάσος, βαρύτονος και τενόρος ανά ζεύγη .....	103
Πίνακας 7. Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ κατηγοριών: υψίφωνος, ημιυψίφωνος και οξεία υψίφωνος .....	104
Πίνακας 8. Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ κατηγοριών: υψίφωνος, ημιυψίφωνος και οξεία υψίφωνος, ανά ζεύγη .....	105
Πίνακας 9. Σύγκριση ηλικίας, ύψους και βάρους μεταξύ κατηγοριών: μπάσος, βαρύτονος και τενόρος. ....	106
Πίνακας 10. Σύγκριση μεταξύ κατηγοριών: μπάσος, βαρύτονος και τενόρος.....	106
Πίνακας 11. Σύγκριση ηλικίας, ύψους και βάρους μεταξύ κατηγοριών: υψίφωνος, ημιυψίφωνος και οξεία υψίφωνος. ....	107
Πίνακας 12. Σύγκριση μεταξύ κατηγοριών: υψίφωνος, ημιυψίφωνος και οξεία υψίφωνος.....	107
Πίνακας 13. Έλεγχος συσχέτισης της κατηγορίας φωνής (μπάσος, βαρύτονος, τενόρος) με χαρακτηριστικά αξιολόγησης του ειδικού πρωτοκόλλου εξέτασης τραγουδιστή (Εικόνα 22) .....	110
Πίνακας 14. Έλεγχος συσχέτισης της κατηγορίας φωνής (υψίφωνος, ημιυψίφωνος και οξεία υψίφωνος) με χαρακτηριστικά αξιολόγησης του ειδικού πρωτοκόλλου εξέτασης τραγουδιστή (Εικόνα 22) .....	113
Πίνακας 15. Έλεγχος συσχέτισης του φύλου με χαρακτηριστικά αξιολόγησης του ειδικού πρωτοκόλλου εξέτασης τραγουδιστή (Εικόνα 22) .....	116

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Ραβδόγραμμα συμμετεχόντων βάσει φύλου.....	97
Διάγραμμα 2. Ραβδόγραμμα συμμετεχόντων βάσει Κατηγορίας Φωνής.....	98

# ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

## ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

**AMDF** = Average Magnitude Difference function, Συνάρτηση διαφοράς μέσου μεγέθους

**cm** = centimeter

**CT** = Computed Tomography, Υπολογιστική Τομογραφία

**EGG** = Electroglottografia, Ηλεκτρογλωττογραφία

**ELS** = European Laryngeal Society, Ευρωπαϊκή Λαρυγγολογική Εταιρεία

**GRBAS** = Grade, Roughness, Breathiness, Asthenia, Strain, Βαθμός, Τραχύτητα, Διαφυγή αέρα, Αδύναμη φωνή, Ένταση

**HRCT** = High Resolution Computed Tomography, Υπολογιστική Τομογραφία υψηλής ευκρίνειας

**IFOS** = International Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies, Διεθνής Ομοσπονδία της Ωτορινολαρυγγολογικής Εταιρείας

**LEMG** = Laryngeal Electromyography, Λαρυγγική Ηλεκτρομυογραφία

**mm** = millimeter

**MPT** = Male Pipe Thread, Μέγιστος χρόνος φωνοποίησης

**MRI** = Magnetic Resonance Imaging, Μαγνητική Τομογραφία

**PGG** = Photoglottografia, Φωτογλωττογραφία

**SHR** = Subharmonic-to-Harmonic Ratio, Αναλογική διαδικασία αρμονικής προς υποαρμονική

**SHRP** = Subharmonic-to-Harmonic Ratio Procedure, Αναλογική διαδικασία αρμονικής προς υποαρμονική

**SNR** = signal to noise ratio, αναλογία σήματος προς θόρυβο

**SWIPE** = Sawtooth Waveform Inspired Pitch Estimator, Εκτιμητής ύψους κυματομορφής

**VAS** = Visual analogue scale, Οπτική αναλογική κλίμακα

**VC** = vital capacity, ζωτική χωρητικότητα

**VHI** = Voice Handicap Index, Δείκτης φωνητικής αναπηρίας

**VKG** = Videokymography, Βιντεοκυματογραφία  
**VPA** = Vocal Profile Analysis, Προφίλ Φωνητικής Ανάλυσης  
**VRP** = voice range profile, προφίλ εύρους φωνής  
**WHO** = World Health Organization, Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας  
**ΩΡΛ** = Ωτορινολαρυγγολογία

## **ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

**AI** = anterior incision, πρόσθια εντομή  
**ART** = acoustic reflection technique  
**CI** = cervical incisor, τομέας οδόντα  
**GERD** = Gastroesophageal Reflux Disease, Γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση  
**LRP** = Laryngopharyngeal Reflux, Λαρυγγοφαρυγγική παλινδρόμηση  
**LTAS** = Long Term Average Spectrum  
**MHP** = Middle of the hard palate, μεσότητα σκληρής υπερώας  
**MIMICS** = Materialize Interactive Medical Image Control System, Διαδραστικό σύστημα υλοποίησης ελέγχου ιατρικής εικόνας  
**SCV** = second cervical vertebra, δεύτερος αυχενικός σπόνδυλος  
**T.A.** = Τυπική απόκλιση  
**ΔΑΣ** = Δεύτερος αυχενικός σπόνδυλος  
**Μ.Τ.** = Μέση τιμή  
**ΜΣΥ** = Μεσότητα σκληρής υπερώας  
**ΠΓΝΙ** = Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Ιωαννίνων  
**ΠΕ** = πρόσθια εντομή  
**ΣΤ** = μήκος στοματοφάρυγγα  
**ΣΦ** = μήκος στοματοφαρυγγικής κοιλότητας  
**ΤΟ** = Τομέας Οδόντας  
**ΦΤ** = φωνητικό τμήμα





# ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η φωνή είναι ένα ακουστικό σήμα που παράγεται με τη βοήθεια του λάρυγγα και των φωνητικών οργάνων και αποτελεί ένα από τα πολυτιμότερα εργαλεία της ανθρώπινης επικοινωνίας. Η φυσική διαδικασία παραγωγής της φωνής ονομάζεται φώνηση και με τη χρήση της προκύπτει η εκφορά του προφορικού λόγου. Μέσω του προφορικού λόγου ο Homo Sapiens δύναται να επικοινωνήσει άμεσα και να συμβιώσει κοινωνικά με τα μέλη μιας ανθρώπινης ομάδας, υπό την προϋπόθεση ότι διαθέτει επαρκείς εγκεφαλικές λειτουργίες, επαρκή ανάπτυξη της ακοής, ικανή ηλικιακή ανάπτυξη και μόρφωση. Η φωνή είναι χαρακτηριστική και συγκεκριμένη για κάθε άτομο, εμφανίζει δηλαδή μοναδικότητα. Εκτός από την αντίληψη της ομιλίας, από μια ανθρώπινη φωνή μπορεί να εξαχθεί ένα πλούτος κοινωνικά σχετιζόμενων πληροφοριών για το συγκεκριμένο άτομο που εκφέρει λόγο, όπως είναι τα φυσικά χαρακτηριστικά (φύλο, σωματική διάπλαση, ηλικία κατά προσέγγιση) και η συναισθηματική κατάσταση.

Η λειτουργία του φωνητικού συστήματος και όλων των παραγόντων που συμμετέχουν στην παραγωγή της φωνής αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης τόσο στο παρελθόν όσο και στη σύγχρονη εποχή. Είναι αποδεδειγμένο ότι με την καλύτερη γνώση του φυσιολογικού τόσο εγγύτερη αντίληψη και αντιμετώπιση του παθολογικού επιτυγχάνεται. Η επιστήμη της φωνιατρικής ασχολείται με τις παθήσεις των φωνητικών χορδών και του φωνητικού συστήματος. Αποτελεί βασικό κρίκο της αλυσίδας των ιατρικών επιστημών που συνεργάζονται για τη θεραπεία των παθήσεων της φωνής, όπως είναι η νευρολογία, η λογοθεραπεία και η ψυχιατρική (1, 2).

## ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ανάγκη να εξηγηθεί το πολυσύνθετο φαινόμενο της φώνησης και της παθοφυσιολογίας της ανθρώπινης φωνής, ξεκίνησε αρκετά νωρίς, οπότε και διατυπώθηκαν οι πρώτες θεωρίες για την ερμηνεία του.

### ΘΕΩΡΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΩΝΗΣ

Ο VandenBerg, ένας από τους πρώτους ερευνητές στον τομέα της φώνησης, διατύπωσε το 1958 τη μυοελαστική αεροδυναμική θεωρία, η οποία στηρίζεται στο φαινόμενο Bernoulli και τις ελαστικές ιδιότητες των φωνητικών πτυχών, ενώ αποτέλεσε θεμελιώδη βάση για όλες τις ακόλουθες. Η θεωρία αυτή υποστηρίζει πως οι φωνητικές χορδές βρίσκονται αρχικά σε θέση προσαγωγής. Ο εκπνεόμενος αέρας αυξάνει την υπογλωττιδική πίεση και μόλις αυτή υπερβεί την αντίσταση των φωνητικών πτυχών, τις απωθεί με αποτέλεσμα ο αέρας να διέρχεται ανάμεσα τους. Καθώς ο αέρας διέρχεται από τη στενότερη περιοχή της γλωττίδας, η ταχύτητά του αυξάνεται, προκαλώντας πτώση της πίεσης κάθετα στην κατεύθυνση ροής. Η πτώση της πίεσης και η ελαστικότητα των φωνητικών πτυχών έχουν σαν επακόλουθο την επαναφορά των φωνητικών πτυχών στην αρχική τους θέση. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται και έτσι η φωνή, σύμφωνα με τον VandenBerg, είναι μία σειρά από εκπνοές αέρα.

Νωρίτερα στην ίδια δεκαετία, ο Husson, είχε διατυπώσει τη θεωρία ότι το ρεύμα του αέρα και οι νευρικές ώσεις από το κάτω λαρυγγικό νεύρο, δημιουργούν δονήσεις στα ελεύθερα χείλη των φωνητικών χορδών. Αυτές οι δονήσεις προσδίδει στα χείλη των φωνητικών χορδών την χαρακτηριστική παλμική κίνηση.

Οι MacLeod και Sylvestre, το 1960, υποστήριξαν ότι η φυσιολογική δράση της φώνησης είναι η αντήχηση, διατυπώνοντας τη θεωρία της αντιδραστικής αντήχησης. Σύμφωνα με αυτή, στο επίπεδο του λάρυγγα, η αντιδραστική μάζα σχηματίζεται από το φωνητικό μυ και η μάζα αντήχησης από το βλεννογόνο των φωνητικών χορδών. Φαίνεται όμως, πως η δόνηση των φωνητικών χορδών που απάγονται και προσάγονται, δεν αρκεί ως ιδιότητα, για να εξηγήσει τη μεγάλη ποικιλία των διακυμάνσεων της φωνής σε σχέση με την ένταση, τη συχνότητα και

την ποιότητα (χροιά), τόσο μετά από επίμονη άσκηση (τραγουδιστές, ηθοποιοί), όσο και σε παθολογικές καταστάσεις.

Έτσι λοιπόν, λίγο αργότερα, το 1974, ο Hirano ανέπτυξε τη θεωρία καλύπτρας-σώματος (cover-body theory). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η φωνητική πτυχή διακρίνεται ιστολογικά σε πέντε στρώματα και λειτουργικά σε τρία. Κάθε στρώμα έχει και ξεχωριστές μηχανικές ιδιότητες, με διαβάθμιση από τις ελαστικότερες επιφανειακές στιβάδες, στον περισσότερο άκαμπτο φωνητικό μυ. Η ιδιαιτερότητα της ιστολογικής αυτής δομής, οδηγεί στην παθητική παραγωγή του βλεννογονικού κύματος κατά τη ροή του αέρα ανάμεσα τους. Τα χαρακτηριστικά του βλεννογονικού κύματος (πλάτος και περίοδος) προσδίδουν τα ανάλογα χαρακτηριστικά στην ποιότητα, ένταση και συχνότητα της φωνής και εξαρτώνται από τις ελαστικές ιδιότητες των στρωμάτων των φωνητικών πτυχών.

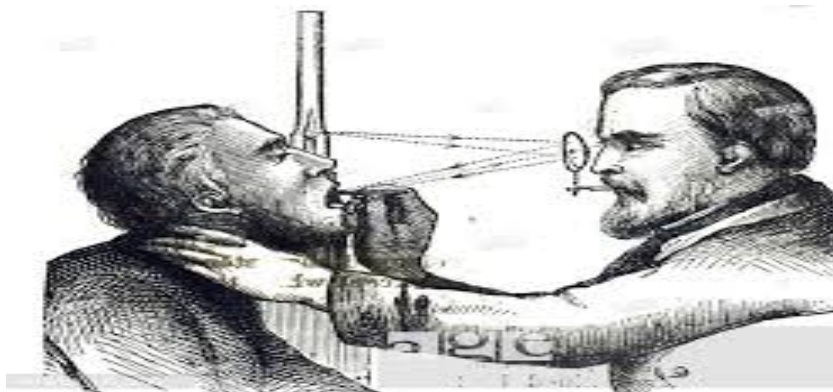
Ο Titze, χρησιμοποιώντας περίπλοκα μοντέλα προσομοίωσης λάρυγγα, μαθηματικούς τύπους και νόμους φυσικής, επιχείρησε να εξηγήσει τον τρόπο με τον οποίο διατηρείται το βλεννογονικό κύμα στη διάρκεια του χρόνου. Το αποτέλεσμα της έρευνας κατέληξε στο μοντέλο τριών μαζών, θεωρώντας τις φωνητικές πτυχές ως ένα ταλαντωμένο παρά δονούμενο σώμα. Οι τρεις μάζες αντιστοιχούν στο άνω και κάτω χείλος του δονούμενου άκρου των φωνητικών πτυχών και στο σώμα, δηλαδή στο φωνητικό μυ, και συνδέονται μεταξύ τους με ελαστικές συνδέσεις.

Το σχήμα και κατ' επέκταση η πίεση της γλωττίδας μεταβάλλονται συνεχώς, με τρόπο ώστε το δε σχήμα από συγκλίνον να μεταπίπτει σε αποκλίνον, η δε πίεση στη γλωττίδα από θετική να γίνεται αρνητική. Έτσι, προκύπτει μια συνεχόμενη ροή αέρα και μια διαρκής ταλάντωση των φωνητικών πτυχών, η οποία διατηρείται στο χρόνο (3).

## **ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΩΝΙΑΤΡΙΚΗΣ**

Το 1854 ο Manuel Garcia περιέγραψε τις πρώτες του παρατηρήσεις σχετικά με τη λειτουργία της ανθρώπινης φωνής κατά τη φώνηση, όπως την κίνηση της γλωττίδας. Για το σκοπό αυτό πραγματοποίησε την πρώτη έμμεση λαρυγγοσκόπηση

με τη χρήση φυσικού φωτός και καθρέφτη, ανοίγοντας το δρόμο στους Turck και Czermak να συνεχίσουν το έργο του (Εικόνα 1).



**Εικόνα 1: Ο Garcia πραγματοποιεί την πρώτη έμμεση λαρυγγοσκόπηση (4).**

Λίγο αργότερα, το 1862, ο Γερμανός χειρουργός Victor von Bruns πέτυχε την αφαίρεση πολύποδα από τις φωνητικές χορδές μόνο με τη χρήση καθρέφτη στην απεικόνιση του λάρυγγα, ενώ λίγο αργότερα σχεδίασε ειδικά όργανα για την απεικόνιση και εξέταση του λάρυγγα. Ο χειρουργός Johann Friedrich Dieffenbach (1792-1847), προσπάθησε να αντιμετωπίσει το τραύλισμα με τη χρήση σφηνών στη γλώσσα, ενώ ο χειρουργός (και ανθρωπολόγος) Pierre Paul Broca (1824-1880) εντόπισε την αιτία των εκφραστικών, κινητικών και γλωσσικών προβλημάτων στον μετωπιαίο λοβό του εγκεφάλου ενός ασθενούς του (Broca 1861). Τα ευρήματα αυτά ήρθε να συμπληρώσει το 1874 ο Γερμανός νευρολόγος Carl Wernicke που εντόπισε βλάβες του κροταφικού λοβού σχετιζόμενες με αισθητηριακές δυσλειτουργίες.

Η παθολογία της φωνής και της ομιλίας μελετήθηκε αρχικά κυρίως σε δύο κέντρα στο Βερολίνο και τη Βιέννη. Ο Albert Gutzmann (1839–1910), ένας δάσκαλος των κωφών ασθενών στο Βερολίνο, εργάστηκε πάνω στις διαταραχές ομιλίας και ιδιαίτερα το τραύλισμα. Οργάνωσε μαθήματα και επιμελήθηκε ένα περιοδικό ιατρικής και παιδαγωγικής, το 1891, μαζί με τον γιο του Hermann, τότε φοιτητή Ιατρικής. Ως συνέχεια του έργου του πατέρα του, ο Hermann Gutzmann, καθιέρωσε την ιατρική παθολογία φωνής και ομιλίας ως ακαδημία μετατρέποντας έτσι το Νοσοκομείο Charité του Βερολίνου σε λίκνο της φωνιατρικής. Αντίθετα, ήδη από το 1909 το κέντρο της Βιέννης με επικεφαλής το μαθητή του Gutzmann, Emil Fröschels (1884-1972), επικεντρώθηκε κυρίως στο ρόλο της ψυχολογίας στη διαμόρφωση της φωνής και έτσι οι μαθητές του θεωρήθηκαν «ψυχολόγοι». Όντας Εβραίος επιστήμονας, ο Fröschels εκδιώχθηκε από την ακαδημαϊκή του θέση, αλλά

μετανάστευσε από την Αυστρία στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1939, όπου συνέχισε το έργο του στο Σεντ Λούις και στη Νέα Υόρκη για πολλά ακόμη χρόνια. Το έργο του εκτιμήθηκε σε μεγάλο βαθμό παγκοσμίως λόγω των εξαιρετικών επιτευγμάτων του. Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι με πρωτοβουλία του Emil Fröschels ιδρύθηκε στη Βιέννη το 1924 (Perelló 1982) ένας διεπιστημονικός οργανισμός, η Διεθνής Ένωση Λογοπαιδικών και Φωνιατρικής, με αντικείμενο την αντιμετώπιση φωνιατρικών παθήσεων.

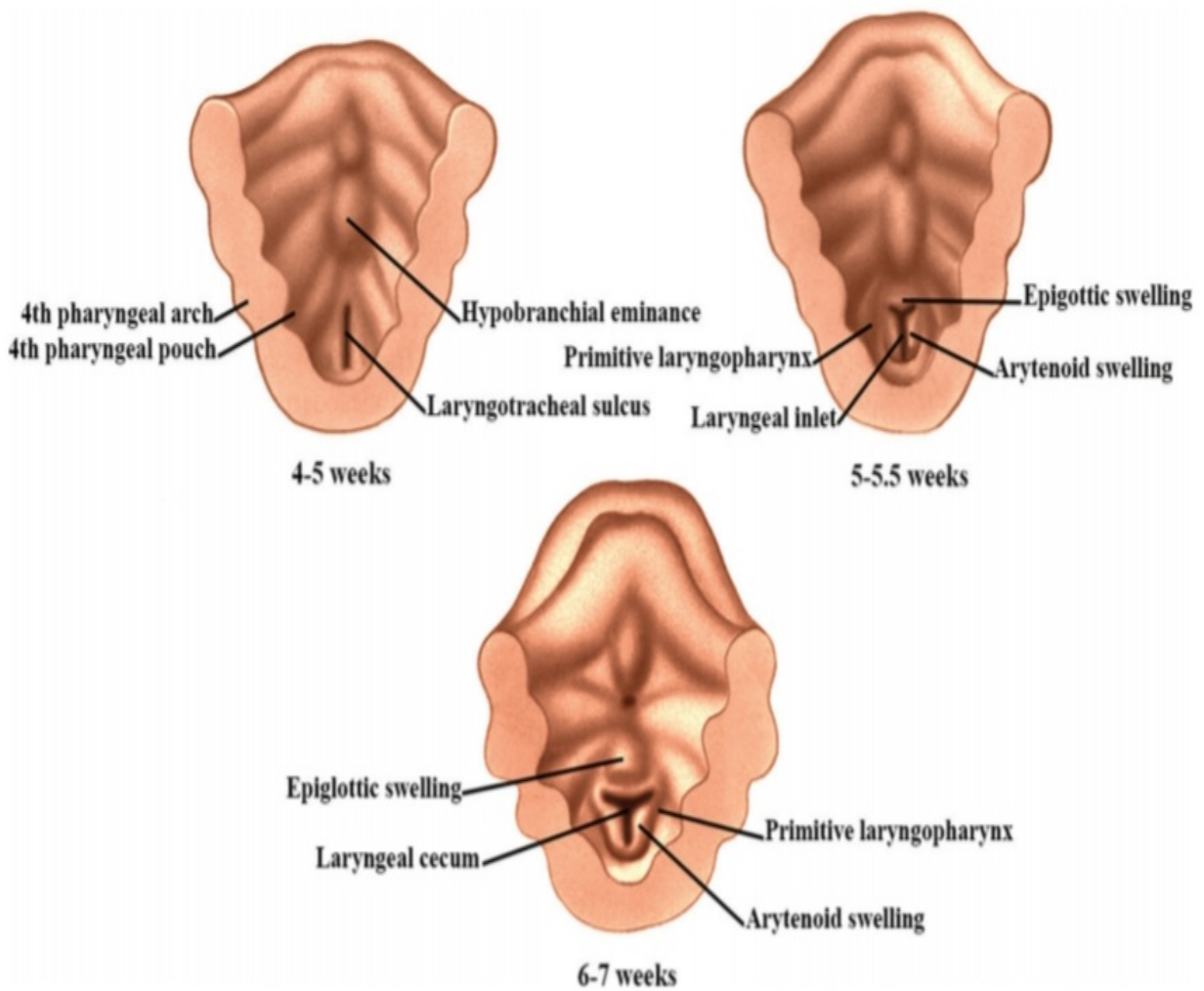
Μετά το δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, η Πράγα απέκτησε ηγετικό ρόλο στη φωνιατρική. Ο Miloslav Seeman ίδρυσε την πρώτη πανεπιστημιακή κλινική φωνιατρικής, η οποία αποτέλεσε πόλο έλξης σπουδαστών από όλο τον κόσμο. Η ίδρυση του *Folia rhoniologica*, του πρωτοπόρου διεθνούς περιοδικού φωνιατρικής, από τους Luchsinger, Seeman και Tarneaud το 1947, θεωρήθηκε καινοτομία της εποχής. Το περιοδικό αυτό περιείχε αναφορές στα Αγγλικά, Γαλλικά και Γερμανικά, και αποτέλεσε εφελθτήριο και για άλλα ιατρικά περιοδικά. Ακολούθως, εκκίνησαν αρκετά προγράμματα για τη διαμόρφωση και τον ορισμό της φωνιατρικής ως ιατρική ειδικότητα για διαταραχές της επικοινωνίας, ενώ παράλληλα αναπτύχθηκαν προγράμματα για την εκπαίδευση φωνιάτρων. Ένα πρώτο προσχέδιο δημοσιεύθηκε από τους Wendler και Wellens το 1983 (Wendler and Wellens 1983). Σύμφωνα με τη Μόνιμη Επιτροπή Φωνιατρικής και Φωνητικής Φροντίδας του IFOS (International Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies), με πρόεδρο τον J. Wendler, αναγνωρίστηκε το ειδικό προφίλ της φωνιατρικής (IFOS 1986). Το 1993, η IFOS πρότεινε να συμπεριληφθούν επιλεγμένα φωνιατρικά θέματα στα μεταπτυχιακά προγράμματα κατάρτισης των ΩΡΛ (αναλυτικά το ΩΡΛ) ως βασική προϋπόθεση για την ολοκλήρωσή τους (Διεθνής Ομοσπονδία Ωτορινολαρυγγολογικών Εταιρειών 1993).

Ήδη από το 1960, ο τομέας της φωνιατρικής έχει επεκτείνει το εύρος του από την έννοια των φυσιολογικών και ψυχολογικών πτυχών της φωνής, της ομιλίας, της γλώσσας και της ακοής σε μια συνολική προοπτική επικοινωνίας που περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες, οι οποίες λαμβάνουν κοινωνικές, πολιτισμικές και οικολογικές διαστάσεις. Η μοριακή γενετική επίσης έχει συνεισφέρει ουσιαστικά, ιδίως στον τομέα της ακοής και των αναπτυξιακών γλωσσικών διαταραχών, ενώ οι νευροεπιστήμες, άνοιξαν νέους ορίζοντες για την κατανόηση και τη διαχείριση της

γλώσσας και της ομιλίας. Σύμφωνα με μια διεθνή έρευνα, το 2012 υπήρχαν περίπου 1200 ειδικοί στον τομέα της φωνιατρικής: 300 στην Ιταλία, 290 στη Γερμανία, 210 στην Πολωνία, 96 στην Τσεχοσλοβακία και συνολικά περίπου 100 πανεπιστημιακά τμήματα (4-6).

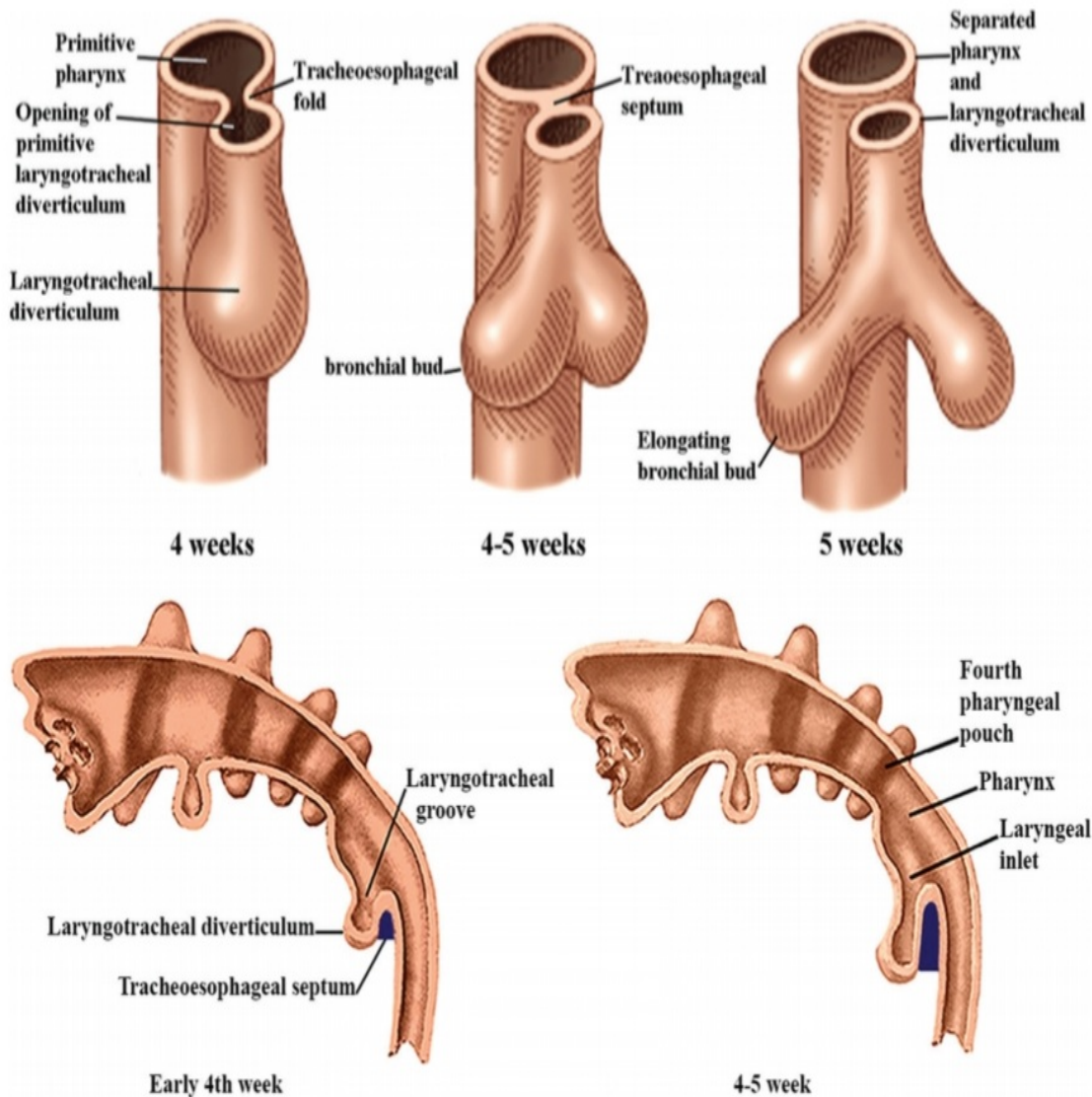
## ΕΜΒΡΥΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ

Ο λάρυγγας αναπτύσσεται από δύο διαφορετικά εμβρυολογικά τμήματα. Η μοίρα του λάρυγγα άνωθεν της γλωττίδας, δηλαδή η υπεργλωττιδική μοίρα αναπτύσσεται από ένα στοματοφαρυγγικό βλάστημα. Η γλωττιδική και υπογλωττιδική μοίρα από ένα τραχειοβρογχικό βλάστημα. Αυτό έχει σημασία κλινικά στη μεταγεννητική περίοδο. Κατά τη διάρκεια της ζωής, ο λάρυγγας κατέρχεται από το επίπεδο σχεδόν της δεύτερης πλευράς στη γέννηση, στο επίπεδο σχεδόν του πέμπτου αυχενικού σπονδύλου στον ενήλικα, ανάλογα με το φύλο. Κατά την 4η εβδομάδα κύησης σχηματίζεται η λαρυγγοτραχειακή αύλακα, στο ουραίο τμήμα στο έδαφος του πρωτογενούς φάρυγγα, ο οποίος αναπτύσσεται από το κρανιακό τμήμα του αρχεντέρου. Η λαρυγγοτραχειακή αύλακα έπειτα και έως το τέλος της 5ης εμβρυική εβδομάδας μεταπίπτει σε ένα καλώς σχηματισμένο αναπνευστικό εκκόλπωμα, το οποίο αυξάνεται εντός του σπλαγχνικού μεσοδέρματος και σχεδόν παράλληλα προς τον οισοφάγο. Στο διάστημα αυτών των εβδομάδων επίσης, ξεκινάει μια ταχεία ανάπτυξη του μεσοδέρματος του 4ου και 6ου βραγχιακού τόξου γύρω από τη θέση έναρξης του αναπνευστικού εκκοιλώματος που μετατρέπει την υπάρχουσα σχισμή σε μια γλωττίδα σχήματος T, η οποία αφορίζεται κρανιακά από το έπαρμα της επιγλωττίδας. Τι ίδιο μεσόδερμα στο σημείο που περιβάλλει το λαρυγγικό στόμιο, διαφοροποιείται στους χόνδρους θυρεοειδή, κρικοειδή, αρυταινοειδείς, σφηνοειδείς και κερατοειδείς του λάρυγγα. Η επιγλωττίδα σχηματίζεται ολοκληρωτικά πολύ αργότερα από τους άλλους χόνδρους, μετά τον 5ο μήνα. Ο αυλός του λάρυγγα, όμοια με τον αυλό του οισοφάγου υφίσταται προσωρινή απόφραξη από επιθηλιακό ιστό. Κατά τη διάρκεια της 9ης και 10ης εμβρυική εβδομάδας, ζεύγη πλάγιων αναδιπλώσεων σχηματίζουν τις δομές των φωνητικών χορδών. Ταυτόχρονα από ζεύγη εκκοιλωμάτων ξεκινάει ο σχηματισμός των λαρυγγικών κοιλιών. Τέλος, τα μυϊκά στοιχεία επί των βραγχιακών τόξων, σχηματίζουν τους λαρυγγικούς μύες (Εικόνες 2, 3 ) (7-11).



Εικόνα 2: Μετά την ανάπτυξη του λαρυγγοτραχειακού σάκου την 4η- 5η εμβρυική εβδομάδα, αναπτύσσεται το επιγλωττιδικό έπαρμα και τα αρυταινοειδή επάρματα, σχηματίζοντας εν τέλει μια λαρυγγική είσοδο σχήματος "T" (11).





**Εικόνα 3: Άνω εικόνες, Κάτω εικόνες**

Άνω εικόνες: δεξιά πλάγια μετωπιαία προβολή. Η αρχική εμφάνιση του λαρυγγοτραχειακού εκκολπώματος και η προοδευτική ανάπτυξη των τραχειοοισοφαγικών πτυχών, ώστε να σχηματίσουν την τραχειοοισοφαγικό διαχωρισμό. Κάτω εικόνες: προοδευτική επιμήκυνση του τραχειοοισοφαγικού εκκολπώματος και σχετική επιμήκυνση του τραχειοοισοφαγικού διαφράγματος (με μπλε χρώμα), διατηρώντας τη μελλοντική αναπνευστική οδό και τον οισοφάγο διαχωρισμένα.

## ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ

Ο λάρυγγας είναι ένας ινοχόνδρινος σωλήνας που βρίσκεται στο πρόσθιο διαμέρισμα του τραχήλου κάτω από το υοειδές οστό και μπροστά από τη λαρυγγική μοίρα του φάρυγγα στο σημείο διαχωρισμού της πεπτικής από την αναπνευστική οδό. Εκτείνεται από το επίπεδο του 3ου έως τον 6ο αυχενικό σπονδύλου και κύριες λειτουργίες του είναι η αναπνοή, η βατότητα της ανώτερης αναπνευστικής οδού και η προφύλαξή της, καθώς και η παραγωγή της φωνής. Συνδεόμενος με το υοειδές οστό και κατ' επέκταση με τη βάση της γλώσσας, ανέρχεται και κατέρχεται μέσω των κινήσεων που πραγματοποιούνται κατά την κατάποση. Ο σκελετός του λάρυγγα αποτελείται από χόνδρους, που συνδέονται μεταξύ τους με συνδέσμους και μεμβράνες, από μύες και από βλεννογόνο που επενδύει τις εσωτερικές του επιφάνειες. Προς τα άνω, ο λάρυγγας τελειώνει στο ελεύθερο άκρο της επιγλωττίδας, τις αρυταινοεπιγλωττιδικές πτυχές και τη μεσαρυταινοειδή εντομή. Προς τα κάτω, το κατώτερο άκρο του κρικοειδούς χόνδρου σηματοδοτεί τη συμβολή με την τραχεία.

Οι **χόνδροι** του λάρυγγα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

*A. Μονήρεις χόνδροι, οι οποίοι είναι:*

1. *Ο θυρεοειδής χόνδρος:* έχει σχήμα θυρεού, είναι ο μεγαλύτερος και αποτελείται από δύο συμμετρικά πέταλα που ενώνονται στη μέση γραμμή σχηματίζοντας μια διέδρη γωνία. Τα οπίσθια όρια των δύο πετάλων καταλήγουν στα άνω και κάτω κέρατα. Κάθε κάτω κέρασ αρθρώνεται με τον κρικοειδή χόνδρο και σχηματίζει την κρικοθυρεοειδική άρθρωση.

2. *Ο κρικοειδής χόνδρος:* έχει δακτυλιοειδές σχήμα είναι και ισχυρότερος από τον θυρεοειδή. Η οπίσθια μοίρα του ονομάζεται πέταλο του κρικοειδούς και έχει δύο ρηγά εντυπώματα στα πλάγια εκατέρωθεν για την υποδοχή των αρυταινοειδών χόνδρων. Η πρόσθια μοίρα του κρικοειδούς χόνδρου καλείται τόξο και μεταβαίνει προς το πέταλο. Στα σημεία μετάπτωσης του πετάλου στο τόξο υπάρχουν αρθρικές επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τα κάτω κέρατα του θυρεοειδούς χόνδρου.

3. Ο χόνδρος της επιγλωττίδας: έχει σχήμα φυλλοειδές και είναι λεπτός και ελαστικός. Ο μίσχος του χόνδρου προσφύεται στη γωνία των δύο πετάλων του θυρεοειδούς χόνδρου. Διακρίνονται δύο επιφάνειες ,η άνω ή πρόσθια ή γλωσσική επιφάνεια και η κάτω ή οπίσθια ή λαρυγγική επιφάνεια.

*B. Οι διπλοί χόνδροι ( ζεύγη χόνδρων) είναι:*

1. Οι αρυταινοειδείς χόνδροι: έχουν σχήμα πυραμίδας, όπου η κορυφή προβάλλει προς τα επάνω με κλίση προς τα πίσω η βάση διαθέτει τη φωνητική απόφυση στην οποία προσφύεται η φωνητική χορδή.

2. Οι κερατοειδείς χόνδροι ή χόνδροι του Santorini: αποτελούν ένα ζεύγος πολύ μικρών χόνδρων που βρίσκονται στην κορυφή των αρυταινοειδών επιμηκύνοντάς τους προς τα πίσω και έσω.

3. Οι σησαμοειδείς χόνδροι ή χόνδροι του Wrisberg: πρόκειται για πολύ μικρά υπολείμματα ελαστικού χόνδρου πάνω στα ελεύθερα χείλη των αρυταινοεπιγλωττιδικών πτυχών.

*Η ασβεστοποίηση και οστεοποίηση του θυρεοειδούς χόνδρου αρχίζουν την εποχή της εφηβείας. Λίγο αργότερα ακολουθεί η οστεοποίηση του κρικοειδούς και αρυταινοειδούς χόνδρου. Ο γυναικείος λάρυγγας αποτιτανώνεται αργότερα από εκείνον των αντρών.*

Οι **αρθρώσεις** του λάρυγγα βρίσκονται τοποθετημένες σε κάθε πλευρά του λάρυγγα και είναι οι εξής:

1. Η κρικοθυρεοειδής άρθρωση, που επιτρέπει την κίνηση γύρω από έναν άξονα που περνά μέσα από τις δύο κρικοθυρεοειδείς αρθρώσεις.

2. Η κρικοαρυταινοειδής άρθρωση. Διαμέσου των κρικοαρυταινοειδών αρθρώσεων επιτυγχάνεται η συμπλησίαση των χόνδρων μεταξύ τους, η ελαφρά ολίσθηση προς-πίσω, καθώς και οι στροφικές κινήσεις. Οι εν λόγω κινήσεις είναι πολύ σημαντικές στην αύξηση της τάσης, στη χαλάρωση και συμπλησίαση των φωνητικών χορδών κινήσεις οι οποίες προσδίδουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κατά την παραγωγή της φωνής.

Οι **σύνδεσμοι** και οι **υμένες** του λάρυγγα διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

*1. Εσωτερικοί σύνδεσμοι και υμένες:*

Συνδέουν τους χόνδρους του λάρυγγα μεταξύ τους. Ο ελαστικός υμένας του λάρυγγα, αποτελεί τον ινώδη σκελετό του και βρίσκεται κάτω από τον βλεννογόνο. Διαιρείται σε ένα ανώτερο τμήμα που ονομάζεται αρυταινοεπιγλωττιδικός υμένας και συμβάλλει στη στήριξη των αρυταινοεπιγλωττιδικών πτυχών και των νόθων φωνητικών χορδών, καθώς και στο κατώτερο τμήμα που ονομάζεται ελαστικός κώνος. Προς τα κάτω προσφύεται στον κρικοειδή χόνδρο και προς τα άνω παρουσιάζει μία πάχυνση, η οποία καλείται μέσος κρικοθυρεοειδής σύνδεσμος. Προς τα άνω και πίσω προσφύεται στη φωνητική απόφυση του αρυταινοειδούς, ενώ το ελεύθερο χείλος του ελαστικού κώνου προς τα άνω, μεταξύ του μέσου κρικοθυρεοειδούς συνδέσμου και της φωνητικής απόφυσης του αρυταινοειδούς καλείται φωνητικός ή θυρεοαρυταινοειδής σύνδεσμος.

*2. Οι εξωτερικοί σύνδεσμοι και υμένες:*

Συμβάλλουν στη σύνδεση των χόνδρων του λάρυγγα με τους γύρω ιστούς. Σε αυτούς συγκαταλέγεται ο θυρεοϋοειδής υμένας, που συνδέει ολόκληρο το άνω χείλος του θυρεοειδούς χόνδρου με την οπίσθια επιφάνεια του υοειδούς. Το πεπαχυσμένο τμήμα στη μεσότητα του υμένα καλείται μέσος θυρεοϋοειδικός σύνδεσμος, ενώ οι παχύνσεις του στο δύο οπίσθια όριά του, ονομάζονται πλάγιοι θυρεοϋοειδικοί σύνδεσμοι. Ο κρικοτραχειακός υμένας συνδέει το κάτω χείλος του κρικοειδούς χόνδρου με την άνω επιφάνεια του πρώτου ημικρικού της τραχείας. Ο υοεπιγλωττιδικός σύνδεσμος, τέλος συνδέει την επιγλωττίδα με το υοειδές οστό.

Οι **μύες** του λάρυγγα είναι οι εξής:

*1. Οι αυτόχθονες μύες του λάρυγγα, που διακρίνονται περαιτέρω σε απαγωγείς, προσαγωγείς, τείνοντες των φωνητικών χορδών μύες καθώς και σε μυς που ανοίγουν ή κλείνουν την είσοδο του λάρυγγα.*

Ο απαγωγέας των φωνητικών χορδών είναι ένας σε κάθε πλευρά, ο οπίσθιος κρικοαρυταινοειδής μυς και ρόλος τους είναι η διάνοιξη της γλωττίδας. Εκφύεται από την οπίσθια επιφάνεια του πετάλου του κρικοειδούς χόνδρου και καταφύεται

στη μυϊκή απόφυση του αρυταινοειδούς χόνδρου. Έλκει τη μυϊκή απόφυση του αρυταινοειδούς χόνδρου προς τα πίσω και προκαλεί περιστροφή του αρυταινοειδή με τρόπο που η φωνητική απόφυση να φέρεται προς τα έξω και η φωνητική χορδή να έρχεται σε θέση απαγωγής (Εικόνα 4).

*Σε έκπτωση της λειτουργίας του οπίσθιου κρικοαρυταινοειδούς μυός παρατηρείται ανεπάρκεια διάνοιξης της γλωττίδας.*

Οι προσαγωγείς των φωνητικών χορδών είναι ο πλάγιος κρικοαρυταινοειδής μυς και ο εγκάρσιος αρυταινοειδής μυς. Ο πρώτος εκφύεται από το άνω χείλος του κρικοειδούς χόνδρου και καταφύεται στη μυϊκή απόφυση του αρυταινοειδούς χόνδρου. Έλκει τη μυϊκή απόφυση του αρυταινοειδή χόνδρου προς τα εμπρός έτσι ώστε η να γίνεται προσαγωγή της φωνητικής χορδής. Ο εγκάρσιος αρυταινοειδής εκφύεται από την οπίσθια και έσω επιφάνεια του αρυταινοειδή χόνδρου και καταφύεται στον ετερόπλευρο αρυταινοειδή χόνδρο. Σύσπαση του μυός συμπλησιάζει τους αρυταινοειδείς χόνδρους κλείνοντας την οπίσθια μοίρα της σχισμής της γλωττίδας (Εικόνα 4).

*Σε απώλεια της λειτουργίας των προσαγωγών μυών παρατηρείται ανεπάρκεια σύγκλεισης της γλωττίδας.*

Οι τείνοντες τις φωνητικές χορδές μύες, είναι δύο σε κάθε πλευρά και είναι ο κρικοθυρεοειδής και ο θυρεοαρυταινοειδής ή φωνητικός μυς. Ο πρώτος φυσιολογικά συμπλησιάζει τον κρικοειδή και τον θυρεοειδή χόνδρο, αυξάνοντας την τάση των φωνητικών χορδών.

*Σε απώλεια της λειτουργίας του παρατηρείται χαλάρωση και κυματοειδής κοίλανση της φωνητικής χορδής και η φωνή γίνεται βραγχνή και αδύναμη.*

Ο φωνητικός μυς, περιγράφεται και ως εσωτερικός τείνων μυς και αποτελεί τον σημαντικότερο μυ του λάρυγγα αφού είναι το μυϊκό υπόθεμα της φωνητικής χορδής. Εκφύεται από τη θυρεοειδή εντομή και καταφύεται στη φωνητική απόφυση του αρυταινοειδούς χόνδρου. Το ελεύθερο χείλος του φωνητικού μυός ενισχύεται από ελαστικές ίνες οι οποίες σχηματίζουν το φωνητικό σύνδεσμο. Λειτουργικά προκαλεί τάση των φωνητικών χορδών και στένωση της γλωττιδικής σχισμής.

*Σε μονόπλευρη έκπτωση της λειτουργίας του φωνητικού μυός παρατηρείται χάλαση της φωνητικής χορδής και βράγχος φωνής. Αμφοτερόπλευρη έκπτωση της*

λειτουργίας του προκαλεί κατά τη φώνηση σχηματισμό ωοειδούς κενού μεταξύ των φωνητικών χορδών.

Ο μυς που διανοίγει την είσοδο του λάρυγγα είναι ο θυρεοεπιγλωττιδικός μυς, ενώ ο μεσαρυταινοειδής και ο αρυταινοεπιγλωττιδικός μύς είναι υπεύθυνοι για τη σύγκλεισή του.

2. Οι ετερόχθονες μύες συνδέουν το λάρυγγα με τα γειτονικά όργανα, έχουν τη λαρυγγική τους πρόσφυση στο υοειδές οστό και διακρίνονται σε:

α). Μύες άνωθεν του υοειδούς:

1. Διγάζτορας: η πρόσθια γαστέρα εκφύεται από το κατώτερο χείλος της κάτω γνάθου και καταφύεται στο διάμεσο τένοντα, ενώ η οπίσθια γαστέρα εκφύεται από τη μαστοειδή απόφυση και καταφύεται στο διάμεσο τένοντα.

Λειτουργία: Η πρόσθια γαστέρα έλκει το υοειδές οστό προς τ εμπρός και πάνω.

2. Γναθουοειδής: Εκφύεται κατά μήκος της γναθουοειδούς γραμμής στην έσω επιφάνεια της κάτω γνάθου και καταφύεται στον αντίθετο μυ στη ραφή της μέσης γραμμής.

Λειτουργία: έλκει το υοειδές οστό ελαφρώς προς τα μπρος και άνω

3. Γενειουοειδής: εκφύεται από τη γενειακή άκανθα της γενειακής σύμφυσης της κάτω γνάθου και καταφύεται στην πρόσθια επιφάνεια του σώματος του υοειδούς οστού.

Λειτουργία: έλκει το υοειδές προς τα μπρος και άνω.

4. Βελονουοειδής: εκφύεται από τη βελονοειδή απόφυση του κροταφικού οστού και καταφύεται στο σώμα του υοειδούς.

Λειτουργία: έλξη υοειδούς προς τα έξω και άνω.

β) Κάτωθεν του υοειδούς μύες:

1). Θυρεοϋοειδής μυς: εκφύεται από τη λοξή γραμμή το πετάλου του θυρεοειδούς χόνδρου και καταφύεται στο κάτω χείλος του μείζονος κέρατου του υοειδούς οστού.

Λειτουργία: μειώνει την απόσταση μεταξύ θυρεοειδούς χόνδρου και υοειδούς οστού, κυρίως προς τα μπρος.

2). Στερνοθυροειδής μυς: εκφύεται από την οπίσθια επιφάνεια της λαβής του στέρνου και από το χόνδρο της πρώτης πλευράς και καταφύεται στη λοξή γραμμή του θυροειδούς χόνδρου.

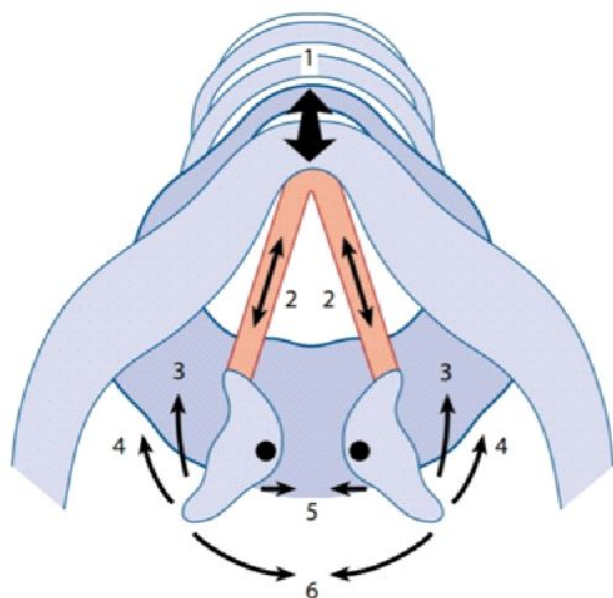
Λειτουργία: έλκει προς τα κάτω τον θυροειδή χόνδρο

3). Στερνουοειδής μυς: εκφύεται από την οπίσθια επιφάνεια της λαβής του στέρνου και το έσω πέρας της κλείδας και καταφύεται στο κάτω όριο του σώματος του υοειδούς οστού.

Λειτουργία: έλξη του υοειδούς οστού προς τα κάτω.

4). Ωμοϋοειδής μυς: εκφύεται από το διάμεσο τένοντα και καταφύεται στο υοειδές οστό.

Λειτουργία: έλξη υοειδούς προς τα κάτω (12).



**Εικόνα 4: Διευθύνσεις έλξης του λαρυγγικού μυϊκού συστήματος**

1. Κρικιθυροειδής μυς (πρόσθιος μυς), 2. Έσω μοίρα του θυροαρυταινοειδούς μυός (φωνητικός μυς), 3. έξω-πλάγια μοίρα του θυροαρυταινοειδούς μυ, 4. Έξω-πλάγιος κρικαρυταινοειδής μυς (πλάγιος μυς), 5. Μεσαρυταινοειδής ή εγκάρσιος μυς, 6. Οπίσθιος κρικαρυταινοειδής μυς (οπίσθιος μυς) (13).

Η **κοιλότητα** του λάρυγγα διαιρείται σε τρία τμήματα/ χώρους:

α) Ο **υπεργλωττιδικός χώρος**, είναι το τμήμα του λάρυγγα που βρίσκεται πάνω από το οριζόντιο επίπεδο που διέρχεται από τον πυθμένα των δύο λαρυγγικών κοιλιών. Οι περιοχές που ανήκουν στο τμήμα αυτό, είναι η υπερϋοειδική μοίρα της επιγλωττίδας, οι αρυταινοεπιγλωττιδικές πτυχές και οι αρυταινοειδείς χόνδροι, καθώς και ο πρόδομος του λάρυγγα, δηλαδή το τμήμα της επιγλωττίδας κάτω από το υοειδές οστό, οι νόθες φωνητικές χορδές και οι λαρυγγικές κοιλίες.

β) Η **γλωττίδα**, που αφορίζεται σαν χώρος από τις δύο γνήσιες φωνητικές χορδές. Ο χώρος αυτός έχει τριγωνική μορφή σε θέση απαγωγής των φωνητικών χορδών, ενώ κλείνει, σε πλήρη προσαγωγή αυτών. Το πρόσθιο τμήμα της γλωττίδας αφορίζεται από τις φωνητικές χορδές ενώ το οπίσθιο τμήμα της αφορίζεται από τη φωνητική απόφυση των αρυταινοειδών χόνδρων. Το άνοιγμα της γλωττίδας σε ήρεμη αναπνοή είναι περίπου 8 mm στο ευρύτερο πίσω τμήμα της. Το συνολικό μήκος της κάθε πλευράς είναι περίπου 23 mm στους άνδρες και 17 mm στις γυναίκες. Η φωνητική πτυχή έχει μια χόνδρινη μοίρα, που αποτελείται από τον αρυταινοειδή χόνδρο και μια μεμβρανώδη μοίρα. Η τελευταία περιλαμβάνει το φωνητικό μυ, το λεπτό υμένα συνδετικού ιστού (lamina propria) και το επιθήλιο. Το μήκος της μεμβρανώδους μοίρας της φωνητικής πτυχής στο νεογνό είναι 0.3 cm, στις γυναίκες 1.0-1.4 cm και 1.5-2.0 cm στους άντρες. Η γλωττίδα είναι ουσιαστικά το διάστημα μεταξύ των ελεύθερων άκρων των φωνητικών πτυχών.

γ) Η **υπογλωττιδική περιοχή**, ονομάζεται το τμήμα του λάρυγγα που περιλαμβάνεται ανάμεσα στα κατώτερα όρια της γλωττιδικής περιοχής και στο κάτω χείλος του κρικοειδούς χόνδρου.

Ο βλεννογόνο του λάρυγγα αποτελείται από ψευδοπολύστιβο κυλινδρικό κροσσωτό επιθήλιο, ενώ το δονούμενο ελεύθερο χείλος των φωνητικών χορδών διαθέτει πολύστιβο πλακώδες, μη κερατινοποιημένο επιθήλιο που είναι και το καταλληλότερο ώστε να αντέχει τον μηχανικό κραδασμό που υφίσταται κατά τη φώνηση.

Η **αγγείωση** του λάρυγγα πραγματοποιείται ως εξής:

Η αρτηριακή αιμάτωση γίνεται από την άνω και κάτω θυρεοειδή αρτηρία. Η άνω θυρεοειδής αρτηρία μαζί με το άνω λαρυγγικό νεύρο διαμέσου της θυρεοειδούς



μεμβράνης δίνει αιμάτωση στο άνω τμήμα του λάρυγγα. Η κρικοθυροειδική αρτηρία, αιματώνει τον κρικοθυροειδικό μυ. Η κάτω θυροειδική αρτηρία συνοδεύει τον τελικό κλάδο του παλίνδρομου λαρυγγικού νεύρου και δίνει αιμάτωση στο κατώτερο τμήμα του λάρυγγα.

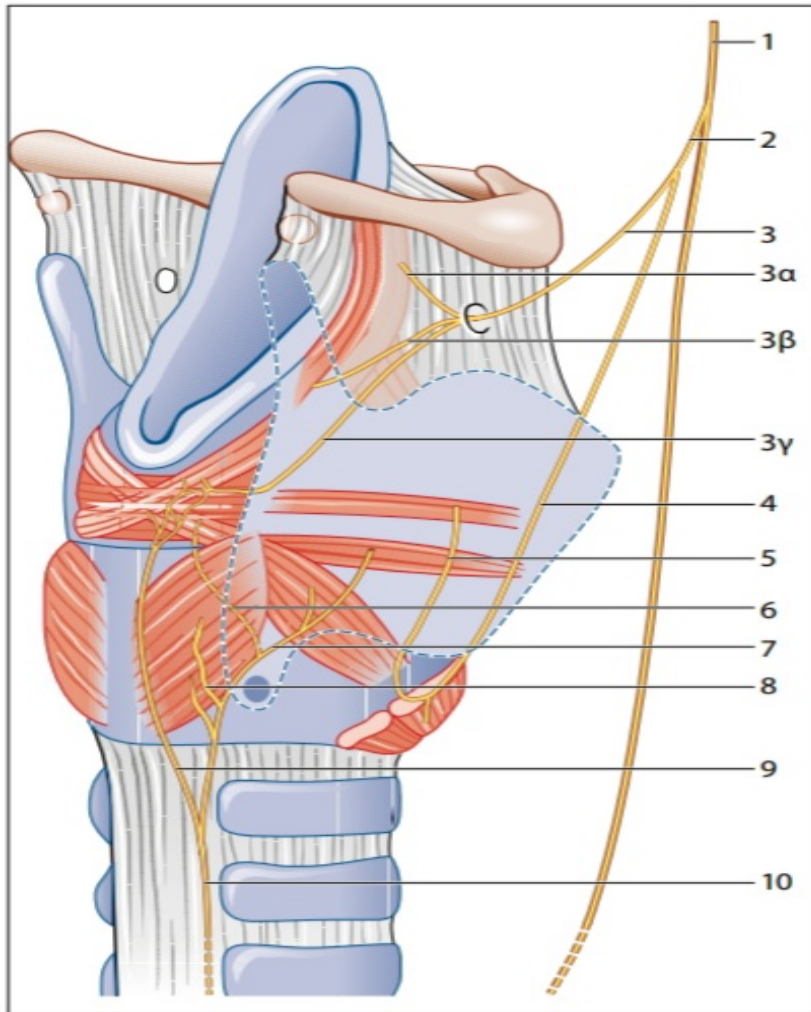
Η φλεβική παροχέτευση γίνεται δια της άνω λαρυγγικής φλέβας, η οποία εκβάλλει στην έσω σφαγίτιδα φλέβα.

Η **νεύρωση** του λάρυγγα πραγματοποιείται ως εξής:

Το άνω λαρυγγικό νεύρο εξέρχεται του κάτω γαγγλίου του πνευμονογαστρικού νεύρου και στη συνέχεια χωρίζεται στο έσω και έξω λαρυγγικό νεύρο. Το άνω έσω λαρυγγικό νεύρο διέρχεται από τη θυροειδική μεμβράνη και δίνει κλάδους αισθητικής νεύρωσης στην περιοχή άνωθεν των φωνητικών χορδών. Το άνω έξω λαρυγγικό νεύρο νευρώνει κινητικά τον κάτω σφικτήρα μυ του φάρυγγα και τον κρικοθυροειδή μυ.

Το κάτω λαρυγγικό νεύρο ή παλίνδρομο αριστερά έχει σαφώς μακρύτερη πορεία καθώς εκφύεται από το πνευμονογαστρικό νεύρο στο ύψος του αορτικού τόξου, κατέρχεται προς το θώρακα, περιβάλλει το αορτικό τόξο και στη συνέχεια ανέρχεται προς τον τράχηλο πορευόμενο στην τραχειο-οισοφαγική αύλακα, πίσω από το λοβό του θυροειδούς αδένος και τελικά εισέρχεται στο λάρυγγα στο ύψος του κάτω χείλους του κάτω σφικτήρα μυός του φάρυγγα. Το δεξιό κάτω λαρυγγικό νεύρο εκφύεται από το πνευμονογαστρικό νεύρο στο ύψος της υποκλείδιας αρτηρίας. Τα δύο νεύρα πορεύονται επί τα εντός του θυροειδούς του θυροειδούς χόνδρου ακριβώς πίσω από την κρικοθυροειδή άρθρωση. Στη συνέχεια διαιρούνται σε δύο κλάδους: τον πρόσθιο-πλάγιο κινητικό, που νευρώνει όλους τους αυτόχθονες μύες εκτός από το κρικοθυροειδή, και τον οπίσθιο- έσω αισθητικό κλάδο που νευρώνει το βλεννογόνο του λάρυγγα κάτω από το επίπεδο των φωνητικών χορδών (Εικόνα 5) (13).

Τα **λεμφαγγεία** του λάρυγγα παροχετεύουν στους άνω και κάτω εν τω βάθει τραχηλικούς, τους προτραχειακούς και παρατραχειακούς λεμφαδένες (12-14).



**Εικόνα 5: Νεύρωση λάρυγγα.**

1: πνευμονογαστρικό νεύρο, 2: άνω λαρυγγικό νεύρο, 3: έσω κλάδος άνω λαρυγγικού νεύρου, 4: έξω κλάδος άνω λαρυγγικού νεύρου, 5: κοιλιαίος κλάδος έξω άνω λαρυγγικού νεύρου, 6: οπίσθιος κλάδος παλίνδρομου λαρυγγικού νεύρου, 7: πρόσθιος κλάδος παλίνδρομου λαρυγγικού νεύρου, 8: κλάδοι οπίσθιου κρικαρυταινοειδούς μυ, 9: αγκύλη του γαληνού, 9: παλίνδρομο λαρυγγικό νεύρο (13).

## Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ

Βασικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού που εξυπηρετούνται μέσω των λειτουργιών του λάρυγγα είναι:

### **Φώνηση:**

Ο λάρυγγας μπορεί να σχηματίσει ήχο μόνον όταν πάλλονται οι φωνητικές πτυχές. Βασικό ρόλο στην παραγωγή φωνής διαδραματίζουν τόσο το καλυπτικό επιθήλιο όσο και το στρώμα λεπτού συνδετικού ιστού (lamina propria). Ο αρχικός ήχος που παράγεται στη γλωττίδα τροποποιείται από τις κινήσεις του φάρυγγα, της υπερώας, της γλώσσας και των χειλέων και τελικά διαμορφώνεται διαφορετικά για το σχηματισμό της ομιλίας. Η φωνητική λειτουργία, το εύρος φωνής, η τονική ενίσχυση, η ηχητική χροιά και η αντήχηση, δηλαδή τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της φωνής που διαφοροποιούνται μεταξύ των ατόμων, θα περιγραφούν αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

### **Αναπνοή:**

Οι φωνητικές πτυχές βρίσκονται στην αναπνευστική θέση, η γλωττίδα είναι ανοικτή και κάτω από αντανάκλαστικό έλεγχο, ο οποίος επηρεάζεται από την ανταλλαγή αερίων και την οξεοβασική ισορροπία. Οι οπίσθιοι κρικοαρυταινοειδείς μύες, που είναι και οι μοναδικοί με απαγωγική δράση, ασκούν μια μικρή αντίσταση στην αρνητική πίεση του διαφράγματος, χωρίς να είναι όμως πλήρως συγχρονισμένοι με τις κινήσεις των αναπνευστικών μυών.

### **Προστασία της Κατώτερης Αναπνευστικής Οδού:**

Στην κατάποση συμμετέχουν η βάση της γλώσσας, το οπίσθιο φαρυγγικό τοίχωμα και οι παρίσθμιες καμάρες. Το αντανάκλαστικό κατάποσης, μεταφέρεται από το γλωσσοφαρυγγικό νεύρο, διασφαλίζει τη διακοπή της αναπνοής και τη σύσπαση των αρυταινοεπιγλωττιδικών πτυχών, των φωνητικών πτυχών καθώς την κάμψη της επιγλωττίδας από το θυρεοεπιγλωττιδικό μυ. Ταυτόχρονα συσπάται το υπερϋοειδικό μυϊκό σύστημα, έλκοντας το λάρυγγα προς τα εμπρός και άνω κατά 2-3 cm. Η εμπειρία της χειρουργικής αφαίρεσης της επιγλωττίδας δείχνει πως η δομή

αυτή έχει περιορισμένη μόνο σημασία για την προστασία του λάρυγγα. Η ακέραιη αισθητική νεύρωση του βλεννογόνου της εισόδου του λάρυγγα από τον έσω κλάδο του άνω λαρυγγικού νεύρου είναι πολύ περισσότερο σημαντική. Το αντανακλαστικό του βήχα ενεργοποιείται από σωματίδια στην τροφή που αγγίζουν τις κοιλιαίες πτυχές ή διαπερνούν μέσω του λάρυγγα και διενεργείται με μια βαθιά αντανακλαστική εισπνοή με το λάρυγγα ανοικτό. Η γλωττίδα κλείνει με την αύξηση της ενδοθωρακικής πίεσης και έπειτα ανοίγει αιφνίδια με εκρηκτική εκπνευστική ροή, με αποτέλεσμα το ξένο σώμα να ωθείται προς τα έξω.

### **Καθήλωση Θώρακα- χειρισμός Valsalva:**

Η αυξημένη πίεση στην κλειστή γλωττίδα( χειρισμός Valsalva) οδηγεί σε καθήλωση του θώρακα. Το αναπνευστικό σύστημα κλείνει μέσω της γλωττίδας για να παράσχει μηχανική υποβοήθηση κατά τη διάρκεια αρκετών σωματικών λειτουργιών, όπως είναι ο βήχας, η αφόδευση, η ούρηση, η έμμεση και ο τοκετός. Η καθήλωση του θώρακα απαιτείται επίσης για την άρση βάρους, για την ώθηση φορτίων την έγερση από την καθεστηκυία θέση και την αναρρίχηση. Η αξία του χειρισμού, φαίνεται σε περιπτώσεις απώλειας της ικανότητας για επαρκή χειρισμό , όπως σε παράλυση φωνητικής χορδής η οποία οδηγεί σε γλωττιδική ανεπάρκεια. Σε ολική λαρυγγεκτομή επίσης καταργείται η ικανότητα χειρισμού Valsalva (13, 14).

## Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, η φωνή ουσιαστικά είναι ένα κύμα ήχου και για να υπάρξει απαιτούνται μια πηγή πίεσης, το δονούμενο μέσο και το μέσο αντήχησης.

Οι πνεύμονες, οι μεσοπλεύριοι μύες, οι πλευρές, το διάφραγμα αλλά και οι κοιλιακοί μύες, είναι η πηγή πίεσης αέρα και συμμετέχουν στην παραγωγή της φωνής.

Η ροή του αέρα περνά στη συνέχεια από το λάρυγγα. Η ανατομική κατασκευή του λάρυγγα είναι έτσι προσαρμοσμένη, ώστε να ενεργεί σαν δονητής με κύριο δονητικό εργαλείο τις γνήσιες φωνητικές χορδές. Οι φωνητικές χορδές δεν κινούνται προς την κατεύθυνση της κίνησης του αέρα αλλά προς τα πλάγια, διότι όταν οι φωνητικές χορδές είναι κλειστές, η πίεση του εκπνεόμενου αέρα ωθεί τις φωνητικές χορδές και τις ανοίγει στιγμιαία, επιτρέποντας έτσι την γρήγορη ροή του αέρα μεταξύ των χειλέων των φωνητικών χορδών. Η γρήγορη αυτή ροή του αέρα δημιουργεί αμέσως μερικό κενό μεταξύ των φωνητικών χορδών, το οποίο τις έλκει και πάλι μεταξύ τους ώστε να ξανακλείσουν. Η κίνηση αυτή σταματά εκ νέου την ροή του αέρα, η πίεση κάτω από τις φωνητικές χορδές αυξάνει εκ νέου και ανοίγουν ξανά, επιτρέποντας μια νέα μικρή ποσότητα αέρα να διέλθει. Κατά αυτό τον τρόπο σχηματίζεται πάνω από τις γνήσιες φωνητικές χορδές ρεύμα αέρα το οποίο χαρακτηρίζεται από περιοχές πυκνώσεων και αραιώσεων και παράγουν τα ηχητικά κύματα. Οι δονήσεις των φωνητικών χορδών παράγουν έναν αδρό ήχο (buzzy sound), ο οποίος όμως δεν έχει το χαρακτηριστικό ηχόχρωμα της φωνής που διακρίνει το ένα άτομο από το άλλο. Έτσι, ένα σύστημα αντήχησης που αποτελείται από το στόμα, τη μύτη, τους παραρρινίους κόλπους, μορφοποιεί και δίνει το τελικό ηχόχρωμα στην κάθε φωνή. Ο ακριβής μηχανισμός λειτουργίας του λάρυγγα στη φώνηση είναι ο εξής:

Η φώνηση είναι όπως ήδη αναφέρθηκε, σύμφωνα με τη μυοελαστική-αεροδυναμική θεωρία, το αποτέλεσμα μιας κυκλικής αλληλεπίδρασης του εκπνεόμενου αέρα. Ο γλωττιδικός κύκλος ξεκινά με τη συσώρευση πίεσης αέρα κάτω από τα ασυμπιεστα τοιχώματα της υπογλωττιδικής μοίρας, λόγω της εκπνοής αέρα πάνω στις κλειστές φωνητικές χορδές. Επειδή οι φωνητικές χορδές

συγκλείνουν τόσο στην οριζόντια όσο και στην κάθετη διάσταση, η στήλη αέρα αρχίζει να διαχωρίζει τις φωνητικές χορδές από κάτω προς τα πάνω προοδευτικά. Καθώς ο αέρας διέλθει από τη στενή περιοχή της γλωττίδας, αυξάνει την ταχύτητά του για να εισέλθει στην υπεργλωττιδική περιοχή όπου και επιβραδύνεται. Η χαμηλή πίεση στη στενωμένη περιοχή σε σχέση με την πίεση πάνω από τη γλωττίδα, συμβάλει στη σύγκλιση της γλωττίδας. Η ενδογενής ελαστικότητα των φωνητικών χορδών τις επαναφέρει στην αρχική τους θέση, αφού ο αέρας τις συμπιέσει προς τα έξω περνώντας από τη γλωττίδα. Οι δυνάμεις αυτές, οδηγούν σε μια κάθετη διαφορά φάσης, όπου το ένα άκρο της γλωττίδας είναι ανοιχτό και το άλλο είναι κλειστό. Αυτή η διαφορά φάσης αντιστοιχεί στο βλεννογονικό κύμα που είναι ορατό κατά τη στροβοσκόπηση. Όταν η γλωττίδα επανέλθει στην αρχική θέση, ο κύκλος επαναλαμβάνεται ( Εικόνα 6) (15).

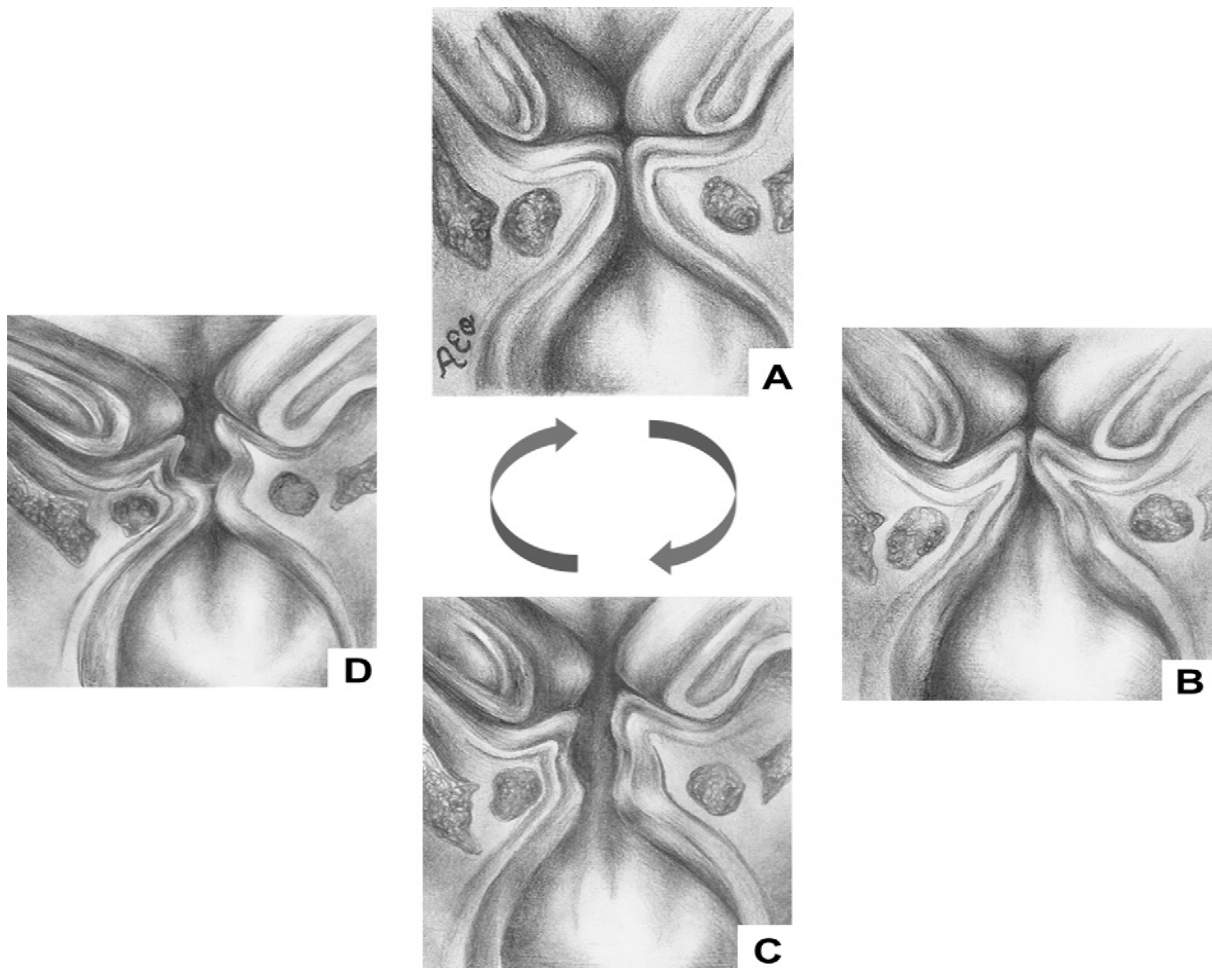
Τα χαρακτηριστικά του ήχου είναι το εύρος του κύματος πίεσης, η συχνότητα, η περιοδικότητα, η μορφολογία του κύματος, η ένταση και η ποιότητα του ήχου. Αν συνυπολογίσουμε πως όλα αυτά δυναμικά μεταβάλλονται από τις αεροδυναμικές αλλαγές του γλωττιδικού κύκλου και τις μυοελαστικές ιδιότητες των δομών του λάρυγγα, μπορούμε να αντιληφθούμε την πολυπαραγοντικότητα του φαινομένου της φώνησης και τη μοναδικότητα που προσδίδουν στο κάθε άτομο.

Στην ομιλία χρησιμοποιείται το ίδιο μυϊκό σύστημα που λειτουργεί και στην ήρεμη αναπνοή, αλλά με ανταγωνιστικό τρόπο. Συγκεκριμένα, η εκπνοή διαρκεί περισσότερο από την εισπνοή, ο αριθμός των αναπνοών ελαττώνεται και ο όγκος του αέρα μεταβάλλεται με βάση τις ανάγκες του ομιλητή.

Κατά την ομιλία οι φωνητικοί μύες λαμβάνουν θέση προσαγωγής, δηλαδή τη θέση ομιλητή, αυξάνοντας την αντίσταση του εκπνεόμενου αέρα. Έτσι, οι πνεύμονες αναγκάζονται να προσαρμοστούν στη νέα κατάσταση αυξάνοντας την ενδοβρογχολική πίεση. Μεταβάλλεται, συνεπώς, ο ρυθμός της αναπνοής, ο οποίος πλέον ρυθμίζεται από τη δράση των δυναμικών που αναπτύσσονται στους αναπνευστικούς μυς και από την ελαστικότητα ολόκληρου του αναπνευστικού συστήματος. Το τραγούδι και η ομιλία αποτελούν σύνθετες λειτουργίες που επηρεάζονται από φυσιολογικές, νευρολογικές, αεροδυναμικές και ψυχολογικές διεργασίες. Οι επαγγελματίες τραγουδιστές είναι σε θέση να χειριστούν το μοτίβο της φωνητικής αναδίπλωσης και να ρυθμίσουν την φωνητική οδό για να

δημιουργήσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα ήχου (Welch 2005). Η διαμόρφωση της τελικής φωνής και των χαρακτηριστικών της, εξαρτάται τόσο από την εξάσκηση του κάθε τραγουδιστή όσο και την αξιοποίηση των μέτρων προφύλαξης της φωνής. Η σχολαστική εξάσκηση και τακτική εκπαίδευση είναι απαραίτητες για τη διατήρηση μιας υγιούς φωνής στο πέρασμα του χρόνου. Στην ομιλία και στο τραγούδι δεν απαιτείται τόσο η αύξηση του ρεύματος αέρα, όσο κυρίως μια ελεγχόμενη υπογλωττιδική πίεση. Η υπογλωττιδική αυτή πίεση αυξάνει μέχρι και 200 mm H<sub>2</sub>O, ενώ η φάση της εκπνοής επιβραδύνεται έως και 30 δευτερόλεπτα. Το διάφραγμα δεν συμμετέχει στον έλεγχο της υπογλωττιδικής πίεσης και παραμένει χωρίς σύσπαση μέχρι την επόμενη εισπνοή (Εικόνα 6).

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι δεν εκφράζονται όλοι οι ήχοι που χρησιμοποιούνται στην ομιλία με τον ίδιο τρόπο. Ήχοι όπως /a/, /z/ και /m/ παράγονται όλοι με δόνηση της φωνητικής πτυχής, όμως άλλοι ήχοι (όπως για παράδειγμα, /h/ και /s/) παράγονται χωρίς κραδασμούς των φωνητικών πτυχών και ονομάζονται "ήχοι χωρίς φωνή". Αν δοκιμάσει κανείς να πει «χα χα χα» αρκετά αργά, με τα δάχτυλα στο λαιμό του θα πρέπει να αισθανθεί δονήσεις να ενεργοποιούνται και να απενεργοποιούνται. Το μοτίβο που αισθάνεται οφείλεται στις φωνητικές πτυχές, οι οποίες δονούνται κατά τη διάρκεια του /a/, αλλά όχι κατά τη διάρκεια του /h/. Παρά τη χρήση των όρων «με φωνή» και «χωρίς φωνή», όλοι οι ήχοι του λόγου αποτελούν μέρος της ανθρώπινης φωνής (1, 14-17).



**Εικόνα 6: Διάγραμμα του βλεννογονικού κύματος.**

A. Οι φωνητικές πτυχές βρίσκονται σε κλειστή θέση - κλείνει το άνω τμήμα των φωνητικών πτυχών και η στήλη πίεσης αέρα μετατρέπεται σε ήχο και απελευθερώνεται ως φωνή. B. Η στήλη πίεσης αέρα από τους πνεύμονες αναγκάζει το κάτω τμήμα των δονούμενων φωνητικών πτυχών να ανοίξουν. Γ. Η στήλη πίεσης αέρα συνεχίζει να ρέει, ανοίγοντας το πάνω μέρος των φωνητικών πτυχών. Δ. Το «φαινόμενο Bernoulli» που παράγεται από τη στήλη πίεσης αέρα οδηγεί στη σύγκλιση του κάτω τμήματος των φωνητικών πτυχών(18).



## ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ

### Μηχανισμοί εισόδου- ακουστικό σύστημα

Οι πληροφορίες για την ομιλία γίνονται αντιληπτές από το ακουστικό σύστημα, ως ήχος. Η δίοδος του ήχου- κύματος γίνεται αρχικά μέσα από τον έξω ακουστικό πόρο και οδηγεί σε αύξηση της έντασης της ηχητικής πίεσης στο επίπεδο της τυμπανικής μεμβράνης. Έπειτα, το μέσο ους δρα ως μετατροπέας ακουστικής αντίστασης (acoustic impedance transformer), μειώνοντας την ανάκλαση της ηχητικής ενέργειας. Τη διέλευση του ήχου από το μέσο ους ακολουθεί η διέλευσή του στο έσω ους, το οποίο συμπεριφέρεται ως μηχανο-ηλεκτρικός μετατροπέας. Η κίνηση του αναβολέα αλλάζει την πίεση της περιλήμφου και ένα ταξιδεύον κύμα αρχίζει να παράγεται από τη βάση έως την κορυφή του κοχλίου. Η ταλάντωση της βασικής μεμβράνης οδηγεί σε κάμψη των στερεοκροσσών των τριχωτών κυττάρων στο όργανο του Corti και προκαλείται έτσι διάνοιξη των διαύλων ιόντων και είσοδος καλίου στα κύτταρα. Αυτό επιφέρει την εκπόλωση των κυττάρων και κατά συνέπεια την απελευθέρωση νευροδιαβιβαστών προς τις νευρικές ίνες. Το νευρικό ερέθισμα στη συνέχεια, από το κοχλιακό νεύρο μεταφέρεται στους κοχλιακούς πυρήνες και αφού χιαστεί περνά διαδοχικά στην άνω ελαία, τα οπίσθια διδύμια, το έσω γονατώδες σώμα, για να φτάσει τελικά στον ακουστικό φλοιό του εγκεφάλου, στην άνω κροταφική έλικα.

Στο φλοιό, η περιοχή 4 της προκεντρικής έλικας είναι πολύ σημαντική για τον έλεγχο της φώνησης. Νευρώνες από αυτή και άλλες περιοχές του φλοιού συγκλίνουν για να σχηματίσουν τις φλοιοπρομηκικές οδούς. Αυτές διέρχονται μέσα από την έσω κάψα και το εγκεφαλικό σκέλος και τελικά καταλήγουν στις πυραμιδικές οδούς. Ο μεικτός πυρήνας περιλαμβάνει τους κινητικούς πυρήνες του 9ου, 10ου και 11ου κρανιακού νεύρου. Έτσι, βλάβες μπορεί να συμβούν κατά μήκος σε οποιοδήποτε σημείο της οδού προκαλώντας διαφορετικά αποτελέσματα στη φώνηση.

Το εξωπυραμιδικό σύστημα αποτελείται από το δικτυωτό σχηματισμό, το ραβδωτό σωματίο και τα βασικά γάγγλια. Αλλοιώσεις σε αυτά επηρεάζουν τη λαρυγγική λειτουργία (19).

### **Μηχανισμοί εξόδου- φωνητικό σύστημα:**

Η ομιλία παράγεται στο φωνητικό τμήμα, το οποίο περιγράφεται ως ένας σωλήνας που ξεκινάει από τη γλωττίδα και καταλήγει στο πέρας των αεροφόρων κοιλοτήτων της μύτης και του στόματος. Ο αναπνευστικός σωλήνας συνεργάζεται με τον πεπτικό σωλήνα, με σκοπό το διαχωρισμό των τροφών από την αναπνοή, μέσω ενός συστήματος βαλβίδων.

Αντίστοιχα, οι συλλαβές, είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού λειτουργίας των εξής βαλβίδων:

- χειλική βαλβίδα,
- γλωσσο-υπερώιος βαλβίδα,
- φαρυγγο-υπερώιος βαλβίδα,
- γλωττική βαλβίδα,
- οδοντο-φατνιο-γλωσσο-υπερώιος βαλβίδα.

Έτσι, περιγραφικά θα λέγαμε ότι στην παραγωγή της φωνής συμμετέχουν:

Ένα **σύστημα παραγωγής αέρα**, που είναι οι πνεύμονες καθώς και οι βρόγχοι και η τραχεία, που τον προωθούν σε ένα **σύστημα εκπομπής**, το οποίο αποτελείται από το λάρυγγα και κυρίως τις φωνητικές χορδές, που ανοίγουν για να εισέλθει ο αέρας κατά την εισπνοή, ενώ κλείνουν και πάλλονται κατά την εκπνοή, δίνοντας τόνο στον ήχο. Στη διαμόρφωση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της φωνής, σημαντικό ρόλο παίζει το **σύστημα αντήχησης**, το οποίο αποτελείται από μια σειρά κοιλοτήτων: την κοιλία του Morgagni, το φάρυγγα, τη στοματική κοιλότητα, τη μύτη και τους παραρρινίους κόλπους. Η κοιλία του Morgagni λειτουργεί σαν θάλαμος πίεσης, ο στοματοφάρυγγας είναι ένα ηχείο που λειτουργεί σαν ενισχυτής, ενώ η μύτη και οι παραρρινίες κοιλότητες δεν αποτελούν έδρα ηχείων αλλά προσθέτουν στο λαρυγγικό ήχο κάποιες αρμονικές που χαρακτηρίζουν την ένρινη ομιλία. Η σημασία των κοιλοτήτων στον παραγόμενο ήχο είναι καθοριστική. Παράδειγμα, οι φωνές των παιδιών, που ακούγονται υψηλότερες από τους ενήλικες, επειδή αυτά έχουν μικρότερες δονούμενες κοιλότητες. Η έξοδος της φωνής και η τελική της

διαμόρφωση γίνεται από ένα **σύστημα άρθρωσης**, το οποίο απαρτίζεται από διάφορους σχηματισμούς (χείλη, γλώσσα, υπερώα, οδοντικός φραγμός). Στο επίπεδο αυτών των σχηματισμών διακόπτεται ο εκπνεόμενος αέρας, με αποτέλεσμα να αρθρώνονται οι διάφορες συλλαβές.

Η στοματική κοιλότητα, τα χείλη, η γλώσσα και η άνω και κάτω γνάθος πρέπει να είναι εξασκημένα και ευκίνητα για να μπορούν με τις κατάλληλες κινήσεις να υπηρετήσουν τη διαμόρφωση των φωνημάτων (1, 13, 17, 20).

### **Λειτουργίες των επιμέρους τμημάτων των μηχανισμών που συμμετέχουν στη φώνηση:**

Περιγράφοντας αναλυτικά το ρόλο του κάθε ανατομικού τμήματος και μηχανισμού που συμμετέχει στην παραγωγή της φωνής, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τα εξής:

Ως μηχανισμός κίνησης, ο λάρυγγας είναι τόσο κινητός όσο και ευέλικτος και η μυϊκή δραστηριότητά του μπορεί να ασκείται με κατεύθυνση προς τα εμπρός, προς τα πίσω, προς τα επάνω και προς τα κάτω. Ο κρικοειδής χόνδρος σχηματίζει τη βάση του λάρυγγα και την κορυφή της τραχείας, αποτελώντας τα πρώτα από τα ημικρίκιά της.

Η επιγλωττίδα, κατασκευασμένη από μαλακό ελαστικό χόνδρο, έχει περίπου οβάλ σχήμα. Ένας αριθμός των αυτοχθόνων μυών του λάρυγγα σχετίζεται με την επιγλωττίδα, με κύρια λειτουργία την προστασία του λάρυγγα κατά τη διάρκεια της κατάποσης. Το πεταλοειδές υοειδές οστό δεν είναι δομικό στοιχείο του λάρυγγα αλλά αποτελεί μέρος του υποστηρικτικού του μηχανισμού. Ως το μόνο οστό του σώματος που δεν συνδέεται με μια άρθρωση σε οποιοδήποτε άλλο οστό, είναι πολύ κινητό. Μέσω του υοειδούς οστού, ο λάρυγγας συνδέεται με τους μύες της γλώσσας, τη γνάθο και τη βάση του κρανίου. Λόγω της τοποθέτησής του σε σχέση με τον λάρυγγα, το υοειδές οστό μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην φωνητική λειτουργία.

Τα ζεύγη των φωνητικών πτυχών περιλαμβάνουν πολλά στρώματα, καθένα με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες που επιτρέπουν παραλλαγές στον τρόπο που δονούνται (Hirano1977). Το εξωτερικό επιθήλιο ενεργεί ως μια κάψουλα για να κρατήσει το σχήμα των φωνητικών πτυχών. Το δεύτερο στρώμα, υποδιαίρεείται σε

τρία τμήματα: επιπολής, μέσο και εν τω βάθει. Το βαθύτερο στρώμα των φωνητικών πτυχών είναι ο θυρεοαρυταινοειδής ή φωνητικός μυς. Το επιθήλιο και το επιφανειακό στρώμα αποτελούν το βλεννογόνο των φωνητικών πτυχών. Τα ενδιάμεσα και βαθιά στρώματα αποτελούν τον φωνητικό σύνδεσμο. Οι αυτόχθονες λαρυγγικοί μύες εξυπηρετούν τόσο τις αναπνευστικές όσο και τις φωνητικές λειτουργίες. Φτιαγμένοι κυρίως από παχύ συνδετικό ιστό και βλεννογόνους αδένες, οι νόθες φωνητικές χορδές απάγονται στην κανονική φώνηση. Οι αρυταινοεπιγλωττιδικοί μύες εκτείνονται από την κορυφή του αρυταινοειδούς έως την επιγλωττίδα. Η επιλεκτική στένωση ή διεύρυνση της αρυταινοεπιγλωττιδικής περιοχής μπορεί να παράγει μια σειρά ακουστικών αποτελεσμάτων, που χρησιμοποιούνται στο τραγούδι για την παραγωγή διακριτικής αντήχησης.

Οι ετερόχθονες μυς του λάρυγγα, βοηθούν στην υποστήριξη και τοποθέτηση του λάρυγγα στο λαιμό. Η σύνδεση των μυών αυτών με το υοειδές οστό, επιτρέπει την κίνηση του λάρυγγα προς όλες τις κατευθύνσεις.

Μαζί με τις βιομηχανικές δυνάμεις που τις διέπουν, οι ενέργειες των αυτοχθόνων λαρυγγικών μυών μπορούν να οδηγήσουν σε μια ποικιλία ρυθμίσεων για τον έλεγχο του όγκου και την ποιότητα της φωνής (Hardcastle 1976, Harris 2010, Hirano 1988). Υπάρχει συμφωνία σχετικά με τις κύριες δράσεις τους καθιστώντας δυνατό το άνοιγμα και κλείσιμο της γλωττίδας (απαγωγή και προσαγωγή). Εξασφαλίζουν επίσης τη ρύθμιση του όγκου κατά τις δονήσεις, με αποτέλεσμα την εμφάνιση λεπτών ή χοντρών φωνητικών χορδών. Επιτυγχάνεται επίσης, προσαρμογή του φωνητικού μήκους, με αποτέλεσμα κοντές ή μακριές φωνητικές πτυχές καθώς και ρύθμιση της έντασης, οδηγώντας σε σκληρές ή μαλακές φωνητικές χορδές. Μερικοί ερευνητές αναφέρουν πως οι τραγουδιστές μπορούν να διδαχθούν πώς να συνενώνουν συνειδητά τις νόθες φωνητικές χορδές για να αυξήσουν το χώρο στην λαρυγγική κοιλία, και αυτό θεωρείται σημαντικό για την εξασφάλιση της άνεσης του τραγουδιστή σε χρήση εξάσκησης της φωνής (Chapman 2006, Citardi et al., 1996, Mitchell et al., 2003). Οι μύες σπάνια λειτουργούν μεμονωμένα: εάν ένας μυς ενεργοποιείται, κάποιος άλλος (ή ομάδα άλλων) θα ενεργεί ανταγωνιστικά (Hollien et al., 1999).

Η αντήχηση μπορεί να συμβεί σε κάθε χώρο όπου μόρια αέρα είναι άμεσα ερεθισμένα από μια πηγή ήχου (Sundberg 1998). Το σχήμα της δομής που

συγκρατεί τον αέρα έχει ιδιαίτερη επίδραση στο πώς τελικά ο ήχος μεταφέρεται από τις δονούμενες φωνητικές χορδές στα χείλη και έπειτα αντανακλά στο αυτί του ακροατή. Η φωνητική οδός χαρακτηρίζεται από περιοχές αντήχησης που ενισχύουν ή χαμηλώνουν ειδικές συχνότητες. Δεδομένου ότι η φωνητική οδός είναι ιδιαίτερα κινητή, οι τραγουδιστές μπορούν να αλλάξουν επιλεκτικά ποιες αρμονικές θα ενισχύονται και ποιές θα εξασθενούν. Οι αυτόχθονες και ετερόχθονες μυς της γλώσσας, βοηθούν ώστε αυτή να κινείται αλλά και να αναδιπλώνεται, να ανυψώνεται και να πλαταίνει. Έτσι, οι διάφορες θέσεις που μπορεί να πάρει σε σχέση με τα υπόλοιπα ανατομικά στοιχεία (π.χ. τοποθέτηση της κορυφής της γλώσσας στους τομείς οδόντων ή της οπίσθιας επιφάνειάς της στη σκληρά υπερώα), διαμορφώνει ανάλογα και την ποιότητα του παραγόμενου ήχου κατά το τραγούδι.

Η άνω και κάτω γνάθος σχηματίζει το πρόσθιο τμήμα του στοματοφάρυγγα. Η κάτω γνάθος ελέγχεται από τους μύες της μάσησης (μασητήρας, κροταφίτης, πτερυγοειδείς μύες), που είναι οι πιο ισχυροί μυς της κεφαλής. Η σύνθετη φύση της κροταφογναθικής άρθρωσης, από την οποία η σιαγόνα συνδέεται με το κρανίο, επιτρέπει κινήσεις προς τα επάνω, προς τα κάτω, προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Οι μύες άνωθεν του υοειδούς οστού (γενειοϋοειδής, γναθοϋοειδής βελονοϋοειδής και διαστορικός) έχουν όλες τις λειτουργικές δυνατότητες να κατεβάσουν τη γνάθο (Dickson και Maue-Dickson 1996) αλλά καθώς όλοι συνδέονται με το κινητό υοειδές, το υοειδές οστό πρέπει να σταθεροποιηθεί προκειμένου να συμβεί αυτό, πράγμα που θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο τις άλλες λαρυγγικές κινήσεις που απαιτούνται για το τραγούδι (Charman 2006). Σύμφωνα με τον Charman (2006) ο ρόλος της γνάθου στην άρθρωση των λέξεων όσον αφορά το τραγούδι είναι λιγότερο σημαντική από το ρόλο της στην αντήχηση. Χαμηλώνοντας την κάτω γνάθο διευρύνουμε το αντηχούμενο διάστημα αέρα στο στόμα, που θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμος στις σοπράνο τραγουδίστριες.

Μαζί με τη γλώσσα, ο κύριος λειτουργικός ρόλος των χειλιών στην ομιλία και το τραγούδι είναι αρμονικά συνώνυμα. Τόσο τραγουδιστές όσο και ομιλητές μπορούν να επιμηκύνουν ή να μειώσουν τη φωνητική οδό μέσω της διεύρυνσης του χείλους ή της προεξοχής του χείλους, αυξάνοντας έτσι ή μειώνοντας όλες τις συχνότητες αντίστοιχα. Οι ανελκτήρες μυς του φάρυγγα, (βελονοφαρυγγικός,

σαλπιγγοφαρυγγικός και φαρυγγοϋπερώιος), βοηθούν στην ανύψωση και κατάσπαση του λάρυγγα, μεταβάλλοντας έτσι τον εναέριο χώρο στην κάθετη διάσταση. Χρησιμοποιώντας προσομοιωμένα μοντέλα της φωνητικής οδού, οι Story et al. (1996) έδειξε ότι ένα στενός υποφάρυγγας μπορεί να λειτουργήσει ως "μαγνήτης" για όλες τις μορφοποιήσεις συχνοτήτων της φωνητικής οδού.

Αλλαγές μήκους και ένταση στις φωνητικές πτυχές μπορεί να πραγματοποιηθεί από τους κρικοθυρεοειδείς μύες, με τρόπο παρόμοιο με το τράβηγμα των δύο άκρων μιας ελαστικής ταινίας. Ο έλεγχος της υπεργλωττιδικής πίεσης θεωρείται ο κύριος συντελεστής στις μεταβολές της έντασης στο τραγούδι. Το εύρος του γλωττιδικού κύματος που παράγεται από το κλείσιμο της γλωττίδας προσδίδει την ένταση. Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η διέγερση των μορίων του αέρα στην φωνητική οδό, και έτσι η ένταση θα είναι μεγαλύτερη (Baken 1998). Τόσο η αυξημένη πίεση των πνευμόνων όσο και η ταχύτητα του κλείστρου της γλωττίδας είναι γνωστό πως έχουν αντίκτυπο στη φωνητική ένταση. Η αύξηση της πίεσης των πνευμόνων επιτρέπει την εμφάνιση περισσότερου αέρα που απελευθερώνεται μέσω της γλωττίδας κατά τη φάση της διάνοιξης, ενώ μια πιο απότομη διακοπή της ροής του αέρα κατά τη διάρκεια της σύγκλεισης της γλωττίδας θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη διέγερση της φωνητικής οδού και σε μια πιο απότομη φθίνουσα φάση του γλωσσικού κύματος, οδηγώντας τελικά σε βραδύτερη αποσύνθεση της έντασης του ήχου (Sundberg 1987) (21-26).

## ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ

Για τη χρηστή παραγωγή της φωνής πρέπει η παλμική δόνηση και η αντήχηση, ιδιότητες που τη διαμορφώνουν, να εξυπηρετούνται όσο το δυνατόν πιο ικανοποιητικά. Αυτό, επιτυγχάνεται με τη σωστή συνεργασία των συντελεστών της φωνής, έτσι ώστε η δράση του κάθε συντελεστή να μην παρεμποδίσει την εκπλήρωση του έργου των υπολοίπων και να συμβάλει με τον τρόπο αυτό στην αποτελεσματικότητα της άσκησης της φωνής.

Ορισμένες από τις ιδιότητες της φωνής είναι:

1. **Η διάρκεια**, η οποία εκφράζει την ηχητική συνέχεια των φθόγγων σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα, ανεξάρτητα από το ύψος ή την ένταση της φωνής. Συνήθως η διάρκεια είναι μεγάλη και εμφανίζει σταθερότητα. Η ιδιότητα αυτή της φωνής εξαρτάται από τον βαθμό ετοιμότητας του ομιλητή, την καλή τοποθέτηση και άρθρωση και την υγιεινή του φωνητικού οργάνου.
2. **Η ένταση** είναι ιδιότητα της φωνής που της χαρίζει δύναμη και παρουσία. Εξαρτάται από την δυναμική του εκπνεόμενου αέρα και από το εύρος της δόνησης των φωνητικών χορδών. Αξιοσημείωτο είναι ότι χωρίς την ιδιότητα της έντασης η φωνή παύει να υπάρχει γιατί δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή-ακουστή.
3. **Η καθαρότητα**, που έχει να κάνει με την καθαρή άρθρωση των φθόγγων.
4. **Η σταθερότητα**. Τα όργανα που είναι υπεύθυνα για την φώνηση, πρέπει να παραμείνουν σταθερά, εξαντλώντας ένα διάστημα ασφαλείας.
5. **Η απαλότητα** της φωνής συνίσταται στην διαρκή απόδοση μαλακών και βελούδινων φθόγγων, ανεπηρέαστων από ψυχολογικούς παράγοντες του εκφωνητή. Μπορεί να επιτευχθεί με την κατάλληλα ρυθμιζόμενη τεχνική εκπνοή, την χαλάρωση του λαιμού και του λάρυγγα, την αβίαστη φώνηση και την πολύ μαλακή πρόσκρουση του ηχητικού ρεύματος στο ακριβές σημείο της υπερώας.
6. **Η ευελιξία** της φωνής αφορά στην ταχύτητα εναλλαγής των εντάσεων από το πολύ χαλαρό ως το πολύ έντονο και αντίθετα.

7. Η **αντοχή** της φωνής ελέγχεται από το αν και κατά πόσο ο ομιλητής μπορεί να παράγει συνεχές έργο χωρίς ίχνος υπερκόπωσης πχ ασθματική άρθρωση, ζάλη από κακή οξυγόνωση.

Τα ακουστικά της χαρακτηριστικά της φωνής είναι τα εξής:

1. Η **συχνότητα** είναι ο αριθμός των περιόδων ανά δευτερόλεπτο, μετρούμενη σε Hertz (HZ).
2. Το ακουστικό αποτέλεσμα της συχνότητας είναι η **οξύτητα** ενός ήχου και εξαρτάται από την συχνότητα των δονήσεων που παράγονται από την σχισμή της γλωττίδας, η οποία καθορίζεται κυρίως από τον όγκο και την ελαστικότητα των φωνητικών χορδών σε σχέση με το μήκος τους. Έτσι, πρακτικά αυτό μεταφράζεται στο ότι οι μεγάλες χορδές παράγουν χαμηλότερη συχνότητα διότι ο μεγάλος όγκος τις κάνει να δονούνται με βραδύτερο ρυθμό.
3. Η **θεμελιώδης συχνότητα** (F0) ομιλίας, αναφέρεται στη συχνότητα δόνησης των φωνητικών χορδών και εξαρτάται από το φύλλο και την ηλικία του ομιλητή αλλά και το είδος της επικοινωνίας και ψυχολογίας του ομιλητή. Είναι η πρώτη αρμονική, συνήθως η χαμηλότερη συχνότητα και καταδεικνύει το ύψος του τόνου. Για τους άνδρες η τυπική μέση θεμελιώδης συχνότητα πρέπει να είναι μεταξύ 100Hz και 150 Hz και για τις γυναίκες περίπου μια οκτάβα υψηλότερη, μεταξύ 180 και 250 Hz (Hollien, Dew & Phillips, 1971). Σημειώνεται ότι όσο πιο ακριβής είναι ο υπολογισμός του F0, τόσο πιο αξιόπιστη είναι η φωνητική ανάλυση και ταξινόμηση του φωνητικού σήματος ως υγιές ή παθολογικό. Δυστυχώς, προς το παρόν δεν υπάρχει μέθοδος εξαγωγής F0 που να λειτουργεί με συνέπεια για παθολογικές φωνές. Αυτό οφείλεται στις σοβαρές και σύνθετες ανωμαλίες των κραδασμών των φωνητικών πτυχών παθολογικών φωνών σε σύγκριση με τις υγιείς. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές διαφορετικές μέθοδοι υπολογισμού του F0, όπως το AMDF (Average Magnitude Difference function), το SHRP (Subharmonic-to-Harmonic Ratio Procedure), το SHR (Subharmonic-to-Harmonic Ratio), το SWIPE (Sawtooth Waveform Inspired Pitch Estimator), η τροποποιημένη μέθοδος Yin καθώς και η μέθοδος



αυτοσυσχέτισης ή ηλεκτρονικά προγράμματα υπολογισμού όπως το Praat(27).

4. Η **ένταση** της φωνής, ακουστικό χαρακτηριστικό της φωνής, εξαρτάται από την δύναμη του εκπνεόμενου αέρα και το εύρος της δόνησης των φωνητικών χορδών και μετράται σε decibel (dB).
5. Το **ύψος/ τόνος** της φωνής εξαρτάται από τις αλλαγές στις φωνητικές χορδές, δηλαδή καθορίζεται από την τάση, το μήκος και το πάχος των φωνητικών χορδών. Το ανθρώπινο αυτί μπορεί να διακρίνει έναν τονικό ήχο με τη θεμελιώδη συχνότητά του και μια μουσική νότα ανταποκρίνεται αντιληπτικά στο τονικό ύψος, είτε προέρχεται από ανθρώπινη φωνή είτε από κάποιο μουσικό όργανο. Το διάστημα μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης αρμονικής, στην αρμονική σειρά ονομάζεται οκτάβα. Όταν ακούγονται δύο χωριστοί ήχοι που έχουν αυτήν τη μαθηματική σχέση στη συχνότητα, το ανθρώπινο αυτί τείνει να ακούει αυτές τις δύο συχνότητες ως ουσιαστικά «το ίδιο», λόγω της στενής αρμονικής τους σχέσης.
6. Η **ποιότητα/ τέμπο** της φωνής καθορίζεται από την δόνηση των φωνητικών χορδών και την αντήχηση, ενώ από φωνητικής απόψεως, σημασία για τη διαμόρφωσή της έχουν παράγοντες όπως ο τρόπος παραγωγής του παλμικού ρεύματος αέρα, οι φάσεις διάνοιξης, σύγκλεισης και παραμονής της γλωττίδας, η περιοδικότητα και η συμμετρία του βλεννογονικού κύματος. Η αναγνώριση μιας φωνής ή της συγκεκριμένης ποιότητας ενός οργάνου βρίσκεται στον αρμονικό πλούτο του. Κάθε νότα που παίζεται από ένα όργανο αναπτύσσεται ή τροποποιείται στις δομές συντονισμού (το φωνητικό κομμάτι σε τραγουδιστές), σε ορισμένες συχνότητες που προστίθενται στις θεμελιώδεις μουσικές νότες και που χαρακτηρίζουν το φωνητικό χρώμα. Ορισμένες αρμονικές ονομάζονται F (formant). Ενώ οι χαμηλότερες συχνότητες, F1 και F2 είναι υπεύθυνες για την παραγωγή φωνηέντων και συμφώνων, οι συχνότητες F3, F4 και F5 είναι εκείνες που είναι υπεύθυνες για την ποιότητα του χρώματος, του τέμπο και της φωνής. Οι αρμονικές είναι πάντα υψηλότερες από τη θεμελιώδη συχνότητα, επειδή ακριβώς εμπλέκεται σε αυτές το φωνητικό χρώμα.

7. **Ρυθμός**, είναι η χρονική οργάνωση των ήχων και των διακοπών του ήχου που αποτελούν μέρος μιας μουσικής σύνθεσης. Η ικανότητα αναπαραγωγής μουσικής νότας, είτε με όργανο είτε με τη φωνή, είτε ακολουθώντας μια οδηγία που προτείνει ο συνθέτης, όχι μόνο καθορίζεται από την ακουστική αντίληψη αλλά περιλαμβάνει και τη συμμετοχή του λαβυρίνθου που είναι υπεύθυνος για τη θέση του ανθρώπινου σώματος στο χώρο.

8. Το **τέμπο** είναι η ταχύτητα ή ο ρυθμός ενός μουσικού κομματιού. Ορίζεται από τον αριθμό των παλμών ανά λεπτό, ο οποίος μετράται με μετρονόμο. Μερικοί από τους ευρέως χρησιμοποιούμενους ιταλικούς όρους που χρησιμοποιούνται για το τέμπο είναι οι εξής: *largo*, *adagio*, *andante*, *moderato*, *allegro* και *presto*, που σημαίνουν αντίστοιχα: πλατύς, αργός, μέτριος με ρυθμό περπατήματος, μέτριος, γρήγορος, πολύ γρήγορος.

Η μουσική σημειογραφία, δηλαδή η συσχέτιση μεταξύ του Hertz και της μουσικής νότας, μπορεί να διαφέρει από χώρα σε χώρα και από πολιτισμό σε πολιτισμό. Στην παραδοσιακή μουσική θεωρία, οι λατινικές χώρες ονομάζουν τις μουσικές νότες χρησιμοποιώντας την ορολογία που πρότεινε ο Guido d'Arezzo (991-1050) ως Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si. Πολλές χώρες στον κόσμο χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα, όπως η Ιταλία, η Ισπανία, η Γαλλία και η Ρουμανία, οι περισσότερες χώρες της Λατινικής Αμερικής, η Ελλάδα, η Βουλγαρία, η Τουρκία, η Ρωσία και οι Αραβικές χώρες. Ωστόσο, οι αγγλοσαξονικές χώρες χρησιμοποιούν διαφορετικές ονοματολογίες. Χαρακτηριστικά, οι νότες αντιπροσωπεύονται συνήθως από τα πρώτα επτά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου (A, B, C, D, E, F και G) (Εικόνα 7) (6, 15, 28).

LATIN	ENGLISH	GERMAN
Do	C	C
Re	D	D
Mi	E	E
Fa	F	F
Sol	G	G
La	A	A
Si	B	H

Εικόνα 7: Διαφορετικές ονομασίες του τόνου στη μουσική σημειολογία, με βάση χώρα και πολιτισμική καταβολή (6).

## **ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ**

### **ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ**

#### **Λήψη ιστορικού**

Η αξιολόγηση της φωνής ξεκινάει από τη λήψη ιστορικού, ατομικού και οικογενειακού. Οι γυναίκες θα πρέπει να ερωτούνται εάν και κατά πόσο λαμβάνουν αντισυλληπτικά χάπια, αν τυχόν υπόκεινται σε θεραπείες ορμονικές ή αν λαμβάνουν αναβολικά χάπια. Η ηλικία του εξεταζομένου παίζει σημαντικό ρόλο επίσης, μιας και οι ιδιότητες της φωνής φαίνεται πως επηρεάζονται βάση ηλικίας(π.χ. η χαρακτηριστική ηβηφωγία της εφηβικής ηλικίας).

Πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες ζωής του εξεταζόμενου είναι απαραίτητες και περιλαμβάνουν τις σεξουαλικές τους συνήθειες, το χώρο εργασίας και κατά πόσο αυτός επηρεάζει τη χρήση φωνής(φυσιολογική χρήση, υπερβολική χρήση, κατάχρηση φωνής, σε επαγγέλματα όπως καθηγητές, δάσκαλοι, ηθοποιοί, επαγγελματίες τραγουδιστές, επαγγέλματα τα οποία σχετίζονται με σκόνη, εισπνευστικές ουσίες, υγρασία). Επίσης, η ενασχόληση ή μη με τη φωνητική είναι σημαντική πληροφορία από το ιστορικό του ασθενούς, καθώς φαίνεται να σχετίζεται με την αλλοίωση της φωνής καθώς και με φωνοτραυματικές βλάβες στις φωνητικές πτυχές. Επίσης, οι έξεις όπως το κάπνισμα και το αλκοόλ καθώς και πιθανές χειρουργικές επεμβάσεις στο λάρυγγα ή τον τράχηλο, παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση του λάρυγγα και θα πρέπει πάντα να λαμβάνονται από το ιστορικό (29, 30).

#### **Αντικειμενική εξέταση λοιπών συστημάτων εκτός του λάρυγγα**

Αφού ολοκληρωθεί η λεπτομερής λήψη ιστορικού, αμέσως μετά, ξεκινάει η αντικειμενική εξέταση, η οποία επιτυγχάνεται μέσω διαφόρων εξεταστικών μεθόδων του λάρυγγα, τις οποίες και θα περιγράψουμε παρακάτω αναλυτικά. Η αντικειμενική εξέταση συμπληρώνεται από την υπόλοιπη ωτορινολαρυγγολογική εξέταση. Συγκεκριμένα, η ωτοσκόπηση θα αποκλείσει την παρουσία παθολογίας από το έξω ους που πιθανόν να μεταβάλει το αποτέλεσμα του ακουστικού ελέγχου της φωνής. Με την πρόσθια και την οπίσθια ρινοσκόπηση καθώς και τη ρινοενδοσκόπηση, ελέγχονται οι ρινικές θαλάμες και η βατότητά τους, πιθανές

παθολογικές αιτίες δυσχέρειας της ρινικής αναπνοής όπως σκολίωση του ρινικού διαφράγματος, υπερτροφία κάτω ρινικών κογχών, εξεργασίες ρινικής κοιλότητας ή επιφάρυγγα, φλεγμονές ειδικές και μη του ρινικού βλεννογόνου. Η επισκόπηση του στοματοφάρυγγα, θα μας δώσει πληροφορίες σχετικά με το μήκος και το πλάτος του στοματοφάρυγγα, το σχήμα της σκληρής υπερώας, το μήκος και την κινητικότητα της μαλακής υπερώας, το πάχος της γλώσσας, την πιθανή ύπαρξη υπερτροφικής γλωσσικής αμυγδαλής ή υπερτροφικών παρίσθμιων αμυγδαλών. Η αξιολόγηση αυτών των χαρακτηριστικών, φυσικά είναι υποκειμενική, αλλά πρέπει να ληφθεί υπόψη δεδομένου ότι μπορεί να επηρεάσουν τον τύπο της φωνής και να επιφέρουν μεταβολές. Η εξέταση της φωνητικής συμπεριφοράς ξεκινάει με την ακρόαση του ασθενή, ενώ αυτός μιλά. Κατά τη διάρκεια της συζήτησης, θα πρέπει να εκτιμηθεί η ένταση της φωνής, δηλαδή η δύναμή της ( χαμηλή, δυνατή, αρκετά δυνατή. Ακολουθεί η εκτίμηση του ύψους της φωνής, δηλαδή ο τόνος της, που μπορεί να είναι οξύς ή βαρύς, μονότονος ή κυματοειδής. Επίσης το χρώμα της φωνής αξιολογείται, το οποίο διαφέρει από άτομο σε άτομο λόγω της βασικής νότας και της κατασκευής των ηχείων. Άλλο ένα χαρακτηριστικό που θα πρέπει να εκτιμηθεί είναι η δυσκολία του εξεταζομένου κατά την προσπάθεια, ξεκινώντας με την εξέταση της ανάγνωσης (1).

#### **Ανάγνωση με ηχητική κάλυψη ( εξέταση των Lombard- Tarneaud/ Lombard test)**

Ο ασθενής ξεκινάει την ανάγνωση και την ίδια στιγμή διαμέσου ακουστικών δέχεται λευκό θόρυβο ο οποίος καλύπτει τη φωνή του. Φυσιολογικά θα παρατηρηθεί αύξηση της έντασης της φωνής του, ενώ σε παθολογική φωνή μπορεί να υπάρξει βελτίωση της ποιότητας. Όταν το αποτέλεσμα της εξέτασης είναι θετικό , φαίνεται πως υπάρχει κάποιος λειτουργικός παράγοντας στην παθογένεια της φωνητικής ανωμαλίας (1, 31).

#### **Εξέταση κατά το τραγούδι**

Η εξέταση αυτή αντενδείκνυται σε περίπτωση που το φωνητικό πρόβλημα είναι πολύ μεγάλο, ενώ θεωρείται ανεπαρκής στην εξέταση της φωνής των τραγουδιστών της λυρικής, καθώς απαιτείται πιο ειδική εξέταση. Ο ασθενής που θεωρεί πως αντιμετωπίζει πρόβλημα στο τραγούδι καλείται να αναπαράγει τον ήχο Do<sup>2</sup> (τη νότα

Do της δεύτερης οκτάβας) εάν είναι άνδρας, και τον ήχο Do<sup>3</sup> (τη νότα Do της τρίτης οκτάβας) αν είναι γυναίκα. Αν γίνει σωστά η αναπαραγωγή, συνεχίζει περνώντας τις οκτάβες φτάνοντας όσο το δυνατόν ψηλότερα. Έπειτα, κατεβαίνει οκτάβες, φτάνοντας στο κατώτερο σημείο που μπορεί η φωνή του. Έτσι διαπιστώνεται η έκταση της φωνής, δηλαδή το διάστημα από την πιο χαμηλή μέχρι την πιο ψηλή νότα, τις οποίες μπορεί ο εξεταζόμενος να προφέρει. Στον άνδρα, ανεξάρτητα αν είναι μπάσος, βαρύτονος ή τενόρος, η φωνή ανεβαίνει μέχρι το Mi<sup>3</sup> και κατεβαίνει μέχρι το La<sup>1</sup>. Το ανώτερο όριο προς τα ψηλά με φωνή που χρησιμοποιεί το στήθος είναι το Do<sup>4</sup> ( φωνή των τενόρων) και το κατώτερο προς τα χαμηλά το Do<sup>1</sup> (βαριά φωνή των μπάσων). Συνήθως ο άνδρας χρησιμοποιεί τη φωνή από το στήθος.

Στη γυναίκα με φωνή που χρησιμοποιεί το κεφάλι (head voice), το όριο φτάνει μέχρι το Sol<sup>4</sup>, ενώ η Mi<sup>2</sup> των μεσόφωνων (κοντράλτο) είναι το κατώτερο όριο για τις πιο βαριές γυναικείες φωνές. Υπάρχουν γυναικείες φωνές που μπορούν να κατέβουν έως και το Do<sup>2</sup> (δηλαδή στην πρώτη οκτάβα), αλλά αυτό αποτελεί ένδειξη παθολογίας (ανδροποίηση της φωνής) (1).

### **Αξιολόγηση φωνητικού χρόνου**

Ο ασθενής ακούει μια νότα που συμβαδίζει με την έκταση της φωνής του και καλείται να την τραγουδήσει όσο πιο πολύ μπορεί χρονικά. Συνήθως, φυσιολογικός χρόνος θεωρούνται τα 10-15 δευτερόλεπτα.

### **Η αξιολόγηση της φωνητικής συχνότητας του ασθενούς**

Η αξιολόγηση της φωνητικής συχνότητας του ασθενούς περιλαμβάνει την αξιολόγηση της κλίμακας στην οποία καταφέρνει να εκτείνει ο εξεταζόμενος τη φωνή του, την αξιολόγηση της ιδανικής συχνότητάς της και την αξιολόγηση της συνηθισμένης συχνότητάς της και πραγματοποιείται με απλές τεχνικές και μαγνητοφώνηση.

#### Η αξιολόγηση της κλίμακας

Με τη βοήθεια ενός μαγνητοφώνου, ο κλινικός ζητάει από τον ασθενή να αρχίσει από το μέσο όρο της κλίμακας του και να τραγουδήσει μία μια τις νότες έως τη χαμηλότερη συχνότητα που μπορεί να φτάσει, χωρίς να χαθεί η σταθερή φώνηση. Η δοκιμασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές και σημειώνεται η χαμηλότερη δυνατή

συχνότητα του ασθενούς. Μετά από αυτή τη δοκιμασία, ο κλινικός ζητάει από τον ασθενή να τραγουδήσει μία μια τις νότες έως την υψηλότερη δυνατή συχνότητα. Η δοκιμασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές και σημειώνεται η υψηλότερη συχνότητα του ασθενούς. Η κλίμακα αυτή προσδιορίζεται είτε αναφορικά με την κλίμακα των μουσικών νοτών, είτε με την κλίμακα συχνοτήτων που αντιστοιχούν στις μουσικές νότες. Η διαδικασία αυτή αποτελεί και την αρχή της ταξινόμησης των τραγουδιστών σε συγκεκριμένες κατηγορίες με βάση το εύρος των συχνοτήτων που η φωνή τους μπορεί να καλύψει (6, 32).

### **Η αξιολόγηση της έντασης της φωνής του ασθενούς**

Σε πρώτο στάδιο, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ακουολογικός έλεγχος του ασθενούς, προκειμένου να διαπιστωθεί πιθανή απώλεια ακοής, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα χαμηλή ή υψηλή ένταση στη φωνή του. Η αξιολόγηση αυτή βέβαια, πραγματοποιείται υποκειμενικά, εφόσον δεν υπάρχει ιδανική ένταση φωνής για κάθε άνθρωπο. Για τον λόγο αυτό, καλό είναι η ένταση της φωνής του ασθενούς να ελέγχεται υπό διάφορες συνθήκες, όπως σε χώρο με μεγάλο θόρυβο, σε μεγάλη ή μικρή απόσταση από τον ακροατή κ.ο.κ. Πιθανά αίτια, τα οποία ενδέχεται να οδηγήσουν σε χαμηλή ένταση φωνής είναι η παράλυση των φωνητικών χορδών, νευρολογικές διαταραχές, όγκοι στις φωνητικές χορδές, διαταραγμένη προσωπικότητα ή ακόμη και πολιτισμικές συνήθειες. Πιθανά αίτια, τα οποία ενδέχεται να οδηγήσουν σε υψηλή ένταση φωνής μπορεί να είναι κάποια νευρολογική διαταραχή, που προκαλεί υπερλειτουργία στις φωνητικές χορδές ή διαταραγμένη προσωπικότητα (30, 32).

### **Επίσημα τεστ αξιολόγησης**

Κατά την τυπική αξιολόγηση της φωνής, ο θεραπευτής, με τη βοήθεια ενός εγκεκριμένου διαγνωστικού εργαλείου, αξιολογεί τη φωνή του ασθενούς. Με αυτόν τον τρόπο, καταφέρνει να περιγράψει τη διαταραχή φώνησης με ορισμένη ορολογία και με αυτόν τον τρόπο να μειώσει στο ελάχιστο τη σύγχυση που προκύπτει από διαφορετικές περιγραφές της ίδια φωνητικής διαταραχής. Ωστόσο, εξαιτίας των πολλών διαφορετικών προφίλ ανάλυσης της φωνής σε παγκόσμιο επίπεδο και της χρήσης διαφορετικής ορολογίας σε αυτά, δεν έχει επιλυθεί

οριστικά η δυσκολία αντικειμενικής περιγραφής της φωνητικής διαταραχής στην κλινική πράξη.

Μερικές από τις πιο αναγνωρισμένες και αξιόπιστες κλίμακες περιγραφής της φωνής είναι οι εξής:

**GRBAS Κλίμακα (Hirano, 1981), όπου:**

**Grade:** Ο βαθμός σοβαρότητας του φωνητικού προβλήματος

**Roughness:** Η τραχύτητα της φωνής

**Breathiness:** Η διαφυγή αέρα από τη γλωττίδα

**Asthenia:** Η αδύναμη φωνή

**Strain:** Η υπερβολική προσπάθεια/ζορισμένη φωνή

Κάθε παράμετρος βαθμολογείται σε κλίμακα από 0- φυσιολογική έως 4- υπερβολική. Η κλίμακα GRBAS είναι εύκολη στη χρήση της.

**Vocal Profile Analysis (VPA) (Laver, 1980):**

Περιγράφει τα χαρακτηριστικά της φυσιολογικής και μη φυσιολογικής φωνής. Οι τύποι φώνησης, με βάση το VPA χωρίζονται ως εξής:

Harshness (τραχύτητα) ,Whispery (ψίθυρος), Breathiness (διαφυγή αέρα από γλωττίδα), Creaky (τρίξιμο), Falsetto και Normal (φυσιολογική).

**Buffalo III Voice Profile (Wilson, 1987):**

Βαθμολογεί τις εξής παραμέτρους: λαρυγγικό τόνο, ένταση, συχνότητα, ρινική αντήχηση, στοματική αντήχηση, αναπνοή, μύες, φωνητική κατάχρηση, ταχύτητα, ευκρίνεια ομιλίας και φωνητική ικανότητα σε κλίμακα από 1- έως 5. Αυτό το φωνητικό προφίλ βαθμολογεί τη γενική συμπεριφορά που σχετίζεται με τη φώνηση, σε αντίθεση με το VPA και το GRBAS.

Τα αποτελέσματα των διαταραχών φώνησης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν κατά το μοντέλο της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας WHO (World Health Organization), ICIDH (International Classification of Impairments, Disability, and Handicaps) (2001), το οποίο χρησιμεύει ως σκελετός, ώστε να περιγράψει τα αποτελέσματα της διαταραχής. Η κατηγορία WHO αξιολογεί τον τύπο του προβλήματος, τη βλάβη, την

αλλαγή στη φωνή, τα συμπτώματα στο λαιμό, την ανικανότητα, τη δυσκολία στο να γίνουν ακουστοί και την αναπηρία (33-38).

### **Κριτήρια της EUROPEAN LARYNGEAL SOCIETY (ELS)**

Η πρόταση αυτού του βασικού πρωτοκόλλου είναι μια προσπάθεια να επιτευχθεί καλύτερη συμφωνία και ομοιομορφία σχετικά με τη μεθοδολογία για τη λειτουργική αξιολόγηση των παθολογίας της φωνής. Ο γενικός όρος δυσφωνία, περιλαμβάνει πέντε διαφορετικές προσεγγίσεις:

1. Την **αντίληψη**: Η σημασιολογία σχετικά με τον ορισμό της δυσφωνίας και της βραχνάδας είναι ένα βασικό θέμα που απασχολεί κάθε κλινικό θεραπευτή της φωνής. Κοινωνικοί και πολιτισμικοί παράγοντες παίζουν μεγάλο ρόλο για το τί θεωρείται "αναπνευστική" ή "τραχειά" φωνή (39). Προτείνεται να χρησιμοποιείται ο όρος «δυσφωνία» για οποιοδήποτε είδος αντιληπτικής παθολογίας της φωνής. Η απόκλιση μπορεί να αφορά το ρυθμό ή την ένταση, καθώς και το ύψος ή το τέμπο αλλά και τα προσωδιακά χαρακτηριστικά της φωνής. Ένας περιορισμένος αριθμός διαταραχών φωνής αφορούν συγκεκριμένα τον τόνο, όπως αυτές που σχετίζονται με την τρανσεξουαλικότητα. Η ρινοφωνία είναι μια χαρακτηριστική διαταραχή αντήχησης, ωστόσο η αξιολόγηση της θεραπείας της δεν εμπίπτει σε αυτή την κατηγορία που εξετάζεται. Ο τρόμος επίσης ως χαρακτηριστικό θα πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά. Η σοβαρότητα της βραχνάδας είναι ποσοτικοποιημένη σύμφωνα με την παράμετρο G (βαθμός) από την κλίμακα GRBAS που πρότεινε ο Hirano, που σημαίνει τη συνολική ποιότητα της φωνής, ενσωματώνοντας όλες τις αποκλίνουσες συνιστώσες. Έχουν παρατηρηθεί δύο χαρακτηριστικά της βραχνής φωνής. Το πρώτο είναι η "αναπνευστική φωνή", που δίνει την ηχητική εντύπωση διαφυγής αέρα, και οφείλεται σε ανεπαρκή σύγκλειση της γλωττίδας ενώ μπορεί να περιλαμβάνει σύντομες στιγμές αφωνίας. Το δεύτερο είναι η τραχύτητα, η οποία περιγράφεται ως ακουστική εντύπωση ακανόνιστων παλμών της γλωττίδας, ανώμαλες διακυμάνσεις στην F0 συχνότητα και φωνητικά τικ όπως διπλοφωνία και κενά καταγραφής. Τέλος, η βαθμονόμηση γίνεται με μια κλίμακα βαθμολογίας από το 0 έως το 4, όπου 0= κανονικό ή απουσία



απόκλισης, 1= ελαφριά απόκλιση, 2= μέτρια απόκλιση και 4= σοβαρή απόκλιση). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια αναλογική οπτική κλίμακα VAS (visual analogue scale).

2. Η **βιντεοστροβοσκόπηση** είναι το κύριο κλινικό εργαλείο για την αιτιολογική διάγνωση των φωνητικών διαταραχών. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της ποιότητας της δόνησης των φωνητικών πτυχών, και να αξιολογήσει έτσι την αποτελεσματικότητα των θεραπειών, μη επεμβατικών ή και χειρουργικών. Τα βασικά χαρακτηριστικά που εξετάζει η στροβοσκόπηση είναι:
  - Η σύγκλειση της γλωττίδας: Η βαθμολογία γίνεται, με κλίμακα τεσσάρων σημείων ή οπτική αναλογική κλίμακα (Vas). Η ανεπαρκής σύγκλειση της γλωττίδας καταγράφεται και ταξινομείται στις εξής κατηγορίες:
    - Διαμήκης, που αφορά όλο το μήκος των φωνητικών χορδών, όπου παρατηρείται ανεπαρκής προσαγωγή
    - Ραχιαία, που αφορά το οπίσθιο τριγωνικό χείλος. Θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι σε ένα 60% μεσήλικων γυναικών παρατηρείται μια μικρή ανεπάρκεια της ραχιαίας επιφάνειας κατά τη διάρκεια της κανονικής φωνητικής προσπάθειας, ενώ σε ένα 50%, η γλωττίδα είναι τελείως κλειστή κατά την παραγωγή δυνατού ήχου.
    - Κοιλιακή
    - Ακανόνιστη
    - Κατά μήκος των γλωττίδων αλλά με ραχιαία σύγκλειση
    - Δίκηνη ωρολογιακού γυαλιού (40, 41).
  - Η κανονικότητα: η ποσοτική βαθμολογία της ακανόνιστης αργής κίνησης, όπως παρατηρείται στη στροβοσκόπηση
  - Το βλεννογονικό κύμα: ποσοτική βαθμολόγηση της ποιότητας του βλεννογονικού κύματος, που αντιπροσωπεύει την κατά στρώματα κατασκευή των φωνητικών πτυχών
  - Η συμμετρία: ποσοτική βαθμολογία της κίνησης "σαν καθρέφτης" των δύο φωνητικών πτυχών. Συνήθως η ασυμμετρία προκαλείται λόγω της

περιορισμένης δόνησης που επιφέρει μια αλλοίωση, όπως μια διάχυτη ουλή, μια κύστη, ή η λευκοπλακία.

**3. Αεροδυναμική:** Η απλούστερη αεροδυναμική παράμετρος της φωνής είναι ο μέγιστος χρόνος φωνοποίησης (MPT), μετρούμενος σε δευτερόλεπτα. Αποτελείται από την παράταση του  $a / a: /$ , για όσο το δυνατόν περισσότερο μετά από τη μέγιστη εισπνοή, σε ένα αυθόρμητο, άνετο τόνο και δυνατά. Είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα κλινικά μέτρα στη φωνητική αξιολόγηση, παγκοσμίως. Μια προηγούμενη επίδειξη είναι απαραίτητη και απαιτούνται τρεις δοκιμές, όπου επιλέγεται το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση καλών φωνών η διάρκεια της «άπνοιας» μπορεί να γίνει περιοριστικός παράγοντας, παρά τον διαθέσιμο αέρα. Τα παιδιά εμφανίζουν σημαντικά χαμηλότερες τιμές MPT, καθώς ο όγκος των πνευμόνων τους είναι μικρότερος. Η διακύμανση της μέσης ροής αέρα φωνοποίησης ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των φυσιολογικών ατόμων και υπάρχει ένα μεγάλο αλληλεπικαλυπτόμενο εύρος τιμών σε φυσιολογικά και δυσφωνικά άτομα. Αυτό περιορίζει την αξία του για διαγνωστικούς σκοπούς. Παρ' όλα αυτά, όταν η λειτουργία της γλωττίδας συγκρίνεται πριν και μετά από μια χειρουργική επέμβαση ή μη χειρουργικές τεχνικές εκπαίδευσης της φωνής, η μέτρηση της ροής του αέρα μπορεί να είναι χρήσιμη για την παρακολούθηση θεραπευτικών επιδράσεων, όπως στην περίπτωση παραλυτικής δυσφωνίας. Η ζωτική χωρητικότητα (VC: vital capacity), ορίζεται ως η διαφορά όγκου στη στοματική κοιλότητα ανάμεσα στη θέση της πλήρους εισπνοής και πλήρους εκπνοής. Μπορεί να μετρηθεί με αξιόπιστο τρόπο με τη χρήση ενός φορητού σπιρόμετρου. Το VC εξαρτάται από ανθρωπομετρικούς παράγοντες, συσχετίζεται για παράδειγμα έντονα με το ύψος. Είναι επίσης ευαίσθητο σε πνευμονικές παθήσεις, ειδικά σε ασθενείς με καρκίνωμα. Δεδομένου ότι το VC δεν σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα φωνής, είναι λογικό να το λάβουμε υπόψη, σίγουρα όταν εξετάζονται τα παιδιά.

**4. Ακουστική:** Οι ακουστικές παράμετροι παρέχουν αντικειμενικές και μη επεμβατικές μετρήσεις της φωνητικής λειτουργίας. Όλο και περισσότερο, αυτά τα μέτρα έχουν γίνει διαθέσιμα σε προσιτό κόστος και έχουν μεγάλη διαγνωστική αξία

στην παρακολούθηση των αλλαγών στην ποιότητα φωνής με την πάροδο του χρόνου. Ένας γενικός περιορισμός είναι ότι τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για ακουστική ανάλυση δεν μπορούν (ή σαφέστερα δεν μπορούν με αξιόπιστο τρόπο) να αναλύσουν ισχυρά απεριοδικά ακουστικά σήματα. Υπάρχει ακόμη ανεπαρκής τυποποίηση του βέλτιστου αλγόριθμου, (π.χ. για υπολογισμούς αναλογίας σήματος προς θόρυβο- signal-to-noise ratio (SNR) computations). Επίσης στα βασικά ακουστικά μέτρα περιλαμβάνονται τρία κρίσιμα σημεία του φωνογραφήματος (VRP-voice range profil: προφίλ εύρους φωνής). Η υψηλότερη συχνότητα και η πιο απαλή ένταση (dB A στα 30 cm) φαίνεται να είναι η πιο ευαίσθητη σε αλλαγές στην ποιότητα της φωνής. Με τη μέτρηση της χαμηλότερης συχνότητας μπορεί να υπολογιστεί το εύρος της θεμελιώδους συχνότητας.

#### **5. Υποκειμενική (αυτο) αξιολόγηση από τον ασθενή**

Είναι πολύ σημαντικό, στις θεραπείες των διαταραχών φώνησης, να λαμβάνεται υπόψη και η υποκειμενική άποψη του ασθενούς για τη διαταραχή του, καθώς επίσης και για τη θεραπεία, την οποία ακολουθεί. Ο σκοπός της υποκειμενικής αυτοαξιολόγησης είναι να προσδιοριστεί η αποκλίνουσα ποιότητα της φωνής και η σοβαρότητα της αναπηρίας στην καθημερινή επαγγελματική και κοινωνική ζωή καθώς και πιθανή συναισθηματική επίπτωση της δυσφωνίας. Υπάρχουν πολλά ερωτηματολόγια, υποκειμενικής και αντικειμενικής αξιολόγησης, τα οποία στοχεύουν στο να συλλέξουν στοιχεία και πληροφορίες σχετικά με τα συναισθήματα και τις αντιλήψεις των ασθενών για την ομιλία τους. Ο Rosen πρότεινε έναν δείκτη αυτοαξιολόγησης της φωνής, το Voice Handicap Index (VHI). Το VHI (Jacobson, et al., 1997) δημιουργήθηκε ως ψυχομετρικό εργαλείο, για να μετρηθούν οι ψυχοκοινωνικές συνέπειες των διαταραχών φωνής. Υπάρχουν τριάντα ερωτήσεις σχετικά με τη φωνή που χωρίζονται περαιτέρω σε τρεις κατηγορίες: τις λειτουργικές (Λ), τις οργανικές (Ο) και τις συναισθηματικές (Σ). Ο ασθενής σημειώνει τότε του συμβαίνει το περιεχόμενο της κάθε ερώτησης και συγκεντρώνει τη βαθμολογία του, για την κάθε κατηγορία ξεχωριστά, με την εξής βαθμολόγηση: ποτέ (0), σχεδόν ποτέ (1), μερικές φορές (2), σχεδόν πάντα (3), πάντα (4). Η τελική βαθμολογία όλων αυτών των κατηγοριών συνοψίζεται και εξηγείται ως εξής: 0-30 δηλώνει ελάχιστη αναπηρία, 30-90 δηλώνει μέτρια αναπηρία και 90-120 μεγάλη

αναπηρία Ο δείκτης αυτός, έχει μετρηθεί για διάφορες κατηγορίες ασθενών, με βάση πολιτισμικά χαρακτηριστικά, είδος επαγγέλματος και έξεις (42-51).

### **Καταγραφή της φωνής ( VOICE RECORDING)**

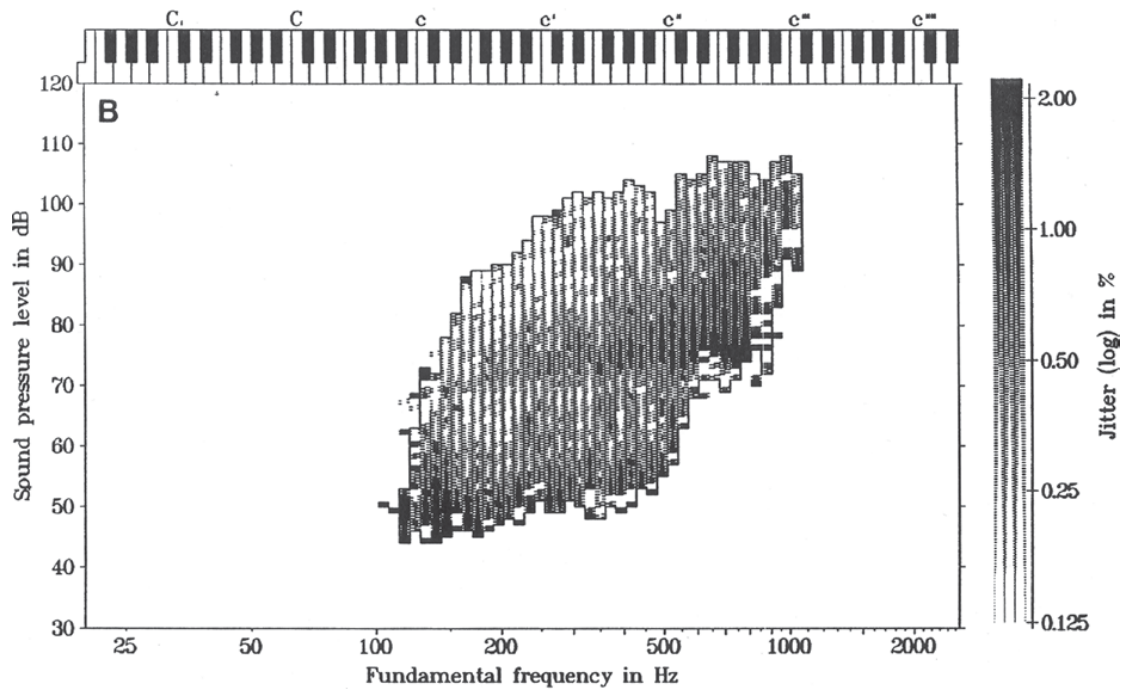
Η ηχογράφιση είναι η πιο σημαντική βασική προϋπόθεση για την αξιολόγηση της ποιότητας της φωνής. Όταν η εγγραφή έχει πραγματοποιηθεί, μπορεί να αποθηκευτεί και να παραμείνει διαθέσιμη, ως έγγραφο, για χρήση σε περαιτέρω έρευνες.

Στην ιδανική περίπτωση, οι ηχογραφήσεις πραγματοποιούνται σε ηχομονωμένο δωμάτιο, αν και ένα ήσυχο δωμάτιο με θόρυβο περιβάλλοντος <45 dB είναι αποδεκτό.

Η απόσταση από το στόμα έως το μικρόφωνο πρέπει να διατηρηθεί σταθερά στα 10 cm. Ένα μικρόφωνο που τοποθετείται στο κεφάλι προσφέρει ένα σαφές πλεονέκτημα. Η θέση του κατά 45 ° –90 ° από τον άξονα του στόματος μειώνει το θόρυβο από το στόμα κατά τη διάρκεια της ομιλίας. Επιτρέπει στον εξεταστή να κατανοήσει καλύτερα την παθολογία και τα χαρακτηριστικά της φωνής του, μιας και οι φωνητικές παλμικές ώσεις μεταδίδονται στα αυτιά τόσο με την αέρινη όσο και με την οστέινη οδό. Το γεγονός αυτό τον κάνει να μην αναγνωρίζει τη μαγνητοφωνημένη φωνή του (1, 52).

### **Φωνογράφημα**

Το φωνογράφημα περιγράφηκε πρώτη φορά από τον Calvet το 1953, με τον όρο "φωνητική καμπύλη". Πρόκειται για ένα σχεδιάγραμμα που οριοθετεί το δυναμικό εύρος (dBA) ως συνάρτηση της βασικής περιοχής συχνοτήτων (Hz). Η εξέταση γίνεται ως εξής: ο ασθενής καλείται να εκφωνήσει έναν ήχο σε ένα μικρόφωνο, το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 30 εκατοστά, αρχικά μια μέση νότα και στη συνέχεια την ίδια νότα σε υψηλότερη ένταση. Σημειώνονται οι μέγιστες και ελάχιστες εντάσεις σε ένα διάγραμμα. Το φωνογράφημα εξετάζει ουσιαστικά το προφίλ του εύρους της φωνής, VRP (Voice Range Profil) (Εικόνα 8) (1, 53, 54).



**Εικόνα 8:** Μηχανογραφημένο φωνόγραμμα (προφίλ εύρους φωνής), σε κανονική γυναικεία φωνή.

Ο οριζόντιος άξονας αντιπροσωπεύει τη θεμελιώδη συχνότητα σε Hz. Ο κάθετος άξονας δείχνει το επίπεδο ηχητικής πίεσης, μετρούμενο στα 30 cm (dBA) (53).

## ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ

Η εξέταση του λάρυγγα έχει επικρατήσει να διενεργείται πριν την εξέταση της φωνητικής συμπεριφοράς και μετά τη λήψη ιστορικού.

Οι εξετάσεις προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με:

- Τη θέση του λάρυγγα και τη σχέση του με τις γειτονικές ανατομικές δομές του τραχήλου
- Το εξωτερικό και εσωτερικό σχήμα του λάρυγγα
- Τον τύπο, τη θέση και την έκταση των βλαβών μέσα και έξω από το λάρυγγα
- Τις λειτουργικές διαταραχές

## Επισκόπηση

Φυσιολογικά, η προεξοχή του θυρεοειδούς μπορεί να γίνει ορατή στους άντρες. Κινείται προς τα άνω κατά την κατάποση και έτσι η απουσία της κίνησης αυτής υποδηλώνει καθήλωση του λάρυγγα από λοίμωξη ή όγκο. Η εισολκή της

υπερστερνικής εντομής κατά την εισπνοή, σε συνδυασμό με αναπνευστικό συριγμό, υποδηλώνει λαρυγγοτραχειακή απόφραξη από ξένο σώμα, όγκο, οίδημα, κλπ.

### **Ψηλάφηση**

Ο σκελετός του λάρυγγα και οι γειτονικές δομές ψηλαφώνται κατά την αναπνοή και την κατάποση, δίνοντας προσοχή στα παρακάτω:

- Στο θυρεοειδή χόνδρο.
- Στην κρικοθυρεοειδή μεμβράνη και τον κρικοειδή χόνδρο.
- Στην καρωτίδα αρτηρία με τον καρωτιδικό βολβό, που δεν θα πρέπει να συγχέονται με τους γειτονικούς τραχηλικούς λεμφαδένες, το δάκτυλο που ψηλαφεί εντοπίζει τις σφίξεις.
- Στο θυρεοειδή αδένα, που βρίσκεται κάτωθεν και πλάγια του θυρεοειδούς και κρικοειδούς χόνδρου.
- Ταυτόχρονη κίνηση του λάρυγγα και του θυρεοειδούς αδένα κατά την κατάποση.

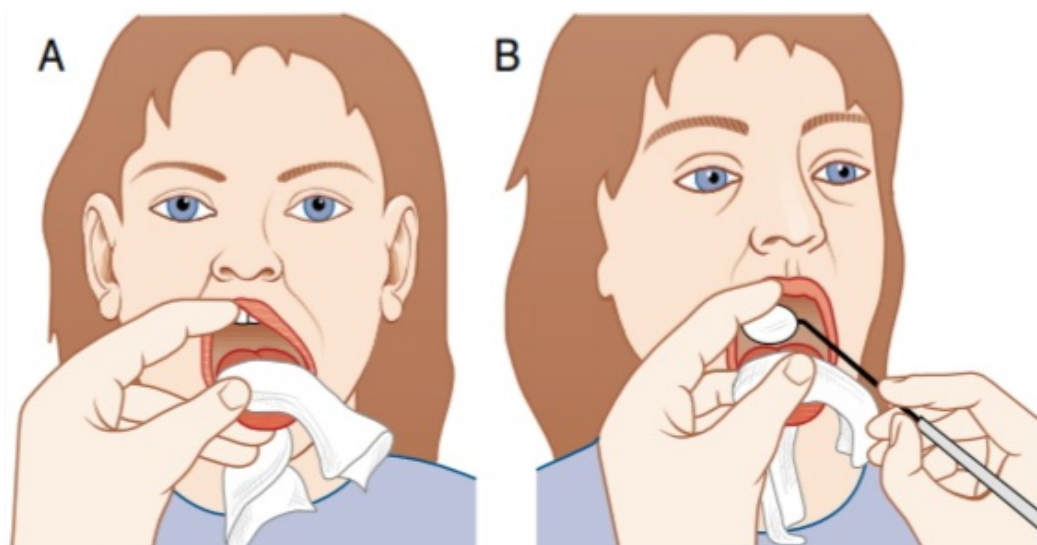
### **Λαρυγγοσκόπηση**

Αποτελεί την συνηθέστερη μέθοδο εξέτασης του εσωτερικού του λάρυγγα και διακρίνεται στην έμμεση και την άμεση. Επισκοπείται ο λάρυγγας με τη βοήθεια κατόπτρου και του γυμνού οφθαλμού, με ένα εύκαμπτο ή άκαμπτο ενδοσκόπιο, ή με λαρυγγοσκόπιο και μικροσκόπιο.

#### ***Έμμεση λαρυγγοσκόπηση:***

Η πρώτη έμμεση λαρυγγοσκόπηση πραγματοποιήθηκε από τον Ισπανό τραγουδιστή Emmanuel Garcia (1854), ο οποίος έκανε την εξέταση στον εαυτό του, χρησιμοποιώντας ως φωτεινή πηγή τον ήλιο. Η φωτεινή αυτή πηγή αργότερα αντικαταστήθηκε από τον Czermack με μια τεχνητή. Για την εξέταση αυτή χρησιμοποίησε μια φωτεινή πηγή έμμεσου ή άμεσου φωτισμού, ένα ειδικό καθρεφτάκι διαμέτρου 1-2 cm, μια γάζα για την σύλληψη της γλώσσας. Η γλώσσα συγκρατείται με τον αντίχειρα και το μεσαίο δάκτυλο του αριστερού χεριού, έτσι ώστε ο αντίχειρας να βρίσκεται πάνω στη γλώσσα. Χρησιμοποιείται ο δείκτης για να ωθήσει προς τα πίσω το άνω χείλος. Χρειάζεται έλξη της γλώσσας προς τα εμπρός προσεκτικά για να μην τραυματιστεί ο χαλινός από τους κάτω οδόντες. Το φως από το κάτοπτρο κατευθύνεται προς τη σταφυλή. Η κατοπτρική επιφάνεια του

λαρυγγικού κατόπτρου θερμαίνεται, και η θερμοκρασία του ελέγχεται στο ίδιο χέρι του εξεταστή. Στη συνέχεια εισάγεται κατά μήκος της υπερώας μέχρι να φτάσει στη σταφυλή. Θα πρέπει να αποφεύγεται ο ερεθισμός της βάσης της γλώσσας και του οπίσθιου φαρυγγικού τοιχώματος, καθώς μπορεί να προκαλέσει το αντανακλαστικό εμέτου. Χρησιμοποιείται η οπίσθια επιφάνεια του κατόπτρου για να ανασηκώσει τη σταφυλή και να τη μετακινήσει προς τα άνω και πίσω. Τώρα γίνονται ορατά από το κάτοπτρο η οπίσθια μοίρα της γλώσσας, ο φάρυγγας και μέρος του λάρυγγα. Ζητάμε από τον ασθενή να προφέρει παρατεταμένα 'ί' για να φέρει την επιγλωττίδα σε περισσότερο όρθια θέση και έτσι να προσφέρει καλύτερη εικόνα του λάρυγγα. Η εικόνα του λάρυγγα μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με χρήση των φακών LumiView (Welch Allyn, Skaneateles Falls, New York, USA). Σε έναν ασθενή με έντονο αντανακλαστικό εμετού, μπορεί να είναι αναγκαίο αρχικά να ψεκάσουμε το φάρυγγα με ένα τοπικό αναισθητικό όπως τη λιδοκαΐνη πριν την διενέργεια της εξέτασης (Εικόνα 9) (13).



Εικόνα 9: Έμμεση λαρυγγοσκόπηση (13)

#### ***Ρινενδοσκόπηση με εύκαμπτο ενδοσκόπιο:***

Η πλέον συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος διαγνωστικής εκτίμησης λάρυγγα είναι η ρινενδοσκόπηση με εύκαμπτο με ρινοφαρυγγοσκόπιο. Το ενδοσκόπιο εισάγεται μέσω της ρινός χωρίς αναισθησία. Κατά τη διάρκεια της ενδοσκόπησης, μπορούν να παρατηρηθούν, ο ρινοφάρυγγας, η κινητικότητα του ιστίου και η κινητική

λειτουργία των φωνητικών πτυχών. Το εύκαμπτο ενδοσκόπιο κάνει εφικτή την εκτίμηση του υποφάρυγγα, καθώς και της λαρυγγικής σύγκλισης κατά την κατάποση και την αναγνώριση διαταραχών της κινητικότητας των φωνητικών πτυχών (13).

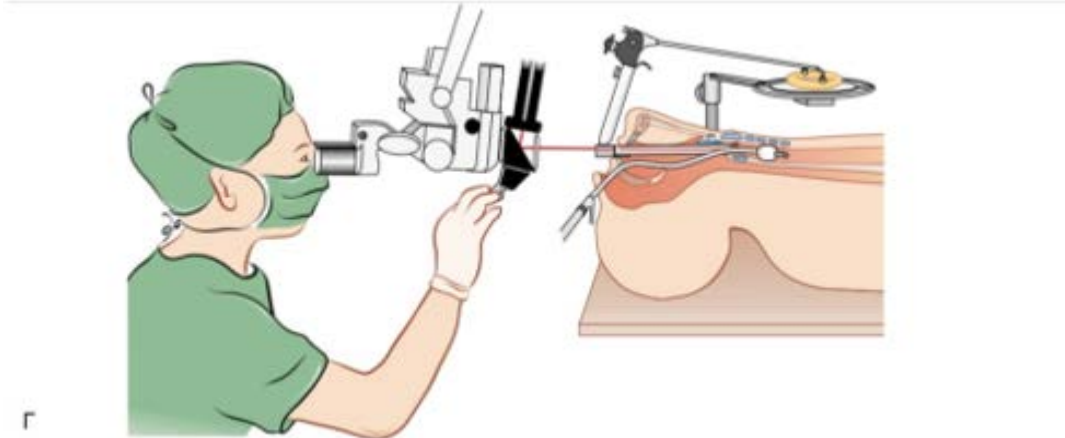
#### ***Ενδοσκόπηση λάρυγγα με άκαμπτο ενδοσκόπιο:***

Τα άκαμπτα ενδοσκόπια έχουν καταστεί πολύ χρήσιμα στην καθ' ημέρα πράξη. Είναι ελαφριά, έχουν φακούς ευρείας-γωνίας και μπορούν να συμπληρώσουν ή να αντικαταστήσουν την έμμεση λαρυγγοσκόπηση με κάτοπτρο. Συνήθως χρησιμοποιούνται δύο τύποι με γωνίες 70° ή 90°. Τα πλεονεκτήματα της τεχνικής αυτής είναι ότι παρέχει καλή εικόνα των διαφορετικά κρυφών περιοχών, μεταβλητή μεγέθυνση, καλό φωτισμό και καταγραφή video (13).

#### ***Μικρολαρυγγοσκόπηση:***

Λάρυγγας και υποφάρυγγας μπορούν να εξετασθούν άμεσα με άκαμπτο λαρυγγοσκόπιο το οποίο στερεώνεται σε μοχλοβραχίονα που στηρίζεται στο θώρακα. Για τη μικρολαρυγγοσκόπηση προστίθεται και διοφθάλμιο χειρουργικό μικροσκόπιο. Για τη χειρουργική laser προσαρτάται ένα μικροχειριστήριο και γ' αυτό έχουν σχεδιαστεί κατάλληλα εργαλεία. Η αναισθησία χορηγείται ενδοφλέβια και η αναπνοή διασφαλίζεται με ενδοτραχειακή διασωλήνωση ή αερισμό με εκτόξευση (jet). Η τεχνική αυτή αντιπροσωπεύει σημαντικό πλεονέκτημα στη διαγνωστική και ενδολαρυγγική μικροχειρουργική. Η μικρολαρυγγοσκόπηση παρέχει άριστο φωτισμό του λάρυγγα, της άνω μοίρας τραχείας και του υποφάρυγγα, καθιστώντας προσβάσιμες τις κρυφές περιοχές. Μπορούν να πραγματοποιηθούν ενδολαρυγγικές χειρουργικές τεχνικές. Κατά την εξέταση ελέγχονται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: το χρώμα του βλεννογόνου, ο παθολογικός ιστός, η εμφάνιση των εντοπισμένων ή διάχυτων βλαβών (ομαλές, τραχείες, εξελκωμένες, εξωφυτικές, κλπ.), ο αυλός της τραχείας και το σχήμα του υποφάρυγγα. Εάν ο ασθενής είναι υπό γενική αναισθησία, δεν είναι δυνατό να παρακολουθήσουμε σωστά την αναπνευστική κίνηση των φωνητικών πτυχών. Για προφανείς λόγους (διασωλήνωση και αναισθητοποιημένος ασθενής), δεν είναι επίσης δυνατό να δούμε ούτε τις αναπνευστικές κινήσεις (Εικόνα 10) (13).





Εικόνα 10: Μικρολαρυγγοσκόπηση με προσαρμοσμένο μικροχειριστή laser (13)

### **Στροβοσκόπηση:**

Η στροβοσκόπηση γίνεται με ένα ειδικό όργανο, το στροβοσκόπιο το οποίο μας δίνει την δυνατότητα ελέγχου της λειτουργικότητας των φωνητικών χορδών, απεικονίζοντας λεπτομερώς την κίνηση και τη δόνησή τους (55). Είναι απαραίτητο όργανο σε κλινικές ή σε εξειδικευμένα κέντρα φωνιατρικής και λογοθεραπείας και εξετάζει κατά πόσο οι φωνητικές χορδές είναι φυσιολογικές και ομοιόμορφες. Μέσω αυτής ελέγχεται κατά πόσο είναι φυσιολογικό το εύρος, η κινητικότητα, το μήκος των φωνητικών χορδών και συγκεκριμένα εκτιμάται κατά πόσο συμπλησιάζουν οι φωνητικές χορδές μεταξύ τους, κατά πόσο είναι συμμετρικές ή απουσιάζει η κινητικότητά τους, ποιό είναι το εύρος της πλάγιας κίνησης και κάθε χαρακτηριστικό της κυματοειδούς κίνησης του βλεννογονικού κύματος.

Προσπαθώντας να εξηγήσουμε, με ποιον τρόπο λειτουργεί η στροβοσκόπηση, μπορούμε να πούμε πως βασίζεται στη γενική αρχή ότι για την παραγωγή καλής ποιότητας φωνής είναι απαραίτητη προϋπόθεση η ακεραιότητα του δονούμενου ελεύθερου χείλους των φωνητικών πτυχών. Η μέση συχνότητα δόνησης του ελεύθερου χείλους των φωνητικών χορδών (βλεννογονικό κύμα) και επομένως η βασική συχνότητα της παραγόμενης φωνής, είναι περίπου 100 Hz στους άνδρες και 220 Hz στις γυναίκες. Αυτή η δόνηση όμως, δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι κατά την εξέταση με συνεχές φως. Το στροβοσκοπικό φως φωτίζει διαφορετικά σημεία διαδοχικών κύκλων του βλεννογονικού κύματος, με

συχνότητα περίπου 2 Hz, μικρότερη από τη βασική συχνότητα του εξεταζόμενου. Έτσι δημιουργείται η εντύπωση της βραδείας κίνησης του δονούμενου άκρου των φωνητικών πτυχών και δίδεται η δυνατότητα εκτίμησης των μεταβολών του βλεννογονικού κύματος, της κινητικότητας και του τόνου των φωνητικών χορδών, της διήθησης, της σύστασης και του πάχους κάθε αλλοίωσης των φωνητικών χορδών. Ο συγχρονισμός της συχνότητας του στροβοσκοπικού φωτός με τη βασική συχνότητα της φώνησης έχει ως αποτέλεσμα οι φωνητικές χορδές να απεικονίζονται ακίνητες.

Αναφορικά, οι στροβοσκοπικές ενδείξεις της φυσιολογίας των προβλημάτων της φωνής είναι:

- Ο βαθμός σύγκλεισης της γλωττίδας: όροι που χρησιμοποιούνται για τις εικόνες που μπορεί κανείς να δει είναι η πλήρης σύγκλειση, το οπίσθιο άνοιγμα, το πρόσθια άνοιγμα, η κύρτωση, το σχήμα κλεψύδρας, η ατελής σύγκλειση φωνητικών χορδών
- Η φάση σύγκλεισης: αναφέρεται στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι φωνητικές χορδές είναι ανοιχτές και κλειστές
- Κάθετο επίπεδο: φυσιολογικά, οι φωνητικές χορδές θα πρέπει να εμφανίζονται στ ίδιο κάθετο επίπεδο, Σε τραύματα, παράλυση, νευρολογική πάθηση, αυτό δεν ισχύει πάντα, αλλά ίσως η μια χορδή να φαίνεται σταθερά χαμηλότερα από την άλλη
- Πλάτος δόνησης: αφορά στην έκταση της οριζόντιας διαδρομής των φωνητικών χορδών στην κίνησή τους
- Κύμα βλεννογόνου: αφορά στην κίνηση κυματισμού που κάνει φυσιολογικά η φωνητική χορδή και αλλοιώνεται σε παθολογικές καταστάσεις αυτών.
- Συμπεριφορά δόνησης: αφορά στην παρουσία ή απουσία δόνησης σε ολόκληρη τη φωνητική χορδή
- Συμμετρία φάσης: αφορά στην κατοπτρική εικόνα που παρουσιάζουν οι φωνητικές χορδές, η μία απέναντι από την άλλη όταν κινούνται. Σε παθολογία, αλλοιώνεται
- Περιοδικότητα: αφορά στην περιοδική κίνηση των φωνητικών χορδών (27).

Η στροβοσκόπηση του λάρυγγα πραγματοποιείται με σύζευξη κατάλληλης πηγής φωτός με άκαμπτο ενδοσκόπιο 70 ° ή 90 °, πρότυπο εύκαμπτο ινοπτικό ενδοσκόπιο και/ή εύκαμπτο ενδοσκόπιο με ψηφιακό αισθητήρα εικόνας τσιπ στο περιφερικό άκρο. Ένα μικρόφωνο στροβοσκόπησης συνδέεται με ένα καλώδιο στο τελικό του άκρο στη θυρίδα στροβοσκόπησης που βρίσκεται στην πηγή φωτισμού, ενώ το μικρόφωνο τοποθετείται στην είσοδο της στοματικής κοιλότητας του ασθενούς και λειτουργεί ως αισθητήρας των δονήσεων των φωνητικών πτυχών. Κατά την ενδοσκόπηση του λάρυγγα, ο εξεταστής παρακαλεί τον ασθενή να προβεί σε αναπνευστικές και φωνητικές ασκήσεις, ακριβώς όπως και στην ενδοσκόπηση του λάρυγγα. Στην οθόνη του ενδοσκοπίου θα φανεί η στροβοσκοπική καταγραφή του γλωττιδικού κύκλου. Υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης του βίντεο της στροβοσκόπησης αλλά και μεμονωμένων ακίνητων και κοντινών εικόνων.

Η στροβοσκόπηση δύναται να αξιολογήσει διάφορες παθολογικές καταστάσεις των φωνητικών χορδών, όπως οργανικές αλλοιώσεις ή τραυματισμούς των φωνητικών χορδών (π.χ. οζίδια φωνητικών χορδών, αγγειακές εκτασίες των φωνητικών χορδών, αιμάτωμα φωνητικών χορδών, ενδοχορδική αιμορραγία, φλεγμονώδεις παθήσεις όπως η λαρυγγίτιδα και λαρυγγοφαρυγγική παλινδρόμηση). Επιπλέον, όλες οι κινητικές διαταραχές του λάρυγγα στα πλαίσια νευρολογικών παθήσεων (π.χ. σπασμωδική δυσφωνία, ιδιοπαθής μυϊκός τρόμος, N. Parkinson, παράλυση λάρυγγα) ή και νευρομυϊκών διαταραχών (π.χ. μυασθένεια Gravis), αξιολογούνται με τη στροβοσκόπηση. Επιπρόσθετα, νεοπλασματικές παθήσεις του λάρυγγα (π.χ. θηλώματα λάρυγγα, καρκίνος του λάρυγγα) μπορούν να διαγνωστούν με τη στροβοσκόπηση. Εκτός όμως από τη διάγνωση παθολογικών οντοτήτων που μπορεί να επιβαρύνουν τις φωνητικές χορδές, η στροβοσκόπηση δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης του ασθενούς πριν και μετά από χειρουργεία στην περιοχή λάρυγγα και τραχήλου, δεδομένης της μετεγχειρητικής αλλοίωσης που προκαλούν οι εν λόγω επεμβάσεις στη φωνή, σε άλλοτε άλλο βαθμό. Τέτοιες παθήσεις της φωνής μπορεί να είναι φωνιατρικές βλάβες όπως οι πολύποδες φωνητικών χορδών, το οίδημα Reinke, οι κύστεις φωνητικών χορδών, αλλά και νεοπλασίες του λάρυγγα. Χαρακτηριστική είναι η συμβολή της στροβοσκόπησης στην αξιολόγηση της φωνής του ασθενούς μετά από θυρεοειδεκτομή. Το στροβοσκόπιο βοηθά στον εντοπισμό της πρώιμης παράλυσης του έξω κλάδου του άνω λαρυγγικού νεύρου. Οι

τραυματισμοί στο νεύρο μπορεί να είναι συνηθισμένοι κατά τη διάρκεια της θυρεοειδεκτομής προκαλώντας παράλυση της φωνητικής χορδής. Μια πλήρης παράλυση είναι εκείνη στην οποία όλες οι κινητικές δομές του νεύρου είναι επηρεασμένες. Σε ατελή παράλυση, ορισμένες από τις κινητικές δομές στο νεύρο επηρεάζονται λόγω μηχανικής πίεσης, καταπόνησης του νεύρου ή καυτηρίασης κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Σε πλήρη παράλυση η φωνητική πτυχή είναι ακίνητη και δεν εμφανίζει μυϊκό τόνο. Η σύγκλειση της γλωττίδας είναι ελλιπής. Οι κινήσεις των φωνητικών πτυχών είναι ασύμμετρες και το βλεννογονικό κύμα απουσιάζει ή είναι μειωμένο στην παραλυτική φωνητική πτυχή. Σε ημιτελή παράλυση, η φωνητική πτυχή είναι ελαφρώς κινητή και παρουσιάζει ενός βαθμού μυϊκό τόνο. Το βλεννογονικό κύμα μειώνεται στην πάσχουσα πτυχή και οι φωνητικές χορδές είναι ασύμμετρες. Οι ανωμαλίες στη δονητική λειτουργία είναι περισσότερο εμφανείς στην παράλυση του άνω λαρυγγικού νεύρου, όπου το πρόσθιο τμήμα της γλωττίδας μετακινείται προς την πάσχουσα πλευρά λόγω του τόνου του μη πάσχοντος κρικοθυρεοειδούς μυός. Το βλεννογονικό κύμα είναι ασύμμετρο καθώς το κύμα καθυστερεί στην προσβεβλημένη πτυχή.

Βέβαια, με τη στροβοσκόπηση μπορεί να διαγνωστεί οποιασδήποτε αιτιολογίας παράλυση της φωνητικής χορδής (π.χ. μετά από επεμβάσεις αυχενικής μοίρας σπονδυλικής στήλης, επεμβάσεις στο θώρακα, ενδοτραχειακή διασωλήνωση, μη ιατρογενές τραύμα, νεοπλάσματα εγκεφάλου, τραχήλου, θώρακος, οισοφάγου, μεσοθωρακίου, νευρολογικές παθήσεις, φαρμακογενής τοξικότητα, κοκκιώδεις νόσοι κ.α.).

Εκτός από την περίπτωση της πάρεσης ή παράλυσης των φωνητικών χορδών που αναφέρθηκε ήδη, ενδεικτικά θα περιγράψουμε ορισμένα στροβοσκοπικά ευρήματα που χαρακτηρίζουν συνήθεις παθολογικές διαταραχές της φωνής. Στροβοσκοπικές εκδηλώσεις δυσκαμψίας ή σημαντικής μείωσης του πλάτους της δόνησης ή μείωση της φάσης διάνοιξης σε μικρό τοπικό τμήμα, μόνιμη ασθμαίνουσα ή βραχνή ποιότητα τόνου, μειωμένο εύρος συχνοτήτων, αδύναμη φωνητική ένταση και ιστορικό φωνητικής κόπωσης, παραπέμπουν σε ενδοχορδική επιδερμοειδή κύστη των φωνητικών χορδών. Η διόγκωση του ελεύθερου χείλους της φωνητικής πτυχής μπορεί να συνδέεται με στροβοσκοπικά στοιχεία ευελιξίας και πλήρους εξαφάνισης της διόγκωσης κατά τη φάση διάνοιξης της γλωττίδας,

παραλλαγές του φωνητικού τόνου για συγκεκριμένο φωνητικό ύψος και ένταση, γλωττίδα σε σχήμα κλεψύδρας κατά τη φώνηση. Η ολική εξαφάνιση της διόγκωσης κατά τη φάση διάνοιξης της γλωττίδας υποδηλώνει οίδημα ή φωνητικά οζίδια. Μια περισσότερο διαφανής διόγκωση που δεν εξαφανίζεται πλήρως κατά τη φάση ανοίγματος, υποδηλώνει ψευδοκύστη. Σε περίπτωση πολυπόδων, η διόγκωση είναι αρκετά ογκώδης και μειώνει το στροβοσκοπικό πλάτος. Στο οίδημα του Reinke, το μυξοειδές υλικό δημιουργεί μια τεράστια αδράνεια.

Οι κακοήθεις όγκοι συχνά εμφανίζουν επιφανειακές φλεγμονώδεις αλλαγές ή υπερπλασία με κεράτωση ή μέτρια έως σοβαρή δυσπλασία. Σε αυτές τις περιπτώσεις η στροβοσκόπηση δείχνει μια μεγάλη και εντοπισμένη δυσκαμψία του βλεννογόνου, η οποία αποτελεί επείγουσα ένδειξη για βιοψία και ιστολογική αξιολόγηση πριν από την ακτινοθεραπεία ή τη χειρουργική επέμβαση.

Βασικό μειονέκτημα της στροβοσκόπησης αποτελεί το γεγονός ότι δεν πρόκειται για πραγματική εικόνα, αλλά για σύνθεση σημείων από διαδοχικούς κύκλους του βλεννογονικού κύματος. Έτσι, σε περιπτώσεις απεριοδικότητας του βλεννογονικού κύματος, ο στροβοσκοπικός έλεγχος δεν μπορεί να βοηθήσει στη διάγνωση. Επίσης, η κλινική εκτίμηση της στροβοσκοπικής εικόνας είναι υποκειμενική. Τα προβλήματα αυτά έρχονται να λύσουν πιο προηγμένες τεχνολογικά μέθοδοι, όπως η βιντεοκυματογραφία και η υψηλής συχνότητας βιντεοσκόπηση.

Η διαγνωστική αξία της στροβοσκόπησης αφορά στην εκτίμηση του βράγχους φωνής, αλλά και διάφορες παθολογικές οντότητες, όπως οργανικές αλλοιώσεις και τραυματισμοί των φωνητικών χορδών. Η στροβοσκοπική απεικόνιση επιτρέπει επίσης στον κλινικό ιατρό να ακούει ταυτόχρονα την ποιότητα της φωνής του ασθενούς, ενώ παρατηρεί την κίνηση των φωνητικών πτυχών. Εκτός από τη διερεύνηση παθολογικών οντοτήτων που μπορεί να επιβαρύνουν τις φωνητικές χορδές, η στροβοσκόπηση δίνει τη δυνατότητα της μετεγχειρητικής εκτίμησης του λάρυγγα σε χειρουργεία στην περιοχή όπως η θυρεοειδεκτομή, στα οποία υπάρχει πιθανότητα επιβάρυνσης της λειτουργίας των φωνητικών χορδών μετεγχειρητικά (Εικόνα 11).

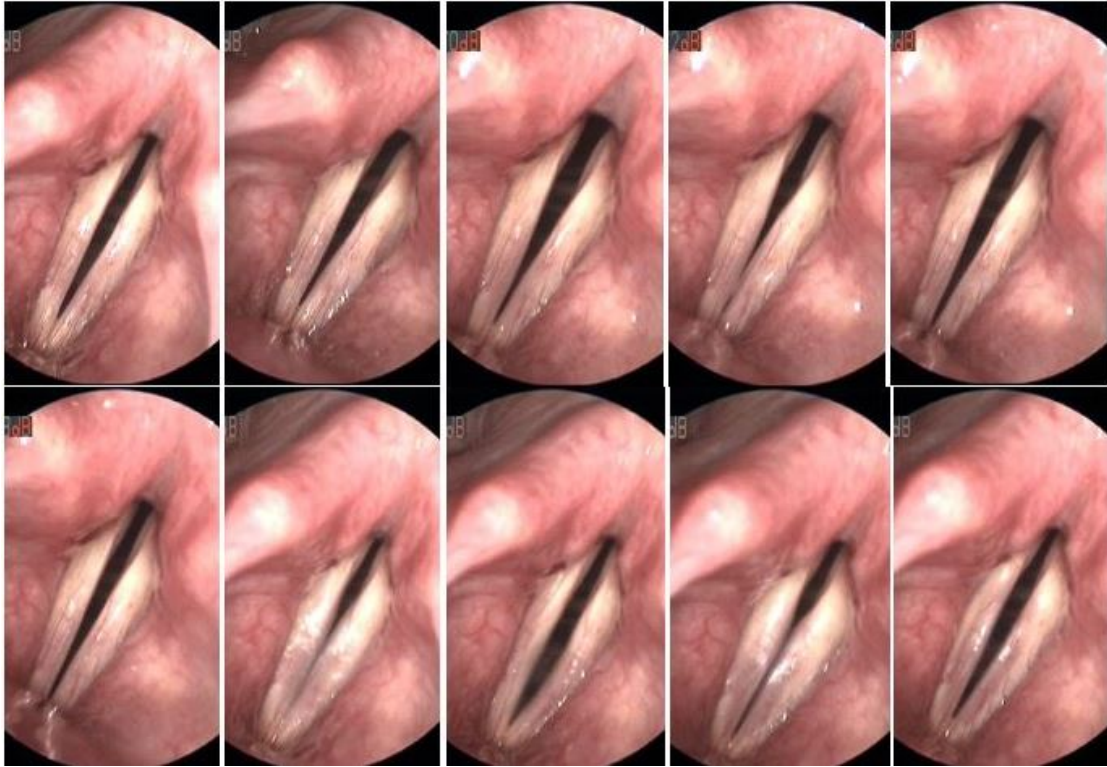
Προσφάτως δε, μια έρευνα καθιστά τη στροβοσκόπηση μέθοδος εκλογής για τη διερεύνηση του βράγχους φωνής, υποστηρίζοντας πως εάν οι ακουστικές αντιληπτικές κρίσεις της δυσφωνίας ενός ατόμου φαίνονται ανόμοιες με τα

αποτελέσματα μιας (μη στροβοσκοπικής) λαρυγγοσκοπικής εξέτασης, τότε η στροβοσκοπική αξιολόγηση δίνει την δυνατότητα να αποκτηθούν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με την ευελιξία των φωνητικών πτυχών που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην εξήγηση των συμπτωμάτων της βραχνάδας.

Η υψηλή διαγνωστική αξία του στροβοσκοπικού ελέγχου της φωνής, την έκανε ευρέως πλέον χρησιμοποιούμενη από τους ωτορινολαρυγγολόγους, τόσο για την εξέταση των ενηλίκων, όσο και των παιδιών.

Για τη διευκόλυνση της αποτύπωσης και καταγραφής των ευρημάτων της στροβοσκόπησης, με βάση τα βασικά χαρακτηριστικά που εξετάζονται (έκταση φωνητικών χορδών, βλεννογονικό κύμα, υπεργλωττιδική δραστηριότητα, θέση εν απουσία δόνησης, ομαλότητα και ευθύτητα χειλέων φωνητικών χορδών, σύγκλιση γλωττίδας κλπ), έχει δημιουργηθεί μια φόρμα αξιολόγησης, η SERF, (Stroboscopy Examination Rating Form ) (56).

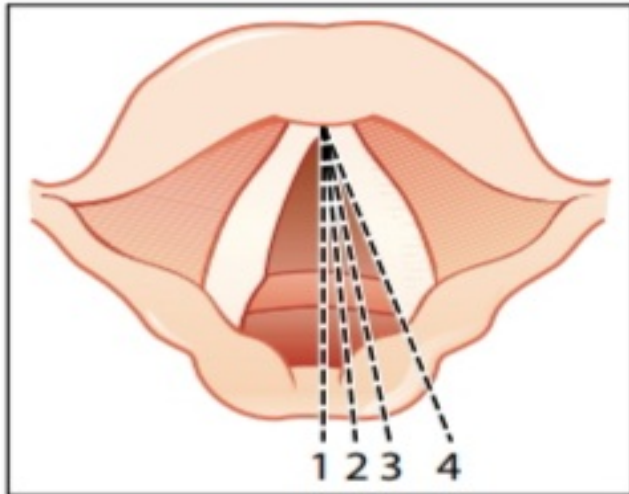
Η στροβοσκόπηση περιλαμβάνεται όπως περιγράφηκε προηγουμένως στα διαγνωστικά κριτήρια της Ευρωπαϊκής Λαρυγγολογικής Εταιρείας (ELS) (13, 50, 57-59).



**Εικόνα 11: Φωτογραφικό καρέ στροβοσκοπικών λήψεων σε ασθενή με αμφοτερόπλευρη παράλυση φωνητικών χορδών, δύο μήνες μετά από ολική θυρεοειδεκτομή.**

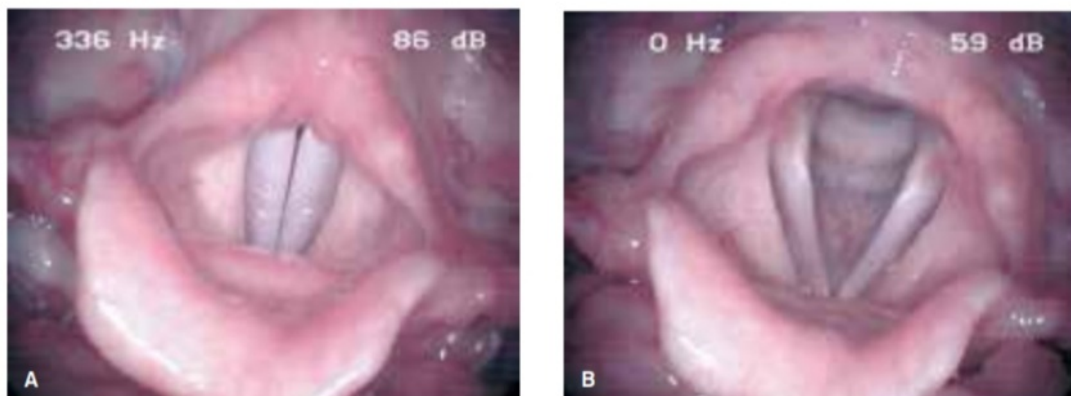
Παρατηρούνται τα εξής ευρήματα: ελλειπής σύγκλιση γλωττίδας, όμοιο κάθετο επίπεδο μεταξύ των φωνητικών χορδών, μειωμένο βλεννογονικό κύμα αμφοτερόπλευρα, κατά διαλείμματα ασύμμετρες φωνητικές χορδές, απουσία μυϊκού τόνου φωνητικών χορδών. - (Αρχείο Ιατρείου "Διαταραχών Φώνησης- Κατάποσης" ΩΡΛ Κλινικής Νοσοκομείου Χανίων)

Μέσω των προαναφερόμενων εξεταστικών μεθόδων, μπορούμε να λάβουμε κλινικές πληροφορίες από τη θέση των φωνητικών χορδών. Η παράμεση θέση συναντάται σε παράλυση του παλίνδρομου με παράλυση του οπίσθιου κρικαρυταινοειδή. Η ενδιάμεση θέση συναντάται σε πλήρη παράλυση του πνευμονογαστρικού νεύρου. Η μέση είναι η θέση φώνησης και η πλάγια, η θέση αναπνοής (Εικόνες 12, 13) (13).



**Εικόνα 12: Θέσεις της φωνητικής πτυχής.**

1. μέση ή φωνητική θέση, 2. Παράμεση θέση, 3. ενδιάμεση θέση, 4. πλάγια ή αναπνευστική θέση (13).



**Εικόνα 13: Α. Φυσιολογικός λάρυγγας κατά τη φώνηση, Β. Φυσιολογικός λάρυγγας κατά την αναπνοή (13)**

### **Διαγνωστική Απεικόνιση**

Η υπολογιστική τομογραφία (CT - Computed Tomography) αλλά και η υπολογιστική τομογραφία υψηλής ανάλυσης (HRCT - High Resolution Computed Tomography) επιτρέπει την ακριβή εκτίμηση του σημείου και της έκτασης των στενώσεων και των όγκων και οποιασδήποτε βλάβης στις δομές του λάρυγγα και γειτονικές δομές. Η μαγνητική τομογραφία (MRI) επέκτεινε το εύρος της διαγνωστικής απεικόνισης του λάρυγγα και των γειτονικών περιοχών. Μπορούν να απεικονισθούν ευρήματα στους μαλακούς ιστούς όπως κάποιος όγκος και οποιοσδήποτε λεμφαδενικός



μεταστάσεις. Η απλή ακτινογραφία έχει αξία στη διάγνωση ξένων σωμάτων στο λάρυγγα, όταν αυτά είναι ακτινοσκοπερά (13, 60-64).

### **Γλωττιδογραφία- Φωτογλωττιδογραφία- Ηλεκτρογλωττιδογραφία**

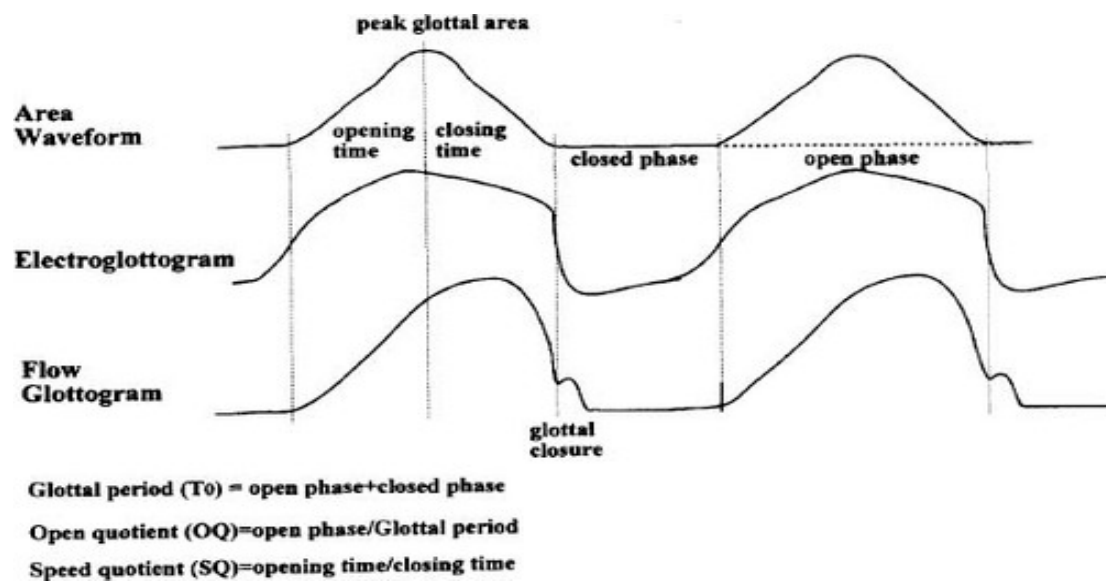
Η γλωττιδογραφία αναφέρθηκε για πρώτη φορά από τον Fabre το 1957. Η τεχνική περιλαμβάνει την τοποθέτηση δύο ηλεκτροδίων στα πλάγια του θυρεοειδούς χόνδρου και στη συνέχεια διοχετεύεται ηλεκτρικό ρεύμα υψηλής συχνότητας και χαμηλής τάσης. Το γλωττιδικό κύμα στο γλωττιδογράφημα περιλαμβάνει έξι σημεία ενδιαφέροντος:

- Σημείο 1: Ο λάρυγγας είναι ανοικτός και αρχίζει η φάση της προσαγωγής των φωνητικών χορδών
- Σημείο 2: Αντιπροσωπεύει την εξέλιξη της προσαγωγής των φωνητικών χορδών, όπου η κλίση εξαρτάται από την ταχύτητα προσαγωγής
- Σημείο 3: Αντιστοιχεί στο ανώτατο σημείο προσαγωγής
- Σημείο 4: Αντιστοιχεί σε μια διακοπή που δείχνει την απαγωγή των φωνητικών χορδών
- Σημείο 5: Αντιστοιχεί στο ύψιστο σημείο της απαγωγής των φωνητικών χορδών
- Σημείο 6: Αντιστοιχεί στη διατήρηση του χρόνου απαγωγής

Σε παθολογία διαπιστώνεται ανωμαλία των κυμάτων.

Η φωτογλωττογραφία (PGG) παρακολουθεί την ποσότητα του φωτός που εκπέμπεται μέσω των φωνητικών πτυχών κατά τη διάρκεια της φωνοποίησης. Μια πηγή φωτός τοποθετείται πάνω ή κάτω από τη γλωττίδα και ο φωτοαισθητήρας τοποθετείται στην άλλη πλευρά. Αν και η φωτογλωττογραφία (PGG) έχει χρησιμοποιηθεί ως μέτρο αναλογικά με την περιοχή της γλωττίδας, δεν έχει εφαρμοστεί ευρέως στην κλινική για τη μελέτη των δυσφωνικών πληθυσμών ασθενών. Η επεμβατική φύση της έχει περιορίσει πιθανώς την έκκλησή της σε όσους δεν επιθυμούν να διακινδυνεύσουν τραυματισμό ή δυσφορία στον υπό εξέταση πληθυσμό. Επίσης η προσπάθεια και ο χρόνος που απαιτούνται για τη διενέργειά της, την καθιστούν δύσχρηστη. Μια άλλη τεχνική, η ηλεκτρογλωττογραφία (EGG), παρακολουθεί την αλλαγή στην ηλεκτρική σύνθετη αντίσταση στο λαϊμό κοντά στις φωνητικές πτυχές. Η σύγκριση με μαγνητοσκόπηση

υψηλής ταχύτητας έχει αποδείξει ότι το σήμα στην EGG είναι ανάλογο με την περιοχή επαφής φωνητικών πτυχών. Η γλωττιδογραφία μας επιτρέπει να εξετάσουμε την συχνότητα, το χρόνο προσαγωγής και απαγωγής των φωνητικών χορδών και την μορφολογία των κυμάτων. Η ηλεκτρογλωττιδογραφία έχει χρησιμοποιηθεί για να μετρήσει τη φωνητική ικανότητα νέων τενόρων, ανδρών και γυναικών (Εικόνα 14) (1, 53, 65-68).



Εικόνα 14: Ιδανικές κυματομορφές για το γλωττιδικό κύμα στην γλωττιδογραφία και ηλεκτρογλωττιδογραφία. Αναπαράσταση του φυσιολογικού γλωττιδικού κύματος (67)

## Ηλεκτρομυογραφία

Η λαρυγγική ηλεκτρομυογραφία (LEMG) είναι ένα πολύτιμο εργαλείο στην κλινική αντιμετώπιση ασθενών με φωνητικές διαταραχές. Χρησιμεύει στη διαφορικής διάγνωσης της παράθεσης / παράλυσης της φωνητικής πτυχής από τη καθήλωση της κροκαρυανοειδούς άρθρωσης. Τα δεδομένα μας αποδεικνύουν ότι η οπτική εκτίμηση από μόνη της είναι ανεπαρκής για τη διάγνωση της νευρομυϊκής δυσλειτουργίας στον λάρυγγα και ότι οι διαγνώσεις που βασίζονται στην εκτίμηση της φωνητικής λειτουργίας κατά αυτόν τον τρόπο, είναι λάθος σε σχεδόν το ένα τρίτο των περιπτώσεων. Η LEMG έχει επίσης αποδειχθεί υψηλό διαγνωστικό μέσο για τη διάγνωση της νευρομυϊκής δυσλειτουργίας σε ορισμένους δυσφωνικούς

ασθενείς οι οποίοι δεν είχαν εμφανείς ανωμαλίες στην κίνηση των φωνητικών πτυχών κατά τη διάρκεια της στροβοσκόπησης.

Διεξάγεται με τον ηλεκτρομυογράφο και μας επιτρέπει να ελέγξουμε την λειτουργικότητα των λαρυγγικών νεύρων. Πιο αναλυτικά τα ηλεκτρόδια επιτρέπουν την συλλογή πληροφοριών για την μυϊκή λειτουργία που παρατηρείται κατά την διάρκεια εκφώνησης λέξεων (69, 70).

### **Βιντεοκυματογραφία (VKG)**

Μια ψηφιακή τεχνική για οπτικοποίηση υψηλής ταχύτητας της δόνησης, που ονομάζεται βιντεοκυματογραφία (VKG), αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε στις φωνητικές πτυχές. Η VKG χρησιμοποιεί μια τροποποιημένη βιντεοκάμερα ικανή να λειτουργεί με δύο τρόπους: υψηλή ταχύτητα (σχεδόν 8.000 εικόνες / sec) και τυπικά (50 εικόνες / s στο). Στην υψηλής ταχύτητας λειτουργία, η κάμερα επιλέγει μια ενεργή οριζόντια γραμμή (εγκάρσια προς τη γλωττίδα) από ολόκληρη τη λαρυγγική εικόνα. Οι διαδοχικές εικόνες παρουσιάζονται σε πραγματικό χρόνο σε μια οθόνη τηλεόρασης. Το σύστημα καθιστά δυνατή την παρατήρηση ασυμμετρίας, τη διάδοση των βλεννογόνων κυμάτων, την ανοιχτή και κλειστή φάση της γλωττίδας κ.λπ. Το βιντεοκυματογραφικό σύστημα (VKG) σχεδιάστηκε για την άμεση παρακολούθηση των χαρακτηριστικών δόνησης των φωνητικών πτυχών, χρησιμοποιώντας μια κάμερα, δεμένη πάνω σε ένα άκαμπτο ενδοσκόπιο και εκπέμποντας ένα αυτόματο φως (1, 13, 71, 72).

## **Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ ΤΟΥ ΤΡΑΓΟΥΔΙΣΤΗ ΚΑΙ Η ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ ΩΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ**

Η ταξινόμηση φωνής θεωρείται συχνά ο ακρογωνιαίος λίθος της ταυτότητας της φωνής ενός κλασικού τραγουδιστή. Τα βιογραφικά των επαγγελματιών αηδών ξεκινούν συνήθως προσδιορίζοντας την κατηγορία στην οποία ανήκει ο καθένας με βάση την ταξινόμηση φωνής τους (π.χ. «Soprano Deborah»). Η ταξινόμηση φωνής καθορίζει τους λειτουργικούς ρόλους που αναμένεται να εκτελέσει ο τραγουδιστής και επηρεάζει την τεχνική τραγουδιού που θα χρησιμοποιήσει. Επίσης, κατά την αξιολόγηση ενός τραγουδιστή για μια φωνητική διαταραχή, ο Sataloff στην έρευνά του τοποθετεί στην κορυφή της φόρμας ιστορικού του ασθενούς, την ταξινόμηση της φωνής. Οι προσπάθειες να τραγουδήσει κάποιος με ακατάλληλο τρόπο και με βάση ακατάλληλη ταξινόμηση της φωνής μπορεί να καταστρέψει την ποιότητα φωνής και αποτελεί αιτία μεγάλης απογοήτευσης για έναν τραγουδιστή. Το τραγούδι σε μια περιοχή που δεν είναι η σωστή, συνήθως πολύ υψηλή, θεωρείται κατάχρηση της φωνής.

Η πιο σημαντική συνέπεια της ακατάλληλης ταξινόμησης φωνής είναι η ανάπτυξη αναποτελεσματικής τεχνικής τραγουδιού, που οδηγεί μακροπρόθεσμα σε φωνητική καταστροφή (73, 74).

Η εσφαλμένη ταξινόμηση είναι πιθανότατα αποτέλεσμα πολλών παραγόντων, όπως ο αριθμός των διαφορετικών φωνητικών μεταβλητών που έχουν επίδραση στην ταξινόμηση, η έλλειψη συμφωνίας για τη μέθοδο ταξινόμησης και η ταξινόμηση φωνών πολύ νωρίς κατά την φωνητική ανάπτυξη.

Αν και η φωνητική έκταση καθώς και ο τόνος θεωρούνται καθοριστικοί παράγοντες στην ταξινόμηση της φωνής, δεν υπάρχει συμφωνημένη μέθοδος για τη χρήση τους σε αυτή. Η έκταση της φωνής μπορεί να μετρηθεί εύκολα. Όμως ο τόνος/χροιά της φωνής που αφορά την ποιότητά της, είναι ένας υποκειμενικός παράγοντας που δεν μπορεί εύκολα να μετρηθεί. Οι παράγοντες αυτοί δυσκολεύουν την ταξινόμηση της φωνής. Όταν ο δάσκαλος φωνητικής καλείται να ταξινομήσει εμπειρικά τη φωνή ενός μαθητή, λαμβάνει υπόψη ποιοτικές παραμέτρους και χαρακτηριστικά της, όπως η χροιά (κλειστή ή ανοιχτή), ο τόνος/ χρώμα της φωνής (μέσος, οξύς, βαρύς, σκοτεινός, πλούσιος, άκαμπτος κλπ), το ύψος (χαμηλό ή ψηλό), καθώς και το

‘σημείο περάσματος’. Μελέτες έχουν δείξει πως οι τραγουδιστές μπορούν να αλλάξουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της φωνής τους όπως η χροιά, καθώς διανύουν φωνητικά το εύρος των συχνοτήτων στο οποίο ανήκει η φωνή τους. Η υψηλότερη νότα και η χαμηλότερη νότα δεν είναι οι μόνοι παράγοντες για τον προσδιορισμό του τύπου της φωνής: παράγοντες όπως η tessitura (δηλαδή το πιο άνετο μέρος της περιοχής για τραγούδι) και το timbre (υφή και ποιότητα της φωνής) καθορίζουν επίσης τους τύπους φωνών. Επίσης, τα registers της φωνής παίζουν σημαντικό ρόλο στην ταξινόμηση της φωνής και σχετίζονται με τα δονητικά χαρακτηριστικά της φωνητικής πτυχής.

Όλοι οι εν λόγω παράγοντες που επιδρούν στη φωνή και συνεπώς την καθορίζουν, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και στην τελική της ταξινόμηση. Αυτός είναι και ο λόγος που η ταξινόμηση της φωνής είναι τελικά ποιοτική. Η αντικειμενικότητα συναντάται στη μέτρηση ορισμένων χαρακτηριστικών της, όπως είναι ο υπολογισμός των συχνοτήτων ή τα μήκη ορισμένων μορφομετρικών χαρακτηριστικών όπως αποτυπώνονται σε απεικονιστικές εξετάσεις, αλλά η συνολική εκτίμησή της είναι ποιοτική.

Σε μια σειρά μελετών που χρησιμοποιούν αντικειμενικές ακουστικές μετρήσεις με σκοπό να ποσοτικοποιήσουν τον τόνο και το εύρος των τραγουδιστών, ο Cleveland κατέληξε στα εξής:

- ✓ Οι μέσες τιμές των τεσσάρων πρώτων συχνοτήτων κάθε φωνήεντος της φωνής (i, e, a, o και u) συσχετίζονται σημαντικά με τη φωνητική ταξινόμηση.
- ✓ Η κεντρική νότα του φωνητικού εύρους των τραγουδιστών συσχετίζεται επίσης έντονα με την ταξινόμηση φωνής.

Συνεπώς παρατηρούμε ότι τόσο ο τόνος όσο και το εύρος/έκταση αποτελούν τελικά καλούς δείκτες για την ταξινόμηση της φωνής (32, 73, 75).

## ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ

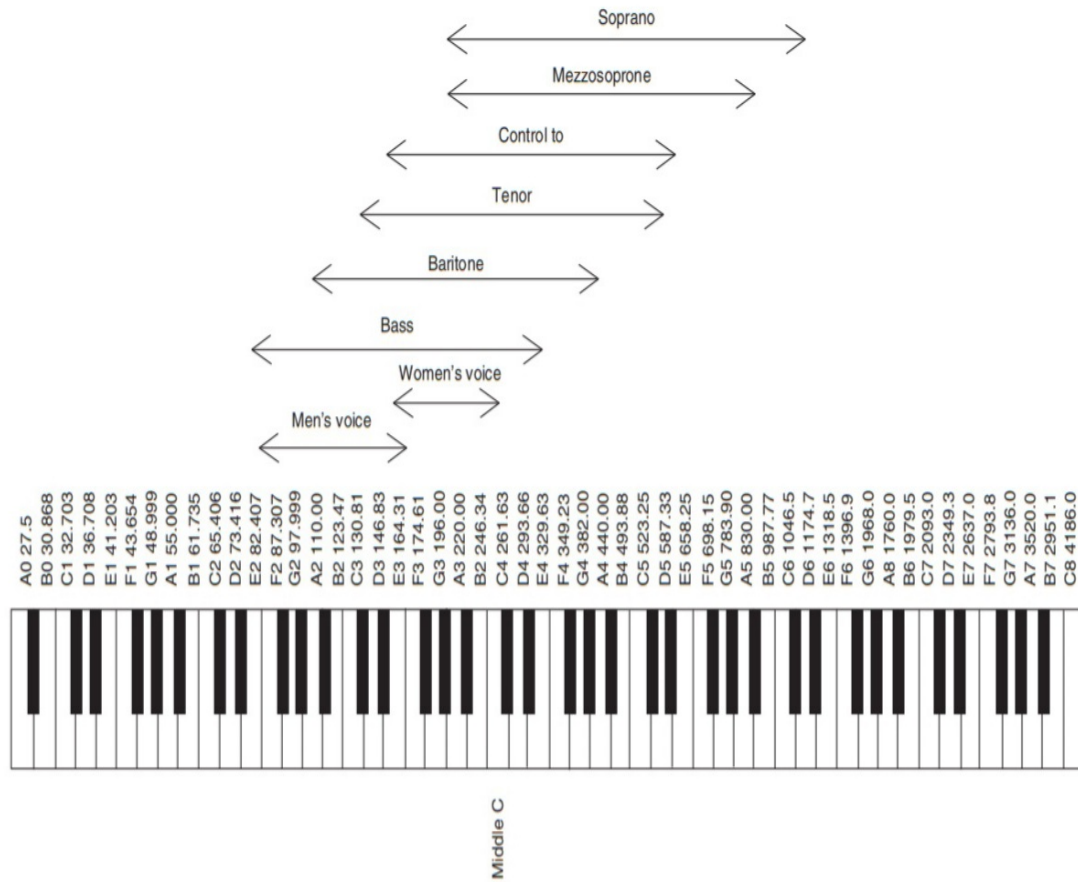
Ήδη από το 1938, ο Zimmermann μετρήσε το μήκος των φωνητικών χορδών με το λαρυγγόμετρο του Ekner και κατέληξε στα εξής: Οι ανδρικές φωνές ταξινομούνται σε: χαμηλού τόνου φωνή (μπάσος) - basso (24-25mm), βαρύτονος - baritono (21-24mm), υψίφωνος - tenore (18-20mm). Η γυναικεία φωνή ταξινομείται σε: μεσόφωνη - contralto (18-21mm), ημιυψίφωνη - mezzosoprano (18-19mm), υψίφωνη - soprano (14-17mm). Στο ίδιο αποτέλεσμα κατέληξαν Κινέζοι ερευνητές μετά από ακτινολογικό έλεγχο (76, 77).

Μέσω παρατηρήσεων και μετρήσεων που έχουν γίνει, βρέθηκε πως η έκταση του τόνου της φωνής τόσο των ανδρών όσο και των γυναικών στο τραγούδι είναι τουλάχιστον δύο οκτάβες, ενώ σπάνια μπορεί να φτάνει τις τρεις ή και περισσότερες. Στις γυναικείες φωνές η έκταση αρχίζει από το Mi (165 Hz) και φτάνει στο Do (1.047 Hz). Διακρίνονται τρεις κατηγορίες: υψίφωνη - soprano (Si 247 Hz - Do 1.047 Hz), ημιυψίφωνη - mezzosoprano ( Fa 175 Hz - Si 988 Hz), μεσόφωνη - contralto (Mi 165 Hz - Sol 784 Hz). Στις ανδρικές φωνές η έκταση αρχίζει από το Re (74 Hz) και φτάνει στο Do ( 524 Hz). Διακρίνονται τρεις κατηγορίες: 1). Τενόρος - tenore ( Do 131 Hz - Do 524 Hz) 2).Βαρύτονος - baritone ( Fa 88 Hz - Sol 392 Hz), 3). Μπάσος - basso (Re 74 Hz - Fa 350 Hz).

Μια άλλη ταξινόμηση διατηρεί τις παραπάνω κατηγορίες και τις συσχετίζει με την ποιότητα του ήχου, καταλήγοντας στα εξής: Η Soprano γυναικεία φωνή χαρακτηρίζεται από ύφος ελαφρύ λυρικό, λυρικό, ή δραματικό, ενώ η Mezzosoprano γυναικεία φωνή χαρακτηρίζεται από ύφος λυρικό ή δραματικό. Αντίστοιχα για τις ανδρικές φωνές, ο Tenor χαρακτηρίζεται από ελαφρύ λυρικό και δραματικό ύφος, ο Baritone, από λυρικό ή δραματικό και ο Basso από βαθύ.

Αν και υπάρχουν πολλές παιδαγωγικές μελέτες σχετικά με την ανατομία και φυσιολογία του τραγουδιού, εκείνες που αναφέρονται στο σύστημα Fach έχουν παραμείνει κατά κύριο λόγο στη σφαίρα καθορισμού της ορολογίας και των διαφόρων τύπων φωνών. Το σύστημα κατηγοριοποίησης Fach που αφορά τους επαγγελματίες τραγουδιστές της όπερας, ταξινομεί τις φωνές σε υποκατηγορίες των βασικών φωνών (π.χ. soubrette soprano, character tenor), με βάση τη σωματική

διάπλαση, την ηλικία και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της φωνής (Εικόνα 15) (1, 28, 32, 78, 79).



Εικόνα 15: Διαφορετικές φωνητικές ομάδες κατά την ταξινόμηση της ανδρικής και γυναικείας φωνής, με χρήση της θεμελιώδους συχνότητας (15)

## **ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### **ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να διερευνηθεί η ταξινόμηση της φωνητικής ικανότητας βάσει συχνοτήτων, σε σχέση με την ανατομία και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του λάρυγγα, σε επαγγελματίες τραγουδιστές χορωδίας. Η ανατομία του λάρυγγα και του φωνητικού τμήματος των συμμετεχόντων απεικονίσθηκε με πλάγια ακτινογραφία λάρυγγα υψηλής ευκρίνειας, ενώ τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά του λάρυγγα μελετήθηκαν μέσω στροβοσκοπικού ελέγχου.



## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

### **ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΝΤΑΞΗΣ – ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ, ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

#### **Κριτήρια ένταξης**

Στην έρευνα αυτή, εντάχθηκαν υγιή άτομα με επαγγελματική ή ερασιτεχνική ενασχόληση με τη φωνητική. Οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν στην ΩΡΛ Κλινική του Γενικού Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ιωαννίνων. το τελικό δείγμα του πληθυσμού της μελέτης διαμορφώθηκε στα 70 άτομα (άρρενα και θήλεα).

Ως τελικός πληθυσμός έρευνας ορίστηκαν τα άτομα που πληρούσαν συγκεκριμένα κριτήρια επιλογής. Απαραίτητη προϋπόθεση συμμετοχής στην παρούσα μελέτη ήταν η ταξινόμηση του κάθε εξεταζόμενου σε μια από τις υπάρχουσες κατηγορίες φωνητικής ικανότητας οριζόμενη από την έκταση της φωνής. Σημαντικό κριτήριο ένταξης στη μελέτη αποτέλεσε επίσης η ηλικία. Είναι γνωστό ότι η ενηλικίωση έχει καταλυτικό ρόλο στη διαμόρφωση της φωνής ενώ η γήρανση αλλοιώνει τη φωνή. Βάσει αυτού επιλέχθηκαν άτομα ηλικίας 18-65 ετών.

Άτομα του γυναικείου φύλου μπορούσαν να ενταχθούν στη μελέτη και να υποβληθούν στην απαιτούμενη ακτινογραφία λάρυγγα μόνο κατόπιν αρνητικού τεστ κήσεως ούρων. Απαραίτητη προϋπόθεση επίσης αποτελούσε η ενυπόγραφη δήλωση συγκατάθεσης για συμμετοχή στη μελέτη από τον κάθε εξεταζόμενο.

#### **Κριτήρια αποκλεισμού**

Το κάπνισμα αλλοιώνει τη φωνή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της στους καπνιστές. Για το λόγο αυτό, οι επαγγελματίες τραγουδιστές που ήταν καπνιστές δε συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη. Ομοίως, όσοι είχαν ιστορικό καταχρήσεων (π.χ. αλκοόλ, εξαρτησιογόνες ουσίες, ψυχοτρόπα φάρμακα κ.λπ.), όσοι ελάμβαναν φάρμακα που αποδεδειγμένα επηρεάζουν τη φωνή (π.χ. ορμονικά σκευάσματα, εισπνεόμενα στεροειδή κ.λπ.) ή άτομα που έρχονται σε επαφή με περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη φωνή (π.χ. σκόνη, καπνός), αποκλείστηκαν από τη μελέτη.

Δεδομένου ότι παθήσεις των φωνητικών χορδών επηρεάζουν τη φώνηση σε άλλοτε άλλο βαθμό, άτομα με συναφή παθολογία δε συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη. οι

παθήσεις αυτές, περιλαμβάνουν τις φωνοτραυματικές βλάβες, όπως οζίδια φωνητικών χορδών, τους πολύποδες των φωνητικών χορδών, το οίδημα Reinke, τις κύστες των φωνητικών χορδών, τις αγγειακές εκτασίες των φωνητικών χορδών ή τα κοκκιώματα των αρυταινοειδών, χόνδρων καθώς και τις φλεγμονώδεις παθήσεις όπως η λαρυγγίτιδα. Επιπλέον, άτομα που είχαν παρουσιάσει τις τελευταίες δύο εβδομάδες: (α) οποιαδήποτε διαταραχή του ανώτερου ή κατώτερου αναπνευστικού συστήματος, (β) συμπτώματα από το λάρυγγα ή τη φωνή, (γ) συμπτώματα γαστροοισοφαγικής παλινδρόμησης (Gastroesophageal Reflux Disease, GERD), (δ) συμπτώματα λαρυγγοφαρυγγικής παλινδρόμησης (Laryngopharyngeal Reflux, LRP), δε συμπεριλήφθηκαν σε αυτή τη μελέτη. Από την παρούσα μελέτη εξαιρέθηκαν επίσης τα άτομα που είχαν υποβληθεί σε χειρουργεία που αφορούν την περιοχή του λάρυγγα και του τραχήλου, όπως (θυρεοειδεκτομή, αλλοιώσεις των φωνητικών χορδών, νεοπλασίες λάρυγγα κλπ), καθώς δεδομένα από μελέτες έχουν δείξει πως η φωνή αλλοιώνεται μετεγχειρητικά από τέτοιες επεμβάσεις. Επιπλέον, όλες οι κινητικές διαταραχές του λάρυγγα όπως δυσφωνία, τρόμος και παράλυση του λάρυγγα στα πλαίσια νευρολογικών παθήσεων, καθώς και νεοπλασματικές παθήσεις, όπως θηλώματα ή καρκινώματα στο λάρυγγα, αποτέλεσαν αιτία αποκλεισμού ατόμων από τη μελέτη.

### **Τελικό δείγμα του πληθυσμού της μελέτης**

Εξετάσθηκαν συνολικά 99 άτομα. Η πλειοψηφία των εξεταζόμενων που εξαιρέθηκαν από τη μελέτη (n = 29) , εμφάνιζε φωνοτραυματικές βλάβες ή/και φλεγμονώδεις παθήσεις.

Συγκεκριμένα, εξαιρέθηκαν τρία άτομα με πολύποδα φωνητικής χορδής, ένα άτομο με οίδημα Reinke, έξι άτομα με φωνητικά οζίδια, δώδεκα άτομα με λαρυγγική παλινδρόμηση, δύο άτομα με λαρυγγίτιδα, ένα άτομο με αιμάτωμα φωνητικής χορδής, τρία άτομα με αγγειεκτασίες στην άνω επιφάνεια των φωνητικών χορδών και ένα άτομο με ιδιοπαθή μυϊκό τρόπο. Από τους εξετασθέντες κανείς δε διαγνώστηκε με νεοπλασματική πάθηση του λάρυγγα

## **ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Όλοι οι ασθενείς εξετάστηκαν δια ζώσης στα εξωτερικά ιατρεία της ΩΡΛ Κλινικής του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Ιωαννίνων (ΠΓΝΙ), ή στο εξεταστικό ιατρείο της ΩΡΛ Κλινικής, ενώ ο απεικονιστικός έλεγχος διενεργήθηκε στο Ακτινολογικό Εργαστήριο του ΠΓΝΙ. Όλοι οι ασθενείς ενημερώθηκαν πλήρως σχετικά με τις εξεταστικές μεθόδους στις οποίες θα υποβληθούν, καθώς και τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί. Όπως αναφέρθηκε ήδη, ο κάθε εξεταζόμενος συμπλήρωνε τη δήλωση συγκατάθεσης για τη συμμετοχή του στη μελέτη (Εικόνες 16, 17, 18).

## ΔΗΛΩΣΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ

### ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

### «*ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΦΩΝΗΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ*»

Το έντυπο αυτό έχει σκοπό να σας ενημερώσει για τη συμμετοχή σας στη μελέτη.

Η μελέτη μας θα διεξαχθεί στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Ιωαννίνων με τη συνεργασία της Ω.Ρ.Λ. Κλινικής και με το Ακτινολογικό τμήμα. Το υλικό θα αποτελούν 70 ασθενείς που έχουν ενασχόληση με το τραγούδι αλλά και μη σχετιζόμενοι με αυτό. Οι ασθενείς αυτοί, αρχικά, θα εξετάζονται με έμμεση λαρυγγοσκόπηση, ενδοσκόπηση λάρυγγα και στροβοσκόπηση ώστε να καταγραφούν ορισμένα κλινικά χαρακτηριστικά. Έπειτα, θα υπόκεινται σε έναν εξειδικευμένο απεικονιστικό έλεγχο. Συγκεκριμένα, θα διενεργηθεί η τεχνική της τηλεακτινογραφίας (ακτινολογική τεχνική που χρησιμοποιείται στην καρδιολογία και σε ορθοδοντικές μετρήσεις). Η συγκεκριμένη τεχνική περιλαμβάνει πλάγια ακτινογραφία του λάρυγγα με ανοιχτό στόμα σε απόσταση φιλμ- εστίας σταθερή στα 2 (δύο) μέτρα, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η παραλληλοποίηση των ακτινικών δεσμών και να ελαττώνεται η αύξηση της εικόνας (με αποτέλεσμα να γίνεται πιο ευκρινής). Σκοπός του ακτινολογικού ελέγχου είναι η μέτρηση των ανατομικών μερών του φωνητικού τμήματος, όπως απεικονίζονται. Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα που θα χρησιμοποιηθεί για αυτές τις μετρήσεις είναι το IMPAX. Οι ακτινογραφίες θα διενεργηθούν στο ακτινολογικό εργαστήριο του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Ιωαννίνων. Από το δείγμα εξεταζομένων, οι γυναίκες αναπαραγωγικής ηλικίας, μπορούν να υποβληθούν σε ακτινολογικό έλεγχο μόνον εφόσον το αποτέλεσμα του τεστ κύησης που θα διενεργείται στο Νοσοκομείο, είναι αρνητικό για κύηση.

Παράλληλα, θα γίνεται καταγραφή σε βάση δεδομένων, στοιχείων από το ιστορικό του εξεταζομένου που αφορούν τη μελέτη, όπως: σωματομετρικές παράμετροι, ηλικία, φύλλο, ατομικό και κληρονομικό ιστορικό, έξεις και τρόπος ζωής.

Τα στοιχεία αυτά θα επεξεργαστούν και θα γίνει στατιστική ανάλυση αυτών.

#### **Κίνδυνοι και προβλήματα**

Δεν έχουν αναφερθεί κίνδυνοι και προβλήματα

#### **Προσωπικά δεδομένα**

Μόνο διαπιστευμένο προσωπικό, θα έχει πρόσβαση στον φάκελό σας σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Νόμος περί προστασίας προσωπικών δεδομένων Ν. 2472/1997 και τροποποιήσεις βάσει του Ν.3783/2009).

#### **Προσωπικές πληροφορίες και τα αποτελέσματα**

Οι ερευνητές που συμμετέχουν σε αυτή τη μελέτη εγγυώνται την επιστημονική ακεραιότητα όσον αφορά την επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων της μελέτης. Οι προσωπικές σας πληροφορίες δεν θα ανακοινωθούν σε κανέναν (εκτός από τις περιπτώσεις που προβλέπονται από το νόμο).

Αν έχετε οποιοσδήποτε απορίες σχετικά με αυτήν την μελέτη, μπορείτε να επικοινωνήσετε ανά πάσα στιγμή, με τους υπογράφοντες ιατρούς:

Ιατρός, ... ..

Αριθμός τηλεφώνου ... ..



Για τη συσχέτιση της έκτασης της φωνής με την ανατομία του λάρυγγα, επιλέχθηκαν συγκεκριμένες μέθοδοι. Αρχή της εξέτασης, αποτέλεσε το ιστορικό του εξεταζόμενου, στη λήψη του οποίου βοήθησε ένα ειδικό πρωτόκολλο εξέτασης με μορφή ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο αυτό προτείνεται ως ειδικό πρωτόκολλο εξέτασης τραγουδιστή στο βιβλίο του κ. Εξαρχάκου Γεώργιου, Ομότιμου Καθηγητή Ωτορινολαρυγγολογίας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, με τίτλο "Φυσιολογία της φωνής". Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για τον κάθε εξεταζόμενο με βάση το ερωτηματολόγιο αυτό παρουσιάζονται στην εικόνα 19. Από το ιστορικό, προέκυψε επίσης η κατηγορία στην οποία ανήκει ο κάθε εξεταζόμενος (βάση έκτασης της φωνής), όπως είχε προσδιοριστεί από τους εκπαιδευτές φωνητικής. Οι κατηγορίες ήταν οι εξής:

- Για τις γυναίκες: Υψίφωνη- soprano (Si 247 Hz- Do 1.047 Hz), ημιυψίφωνη- mezzosoprano ( Fa 175Hz-Si 988 Hz), μεσόφωνη- contralto ή οξεία υψίφωνος (Mi 165 Hz- Sol 392 Hz).
- Για τους άνδρες: Τενόρος- tenore (Do 131 Hz- Do 524 Hz), βαρύτονος- baritono (Fa 88 Hz- Sol 392 Hz), μπάσος-basso (Re 74 Hz- Fa 350 Hz) (Εικόνα 20)

## **ΕΙΔΙΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΤΡΑΓΟΥΔΙΣΤΗ**

### **ΙΣΤΟΡΙΚΟ**

1. Όνομα: .....
2. Ηλικία: .....
3. Ύψος(μ): .....
4. Βάρος(kg): .....
5. Φύλο:   ΑΝΔΡΑΣ\_\_   ΓΥΝΑΙΚΑ\_\_
6. Κάπνισμα:    ΝΑΙ\_\_            ΟΧΙ\_\_
7. Ενασχόληση με τη γυμναστική:   ΝΑΙ\_\_   ΟΧΙ\_\_
8. Αμυγδαλεκτομή:   ΝΑΙ\_\_ ΟΧΙ\_\_
9. Ιστορικό παθήσεων λάρυγγα: ΝΑΙ\_\_   ΟΧΙ\_\_
10. Ενασχόληση με το τραγούδι:   ΝΑΙ\_\_ ΟΧΙ\_\_
11. Χρόνια εκμάθησης στο τραγούδι: .....

---

12. Σε ποιά κατηγορία κατατάσσετε με βάση την έκταση της φωνής σας?

ΓΥΝΑΙΚΕΣ

Υψίφωνη- soprano (Si 247 Hz- Do 1.047 Hz) \_\_

Ημιψίφωνη- mezzosoprano ( Fa 175Hz-Si 988 Hz) \_\_

Μεσόφωνη- contralto ( Mi 165 Hz- Sol 392 Hz) \_\_

ΑΝΔΡΕΣ

Τενόρος- tenore (Do 131 Hz- Do 524 Hz) \_\_

Βαρύτονος- baritono (Fa 88 Hz- Sol 392 Hz) \_\_

Μπάσος- basso (Re 74 Hz- Fa 350 Hz) \_\_

(Το εν λόγω ερωτηματολόγιο αποτελεί μέρος της έρευνας που διενεργείται στην Ωτορινολαρυγγολογική Κλινική του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ιωαννίνων. Τα αποτελέσματα αυτής θα μας δείξουν αν μπορεί να υπάρξει μια νέα ταξινόμηση της φωνής με βάση την ανατομία του λάρυγγα. Ευχαριστούμε για τη συμμετοχή σας).

**Εικόνα 20: Ειδικό πρωτόκολλο εξέτασης τραγουδιστή - σελίδα 2η**

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε ΩΡΛ κλινική εξέταση κεφαλής και τραχήλου, η οποία περιελάμβανε τις εξής διαδικασίες: επισκόπηση του στοματοφάρυγγα, ωτοσκόπηση, πρόσθια ρινοσκόπηση και ψηλάφηση του τραχήλου. Για την επισκόπηση του στοματοφάρυγγα χρησιμοποιήθηκε αποστειρωμένο ξύλινο γλωσσοπίεστρο καθώς και φακός φωτισμού κεφαλής. Η ωτοσκόπηση έγινε με τοποθέτηση κώνου στον έξω ακουστικό πόρο και χρήση φορητού ωτοσκοπίου άμεσου (θερμού) φωτισμού ή μικροσκοπίου. Η πρόσθια ρινοσκόπηση πραγματοποιήθηκε με μεταλλικό ρινοσκόπιο μεσαίου μεγέθους Killian και φακό φωτισμού κεφαλής.

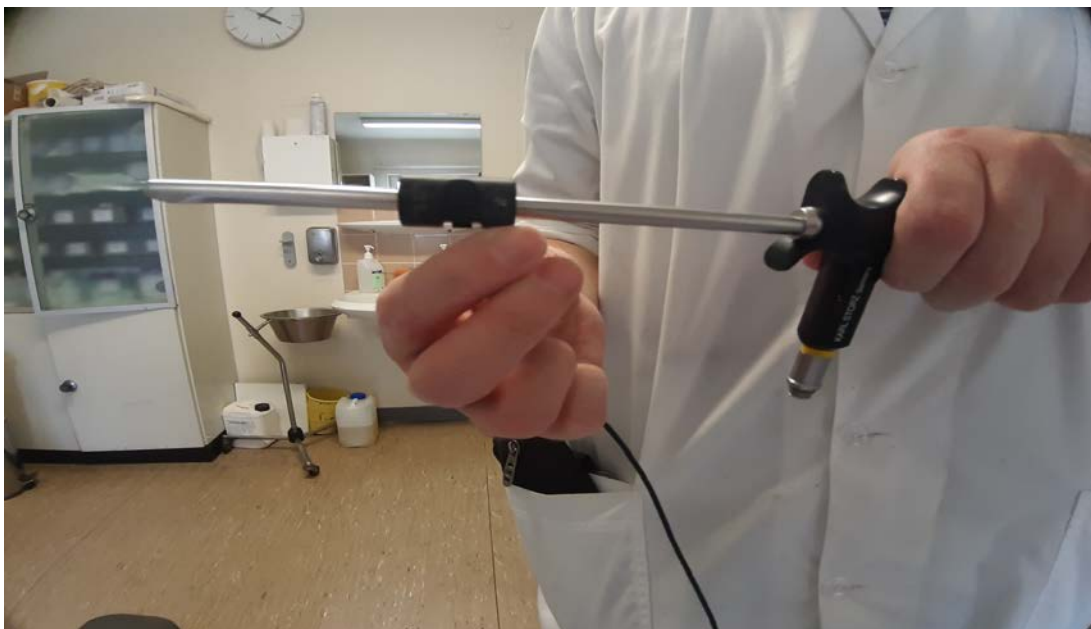
Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν εν συνεχεία σε στροβοσκοπικό έλεγχο του λάρυγγα. Με τη στροβοσκόπηση δύναται να εκτιμηθεί η κινητικότητα και



λειτουργία των γνήσιων φωνητικών χορδών, που ως γνωστόν μεταβάλλονται σε μορφή, εύρος και έκταση, ανάλογα με τον ήχο. Καταγράφεται επίσης αναλυτικά η ικανότητα, απουσία ή ελάττωση της δόνησης των φωνητικών χορδών και η απουσία ή μη του βλεννογονικού κύματος που φυσιολογικά υπάρχει κατά τη φώνηση (80-82).

Κατά τη διενέργεια της στροβοσκόπησης, παραγγέλθηκε από τον κάθε εξεταζόμενο να τραγουδήσει το φωνήεν /α/ σε κάποια νότα της tessitura. Η tessitura είναι η περιοχή στην οποία η φωνή είναι σε περιοχή φυσική και άνετη. Σε αυτή την περιοχή ο λάρυγγας βρίσκεται σε μη ακραία θέση και τάση αλλά σε φυσική θέση και σχετική ηρεμία.

Το μηχάνημα στροβοσκόπησης που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα σύστημα διαστοματικής ενδοσκόπησης με άκαμπτο ενδοσκόπιο 70° στο οποίο συνδέθηκε ένα μικρόφωνο στροβοσκόπησης καθώς και ένα πεντάλ. Κατά την ενδοσκόπηση του λάρυγγα, ο εξεταζόμενος κρατούσε το μικρόφωνο κοντά στην πηγή παραγωγής του ήχου, (κοντά στο στόμα του), ενώ ο εξεταστής πατούσε παράλληλα το πεντάλ στροβοσκόπησης. Μέσω αυτής της διαδικασίας η ενδοσκοπική εικόνα του λάρυγγα, μετατρέπεται σε στροβοσκοπική (Εικόνες 21, 22).



**Εικόνα 21:** Ενδοσκόπιο 70° και προσαρμοζόμενο μικρόφωνο στροβοσκόπησης



**Εικόνα 22: Ο εξεταστής ενδοσκοπεί το λάρυγγα του εξεταζόμενου ενώ πατάει το πεντάλ στροβοσκόπησης. Ταυτόχρονα ο εξεταζόμενος τοποθετεί το μικρόφωνο στροβοσκόπησης κοντά στο στόμα του**

Από τη στροβοσκόπηση, προέκυψαν κλινικές πληροφορίες σχετικά με μορφολογικά χαρακτηριστικά των φωνητικών χορδών. Παράλληλα, με τη χρήση της μεθόδου αυτής αποκλείστηκαν από τη μελέτη οι ασθενείς με παθήσεις των φωνητικών χορδών.

Εν συνεχεία, πραγματοποιήθηκε συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου από τον εξεταστή, το οποίο περιελάμβανε ερωτήσεις που αφορούν ορισμένων μορφομετρικών χαρακτηριστικών του λάρυγγα και ποιοτικών χαρακτηριστικών της φωνής, σύμφωνα με την υποκειμενική αξιολόγηση του εξεταστή. Το ερωτηματολόγιο αυτό αποτελεί συνέχεια του ειδικού πρωτοκόλλου εξέτασης που αναφέρθηκε προηγουμένως. Τα σημεία αξιολόγησης με τη χρήση αυτού του ερωτηματολογίου συνοψίζονται στην Εικόνα 23.

### **ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ**

Διαβατότητα ρινικών θαλαμών: Καλή\_\_ Ελατωμμένη\_\_

Ωτοσκόπηση: .....

Μέγεθος στοματοφάρυγγα: Μικρός\_\_ Μέσος\_\_ Μεγάλος\_\_

Σχήμα σκληράς υπερώας: Ωοειδής\_\_ Τοξοειδής\_\_ Επίπεδη\_\_

Επιγλωττίδα: Ανυψωμένη\_\_ Πεσμένη\_\_

Μήκος φωνητικών χορδών: Κοντές\_\_ Μέσες\_\_ Μακριές\_\_

Σχήμα φωνητικών χορδών: Στρογγυλές\_\_ Ταινίας\_\_

Εύρος φωνητικών χορδών: Στενές\_\_ Πλατιές\_\_ Μέσες\_\_

Πάχος φωνητικών χορδών: Λεπτές\_\_ Χονδρές\_\_ Μέσες\_\_

### **ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**

Μήκος φωνητικών χορδών: .....

Μήκος στοματοφάρυγγα: .....

Μήκος ΑΠΕ: .....

### **ΕΞΕΤΑΣΗ ΟΜΙΛΙΑΣ**

Τόνος: Μέσος\_\_ Οξύς\_\_ Βαρύς

Χρώμα: Κλειστό\_\_ Ανοιχτό\_\_

### **ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ:**

#### **Εικόνα 23: Ερωτηματολόγιο εξέτασης τραγουδιστή**

Η πέμπτη και τελευταία εξεταστική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη ήταν η ακτινολογική απεικόνιση του πλαγίου του λάρυγγα. Η εξέταση αυτή ονομάζεται αυχενική τηλεακτινογραφία ή οπισθοπρόσθια πλάγια ακτινογραφία λάρυγγα. Πρόκειται για απεικονιστική μέθοδο η οποία εφαρμόστηκε στο παρελθόν για τη διάγνωση καρδιολογικών και πνευμονικών παθήσεων, χωρίς τη χρήση σκιαγραφικού μέσου. Για την πραγματοποίηση της προσθιοπίσθιας τηλεακτινογραφίας πλαγίου του λάρυγγα, κάθε εξεταζόμενος στεκόταν όρθιος, σε απόσταση 180-200 cm μακριά από τη λυχνία του ακτινολογικού μηχανήματος, με

κλίση της κεφαλής κατά 14°. Οι ακτινογραφίες που περιείχαν ξένα σώματα, ασβεστοποιήσεις ή/και μαλακούς ιστούς και οστικές μάζες εξαιρέθηκαν από τη μελέτη μας. Οι διαστάσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικά εργαλεία που παρέχονται από το ηλεκτρονικό πρόγραμμα (AGFA IMPAX) και χρησιμοποιείται στο ΠΓΝΙ για την ανάγνωση απεικονιστικών εξετάσεων.

Κατά τη διαδικασία της ακτινογραφικής απεικόνισης, ζητήθηκε από τον τραγουδιστή να τραγουδήσει ξανά το φωνήεν /α/ στην tessitura όπως και στη στροβοσκοπική εξέταση. Προκειμένου να λάβουν μια πλάγια αυχενική στάση, οι εξεταζόμενοι κάθονταν σε ουδέτερη θέση με το κεφάλι σε ευθεία κλίση, όπως προτείνεται σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Η συγκεκριμένη εξέταση εμφανίζει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με την κλασική απλή ακτινογραφία. Η απόσταση των 180-200 cm, αυξάνει την ευκρίνεια της εικόνας που προκύπτει από την οπισθοπρόσθια ακτινογραφία. Επίσης, η θέση της κεφαλής, καθώς και η θέση του αντικειμένου σε αυτή την τεχνική, διατηρεί αναλλοίωτο το περίγραμμα της εικόνας.



**Εικόνα 24:** Τεχνικός του Ακτινολογικού Τμήματος του ΠΓΝΙ, μετακινεί τη λυχνία του ακτινογραφικού μηχανήματος, έτσι ώστε η απόστασή της από το φιλμ να είναι 200 cm

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πέραν της συλλογής των δεδομένων που προέκυψαν από το ειδικό πρωτόκολλο εξέτασης τραγουδιστή (Εικόνες 19, 20, 23), πραγματοποιήθηκαν συγκεκριμένες μετρήσεις του φωνητικού τμήματος.

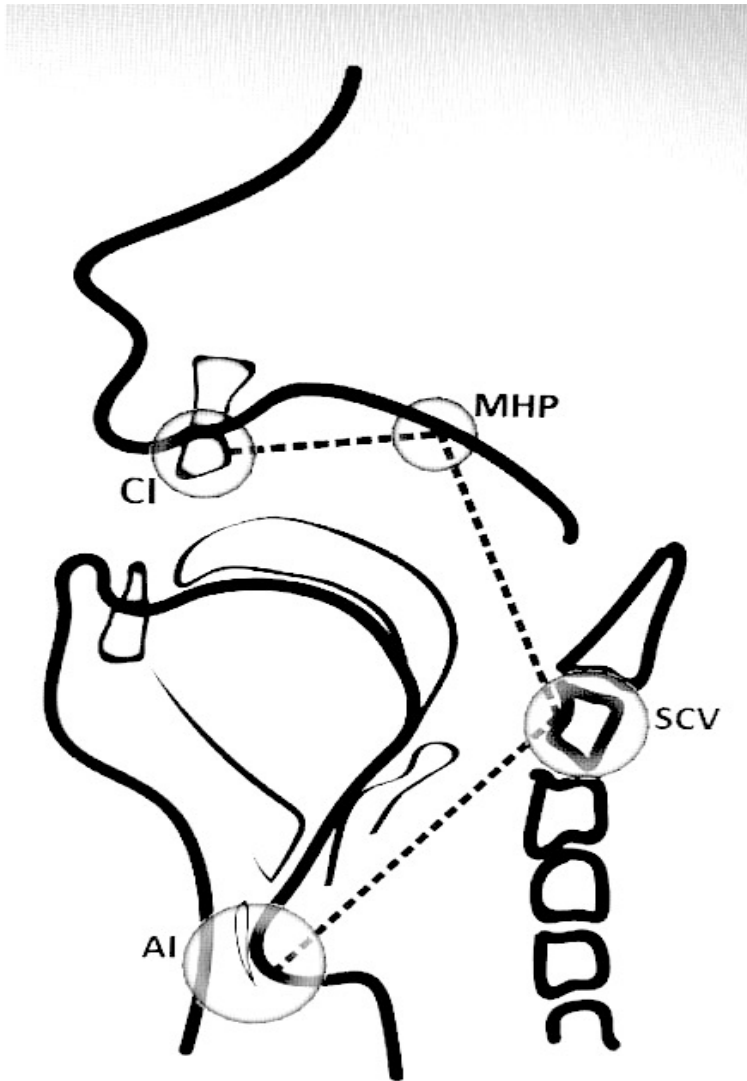
Το φωνητικό τμήμα απαρτίζεται από συγκεκριμένα μέρη, το καθένα από τα οποία έχει τη δική του σημασία στο φαινόμενο της αντήχησης της ακουστικής ενέργειας που γεννιέται στη γλωττίδα. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό, το σύνολο του φωνητικού τμήματος χωρίστηκε σε συγκεκριμένα τμήματα (με σημείο αναφοράς τους τομείς οδόντων). Οι αποστάσεις που όρισαν τα τμήματα αυτά έχουν συγκεκριμένη σημασία και είναι οι εξής (Εικόνα 25):

- ΤΟ-ΜΣΥ, η απόσταση από τους τομείς οδόντες έως τη μεσότητα της σκληρής υπερώας
- ΜΣΥ-ΔΑΣ, η απόσταση από τη μεσότητα της σκληρής υπερώας έως το δεύτερο αυχενικό σπόνδυλο
- ΔΑΣ-ΠΕ, η απόσταση από το δεύτερο αυχενικό σπόνδυλο έως την πρόσθια εντομή του λάρυγγα
- ΦΤ, η απόσταση που αντιπροσωπεύει το φωνητικό τμήμα και αποτελεί το άθροισμα των προαναφερθέντων αποστάσεων,  $\Phi T = \text{ΤΟ-ΜΣΥ} + \text{ΜΣΥ-ΔΑΣ} + \text{ΔΑΣ-ΠΕ}$
- ΣΤ, η απόσταση που αντιπροσωπεύει το μήκος του στοματοφάρυγγα και αποτελεί το άθροισμα των δύο πρώτων αποστάσεων,  $\Sigma T = \text{ΤΟ-ΜΣΥ} + \text{ΜΣΥ-ΔΑΣ}$

Ακολούθως μετρήθηκαν τα εξής, σε άνδρες και γυναίκες:

- Ο μέσος όρος του μήκους του φωνητικού τμήματος,  $\Phi T = (\text{ΤΟ-ΜΣΥ}) + (\text{ΜΣΥ-ΔΑΣ}) + (\text{ΔΑΣ-ΠΕ})$
- Ο μέσος όρος του μήκους της στοματοφαρυγγικής κοιλότητας,  $\Sigma \Phi = (\text{ΤΟ-ΜΣΥ}) + (\text{ΜΣΥ-ΔΑΣ})$

Οι αποστάσεις αυτές (μετρούμενες σε mm), συγκρίθηκαν μεταξύ των διαφορετικών ομάδων φωνής με βάση την έκταση, καθώς και μεταξύ ανδρών και γυναικών.



Εικόνα 25: Σχηματική απεικόνιση και ανατομικά μέρη του φωνητικού τμήματος, όπως απεικονίζονται στην οπισθοπρόσθια πλάγια ακτινογραφία του λάρυγγα.

CI = ΤΟ: τομέας οδόντα, MHP = ΜΣΥ: μεσότητα σκληρής υπερώας , SCV = ΔΑΣ: δεύτερος αυχενικός σπόνδυλος, AI = ΠΕ: πρόσθια εντομή



**Εικόνα 26: Οπισθοπρόσθια πλάγια ακτινογραφία λάρυγγα.**

Ο εξεταζόμενος απεικονίζεται καθώς τραγουδάει το φωνήεν /α/. Στη φωτογραφία απεικονίζονται οι μετρήσεις των αποστάσεων σε mm.

## ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε η ποσοτική μέθοδος καθώς προσφέρει μετρήσιμα δεδομένα μέσω τυποποιημένων και καθορισμένων διαδικασιών καταλήγοντας έτσι σε αντικειμενικά αποτελέσματα. Με την ανάλυση των δεδομένων μπορούν εξαχθούν συμπεράσματα για το δείγμα της έρευνας. Για την καταγραφή των απόψεων χρησιμοποιήθηκαν οι απόλυτες και σχετικές συχνότητες (%). Χρησιμοποιήθηκαν μέτρα θέσης όπως η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για την επεξήγηση τους.

Η κανονικότητα των δεδομένων ελέγχθηκε με στατιστικό έλεγχο Kolmogorov-Smirnov με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ . Για τον έλεγχο της ομοιογένειας χρησιμοποιήθηκε ο στατιστικός έλεγχος ANOVA και το μη παραμετρικό τεστ Kruskal – Wallis, με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ . Για το έλεγχο εξάρτησης (συσχέτισης) μεταξύ των ποιοτικών μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε ο στατιστικός έλεγχος Pearson  $\chi^2$  με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ .

Για τον έλεγχο των συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών ενδιαφέροντος χρησιμοποιήθηκε το παραμετρικό τεστ One way ANOVA και το μη παραμετρικό τεστ Kruskal Wallis. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο IBM SPSS STATISTICS 22.0.



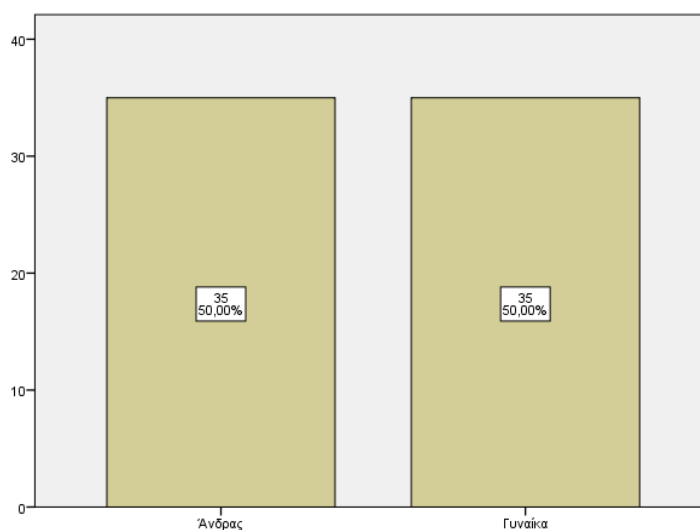
## ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### Φύλο

Στον Πίνακα 1– Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η κατανομή των συμμετεχόντων με βάση το φύλο.

Φύλο	Απόλυτη Συχνότητα	Σχετική Συχνότητα (%)
Άνδρας	35	50,0
Γυναίκα	35	50,0
Σύνολο	70	100,0

**Πίνακας 1.** Κατανομή συμμετεχόντων βάσει Φύλου



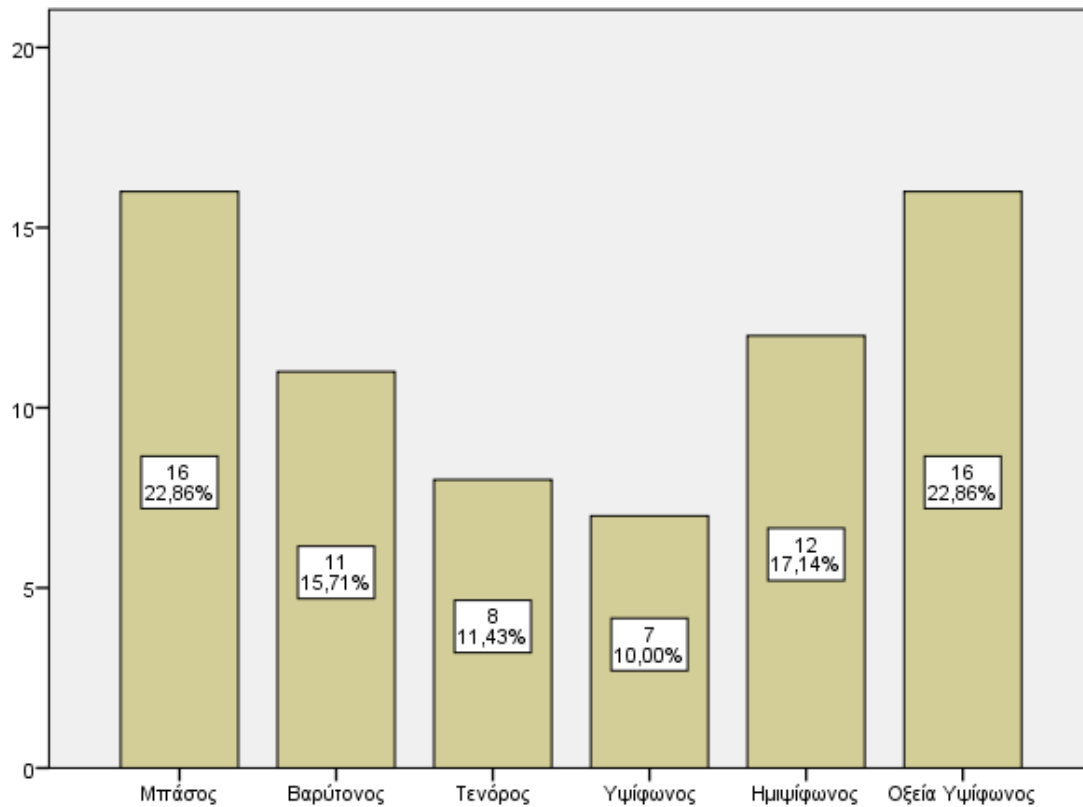
**Διάγραμμα 1.** Ραβδόγραμμα συμμετεχόντων βάσει φύλου

### Κατηγορία Φωνής

Στον Πίνακα 2- Διάγραμμα 2 παρουσιάζεται η κατανομή των συμμετεχόντων με βάση την κατηγορία φωνής. Όπως ήδη αναφέρθηκε, στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν 70 υγιή άτομα και το δείγμα κατανεμήθηκε ισομερώς σε δύο υποομάδες με βάση το φύλο ( $n = 35$  άνδρες,  $n = 35$  γυναίκες). Από την κατανομή του πληθυσμού της μελέτης. Παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων αντιπροσωπεύει τις κατηγορίες των ακραίων συχνοτήτων, δηλαδή τους μπάσους για τους άνδρες και τις οξεία υψίφωνους για τις γυναίκες.

Φύλο	Απόλυτη Συχνότητα	Σχετική Συχνότητα (%)
Μπάσος	16	22,9
Βαρύτονος	11	15,7
Τενόρος	8	11,4
Υψίφωνος	7	10,0
Ημιυψίφωνος	12	17,1
Οξεία Υψίφωνος	16	22,9
<b>Σύνολο</b>	<b>70</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 2.** Κατανομή συμμετεχόντων βάσει Κατηγορίας Φωνής



**Διάγραμμα 2.** Ραβδόγραμμα συμμετεχόντων βάσει Κατηγορίας Φωνής

- **Ηλικία –Βάρος –Ύψος –Έτη Εκμάθησης Τραγουδιού**

Στον Πίνακα 3- Διάγραμμα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δημογραφικών δεδομένων των συμμετεχόντων καθώς και τα έτη εκμάθησης τραγουδιού

	Συνολικός Πληθυσμός N = 70	Άνδρες N= 35	Γυναίκες N= 35
Ηλικία (έτη), Μ.Τ. (Τ.Α.)	38,64 (16,52)	36,51 (14,34)	40,77 (18,41)
Βάρος (κιλά), Μ.Τ. (Τ.Α.)	72,46 (10,88)	76,71 (9,96)	68,20 (10,19)
Ύψος (μέτρα), Μ.Τ. (Τ.Α.)	1,73 (0,08)	1,76 (0,06)	1,70 (0,08)
Έτη εκμάθησης τραγουδιού (έτη), Μ.Τ. (Τ.Α.)	9,26 (7,13)	9,63 (7,74)	8,89 (6,95)

**Πίνακας 3.** Κατανομή συμμετεχόντων ανά ηλικία, βάρος, ύψος, έτη εκμάθησης στο τραγούδι

Μ.Τ. = Μέση τιμή, Τ.Α. = Τυπική απόκλιση

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ

Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία συσχετίστηκαν οι μεταβλητές ενδιαφέροντος με την κατηγορία φωνής στην οποία ανήκουν οι συμμετέχοντες και ειδικότερα ανάμεσα σε όλους τους συμμετέχοντες αλλά και των επιμέρους κατηγοριών (μπάσος, βαρύτονος, τενόρος και υψίφωνος, ημιυψίφωνος και οξεία υψίφωνος). Στη δεύτερη κατηγορία πραγματοποιήθηκε συσχέτιση των μεταβλητών με το φύλο των συμμετεχόντων. Για όλους τους ελέγχους αρχικά πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας με στόχο την επιλογή του καταλληλότερου στατιστικού τεστ.

## ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΝΗΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ

Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μέσων αποστάσεων μεταξύ όλων των τραγουδιστών. Από τη σύγκριση και συσχέτιση των μέσων αποστάσεων, παρατηρήθηκε σημαντικά στατιστική διαφορά για όλες τις κατηγορίες φωνής και για όλες τις μέσες τιμές των αποστάσεων.

Όσον αφορά τη σύγκριση των μέσων αποστάσεων για το ΤΟ-ΜΣΥ, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά [ $p = 0,004$ ] μεταξύ όλων των ομάδων τραγουδιστών της όπερας. Μεταξύ της ίδιας ομάδας παρατηρήθηκε επίσης σημαντική διαφορά

των μέσων αποστάσεων της ΜΣΥ-ΔΑΣ [ $p = 0,032$ ]. Ομοίως, μεταξύ όλων των ομάδων τραγουδιστών της όπερας παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά [ $p = 0,000$ ] για το ΔΑΣ-ΠΕ, όπως και για το μέσο μήκος της φωνητικής περιοχής ΦΤ [ $p < 0,001$ ]. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν επίσης στο μέσο μήκος του ΣΦ για την ομάδα όλων των τραγουδιστών της όπερας [ $p = 0,000$ ] (Πίνακας 4).

Αποστάσεις (mm)/ φωνητική κατηγορία	ΤΟ-ΜΣΥ	ΜΣΥ-ΔΑΣ	ΔΑΣ-ΠΕ	ΦΤ	ΣΦ
	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)
<b>Μπάσος</b>	57,50 (9,07)	95,98 (11,31)	85,53 (11,28)	239,02 (12,36)	153,48 (10,88)
<b>Βαρύτονος</b>	51,10 (5,14)	89,13 (7,97)	73,01 (8,40)	213,44 (3,99)	140,42 (7,68)
<b>Τενόρος</b>	49,05 (8,66)	85,97 (7,76)	62,91 (17,02)	197,93 (19,53)	135,02 (13,78)
<b>Υψίφωνος</b>	55,94 (10,04)	85,78 (6,93)	72,51 (6,97)	220,12 (13,04)	147,61 (18,35)
<b>Ημιυψίφωνος</b>	47,47 (4,02)	87,16 (9,88)	69,70 (7,68)	204,35 (9,06)	134,64 (8,28)
<b>Οξεία Υψίφωνος</b>	48,52 (4,86)	85,66 (9,86)	57,42 (11,21)	191,61 (10,21)	134,19 (11,36)
<b>F</b>		2,62	11,82		6,48
<b>p-value</b>	0,004	0,032	<0,001	<0,001	<0,001

**Πίνακας 4.** Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ όλων των τραγουδιστών

**Μ.Τ.** = Μέση τιμή, **Τ.Α.** = Τυπική απόκλιση, **ΔΑΣ** = Δεύτερος αυχενικός σπόνδυλος, **ΜΣΥ** = Μεσότητα σκληρής υπερώας, **ΠΕ** = πρόσθια εντομή, **ΣΦ** = μήκος στοματοφαρυγγικής κοιλότητας, **ΤΟ** = Τομέας Οδόντας, **ΦΤ** = φωνητικό τμήμα

Στον Πίνακα 5, 6, 7 και 8 παρουσιάζονται οι συγκρίσεις των μέσων αποστάσεων μεταξύ των συγκεκριμένων κατηγοριών ταξινόμησης της φωνής.

Ειδικότερα έγινε έλεγχος για την ύπαρξη διαφορών στις αποστάσεις μεταξύ μπάσων, βαρύτονων και τενόρων (Πίνακας 5, 6) καθώς και μεταξύ υψίφωνων, ημιυψίφωνων και οξεία υψίφωνων (Πίνακας 6, 7).

Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε για τη μέση απόσταση ΤΟ-ΜΣΥ [ $p = 0,042$ ] με τη διαφορά να εντοπίζεται ανάμεσα στους μπάσους και τους τενόρους [ $p = 0,023$ ]. Από τη σύγκριση των ομάδων μεταξύ τους, φάνηκε ότι όσο αυξάνεται η συχνότητα της ανδρικής φωνής (από μπάσο σε βαρύτονο και από βαρύτονο σε τενόρο), τόσο μειώνεται η μέση τιμή της απόστασης ΤΟ-ΜΣΥ. Πιο συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη μέση τιμή απόστασης ΤΟ-ΜΣΥ παρατηρήθηκε στους μπάσους (κατηγορία χαμηλότερων ανδρικών συχνοτήτων), η αμέσως μικρότερη στους βαρύτονους (κατηγορία μέσων συχνοτήτων) και η μικρότερη στους τενόρους (κατηγορία των υψηλότερων συχνοτήτων). Επίσης, παρατηρήθηκε μια στατιστικά σημαντική διαφορά για τη μέση απόσταση ΜΣΥ-ΔΑΣ [ $p = 0,049$ ] χωρίς όμως να μπορεί να διασαφηνιστεί ανάμεσα σε ποιες από τις τρεις ομάδες. Η μέση απόσταση του ΔΑΣ-ΠΕ διέφερε σημαντικά [ $p < 0,001$ ] στο σύνολο των συμμετεχόντων και ειδικότερα ανάμεσα στους μπάσους και τους βαρύτονους [ $p = 0,042$ ], όπως επίσης ανάμεσα στους μπάσους και τους τενόρους [ $p = 0,001$ ]. Για το μέσο μήκος του ΦΤ παρατηρήθηκε επίσης σημαντική διαφορά [ $p < 0,001$ ] στο συνολικό πληθυσμό και ειδικότερα ανάμεσα στους μπάσους και τους βαρύτονους [ $p < 0,001$ ], στους μπάσους και τους τενόρους [ $p < 0,001$ ] καθώς και στους βαρύτονους με τους τενόρους [ $p = 0,043$ ]. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν επίσης μεταξύ της μέσης απόστασης ΣΦ [ $p < 0,001$ ] στον πληθυσμό, και πιο συγκεκριμένα ανάμεσα στους μπάσους και τους βαρύτονους [ $p = 0,015$ ] και στους μπάσους με τους τενόρους [ $p = 0,002$ ] (Πίνακας 5 - 6).

Αποστάσεις (mm)/ φωνητική κατηγορία	ΤΟ-ΜΣΥ	ΜΣΥ-ΔΑΣ	ΔΑΣ-ΠΕ	ΦΤ	ΣΦ
	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)
<b>Μπάσος</b>	57,50 (9,07)	95,98 (11,31)	85,53 (11,28)	239,02 (12,36)	153,48 (10,88)
<b>Βαρύτονος</b>	51,10 (5,14)	89,13 (7,97)	73,01 (8,40)	213,44 (3,99)	140,42 (7,68)
<b>Τενόρος</b>	49,05 (8,66)	85,97 (7,76)	62,91 (17,02)	197,93 (19,53)	135,02 (13,78)
<b>F</b>		3,32	10,04	31,43	9,41
p-value	0,042	0,049	<0,001	<0,001	0,001

**Πίνακας 5.** Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ κατηγοριών ανδρικών φωνών:

μπάσος, βαρύτονος και τενόρος

**Μ.Τ.** = Μέση τιμή, **Τ.Α.** = Τυπική απόκλιση, **ΔΑΣ** = Δεύτερος αυχενικός σπόνδυλος, **ΜΣΥ** = Μεσότητα σκληρής υπερώας, **ΠΕ** = πρόσθια εντομή, **ΣΦ** = μήκος στοματοφαρυγγικής κοιλότητας, **ΤΟ** = Τομέας Οδόντας, **ΦΤ** = φωνητικό τμήμα

	(I) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ	(J) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ	p-value
<b>ΤΟ-ΜΣΥ</b>	Μπάσος	Βαρύτονος	0,065
		Τενόρος	0,023
	Βαρύτονος	Μπάσος	0,065
		Τενόρος	0,576
<b>ΜΣΥ-ΔΑΣ</b>	Τενόρος	Μπάσος	0,023
		Βαρύτονος	0,576
	Μπάσος	Βαρύτονος	0,226
		Τενόρος	0,071
<b>ΔΑΣ-ΠΕ (ΣΠΕ)</b>	Βαρύτονος	Μπάσος	0,226
		Τενόρος	0,759
	Τενόρος	Μπάσος	0,071
		Βαρύτονος	0,759
<b>ΦΤ</b>	Μπάσος	Βαρύτονος	0,042
		Τενόρος	0,001
	Βαρύτονος	Μπάσος	0,042
		Τενόρος	0,212
<b>ΣΦ</b>	Τενόρος	Μπάσος	0,001
		Βαρύτονος	0,212
	Μπάσος	Βαρύτονος	<0,001
		Τενόρος	<0,001
<b>ΦΤ</b>	Βαρύτονος	Μπάσος	<0,001
		Τενόρος	0,043
	Τενόρος	Μπάσος	<0,001
		Βαρύτονος	0,043
<b>ΣΦ</b>	Μπάσος	Βαρύτονος	0,015
		Τενόρος	0,002
	Βαρύτονος	Μπάσος	0,015
		Τενόρος	0,563
<b>ΣΦ</b>	Τενόρος	Μπάσος	0,002
		Βαρύτονος	0,563

**Πίνακας 6.** Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ κατηγοριών: μπάσος, βαρύτονος και τενόρος ανά ζεύγη

**Μ.Τ.** = Μέση τιμή, **Τ.Α.** = Τυπική απόκλιση, **ΔΑΣ** = Δεύτερος αυχενικός σπόνδυλος, **ΜΣΥ** = Μεσότητα σκληρής υπερώας, **ΠΕ** = πρόσθια εντομή, **ΣΦ** = μήκος στοματοφαρυγγικής κοιλότητας, **ΤΟ** = Τομέας Οδόντας, **ΦΤ** = φωνητικό τμήμα

Η μέση απόσταση του ΔΑΣ-ΠΕ διέφερε σημαντικά [ $p = 0,001$ ] ανάμεσα σε υψίφωνους και οξείες υψίφωνους [ $p = 0,005$ ] και ανάμεσα σε ημιυψίφωνους και οξείες υψίφωνους [ $p = 0,007$ ]. Για το μέσο μήκος του ΦΤ παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά [ $p < 0,0001$ ] ανάμεσα σε υψίφωνους και οξείες υψίφωνους [ $p < 0,001$ ] καθώς και ημιυψίφωνους σε σχέση με τις οξείες υψίφωνους [ $p = 0,026$ ]. (Πίνακας 7 - 8).

Αποστάσεις (mm)/ φωνητική κατηγορία	ΤΟ-ΜΣΥ	ΜΣΥ-ΔΑΣ	ΔΑΣ-ΠΕ	ΦΤ	ΣΦ
	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)
Υψίφωνος	55,94 (10,04)	85,78 (6,93)	72,51 (6,97)	220,12 (13,04)	147,61 (18,35)
Ημιυψίφωνος	47,47 (4,02)	87,16 (9,88)	69,70 (7,68)	204,35 (9,06)	134,64 (8,28)
Οξεία Υψίφωνος	48,52 (4,86)	85,66 (9,86)	57,42 (11,21)	191,61 (10,21)	134,19 (11,36)
<b>F</b>		0,128	8,89		3,28
p-value	0,112	0,880	0,001	<0,001	0,051

**Πίνακας 7.** Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ κατηγοριών: υψίφωνος, ημιυψίφωνος και οξεία υψίφωνος  
Μ.Τ. = Μέση τιμή, Τ.Α. = Τυπική απόκλιση



	(I) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ	(J) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ	p-value
<b>ΔΑΣ-ΠΕ (ΣΠΕ)</b>	Υψίφωνος	Ημιψίφωνος	0,816
		Οξεία Υψίφωνος	0,005
	Ημιψίφωνος	Υψίφωνος	0,816
		Οξεία Υψίφωνος	0,007
	Οξεία Υψίφωνος	Υψίφωνος	0,005
		Ημιψίφωνος	0,007
<b>ΦΤ</b>	Υψίφωνος	Ημιψίφωνος	0,200
		Οξεία Υψίφωνος	<0,001
	Ημιψίφωνος	Υψίφωνος	0,200
		Οξεία Υψίφωνος	0,026
	Οξεία Υψίφωνος	Υψίφωνος	<0,001
		Ημιψίφωνος	0,026

**Πίνακας 8.** Σύγκριση μέσων αποστάσεων μεταξύ κατηγοριών: υψίφωνος, ημιψίφωνος και οξεία υψίφωνος, ανά ζεύγη

**Μ.Τ.** = Μέση τιμή, **Τ.Α.** = Τυπική απόκλιση, **ΔΑΣ** = Δεύτερος αυχενικός σπόνδυλος, **ΜΣΥ** = Μεσότητα σκληρής υπερώας, **ΠΕ** = πρόσθια εντομή, **ΣΦ** = μήκος στοματοφαρυγγικής κοιλότητας, **ΤΟ** = Τομέας Οδόντας, **ΦΤ** = φωνητικό τμήμα

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συσχέτισης μεταξύ των σωματομετρικών στοιχείων (ύψος, βάρος) και της ηλικίας με τη κατηγορία φωνής. Ειδικότερα έγινε έλεγχος για την ύπαρξη διαφορών ανάμεσα στις μετρούμενες αποστάσεις και τις κατηγορίες φωνής. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά για το ύψος [ $p < 0,001$ ] στο σύνολο των συμμετεχόντων και ειδικότερα ανάμεσα στους μπάσους και τους βαρύτονους [ $p = 0,000$ ] και ανάμεσα στους μπάσους και τενόρους [ $p < 0,001$ ]. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν επίσης για το βάρος [ $p < 0,001$ ] στο σύνολο του πληθυσμού αλλά και ανάμεσα στους μπάσους και τους βαρύτονους [ $p = 0,001$ ], στους μπάσο και τους τενόρους [ $p < 0,001$ ] και ανάμεσα στους βαρύτονους και τους τενόρους [ $p = 0,009$ ] (Πίνακας 9 - 10).

	ΗΛΙΚΙΑ	ΥΨΟΣ	ΒΑΡΟΣ
	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)	Μ.Τ. (Τ.Α.)
<b>Μπάσος</b>	34,75 (9,46)	1,81 (0,035)	84,44 (5,77)
<b>Βαρύτονος</b>	41 (17,01)	1,73 (0,040)	74,18 (6,64)
<b>Τενόρος</b>	33,88 (18,63)	1,69 (0,032)	64,75 (6,15)
<b>F</b>	0,784	35,22	28,76
<b>p-value</b>	0,465	0,000	0,000

**Πίνακας 9.** Σύγκριση ηλικίας, ύψους και βάρους μεταξύ κατηγοριών: μπάσος, βαρύτονος και τενόρος.

Μ.Τ. = Μέση τιμή, Τ.Α. = Τυπική απόκλιση

	(I) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ	(J) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ	p-value
<b>ΥΨΟΣ</b>	Μπάσος	Βαρύτονος	0,000
		Τενόρος	0,000
	Βαρύτονος	Μπάσος	0,000
		Τενόρος	0,057
	Τενόρος	Μπάσος	0,000
		Βαρύτονος	0,057
<b>ΒΑΡΟΣ</b>	Μπάσος	Βαρύτονος	0,001
		Τενόρος	0,000
	Βαρύτονος	Μπάσος	0,001
		Τενόρος	0,009
	Τενόρος	Μπάσος	0,000
		Βαρύτονος	0,009

**Πίνακας 10.** Σύγκριση μεταξύ κατηγοριών: μπάσος, βαρύτονος και τενόρος

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά για το ύψος [ $p < 0,001$ ] με τη διαφορά να εντοπίζεται ανάμεσα σε υψίφωνους και οξείς υψίφωνους [ $p < 0,001$ ] και ανάμεσα σε ημιυψήφωνους και οξείες υψίφωνους [ $p = 0,048$ ]. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν επίσης στο βάρος [ $p < 0,001$ ] με τη διαφορά να εντοπίζεται ανάμεσα σε υψίφωνο και οξεία υψίφωνο [ $p < 0,001$ ] (Πίνακας 11 - 12).

	<b>ΗΛΙΚΙΑ</b>	<b>ΥΨΟΣ</b>	<b>ΒΑΡΟΣ</b>
	<b>Μ.Τ. (Τ.Α.)</b>	<b>Μ.Τ. (Τ.Α.)</b>	<b>Μ.Τ. (Τ.Α.)</b>
<b>Υψίφωνος</b>	36,29 (17,66)	1,80 (0,063)	79,71 (6,47)
<b>Ημιψίφωνος</b>	39,57 (16,76)	1,71 (0,076)	70 (9,90)
<b>Οξεία Υψίφωνος</b>	43,50 (20,48)	1,64 (0,057)	61,81 (6,24)
<b>F</b>			
p-value	0,826	< 0,001	< 0,001

**Πίνακας 11.** Σύγκριση ηλικίας, ύψους και βάρους μεταξύ κατηγοριών: υψίφωνος, ημιψίφωνος και οξεία υψίφωνος.

Μ.Τ. = Μέση τιμή, Τ.Α. = Τυπική απόκλιση

	<b>(I) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>(J) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>p-value</b>
<b>ΥΨΟΣ</b>	Υψίφωνος	Ημιψίφωνος	0,144
		Οξεία Υψίφωνος	< 0,001
	Ημιψίφωνος	Υψίφωνος	0,144
		Οξεία Υψίφωνος	0,048
	Οξεία Υψίφωνος	Υψίφωνος	< 0,001
		Ημιψίφωνος	0,048
<b>ΒΑΡΟΣ</b>	Υψίφωνος	Ημιψίφωνος	,173
		Οξεία Υψίφωνος	< 0,001
	Ημιψίφωνος	Υψίφωνος	0,173
		Οξεία Υψίφωνος	0,051
	Οξεία Υψίφωνος	Υψίφωνος	< 0,001
		Ημιψίφωνος	0,051

**Πίνακας 12.** Σύγκριση μεταξύ κατηγοριών: υψίφωνος, ημιψίφωνος και οξεία υψίφωνος

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε έλεγχος συσχέτισης της κατηγορίας φωνής στην οποία ανήκουν οι συμμετέχοντες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αξιολόγησης (μεταβλητές ενδιαφέροντος) του ειδικού πρωτοκόλλου εξέτασης τραγουδιστή (Εικόνα 22)

Αρχικά εξετάστηκε η συσχέτιση των μπάσων, βαρύτονων και των τενόρων με τις μεταβλητές ενδιαφέροντος. Για τις συγκεκριμένες κατηγορίες συμμετεχόντων, βρέθηκε ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ της κατηγορίας φωνής και του μεγέθους του στοματοφάρυγγα ( $p < 0,001$ ), του σχήματος της σκληρής υπερώας ( $p = 0,004$ ), του μήκους ( $p < 0,001$ ), του εύρους ( $p < 0,001$ ) και του πάχους ( $p < 0,001$ ) των φωνητικών χορδών καθώς και του τόνου της ομιλίας ( $p < 0,001$ ) (Πίνακας 13).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13**

<b>ΔΙΑΒΑΤΟΤΗΤΑ ΡΙΝΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ</b>		<b>Σύνολο</b>		
		<b>Καλή</b>	<b>Ελαττωμένη</b>	
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Μπάσος</b>	9	7	16
		56,3%	43,8%	100,0%
	<b>Βαρύτονος</b>	5	6	11
		45,5%	54,5%	100,0%
	<b>Τενόρος</b>	6	2	8
		75,0%	25,0%	100,0%
<b>Σύνολο</b>		20	15	35
		57,1%	42,9%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		1,661		
<b>p – value</b>		0,436		
<b>ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΤΟΜΑΤΟΦΑΡΥΓΑ</b>		<b>Σύνολο</b>		
		<b>Μικρό</b>	<b>Μεσαίο</b>	<b>Μεγάλο</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Μπάσος</b>	0	0	16
		0,0%	0,0%	100,0%
	<b>Βαρύτονος</b>	1	9	1
		9,1%	81,8%	9,1%
	<b>Τενόρος</b>	8	0	0
		100,0%	0,0%	0,0%
<b>Σύνολο</b>		9	9	17
		25,7%	25,7%	48,6%
<b>Pearson Chi-Square</b>		58,22		
<b>p – value</b>		0,000		
<b>ΣΧΗΜΑ ΣΚΛΗΡΑΣ ΥΠΕΡΩΑΣ</b>		<b>Σύνολο</b>		
		<b>Ωοειδής</b>	<b>Τοξοειδής</b>	<b>Επίπεδη</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Μπάσος</b>	13	3	0
		81,3%	18,8%	0,0%
	<b>Βαρύτονος</b>	5	4	2
		45,5%	36,4%	18,2%
	<b>Τενόρος</b>	2	1	5
		25,0%	12,5%	62,5%
<b>Σύνολο</b>		20	8	7
		57,1%	22,9%	20,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		15,15		

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13**

<b>ΕΠΙΓΛΩΤΤΙΔΑ</b>					<b>Σύνολο</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Μπάσος</b>	<b>Ανυψωμένη</b>	<b>Πεσμένη</b>		
		7	9		16
		43,8%	56,3%		100,0%
	<b>Βαρύτονος</b>	6	5		11
		54,5%	45,5%		100,0%
	<b>Τενόρος</b>	6	2		8
		75,0%	25,0%		100,0%
	<b>Σύνολο</b>	19	16		35
		54,3%	45,7%		100,0%
Pearson Chi-Square		2,09			
p –value		0,350			
<b>ΜΗΚΟΣ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ</b>					<b>Σύνολο</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Μπάσος</b>	<b>Κοντές</b>	<b>Μέσες</b>	<b>Μακριές</b>	
		0	0	16	16
		0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	<b>Βαρύτονος</b>	0	9	2	11
		0,0%	81,8%	18,2%	100,0%
	<b>Τενόρος</b>	8	0	0	8
		100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	<b>Σύνολο</b>	8	9	18	35
		22,9%	25,7%	51,4%	100,0%
Pearson Chi-Square		60,45			
p –value		0,000			
<b>ΣΧΗΜΑ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ</b>					<b>Σύνολο</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Μπάσος</b>	<b>Στρόγγυλες</b>	<b>Ταινίας</b>		
		9	7		16
		56,3%	43,8%		100,0%
	<b>Βαρύτονος</b>	5	6		11
		45,5%	54,5%		100,0%
	<b>Τενόρος</b>	5	3		8
		62,5%	37,5%		100,0%
	<b>Σύνολο</b>	19	16		35
		54,3%	45,7%		100,0%
Pearson Chi-Square		0,58			
p –value		0,745			
<b>ΕΥΡΟΣ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ</b>					<b>Σύνολο</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Μπάσος</b>	<b>Στενές</b>	<b>Πλατιές</b>	<b>Μέσες</b>	
		1	15	0	16
		6,3%	93,8%	0,0%	100,0%
	<b>Βαρύτονος</b>	0	2	9	11
		0,0%	18,2%	81,8%	100,0%
	<b>Τενόρος</b>	8	0	0	8
		100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	<b>Σύνολο</b>	9	17	9	35

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13**

		25,7%	48,6%	25,7%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		54,69			
<b>p –value</b>		0,000			
<b>ΠΑΧΟΣ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ</b>					<b>Σύνολο</b>
		<b>Λεπτές</b>	<b>Χονδρές</b>	<b>Μέσες</b>	
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>Μπάσος</b>	2	14	0	16
<b>ΦΩΝΗΣ</b>		12,5%	87,5%	0,0%	100,0%
	<b>Βαρύτονος</b>	0	2	9	11
		0,0%	18,2%	81,8%	100,0%
	<b>Τενόρος</b>	8	0	0	8
		100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
<b>Σύνολο</b>		10	16	9	35
		28,6%	45,7%	25,7%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		50,10			
<b>p –value</b>		0,000			
<b>ΤΟΝΟΣ ΟΜΙΛΙΑΣ</b>					<b>Σύνολο</b>
		<b>Μέσος</b>	<b>Οξύς</b>	<b>Βαρύς</b>	
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>Μπάσος</b>	0	0	16	16
<b>ΦΩΝΗΣ</b>		0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	<b>Βαρύτονος</b>	9	0	2	11
		81,8%	0,0%	18,2%	100,0%
	<b>Τενόρος</b>	0	8	0	8
		0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
<b>Σύνολο</b>		9	8	18	35
		25,7%	22,9%	51,4%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		60,45			
<b>p –value</b>		0,000			
<b>ΧΡΩΜΑ ΟΜΙΛΙΑΣ</b>					<b>Σύνολο</b>
		<b>Κλειστό</b>	<b>Ανοιχτό</b>		
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>Μπάσος</b>		11	5	16
<b>ΦΩΝΗΣ</b>			68,8%	31,3%	100,0%
	<b>Βαρύτονος</b>		5	6	11
			45,5%	54,5%	100,0%
	<b>Τενόρος</b>		4	4	8
			50,0%	50,0%	100,0%
<b>Σύνολο</b>			20	15	35
			57,1%	42,9%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		1,66			
<b>p –value</b>		0,436			

**Πίνακας 13.** Έλεγχος συσχέτισης της κατηγορίας φωνής (μπάσος, βαρύτονος, τενόρος) με χαρακτηριστικά αξιολόγησης του ειδικού πρωτοκόλλου εξέτασης τραγουδιστή (Εικόνα 22)

Ομοίως πραγματοποιήθηκε έλεγχος της συσχέτισης των υψίφωνων, ημιψίφωνων και οξεία ηψίφωνων με τις ίδιες μεταβλητές ενδιαφέροντος. Από την ανάλυση των

δεδομένων παρατηρήθηκε ότι η κατηγορία φωνής συσχετίστηκε με τη διαβατότητα των ρινικών θαλάμων ( $p=0,013$ ), το μέγεθος του στοματοφάρυγγα ( $p < 0,001$ ), το σχήμα της σκληρής υπερώας ( $p=0,009$ ), του μήκους ( $p < 0,001$ ), του εύρους ( $p < 0,001$ ), και του πάχους ( $p < 0,001$ ) των φωνητικών χορδών καθώς και του τόνου της ομιλίας ( $p < 0,001$ ) (Πίνακας 14).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 14**

<b>ΔΙΑΒΑΤΟΤΗΤΑ ΡΙΝΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ</b>		<b>Καλή</b>	<b>Ελαττωμένη</b>	<b>Σύνολο</b>	
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Υψίφωνος</b>	2	5	7	
		28,6%	71,4%	100,0%	
	<b>Ημιυψίφωνος</b>	4	8	12	
		33,3%	66,7%	100,0%	
	<b>Οξεία Υψίφωνος</b>	13	3	16	
		81,3%	18,8%	100,0%	
<b>Σύνολο</b>		19	16	35	
		54,3%	45,7%	100,0%	
<b>Pearson Chi-Square</b>		8,67			
<b>p –value</b>		0,013			
<b>ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΤΟΜΑΤΟΦΑΡΥΓΓΑ</b>		<b>Μικρό</b>	<b>Μεσαίο</b>	<b>Μεγάλο</b>	<b>Σύνολο</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Υψίφωνος</b>	0	0	7	7
		0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	<b>Ημιυψίφωνος</b>	0	12	0	12
		0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	<b>Οξεία Υψίφωνος</b>	16	0	0	16
		100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
<b>Σύνολο</b>		16	12	7	35
		45,7%	34,3%	20,0%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		70,00			
<b>p –value</b>		0,000			
<b>ΣΧΗΜΑ ΣΚΛΗΡΑΣ ΥΠΕΡΩΑΣ</b>		<b>Ωοειδής</b>	<b>Τοξοειδής</b>	<b>Επίπεδη</b>	<b>Σύνολο</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Υψίφωνος</b>	5	0	2	7
		71,4%	0,0%	28,6%	100,0%
	<b>Ημιυψίφωνος</b>	3	7	2	12
		25,0%	58,3%	16,7%	100,0%
	<b>Οξεία Υψίφωνος</b>	2	5	9	16
		12,5%	31,3%	56,3%	100,0%
<b>Σύνολο</b>		10	12	13	35
		28,6%	34,3%	37,1%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		13,53			
<b>p –value</b>		0,009			
<b>ΕΠΙΓΛΩΤΤΙΔΑ</b>		<b>Ανυψωμένη</b>	<b>Πεσμένη</b>	<b>Σύνολο</b>	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 14**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ		Υψίφωνος	1	6	7	
			14,3%	85,7%	100,0%	
		Ημιυψίφωνος	8	4	12	
			66,7%	33,3%	100,0%	
		Οξεία Υψίφωνος	10	6	16	
			62,5%	37,5%	100,0%	
<b>Σύνολο</b>			19	16	35	
			54,3%	45,7%	100,0%	
Pearson Chi-Square		5,68				
p –value		0,058				
ΜΗΚΟΣ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ		Κοντές	Μέσες	Μακριές	Σύνολο	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ		Υψίφωνος	0	0	7	7
			0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
		Ημιυψίφωνος	0	12	0	12
			0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
		Οξεία Υψίφωνος	16	0	0	16
			100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
<b>Σύνολο</b>			16	12	7	35
			45,7%	34,3%	20,0%	100,0%
Pearson Chi-Square		70,00				
p –value		0,000				
ΣΧΗΜΑ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ					Σύνολο	
		Στρώγγυλες	Ταινίας			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ		Υψίφωνος	1	6	7	
			14,3%	85,7%	100,0%	
		Ημιυψίφωνος	5	7	12	
			41,7%	58,3%	100,0%	
		Οξεία Υψίφωνος	4	12	16	
			25,0%	75,0%	100,0%	
<b>Σύνολο</b>			10	25	35	
			28,6%	71,4%	100,0%	
Pearson Chi-Square		1,80				
p –value		0,405				
ΕΥΡΟΣ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ					Σύνολο	
		Στενές	Πλατιές	Μέσες		
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ		Υψίφωνος	0	7	7	
			0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
		Ημιυψίφωνος	0	0	12	12
			0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
		Οξεία Υψίφωνος	16	0	0	16
			100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
<b>Σύνολο</b>			16	7	12	35
			45,7%	20,0%	34,3%	100,0%
Pearson Chi-Square		70,00				



<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 14</b>				
<b>p –value</b>		0,000		
<b>ΠΑΧΟΣ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ</b>				<b>Σύνολο</b>
		<b>Λεπτές</b>	<b>Χονδρές</b>	<b>Μέσες</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Υψίφωνος</b>	0	7	0
		0,0%	100,0%	0,0%
	<b>Ημιυψίφωνος</b>	0	0	12
		0,0%	0,0%	100,0%
	<b>Οξεία</b>	16	0	0
	<b>Υψίφωνος</b>	100,0%	0,0%	0,0%
<b>Σύνολο</b>		16	7	12
		45,7%	20,0%	34,3%
<b>Pearson Chi-Square</b>		70,00		
<b>p –value</b>		0,000		
<b>ΤΟΝΟΣ ΟΜΙΛΙΑΣ</b>				<b>Σύνολο</b>
		<b>Μέσος</b>	<b>Οξύς</b>	<b>Βαρύς</b>
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Υψίφωνος</b>	0	0	7
		0,0%	0,0%	100,0%
	<b>Ημιυψίφωνος</b>	12	0	0
		100,0%	0,0%	0,0%
	<b>Οξεία</b>	0	16	0
	<b>Υψίφωνος</b>	0,0%	100,0%	0,0%
<b>Σύνολο</b>		12	16	7
		34,3%	45,7%	20,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		70,00		
<b>p –value</b>		0,000		
<b>ΧΡΩΜΑ ΟΜΙΛΙΑΣ</b>				<b>Σύνολο</b>
		<b>Κλειστό</b>	<b>Ανοιχτό</b>	
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΩΝΗΣ</b>	<b>Υψίφωνος</b>	3	4	7
		42,9%	57,1%	100,0%
	<b>Ημιυψίφωνος</b>	4	8	12
		33,3%	66,7%	100,0%
	<b>Οξεία</b>	6	10	16
	<b>Υψίφωνος</b>	37,5%	62,5%	100,0%
<b>Σύνολο</b>		13	22	35
		37,1%	62,9%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		0,173		
<b>p –value</b>		0,917		

**Πίνακας 14.** Έλεγχος συσχέτισης της κατηγορίας φωνής (υψίφωνος, ημιυψίφωνος και οξεία υψίφωνος) με χαρακτηριστικά αξιολόγησης του ειδικού πρωτοκόλλου εξέτασης τραγουδιστή (Εικόνα 22)

Κατά τον έλεγχο της συσχέτισης του φύλου των συμμετεχόντων με τις υπό μελέτη μεταβλητές, παρατηρήθηκε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του φύλου και του μεγέθους του στοματοφάρυγγα ( $p = 0,038$ ), του μήκους ( $p = 0,019$ ), του σχήματος ( $p=0,029$ ) και του εύρους ( $p = 0,038$ ) των φωνητικών χορδών καθώς και του τόνου της ομιλίας ( $p = 0,019$ ) (Πίνακας 15).

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 15</b>					
<b>ΔΙΑΒΑΤΟΤΗΤΑ ΡΙΝΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ</b>					<b>Σύνολο</b>
		<b>Καλή</b>	<b>Ελαττωμένη</b>		
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	20	15	35	
		57,1%	42,9%	100,0%	
	<b>Γυναίκα</b>	19	16	35	
		54,3%	45,7%	100,0%	
<b>Σύνολο</b>		39	31	70	
		55,7%	44,3%	100,0%	
<b>Pearson Chi-Square</b>	0,580				
<b>p –level</b>	0,810				
<b>ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΤΟΜΑΤΟΦΑΡΥΓΓΑ</b>		<b>Μικρό</b>	<b>Μεσαίο</b>	<b>Μεγάλο</b>	<b>Σύνολο</b>
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	9	9	17	35
		25,7%	25,7%	48,6%	100,0%
	<b>Γυναίκα</b>	16	12	7	35
		45,7%	34,3%	20,0%	100,0%
<b>Σύνολο</b>		25	21	24	70
		35,7%	30,0%	34,3%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>	0,655				
<b>p –level</b>	0,038				
<b>ΣΧΗΜΑ ΣΚΛΗΡΑΣ ΥΠΕΡΩΑΣ</b>		<b>Ωοειδής</b>	<b>Τοξοειδή</b>	<b>Επίπεδη</b>	<b>Σύνολο</b>
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	20	8	7	35
		57,1%	22,9%	20,0%	100,0%
	<b>Γυναίκα</b>	10	12	13	35
		28,6%	34,3%	37,1%	100,0%
<b>Σύνολο</b>		30	20	20	70
		42,9%	28,6%	28,6%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>	0,593				
<b>p –level</b>	0,051				
<b>ΕΠΙΓΛΩΤΤΙΔΑ</b>		<b>Ανυψωμένη</b>	<b>Πεσμένη</b>	<b>Σύνολο</b>	
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	19	16	35	
		54,3%	45,7%	100,0%	
	<b>Γυναίκα</b>	19	16	35	
		54,3%	45,7%	100,0%	
<b>Σύνολο</b>		38	32	70	
		54,3%	45,7%	100,0%	

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 15</b>					
<b>Pearson Chi-Square</b>		0,000			
<b>p –level</b>		1,000			
<b>ΜΗΚΟΣ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ</b>		<b>Κοντές</b>	<b>Μέσες</b>	<b>Μακριές</b>	<b>Σύνολο</b>
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	8	9	18	35
		22,9%	25,7%	51,4%	100,0%
	<b>Γυναίκα</b>	16	12	7	35
		45,7%	34,3%	20,0%	100,0%
	<b>Σύνολο</b>	24	21	25	70
		34,3%	30,0%	35,7%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		0,793			
<b>p –level</b>		0,019			
<b>ΣΧΗΜΑ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ</b>		<b>Στρογγυλες</b>	<b>Ταινία</b>		<b>Σύνολο</b>
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	19	16		35
		54,3%	45,7%		100,0%
	<b>Γυναίκα</b>	10	25		35
		28,6%	71,4%		100,0%
	<b>Σύνολο</b>	29	41		70
		41,4%	58,6%		100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		4,76			
<b>p –level</b>		0,029			
<b>ΕΥΡΟΣ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ</b>		<b>Στενές</b>	<b>Πλατιές</b>	<b>Μέσες</b>	<b>Σύνολο</b>
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	9	17	9	35
		25,7%	48,6%	25,7%	100,0%
	<b>Γυναίκα</b>	16	7	12	35
		45,7%	20,0%	34,3%	100,0%
	<b>Σύνολο</b>	25	24	21	70
		35,7%	34,3%	30,0%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		6,55			
<b>p –level</b>		0,038			
<b>ΠΑΧΟΣ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΧΟΡΔΩΝ</b>		<b>Λεπτές</b>	<b>Χονδρές</b>	<b>Μέσες</b>	<b>Σύνολο</b>
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	10	16	9	35
		28,6%	45,7%	25,7%	100,0%
	<b>Γυναίκα</b>	16	7	12	35
		45,7%	20,0%	34,3%	100,0%
	<b>Σύνολο</b>	26	23	21	70
		37,1%	32,9%	30,0%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		5,33			
<b>p –level</b>		0,069			
<b>ΤΟΝΟΣ ΟΜΙΛΙΑΣ</b>		<b>Μέσος</b>	<b>Οξύς</b>	<b>Βαρύς</b>	<b>Σύνολο</b>
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	9	8	18	35
		25,7%	22,9%	51,4%	100,0%
	<b>Γυναίκα</b>	12	16	7	35

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 15</b>					
<b>Σύνολο</b>		34,3%	45,7%	20,0%	100,0%
		21	24	25	70
		30,0%	34,3%	35,7%	100,0%
<b>Pearson Chi-Square</b>		7,93			
<b>p –level</b>		0,019			
<b>ΧΡΩΜΑ ΟΜΙΛΙΑΣ</b>		<b>Σύνολο</b>			
		<b>Κλειστό</b>	<b>Ανοιχτό</b>		
<b>ΦΥΛΟ</b>	<b>Άνδρας</b>	20	15	35	
		57,1%	42,9%	100,0%	
	<b>Γυναίκα</b>	13	22	35	
		37,1%	62,9%	100,0%	
<b>Σύνολο</b>		33	37	70	
		47,1%	52,9%	100,0%	
<b>Pearson Chi-Square</b>		2,80			
<b>p –level</b>		0,094			

**Πίνακας 15.** Έλεγχος συσχέτισης του φύλου με χαρακτηριστικά αξιολόγησης του ειδικού πρωτοκόλλου εξέτασης τραγουδιστή (Εικόνα 22)

## **ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Σκοπός της μελέτη αυτής ήταν να διερευνηθεί η ταξινόμηση της φωνητικής ικανότητας βάσει συχνοτήτων, σε σχέση με την ανατομία και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του λάρυγγα, σε επαγγελματίες τραγουδιστές χορωδίας. Η ανατομία του λάρυγγα και του φωνητικού τμήματος των συμμετεχόντων απεικονίσθηκε με πλάγια ακτινογραφία λάρυγγα υψηλής ευκρίνειας, ενώ τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά του λάρυγγα μελετήθηκαν μέσω στροβοσκοπικού ελέγχου. Στην παρούσα μελέτη εντάχθηκαν 70 υγιή άτομα με κοινό χαρακτηριστικό την ενασχόληση με το τραγούδι, βάση συγκεκριμένων κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού. Η κατηγορία στην οποία ανήκε ο κάθε συμμετέχων έγινε βάση της κλασσικής ταξινόμησης της φωνητικής έκτασης και ήταν συγκεκριμένη και υπολογισμένη από τον ειδικό εκπαιδευτή φωνής του κάθε εξεταζόμενου (76, 83, 84).

### **ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ**

Το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων αφορούσε τις κατηγορίες των ακραίων συχνοτήτων, δηλαδή τους μπάσους για τους άνδρες και τις οξείες υψίφωνους για τις γυναίκες.

Από τη ανάλυση των δεδομένων της παρούσας μελέτης βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα σε όλες τις κατηγορίες φωνής και για όλες τις μέσες τιμές των μετρούμενων αποστάσεων του φωνητικού συστήματος (ΤΟ-ΜΣΥ, ΜΣΥ-ΔΑΣ, ΔΑΣ-ΠΕ, ΦΤ, ΣΦ). Συγκεκριμένα για τους άνδρες, φάνηκε ότι όσο μειώνεται η απόσταση ΤΟ-ΜΣΥ τόσο αυξάνεται η συχνότητα της ανδρικής φωνής (από μπάσο σε βαρύτονο και από βαρύτονο σε τενόρο). Αντίστοιχα, όσο μειώνεται η απόσταση ΜΣΥ-ΔΑΣ και η ΔΑΣ-ΠΕ τόσο αυξάνεται η συχνότητα της ανδρικής φωνής. Η απόσταση ΔΑΣ-ΠΕ συσχετίσθηκε με τη αλλαγή της φωνητικής συχνότητας και στις γυναίκες. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι όσο μειώνεται η απόσταση ΔΑΣ-ΠΕ τόσο αυξάνεται η γυναικεία συχνότητα της φωνής.

Η απόσταση ΦΤ φάνηκε να είναι μεγαλύτερη σε φωνές χαμηλότερης συχνότητας (ανδρικές και γυναικείες), ενώ σε φωνές υψηλής συχνότητας η απόσταση αυτή ήταν μικρότερη. Παράλληλα, παρατηρήθηκε και στα 2 φύλα ότι μεγαλύτερες

αποστάσεις ΣΦ αντιστοιχούσαν σε χαμηλότερες συχνότητες φωνής. Αντίθετα, μικρότερες αποστάσεις ΣΦ αντιστοιχούσαν σε υψηλές συχνότητες. Επίσης, φάνηκε ότι η απόσταση ΦΤ ήταν συνολικά μεγαλύτερη στους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες.

Διάφορες μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της φωνητικής ικανότητας και την ανάλυση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών της φωνής. Μία από τις μεθόδους αυτές αφορά τους διάφορους τύπους ακτινογραφικών απεικονίσεων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μελέτης που χρησιμοποίησε την απλή ακτινογραφία, αποτελεί αυτή που εκπονήθηκε μεταξύ των ετών 1959-1991 στο Πανεπιστήμιο Μουσικής της Δρέσδης στη Γερμανία. Οι σπουδαστές που εντάχθηκαν στη μελέτη παρακολουθούσαν ατομική εκπαίδευση τραγουδιού και υποβλήθηκαν σε ακτινολογικό έλεγχο με πλάγια ακτινογραφία του λάρυγγα. Σε αυτή απεικονίζονταν ο φάρυγγας, ο λάρυγγας, το εγγύς τμήμα της τραχείας, οι αυχενικοί σπόνδυλοι καθώς και ένας μεταλλικός βαθμονομητής μέτρησης αποστάσεων, ο οποίος ήταν τοποθετημένος μπροστά από τη μέση γραμμή του λάρυγγα. Οι ακτινογραφίες πραγματοποιήθηκαν με το άτομο σε όρθια θέση και με κλειστό στόμα, ενώ η φωτογραφική πλάκα βρισκόταν σε απόσταση 100 cm από τον εξεταζόμενο. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την τεχνική που επιλέχθηκε στη δική μας έρευνα, όπου ο εξεταζόμενος βρισκόταν σε όρθια θέση, με ανοιχτό στόμα και την απόσταση μεταξύ εστίας- φιλμ στα 200 cm. Στη μελέτη αυτή που πραγματοποιήθηκε από τους Roers και συν., μετρήθηκε το συνολικό μήκος του φωνητικού τμήματος (vocal tract length, VT length), κατά αντιστοιχία με το ΦΤ της παρούσας μελέτης. Το συνολικό αυτό μήκος χωρίστηκε σε τρία τμήματα, το φαρυγγικό, το υπερώιο και το στοματικό. Το φαρυγγικό τμήμα εκτεινόταν από την πρόσθια εντομή του λάρυγγα έως τον δεύτερο αυχενικό σπόνδυλο και αντιστοιχό με το τμήμα ΔΑΣ - ΠΕ στην παρούσα μελέτη. Το υπερώιο τμήμα εκτεινόταν από τον δεύτερο αυχενικό σπόνδυλο έως την πρόσθια επιφάνεια του όγδοου γομφίου της άνω γνάθου. Αυτό διέφερε στην παρούσα μελέτη, όπου το τελικό άκρο της απόστασης αυτής ορίστηκε μέχρι τη μεσότητα της σκληρής υπερώας. Τέλος, το στοματικό τμήμα εκτεινόταν από τον όγδοο γομφίο έως τομέα οδόντα. Η αντίστοιχη απόσταση στην παρούσα μελέτη (απόσταση ΤΟ – ΜΣΥ) εκτεινόταν από τη μεσότητα της σκληρής υπερώας έως τον τομέα οδόντα. Εκτός από τις αυτές αποστάσεις, μετρήθηκε το οβελιαίο μήκος της

στοματικής κοιλότητας, το μήκος του λάρυγγα σε σχέση με τους σπονδύλους και το ύψος της υπερώας. Αντίθετα, στην παρούσα μελέτη, οι μετρήσεις περιορίστηκαν στο μήκος του φωνητικού τμήματος και το μήκος του στοματοφάρυγγα. Με βάση αυτές τις μετρήσεις ακολούθησε η σύγκριση και συσχέτιση με το μήκος των φωνητικών χορδών. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υψίφωνες γυναίκες εμφάνιζαν το μικρότερο μήκος VT, ενώ οι μπάσοι το μεγαλύτερο. Παρατηρήθηκε επίσης, ότι οι γυναίκες είχαν συνολικά μικρότερο μήκος VT από τους άνδρες, κατά 0,89 φορές. Από την ανάλυση των δεδομένων φάνηκε ότι το μήκος των φωνητικών χορδών μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια από τη μέγιστη οβελιαία διάμετρο της υπογλωττιδικής τραχείας. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έρχονται σε συμφωνία με τα προαναφερθέντα. Η απόσταση ΦΤ (αντίστοιχη της VT) φάνηκε να είναι μεγαλύτερη σε χαμηλής συχνότητας φωνές και μικρότερο σε υψηλής συχνότητας φωνές, ενώ οι άνδρες εμφάνισαν συνολικά μεγαλύτερο μήκος ΦΤ (76, 85, 86). Το 1979 επίσης, περιγράφηκε από τον Dmitriev και συν., η σχέση των μορφολογικών χαρακτηριστικών διάφορων τύπων φωνών με τις διαστάσεις των υπεργλωττιδικών κοιλοτήτων, με τη χρήση ακτινογραφίας. Συγκεκριμένα φάνηκε ότι η συχνότητα της φωνής αυξάνεται όσο μειώνεται το μήκος του φωνητικού τμήματος (87).

Η μαγνητική τομογραφία (MRI) έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ως απεικονιστική μέθοδος σε διάφορες μελέτες ανάλυσης της φωνής. Η MRI επίσης, έχει χρησιμοποιηθεί, για την ογκομετρική απεικόνιση της φωνητικής οδού. Στη μελέτη των Fitch και συν., πραγματοποιήθηκε σάρωση MRI με τους ασθενείς σε στάση ρινικής αναπνοής, ενώ η ραχιαία επιφάνεια της γλώσσας βρισκόταν σε πλήρη επαφή με τη σκληρή υπερώα. Το μήκος της φωνητικής οδού μετρήθηκε με τη μέθοδο της "καμπύλης γραμμής" από τη γλωττίδα έως τα άνω και κάτω χείλη. Με αυτή τη μέθοδο, φάνηκε ότι το μήκος αυτό είναι συνολικά μεγαλύτερο στους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες. Αυτή η διαφορά οφείλεται στην κάθοδο του λάρυγγα κατά την εφηβεία στους άνδρες, αντίστοιχα με τα αποτελέσματα της δικής μας μελέτης (88-91). Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και στην παρούσα μελέτη σχετικά με τη διαφορά του μήκους της φωνητικής οδού ανάμεσα στα 2 φύλα. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι 2 μελέτες διέφεραν στο σχεδιασμό

αναφορικά με την τεχνική απεικόνισης (MRI έναντι πλάγιας ακτινογραφίας λάρυγγα).

Για την ταξινόμηση της φωνής με βάση την έκταση, έχει επίσης χρησιμοποιηθεί η υπολογιστική τομογραφία (CT), καθώς και η τρισδιάστατη CT υψηλής ευκρίνειας (3D-HRCT). Σε μία μελέτη που χρησιμοποίησε τη CT ως απεικονιστική μέθοδο εξετάστηκε η σχέση του κρικοθυρεοειδικού διαστήματος με το φωνητικό εύρος γυναικείων φωνών. Το ύψος των θυρεοειδών και κρικοειδών χόνδρων μετρήθηκε χρησιμοποιώντας υπερήχους, ενώ οι λαρυγγικές διαστάσεις απεικονίστηκαν μέσω CT. Με τη χρήση όμως αυτής της απεικονιστικής μεθόδου δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ του κρικοθυρεοειδικού διαστήματος και του φωνητικού εύρους (92).

Πέραν όμως από τις κλασσικές μεθόδους απεικόνισης έχουν χρησιμοποιηθεί και νεότερες τεχνικές. Ένα παράδειγμα μη-κλασσικής απεικονιστικής μεθόδου, αποτελεί η χρήση λέιζερ. Σύμφωνα με μία νεότερη μελέτη, έχει προταθεί η μέτρηση των διαστάσεων των φωνητικών χορδών σε επαγγελματίες τραγουδιστές όπερας με τη βοήθεια τριγωνισμού λέιζερ. Σε αυτή τη μελέτη, ένα λέιζερ 1-mW ενσωματώθηκε σε ένα άκαμπτο ενδοσκόπιο 70 μοιρών. Το ενδοσκόπιο προσαρτήθηκε σε κάμερα υψηλής ταχύτητας ενώ ήταν απαραίτητη η υψηλή ανάλυση με 500 εικόνες το δευτερόλεπτο. Ο ήχος φωνής καταγράφηκε μέσω μικροφώνου και η ανάλυσή του έγινε με ειδικό πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στη συχνότητα των 260 Hz το μήκος της φωνητικής χορδής ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στους μπάσους και βαρύτονους. Παράλληλα, οι μπάσοι και οι βαρύτονοι είχαν το μεγαλύτερο πλάτος φωνητικών χορδών, ακολουθούμενοι από τους τενόρους, τις ημιψίφωνους (mezzo-soprano) και τις υψίφωνους (soprano) (93).

Σε έρευνα της Κινέζικης Ακαδημίας επιστημών και του Τμήματος Επιστημών του Λόγου και ακοής του Πανεπιστημίου του Hong Kong, χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία ακουστικής ανακλαστικής (acoustic reflection technique, ART) για τη μέτρηση τμημάτων της φωνητικής οδού. Συγκεκριμένα, μετρήθηκε το μήκος και ο όγκος της φωνητικής οδού σε επαγγελματίες φωνής μέσω ακουστικού φαρυγγόμετρου. Μέσω αυτής της τεχνικής οι ερευνητές κατέληξαν ότι όσο μικρότερο είναι το μήκος του φωνητικού τμήματος τόσο υψηλότερη είναι η συχνότητα. Αναλυτικότερα, φάνηκε ότι οι υψίφωνοι εμφάνιζαν σημαντικά μικρότερο μήκος φωνητικής οδού σε



σύγκριση με τις ημιψίφωνους (94). Τα αποτελέσματα της προηγούμενη παρατήρησης δεν επιβεβαιώθηκαν στην παρούσα μελέτη. Όπως ήδη αναφέρθηκε, στην παρούσα μελέτη οι ημιψίφωνοι εμφάνιζαν μικρότερες διαστάσεις της φωνητικής οδού συνολικά σε σχέση με τις υψίφωνους. Η διαφορά στο αποτέλεσμα αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στη διαφορετική τεχνική μέτρησης των διαστάσεων (ακτινογραφία vs ακουστικό φαρυγγόμετρο) και στην ακρίβεια μέτρησης που προσφέρει η καθεμία.

Η αυχενική τηλεακτινογραφία ή οπισθοπρόσθια πλάγια ακτινογραφία λάρυγγα, όπως ήδη αναφέρθηκε αποτελούσε την ακτινολογική μέθοδο της απεικόνισης του πλαγίου του λάρυγγα στον πληθυσμό της παρούσας μελέτης. Ιστορικά, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε αρχικά για πνευμονικές και καρδιακές παθήσεις. Ως απεικονιστική μέθοδος θεωρείται ότι παρέχει υψηλής ευκρίνειας αποτελέσματα, σε σχέση με την απλή ακτινογραφία. Η απεικόνιση αυτή, προκειμένου να επιτευχθεί η προσθιοπίσθια τηλεακτινογραφία πλαγίου του λάρυγγα, πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Κάθε εξεταζόμενος στεκόταν όρθιος και σε απόσταση 180-200 cm από τη λυχνία του ακτινολογικού μηχανήματος, με κλίση της κεφαλής κατά 14° (95). Οι εξεταζόμενοι ελάμβαναν πλάγια αυχενική στάση και κάθονταν σε ουδέτερη θέση με την κεφαλή σε ευθεία θέση, όπως προτείνεται στη βιβλιογραφία (96). Οι υποψήφιοι συμμετέχοντες με ανατομικούς περιορισμούς στη λήψη αυτών των θέσεων, αποκλείστηκαν από τη μελέτη (97, 98). Η επιλογή της συγκεκριμένης εξέτασης έγινε διότι εμφανίζει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με την κλασική απλή ακτινογραφία. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η απόσταση λήψης της προσθιοπίσθιας ακτινογραφίας, αυξάνει την ευκρίνεια της εικόνας. Επίσης, η θέση της κεφαλής, καθώς και η θέση του αντικειμένου σε αυτή την τεχνική, δε μεταβάλλει το περίγραμμα της εικόνας (97, 98). Οι κλινικές μελέτες χρησιμοποίησαν στους αλγόριθμους τους λήψεις των οπίσθιο-πρόσθιων ακτινογραφιών σε ενήλικες με υγιή ανατομική απεικόνιση. Σύμφωνα με αυτό ακτινογραφίες που περιείχαν ξένα σώματα, ασβεστοποιήσεις και/ή μαλακούς ιστούς και οστικές μάζες εξαιρέθηκαν από τη μελέτη (99). Πρέπει να σημειωθεί ότι στην παρούσα μελέτη προκειμένου να μειωθεί η δόση ακτινοβολίας, προτιμήθηκε η οπίσθια-πρόσθια προβολή από την παραδοσιακή πρόσθιο-οπίσθια προβολή ακτινογραφίας (100). Βασική προϋπόθεση συμμετοχής στην παρούσα μελέτη για τις

γυναίκες ήταν το αρνητικό τεστ κύησης ούρων, μιας και η ακτινοβολία επηρεάζει την εγκυμοσύνη (97-99, 101).

Η CT και η MRI, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως απεικονιστικές μέθοδοι οι και εξετάστηκαν ως διαγνωστικές τεχνικές λόγω της υψηλής ευκρίνειας και διαγνωστικής αξίας που παρέχουν. Παρόλα αυτά αποκλείστηκαν παρουσίασαν ιδιαίτερες δυσκολίες στη χρήση τους λόγω συγκεκριμένων περιορισμών. Οι δυσκολίες αφορούν αρχικά στη συγκατάθεση των συμμετεχόντων, μιας και πιο δύσκολα κάποιος εθελοντής μη ασθενής θα δεχόταν να υποβληθεί σε μια από τις δύο αυτές απεικονιστικές μεθόδους, σε σχέση με την ακτινογραφία. Μειονεκτήματα της MRI αποτελεί η χρονοβόρα φύση της εξέτασης και το υψηλό κόστος. Επίσης, εμφανίζει ευαισθησία στις κινήσεις και τις αναπνοές του εξεταζόμενου, ενώ αντενδείκνυται σε ασθενείς που φέρουν μεταλλικά υλικά (βηματοδότης, χειρουργικά clips, οδοντιατρικά εμφυτεύματα, ορθοπεδικά τεχνητά προθέματα, απινιδωτές) λόγω του ισχυρού μαγνητικού πεδίου που χρησιμοποιείται. Παράλληλα η παραμόρφωση που επιδέχεται η εικόνα από το μέταλλο είναι μεγάλη. Επίσης, αντενδείκνυται σε άτομα με μειωμένη αντοχή στο θόρυβο και σε άτομα με κλειστοφοβία (102, 103). Αν και η CT εμφανίζει περισσότερα πλεονεκτήματα, η υψηλή δόση ακτινοβολίας που χορηγείται στον ασθενή κατά τη διενέργειά της την καθιστά εξίσου δύσχρηστη για τον συγκεκριμένο πληθυσμό της μελέτης (104). Επιπρόσθετα η επάρκεια χρόνου και η διαθεσιμότητας των μηχανημάτων του Νοσοκομείου ήταν περιορισμένη ώστε να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της έρευνας για το χρονικό διάστημα που ορίστηκε. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ήδη αναφερθέντα η απλή ακτινογραφία υψηλής ευκρίνειας προτάθηκε και εν τέλει χρησιμοποιήθηκε ως η καταλληλότερη μέθοδος ακτινολογικής απεικόνισης στην παρούσα μελέτη.

#### **ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ ΜΕ ΤΑ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ - ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΤΡΟΒΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ**

Για τον προσδιορισμό των μορφομετρικών χαρακτηριστικών του λάρυγγα στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκε η εξεταστική μέθοδος της στροβοσκόπησης.

Με βάση τα αποτελέσματα της εξέτασης προέκυψε ότι όσο μικραίνει το μέγεθος του στοματοφάρυγγα στους άνδρες, τόσο αυξάνεται η συχνότητα της φωνής. Σε

αυτό τον πληθυσμό της μελέτης, οι χαμηλής συχνότητας φωνές συσχετίστηκαν με ωοειδές σχήμα σκληρής υπερώας. Αντιθέτως, οι υψηλής συχνότητας φωνές συσχετίστηκαν με επίπεδο σχήμα αυτής. Παρατηρήθηκε επίσης ότι καθώς αυξάνεται η συχνότητα της φωνής μειώνεται το μήκος, το εύρος και το πάχος των φωνητικών χορδών. Με την ίδια διαδικασία εξέτασης στις γυναίκες, παρατηρήθηκε ότι όσο μειώνεται το μέγεθος του στοματοφάρυγγα τόσο αυξάνεται η συχνότητα της φωνής. Παράλληλα, η αύξηση της συχνότητας της γυναικείας φωνής συσχετίστηκε με μικρότερο μήκος, εύρος και πάχος των φωνητικών χορδών. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η όξυνση του τόνου της φωνής συσχετίστηκε με την αύξηση της συχνότητάς της, τόσο στον ανδρικό όσο και στο γυναικείο πληθυσμό.

Στην παρούσα μελέτη οι γυναίκες εμφάνισαν μικρότερο μέγεθος στοματοφάρυγγα συγκριτικά με τους άνδρες. Το επικρατές σχήμα σκληρής υπερώας στους άνδρες ήταν το ωοειδές, ενώ στις γυναίκες το επίπεδο. Οι άνδρες επίσης, είχαν μακρύτερες, πλατύτερες και πιο παχιές φωνητικές χορδές σε σχέση με τις γυναίκες. Παράλληλα, οι άνδρες εμφάνιζαν βαρύτερο και πιο κλειστό τόνο ομιλίας συγκριτικά με τις γυναίκες.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της φωνής και συγκεκριμένα η χροιά (βαθιά για τους άνδρες και υψίσυχη για τις γυναίκες), αποτελούν στοιχεία αναγνώρισης του φύλου του ατόμου αλλά και στοιχεία προβληματισμού για την ταυτότητα του φύλου σε περιπτώσεις αναντιστοιχίας (105, 106). Είναι σημαντικό η γυναικεία φωνή να μη θεωρείται ως μια κατώτερη έκδοση της ανδρικής, καθώς το γυναικείο κανονιστικό μοντέλο φωνής θεωρείται πιο αξιόπιστο σε σχέση με το ανδρικό (107).

Οι πρώτες συσχετίσεις και ταξινομήσεις της φωνής πραγματοποιήθηκαν με βάση το φύλο. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η φωνή είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις ορμόνες του φύλου και επηρεάζεται με διαφορετικούς τρόπους κατά τη διάρκεια της ζωής των ατόμων. Διάφορες μελέτες στο παρελθόν στόχευσαν στην ανάλυση των παραγόντων που διαμορφώνουν και κατηγοριοποιούν τελικά την ανθρώπινη φωνή σε ανδρική και γυναικεία, με βάση τα ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ανατομικών δομών του λάρυγγα. Ο Titze το 1989, σύγκρινε τον ανδρικό με το γυναικείο λάρυγγα, παρατηρώντας το μέγεθος, τις ιδιότητες του βλεννογόνου και το σχήμα της γλωττίδας καταλήγοντας σε σημαντικές παρατηρήσεις. Αξιολογώντας τις μετρήσεις προγενέστερων ερευνητών [Kahane (1978) και Hirano (1983)] σε

παρασκευάσματα από ανθρώπινο πτωματικό υλικό, υποστήριξε πως οι διαστάσεις του ανδρικού λάρυγγα είναι 20% μεγαλύτερες σε σχέση με το γυναικείο. Κατά την πλήρη ανάπτυξη του λάρυγγα το μεμβρανώδες μήκος των φωνητικών πτυχών στους άντρες είναι κατά 1,6 φορές μεγαλύτερο από ότι στις γυναίκες. Παράλληλα το χόνδρινο μήκος στους άνδρες υπερτερούσε επίσης αλλά σε μικρότερο βαθμό. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στη θεμελιώδη συχνότητα στους άνδρες ηλικίας 3-10 ετών. Το γεγονός αυτό συσχετίζεται πιθανά με την ανάπτυξη του φωνητικού συνδέσμου, ο οποίος αρχίζει να αναπτύσσεται από την ηλικία των 3 ετών. Στον εφηβικό λάρυγγα η θεμελιώδης συχνότητα, αλλάζει ταχέως μετά τα 10 έτη ενώ ο ανδρικός λάρυγγας, παρουσιάζει υπερβολή στην ηλικία των 20 ετών. Αντίθετα, στο γυναικείο λάρυγγα στις ηλικιακές ομάδες από 14 έως 20 ετών δεν παρατηρείται αξιοσημείωτη μεταβολή στη θεμελιώδη συχνότητα (107, 108).

Οι μέσες τιμές του μεγέθους της στοματικής κοιλότητας και του μήκους του φάρυγγα μεταξύ ανδρών και γυναικών είναι επίσης διαφορετικές και επηρεάζονται από τον την ανάπτυξή τους κατά τη διάρκεια της ζωής. Η επιπρόσθετη δυσανάλογη επιμήκυνση της φωνητικής οδού κατά την εφηβεία στους άνδρες προκαλείται κυρίως από την κάθοδο του λάρυγγα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιμήκυνση του φάρυγγα στους άνδρες με σημαντική διαφορά μεταξύ ανδρικού και γυναικείου φωνητικού συστήματος (88). Στη μελέτη του Fuchs και συν. παρατηρήθηκε ότι τα αγόρια, επιτύγχαναν καλύτερες τιμές στη μέγιστη ένταση της φωνής ενώ την έλεγχαν πιο συνειδητά σε σύγκριση με τα κορίτσια (109).

Εκτός από το φύλο, έχει αποδειχθεί πως υπάρχει διαφοροποίηση στη φωνή και μεταξύ των διαφορετικών εθνοτικών – φυλετικών ομάδων. Έχει φανεί ότι η διαφοροποίηση στα φυλετικά χαρακτηριστικά διατηρείται μεταξύ των τραγουδιστών διαφορετικών φυλών (107).

Πολλές μελέτες έχουν εξετάσει τη σχέση μεταξύ μεγέθους του λάρυγγα (μήκος, μορφή και πάχος των φωνητικών χορδών) αλλά και των ακουστικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της φωνής (χρώμα, ύψος και όγκος), με το φωνητικό εύρος. Παράλληλα, σε αυτές τις μελέτες μετρήθηκαν μορφομετρικά χαρακτηριστικά της φωνητικής οδού αλλά και του κρανίου και συγκρίθηκαν με το φωνητικό εύρος.

Εκτιμώντας ποιοτικά τη φωνή με βάση την έκταση, ο Hollien και συν. το 1960, παρατήρησε πως στις χαμηλού τόνου φωνές και των δύο φύλων συναντώνται μακρύτερες φωνητικές χορδές από ότι στις φωνές υψηλού τόνου (110). Το αποτέλεσμα αυτό σχετικά με τη σχέση του μήκους των φωνητικών χορδών και την έκταση της φωνής επιβεβαιώθηκε και στη μελέτη του Roers και συν. Το 2009 ο Roers, με τη βοήθεια της πλάγιας ακτινογραφίας του ανώτερου αεραγωγού που συμπεριελάμβανε το φάρυγγα, το λάρυγγα, την εγγύς τραχεία, τους αυχενικούς σπόνδυλους και μέρη του κρανίου, εξέτασε το μήκος των φωνητικών χορδών σε επαγγελματίες τραγουδιστές. Από την ανάλυση των δεδομένων φάνηκε ότι υπάρχει αντιστρόφως ανάλογη συσχέτιση του μήκους των φωνητικών χορδών με την έκταση των συχνοτήτων (όσο αυξανόταν το μήκος των φωνητικών τους χορδών τόσο μειωνόταν η συχνότητα του φωνητικού εύρους) σε επαγγελματίες τραγουδιστές. Ο Roers παρατήρησε ότι οι τραγουδιστές alto είχαν μακρύτερες φωνητικές χορδές κατά 3 mm από ότι οι υψίφωνοι (111). Αντίστοιχα, οι μπάσοι είχαν κατά 5mm μακρύτερες φωνητικές χορδές από ότι οι τενόροι. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η φαρυγγική κοιλότητα (αλλά όχι τόσο η στοματική κοιλότητα) έπαιζε ρόλο στην φωνητική ταξινόμηση. Συμπερασματικά, φάνηκε ότι το συνολικό μήκος της φωνητικής οδού ήταν μικρότερο στις υψίφωνους και μεγαλύτερο στους μπάσους. Στη συσχέτιση αυτή με βάση το φύλο, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι γυναίκες είχαν συνολικά μικρότερο μήκος φωνητικής οδού σε σχέση με τους άνδρες. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώθηκαν και μεταγενέστερα στη μελέτη του Claagos και συν, στην οποία χρησιμοποιήθηκε η CT. Στη μελέτη αυτή του 2018, παρατηρήθηκε ότι το φωνητικό εύρος περιορίζεται με την αύξηση του μήκους των φωνητικών χορδών (1, 85, 112). Συμπληρώνοντας σε ένα βαθμό τις διαπιστώσεις του Roers, Ο Yan N. και συν., με τη χρήση του φαρυγγόμετρου για τη μέτρηση αποστάσεων στο φωνητικό τμήμα, απέδειξαν ότι οι υψίφωνοι έχουν μικρότερο μήκος στοματικής κοιλότητας και συνολικού φωνητικού τμήματος από ότι οι ημιυψίφωνοι (113). Παρόμοια, σε μία άλλη μελέτη, ο Larsson και συν., μετρώντας τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των φωνητικών χορδών με τη χρήση τριγωνισμού λέιζερ, κατέληξαν ότι στους τύπους φωνής χαμηλότερης συχνότητας υπήρχε μικρότερο μήκος φωνητικών πτυχών και μικρότερο πλάτος φωνητικής αναδίπλωσης. Εκτός του μήκους των φωνητικών πτυχών, αντιστρόφως ανάλογη

σχέση παρουσίαζε και το πάχος τους, σε σχέση με τη φωνητική συχνότητα. Έτσι, οι βαρύτονοι εμφάνιζαν πιο παχιές φωνητικές χορδές από ότι οι υψίσυχοι (114).

Σε μια άλλη πιλοτική μελέτη χρησιμοποιήθηκε δοκιμαστικά ένα λογισμικό 3-dimensional (3D) - οπτικοποίησης σε συνδυασμό με CT. Το λογισμικό MIMICS (Materialize Interactive Medical Image Control System) και η CT υψηλής ανάλυσης (high resolution Computed Tomography, HRCT) χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση των λαρυγγικών χόνδρων και του χώρου συντονισμού κατά τη διάρκεια του τραγουδιού. Από τα αποτελέσματα της μελέτης φάνηκε ότι οι αρυτενοειδείς χόνδροι περιστρέφονται προς τα μέσα και έξω κατά το τραγούδι και ότι το επίπεδο του άξονα περιστροφής του κρικοειδούς χόνδρου εξαρτάται από τον τύπο της κρικοθυρεοειδικής άρθρωσης (115). Ωστόσο παρά την ακρίβεια της μεθόδου στην απεικόνιση της κίνησης των δομών του φωνητικού συστήματος στη συγκεκριμένη μελέτη δεν παρατηρήθηκε διαφορά στο μήκος των φωνητικών χορδών μεταξύ των συμμετεχόντων (soprano vs alto). Στην παρούσα μελέτη, το μήκος των φωνητικών χορδών μειωνόταν όσο η συχνότητα της φωνής αυξανόταν. Ωστόσο, η παρατηρούμενη διαφορά στην παρούσα μελέτη πιθανά να οφείλεται στη χρήση της στροβοσκόπησης ως μεθόδου εξέτασης και την υποκειμενική εκτίμηση του εξεταστή κατά τον προσδιορισμό του μήκους των φωνητικών χορδών.

Για την απεικόνιση των δομών του φωνητικού συστήματος έχει χρησιμοποιηθεί επίσης και το υπερηχογράφημα. Ο Cho και συν., το 2012 απέδειξε την αξιοπιστία και χρησιμότητα των υπερηχογραφικών μετρήσεων στην αξιολόγηση του πραγματικού μήκους των φωνητικών χορδών. Η δυνατότητα του υπερηχογραφήματος να παρέχει μεγάλο αριθμό εικόνων ανά μονάδα χρόνου (second) φάνηκε ότι επιτρέπει την πιο ακριβή απεικόνιση κατά τη διάρκεια της φωνοποίησης. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε μέτρηση του μήκους των φωνητικών χορδών σε διάφορες φάσεις της φώνησης (εισπνοή, εκπνοή, περιοχή άνετης φώνησης, φώνηση σε υψηλούς και χαμηλούς τόνους). Βρέθηκε ότι το πραγματικό μήκος των φωνητικών χορδών επηρεάστηκε περισσότερο στους τενόρους. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι υψίφωνες (soprano), εμφάνιζαν μικρότερο μήκος φωνητικών χορδών σε σύγκριση με τους τενόρους. Παράλληλα φάνηκε ότι η υπερηχογραφική απεικόνιση αντιστοιχούσε με τη στροβοσκοπική (116). Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε η ίδια διαφορά μεταξύ τενόρων και

υψίφωνων στο μήκος των φωνητικών χορδών. Οι συμμετέχοντες όμως μελετήθηκαν σε μία μόνο φάση της φώνησης – τραγουδιού (με το φωνήεν /α/).

Οι Marunick και συν. το 2000 προσπαθώντας να κατανοήσουν το ρόλο της υπερώας στη φώνηση, πραγματοποίησαν μετρήσεις σε οδοντικά εκμαγεία και συσχέτισαν τις διαστάσεις της με την ταξινόμηση της φωνής. Από την ανάλυση των δεδομένων της μελέτης φάνηκε ότι οι υψίφωνοι είχαν ρηχή υπερώα, οι ημιυψίφωνοι μέτρια και οι alto βαθιά (117).

Η ανάλυση των ευρημάτων από την ενδοσκόπηση του λάρυγγα (με εύκαμπτο και άκαμπτο ενδοσκόπιο) από τον Cesari και συν. (2012), έδειξε ότι η λαρυγγική θέση παρέμεινε αμετάβλητη στους μπάσους, βαρύτονους, κοντράλτο και ημιυψίφωνους, όταν τραγούδησαν το φωνήεν /α/ σε ένα επιλεγμένο τους τραγούδι. Αντίθετα, παρατηρήθηκε κίνηση του λάρυγγα προς τα κάτω στους τενόρους και τις υψίφωνους, κατά την ανοδική μετάβαση στο εύρος συχνοτήτων. Παρατήρησε επίσης ότι καθώς η φωνητική εκπομπή μετατοπίζεται από χαμηλότερες σε υψηλότερες συχνότητες, το μήκος των φωνητικών χορδών αυξάνεται προοδευτικά, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα των Roers και Claros που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Άλλοι ερευνητές παρατήρησαν ότι συχνά στις βαριές φωνές τόσο των ανδρών όσο και των γυναικών οι παραρρίνιοι κόλποι είναι μεγάλοι, ενώ στις υψηλές, μικροί. Έμφαση επίσης έχει δοθεί και στη σχέση της ανατομίας του κρανίου και του προσώπου στη φώνηση. Στην πιλοτική μελέτη του Brian D.White, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των κρανιοπροσωπικών μετρήσεων που έγιναν σε 500 διάσημους τραγουδιστές. Φάνηκε ότι, οι τενόροι εμφάνισαν μεγαλύτερο μέγεθος σιαγόνων συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες φωνών, ενώ ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στην επίδραση που έχει το άνοιγμα της κάτω γνάθου κατά τη φώνηση στο φωνητικό συντονισμό. Ο Roers επίσης, παρατήρησε ότι οι γυναίκες εμφανίζουν χαμηλότερο ύψος υπερώας από ότι οι άνδρες. Ο Johnson και συν. το 2009, περιέγραψε επίσης μέσω μετρήσεων, τη σημασία της κρανιο-τραχηλικής στάσης που απαιτεί το κλασικό τραγούδι (1, 85, 86, 114, 118-121).

Η επιλογή του στροβοσκοπικού ελέγχου, ως μεθόδου εξέτασης του λάρυγγα επιλέχθηκε στην παρούσα μελέτη, λόγω των προτερημάτων που εμφανίζει σε σχέση με την έμμεση λαρυγγοσκόπηση ή την ενδοσκόπηση του λάρυγγα. Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν από την εξέταση του λάρυγγα μέσω της στροβοσκόπησης,

χρησιμοποιήθηκαν ώστε να απαντηθεί το ερωτηματολόγιο εξέτασης τραγουδιστή που προτείνεται ως ειδικό πρωτόκολλο εξέτασης όπως έχει ήδη αναφερθεί (1). Κατά τη στροβοσκόπηση δύναται να εκτιμηθεί η κινητικότητα και λειτουργία των γνήσιων φωνητικών χορδών, που ως γνωστόν μεταβάλλονται σε μορφή, εύρος και έκταση, ανάλογα με τον ήχο. Παράλληλα, καταγράφεται αναλυτικά η ικανότητα, απουσία ή ελάττωση της δόνησης των φωνητικών χορδών, η απουσία ή μη του βλεπνογονικού κύματος που φυσιολογικά υπάρχει κατά τη φώνηση(80-82). Στην παρούσα μελέτη, κατά τη διενέργεια της στροβοσκόπησης, παραγγέλθηκε από τον κάθε εξεταζόμενο να τραγουδήσει το φωνήεν /α/ σε κάποια νότα της tessitura. Η επιλογή της tessitura έγινε με τη λογική ότι σε κατάσταση φυσικής και άνετης περιοχής φώνησης για τον τραγουδιστή, ο λάρυγγας βρίσκεται σε μη ακραία θέση και τάση. Επίσης με αυτό τον τρόπο δεν καθορίστηκε μια συγκεκριμένη συχνότητα για όλους τους τραγουδιστές, καθώς πιθανά για κάποιες φωνές η συχνότητα να ήταν πολύ χαμηλή ή πολύ υψηλή, ακόμα και αν αυτές βρισκόταν στο διάστημα συχνοτήτων τους. Έτσι, ο λάρυγγας θα βρισκόταν σε τάση ή σε μεγάλη χαλάρωση, γεγονός που θα επηρέαζε δυσμενώς την απεικόνισή του στην ακτινογραφία (15, 122).

Συμπερασματικά, από την ανάλυση των δεδομένων στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε ότι όσο μειώνεται το μήκος των φωνητικών χορδών τόσο αυξάνεται η συχνότητα της φωνής. Επιβεβαιώνοντας έτσι αποτελέσματα προηγούμενων ερευνητών που αναφέρθηκαν προηγουμένως (Roers, Claros) (85, 86, 119). Επιπλέον φάνηκε ότι η σχέση του πάχους των χορδών με τη φωνητική συχνότητα ήταν παρόμοια όπως στη μελέτη του Larsson όπου παρατηρήθηκε αντιστρόφως ανάλογη σχέση (114). Επίσης όπως αναφέρθηκε ήδη, στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε ότι μεγαλύτερες αποστάσεις ΣΦ (μήκος του στοματοφάρυγγα) αντιστοιχούν σε χαμηλότερες συχνότητες φωνής, ενώ μικρότερες αποστάσεις σε υψηλές συχνότητες, συμφωνώντας έτσι με τις ποιοτικές εκτιμήσεις προηγούμενων μελέτων (Bryan, Cleveland, Roers, Yan) (1, 85, 113, 123). Συνολικά, το μήκος του τμήματος ΦΤ (μήκος φωνητικής οδού) φάνηκε ότι είναι μικρότερο σε φωνές υψηλής συχνότητας και μεγαλύτερο σε χαμηλής συχνότητας φωνές, τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η συχνότητα της ανδρικής φωνής αυξάνεται,



όσο μειώνεται η μέση τιμή της απόστασης ΤΟ-ΜΣΥ. Η απόσταση αυτή αντιπροσωπεύει την απόσταση από τον τομέα οδόντα έως τη μεσότητα της σκληρής υπερώας, όπως απεικονίζεται στην πλάγια ακτινογραφία του λάρυγγα. Η απόσταση αυτή υπό συγκεκριμένες συνθήκες, θα μπορούσε να παρέχει πληροφορίες σχετικά με το ύψος της σκληρής υπερώας και την επίδραση των διαφόρων κατηγοριών υπερώας (θολωτή, επιπεδωμένη κλπ), στη συχνότητα της φωνής. Το ύψος της σκληρής υπερώας όμως, δεν εξαρτάται μόνο από την απόσταση ΤΟ-ΜΣΥ, αλλά και από το μήκος και το θόλο της υπερώας και το ύψος της γλώσσας (124). Συνεπώς οποιοδήποτε συμπέρασμα για το ύψος της υπερώας δε θα μπορούσε να τεκμηριωθεί με ασφάλεια. Παρατηρήθηκε επίσης ότι όσο μειώνεται η απόσταση ΔΑΣ-ΠΕ τόσο αυξάνεται η συχνότητα της φωνής και στα 2 φύλα. Η απόσταση αυτή αντιπροσωπεύει την απόσταση από το δεύτερο αυχενικό σπόνδυλο έως την πρόσθια εντομή του λάρυγγα, όπως απεικονίζονται στην ακτινογραφία. Συνεπώς, αντιπροσωπεύει την απόσταση του λάρυγγα από τη σπονδυλική στήλη, κατά τη φώνηση. Στην περίπτωση που το σημείο ΔΑΣ ήταν σταθερό για όλα τα άτομα, η απόσταση αυτή θα μπορούσε να παρέχει πληροφορίες σχετικά με το ύψος του λάρυγγα κατά τη φώνηση. Όμως το σημείο ΔΑΣ (που επιλέχθηκε να είναι το κατώτερο σημείο του δεύτερου αυχενικού σπονδύλου), δεν είναι σταθερό μεταξύ των ατόμων, αφού τόσο το μέγεθος των σπονδύλων όσο και το ύψος τους στη σπονδυλική στήλη ποικίλει από άτομο σε άτομο.

#### **ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ**

Στην παρούσα μελέτη, τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων συσχετίσθηκαν με μεταβολές στη συχνότητα της φωνής. Παρατηρήθηκε ότι, χαμηλότερες συχνότητες φωνής εμφάνιζαν τα άτομα με υψηλό ανάστημα, ενώ υψηλότερες συχνότητες εμφάνιζαν τα άτομα με κοντότερο ανάστημα (άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα). Σε σχέση με το σωματικό βάρος, φάνηκε ότι βαρύτερα άτομα και των δύο φύλων εμφάνιζαν χαμηλότερες συχνότητες φωνής. Αντίθετα, υψηλότερες συχνότητες φωνής είχαν τα άτομα με μικρότερο σωματικό βάρος. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης σχετικά με τη συσχέτιση των

σωματομετρικών χαρακτηριστικών με τη συχνότητα της φωνής βρίσκονται σε συμφωνία με τα βιβλιογραφικά δεδομένα.

Αντίστοιχα συμπεράσματα προέκυψαν και από τη μελέτη του Roers και συν., το 2009. Πιο συγκεκριμένα, στη μελέτη αυτή ερευνήθηκε η σχέση του Δείκτη Μάζας Σώματος με το φωνητικό εύρος σε άντρες και γυναίκες. Παρατηρήθηκε πως βαρύτερα άτομα εμφάνιζαν χαμηλή θεμελιώδη συχνότητα, ενώ άτομα με μικρότερο σωματικό βάρος εμφάνιζαν υψηλή θεμελιώδη συχνότητα, χωρίς όμως να προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά (85). Μία άλλη μελέτη από τον Evans και συν., είχε ως σκοπό να περιγράψει τη σχέση μεταξύ των χαρακτηριστικών της φωνής και του μεγέθους του σώματος. Στη μελέτη αυτή, οι ερευνητές παρατήρησαν ότι τα βαρύτερα άτομα εμφάνιζαν χαμηλότερη θεμελιώδη συχνότητα (125). Ωστόσο, δεν κατέληξαν σε σημαντικές συσχετίσεις του βάρους με τα χαρακτηριστικά της φωνής (125).

Ωστόσο η ιστορία της διαφωνίας μεταξύ ερευνητών της φωνής σχετικά με την επιδραση των σωματομετρικών χαρακτηριστικών στη φωνή, είναι μακρά και συνεχιζόμενη (Gonzalez, 2003, 2007; Graddol & Swann, 1983; Hollien & Jackson, 1973; Lass & Brown, Rendall et al., 2007 (126, 127)). Ο Pisanski και συν., κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η θεμελιώδης συχνότητα (F0) συσχετίζεται ελάχιστα με το μέγεθος του σώματος σε ενήλικες και των δύο φύλων. Αντίθετα, το μήκος της φωνητικής οδού φαίνεται να επηρεάζεται έντονα από το ύψος και το βάρος των ενηλίκων ανδρών και γυναικών (128-131). Σε μία από τις παλαιότερες έρευνες για τη σχέση της έκτασης της φωνητικής ικανότητας με τη σωματική διάπλαση παρατηρήθηκε πως οι χαμηλού τόνου φωνές (basso για τους άνδρες, contralto για τις γυναίκες), εμφανίζονται σε άτομα με υψηλό ανάστημα, ενώ οι υψηλού τόνου φωνές (π.χ. τενόρος για τους άνδρες και υψίφωνος για τις γυναίκες) εμφανίζονται σε άτομα με χαμηλό ανάστημα (1).

Αποτελέσματα μελετών έχουν δείξει επίσης, πως η φωνή διαφοροποιείται με βάση την ηλικία. Δεδομένου ότι η γήρανση αλλοιώνει τη φωνή(109, 131-133), στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε ως κατώτερο ηλικιακό όριο η ηλικία των 18 ετών, ενώ ως ανώτερο η ηλικία των 65 ετών.

Πράγματι, ερευνητές του Πανεπιστημίου της Φλόριντα και του Σαν Φρανσίσκο στην Καλιφόρνια, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στους άνδρες σε αντίθεση με τις

γυναίκες, η θεμελιώδης συχνότητα αυξάνεται με την ηλικία. Με την πάροδο του χρόνου επίσης, η αντίληψη της φωνής (συνειδητοποίηση του ήχου της φωνής), βελτιώνεται (109, 131, 132, 134).

Μία άλλη μελέτη από τον Hirano και συν., εξέτασε τις ιστολογικές αλλαγές των φωνητικών πτυχών στο πέρασμα του χρόνου, αξιολογώντας τις ποιοτικές μεταβολές των φωνητικών χορδών. Παρατηρήθηκε ότι καθώς προχωρά η ηλικία στους άνδρες, η μεμβρανώδης φωνητική πτυχή μειώνεται, οι ελαστικές ίνες στο ενδιάμεσο στρώμα του lamina propria ατροφούν, οι κολλαγόνες ίνες στο βαθύ στρώμα του lamina propria αυξάνονται και γίνονται ινωτικές. Επίσης φάνηκε ότι, το ενδιάμεσο στρώμα γίνεται λεπτότερο, ενώ το βαθύ στρώμα γίνεται πυκνότερο. Επιπλέον, το πάχος του καλύμματος μειώθηκε μετά την ηλικία των 70 ετών, ενώ ο φωνητικός μυς επίσης εμφάνιζε ατροφία με την πρόοδο της ηλικίας (26).

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα διαφόρων μελετητών σχετικά με την επίδραση της ηλικίας στη διαμόρφωση της φωνητικής έκτασης, η μελέτη από τον Welch και συν. κατέληξε ότι η φωνητική έκταση στα παιδιά αυξάνεται με την ηλικία, ενώ υπάρχουν μικρές διαφορές με βάση το φύλο, με τα κορίτσια να επιτυγχάνουν ευρύτερο φωνητικό εύρος νωρίτερα από ότι τα αγόρια. Εκτός αυτών των διαφορών, φάνηκε ότι υπάρχουν ορισμένα στοιχεία που αποδεικνύουν ότι παράγοντας κοινωνικής τάξης και προέλευση των ατόμων έχει σημαντικό ρόλο με αποτέλεσμα λιγότεροι τραγουδιστές να προέρχονται από οικογένειες χαμηλότερου εισοδήματος (135).

#### **ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Πρέπει να σημειωθεί ότι η δυνατότητα να ισχυροποιηθούν τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης το δείγμα εντάσσοντας μεγαλύτερο αριθμό ατόμων στη μελέτη, περιορίστηκε αρκετά εξαιτίας της πανδημίας από τον SARS-COV2, μιας και το δεύτερο μισό διάστημα του αρχικού εκτιμώμενου χρόνου συνέπεσε χρονικά με αυτή.

Ένας δεύτερος περιορισμός στον αριθμό των υποψήφιων συμμετεχόντων ήταν η χρήση προϊόντων καπνού. Η βαρύτητα της επίδρασης του καπνίσματος στην παραγωγή της φωνής και η αλλοίωση που προκαλείται αποτέλεσε λόγο αποκλεισμού των ατόμων αυτών από τη μελέτη. Επίσης, άτομα που είχαν ιστορικό καταχρήσεων (π.χ. αλκοόλ, εξαρτησιογόνες ουσίες, ψυχαγωγικά φάρμακα κ.λπ.), ή

ελάμβαναν φάρμακα που αποδεδειγμένα επηρεάζουν τη φωνή (π.χ. ορμονικά υποκατάστατα, εισπνεόμενα στεροειδή κ.λπ.) αλλά και άτομα που έρχονται σε επαφή με περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη φωνή (π.χ. σκόνη, καπνός) δεν συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη (136, 137). Επιπλέον, σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα, επιβεβαιώνεται ότι παθήσεις της φωνής, φωνιατρικές βλάβες όπως οζίδια φωνητικών χορδών, πολύποδες φωνητικών χορδών, οίδημα Reinke, κύστες φωνητικών χορδών, αγγειακές εκτασίες φωνητικών χορδών ή κοκκιώματα αρυταινοειδών, καθώς και φλεγμονώδεις παθήσεις όπως η λαρυγγίτιδα και λαρυγγοφαρυγγική παλινδρόμηση έχουν επίδραση στην αλλοίωση της φωνής. Η φωνή αλλοιώνεται επίσης σε όλες τις κινητικές διαταραχές του λάρυγγα αλλά και μετεγχειρητικά σε χειρουργεία που αφορούν την περιοχή του λάρυγγα και του τραχήλου. Έτσι εξαιρέθηκαν από τη μελέτη τα άτομα που είχαν υποβληθεί σε αντίστοιχα χειρουργεία, όπως θυρεοειδεκτομή, αλλοιώσεις των φωνητικών χορδών, νεοπλασίες λάρυγγα κλπ. Διάφορα σύνδρομα επίσης, όπως τα Collet-Sicard, Vernet's, Villarets, Tapia's, Gard-Gignoux, Klinkert προκαλούν λαρυγγική παράλυση ενώ σύνδρομα του μυελού όπως Wallenber's, Babinski-Nageotte, Cestan-Chenais, Avelli's, Hughlings-Jackson, Schmidt's, Mackenzie, Bonnier's, επηρεάζουν τις φωνητικές χορδές και εντάχθηκαν στα κριτήρια αποκλεισμού.

Επίσης, η χρήση της ακτινογραφίας υψηλής ευκρίνειας έναντι της μαγνητικής τομογραφίας, θα μπορούσε να θεωρηθεί πως περιόρισε την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας. Όπως ήδη αναφέρθηκε, για λόγους μειωμένης διαθεσιμότητας του μηχανήματος της μαγνητικής τομογραφίας στο Νοσοκομείο όπου διεξήχθη η μελέτη, δεν ήταν δυνατή η χρήση του. Τέλος, το γεγονός ότι η εξέταση του λάρυγγα με το στροβοσκόπιο και η κλινική εκτίμηση των μορφικών χαρακτηριστικών των φωνητικών χορδών ήταν υποκειμενική και δε βασίστηκε σε κάποια αντικειμενική μέθοδο, περιορίζει την ισχύ της έρευνας. Η αξιολόγηση αυτών των χαρακτηριστικών όμως, εξυπηρέτησε τον ερευνητικό σκοπό της έρευνας, για την ενδοσκοπική με τη μέτρηση των αποστάσεων που αντιπροσωπεύουν την ανατομία του λάρυγγα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι φωνοτραυματικές βλάβες εμφανίζονται συνήθως ως αποτέλεσμα καταπόνησης και τραύματος των φωνητικών χορδών που προκύπτουν κυρίως από κακή ή/και υπερβολική χρήση της φωνής (φωνοτραύμα). Τέτοιου είδους βλάβες ήταν αναμενόμενες στο εξεταζόμενο αρχικό δείγμα του πληθυσμού (n =100), όπως και παρατηρήθηκε (14%). Όπως αναφέρεται σε πολλές μελέτες, οι επαγγελματίες χρήστες φωνής έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να αναπτύξουν δυσφωνία, αφωνία, οίδημα, πολύποδες ή οζίδια, σε σύγκριση με μη φωνητικά επαγγέλματα σε ποσοστό 51,2% έναντι 27,4% (19, 28, 138-151).

### **ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

Καινοτομία της παρούσας μελέτης αποτελεί η νέα ταξινόμηση της φωνής με βάση την ανατομία του λάρυγγα, όπως προέκυψε από τις μετρήσεις με τις 2 μεθόδους απεικόνισης που χρησιμοποιήθηκαν (προσθιοπίσθια πλάγια ακτινογραφία του λάρυγγα και στροβοσκόπηση). Με βάση τα τρέχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα, η παρούσα αποτελεί την πρώτη μελέτη σε συγκεκριμένο δείγμα του πληθυσμού (τραγουδιστές) στην οποία χρησιμοποιήθηκε η ακτινογραφία υψηλής ευκρίνειας σε συνδυασμό με τη στροβοσκόπηση, ως μέθοδος για την ταξινόμηση της φωνής με βάση τη συχνότητά της.

Παρά το αυξανόμενο πλήθος πληροφοριών που αποδεικνύουν ότι η ταξινόμηση φωνής βασίζεται στο μέγεθος και την πυκνότητα των φωνητικών πτυχών και το μέγεθος και το σχήμα της φωνητικής οδού, η ταξινόμηση παραμένει ένα αμφιλεγόμενο θέμα μεταξύ των τραγουδιστών και των υπεύθυνων παιδαγωγών εκμάθησης, καθώς και ειδικών φωνιάτρων.

Οι διαφωνίες σχετικά με την ταξινόμηση φωνής βρίσκονται στα κριτήρια για τον καθορισμό της ταξινόμησης και το βαθμό στον οποίο η ταξινόμηση επηρεάζει την εκπαίδευση των τραγουδιστών. Οι περισσότεροι παιδαγωγοί συμφωνούν ότι το εύρος, η tessitura, η ευκινησία, και το ύψος είναι σημαντικά κριτήρια για την ταξινόμηση της φωνής. Η πληθώρα συγγραμμάτων και οδηγιών σχετικά με την εκπαίδευση συγκεκριμένων τύπων φωνής αποδεικνύει ότι δεν προσεγγίζουν όλοι οι εκπαιδευτικοί τη φωνητική διδασκαλία με τον ίδιο τρόπο.

Οι κύριες κατηγορίες για τη γυναικεία φωνητική ταξινόμηση με βάση τη συχνότητα της φωνής είναι: soprano - υψίφωνος (θεωρείται ο υψηλότερη και πιο κοινός τύπος), mezzo-soprano - ημιυψίφωνος (θεωρείται χαμηλότερη και είναι λιγότερο κοινή από την κατηγορία soprano) και κοντράλτο (θεωρείται χαμηλότερη και λιγότερο κοινή από τη mezzo-soprano). Για τους άνδρες, οι κύριες κατηγορίες είναι: ο basso – μπάσος, ο baritone - βαρύτονος και ο tenore – τενόρος. Αυτές οι κατηγορίες χρησιμοποιούνται για τουλάχιστον δύο αιώνες και είναι κοινά παραδεκτές από την πλειονότητα της εκπαιδευτικής κοινότητας. Σε μία νεότερη ταξινόμηση, οι τραγουδιστές της όπερας κατατάσσονται σε μια ακόμα λεπτομερέστερη κατηγορία, η οποία προτάθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα στη Γερμανία, και χρησιμοποιείται από όπερες σε όλο τον κόσμο για να καθορίσει ποιους ρόλοι είναι κατάλληλοι για συγκεκριμένους τραγουδιστές. Η ταξινόμηση αυτή κατά Fuch, διαφοροποιεί τα χαρακτηριστικά της φωνής όχι μόνο με βάση τη συχνότητα, αλλά και την χροιά, την έκφραση και τη λυρικήτητα. Το σύστημα κατηγοριοποίησης κατά Fuch ταξινομεί τις φωνές σε υποκατηγορίες των βασικών φωνών (π.χ. soubrette soprano, character tenor) με αποτέλεσμα να προκύπτουν επίσημα 25 κατηγορίες και αρκετές άλλες που χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένους ρόλους. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Hochdramatischer Sopran ή "high" dramatic soprano που προορίζεται για το ρόλο της πρωταγωνίστριας (Isolde) στο έργο του Wagner, Tristan and Isolde. Μεταξύ των παραγόντων που θα καθορίσουν την κατηγορία φωνής κατά Fuch του κάθε τραγουδιστή, συγκαταλέγονται η φυσική κατάσταση, η σωματική διάπλαση, η ηλικία και η εμπειρία. Ο βασικότερος όλων των παραγόντων είναι ο τρόπος που γίνεται αντιληπτή (πώς "ακούγεται") η φωνή ενός τραγουδιστή. Έτσι, μια μικρόσωμη soprano έχει μια τεράστια δραματική φωνή, ενώ μια ψηλή και εύσωμη soprano συνήθως εμφανίζει μια ψηλή, λαμπερή, ευέλικτη φωνή (coloratura). Επιπρόσθετα, μια νέα τραγουδίστρια θα έχει μια ψηλή λαμπερή φωνή, ενώ μια πιο ώριμη γυναικεία παρουσία με δραματικό ρόλο, θα έχει μια βαθιά, πλούσια, συναισθηματικά φορτισμένη φωνή. Στην εξίσωση για τον ορισμό της κατηγορίας φωνής σύμφωνα με τον Fuch, λαμβάνεται υπ' όψιν το άθροισμα της φωνής, του εύρους της, του μεγέθους της, του ύψους της, της φυσικής κατάστασης, της ηλικίας και εμπειρίας, της επιθυμίας (tessitura) και τέλος της συχνότητας εκπαίδευσης του κάθε τραγουδιστή. Από την κλασική ταξινόμηση,

έχει προκύψει πλέον μια αναλυτικότερη προσέγγιση της φωνής των τραγουδιστών όπερας, η οποία ξεχωρίζει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της φωνής και γεννά υποκατηγορίες όπως lyric soprano, young dramatic soprano, high dramatic soprano, heavy dramatic tenor, low alto, countertenor.

Μελλοντικά, η ταξινόμηση της φωνής δύναται να καθορίζεται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές που μπορούν να λειτουργούν με ακριβείς εικόνες και πληροφορίες σχετικά με την κινητικότητα των φωνητικών πτυχών και τις ακουστικές ιδιότητες του παραγόμενου ήχου.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αυτής ενισχύουν την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία για τις συσχετίσεις της φωνής με τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά του λάρυγγα, καθώς και τις διαστάσεις του στοματοφάρυγγα και της φωνητικής οδού. Παράλληλα φάνηκε πως είναι δυνατή μία νέα ταξινόμηση της φωνής με βάση συγκεκριμένες μετρήσεις ανατομικών περιοχών του φωνητικού συστήματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν 2 μέθοδοι απεικόνισης (προσθιοπίσθια πλάγια ακτινογραφία του λάρυγγα και στροβοσκόπηση).

### Ακτινογραφικά ευρήματα

- Βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα σε όλες τις κατηγορίες φωνής και για όλες τις μέσες τιμές των μετρούμενων αποστάσεων του φωνητικού συστήματος (ΤΟ-ΜΣΥ, ΜΣΥ-ΔΑΣ, ΔΑΣ-ΠΕ, ΦΤ, ΣΦ)
- Όσο μειώνεται η απόσταση ΤΟ-ΜΣΥ τόσο αυξάνεται η συχνότητα της ανδρικής φωνής, ενώ όσο μειώνεται η απόσταση ΜΣΥ-ΔΑΣ και η ΔΑΣ-ΠΕ τόσο αυξάνεται η συχνότητά της
- Όσο μειώνεται η απόσταση ΔΑΣ-ΠΕ τόσο αυξάνεται η γυναικεία συχνότητα της φωνής
- Η απόσταση ΦΤ φάνηκε να είναι μεγαλύτερη σε φωνές χαμηλότερης συχνότητας και των 2 φύλων, ενώ σε φωνές υψηλής συχνότητας η απόσταση αυτή ήταν μικρότερη
- Μεγαλύτερες αποστάσεις ΣΦ αντιστοιχούσαν σε χαμηλότερες συχνότητες φωνής και στα 2 φύλα. Αντίθετα, μικρότερες αποστάσεις ΣΦ αντιστοιχούσαν σε υψηλές συχνότητες. Επίσης, φάνηκε ότι η απόσταση ΦΤ ήταν συνολικά μεγαλύτερη στους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες

### Στροβοσκοπικά ευρήματα

- Όσο μικραίνει το μέγεθος του στοματοφάρυγγα στους άνδρες, τόσο αυξάνεται η συχνότητα της φωνής και οι χαμηλής συχνότητας ανδρικές φωνές συσχετίστηκαν με ωοειδές σχήμα σκληρής υπερώας. Αντιθέτως, οι υψηλής συχνότητας φωνές συσχετίστηκαν με επίπεδο σχήμα αυτής
- Καθώς αυξάνεται η συχνότητα της φωνής μειώνεται το μήκος, το εύρος και το πάχος των φωνητικών χορδών



- Όσο μειώνεται το μέγεθος του στοματοφάρυγγα τόσο αυξάνεται η συχνότητα της φωνής Στις γυναίκες. Παράλληλα, η αύξηση της συχνότητας της γυναικείας φωνής συσχετίσθηκε με μικρότερο μήκος, εύρος και πάχος των φωνητικών χορδών
- Η όξυνση του τόνου της φωνής συσχετίσθηκε με την αύξηση της συχνότητάς της και στα 2 φύλα
- Οι γυναίκες εμφάνισαν μικρότερο μέγεθος στοματοφάρυγγα συγκριτικά με τους άνδρες
- Το επικρατές σχήμα σκληρής υπερώας στους άνδρες ήταν το ωοειδές, ενώ στις γυναίκες το επίπεδο
- Οι άνδρες είχαν μακρύτερες, πλατύτερες και πιο παχιές φωνητικές χορδές σε σχέση με τις γυναίκες
- Οι άνδρες εμφάνιζαν βαρύτερο και πιο κλειστό τόνο ομιλίας συγκριτικά με τις γυναίκες

#### Σωματομετρικά στοιχεία

- χαμηλότερες συχνότητες φωνής εμφάνιζαν τα άτομα με υψηλό ανάστημα, ενώ υψηλότερες συχνότητες εμφάνιζαν τα άτομα με κοντότερο ανάστημα (άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα)
- Βαρύτερα άτομα και των δύο φύλων εμφάνιζαν χαμηλότερες συχνότητες φωνής. Αντίθετα, υψηλότερες συχνότητες φωνής είχαν τα άτομα με μικρότερο σωματικό βάρος

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ**

### **Τίτλος: «ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ»**

**Ιστορικό:** Η φωνή παράγεται με τη βοήθεια του λάρυγγα και των φωνητικών οργάνων και αποτελεί ένα από τα πολυτιμότερα εργαλεία της ανθρώπινης επικοινωνίας. Η επιστήμη της φωνιατρικής ασχολείται με τις παθήσεις των φωνητικών χορδών και του φωνητικού συστήματος και αποτελεί βασικό κρίκο της αλυσίδας των ιατρικών επιστημών που συνεργάζονται για τη θεραπεία των παθήσεων της φωνής. Η ταξινόμηση της φωνής θεωρείται ακρογωνιαίος λίθος της ταυτότητας της φωνής ενός κλασικού τραγουδιστή. Όταν ο δάσκαλος φωνητικής καλείται να ταξινομήσει εμπειρικά τη φωνή ενός μαθητή, λαμβάνει υπόψη ποιοτικές παραμέτρους και χαρακτηριστικά της, όπως η χροιά, ο τόνος, το ύψος, καθώς και το 'σημείο περάσματος'. Όλοι οι εν λόγω παράγοντες που επιδρούν στη φωνή διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και στην τελική της ταξινόμηση. Αρκετοί ερευνητές στο παρελθόν προσπάθησαν να ταξινομήσουν τη φωνή σε κατηγορίες, βάση διαφόρων παραγόντων και κάνοντας χρήση ποικίλων μεθόδων.

**Σκοπός:** Η παρούσα μελέτη εξέτασε την πιθανή νέα ταξινόμηση της φωνητικής ικανότητας βάση συχνοτήτων, σε σχέση με την ανατομία και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του λάρυγγα, σε επαγγελματίες τραγουδιστές.

**Μέθοδοι:** Στη μελέτη αυτή, εντάχθηκαν 70 υγιή άτομα που είχαν επαγγελματική ή ερασιτεχνική ενασχόληση με τη φωνητική. Συγκεκριμένα κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού από τη μελέτη ορίστηκαν και καθόρισαν το τελικό δείγμα. Το ηλικιακό εύρος ήταν από 18 έως 65 έτη. Η ανατομία του λάρυγγα και του φωνητικού τμήματος απεικονίστηκε στην πλάγια ακτινογραφία υψηλής ευκρίνειας τραχήλου, ενώ τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά του λάρυγγα μελετήθηκαν μέσω στροβοσκοπικού ελέγχου. Συλλέχθηκαν δεδομένα με βάση ερωτηματολόγιο (ειδικό πρωτόκολλο εξέτασης τραγουδιστή) που αφορούσε το ατομικό ιστορικό, δημογραφικά στοιχεία, καθώς και την εκάστοτε κατηγορία φωνής βάση συχνότητας στην οποία ανήκε ο κάθε εξεταζόμενος. Ακολούθησε ΩΡΛ κλινική εξέταση κεφαλής

και τραχήλου, ακτινογραφικός και στροβοσκοπικός έλεγχος του λάρυγγα. Με τις απεικονιστικές μεθόδους προσδιορίστηκαν συγκεκριμένα τμήματα του φωνητικού συστήματος. Σε κάθε πλάγια ακτινογραφία μετρήθηκαν οι εξής αποστάσεις, σε mm: ΤΟ-ΜΣΥ (η απόσταση από τους τομείς οδόντες έως τη μεσότητα της σκληρής υπερώας), ΜΣΥ-ΔΑΣ (απόσταση από τη μεσότητα της σκληρής υπερώας έως το δεύτερο αυχενικό σπόνδυλο), ΔΑΣ-ΠΕ (απόσταση από το δεύτερο αυχενικό σπόνδυλο έως την πρόσθια εντομή του λάρυγγα), ΦΤ (απόσταση που αντιπροσωπεύει το φωνητικό τμήμα και αποτελεί το άθροισμα των ΤΟ-ΜΣΥ+ ΜΣΥ-ΔΑΣ+ ΔΑΣ-ΠΕ), ΣΤ (η απόσταση που αντιπροσωπεύει το μήκος του στοματοφάρυγγα και αποτελεί το άθροισμα των ΤΟ-ΜΣΥ+ ΜΣΥ-ΔΑΣ). Με τη στροβοσκόπηση αξιολογήθηκε το μέγεθος του στοματοφάρυγγα, το σχήμα τη σκληρής υπερώας καθώς και η επιγλωττίδα. Επιπρόσθετα, καταγράφηκε το μήκος, το σχήμα, το εύρος των φωνητικών χορδών καθώς και το πάχος τους. Τέλος, σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της φωνής, εκτιμήθηκε υποκειμενικά και καταγράφηκε ο τόνος και το χρώμα ομιλίας.

Οι γυναίκες αναπαραγωγικής ηλικίας, μπορούσαν να υποβληθούν σε ακτινολογικό έλεγχο μόνον εφόσον το αποτέλεσμα του τεστ κυήσεως ούρων ήταν αρνητικό. Όλοι οι εξεταζόμενοι παρείχαν ενυπόγραφη συγκατάθεσή για τη συμμετοχή τους στη μελέτη.

**Αποτελέσματα:** Από τη ανάλυση των δεδομένων της παρούσας μελέτης βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα σε όλες τις κατηγορίες φωνής και για όλες τις μέσες τιμές των μετρούμενων αποστάσεων του φωνητικού συστήματος (ΤΟ-ΜΣΥ, ΜΣΥ-ΔΑΣ, ΔΑΣ-ΠΕ, ΦΤ, ΣΦ). Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι όσο μειώνεται η απόσταση ΤΟ-ΜΣΥ τόσο αυξάνεται η συχνότητα της ανδρικής φωνής (από μπάσο σε βαρύτονο και από βαρύτονο σε τενόρο). Αντίστοιχα, όσο μειώνεται η απόσταση ΜΣΥ-ΔΑΣ και η ΔΑΣ-ΠΕ τόσο αυξάνεται η συχνότητα της ανδρικής φωνής. Η απόσταση ΔΑΣ-ΠΕ συσχετίσθηκε με τη αλλαγή της φωνητικής συχνότητας και στις γυναίκες. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι όσο μειώνεται η απόσταση ΔΑΣ-ΠΕ τόσο αυξάνεται η γυναικεία συχνότητα της φωνής. Η απόσταση ΦΤ φάνηκε να είναι μεγαλύτερη σε φωνές χαμηλότερης συχνότητας (ανδρικές και γυναικείες), ενώ σε φωνές υψηλής συχνότητας η απόσταση αυτή ήταν μικρότερη. Παράλληλα,

παρατηρήθηκε και στα 2 φύλα ότι μεγαλύτερες αποστάσεις ΣΦ αντιστοιχούσαν σε χαμηλότερες συχνότητες φωνής. Αντίθετα, μικρότερες αποστάσεις ΣΦ αντιστοιχούσαν σε υψηλές συχνότητες. Επίσης, φάνηκε ότι η απόσταση ΦΤ ήταν συνολικά μεγαλύτερη στους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες.

Με βάση τα αποτελέσματα της στροβοσκόπησης προέκυψε ότι όσο μικραίνει το μέγεθος του στοματοφάρυγγα στους άνδρες, τόσο αυξάνεται η συχνότητα της φωνής. Σε αυτό τον πληθυσμό της μελέτης, οι χαμηλής συχνότητας φωνές συσχετίστηκαν με ωοειδές σχήμα σκληρής υπερώας. Αντιθέτως, οι υψηλής συχνότητας φωνές συσχετίστηκαν με επίπεδο σχήμα αυτής. Παρατηρήθηκε επίσης ότι καθώς αυξάνεται η συχνότητα της φωνής μειώνεται το μήκος, το εύρος και το πάχος των φωνητικών χορδών. Μέσω της ίδιας εξέτασης στις γυναίκες, παρατηρήθηκε ότι όσο μειώνεται το μέγεθος του στοματοφάρυγγα τόσο αυξάνεται η συχνότητα της φωνής. Παράλληλα, η αύξηση της συχνότητας της γυναικείας φωνής συσχετίστηκε με μικρότερο μήκος, εύρος και πάχος των φωνητικών χορδών. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η όξυνση του τόνου της φωνής συσχετίστηκε με την αύξηση της συχνότητάς της, τόσο στον ανδρικό όσο και στο γυναικείο πληθυσμό.

Στην παρούσα μελέτη οι γυναίκες εμφάνισαν μικρότερο μέγεθος στοματοφάρυγγα συγκριτικά με τους άνδρες. Το επικρατές σχήμα σκληρής υπερώας στους άνδρες ήταν το ωοειδές, ενώ στις γυναίκες το επίπεδο. Οι άνδρες επίσης, είχαν μακρύτερες, πλατύτερες και πιο παχιές φωνητικές χορδές σε σχέση με τις γυναίκες. Παράλληλα, οι άνδρες εμφάνιζαν βαρύτερο και πιο κλειστό τόνο ομιλίας συγκριτικά με τις γυναίκες.

Στην παρούσα μελέτη, τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων συσχετίστηκαν με μεταβολές στη συχνότητα της φωνής. Παρατηρήθηκε ότι, χαμηλότερες συχνότητες φωνής εμφάνιζαν τα άτομα με υψηλό ανάστημα, ενώ υψηλότερες συχνότητες εμφάνιζαν τα άτομα με κοντότερο ανάστημα (άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα). Σε σχέση με το σωματικό βάρος, φάνηκε ότι βαρύτερα άτομα και των δύο φύλων εμφάνιζαν χαμηλότερες συχνότητες φωνής. Αντίθετα, υψηλότερες συχνότητες φωνής είχαν τα άτομα με μικρότερο σωματικό βάρος.

**Συμπέρασμα:** Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αυτής ενισχύουν την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία για τις συσχετίσεις της φωνής με τα μορφομετρικά

χαρακτηριστικά του λάρυγγα, καθώς και τις διαστάσεις του στοματοφάρυγγα και της φωνητικής οδού. Παράλληλα φάνηκε πως είναι δυνατή μία νέα ταξινόμηση της φωνής με βάση συγκεκριμένες μετρήσεις ανατομικών περιοχών του φωνητικού συστήματος.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ

**Title: "CLASSIFICATION OF THE VOICE BASED ON THE ANATOMY OF THE LARYNX "**

**Background:** Voice is produced by the larynx and vocal organs and is one of the most valuable tools in human communication. The field of phoniatics included diseases of the vocal cords and the vocal system. Phoniatics exert a key role in the chain of medical fields of expertise that work together to treat voice diseases. Classification of voice is considered a cornerstone of a classical singer's voice identity. Vocal teachers empirically classify any student's voice considering qualitative parameters and its characteristics; complexion, tone, height and 'passing point' of the voice. All these factors affect voice and exert an important role in its final classification. Several studies in the previous years attempted to categorize voice with the use of a variety of methods and based on various factors.

**Purpose:** The present study investigated a possible new classification of vocal ability in professional singers based on voice frequencies and its association with anatomical and morphological characteristics of the larynx.

**Methods:** Seventy (n = 70) healthy individuals with professional or amateur avocation with singing were randomized in this study. Specific inclusion and exclusion criteria were determined for the final study population. Age limit ranged from 18 to 65 years. The anatomy of the larynx and the vocal tract were examined with the use of high-resolution anteroposterior cervical lateral radiography (lateral X-ray). Morphometric characteristics of the larynx were studied through stroboscopy. Data were collected based on a questionnaire (special singer examination protocol) concerning individual's medical history, demographics, as well as the respective voice category (based on frequency) each examinee was previously classified. Head and neck ENT clinical examination, radiographic and stroboscopic examination of the larynx were the next steps of each participant's assessment. Specific parts of the vocal system were identified by imaging methods. The following dimensions were measured (mm) on each lateral X-ray; TO-MSY (the distance from the tooth sectors to the middle of the hard palate), MSY-DAS (distance from the middle of the hard palate to the second cervical vertebra), DAS-PE (distance from

the second cervical vertebra to the anterior incision of the larynx), FT (distance of the vocal section, sum of TO-MSY+ MSY-DAS+ DAS-PE), F (length of the oropharynx, sum of TO-MSY+ MSY-DAS). Stroboscopic examination evaluated the size of the oropharynx, the shape of the hard palate and the epiglottis. In addition, the length, shape and width of the vocal cords as well as their thickness was recorded. Finally, the qualitative characteristics of the voice were documented including the tone and color of speech.

Women of childbearing potential could undergo radiological examination only with a negative urine pregnancy test. All examinees provided signed informed consent prior to their study participation.

**Results:** Data analysis of the present study, showed a statistically significant difference between all voice categories and all measured dimensions of the vocal system (TO-MS, MSY-DAS, DAS-PE, FT, SF). It was shown that as the distance between TO-MSY decreases, the frequency of the male voice increases (from basso to baritone and from baritone to tenore). In addition, the frequency of the male voice increases as the distance between MSY-DAS and DAS-PE decreases. DAS-PE distance was associated with changes in vocal frequency in women as well. In particular, it was observed that as the DAS-PE distance decreases, female voice frequency increases. FT distance was greater in lower frequency voices (male and female), while in high-frequency voices this distance was shorter. It was also observed that greater SF distances corresponded to lower voice frequencies in both 2 sexes. In contrast, shorter CIL distances corresponded to higher frequencies. Of note, FT distance was greater overall in men than in women.

Based on the results of stroboscopy, it emerged that the smaller the size of the oropharynx in men, results in higher voice frequency. In this study population, low-frequency voices were associated with an oval shape of hard palate. In contrast, high-frequency voices were associated with a flat-shaped palate. It was also observed that as the frequency of the voice increases, the length, range and thickness of the vocal cords decreases. In women, it was observed that as the size of the oropharynx decreases, the frequency of the voice increases. The increase in the female voice frequency was also associated with a shorter length, range and

thickness of the vocal cords. It should be noted that the sharpening of the voice tone was associated with an increase in its frequency, in the male and female population, respectively.

In the present study, women had a smaller size of the oropharynx compared to men. The predominant shape of hard palate was oval and level in men and women, respectively. Men had longer, wider and thicker vocal cords compared to women. Men had also a heavier and more closed tone of speech compared to women.

In the present study, somatometric characteristics of the participants were associated with alternations in the voice frequency. It was observed that participants with high stature exerted lower voice frequencies, while those with shorter stature (both men and women) exerted higher frequencies. Regarding the body weight, it appeared that heavier participants of both sexes had lower voice frequencies. In contrast, higher voice frequencies were observed in individuals with lower body weight.

**Conclusion:** The results of this study reinforce the existing literature on the association of the voice with the morphometric characteristics of the larynx, as well as the the oropharynx and the vocal tract. Considering these findings, investigators conclude that a new classification of the voice based on specific measurements of anatomical areas of the vocal system is possible.



**ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ, ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ, ΕΠΑΙΝΟΙ ΚΛΠ., ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΥΨΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ  
ΠΑΡΟΥΣΑ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ**

1. Συσχέτιση της φωνητικής ικανότητας βασισμένη στην έκταση με τα ανατομικά χαρακτηριστικά του λάρυγγα χρησιμοποιώντας τη στροβοσκόπηση και την τηλεακτινογραφία- (Hellenic Otorhinolaryngology/ Ελληνική Ωτορινολαρυγγολογία)- Volume 40, issue 20, ISSN: 2241-908X, April-June 2019
2. Morphometric Correlations of the Voice Category (VC) in Professional Singers with Oropharyngeal and Laryngeal Anatomy Using Stroboscopy and Cervical Posteroanterior Radiography (International Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery, Vol.10 No.4, July 2021) - doi: 10.4236/ijohns.2021.104026
3. Stroboscopic Evaluation of the Vocal Folds' Morphometric Characteristics, between the Different Voice Categories on Professional Singers (International Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery, Vol.10, No.5, September 2021) – doi: 10.4236/ijohns.2021.105031
4. Correlations between oropharyngeal and laryngeal anatomy and the frequency of singing voice: A population-based study, in Greece (International Journal of Science and Research Archive, 2021, 03 (02), 059–069) - doi: <https://doi.org/10.30574/ijra.2021.3.2.0139>

**ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΑ**

1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΛΑΡΥΓΓΑ (19<sup>ο</sup> Σεμινάριο της Ελληνικής Ρινολογικής Εταιρείας, 16<sup>ο</sup> Σεμινάριο ΩΡΛ Αλλεργίας, Ανοσολογίας & Ρογχοπαθειών και 3<sup>ο</sup> Σεμινάριο Ελληνικής Εταιρείας Φωνιατρικής & Διαταραχών Κατάποσης, 11 έως 14 Απριλίου 2019)
2. MORPHOMETRIC CORELLATIONS OF THE VOCAL RANGE IN PROFESSIONAL SINGERS WITH OROPHARYNGEAL AND LARYNGEAL ANATOMY, USING STROBOSCOPY AND CERVICAL POSTEROANTERIOR RADIOGRAPHY (Second Webinar on Ear, Nose and throat, AVER Conference)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ

1. Εξαρχάκος Γ. Η φυσιοπαθολογία της φωνής. Ιούλιος 2001: 15-88.
2. Latinus M, Belin P. Human voice perception. *Current biology* : CB. 2011;21(4):R143-5.
3. Van Den Berg J. Myoelastic-aerodynamic theory of voice production. *Journal of speech and hearing research*. 1958;1(3):227-44.
4. Garcia, M. (1854). Observations on the Human Voice. *Proceedings of the Royal Society of London*, 7(0), 399–410. .
5. Dedo, H. H., & Dunker, E. (1967). Husson's Theory: An Experimental Analysis of His Research Data and Conclusions. *Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 85(3), 303–313. .
6. Am Zehnhoff-Dinnesen, A., Wiskirska-Woznica, B., Neumann, K., et al, (Eds.). (2020). *Phoniatrics I. European Manual of Medicine*. .4-95.
7. Moore K. (1978), Βασική Εμβρυολογία και συγγενείς ανωμαλίες, σ.σ. 106-130
8. Larsen W. J. (1993) *Human Embryology*. Churchill Livingstone p.p. 322-336
9. Carlson B. M. (1994) *Human Embryology and Developmental Biology*. Mosby p.p. 276-339.
10. Tucker, J. A., & O'Rahilly, R. (1972). Observations on the Embryology of the Human Larynx. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 81(4), 520–523.
11. Som, P. M., & Curtin, H. D. (2014). An Updated and Illustrated Review of the Complex Embryology of the Larynx and How Laryngeal Webs, Atresias, and Stenoses Develop. *Neurographics*, 4(4), 189–203. .
12. Raymond H. Colto, Janina K. Casper, Rebecca Leonard, Κατανοώντας τις διαταραχές φώνησης, Επιμέλεια ελληνικής παρουσίασης, Παπαδέας Ευλαγγελος, Ναξάκης Στεφανος, Νησιώτη Μελπομένη, Κεφάλαιο 12, σελ: 741-764.
13. Behrbohm H. Kaschke O., Nawka T., et al, Παθήσεις Ωτός, Ρινός και Λάρυγγα, με Χειρουργική Κεφαλής και Τραχήλου, Εκδόσεις Κωνσταντάρας, ρ: 293-340.
14. Khunti K, Del Prato S, Mathieu C, Kahn SE, Gabbay RA, Buse JB. COVID-19, Hyperglycemia, and New-Onset Diabetes. *Diabetes care*. 2021;44(12):2645-55.
15. Producing a Voice and Controlling its Sound. (2011). *Foundations of Voice Studies*, 25–71. .
16. Ardran, G. M., & Kemp, F. H. (1966). The Mechanism of the Larynx Part I: The Movements of the Arytenoid and Cricoid Cartilages. *The British Journal of Radiology*, 39(465), 641–654. .
17. Ardran, G. M., & Kemp, F. H., (1967). The Mechanism of the Larynx—II The epiglottis and closure of the larynx. *The British Journal of Radiology*, 40(473), 372–389. .
18. Krausert, C. R., Olszewski, A. E., Taylor, et al., (2011). Mucosal Wave Measurement and Visualization Techniques. *Journal of Voice*, 25(4), 395–405. doi:10.1016/j.jvoice.2010.02.001.
19. Raymond H. Colto, Janina K. Casper, Rebecca Leonard, Κατανοώντας τις διαταραχές φώνησης, Επιμέλεια ελληνικής παρουσίασης, Παπαδέας Ευλαγγελος, Ναξάκης Στεφανος, Νησιώτη Μελπομένη, Κεφάλαιο 5, σελ: 235-330.
20. John S. Rigden, *Physics and the Sound of Music*, 2nd Edition.
21. Kayes G. Structure and Function of the Singing Voice. In *The Oxford Handbook of Singing* ). Oxford University Press.
22. Sundberg, J. (1973). Observations on a professional soprano singer. *Quarterly Progress and Status Report*, pp. 14–24. Stockholm: Department for Speech Music and Hearing, Royal Institute of Technology.

23. Sundberg, J. (1974). Articulatory interpretation of the “singing formant.” *The Journal of the Acoustical Society of America*, 55(4), 838–844. .
24. Sundberg, J. (1990). What’s so special about singers? *Journal of Voice*, 4(2), 107–119.
25. Hirano, M. (1988). Vocal mechanisms in singing: Laryngological and phoniatric aspects. *Journal of Voice*, 2(1), 51–69. .
26. Hirano, M., Kurita, S., & Sakaguchi, S. (1989). Ageing of the Vibratory Tissue of Human Vocal Folds. *Acta Oto-Laryngologica*, 107(5-6), 428–433. .
27. Raymond H. Colto, Janina K.Casper, Rebecca Leonard, Κατανοώντας τις διαταραχές φώνησης, Επιμέλεια ελληνικής παρουσίασης, Παπαδέας Ευλαγγελος, Ναζάκης Στεφανος, Νησιώτη Μελπομένη, Κεφάλαιο 2, σελ: 41-131.
28. Verde, L., De Pietro, G., & Sannino, G. (2018). A methodology for voice classification based on the personalized fundamental frequency estimation. *Biomedical Signal Processing and Control*, 42, 134–144.
29. Heylen L, Wuyts FL, Mertens F, et al, Normative voice range profiles of male and female professional voice users. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2002;16(1):1-7.
30. Maronian, N. C., Robinson, L., et al, (2004). Tremor Laryngeal Dystonia: Treatment of the Lateral Cricoarytenoid Muscle. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 113(5), 349–355. .
31. Lane, H., & Tranel, B. (1971). The Lombard Sign and the Role of Hearing in Speech. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 14(4), 677.
32. Cleveland, T. F. (1977). Acoustic properties of voice timbre types and their influence on voice classification. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 61(6), 1622–1629. .
33. Hogan, A. J. (2019). Moving Away from the “Medical Model”: The Development and Revision of the World Health Organization’s Classification of Disability. *Bulletin of the History of Medicine*, 93(2), 241–269. .
34. Walton, C., Carding, P., Conway, E., et al, (2018). Voice Outcome Measures for Adult Patients With Unilateral Vocal Fold Paralysis: A Systematic Review. *The Laryngoscope*. .
35. Wang, Z., Yu, P., Yan, N., et al, (2015). Automatic Assessment of Pathological Voice Quality Using Multidimensional Acoustic Analysis Based on the GRBAS Scale. *Journal of Signal Processing Systems*, 82(2), 241–251. .
36. Xie s., Yan N., Yu P., et al, (2016), Deep Neural Networks for Voice Quality Assessment based on the GRBAS Scale.
37. Moerman, M., Martens, J.-P., et al, (2006). The INFVo perceptual rating scale for substitution voicing: development and reliability. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 263(5), 435–439. .
38. San Segundo, E., Foulkes, P., French, P., et al, (2018). The use of the Vocal Profile Analysis for speaker characterization: Methodological proposals. *Journal of the International Phonetic Association*, 1–28. .
39. Krom, G. de. (1995). Some Spectral Correlates of Pathological Breathy and Rough Voice Quality for Different Types of Vowel Fragments. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 38(4), 794. .
40. Södersten, M., Hertegård, S., & Hammarberg, B. (1995). Glottal closure, transglottal airflow, and voice quality in healthy middle-aged women. *Journal of Voice*, 9(2), 182–197.
41. Sulter, A. M., Schutte, H. K., & Miller, D. G. (1996). Standardized laryngeal videostroboscopic rating: Differences between untrained and trained male and female subjects, and effects of varying sound intensity, fundamental frequency, and age. *Journal of Voice*, 10(2), 175–189. .
42. Tafiadis, D., Kosma, E. I., Chronopoulos, S. K., Voniati, L., & Zivra, N. (2018). A preliminary receiver operating characteristic analysis on voice handicap index results of the

Greek voice-disordered patients. *International Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 7(3), 98-114.

43. Tafiadis, D., Helidoni, M. E., Chronopoulos, S. K., Kosma, E. I., Ziavra, N., & Velegrakis, G. A. (2020). Cross-cultural adaptation and validation of the Greek Voice Handicap Index-10 (GVHI-10) with additional receiver operating characteristic analysis. *Journal of Voice*, 34(2), 304.e1-304.e8. .
44. Tafiadis, D., Helidoni, M. E., Chronopoulos, S. K., Kosma, E. I., Alexandropoulou, A., Ziavra, N., & Velegrakis, G. A. (2019). The Hellenic Voice Handicap Index of Different Laryngeal Mass Lesions: A Receiver-Operating Characteristic Analysis. *Journal of Voice*. .
45. Tafiadis, D., Chronopoulos, S. K., Helidoni, M. E., Kosma, E. I., Voniati, L., Papadopoulos, P., ... & Velegrakis, G. A. (2019). Checking for voice disorders without clinical intervention: The Greek and global VHI thresholds for voice disordered patients. *Scientific reports*, 9(1), 1-9. .
46. Tafiadis, D., Kosma, E. I., Chronopoulos, S. K., Papadopoulos, A., Toki, E. I., Vassiliki, S., & Ziavra, N. (2018). Acoustic and perceived measurements certifying tango as voice treatment method. *Journal of Voice*, 32(2), 256-e13. .
47. Tafiadis, D., Helidoni, M. E., Chronopoulos, S. K., Kosma, E. I., Liagkou, V., Voniati, L., ... & Velegrakis, G. A. (2018). Preliminary receiver operating characteristic analysis on voice handicap index of laryngeal inflammation in Greek patients. *International Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 7(03), 115.
48. Tafiadis, D., Toki, E. I., Miller, K. J., & Ziavra, N. (2017). Effects of early smoking habits on young adult female voices in Greece. *Journal of Voice*, 31(6), 728-732.
49. Tafiadis D., Chronopoulos, S. K., Siafaka, V., Drosos, K., Kosma, E. I., Toki, E. I., & Ziavra, N. (2017). Comparison of voice handicap index scores between female students of speech therapy and other health professions. *Journal of Voice*, 31(5), 583-588.
50. Dejonckere, P. H., Bradley, P., Clemente, P., et al, (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 258(2), 77–82. .
51. Rosen, C. A., Lee, A. S., Osborne, J., et al, (2004). Development and Validation of the Voice Handicap Index-10. *The Laryngoscope*, 114(9), 1549–1556. .
52. Dejonckere PH. Assessment of Voice and Respiratory Function. In: Remacle M, Eckel HE, editors. *Surgery of Larynx and Trachea*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2010. p. 11-26.
53. Dejonckere, P. H. (2009). Assessment of Voice and Respiratory Function. *Surgery of Larynx and Trachea*, 11–26. .
54. Sulter, A. M., Wit, H. P., Schutte, H. K., et al, . (1994). A Structured Approach to Voice Range Profile (Phonetogram) Analysis. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 37(5), 1076. .
55. Poburka, B. J., Patel, R. R., & Bless, D. M. (2017). Voice-Vibratory Assessment With Laryngeal Imaging (VALI) Form: Reliability of Rating Stroboscopy and High-speed Videoendoscopy. *Journal of Voice*, 31(4), 513.e1–513.e14. .
56. Poburka, B. J. (1999). A new stroboscopy rating form. *Journal of Voice*, 13(3), 403–413.
57. Jones, J. W., Baumanis, M. M., Perryman, M., (2020). Resident Education in Laryngeal Stroboscopy: Part II—Evaluation of a Multimedia Training Module. *Journal of Voice*. .
58. . Sachdeva, K., Mittal, N., & Sachdeva, N. (2020). Role of Video Laryngostroboscopy in Benign Disease of Larynx. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*. .

59. Vellikannu, R., Venkatesan, D., Ekhar, V. R., et al, (2020). Role of Stroboscope in Injury of External Branch of Superior Laryngeal Nerve During Thyroid Surgery. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*. .
60. Maroldi, R., Ravanelli, M., & Farina, D. (2014). Magnetic resonance for laryngeal cancer. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 22(2), 131–139. .
61. Breyer, T., Echternach, M., Arndt, S., (2009). Dynamic magnetic resonance imaging of swallowing and laryngeal motion using parallel imaging at 3 T. *Magnetic Resonance Imaging*, 27(1), 48–54. .
62. Gregor, R. T., Lloyd, G. A. S., & Michaels, L. (1981). Computed tomography of the larynx: A clinical and pathologic study. *Head & Neck Surgery*, 3(4), 284–296. .
63. Becker, M., Burkhardt, K., Dulguerov, P., et al, (2008). Imaging of the larynx and hypopharynx. *European Journal of Radiology*, 66(3), 460–479. .
64. Tan, H. K. K., Brown, K., McGill, T., et al, (2000). Airway foreign bodies (FB): a 10-year review. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 56(2), 91–99. .
65. Gerratt, B. R., Hanson, D. G., & Berke, G. S. (1988). Laryngeal configuration associated with glottography. *American Journal of Otolaryngology*, 9(4), 173–179. .
66. Hanson D., Gerratt B., Karin R., et al, (1988), Glottographic measures of vocal fold vibration: an examination of laryngeal paralysis.1-9.
67. Hertegard, S., & Gauffin, J. (1995). Glottal Area and Vibratory Patterns Studied With Simultaneous Stroboscopy, Flow Glottography, and Electroglottography. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 38(1), 85. .
68. Gerratt, B. R., Hanson, D. G., Berke, G. S., et al, (1991). Photoglottography: A clinical synopsis. *Journal of Voice*, 5(2), 98–105. .
69. Sataloff, R. T., Praneetvatakul, P., Heuer, R. J., et al, (2010). Laryngeal Electromyography: Clinical Application. *Journal of Voice*, 24(2), 228–234. .
70. Sittel, C., Stennert, E., Thumfart, W. F., et al, (2001). Prognostic Value of Laryngeal Electromyography in Vocal Fold Paralysis. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 127(2), 155. .
71. Švec, J. G., & Schutte, H. K. (1996). Videokymography: High-speed line scanning of vocal fold vibration. *Journal of Voice*, 10(2), 201–205.

72. Švec, J. G., Šram, F., & Schutte, H. K. (2007). Videokymography in Voice Disorders: What to Look For? *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 116(3), 172–180. .
73. Johnson, A. M., & Kempster, G. B. (2011). Classification of the Classical Male Singing Voice Using Long-Term Average Spectrum. *Journal of Voice*, 25(5), 538-543. .
74. McKinney JC. *The Diagnosis & Correction of Vocal Faults: A Manual for Teachers of Singing and for Choir Directors*. Revised and expanded ed. Nashville, TN: Genevox Music Group; 1994.:15-90.
75. Nan Yan, Manwa L. Ng, Edith K. Chan et al., *Vocal Fold Vibratory Differences in Different Registers of Professional Male Singers*

with Different Singing Voice Types.

76. Neng Run W, Siao Chung Y. Roentgenological measurement of physiological vocal cord length. An analysis of 59 opera singers. *Folia phoniatrica*. 1983;35(6):289-93.
77. Zahedi M, Kordrostami S, Kalantarhormozi M, Bagheri M. A Review of Hyperglycemia in COVID-19. *Cureus*. 2023;15(4):e37487.
78. Bourne T, Garnier M. Physiological and acoustic characteristics of the female Music Theater voice. *J Acoust Soc Am*. 2012;131(2):1586-94.
79. Sundberg J. The acoustics of the singing voice. *Scientific American*. 1977;236(3):82-4, 6, 8-91.

80. Mehta, D. D., & Hillman, R. E. (2012). Current role of stroboscopy in laryngeal imaging. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 20(6), 429–436. doi:10.1097/moo.0b013e3283585f04.
81. DeVore, E. K., Carroll, T. L., & Shin, J. J. (2019). Is a voice-specific instrument more indicative of stroboscopy results than common clinical queries? *The Laryngoscope*. doi:10.1002/lary.28207.
82. Sielska-Badurek, E. M., Jędra, K., Sobol, M., Osuch-Wójcikiewicz, E., & Niemczyk, K. (2018). Laryngeal stroboscopy - normative values for amplitude, open quotient, asymmetry and phase difference in young adults. *Clinical Otolaryngology*. doi:10.1111/coa.13247.
83. Benninger MS. The professional voice. *The Journal of laryngology and otology*. 2011;125(2):111-6.
84. Fric M, Pavlechova A. Listening evaluation and classification of female singing voice categories. *Logopedics, phoniatrics, vocology*. 2020;45(3):97-109.
85. Roers, F., Mürbe, D., & Sundberg, J. (2009). Voice classification and vocal tract of singers: A study of x-ray images and morphology. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(1), .
86. Roers, F., Mürbe, D., & Sundberg, J. (2009). Predicted Singers' Vocal Fold Lengths and Voice Classification-A Study of X-Ray Morphological Measures. *Journal of Voice*, 23(4), 408-413. .
87. Dmitriev, L., & Kiselev, A. (1979). Relationship between the Formant Structure of Different Types of Singing Voices and the Dimensions of Supraglottic Cavities. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 31(4), 238-241. .
88. Fitch WT, Giedd J. Morphology and development of the human vocal tract: a study using magnetic resonance imaging. *J Acoust Soc Am*. 1999;106(3 Pt 1):1511-22.
89. Yamasaki R, Behlau M, do Brasil Ode O, Yamashita H. MRI anatomical and morphological differences in the vocal tract between dysphonic and normal adult women. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2011;25(6):743-50.
90. Story BH, Titze IR, Hoffman EA. Vocal tract area functions from magnetic resonance imaging. *J Acoust Soc Am*. 1996;100(1):537-54.
91. Vos, R. R., Murphy, D. T., Howard, D. M., (2018). Determining the Relevant Criteria for Three-dimensional Vocal Tract Characterization. *Journal of Voice*, 32(2), 130–142. .
92. Pullon B. Relationship of the Cricothyroid Space with Vocal Range in Female Singers. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2017;31(1):125 e17- e23.
93. Larsson H, Hertegard S. Vocal fold dimensions in professional opera singers as measured by means of laser triangulation. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2008;22(6):734-9.
94. Yan, N., Ng, M. L., Man, M. K., et al, (2013). Vocal tract dimensional characteristics of professional male and female singers with different types of singing voices. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 15(5), 484–491. .
95. D.E. Harrison, D.D. Harrison, R. Cailliet, S.J. Troyanovich, T.J. Janik, B. Holland, B. Cobb method or Harrison posterior tangent method: which to choose for lateral cervical radiographic analysis. *Spine*, 25(2000) 2072-2078.
96. J.S. Virk, J. Pang, S. Okhovat, R.K. Lingam, A. Singh, (2012). Analysing lateral soft tissue neck radiographs. *Emergency radiology*, 19(2012) 255-260. .
97. T.S. Douglas, L.K. Gresak, N. Koen, N. Fenton-Muir, A.B. van As, R.D. Pitcher, Measurement of prevertebral cervical soft tissue thickness on lateral digital radiographs *J Pediatr Orthop Ped*, 32(2012) 249-252. .
98. A. Sun, H.G. Yeo, T.U. Kim, J.K. Hyun, J.Y. Kim, Radiologic assessment of forward head posture and its relation to myofascial pain syndrome. *Annals of rehabilitation medicine*, 38(2014) 821. .

99. S. Candemir, S. Antani, A review on lung boundary detection in chest X-rays. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 14(2019) 563-576. .
100. E. Alukic, D. Skrk, N. Mekis, Comparison of anteroposterior and posteroanterior projection in lumbar spine radiography. *Radiol Oncol*, 52(2018) 468-474. .
101. T. Kusama, K Ota, Radiological protection for diagnostic examination of pregnant women. *Congen Anom*, 42(2002), 10-14. .
102. Pekar JJ. A brief introduction to functional MRI. *IEEE engineering in medicine and biology magazine : the quarterly magazine of the Engineering in Medicine & Biology Society*. 2006;25(2):24-6.
103. Fullerton GD. Basic concepts for nuclear magnetic resonance imaging. *Magnetic resonance imaging*. 1982;1(1):39-55.
104. Wippold FJ, 2nd. Head and neck imaging: the role of CT and MRI. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI*. 2007;25(3):453-65.
105. Coleman, R. O. (1976). A Comparison of the Contributions of Two Voice Quality Characteristics to the Perception of Maleness and Femaleness in the Voice. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 19(1), 168. .
106. Palkki, J. (2019). "My voice speaks for itself": The experiences of three transgender students in American secondary school choral programs. *International Journal of Music Education*, 025576141989094.
107. Kayes, G. (2015). *Structure and Function of the Singing Voice*. Oxford Handbooks Online. .
108. Titze IR. Physiologic and acoustic differences between male and female voices. *J Acoust Soc Am*. 1989;85(4):1699-707.
109. Fuchs M, Meuret S, Thiel S, Taschner R, Dietz A, Gelbrich G. Influence of singing activity, age, and sex on voice performance parameters, on subjects' perception and use of their voice in childhood and adolescence. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2009;23(2):182-9.
110. Hollien, H. (1960). Vocal Pitch Variation Related to Changes in Vocal Fold Length. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 3(2), 150. doi:10.1044/jshr.0302.156
111. Roers F, Murbe D, Sundberg J. Predicted singers' vocal fold lengths and voice classification—a study of x-ray morphological measures. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2009;23(4):408-13.
112. Claros P, Sobolewska AZ, Domenech-Claros A, Claros-Pujol A, Pujol C, Claros A. CT-based Morphometric Analysis of Professional Opera Singers' Vocal Folds. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2019;33(4):583 e1- e8.
113. Yan N, Ng ML, Man MK, To TH. Vocal tract dimensional characteristics of professional male and female singers with different types of singing voices. *International journal of speech-language pathology*. 2013;15(5):484-91.
114. Larsson, H., & Hertegård, S. (2008). Vocal Fold Dimensions in Professional Opera Singers as Measured by Means of Laser Triangulation. *Journal of Voice*, 22(6), 734–739. .
115. Vorik, A., Unteregger, F., Zwicky, S., et al, (2017). Three-dimensional Imaging of High-resolution Computer Tomography of Singers' Larynges—A Pilot Study. *Journal of Voice*, 31(1), 115.e17–115.e21. .
116. Cho, W., Hong, J., & Park, H. (2012). Real-Time Ultrasonographic Assessment of True Vocal Fold Length in Professional Singers. *Journal of Voice*, 26(6), 819.e1–819.e6. .
117. Marunick MT, Menaldi CJ. Maxillary dental arch form related to voice classification: a pilot study. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2000;14(1):82-91.
118. White BD. Singing and science. *The Journal of laryngology and otology*. 1982;96(2):141-57.
119. Clarós, P., Sobolewska, A. Z., Doménech-Clarós, A., et al, (2018). CT-based Morphometric Analysis of Professional Opera Singers' Vocal Folds. *Journal of Voice*. .

120. Johnson, G., & Skinner, M. (2009). The demands of professional opera singing on cranio-cervical posture. *European Spine Journal*, 18(4), 562–569. .
121. Cesari, U., Iengo, M., & Apisa, P. (2012). Qualitative and Quantitative Measurement of the Singing Voice. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 64(6), 304–309. .
122. Von Hippel, P. (2000). Redefining Pitch Proximity: Tessitura and Mobility as Constraints on Melodic Intervals. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 17(3), 315–327. .
123. Cleveland, T. F. (1977). Acoustic properties of voice timbre types and their influence on voice classification. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 61(6), 1622–1629. .
124. Brunner, J., Fuchs, S., & Perrier, P. (2009). On the relationship between palate shape and articulatory behavior. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(6), 3936–3949. .
125. Evans S, Neave N, Wakelin D. Relationships between vocal characteristics and body size and shape in human males: an evolutionary explanation for a deep male voice. *Biological psychology*. 2006;72(2):160-3.
126. Rendall D, Kollias S, Ney C, Lloyd P. Pitch (F0) and formant profiles of human vowels and vowel-like baboon grunts: the role of vocalizer body size and voice-acoustic allometry. *J Acoust Soc Am*. 2005;117(2):944-55.
127. Lass NJ. Correlational study of speakers' heights, weights, body surface areas, and speaking fundamental frequencies. *J Acoust Soc Am*. 1978;63(4):1218-20.
128. Pisanski, K., Fraccaro, P. J., Tigue, C. C., et al, (2014). Vocal indicators of body size in men and women: a meta-analysis. *Animal Behaviour*, 95, 89–99. .
129. Gonzalez J. Correlations between speakers' body size and acoustic parameters of voice. *Perceptual and motor skills*. 2007;105(1):215-20.
130. Graddol D, Swann J. Speaking fundamental frequency: some physical and social correlates. *Language and speech*. 1983;26 ( Pt 4):351-66.
131. Hollien H, Green R, Massey K. Longitudinal research on adolescent voice change in males. *J Acoust Soc Am*. 1994;96(5 Pt 1):2646-54.
132. Hollien H, Shipp T. Speaking fundamental frequency and chronologic age in males. *Journal of speech and hearing research*. 1972;15(1):155-9.
133. Baken RJ. The aged voice: a new hypothesis. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2005;19(3):317-25.
134. Hazlett, D., & Ball, M. J. (1996). An acoustic analysis of the effects of ageing on the trained singer's voice. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 21(2), 101–107. .
135. Welch, G. F. (1979). Vocal Range and Poor Pitch Singing. *Psychology of Music*, 7(2), 13–31. .
136. Sorensen D, Horii Y. Cigarette smoking and voice fundamental frequency. *Journal of communication disorders*. 1982;15(2):135-44.
137. Tafiadis D, Toki El, Miller KJ, Zivra N. Effects of Early Smoking Habits on Young Adult Female Voices in Greece. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2017;31(6):728-32.
138. Debryne F, Ostyn F, Delaere P, Wellens W. Acoustic analysis of the speaking voice after thyroidectomy. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 1997;11(4):479-82.
139. Petrovic-Lazic M, Jovanovic N, Kulic M, Babac S, Jurisic V. Acoustic and perceptual characteristics of the voice in patients with vocal polyps after surgery and voice therapy. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2015;29(2):241-6.
140. A longitudinal study of voice before and after phonosurgery for removal of a polyp. Smiljka Štajner-Katušić University Clinic 'Sestara milosrdnica', Zagreb, Croatia, Damir Horga & Karolina Vrban Zrinski



Pages 857-863 | Received 12 Nov 2006, Accepted 02 Dec 2007, Published online: 09 Jul 2009.

141. Al-Yahya SN, Muhammad R, Suhaimi SNA, Azman M, Mohamed AS, Baki MM. Selective Laryngeal Examination: Sensitivity of Endocrine Surgeons in Screening Voice Abnormality. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2020;34(5):811 e13-e20.
142. Hicks M, Brugman SM, Katial R. Vocal cord dysfunction/paradoxical vocal fold motion. *Primary care*. 2008;35(1):81-103, vii.
143. Johns MM. Update on the etiology, diagnosis, and treatment of vocal fold nodules, polyps, and cysts. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*. 2003;11(6):456-61.
144. Shih LC, Piel J, Warren A, Kraics L, Silver A, Vanderhorst V, et al. Singing in groups for Parkinson's disease (SING-PD): a pilot study of group singing therapy for PD-related voice/speech disorders. *Parkinsonism & related disorders*. 2012;18(5):548-52.
145. Merati AL, Heman-Ackah YD, Abaza M, Altman KW, Sulica L, Belamowicz S. Common movement disorders affecting the larynx: a report from the neurolaryngology committee of the AAO-HNS. *Otolaryngology--head and neck surgery : official journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2005;133(5):654-65.
146. Tafiadis D, Helidoni ME, Chronopoulos SK, Kosma EI, Alexandropoulou A, Zivara N, et al. The Hellenic Voice Handicap Index of Different Laryngeal Mass Lesions: A Receiver-Operating Characteristic Analysis. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2020;34(6):966 e1- e10.
147. Ebersole B, Soni RS, Moran K, Lango M, Devarajan K, Jamal N. The Influence of Occupation on Self-perceived Vocal Problems in Patients With Voice Complaints. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2018;32(6):673-80.
148. Kwok M, Eslick GD. The Impact of Vocal and Laryngeal Pathologies Among Professional Singers: A Meta-analysis. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2019;33(1):58-65.
149. Tafiadis D, Helidoni ME, Chronopoulos SK, Kosma EI, Zivara N, Velegrakis GA. Cross-cultural Adaptation and Validation of the Greek Voice Handicap Index-10 (GVHI-10) With Additional Receiver Operating Characteristic Analysis. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. 2020;34(2):304 e1- e8.
150. Chernobelsky SI. The treatment and results of voice therapy amongst professional classical singers with vocal fold nodules. *Logopedics, phoniatrics, vocology*. 2007;32(4):178-84.
151. Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchman L, Friedrich G, et al. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Guideline elaborated by the Committee on Phoniatrics of the European Laryngological Society (ELS). *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies*. 2001;258(2):77-82.