



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΑΚΟΟΛΟΓΙΑ & ΝΕΥΡΩΤΟΛΟΓΙΑ»  
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2022-2023**

*Διπλωματική Εργασία:*  
**« ΠΙΛΟΤΟΙ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ »**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ:** ΚΟΡΑΚΟΒΟΥΝΗ ΚΑΛΛΙΟΠΗ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ:** 7450322200015

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ :** ΚΟΥΣΟΥΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:** ΚΟΥΣΟΥΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΔΕΛΙΔΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ ΠΑΥΛΟΣ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι πιλότοι αεροσκαφών αποτελούν μια ιδιαίτερη ομάδα επαγγελματιών, λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν στο περιβάλλον εργασίας τους. Η ΩΡΛ ειδικότητα είναι άμεσα συνδεδεμένη με κάποιες από τις πιο συχνές παθήσεις των πιλότων, που αφορούν τόσο στο αιθουσαίο, όσο και στο ακουστικό σύστημα. Σχετικά με τις ακουστικές παθήσεις, παρατηρείται αυξημένη επίπτωση νευροαισθητήριας βαρηκοΐας (βαρηκοΐα από θόρυβο) σε σύγκριση με το γενικό πληθυσμό. Αυτό προκύπτει αφενός γιατί το επίπεδο του θορύβου που προέρχεται από τις μηχανές των αεροσκαφών είναι τέτοιο, ώστε πολυετής και παρατεταμένη έκθεση σε αυτό, να προκαλεί μόνιμη βλάβη και αφετέρου γιατί εκτός από τα προαναφερθέντα, οι πιλότοι εκτίθενται και σε στιγμιαίο θόρυβο ακραίας έντασης που προέρχεται από εκρήξεις ή μαχητικά αεροσκάφη και αυτό με τη σειρά του μπορεί επίσης να προκαλέσει μόνιμη βαρηκοΐα από θόρυβο.

Ταυτόχρονα, με αυξημένη συχνότητα παρατηρείται και η βαρηκοΐα αγωγιμότητας μεταξύ των πιλότων, καθώς, η διαφορά πίεσης του αέρα μεταξύ της κοιλότητας του μέσου ωτός και της εξωτερικής ατμόσφαιρας και οι απότομες αυξομειώσεις αυτής κατά τη διάρκεια μιας πτήσης, μπορεί να προκαλέσουν παθολογία στις αεροφόρες κοιλότητες του ωτός, γνωστή και ως βαρότραυμα ωτός.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Εισαγωγή:** Οι πιλότοι αεροσκαφών εκτίθενται σε ιδιαίτερες εργασιακές συνθήκες οι οποίες προδιαθέτουν σε δυο διαφορετικές και ανεξάρτητες μεταξύ τους παθολογικές οντότητες, τη βαρηκοΐα από θόρυβο και το βαρότραυμα. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να ανατρέξουμε στη βιβλιογραφία που έχει δημοσιευτεί τα τελευταία χρόνια και μπορεί να μας παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις παθήσεις αυτές, ώστε να τις κατανοήσουμε καλύτερα, να υπολογίσουμε τον πραγματικό κίνδυνο των εργαζομένων, να ανακαλύψουμε τρόπους και εργαλεία πρόληψης και να βελτιώσουμε τα προγράμματα παρακολούθησης και τα μέτρα ατομικής προστασίας.

**Μεθοδολογία:** Στην παρούσα εργασία διενεργήθηκε μια περιγραφική βιβλιογραφική ανασκόπηση μέσω της χρήσης των βάσεων δεδομένων PubMed και Google Scholar. Με βάση την αναζήτησή αυτή και περιορισμό την τελευταία δεκαετία, τα κείμενα σε αγγλική γλώσσα και πλήρη κείμενα, προέκυψαν 1495 άρθρα. Στη συνέχεια, με περαιτέρω φιλτράρισμα βάσει του περιεχομένου, προέκυψαν 25 άρθρα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και τη συγγραφή της εργασίας. Η δομή του κειμένου ελέγχθηκε με βάση τη λίστα ελέγχου για συστηματικές ανασκοπήσεις του PRISMA.

**Αποτελέσματα:** Οι μελέτες που επικεντρώνονται στους πιλότους αεροσκαφών και στις ανωτέρω παθήσεις δεν είναι πολλές αριθμητικά ούτε ομοιογενείς μεταξύ τους. Γι' αυτό το λόγο κάθε χώρα παρουσιάζει διαφορετικά αποτελέσματα ως προς την επίπτωση, την κλινική εικόνα, τους παράγοντες κινδύνου και την πρόληψη. Στα αποτελέσματα μας, διαπιστώσαμε και κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που εμφανίζουν οι παθήσεις αυτές, όπως είναι το βαρότραυμα όψιμης έναρξης και όσον αφορά στη βαρηκοΐα από θόρυβο, η διαφορά στο ουδό ακοής μεταξύ των δυο ώτων και η συνεργική δράση του θορύβου με άλλους ωτοτοξικούς παράγοντες.

**Συζήτηση:** Το βαρότραυμα αποτελεί τη συχνότερη ιατρική πάθηση κατά τη διάρκεια αεροπορικών ταξιδιών, με επίπτωση που δεν ξεπερνά το 20%. Έχει συσχετιστεί με λοιμώξεις του αναπνευστικού, ιστορικό αλλεργίας ή άλλες συνθήκες που δεν επιτρέπουν την ομαλή διάνοϊξη της Ευσταχιανής σάλπιγγας. Κλινικά εμφανίζεται με ή χωρίς ωτοσκοπικά ευρήματα που συνοδεύονται από ωταλγία, αίσθημα πληρότητας και ενίοτε, ζάλη. Πρόληψη ενός επεισοδίου μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση 120mg ψευδοεφεδρίνης από το στόμα πριν από την πτήση. Βαρότραυμα μπορεί να εμφανιστεί και κατά τη διάρκεια άσκησης σε θάλαμο χαμηλής πίεσης και με τη μορφή «καθυστερημένου βαροτραύματος», κάτω από συνθήκες εισπνοής καθαρού 100% οξυγόνου για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Αναφορικά με την βαρηκοΐα από θόρυβο, τα δεδομένα από τη βιβλιογραφία δεν υποστηρίζουν ομόφωνα ότι οι πιλότοι εμφανίζουν αυξημένους ουδούς ακοής σε σύγκριση με ομάδα αναφοράς ίδιου φύλου

και ηλικίας. Παράγοντες κινδύνου φαίνεται να είναι η ηλικία και ο συνολικός αριθμός ωρών πτήσης. Οι εκπομπές καυσίμων των αεροσκαφών φαίνεται να περιέχουν ωτοτοξικούς παράγοντες που μπορούν να επιδράσουν αθροιστικά με το θόρυβο στο ακουστικό σύστημα. Οι DPOAEs και η EHFA αποτελούν βοηθητικές εξετάσεις για την ανίχνευσης μιας πρώιμης βλάβης στον κοχλία.

**Συμπεράσματα:** Συνθήκες κάτω από τις οποίες προκαλείται δυσλειτουργία και αδυναμία διάκρισης της Ευσταχιανής σάλπιγγας, προδιαθέτουν σε βαρότραυμα και έτσι θα πρέπει οι πιλότοι να αναζητούν ιατρική βοήθεια όταν βρίσκονται κάτω από τέτοια συνθήκη. Επίσης, θα πρέπει να εφαρμόζουν τα ενδεδειγμένα μέτρα ατομικής προστασίας από το θόρυβο και όταν εμφανίζουν συμπτωματολογία συμβατή με βαρηκοΐα, να ανατρέχουν στις ιατρικές μονάδες προς διάγνωση και συμβουλευτική.

**Λέξεις-κλειδιά:** βαρότραυμα μέσου ωτός, ωτικό βαρότραυμα, αερωτίτιδα, πιλότοι αεροσκαφών, αεροπορία, πλήρωμα αεροσκαφών, βαρηκοΐα από θόρυβο, επαγγελματική έκθεση σε θόρυβο, μετατόπιση ουδού ακοής από θόρυβο

## ABSTRACT

**Introduction:** Aircraft pilots are exposed to special working conditions that predispose them to two different and independent pathological entities, NIHL and barotrauma. The purpose of this study is to refer to the literature that has been published in recent years and can provide us with information about these diseases, in order to understand them clearly, to calculate the real risk of workers, to discover ways and tools of prevention and to improve monitoring programs and personal protection measures.

**Method:** In the present study, a descriptive literature review was conducted through the use of PubMed and Google Scholar databases. Based on this search and limitation in the last decade, English-language texts and full-text, emerged 1495 articles. Then, based on further filtering based on the content, emerged 25 articles which were used to extract the results and write the paper. The structure of the text was checked against the PRISMA Systematic Reviews Checklist.

**Results:** Studies focusing on airline pilots and the above diseases are not numerous in number or homogeneous among them. For this reason, each country presents different results in terms of incidence, clinical picture, risk factors and prevention. In our results, we also found some special characteristics of these diseases, such as the late-onset barotrauma and in terms of NIHL, the difference in the hearing threshold between the two ears and the synergistic effect of noise with other ototoxic factors.

**Discussion:** Barotrauma is the most common medical condition during air travel, with an incidence of no more than 20%. It has been associated with respiratory infections, a history of allergies, or other conditions that prevent the Eustachian tube from opening properly. Clinically it appears with or without otoscopic findings accompanied by otalgia, a feeling of fullness and sometimes, dizziness. Prevention of an episode can be achieved by using 120mg of pseudoephedrine orally before the flight. Barotrauma can also occur during exercise in a low-pressure chamber and in the form of "delayed barotrauma", under conditions of breathing pure 100% oxygen for a prolonged period of time. Regarding NIHL, data from the literature do not unanimously support that pilots show increased hearing thresholds compared to a reference group of the same sex and age. Age and total number of flight hours appear to be risk factors. Jet fuel emissions appear to contain ototoxic agents that can have additive effects with noise on the auditory system. DPOAEs and EHFA are helpful tests to detect an early damage to the cochlea.

**Conclusions:** Conditions under which Eustachian tube dysfunction and inability to open predispose to barotrauma and so pilots should seek medical attention when under such a condition. Also, they should apply the appropriate personal protection measures against noise and when they show symptoms compatible with hearing loss, they should refer to the medical units for diagnosis and consultation.

**Key words:** middle ear barotrauma, otic barotrauma, aerotitis, aircraft pilots, aviation, aircrew, noise-induced hearing loss, occupational noise exposure, noise-induced hearing threshold shift

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία διεκπεραιώθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών της Ιατρικής Σχολής Αθηνών «Ακοολογία και Νευροωτολογία» για την περίοδο 2022-2023, υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Θωμά Νικολόπουλου και του αντισημναρχου-ιπτάμενου ΩΡΛ ιατρού κ. Παναγιώτη Κουσουλή. Η εκπόνηση μιας διπλωματικής εργασίας είναι μια διαδικασία που απαιτεί συνέπεια, κόπο, υπομονή, σωστή καθοδήγηση και έπεται ενός ακαδημαϊκού έτους πλήρους συναντήσεων, διαλέξεων, εργασιών και πρακτικών ασκήσεων, στην προκειμένη περίπτωση, μακριά από το τόπο διαμονής μου. Για την όσο το δυνατόν αρτιότερη ολοκλήρωση αυτού του σκοπού χρειάστηκε η συνεργασία μιας ομάδας ανθρώπων, τους οποίους θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω. Αρχικά, εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου στους Καθηγητές του Προγράμματος κ. Μπίμπα Αθανάσιο και κ. Νικολόπουλο Θωμά, για το χρόνο, τον κόπο τους, την καθοδήγηση, την έμπνευση και τη γνώση που μας πρόσφεραν απλόχερα όλο αυτό το διάστημα. Έπειτα, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον επιβλέποντα μου κ. Κουσουλή Παναγιώτη, η στήριξη του οποίου ήταν παρούσα σε όλα τα στάδια της εκπόνησης αυτής της εργασίας και με τις πολύτιμες συμβουλές του υπήρξε αρωγός της προσπάθειάς μου. Ευχαριστώ ακόμη όλο το διδακτικό προσωπικό του Προγράμματος, ιατρικό και μη, οι οποίοι με θέρμη και επιστημονικότητα πλαισίωσαν την ιατρική γνώση και συνέβαλαν στην εξειδικευμένη εκπαίδευσή μας σε ένα τόσο περίπλοκο επιστημονικό πεδίο, όπως η Νευροωτολογία-Ακοολογία. Θα ήταν παράλειψη μου να μην αναφέρω ότι καθ' όλη τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους, η ΩΡΛ κλινική του Γ. Ν. Χανίων στην οποία ήμουν ειδικευόμενη, με διευθυντή τον κ. Χαρίτονα Παπαδάκη, έκανε κάθε δυνατή προσπάθεια για να διευκολύνει την παρουσία μου στο Πρόγραμμα, εν μέσω πολλών επαγγελματικών απαιτήσεων. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύζυγο μου και την ευρύτερη οικογένεια μου που έως και σήμερα με στηρίζει με κάθε δυνατό τρόπο σε κάθε μου βήμα.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	2
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	7
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b> .....	8
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΚΡΩΝΥΜΩΝ</b> .....	9
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	10
ΒΑΡΗΚΟΪΑ ΑΠΟ ΘΟΡΥΒΟ.....	10
ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑ ΩΤΟΣ .....	13
<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b> .....	17
ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	17
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ .....	17
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΠΕΡΙΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΜΕΛΕΤΩΝ .....	17
ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΛΕΤΩΝ .....	18
<i>Γράφημα 1. Διάγραμμα ροής τελικής επιλογής μελετών</i> .....	19
ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΑΡΘΡΑ ΠΟΥ ΣΥΜΠΕΡΙΛΗΦΘΗΣΑΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	19
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	22
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑ</b> .....	22
ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑΤΟΣ.....	22
ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ .....	22
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ .....	23
ΠΡΟΛΗΨΗ.....	24
ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑ ΟΨΙΜΗΣ ΕΝΑΡΞΗΣ (DELAYED ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑ OR ΟΧΥΓΕΝ ΟΤΙΤΙΣ).....	24
ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΣΕ ΘΑΛΑΜΟ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ .....	25
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΒΑΡΗΚΟΪΑ ΑΠΟ ΘΟΡΥΒΟ</b> .....	26
ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΑΝΑ ΧΩΡΑ .....	27
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ .....	28
ΑΚΟΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΩΤΩΝ.....	30
<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	31
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	37
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	38



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΚΡΩΝΥΜΩΝ

ΑΚΡΩΝΥΜΑ (ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ)	ΑΓΓΛΙΚΟΣ ΟΡΟΣ	ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΟΣ
NIHL	Noise Induced Hearing Loss	Βαρηκοΐα Επαγόμενη από Θόρυβο
DPOAEs	Distortion-Product Otoacoustic Emmisions	Ωτοακουστικές Εκπομπές Προϊόντων Παραμόρφωσης
EHFA	Extended High-Frequency Audiometry	Εκτεταμένη Ακοομετρία Υψηλών Συχνοτήτων
TTS	Temporary Threshold Shift	Προσωρινή Μετατόπιση Ουδού
PTS	Permanent Threshold Shift	Μόνιμη Μετατόπιση Ουδού
OSHA	Organisation of Safety and Health	Οργανισμός Επαγγελματικής Υγείας και Ασφάλειας
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health	Εθνικό Ινστιτούτο Επαγγελματικής Υγείας και Ασφάλειας
ATP	Adenosine Triphosphate	Τριφωσφορική Αδενοσίνη
ROS	Reactive Oxygen Species	Ενεργές Ρίζες Οξυγόνου
BMI	Body Mass Index	Δείκτης Μάζας Σώματος
PTSD	Post Traumatic Stress Disorder	Μετά-τραυματική Αγχώδης Διαταραχή
SNR	Sound-to-Noise Ratio	Αναλογία Ήχου προς Θόρυβο
ABR	Auditory Brainstem Response	Ακουστικά Δυναμικά Εγκεφαλικού Στελέχους

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### ΒΑΡΗΚΟΪΑ ΑΠΟ ΘΟΡΥΒΟ

Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα ήχου, ακόμα και για σύντομο χρονικό διάστημα, μπορεί να προκαλέσει μείωση της ακουστικής οξύτητας. Ο θόρυβος, μπορεί να οδηγήσει σε παροδική μεταβολή του ουδού ακοής (TTS), η οποία επανέρχεται πλήρως στα προ-της-έκθεσης επίπεδα αλλά και μόνιμη μεταβολή (PTS) που δεν μπορεί να επανέλθει και οδηγεί σε μόνιμη βαρηκοΐα από θόρυβο. Η PTS, όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να είναι αποτέλεσμα επανειλημμένης έκθεσης σε θόρυβο ή ενός μοναδικού επεισοδίου έκθεσης σε δυνατό θόρυβο (π.χ. έκρηξη, πυροβολισμός κλπ) όπου τότε αναφέρεται ως ακουστικό τραύμα.(1) Ο ΠΟΥ εκτιμά ότι το 2017, περίπου 1,1 δισεκατομμύριο νέων ανθρώπων (μεταξύ 12 και 35 ετών) εμφάνιζαν βαρηκοΐα ως αποτέλεσμα έκθεσης σε θόρυβο.(2) Η έκθεση αυτή φαίνεται να είναι κυρίως επαγγελματική, δηλαδή αφορά σε θόρυβο που υπάρχει στο εργασιακό περιβάλλον(π.χ. εργοστάσια, αεροδρόμια), αλλά και έκθεση σε χώρους ή για λόγους διασκέδασης (π.χ. ακουστικά για μουσική, συναυλίες). Σε μελέτη του 2017, αναφέρεται ότι έκθεση σε >89 dB για περισσότερο από 5 ώρες την εβδομάδα μπορεί σε βάθος χρόνου να οδηγήσει σε μόνιμη βαρηκοΐα από θόρυβο.(3) Για το λόγο αυτό, ο OSHA και το αντίστοιχο Εθνικό Ινστιτούτο των ΗΠΑ (NIOSH), έχουν θεσπίσει επιτρεπτά όρια έκθεσης και προτείνουν διάφορες μορφές προστασίας για τους εκτιθέμενους επαγγελματίες.(4)

Παρακάτω φαίνονται ποσοτικοποιημένα ενδεικτικά κάποιες καθημερινές πηγές ήχου και πώς τις αντιλαμβανόμαστε ως θόρυβο.(5)

Decibel Level (dB)	Source	Typical Physical Response
0	Softest sound that can be heard	
10	Normal breathing	Barely audible
30	Whisper	Very quiet
50-65	Normal conversation	Quiet
80-85	City traffic noise	Annoying
95-110	Motorcycle	Very annoying
100	School dance, boom box	Very annoying
110	Busy video arcade	Very annoying
120	Nightclub	Can damage hearing after 15 minutes exposure per day
110-125	Stereo, personal music player	Can damage hearing after 15 minutes exposure per day
110-140	Rock concerts	Noise may cause pain and brief exposure can injure ears
150	Firecracker	Noise may cause pain and brief exposure can injure ears

*Πίνακας 1. Καθημερινές πηγές ήχου και πώς τις αντιλαμβανόμαστε ως θόρυβο. Daniel E. Noise and Hearing Loss: A Review. J Sch Health. Μάιος 2007*

Εκτός από την έκθεση σε δυνατό ήχο, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες, αναστρέψιμοι και μη, που μπορούν να επηρεάσουν και να επιταχύνουν την εξέλιξη μιας βαρηκοΐας που έχει προκληθεί από θόρυβο. Στους αναστρέψιμους ανήκει το κάπνισμα, ο διαβήτης, και η έλλειψη φυσικής άσκησης, ενώ στους μη αναστρέψιμους περιλαμβάνεται η φυλή, η ηλικία και το γονιδίωμα.(5)

Όσον αφορά στην παθοφυσιολογία της βαρηκοΐας από θόρυβο, μελετώντας το μηχανισμό πρόκλησής της, έχει βρεθεί ότι κυρίως αντικατοπτρίζει βλάβες στις νευροαισθητήριες δομές του κοχλίου, δηλαδή στα τριχωτά κύτταρα και στις συνάψεις αυτών με τους ακουστικούς νευρώνες.(1) Πρόσφατες έρευνες σε ζωικά μοντέλα προτείνουν ότι αρκετά πριν αποτυπωθεί η βλάβη στο τονικό ακούγραμμα, λαμβάνει χώρα μια διαδικασία που διακόπτει τη συναπτική επικοινωνία μεταξύ των τριχωτών κυττάρων και των κυττάρων του ελικοειδούς γαγγλίου.(6) Μάλιστα, έχει βρεθεί ότι τα κύτταρα του ελικοειδούς γαγγλίου αποτελούν πρωταρχικό στόχο βλάβης, και ότι υπάρχουν περιπτώσεις καταστροφής των συνάψεων, ενώ ο πληθυσμός των τριχωτών κυττάρων παραμένει αναλλοίωτος.(7) Η μεταβολή αυτή στους νευρώνες, ανεξάρτητα από το αν συνοδεύεται από μεταβολή στον ουδό, επηρεάζει την επεξεργασία της ακουστικής πληροφορίας προκαλώντας δυσκολία αντίληψης-διάκρισης της ομιλίας σε θόρυβο, εμβοές και υπερακουσία.(8)

Μέχρι πρότινος, η TTS θεωρούνταν μια μορφή απώλειας ακοής παρόμοια, αλλά λιγότερο σοβαρή από την PTS και ότι μια TTS μπορεί να αποτελέσει προδιαθεσικό παράγοντα για PTS. Πλέον γνωρίζουμε ότι αυτές οι δυο μορφές βλάβης, μεσολαβούνται από διαφορετικούς μηχανισμούς και άρα δεν υπάρχει παθοφυσιολογική συσχέτιση μεταξύ τους.(9) Η μόνη αποδεκτή συσχέτιση είναι ότι αν ένας παράγοντας είναι αρκετός για να προκαλέσει TTS, τότε μπορεί να είναι αρκετός να προκαλέσει και PTS αν και όχι απαραίτητα ίδιου βαθμού.(10)

Η TTS προκύπτει σαν αποτέλεσμα μιας ποικιλίας αντιστρέψιμων αλλαγών που προκαλούνται στον κοχλία. Οι περισσότερες αλλαγές αντιστρέφονται και ο ουδός της ακοής επιστρέφει στο φυσιολογικό συνήθως μετά την παρέλευση 8-10 ωρών εφόσον το άτομο παραμείνει σε περιβάλλον με ήχο χαμηλότερο από 76-78 dB και η αύξηση στον ουδό της ακοής δεν είναι παραπάνω από 30 dB.(10) Στη μικρού βαθμού TTS (έως 15 dB απώλεια ουδού ακοής), έχει βρεθεί ότι μεσολαβούν διάλυτοι ιόντων που ενεργοποιούνται από το εξωκυττάριο ATP (υποδοχέας P2RX2).(11) Το ATP είναι το μόριο που αποτελεί την βασικότερη πηγή ενέργειας σε κυτταρικό επίπεδο. Αυτός ο υποδοχέας, είναι μη-εκλεκτικός διάλυτος κατιόντων που εκφράζεται στα τριχωτά κύτταρα του κοχλίου και στα επιθηλιακά κύτταρα που επαλείφουν τον κοχλιακό πόρο. Ο θόρυβος, ως γνωστόν, ενεργοποιεί τοπικά την απελευθέρωση ATP στον κοχλία. Το ATP με τη σειρά του, ανοίγει τους παραπάνω διαύλους και με αυτόν τον τρόπο απομακρύνεται το ενδοκοχλιακό κύμα από τους διαύλους

μηχανοδιαβίβασης των τριχωτών κυττάρων και επιτυγχάνεται μια μακράς διάρκειας μείωση της ευαισθησίας στο θόρυβο.(12) Τόσο σε ζωικά μοντέλα, όσο και σε ανθρώπους με έλλειψη του γονιδίου που κωδικοποιεί την παραγωγή αυτού του υποδοχέα, έχει βρεθεί ότι παρουσιάζουν αυξημένη ευαισθησία σε PTS όταν εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα θορύβου ή σε μέτρια επίπεδα για μεγάλο χρονικό διάστημα.(13) Έτσι, φαίνεται ότι η μικρού βαθμού TTS, μεσολαβούμενη από τον παραπάνω μηχανισμό, αντικατοπτρίζει μια προσαρμογή της ακοής που επεκτείνει το εύρος έντασής της, προστατεύοντας τον κοχλία από περαιτέρω βλάβη.

Για μεγαλύτερου βαθμού TTS (έως 50 dB) προτείνονται στη βιβλιογραφία διάφοροι μηχανισμοί. Μελέτες σε ζώα έδειξαν ότι το κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό που σχετίζεται με απώλεια 43dB, είναι η αποσύνδεση των στερεοοκροσσών των έξω τριχωτών κυττάρων από την καλυπτήριο μεμβράνη.(14) Ακόμα παλαιότερες μελέτες υποστηρίζουν ότι ο θόρυβος προκαλεί υπερδιέγερση των τριχωτών κυττάρων, άρα υπερέκκριση γλουταμικού, γεγονός που αποβαίνει τοξικό καθώς τα προσαγωγά άκρα που έρχονται σε επαφή με τα έσω τριχωτά κύτταρα διογκώνονται. Αυτή η άποψη τεκμηριώνεται με το εξής πείραμα: χορήγηση ενός ανταγωνιστή γλουταμικού (kynurenate) πριν την έκθεση σε θόρυβο, όχι μόνο προλαμβάνει τη διόγκωση των νευρικών κυττάρων, αλλά μειώνει και την προβλεπόμενη TTS.(15)

Η έκθεση σε δυνατό θόρυβο ή για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να επιφέρει μόνιμες βλάβες στον ουδό ακοής (PTS), όπως προαναφέρθηκε. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει συσχέτιση με την TTS, ως PTS μπορούμε να ορίσουμε την αύξηση του ουδού ακοής που προκαλείται από θόρυβο που επιμένει μετά από διάστημα «ανάπαυσης» μετά την έκθεση. Σε ζωικά μοντέλα, η ανάπαυση έχει παρατηρηθεί ότι μπορεί να διαρκέσει έως και 3 εβδομάδες, επομένως μπορεί να μην μπορούμε να ορίσουμε μια αύξηση του ουδού ακοής ως προσωρινή έως ότου παρέλθουν 3 εβδομάδες μετά την έκθεση, οπότε και αρχίζει να εμφανίζεται μια μόνιμη αύξηση του ουδού ακοής.(16) Ωστόσο, το παράθυρο ευκαιρίας για παρέμβαση και διακοπή αυτής της πορείας σε επίπεδο κλινικής σημασίας διαρκεί περίπου 72 ώρες μετά την έκθεση στο θόρυβο. Τυπικά, η βαρηκοΐα από θόρυβο είναι αμφοτερόπλευρη και συμμετρική. Η περιοχή συχνοτήτων που επηρεάζεται πιο συχνά είναι μεταξύ 3 και 6 kHz, με συχνότερη τα 4 kHz στους ενήλικες άντρες. Όσο αυξάνεται η διάρκεια έκθεσης και η ένταση του θορύβου η βαρηκοΐα επεκτείνεται σε υψηλότερες και χαμηλότερες συχνότητες.(17) Ο μηχανισμός της βλάβης στην PTS, μπορεί να είναι άμεση, μηχανική βλάβη από πολύ έντονο ερέθισμα, π.χ. έκρηξη, όπου προκαλείται ρήξη της συστοιχίας των στερεοοκροσσών των τριχωτών κυττάρων και απώλεια της λειτουργίας αυτών.(18) Κατά τον ίδιο τρόπο τίθεται σε κίνδυνο η ακεραιότητα του αισθητηριακού επιθηλίου του οργάνου του Corti, όπου μπορεί να προκύψει αποκοπή των τριχωτών από τα υποστηρικτικά κύτταρα. Τέλος, διακοπή του φραγμού μεταξύ

ενδολέμφου και περιλέμφου, μπορεί να εκθέσει τα τριχωτά κύτταρα σε πολύ υψηλή συγκέντρωση  $K^+$ , οδηγώντας τα σε κυτταρικό θάνατο.

Παρά την πληθώρα των εξωγενών παραγόντων, σε πολλές περιπτώσεις μια βαρηκοΐα αντανακλά βλάβες στα τριχωτά κύτταρα μεσολαβούμενες από βιοχημικές διεργασίες μέσα στα ίδια τα κύτταρα. Ένας ευρέως αποδεκτός μηχανισμός βλαβών είναι η παραγωγή ελεύθερων ενεργών ριζών οξυγόνου (ROS). Τα τοξικά αυτά παράγωγα του μεταβολισμού, παράγονται στα μιτοχόνδρια και αλληλεπιδρούν με πολλές δομές μέσα στο κύτταρο όπως το DNA, οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι οι ρίζες οξυγόνου προάγουν την οξειδωση των λιπιδίων, τα παράγωγα της οποίας μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη αιματική ροή στον κοχλία, και η ισχαιμία να οδηγήσει σε περαιτέρω παραγωγή ριζών ανατροφοδοτώντας συνεχώς την καταστροφή των τριχωτών κυττάρων.(19) ROS έχουν εντοπιστεί στον κοχλιακό ιστό περαματόζωων, άμεσα μετά από έκθεση σε θόρυβο, γεγονός που αποδεικνύει ότι η συσσώρευση τους στα τριχωτά κύτταρα συμβαίνει στα πολύ αρχικά στάδια της βλάβης. Επιπλέον, έχει φανεί ότι μπορούν να παραμείνουν στον κοχλία 7-10 ημέρες μετά από την έκθεση στο θόρυβο και να εξαπλωθούν από τη βάση προς την κορυφή του.(20)

#### ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑ ΩΤΟΣ

Ως βαρότραυμα ωτός ή αλλιώς «αερωτίτιδα» ορίζεται η οξεία ή χρόνια βλάβη κυριότερα του μέσου ωτός, τραυματικής αιτιολογίας, που προκαλείται από τη διαφορά πίεσης του αέρα μεταξύ της κοιλότητας του μέσου ωτός και της εξωτερικής ατμόσφαιρας. Τέτοια συνθήκη μπορεί να επικρατεί κατά τη διάρκεια πτήσης, κατάδυσης, θεραπείας με υπερβαρικό οξυγόνο ή κάποιων extreme sports που περιλαμβάνουν αλλαγές στο υψόμετρο.(21)

Κύριος αιτιολογικός παράγοντας φαίνεται να είναι η πτώση της ατμοσφαιρικής πίεσης σε υψηλό υψόμετρο, ενώ η διαφορά πίεσης προκύπτει από αποτυχία της ευσταχιανής σάλπιγγας να εξισώσει την ατμοσφαιρική πίεση με αυτή του μέσου ωτός. Η κλινική εικόνα του βαροτραύματος, είναι αίσθημα πληρότητας ωτός, ωταλγία και βαρηκοΐα. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να περιλαμβάνει ρήξη της τυμπανικής μεμβράνης, με πιθανά ακόλουθα συμπτώματα όπως ζάλη, ίλιγγος, έμετοι και βαρηκοΐα, ενώ σπάνια, σε σοβαρότερα τραύματα, μπορεί να εμφανιστεί ρήξη της ωοειδούς θυρίδος, με πολύ πιο θορυβώδη κλινική εικόνα.(22)

Παθοφυσιολογικά, όταν επικρατεί αρνητική πίεση στο μέσο ουσ, ο βλεννογόνος που επαλείφει την τυμπανική κοιλότητα και την τυμπανική μεμβράνη, προσπαθεί να την εξισώσει παράγοντας ορώδες υγρό.(23) Στη φάση αυτή ο ασθενής ανακουφίζεται από τα ενοχλήματα καθώς η μάζα του υγρού ελαττώνει την διαφορά πίεσης. Αυτό επιβεβαιώνεται και από μια παλαιά μελέτη σε 14 παιδιά με εκκριτική μέση ωτίτιδα, τα οποία επέβαιναν σε πτήση και φάνηκε ότι κανένα από τα προσβληθέντα ότια δεν παρουσίασε βαρότραυμα ή σχετική

συμπτωματολογία.(24) Καθώς εξελίσσεται το βαρότραυμα, προκαλείται διάταση των τριχοειδών αγγείων και οίδημα του βλεννογόνου. Σε περαιτέρω διάταση, επέρχεται ρήξη των αγγείων αυτών προκαλώντας «αιμοτύμπανο». Σε σοβαρότερες περιπτώσεις και ανεξάρτητα από το αν υπήρχε παραγωγή αντιδραστικού ορώδους υγρού στο μέσο ους, επέρχεται και ρήξη της τυμπανικής μεμβράνης.(25) Σε μια από τις πρώτες μελέτες που δημοσιεύτηκαν σχετικά με το βαρότραυμα, ο ερευνητής Wing Commander P F King, παραθέτει τα δεδομένα που έχει συλλέξει από την παρακολούθηση ασθενών με υποτροπιάζον ή εμμένον βαρότραυμα σε βάθος 15 ετών. Μεταξύ των 773 ώτων με βαρότραυμα που εξετάστηκαν, μόνο τα 33 είχαν υποστεί ρήξη της τυμπανικής μεμβράνης, ποσοστό περί τα 4% και σε καμία από τις περιπτώσεις αυτές δεν ήταν αμφοτερόπλευρη.(26) Η ρήξη της τυμπανικής μεμβράνης, όταν επισυμβαίνει συνήθως επουλώνεται αυτόματα. Η παραμονή μιας ρήξης εξαρτάται από τη θέση και το μέγεθός της, παρ' όλα αυτά συχνότερα εντοπίζεται στο πρόσθιο τμήμα της μεμβράνης, αντίστοιχα προς το μέρος της ευσταχιανής σάλπιγγας.(26) Η πλήρης υποχώρηση των συμπτωμάτων μπορεί να διαρκέσει έως και 4 εβδομάδες, ανάλογα με τη σοβαρότητα αυτών και τη ληφθείσα θεραπεία.(27)

Σύμφωνα με τις περισσότερες μελέτες, το βαρότραυμα συμβαίνει συνηθέστερα μετά την προσγειώση. Σε αυτό συμφωνεί και μια παλαιότερη αλλά σπουδαία μελέτη, στη οποία, από τα 13 εκ των 50 παιδιών που ανέφεραν ενοχλήματα στα ώτα κατά τη διάρκεια μιας μοναδικής πτήσης, 4 (31%) βίωσαν την ενόχληση κατά την απογείωση, ενώ 11 (85%) τη βίωσαν κατά την προσγειώση.(28) Η Φυσική επιστήμη και μια ματιά στη φυσιολογία της ευσταχιανής σάλπιγγας, μας δίνουν την εξήγηση γι' αυτό. Καθώς ένα αεροσκάφος, μετά την απογείωση ανεβαίνει σε όλο και μεγαλύτερο υψόμετρο και η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται, ο αέρας στο μέσο ους διαστέλλεται σύμφωνα με το νόμο του Boyle και αποκτά μια σχετικά θετική πίεση. Εάν στο σημείο αυτό δεν ανοίξει η ευσταχιανή σάλπιγγα, ο αέρας θα συνεχίσει να διαστέλλεται, κάνοντας την τυμπανική μεμβράνη να αποκτά μια προβολή προς τα έξω, εύρημα το οποίο μπορεί να φανεί ωτοσκοπικά. Όταν η διαφορά πίεσης φτάσει τα 15mmHg, τότε η ευσταχιανή σάλπιγγα, εάν λειτουργεί φυσιολογικά, ανοίγει παθητικά, αφαιρείται ο αέρας από την κοιλότητα, εξισώνοντας έτσι τις πιέσεις εκατέρωθεν της τυμπανικής μεμβράνης. Αυτή η διαδικασία του παθητικού αερισμού της τυμπανικής κοιλότητας, συμβαίνει περίπου ανά 122m (400ft) υψόμετρου και συνήθως κατά την άνοδο δεν παραλείπεται. Αντίθετα, κατά την κάθοδο, η ατμοσφαιρική πίεση αυξάνεται, δημιουργώντας μια σχετικά αρνητική πίεση στο μέσο ους. Στη φάση αυτή ο αέρας στο μέσο ους συστέλλεται, πάλι σύμφωνα με το νόμο του Boyle, η τυμπανική μεμβράνη επανέρχεται και αρχίζει να συρρικνώνεται προς τα έσω. Τώρα η ευσταχιανή σάλπιγγα συμπεριφέρεται διαφορετικά, καθώς ο αέρας δεν μπορεί να εισέλθει παθητικά στο μέσο ους. Ο ίδιος ο επιβάτης θα πρέπει να ενεργήσει, μέσω των αντίστοιχων μυών, ώστε να διανοιχθεί. Αυτό, εάν η ευσταχιανή

σάλπιγγα λειτουργεί φυσιολογικά, επιτυγχάνεται εύκολα με διάφορους τρόπους, όπως καταπίνοντας, προκαλώντας ένα χασμουρητό, με κινήσεις της κάτω γνάθου ή μασώντας. Μπορεί επίσης να επιτευχθεί διενεργώντας τη μανούβρα Valsalva, όσο πιο άμεσα γίνεται από τη στιγμή που θα αντιληφθεί ο επιβάτης τη διαφορά πίεσης.

Η χρονική στιγμή γι' αυτό έχει μεγάλη σημασία, καθώς δεν θα πρέπει η διαφορά πίεσης μεταξύ ατμόσφαιρας και μέσου ωτός να είναι μεγαλύτερη από 60mmHg. Γιατί σε αυτή τη διαφορά έχει βρεθεί ότι οι επιβάτες αρχίζουν να νιώθουν ενόχληση και αίσθημα πληρότητας ωτός. Σε ακόμα μεγαλύτερη διαφορά (>80mmHg) ή εάν η ευσταχιακή σάλπιγγα δε λειτουργεί φυσιολογικά, η αρνητική πίεση στο μέσο ους «ασφαλίζει» το στόμιο της σάλπιγγας τόσο στεγανά ώστε η δράση των μυών να μην μπορεί να το διανοίξει. Εάν συμβεί αυτό, ακόμα και μανούβρα Valsalva θα πρέπει να αποφεύγεται καθώς δημιουργεί ακόμα μεγαλύτερη διαφορά πίεσης στο στόμιο.(25) Βεβαίως, η ακριβής διαφορά πίεσης στην οποία θα επισυμβεί κάτι τέτοιο εξαρτάται από πολλούς, ανατομικούς κυρίως, παράγοντες και συνεπώς, εξατομικεύεται.(29) Περιπτώσεις στις οποίες κάποιος με «φυσιολογική» ευσταχιακή σάλπιγγα μπορεί να υποστεί βαρότραυμα, είναι όταν υπάρχει πολύ απότομη ή πολύ μεγάλη διαφορά πίεσης, όταν ο επιβάτης είναι πολύ απορροφημένος σε κάτι και «ξεχάσει» να κάνει εξίσωση, όταν κοιμάται ή όταν βρίσκεται υπό καταστολή κατά τη διάρκεια της πτήσης.(26) Ρήξη της τυμπανικής μεμβράνης συμβαίνει σε διαφορά πίεσης 100-500mmHg, γεγονός που ανακουφίζει μεν από τα συμπτώματα του πόνου και της πίεσης, αλλά όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να οδηγήσει σε βαρύτερα επακόλουθα όπως ζάλη, ίλιγγος, έμετοι και βαρηκοΐα.(25)

Οι ιστολογικές μεταβολές κατά τη διάρκεια ενός βαροτραύματος, κυμαίνονται από ήπια συμφόρηση του βλεννογόνου της τυμπανικής μεμβράνης, οροβλενώδη συλλογή υγρού, αιμορραγία, πολυμορφική διήθηση έως και διάτρηση της τυμπανικής μεμβράνης. Ιστορικό βαροτραύματος με συνοδό ναυτία, εμβοές, ίλιγγο και νευροαισθητήρια βαρηκοΐα, συνιστούν την παρουσία περιλεμφικού συριγγίου και μας προδιαθέτουν ως αιτιολογία, στη ρήξη της ωοειδούς θυρίδος.(22) Όλες οι προαναφερθείσες αλλαγές εκδηλώνονται κυρίως ως παραμορφώσεις-μεταβολές στο χρώμα, το σχήμα, την ακεραιότητα και στα ορόσημα του τυμπανικού υμένα, με αποτέλεσμα, μια προσεκτική ωτοσκόπηση να μπορεί να μας δώσει αρκετές κλινικές πληροφορίες.(25) Με βάση όλα τα παραπάνω, η ταξινόμηση σοβαρότητας του βαροτραύματος που έχει επικρατήσει είναι η Teed's classification και βασίζεται σε ωτοσκοπικά δεδομένα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.(30)

Τροποποιημένη ταξινόμηση Teed's	
Βαθμού 0	υποκειμενικά συμπτώματα, χωρίς ωτοσκοπικά σημεία βαροτραύματος
Βαθμού I	διάχυτη ερυθρότητα και εισολκή τυμπανικού υμένα
Βαθμού II	βαθμού I και ήπια αιμορραγία τυμπανικού υμένα
Βαθμού III	βαθμού I και σοβαρή αιμορραγία τυμπανικού υμένα
Βαθμού IV	σκύρος με ήπια προβολή τυμπανικός υμένας, λόγω ελεύθερου αίματος στην τυμπανική κοιλότητα-πιθανώς και υδραερικό επίπεδο
Βαθμού V	ελεύθερη αιμορραγία στην τυμπανική κοιλότητα, ρήξη υμένα και ορατό αίμα στον έξω ακουστικό πόρο

*Πίνακας 2. Πίνακας τροποποιημένης ταξινόμησης κατά Teed*

Το βαρότραυμα ως παθολογική οντότητα, έχει την τάση να υποτροπιάζει και κάθε ένα επεισόδιο προδιαθέτει για το επόμενο. Αυτό συμβαίνει για δυο λόγους. Πρώτον γιατί ο πραγματικός αιτιολογικός παράγοντας, που μπορεί να είναι ανατομικής φύσεως ή να αφορά σε χρόνια πάθηση του ασθενούς, μπορεί να μη θεραπεύεται ή να μην εξαλείφεται πλήρως. Δεύτερον, γιατί η αιμορραγία του διάμεσου ιστού και το οίδημα που προκαλείται στο βλεννογόνο της ευσταχιανής σάλπιγγας, οδηγεί σε περαιτέρω απόφραξη του στομίου της και άρα δυσκολία στη διάνοιξη του κατά την προσπάθεια εξίσωσης. Είναι σαφές λοιπόν ότι η διαχείριση αυτών των περιστατικών δεν είναι εύκολη ούτε σε άμεσο ούτε σε μακροπρόσθεσμο διάστημα και σε πολλές περιπτώσεις, μοναδική λύση μπορεί να αποτελεί η παρατεταμένη αποχή από πτήσεις.(31)



## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η περιγραφική ανασκόπηση άρθρων (narrative review) είναι ένας τύπος ανασκόπησης της υπάρχουσας γνώσης γύρω από ένα συγκεκριμένο θέμα. Είναι απαραίτητο κομμάτι της ερευνητικής διαδικασίας και συμβάλλει στην καθιέρωση ενός θεωρητικού υπόβαθρου. Συμβάλλει στην αναγνώριση μονοπατιών και αποδοχών στη βιβλιογραφία που θα βοηθήσουν στην αναγνώριση κενών και ανεπαρκειών στο αντικείμενο της γνώσης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια εμπειριστατωμένη ερευνητική ερώτηση και κατ' επέκταση σε μια αιτιολογημένη έρευνα.(32) Η παρούσα έρευνα καλείται να αναγνωρίσει κατά πόσο οι πιλότοι αεροσκαφών είναι εκτεθειμένοι στο βαρότραυμα και στη βαρηκοΐα από θόρυβο, να αποκωδικοποιήσει τις παθήσεις αυτές και να ανιχνεύσει πιθανούς παράγοντες κινδύνου και τρόπους προφύλαξης-πρόληψης .

### ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ

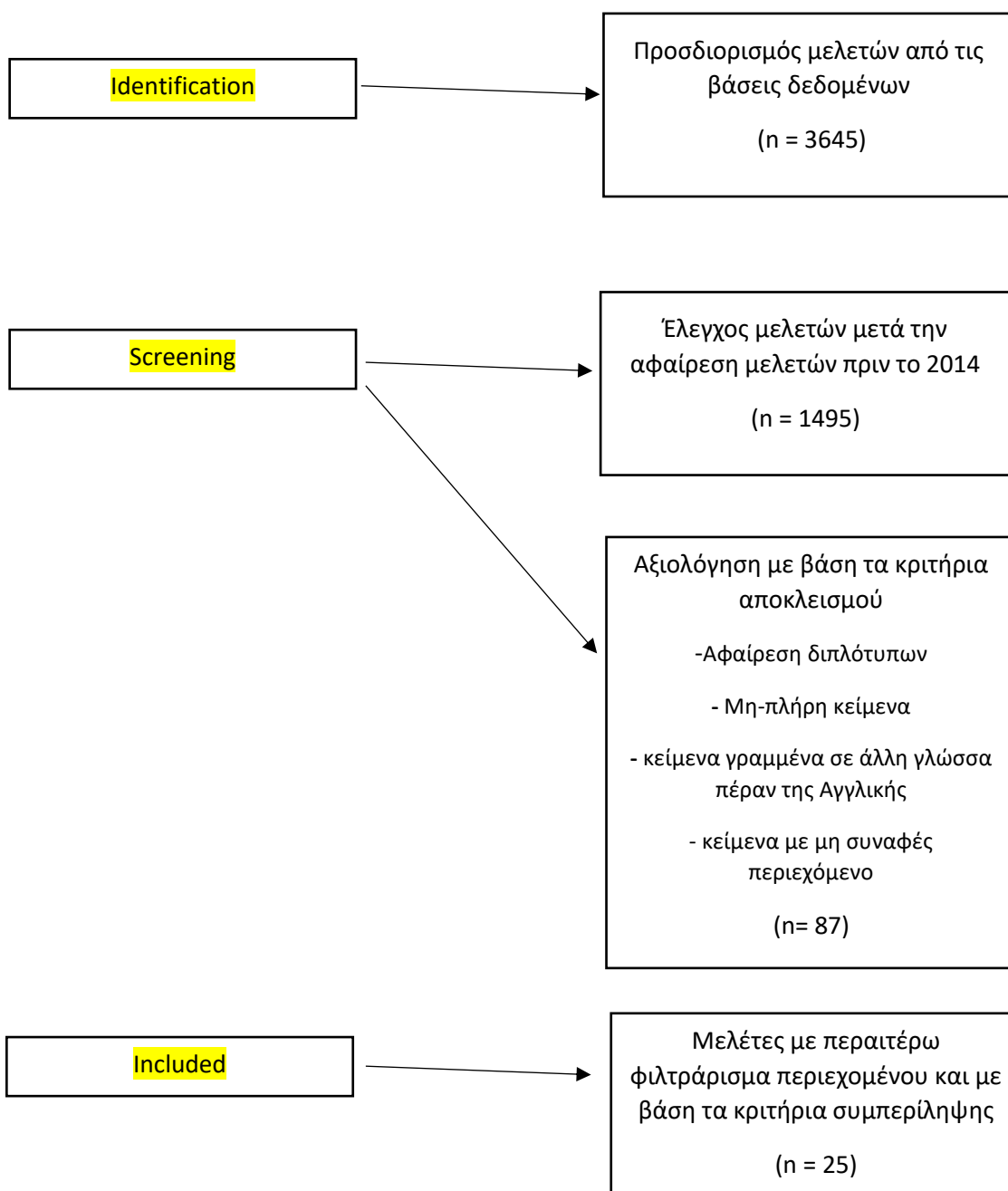
Στην παρούσα εργασία διενεργήθηκε μια περιγραφική βιβλιογραφική ανασκόπηση μέσω της χρήσης των βάσεων δεδομένων Pubmed και Google Scholar. Οι όροι αναζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν για το βαρότραυμα: {"middle ear barotrauma" OR "otic barotrauma" OR "otitic barotrauma" OR aerotitis) AND ("aircraft pilots" OR aviation OR aircrew)} και για τη βαρηκοΐα από θόρυβο: {"noise induced hearing loss" OR "occupational hearing loss" OR "noise induced threshold shift") AND ("aircraft pilots" OR aviation OR aircrew)}.

### ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΠΕΡΙΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΜΕΛΕΤΩΝ

Στην έρευνα συμπεριλήφθηκαν όλες οι μελέτες που αφορούσαν τις ανωτέρω παθολογικές οντότητες και πώς επιδρούν αυτές στους πιλότους αεροσκαφών. Συμπεριλήφθηκαν έρευνες που ανήκαν στην τελευταία δεκαετία, δηλαδή όσες είχαν δημοσιευθεί από το 2014 και έπειτα. Δεν τέθηκαν περιορισμοί σχετικά με τον τύπο των αεροσκαφών (δηλαδή συμπεριλήφθηκαν μελέτες που αφορούσαν πιλότους ελικοπτέρων, μαχητικών, εμπορικών και επιβατικών αεροσκαφών) και συμπεριλήφθηκαν πειραματικές μελέτες τόσο σε ανθρώπους όσο και σε πειραματόζωα. Επίσης, δεν τέθηκαν περιορισμοί σχετικά με τον χρόνο προϋπηρεσίας-εμπειρίας των πιλότων ούτε σχετικά με την ακολουθούμενη μεθοδολογία των ερευνών, δηλαδή συμπεριλήφθηκαν μετά-αναλύσεις, τυχαιοποιημένες μελέτες, ανασκοπήσεις και συστηματικές ανασκοπήσεις. Αποκλείστηκαν άρθρα τα οποία δεν ήταν διαθέσιμα σε πλήρες κείμενο (full-text) καθώς και έρευνες που δεν ήταν γραμμένες στην Αγγλική γλώσσα.

## ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΛΕΤΩΝ

Με βάση την αναζήτησή αυτή συνολικά προέκυψαν 3645 άρθρα και με περιορισμό την τελευταία δεκαετία προέκυψαν 1495 άρθρα. Στη συνέχεια με βάση περαιτέρω φιλτράρισμα βάσει του περιεχομένου και αφαιρώντας τα διπλότυπα, προέκυψαν 25 άρθρα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και τη συγγραφή της εργασίας και παρατίθενται στον πίνακα 1. Η δομή του κειμένου ελέγχθηκε με βάση τη λίστα ελέγχου του PRISMA. Το διάγραμμα ροής των αποτελεσμάτων αναζήτησης και τελικής επιλογής φαίνεται στο Γράφημα 1.



Γράφημα 1. Διάγραμμα ροής τελικής επιλογής μελετών

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΑΡΘΡΑ ΠΟΥ ΣΥΜΠΕΡΙΛΗΦΘΗΣΑΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

<b>ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ</b>	<b>ΕΤΟΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗΣ</b>	<b>ΤΙΤΛΟΣ</b>
Ryan P, Treble A, Patel N, Jufas N	2018	Prevention of Otic Barotrauma in Aviation: A Systematic Review
Boel NM, Klokke M	2017	Upper Respiratory Infections and Barotrauma Among Commercial Pilots
Sultan I, Khalid Khayat S, Redha Garout I, Shaker Alahmadi L, Ahmad Ali Alzahrany A	2019	THE PREVALENCE AND RISK FACTORS OF OTIC BAROTRAUMA AMONG AIRCREW MEMBERS: Pharmaceutical Science- Medicine
Pinto JA, Nunes HDSS, Soeli Dos Santos R, Cavallini A, Freitas G, Knoll D, κ.ά	2019	Otitis Media with Effusion in Aircrew Members
Sohn JH, Cho KR	2017	Middle Ear Barotrauma in Student Pilots
Hussein A, Abousetta A	2014	Use of the nine-step inflation/deflation test and resting middle-ear pressure range as predictors of middle-ear barotrauma in aircrew members
Sohn JH	2019	Recurrent Middle Ear Barotrauma in Student Pilots
Lindfors OH, Ketola KS, Klockars TK, Leino TK, Sinkkonen ST	2021	Middle Ear Barotraumas in Commercial Aircrew
Lima M, Farage L, Cury M, Bahamad F	2014	Update on Middle Ear Barotrauma after Hyperbaric

		Oxygen Therapy—Insights on Pathophysiology
Nakdimon I, Ben-Ari O	2022	Mitigating Risks of Altitude Chamber Training
Iannella G, Lucertini M, Pasquariello B, Manno A, Angeletti D, Re M, κ.ά	2017	Eustachian tube evaluation in aviators
Tailor BV, Smith ME, Hutchinson PJA, Tysome JR	2018	Outcome Measures for Baro-Challenge-Induced Eustachian Tube Dysfunction: A Systematic Review
Lie A, Skogstad M, Johannessen HA, Tynes T, Mehlum IS, Nordby KC, κ.ά	2016	Occupational noise exposure and hearing: a systematic review
Falcão TP, Luiz RR, Schütz GE, Mello MGDS, Câmara VDM	2014	Audiometric profile of civilian pilots according to noise exposure
Muhr P, Johnson AC, Selander J, Svensson E, Rosenhall U	2019	Noise Exposure and Hearing Impairment in Air Force Pilots
Müller R, Schneider J	2017	Noise exposure and auditory thresholds of German airline pilots: a cross-sectional study
Kampel-Furman L, Joachims Z, Bar-Cohen H, Grossman A, Frenkel-Nir Y, Shapira Y, κ.ά	2018	Hearing threshold shifts among military pilots of the Israeli Air Force
Gordon B, Joachims Z, Cohen HB, Grossman A, Derazne E, Carmon E, κ.ά	2016	Hearing Loss in Israeli Air Force Aviators: Natural History and Risk Factors
Morais-Moreno C, Montero-Bravo AM, Puga AM, De Lourdes Samaniego-Vaesken M, Ruperto M,	2022	Hearing Function and Nutritional Status in Aviation Pilots from Spain Exposed to High Acoustic

Marco Mendez R, κ.ά		Damage
Al-Omari A, Al-Khalaf H, Hussien NM	2018	Association of flying time with hearing loss in military pilots
Chen SM, Fan YT, Martinez RM, Chen C	2023	Noise-induced hearing loss profile among Taiwan Airforce on duty pilots
Greenwell BM, Tvaryanas AP, Maupin GM	2018	Risk Factors for Hearing Decrement Among U.S. Air Force Aviation-Related Personnel
Blair M, Slagley J, Schaal NC	2021	Effect of noise and ototoxicants on developing standard threshold shifts at a U.S. Air Force depot level maintenance facility
Fuente A, Hickson L, Morata TC, Williams W, Khan A, Fuentes-Lopez E	2019	Jet fuel exposure and auditory outcomes in Australian air force personnel
Guthrie OW, Wong BA, McInturf SM, Reboulet JE, Ortiz PA, Mattie DR	2015	Inhalation of Hydrocarbon Jet Fuel Suppress Central Auditory Nervous System Function

*Πίνακας 3. Πίνακας με άρθρα που συμπεριλήφθησαν στη μελέτη*

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑ

#### ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑΤΟΣ

Η γενική επίπτωση, σε υγιή στρατιωτικά πληρώματα, κυμαίνεται μεταξύ 1.9 και 9%.(22) Σε άλλη μελέτη, με 188 επιβάτες αεροσκαφών βρέθηκε να είναι στο 14%, δηλώνοντας ότι μπορεί να κυμαίνεται από 8 έως 17%.(33)

Πιο συγκεκριμένα εδώ μελετήθηκαν άρθρα που αφορούν τους πιλότους. Σε μια αναδρομική μελέτη που δημοσιεύτηκε στη Δανία, συμμετείχαν 948 πιλότοι εμπορικών αεροσκαφών που ανήκουν στην Αεροπορία και επισκέφθηκαν το αντίστοιχο ιατρικό κέντρο σε βάθος 6 μηνών. Η μελέτη περιελάμβανε κλινική εξέταση και συμπλήρωση ερωτηματολογίου σχετικά με την ύπαρξη κρουαλογήματος κατά την πτήση το τελευταίο έτος και την επίπτωση του βαροτραύματος υπό τη συνθήκη αυτή. Οι 356 εκ των 948 (37.6%) ανέφεραν ένα ή περισσότερα επεισόδια βαροτραύματος σε ένα έτος, ενώ συνολικά αναφέρθηκαν 811 επεισόδια βαροτραύματος που αντιστοιχούν σε 0.041 επεισόδια ανά πιλότο, ανά έτος πτήσης. Στο 90.9% των επεισοδίων, αυτό συνέβη κατά την προσγείωση. Τέλος, τα προαναφερθέντα επεισόδια συνέβησαν σε μέσο ύψος καμπίνας αεροσκάφους τα 6163 ft. Η ως άνω μελέτη επαναλήφθηκε μετά από 10 χρόνια με 463 συμμετέχοντες, δίνοντας ένα ενδιαφέρον αποτέλεσμα σχετικά με το βαρότραυμα. Ειδικότερα, το ποσοστό των πιλότων που υπέστησαν ένα ή περισσότερα επεισόδια, ανέβηκε σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό από 37.6% σε 55.5%.(34) Σε άλλη, περιγραφική, συγχρονική μελέτη(descriptive, cross-sectional study) του 2022 πάνω σε αλεξιπτωτιστές πλαγιάς (paragliding), βρέθηκε ότι 10 στους 76 (13.15%) συμμετέχοντες, υπέστησαν βαρότραυμα κατά τη διάρκεια πτήσης. Κατά την ωτοσκοπήση, 6 εκ των 10 φαίνεται να είχαν βαρότραυμα βαθμού I, 3 είχαν βαθμού IV και ένας είχε βαθμού II.(21) Ίδιου τύπου μελέτη στη Σαουδική Αραβία, κατέγραψε 116 πιλότους που παρουσιάστηκαν στα εξωτερικά ιατρεία της «Saudi Airlines Medical Services» για αξιολόγηση της φυσικής τους κατάστασης πριν από κάποια πτήση, ανεξάρτητα από το αν είχαν συμπτώματα και βρήκε 54 εξ αυτών να έχουν ωτοσκοπικά σημεία ενδεικτικά βαροτραύματος (46.55%).(35) Στη Βραζιλία, το ποσοστό είναι αρκετά χαμηλότερο με επίπτωση 6%, δηλαδή από τους 167 πιλότους που μελετήθηκαν, μόνο οι 10 φαίνεται να είχαν συλλογή υγρού στο μέσο ους (όχι υπό καθεστώς λοίμωξης), γεγονός ενδεικτικό βαροτραύματος.(36)

#### ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Μια αναδρομική μελέτη παρατήρησης διάρκειας ενός έτους, διεξήχθη στη Σεούλ και συμμετείχαν 51 μαθητευόμενοι πιλότοι (μελετήθηκαν 57 ώτα) που είχαν υποστεί βαρότραυμα. Τέσσερις εξ αυτών ανέφεραν υποτροπιάζοντα επεισόδια βαροτραύματος, δυο είχαν ιστορικό χρόνιας ρινοκολπίτιδας και τέσσερις άλλοι διαγνώστηκαν με αλλεργική

ρινίτιδα. Όσον αφορά στη συμπτωματολογία, όλοι ανέφεραν αίσθημα πληρότητας ωτός κατά το επεισόδιο, βαρηκοΐα ανέφεραν τρεις και επίμονη ωταλγία ανέφεραν 19 πιλότοι. Σε κανέναν δεν παρουσιάστηκε ωτόρροια ή εμβοές. Κατά Teed, 23 περιπτώσεις ταξινομήθηκαν ως βαθμού 0, πέντε περιπτώσεις ως βαθμού I, 27 ως βαθμού III και δυο ως βαθμού V. Σχετικά με τη μέση διάρκεια ενός επεισοδίου, βρέθηκε να είναι 4,8 ημέρες, με 16 περιστατικά να βελτιώνονται εντός 2 ημερών, ενώ 43 περιστατικά χρειάστηκαν 7 ημέρες για να παρουσιάσουν βελτίωση. Οι δυο περιπτώσεις με τη ρήξη τυμπάνου, χρειάστηκαν 35 και 60 ημέρες προκειμένου να αναρρώσουν. Όπως φαίνεται λογικό, τεκμηριώθηκε συσχέτιση μεταξύ της μέσης διάρκειας του επεισοδίου και το βαθμό σοβαρότητας αυτού.(37) Με τον μέσο όρο ανάρρωσης από ένα επεισόδιο βαροτραύματος, ασχολήθηκε και η μελέτη της Βραζιλίας που προαναφέρθηκε, με 1607 συμμετέχοντες, μέλη πληρώματος αεροσκαφών, εκ των οποίων οι 167 ήταν πιλότοι. Εδώ, φαίνεται να είναι μεγαλύτερη η διάρκεια, καθώς το 50% των πιλότων χρειάστηκαν περισσότερες από 9 ημέρες για να αναρρώσουν, ενώ ο μέσος όρος βρέθηκε να είναι οι 8.6 ημέρες.(36) Τέλος, σε διάφορες μελέτες ,έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της λειτουργίας της Ευσταχιανής σάλπιγγας, μια τυμπανομετρική μέθοδος γνωστή ως nine-step inflation-deflation tympanometric test. Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται μέσω ενός εξειδικευμένου τυμπανογράφου, ο οποίος καταγράφει τις πιέσεις του μέσου ωτός κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας εννέα σταδίων, όπου η πίεση στον έξω ακουστικό πόρο εναλλάσσεται και ο ασθενής καλείται κάθε φορά να κάνει εξίσωση ώστε να διαπιστωθεί η καλή λειτουργία της Ευσταχιανής σάλπιγγας. Όπως αποδεικνύεται στις μελέτες αυτές, η ανωτέρω μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένας ισχυρός προγνωστικός παράγοντας για εμφάνιση υποτροπής βαροτραύματος και ταυτόχρονα, καλά αποτελέσματα στην τυμπανομετρία μπορούν να αποτελέσουν αξιόπιστο δείκτη καταλληλότητας για πτήση.(38,39)

#### ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Σε μια πρόσφατη έρευνα με πολύ μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων στη Φινλανδία, μελετήθηκαν πιθανοί παράγοντες κινδύνου για παρουσία βαροτραύματος, μεταξύ μελών πληρώματος αεροσκαφών που συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια. Οι παράγοντες που μελετήθηκαν ήταν το φύλο, η ηλικία, το κάπνισμα, η επαγγελματική θέση που κατέχουν στο πλήρωμα, ο δείκτης μάζας σώματος (BMI), ο αριθμός ετών πτήσεων, η ύπαρξη εποχιακής αλλεργίας, ο αριθμός των λοιμώξεων ανώτερου αναπνευστικού ανά έτος και η υποκειμενικά επιτυχής εκτέλεση των δοκιμασιών Valsalva και Toynbee. Από τους 1789, το 85% είχε υποστεί βαροτραύμα στη ζωή του, από τους οποίους 62% ανέφερε ότι το πάθαινε «σποραδικά», 21% «περιστασιακά» και το υπόλοιπο 2% απάντησε ότι του συνέβαινε «πάντα» ή «σχεδόν πάντα» όταν βρισκόταν σε πτήση. Με αυτά τα δεδομένα, από τους παράγοντες κινδύνου που μελετήθηκαν, φάνηκε να έχουν ισχυρή συσχέτιση (strongly

associated) με την εμφάνιση βαροτραύματος, ο αριθμός των λοιμώξεων ανώτερου αναπνευστικού ανά έτος και η εκτέλεση των δοκιμασιών Valsalva και Toynbee. Μάλιστα, η πιθανότητα εμφάνισης αυξανόταν, όσο αυξανόταν ο αριθμός των λοιμώξεων ανά έτος και όσο μειωνόταν ο αριθμός των περιπτώσεων με επιτυχή εκτέλεση των ανωτέρω δοκιμασιών.(40) Σε άλλη μελέτη στη Σαουδική Αραβία, 267 μέλη πληρώματος αεροσκαφών, ανάμεσα τους και 116 πιλότοι, εξετάστηκαν και υποβλήθηκαν σε συνέντευξη δίνοντας πλήρη στοιχεία βιογραφικού, προς κατηγοριοποίηση πιθανών παραγόντων κινδύνου. Τελικά, βρέθηκε ότι το 39% αυτών παρουσίαζε βαρότραυμα κατά την εξέταση, και αυτοί που βρίσκονταν σε αυξημένο κίνδυνο να εμφανίσουν παθολογία ήταν οι πιλότοι, οι καπνιστές, οι Σαουδάραβες, αυτοί που είχαν «προβλήματα» με τα ότα το περασμένο διάστημα, αυτοί που εμφάνιζαν αλλεργίες, αυτοί που εμφάνιζαν ορμονικές διαταραχές και τέλος εκείνοι που εργάζονταν για >70 ώρες το μήνα.(35)

#### ΠΡΟΛΗΨΗ

Μια συστηματική ανασκόπηση δημοσιεύτηκε το 2018 σχετικά με την πρόληψη του βαροτραύματος στην Αεροπορία και μας παρέχει αρκετές χρήσιμες πληροφορίες. Οκτώ μελέτες πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης και συμπεριλήφθησαν στην ανασκόπηση. Δυο εξ αυτών ασχολήθηκαν με τις «ωτοασπίδες εξισορρόπησης πίεσης». Παρόλο που στην πρώτη σημειώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση της ωταλγίας, ο χαμηλός αριθμός δείγματος και διάφορα άλλα σφάλματα, δεν επέτρεψαν την εξαγωγή ασφαλούς συμπεράσματος ως προς τη χρήση τους για πρόληψη. Παρόμοια αποτελέσματα φάνηκαν και για τη χρήση του «ρινικού μπαλονιού», όπου με άλλες δυο μελέτες δεν κατάφεραν να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα με υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης. Η χρήση «τροποποιημένων σωληνίσκων αερισμού» φαίνεται από μια μελέτη να είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος, καθώς οι σωληνίσκοι θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια gold standard μέθοδο πρόληψης. Η χρήση τους αφορά στην τοποθέτηση ενός σωληνίσκου, ο οποίος αποτελεί το έξω τμήμα (1cm) ενός 24-G φλεβοκαθετήρα που τοποθετείται στα εξωτερικά ιατρεία υπό τοπική αναισθησία.(41) Ωστόσο, δεν υπάρχουν επαρκή βιβλιογραφικά δεδομένα για τη χρήση τους και την αποτελεσματικότητά τους. Τέλος, τρεις μελέτες αξιολόγησαν την επίδραση των από του στόματος και/ή των ρινικών αποσυμφορητικών. Φαίνεται να υπάρχει υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης (level of evidence 1) σχετικά με χρήση 120 mg ψευδοεφεδρίνης από το στόμα. Παρ' όλο βέβαια που στους ενήλικες μπορεί να προλάβει ένα επεισόδιο βαροτραύματος, δεν είναι αποτελεσματικό στα παιδιά όπως καταγράφηκε σε μια μελέτη. Επιπλέον, δεν φάνηκε αποτελεσματική ούτε στους ενήλικες η χρήση οξυμεταζολίνης τοπικά.(33)

#### ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑ ΟΨΙΜΗΣ ΕΝΑΡΞΗΣ (DELAYED BAROTRAUMA OR OXYGEN OTITIS)

Ο όρος αυτός πρωτοχρησιμοποιήθηκε το 1945 από τους Comroe και συνεργάτες για να περιγράψει την παθολογική κλινική οντότητα που προκύπτει μετά από εισπνοή 100%



οξυγόνου κατά τη διάρκεια μιας μακράς πτήσης.(31) Κατά τη διάρκεια της ιδιαίτερης αυτής συνθήκης, ο ασθενής δεν αντιλαμβάνεται διαφορά πιέσεων και δεν περιγράφει συμπτώματα. Την επόμενη μέρα ή όταν ξυπνήσει από ύπνο, παρουσιάζει αίσθημα πληρότητας ωτός και/ή ωταλγία. Αυτό συνήθως συμβαίνει μετά από μακράς διαρκείας πτήσεις όπου η εισπνοή 100% οξυγόνου κάνει την κοιλότητα του μέσου ωτός να πληρούται από το αέριο αυτό, το οποίο διαχέεται πολύ γρηγορότερα στο αίμα και στους γύρω ιστούς. Σε συνδυασμό με μειωμένο αερισμό μέσω της Ευσταχιανής λόγω συνθηκών όπως π.χ. ύπνος, προκαλείται ευρεία βλεννογονική βλάβη όμοια με αυτή του βαροτραύματος στο μέσο ους. Θέλοντας να μελετήσει την επίπτωση αυτού του φαινομένου στους πιλότους και την πιθανή θετική επίδραση του ρινικού μπαλονιού στην πρόληψη ενός τέτοιου επεισοδίου, μια ομάδα ερευνητών εξέτασε 88 πιλότους jet μετά από έκθεση στις προαναφερθείσες συνθήκες. Μετά την πτήση, 44 πιλότοι χρησιμοποιήθηκαν ως ομάδα ελέγχου, κάνοντας τη μανούβρα Valsalva κάθε μια ώρα μέχρι το τέλος της ημέρας. Στους υπόλοιπους 44, δόθηκε η οδηγία να κάνουν χρήση του μπαλονιού κάθε μια ώρα έως το τέλος της ημέρας. Την επόμενη ημέρα, 47 εκ των 88 πιλότων (53.4 %) ανέφεραν ωταλγία. Όλοι παρουσίαζαν βαρότραυμα βαθμού 0 κατά Teed. Οι 30 από τους 47 ήταν από την ομάδα ελέγχου (68.2%) ενώ μόνο 17 ήταν από την ομάδα των πιλότων που έκανα χρήση του μπαλονιού. Η διαφορά αυτή φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντική. Από τη μελέτη αυτή προκύπτει λοιπόν, αφενός αυξημένη επίπτωση βαροτραύματος καθυστερημένης έναρξης και αφετέρου προστατευτική επίδραση του ρινικού μπαλονιού στην εμφάνιση αυτού του φαινομένου.(42)

#### ΒΑΡΟΤΡΑΥΜΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΣΕ ΘΑΛΑΜΟ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Όπως συμβαίνει σε πραγματικές συνθήκες χαμηλής πίεσης κατά τη πτήση, έτσι και σε θάλαμο προσομοίωσης κατά την άσκηση των πιλότων, μπορεί να εμφανιστεί βαρότραυμα. Σε μια μεγάλη μελέτη με 1627 ασκούμενους, έγινε προσπάθεια καταγραφής όλων των ανεπιθύμητων ενεργειών που μπορεί να προκύψουν σε σύνολο 185 συνεδριών άσκησης. Τελικά, καταγράφηκαν 91 περιπτώσεις, όπου μεταξύ αυτών, οι 45.1% αφορούσαν σε βαρότραυμα.(43) Επιπλέον, μια ομάδα ερευνητών στην Ιταλία, μελέτησε την επίπτωση αυτού του γεγονότος σε 335 πιλότους. Από αυτούς, μόνο οι οκτώ (2.4%) εμφάνισαν βαρότραυμα. Από τους 226 που εκτέθηκαν στα 25.000 ft εμφάνισαν οι τρεις και από τους 107 που εκτέθηκαν στα 35.000 ft εμφάνισαν οι τέσσερις, όλοι τους μονόπλευρα. Ένας από τους δυο πιλότους που έφτασε τα 43.000 ft, εμφάνισε βαρότραυμα αμφοτερόπλευρα. Όλες οι περιπτώσεις συνέβησαν κατά την κάθοδο (μεταξύ 18.000 και 3000 ft).(44) Η ίδια ερευνητική ομάδα, τρία χρόνια αργότερα δημοσίευσε ένα άρθρο, παρουσιάζοντας προγνωστικούς παράγοντες για την ύπαρξη βαροτραύματος κατά την άσκηση. Συγκεκριμένα, από τα δεδομένα τους προκύπτει ότι σε ασκούμενους που εκτίθενται σε υψόμετρο 35.000 ft, η νεαρή ηλικία και το θετικό ιστορικό προηγούμενων ΩΡΛ παθήσεων αποτελούν ισχυρούς

προγνωστικούς παράγοντες για εμφάνιση βαροτραύματος όψιμης έναρξης, ενώ παράγοντας μπορεί να είναι και τα μη-φυσιολογικά ευρήματα κατά την ωτοσκόπηση και την τυμπανομετρία πριν την άσκηση. Στα 25.000 ft, φαίνεται να έχουν αυξημένο ρίσκο οι ασκούμενοι μεγαλύτερης ηλικίας.(45)

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΒΑΡΗΚΟΪΑ ΑΠΟ ΘΟΡΥΒΟ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η βαρηκοΐα από θόρυβο αποτελεί μια επαγγελματική νόσο που αφορά και τους πιλότους αεροσκαφών, καθώς το εσωτερικό του αεροσκάφους αποτελεί ένα κατ' εξοχήν θορυβώδες περιβάλλον. Αν και υπάρχουν πολλές πηγές θορύβου από τα αεροσκάφη (για παράδειγμα ο κινητήρας, το πλαίσιο του αεροσκάφους, τα πτερύγια προσγείωσης και τα όργανα προσγείωσης), συνήθως ο περισσότερος θόρυβος προκαλείται από τον κινητήρα. Ο θόρυβος των αεριωθούμενων αεροσκαφών προκαλείται από τα καυσαέρια υψηλής ταχύτητας που αναμιγνύονται με τον ατμοσφαιρικό αέρα, την καύση του καυσίμου και τους ανεμιστήρες του συμπιεστή. Τα ελικοφόρα αεροσκάφη και τα ελικόπτερα μπορούν επίσης να δημιουργήσουν θόρυβο από τις περιστρεφόμενες έλικες τους που διασχίζουν τον αέρα. Η ποσότητα του θορύβου εξαρτάται από το μέγεθος των ελίκων και την ταχύτητα των άκρων της προπέλας στον αέρα.(46) Το επίπεδο θορύβου των αεροσκαφών τύπου Airbus A320 και Boeing 737-800, που χρησιμοποιούνται ευρέως στη μεσαία κατηγορία σε όλο τον κόσμο, είναι περίπου 93-94 dB. Στα αεροσκάφη Airbus A350, Boeing 787, Airbus A320neo και Boeing 737 MAX, τα οποία είναι τα πιο σύγχρονα επιβατικά αεροσκάφη σήμερα, το επίπεδο αυτό έχει μειωθεί στα 90 dB.(47) Όσον αφορά στα μαχητικά αεροσκάφη, τα επίπεδα είναι σαφώς υψηλότερα και ιδιαίτερη ανησυχία επικρατεί στην Ευρώπη με την άφιξη των νέων μαχητικών F-35. Σύμφωνα με το safeskiesscleanwaterwi.org που αναπαράγει το Arizona Star, το μαχητικό F-35 προβάλλει 121 dB θορύβου στο έδαφος, 25 dB περισσότερο από το F-16, στην ίδια ταχύτητα και ύψος. Πέντε ανεξάρτητες εκθέσεις της Πολεμικής Αεροπορίας της Ελβετίας, δείχνουν ότι στα περισσότερα υψόμετρα και ταχύτητες, ο θόρυβος στο έδαφος κάτω από το F-35 είναι κατά μέσο όρο 16 dB υψηλότερος από το δυνατότερο F-16 που πετά (διαφορά περίπου 60 φορές τη φυσική ενέργεια και περισσότερο από τρεις φορές πιο δυνατά αντιληπτικά). Ανεξάρτητα από την πραγματική διαφορά μεταξύ του F-35 και του F-16, είναι τουλάχιστον 25 dB πιο δυνατά από τα A10, τα οποία είναι τα πιο συχνά μαχητικά της Πολεμικής Αεροπορίας, μια διαφορά περίπου 400 φορές την φυσική ενέργεια, η οποία ακούγεται περίπου 6 φορές πιο δυνατά.(48) Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα dB είναι ένα μόνο κομμάτι της ιστορίας. Το άλλο κομμάτι είναι η αντίληψη του ήχου και άρα του θορύβου, η οποία επηρεάζεται επίσης από τον τύπο του κινητήρα και από τις διαδικασίες της προσγείωσης και απογείωσης που προκαλούν περισσότερο θόρυβο. Κατά τη διάρκεια της πτήσης το ύψος και η απόσταση από τον

παρατηρητή παίζει μεγάλο ρόλο όπως και η ατομική ευαισθησία, ότι δηλαδή μερικοί άνθρωποι ενοχλούνται περισσότερο από τον θόρυβο από άλλους.(47)

Σύμφωνα με τη συστηματική ανασκόπηση των Lie και συνεργάτες που δημοσιεύτηκε το 2015, σχετικά με την επαγγελματική έκθεση σε θόρυβο, φάνηκε ότι οι πιλότοι που χρησιμοποιούν τα απαραίτητα μέτρα ατομικής προστασίας, παρουσιάζουν μεν βαρηκοΐα από θόρυβο, αλλά σε γενικές γραμμές δεν απειλούνται από καταστροφικά επίπεδα θορύβου σε σύγκριση με άλλους εργαζόμενους αεροδρομίου. Για παράδειγμα, στη Φινλανδία, μελετήθηκαν 281 πιλότοι της αεροπορίας για σύντομο χρονικό διάστημα. Βρέθηκε ότι το ισοδύναμο επίπεδο έκθεσης σε θόρυβο στο πιλοτήριο είναι περίπου 90-100 dB και σε σχέση με αυτή που προβλέπεται από το ISO 1999 Database A, κανένας από τους πιλότους δεν παρουσίαζε χειρότερη ακοή. Με βάση το ίδιο ISO, πιλότοι της Νορβηγίας και πιλότοι ελικοπτέρων, είχαν ελαφρώς χειρότερη ακοή, αλλά όχι χειρότερη από την ομάδα ελέγχου ή από ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας.(49) Αυτή η ανασκόπηση, αφορά σε μελέτες που διεξήχθησαν παραπάνω από μια δεκαετία πριν. Σε άλλη μεγάλη μελέτη παρατήρησης στη Βραζιλία το 2011, βρέθηκε ότι το 62.2% των πιλότων είχαν φυσιολογικό ακοομετρικό προφίλ, 29.3% είχαν βαρηκοΐα με υποψία να έχει προκληθεί από θόρυβο σε κάποιο ους και το υπόλοιπο 8.5% είχε βαρηκοΐα χωρίς να φαίνεται να σχετίζεται με το θόρυβο.(50) Αρκετές νεότερες μελέτες συμφωνούν με τα ανωτέρω αποτελέσματα, άλλες όμως, καταλήγουν σε λίγο διαφορετικά και αντικρουόμενα μεταξύ τους, συμπεράσματα.

#### ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΑΝΑ ΧΩΡΑ

Στη Σουηδία, μια ομάδα ερευνητών παρακολουθούσε ακοογραφικά 337 στρατιωτικούς πιλότους, κάθε 5 χρόνια από την ανάληψη εργασίας τους έως τη σύνταξή τους. Χρησιμοποιώντας ως τιμές αναφοράς αυτές του ISO 1999 Database A, συγκρίθηκαν τα ακοομετρικά ευρήματα για κάθε ηλικιακή κατηγορία χωριστά. Βρέθηκε ότι στην ηλικία των 30 ετών, 22% των πιλότων ξεπερνούσαν το κατώτερο όριο των 80 dB για 8ωρη εργασία/ημέρα για την Ευρωπαϊκή Ένωση (EU Lower action level  $L_{eq}$ ) και 4% ξεπερνούσαν το ανώτερο αντίστοιχο όριο των 85 dB. Στην ηλικία των 40, το ποσοστό αυτό ήταν 34.5% και 6.6% αντίστοιχα. Τέλος, στην ηλικία των 50 ετών, 41% και 11.8% αντίστοιχα, ξεπερνούσαν τα θεσπισμένα όρια. Επίσης, βρέθηκαν σημαντικά αυξημένες τιμές επιπολασμού ακουστικής βλάβης  $\geq 25$  dB HL σε σύγκριση με το ISO σε όλες τις ηλικιακές κατηγορίες και για κάθε μια συχνότητα που μελετήθηκε. Στις ηλικίες 30 και 40 ετών, η αύξηση ήταν πιο έκδηλη στις συχνότητες 3, 4 και 6 kHz. Σημαντικά αυξημένες τιμές επιπολασμού ακουστικής βλάβης  $\geq 45$  dB HL παρατηρήθηκαν στην ηλικία των 30 μόνο στα 6 kHz, στην ηλικία των 40 ετών, στα 4 και στα 6 kHz και στην ηλικία των 50, στα 3, 4 και 6 kHz και στα δυο ώτα. Τέλος, στα 2 kHz παρατηρήθηκε αυξημένη τιμή επιπολασμού ακουστικής βλάβης  $\geq 25$  dB HL σε

σύγκριση με το ISO στην ηλικία των 30 ετών μόνο στο αριστερό ουσ και στην ηλικία των 40 ετών και στα δυο ώτα.(51)

Στη Γερμανία, οι πιλότοι που συμμετείχαν σε μελέτη επίπτωσης βαρηκοΐας από θόρυβο, χωρίστηκαν σε δυο ηλικιακές ομάδες, η μια περιελάμβανε άτομα κάτω των 40 ετών και η άλλη, άτομα ίσα και άνω των 40 ετών. Φάνηκε κατ' αρχήν ότι το επίπεδο θορύβου περιβάλλοντος στο πιλοτήριο είναι μεταξύ 74 και 80 dB, και το επίπεδο ηχητικής πίεσης κάτω από τα ακουστικά είναι μεταξύ 84 και 88 dB. Τα ακοομετρικά αποτελέσματα στις δυο ηλικιακές ομάδες φάνηκε να είναι παρόμοια για τις συχνότητες  $\leq 1.5$  kHz με μικροδιαφορές μεταξύ 2 έως 4 dB. Από τα 2 έως τα 14kHz ωστόσο, η διαφορά έφτανε μέχρι και τα 30 dB με σαφώς καλύτερη ακοή να παρουσιάζει η νεότερη ομάδα.(52)

Στο Ισραήλ, 163 πιλότοι παρακολουθήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια υπηρετήσής τους στην Αεροπορία με ακοομετρία, και συγκρίθηκαν με ομάδα ελέγχου μη εκτιθέμενη σε επαγγελματικό θόρυβο. Κατά μέσο όρο, παρατηρήθηκε και εδώ η χαρακτηριστική εντομή στα 4 έως 6 kHz, επιδεινούμενη με το πέρασ της ηλικίας. Στατιστικά σημαντική μετατόπιση του ουδού ακοής σε σχέση με το πρώτο ακοόγραμμα, παρατηρήθηκε αρχικά στην ηλικία των 30 ετών (μέση μετατόπιση 3 dB), χωρίς όμως να σημειώνεται διαφορά από αυτήν της ομάδας ελέγχου.(53) Σε άλλη μελέτη 298 πιλότων στην ίδια χώρα, πρωτοεμφανιζόμενη βαρηκοΐα παρατηρήθηκε σε 28 άτομα ηλικίας 30 ετών, σε 58 άτομα ηλικίας 40 ετών, σε 37 άτομα ηλικίας 45 ετών και 12 άτομα ηλικίας 50 ετών.(54)

Στην Ισπανία, από τους 235 πιλότους που μελετήθηκαν, το 64% εμφάνιζε κάποιου βαθμού βαρηκοΐα. Με αναφορά τις τιμές της ταξινόμησης κατά ASHA, 30% εμφάνιζε αμελητέα βαρηκοΐα, 17% ήπια, 10% μέτρια, 5% μετρίως σοβαρή και τέλος, 2% εμφάνιζε σοβαρή βαρηκοΐα. Πιο συγκεκριμένα, χωριζόμενοι και εδώ σε ηλικιακές ομάδες, 40% των πιλότων ηλικίας 22 έως 39 ετών εμφάνιζε πτώση ακοής, ενώ σε πιλότους 40 ετών και άνω, το ποσοστό ανέβαινε στο 80%. Η μετατόπιση του ουδού γινόταν εμφανής σε συχνότητες  $>1$  kHz και υπήρχε εμφανής, στατιστικά σημαντική συσχέτιση της βαρηκοΐας με την ηλικία.(55)

Στη Σαουδική Αραβία, 150 πιλότοι χωρίστηκαν σε ηλικιακές κατηγορίες των 25-40 ετών και 40-55 ετών. Ο γενικός επιπολασμός της βαρηκοΐας από θόρυβο σε αυτούς, βρέθηκε να είναι 18.4%. Οι ακοομετρικές καμπύλες παρουσίαζαν καθοδική κλίση στα 4 kHz και χαρακτηριστική εντομή στα 6 kHz. Η βαρηκοΐα στα 6 kHz χαρακτηρίζεται ήπια έως σοβαρή. Ο επιμέρους επιπολασμός με βάση τις ηλικιακές ομάδες, είναι 12% για το νεότερο γκρουπ και 35% για το γηραιότερο, μια διαφορά στατιστικά σημαντική.(56)

#### ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Οι παράγοντες κινδύνου που έχουν μελετηθεί ευρέως και φαίνεται να έχουν ισχυρή συσχέτιση με την ανάπτυξη βαρηκοΐας από θόρυβο στους πιλότους, είναι η ηλικία, οι ώρες

πτήσεις και ο τύπος του αεροσκάφους. Σε μια προσπάθεια να αποδειχθούν αυτές οι συσχετίσεις, μια μελέτη στην Ταϊβάν, με 1025 πιλότους, χρησιμοποίησε τη στατιστική και έκανε φανερή τη σημαντική επίδραση αυτών των παραγόντων κινδύνου στην ανάπτυξη βαρηκοΐας από θόρυβο. Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι σε ώρες πτήσεις έως 3000, ο μέσος ουδός ακοής ήταν 25 dB, ενώ όταν οι ώρες έφταναν τις 5000, η μεταβολή του ουδού ήταν στα 40 dB. Σχετικά με τον τύπο του αεροσκάφους, οι πιλότοι των F-16 A/B και F-CK-1(IDF) παρουσίασαν τους μεγαλύτερους ουδούς στα 8 kHz, ενώ στις χαμηλότερες συχνότητες (1-4 kHz) επηρεάζονται περισσότερο αυτοί των M2000-5. Τέλος, φάνηκε ότι οι εκπαιδευόμενοι πιλότοι αεροσκαφών έχουν 7.3 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να αναπτύξουν βαρηκοΐα από θόρυβο σε σχέση με τους πιλότους ελικοπτέρων.(57) Σε άλλη μελέτη που προαναφέρθηκε, στη Σαουδική Αραβία με 150 πιλότους, σε <1000 ώρες πτήσεις, δεν φάνηκε να υπάρχει διαφορά στον ουδό ακοής μεταξύ πιλότων διαφορετικών αεροσκαφών, αλλά σε ώρες πτήσεις >2000 οι πιλότοι αεροσκαφών με σταθερές πτέρυγες είχαν μεγαλύτερο ουδό ακοής σε σχέση με αυτούς των ελικοπτέρων.(56) Όσον αφορά στην επίδραση της ηλικίας, ο Greenwell και συνεργάτες, έδειξαν ότι η μεταβολή του ουδού ακοής είναι μικρή τα πρώτα 20 έτη από την ανάληψη εργασίας και πριν τα 50 έτη ζωής. Η ηλικία και η καθυστερημένη έναρξη ακουογραφικής παρακολούθησης σχετίζονται με αυξημένους ουδούς, ενώ στην παρούσα μελέτη δε σημειώθηκε διαφορά μεταξύ διαφόρων τύπων αεροσκαφών.(58) Τέτοιου τύπου στατιστικά σημαντική διαφορά δε σημειώθηκε ούτε στο Ισραήλ, όπου βρέθηκε συσχέτιση με την ηλικία (επίπτωση 9.4% στην ηλικία των 30 ετών και 57.5% στην ηλικία των 50 ετών) και με τον συνολικό αριθμό ωρών πτήσης. Ο μέσος χρόνος πτήσης πιλότων με υποψία βαρηκοΐας από θόρυβο ήταν 3,630 ώρες ενώ αυτών χωρίς βαρηκοΐα από θόρυβο ήταν 2.930.(54) Συσχέτιση με την ηλικία, τις ώρες πτήσης αλλά και το διατροφικό προφίλ των πιλότων φάνηκε στην Ισπανία, όπου οι ερευνητές σχολίασαν ότι η εξέλιξη μιας βαρηκοΐας επιβαρύνεται από βιοχημικούς και μεταβολικούς παράγοντες. Χαμηλά επίπεδα σιδήρου στον ορό και υψηλά επίπεδα ομοκυστεΐνης συνδυάζονται με απώλεια ακοής, ιδίως σε άτομα >40 ετών σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό.(55)

Άλλοι παράγοντες κινδύνου για τους οποίους έχουν γίνει μελέτες είναι οξυτοξικές χημικές ουσίες (υδρογονάνθρακες), μέταλλα, διαλύτες και νιτρίλια, κάποια από τα οποία μπορεί να ευρίσκονται σε άλλοτε άλλες συγκεντρώσεις στις εκπομπές καυσίμων των αεροσκαφών και να συμβάλλουν στην εκδήλωση βαρηκοΐας. Μάλιστα βρέθηκε ότι ο συνδυασμός έκθεσης σε μέταλλα, διαλύτες και συνεχή θόρυβο, έχει συνεργικά βλαπτική δράση στην ακοή πιλότων σε σύγκριση με τη δράση συνεχούς θορύβου μόνο, σε ομάδα αναφοράς.(59) Στην Αυστραλία, 57 πιλότοι χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με βάση το βαθμό έκθεσής τους σε χημικές ουσίες που περιέχονται στα καύσιμα. Αν και ο βαθμός έκθεσης σε χημικές ουσίες κατά τη διάρκεια της επαγγελματικής πορείας ενός στελέχους στην Πολεμική Αεροπορία δεν είναι δυνατόν να

εκτιμηθεί με ακρίβεια, οι συγγραφείς προσπάθησαν να κατηγοριοποιήσουν τους εξεταζόμενους σε τρεις κατηγορίες εκτιμώμενης έκθεσης (χαμηλή, μέτρια, υψηλή) με βάση έναν συνδυασμό των ακόλουθων: α) τρέχον και παρελθοντικό εργασιακό γκρουπ, β) επίπεδο έκθεσης που αναφέρει ο ίδιος ο εργαζόμενος, γ) ευρήματα πολλαπλών προηγούμενων αξιολογήσεων και αξιολόγηση έκθεσης από ανεξάρτητους μηχανικούς και δ) αξιολόγηση εμπειρογνομόνων από Ιατρό Εργασίας με βάση την πλατφόρμα RAAF. Εκείνοι που εκτέθηκαν σε μέτρια και υψηλά επίπεδα ουσιών, παρουσιάστηκαν με χειρότερη ακοή στα 4 kHz και στα δυο ώτα και στα 8 kHz στο δεξιό ους. Προσαρμόζοντας αυτά τα δεδομένα στην ηλικία και το επίπεδο έκθεσης του καθενός στο θόρυβο, φάνηκε σημαντική συσχέτιση της έκθεσης σε αυτούς τους παράγοντες και της βαρηκοΐας από θόρυβο. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των DPOAEs των πιλότων αυτών, που υποδηλώνουν δυσλειτουργία των έξω τριχωτών κυττάρων και άρα βλάβη στο περιφερικό ακουστικό νευρικό σύστημα σε αυτούς που εκτέθηκαν σε χημικές ουσίες. Ειδικότερα, οι συμμετέχοντες με χαμηλή έκθεση, παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερο εύρος (δηλαδή καλύτερα πλάτη) DPOAEs από τους συμμετέχοντες με μέτρια και υψηλά επίπεδα έκθεσης στα 2,8, 4 και 6 kHz στο αριστερό ους και στα 4 kHz στο δεξιό ους. Τέλος, τα ανωτέρω αποτελέσματα συμφωνούν και με προηγούμενες μελέτες, όπου εργαζόμενοι στα καύσιμα είχαν χειρότερους ουδούς από αυτούς που όριζε το ISO 1999.(60) Συνεργική βλάβη από ταυτόχρονη έκθεση σε θόρυβο και υδρογονάνθρακες καυσίμων, τεκμηριώνεται και στο κεντρικό ακουστικό νευρικό σύστημα πειραματόζωων μέσα από νευροφυσιολογικές και ψυχοακουστικές μετρήσεις.(61)

#### ΑΚΟΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΩΤΩΝ

Από το σύνολο των ακοογραφημάτων και την ανάλυση των ουδών ακοής σε κάθε ους ξεχωριστά, κάποιες μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το αριστερό ους των πιλότων επηρεάζεται περισσότερο από το θόρυβο και εμφανίζεται με μεγαλύτερο ουδό σε σύγκριση με το δεξιό. Συγκεκριμένα, όσον αφορά σε πιλότους αεροσκαφών F-16A/B, η διαφορά του μέσου ουδού ακοής μεταξύ των δυο ωτών ήταν >2dB για τις συχνότητες 3-8kHz, ενώ για τους πιλότους M2000-5, η διαφορά ήταν >3 dB για τα 3-4kHz.(57) Σε άλλη μελέτη στη Γερμανία βρέθηκε ότι οι πιλότοι που χρησιμοποιούν κυρίως το αριστερό ους για επικοινωνία, έχουν διαφορά 6 dB στα 3 kHz, 7 dB στα 4 kHz και 6 dB στα 10 kHz. Οι πιλότοι που χρησιμοποιούσαν μόνο το δεξιό ους για επικοινωνία, πάλι εμφάνιζαν διαφορά στον ουδό, με χειρότερο ουδό στο αριστερό ους (διαφορά 2 dB στα 3 kHz και 3 dB στα 4 kHz και στα 6 kHz).(52) Παρομοίως, στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ωτών βρέθηκε και από τον Falcão και συνεργάτες, όπου στα 4 kHz, 20.6% των πιλότων εμφάνιζε βαρηκοΐα από θόρυβο στο αριστερό ους και 17.1% στο δεξιό, στα 6 kHz, 16.9% στο αριστερό και 14.7% στο δεξιό και στα 3 kHz, 10.5% στο αριστερό και 8.6% στο δεξιό.(50)

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη είναι μια περιγραφική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που έχει δημοσιευτεί την τελευταία δεκαετία σχετικά με τις παθήσεις του ακουστικού συστήματος που επισυμβαίνουν συχνότερα στους πιλότους αεροσκαφών. Πρόκειται για το βαρότραυμα, μια «μηχανική» βλάβη που μπορεί να προκαλέσει βαρηκοΐα αγωγιμότητας και την βαρηκοΐα από θόρυβο, που είναι συνηθέστερα «εκφυλιστική» βλάβη και προκαλεί νευροαισθητήρια βαρηκοΐα.

Το βαρότραυμα αποτελεί τη συχνότερη ιατρική πάθηση κατά τη διάρκεια αεροπορικών ταξιδιών και έχει συσχετιστεί στο παρελθόν με πολλαπλά αεροπορικά ατυχήματα.(62) Μπορεί να συμβεί σε υγιείς ενήλικες, αλλά και σε παιδιά. Σε τυχαίο πληθυσμό που ερωτήθηκε για τυχόν ακοολογικά συμπτώματα κατά τη διάρκεια προηγούμενων πτήσεων, 28 εκ των 43 (65%) παιδιών και 166 εκ των 363 (46%) ενηλίκων ανέφεραν ενόχληση ή/και ωταλγία. Κατά τη διάρκεια μιας μοναδικής πτήσης, η επίπτωση της ωταλγίας μεταξύ των επιβατών ήταν 26-55% στα παιδιά και 20% στους ενήλικες.(63)

Για το βαρότραυμα, τα ευρήματα της μελέτης μπόρεσαν να κατηγοριοποιηθούν με βάση την επίπτωση, κάποιες κλινικές πληροφορίες, τους παράγοντες κινδύνου, την πρόληψη, την επίπτωση κατά την άσκηση σε θάλαμο χαμηλής πίεσης και την εμφάνιση βαροτραύματος όψιμης έναρξης. Η επίπτωση του βαροτραύματος, αν και ετερογενής μεταξύ των μελετών, συνολικά δε φαίνεται να ξεπερνά το 20% των πιλότων. Με την πάροδο των χρόνων, το ποσοστό των πιλότων που έχει υποστεί βαρότραυμα κατά την πτήση, αυξάνεται όπως φαίνεται και στη μελέτη των Boel και συνεργατών.(34) Η ίδια η μελέτη βασίζει πιθανότερα τη διαφορά αυτή στην πιο «ανοικτή και ελεύθερη» αγορά εργασίας όπου πολλοί πιλότοι πλέον δεν ασφαλίζονται από τις αεροπορικές εταιρίες και έτσι δεν δικαιούνται αναρρωτικές άδειες σε περίπτωση λοιμώξεων του αναπνευστικού.

Κλινικά, πολύ συχνά το βαρότραυμα παρουσιάζεται χωρίς ωτοσκοπικά ευρήματα (κατά Teed βαθμού 0), ενώ σπάνια φαίνεται να είναι η παρουσία ρήξης τυμπανικής μεμβράνης (κατά Teed βαθμού V). Πολύ σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση βαροτραύματος κατέχει η «κατάσταση» της Ευσταχιανής σάλπιγγας, καθώς άτομα με αλλεργίες ή πρόσφατες λοιμώξεις του αναπνευστικού, είχαν μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανίσουν υποτροπιάζοντα επεισόδια.(39) Έτσι, μεταξύ άλλων, οι λοιμώξεις αναπνευστικού αποτελούν παράγοντα κινδύνου για εμφάνιση βαροτραύματος μέσω του μηχανισμού απόφραξης της Ευσταχιανής σάλπιγγας και κατ' επέκταση, αδυναμίας εκτέλεσης των δοκιμασιών εξίσωσης πιέσεων. Ο μέσος χρόνος ανάρρωσης από ένα επεισόδιο μέσης σοβαρότητας κατά Teed, είναι 4-8 ημέρες.(36,37) Πολύ σημαντικές στο σημείο αυτό είναι οι έρευνες για την πρόληψη, που καταλήγουν ομόφωνα στην προστατευτική επίδραση της χρήσης 120mg ψευδοεφεδρίνης από

το στόμα πριν από την πτήση.(33) Οι λοιπές μέθοδοι πρόληψης που περιγράφονται ανωτέρω (π.χ. φούσκωμα ρινικού μπαλονιού ή τροποποιημένη τυμπανοστομία) δυστυχώς δεν μπορούν να αποτελέσουν αυτή τη στιγμή χρήσιμα εργαλεία για πρόληψη τέτοιων επεισοδίων αφενός γιατί οι υπάρχουσες μελέτες δεν συμφωνούν ως προς τη μεθοδολογία και έτσι δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα και αφετέρου διότι κάποιες από τις μεθόδους αυτές δεν είναι πρακτικές και εφαρμόσιμες σε επίπεδο καθημερινής χρήσης στο αεροσκάφος. Την καταλληλότητα για πτήση μετά από ένα επεισόδιο, μπορούμε να την προσδιορίσουμε, χρησιμοποιώντας το nine-step inflation-deflation tympanometric test.(38) Η μέθοδος αυτή, καθώς και άλλα μέσα που χρησιμοποιούνται επί του παρόντος για την πρόβλεψη, όπως η τυμπανομετρία, η σωληνομετρία, είναι δυστυχώς ανέφικτο και αυτές να διενεργηθούν εύκολα και γρήγορα και συνεπώς να χρησιμοποιηθούν ευρέως σε καθημερινή βάση. Λαμβάνοντας υπόψη το εύρος αυτών των προβλημάτων, η αεροπορική κοινότητα θα επωφεληθεί σε μεγάλο βαθμό από ένα εργαλείο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί τόσο για την πρόβλεψη όσο και για την πρόληψη βαροτραυμάτων μέσου ωτός κατά την πτήση. Οι δοκιμασίες Valsalva ή/και Toynbee μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την πρόβλεψη των προβλημάτων όσο και, με την κατάλληλη εκπαίδευση, για την αποτροπή τους.(40) Αυτό, θα μπορούσε στο μέλλον να αποτελέσει αντικείμενο μιας πρωτοπόρου έρευνας πάνω στο θέμα. Επίσης, οι ωτορινολαρυγγολόγοι, θα μπορούσαν να διαθέτουν λίγο από το χρόνο της εξέτασης στο να εκπαιδεύουν τους ασθενείς με υποτροπιάζοντα επεισόδια βαροτραύματος στη σωστή χρήση της τεχνικής Valsalva. Στο σημείο αυτό βοηθά πολύ η ταυτόχρονη ωτοενδοσκόπηση, έτσι ώστε ο ασθενής να έχει οπτική επιβεβαίωση της σωστής τεχνικής.(P. Kousoulis, personal communication, May 17,2024)

Το βαρότραυμα όψιμης έναρξης είναι μια οντότητα που «απειλεί» και αυτή τους πιλότους κάτω από συνθήκες εισπνοής καθαρού 100% οξυγόνου για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Το ρινικό μπαλόνι φαίνεται πιο αποτελεσματικό από το χειρισμό Valsalva στην πρόληψη της ωταλγίας μετά από έκθεση αλλά και στη θεραπεία της οξείας βαρωτίτιδας. Αυτό θα μπορούσε εύλογα να οφείλεται στην έκπλυση της περίσσειας οξυγόνου από το μέσο ους που επιτυγχάνεται μέσω του μπαλονιού.(64) Ωστόσο, η χρήση του ως προφυλακτικό εργαλείο, όπως προαναφέρθηκε δεν έχει τεκμηριωθεί βιβλιογραφικά.

Τέλος, βαρότραυμα μπορεί να εμφανιστεί και κατά τη διάρκεια άσκησης σε θάλαμο χαμηλής πίεσης. Το ποσοστό εμφάνισής του δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό και σχετίζεται άμεσα και γραμμικά με το υψόμετρο έκθεσης των πιλότων. Οποιοδήποτε συμβάν που θα μπορούσε να επηρεάσει τον αερισμό του μέσου ωτός, μπορεί να προδιαθέσει σε βαροτραύμα. Επειδή το προσωπικό που γίνεται δεκτό για εκπαίδευση σε τέτοιο θάλαμο είναι γενικά υγιές και πιστοποιημένο ότι διαθέτει ικανότητες πτήσης, φαίνεται ότι η πιο κοινή αιτία βαρωτίτιδας που σχετίζεται με το υψόμετρο είναι η δυσλειτουργία της Ευσταχιανής σάλπιγγας που δεν



συνδέεται απαραίτητα με μια παθολογική κατάσταση. Πράγματι, σε αυτές τις περιπτώσεις, οι αιτίες περιλαμβάνουν μη ανιχνεύσιμη φλεγμονή και εσφαλμένη ή καθυστερημένη εκτέλεση του χειρισμού Valsalva κατά τις αλλαγές υψομέτρου.(65)

Σχετικά με τη βαρηκοΐα από θόρυβο, όπως φαίνεται και σε μεγάλες μελέτες της τελευταίας δεκαετίας, αποτελεί έναν υπαρκτό «κίνδυνο» που απειλεί τους πιλότους αεροσκαφών. Πιο συγκεκριμένα, ανήκει στις 10 πιο συχνές κλινικές διαγνώσεις για τις οποίες οι πιλότοι τίθενται σε αναστολή εργασίας ή παραιτούνται.(66) Μετά τις παθήσεις σπονδυλικής στήλης, την υπέρταση (και τις λοιπές καρδιολογικές παθήσεις) και τις διαταραχές άγχους (PTSD), η βαρηκοΐα από θόρυβο αποτελεί μια, συχνή πλέον, συνθήκη «αναπηρίας». Οι δύο πιο διαδεδομένες «αναπηρίες» που συνδέονται με υπηρεσίες για βετεράνους στις ΗΠΑ στο τέλος του οικονομικού έτους 2012, παραμένουν οι εμβοές και η απώλεια ακοής.(67) Τέλος, φαίνεται κυριολεκτικά να απειλεί, καθώς, οι διαταραχές ακοής έχουν συσχετιστεί πολλακίς στο παρελθόν με αεροπορικά ατυχήματα και τραυματισμούς.(62,68) Τα αποτελέσματα για τη βαρηκοΐα από θόρυβο και οι απόψεις σχετικά με το εάν οι πιλότοι αποτελούν «ευπαθή» επαγγελματική ομάδα, είναι διφορούμενα. Τα δεδομένα από τη βιβλιογραφία δεν υποστηρίζουν ομόφωνα ότι οι πιλότοι εμφανίζουν αυξημένους ουδούς ακοής σε σύγκριση με ομάδα αναφοράς ίδιου φύλου και ηλικίας. Αυτό, τεκμηριώνεται σε μια μεγάλη συστηματική ανασκόπηση σχετικά με την επαγγελματική έκθεση σε θόρυβο, όπου φάνηκε ότι οι πιλότοι που χρησιμοποιούν τα απαραίτητα μέτρα ατομικής προστασίας, παρουσιάζουν μεν βαρηκοΐα από θόρυβο, αλλά σε γενικές γραμμές δεν απειλούνται από καταστροφικά επίπεδα θορύβου σε σύγκριση με άλλους εργαζόμενους αεροδρομίου.(49) Από την άλλη, κάθε χώρα ξεχωριστά, παρουσιάζοντας τα δεδομένα από τις μελέτες της, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι πιλότοι εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα θορύβου, γεγονός που αναμφισβήτητα σε βάθος χρόνου, οδηγεί σε βλάβες του ακουστικού συστήματος. Συγκεκριμένα από τη μελέτη στη Σουηδία που παρατέθηκε νωρίτερα, μπορούμε να εξάγουμε δυο συμπεράσματα. Αφενός ότι ένα μεγάλο ποσοστό πιλότων της Σουηδικής Αεροπορίας εκτίθεται σε μη επιτρεπτά όρια θορύβου, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένο επιπολασμό βαρηκοΐας από θόρυβο προϊούσης της ηλικίας και αφετέρου ότι η ταχύτερη εξέλιξη της βαρηκοΐας συμβαίνει κατά τα πρώτα 10-12 χρόνια έκθεσης επηρεάζοντας κυρίως την ακοή στη συχνότητα 4 kHz.(51)

Παράγοντες κινδύνου για εμφάνιση βαρηκοΐας από θόρυβο φαίνεται να είναι η ηλικία και ο συνολικός αριθμός ωρών πτήσης, ενώ για τον τύπο του αεροσκάφους δεν υπήρξε ομοφωνία. Όπως παρατηρήθηκε και παραπάνω, η επίπτωση της βαρηκοΐας αυξάνεται προϊούσης της ηλικίας και αυτό φαίνεται λογικό γιατί η τελευταία, είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει και εκφυλίζει την ακουστική οξύτητα, ανεξάρτητα από το αν υπάρχει έκθεση σε θόρυβο. Συνεπώς λοιπόν για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε την επίπτωση μεταξύ επαγγελματικών ομάδων, θα πρέπει αυτές να αφορούν σε παρόμοιες ηλικίες. Γενικά, οι πληθυσμιακές μελέτες

έχουν υψηλής ποιότητας δεδομένα για τα αποτελέσματα που αφορούν στην ακοή, και αρκετά καλής ποιότητας όσον αφορά σε πιθανούς συσχετιζόμενους ή τροποποιητικούς παράγοντες, όπως κάπνισμα, καρδιακές παθήσεις και αρτηριακή πίεση. Τα δεδομένα όμως έκθεσης στο θόρυβο είναι συνήθως χαμηλότερης ποιότητας. Μελέτες πληθυσμού δείχνουν ότι η ηλικία είναι μακράν ο πιο σημαντικός προγνωστικός παράγοντας απώλειας ακοής. Μέχρι την ηλικία των 60 ετών, η σχετιζόμενη με την ηλικία απώλεια ακοής (στην περιοχή συχνοτήτων 3–6 kHz) είναι περίπου 30–40 dB για τους άνδρες και 20 dB για τις γυναίκες. Ο προσδιορισμός του εάν η απώλεια ακοής υπερβαίνει την αναμενόμενη μείωση της ηλικίας γίνεται εφικτός σε σύγκριση με τα επίπεδα ακοής που σχετίζονται με την ηλικία για πληθυσμούς που δεν έχουν εκτεθεί σε θόρυβο. Σε συλλογικό επίπεδο, η απώλεια ακοής σε εργαζόμενους που εκτίθενται σε θόρυβο που υπερβαίνει το πρότυπο ηλικίας μπορεί να αποδοθεί σε έκθεση στον επαγγελματικό θόρυβο και σε άλλους παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν απώλεια ακοής. Σε ατομικό επίπεδο, ωστόσο, δεν είναι δυνατό να γίνει διάκριση μεταξύ απώλειας ακοής λόγω γήρανσης, γενετικής προδιάθεσης και έκθεσης στον θόρυβο.(49) Εκτός από αυτόν τον παράγοντα, η βαρηκοΐα από θόρυβο γίνεται περισσότερο έκδηλη όσο αυξάνονται οι ώρες πτήσης, κάτι το οποίο επίσης φαίνεται λογικό γιατί η πάροδος του χρόνου έκθεσης, οδηγεί σε συσσώρευση βλαπτικών παραγόντων στον κοχλία ή περαιτέρω καταστροφή των κυττάρων αυτού, ανάλογα με το μηχανισμό πρόκλησής της. Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, ότι ο συνολικός χρόνος πτήσης είναι μια ασαφής μέτρηση της έκθεσης. Δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με την έκθεση σε θόρυβο εκτός εργασίας ή τις πηγές θορύβου κατά τη διάρκεια του χρόνου εργασίας.(69) Προκειμένου να αξιολογηθεί η συσχέτιση των ανωτέρω με την ακουστική λειτουργία, απαιτείται ένας καλύτερος δείκτης για τη μέτρηση της χρόνιας έκθεσης στο θόρυβο στους πιλότους.

Η ωτοτοξικότητα από χημικές ουσίες που περιέχονται στα καύσιμα, είναι ένας άλλος παράγοντας που μελετάται εκτενώς τα τελευταία έτη, καθώς βρέθηκε ότι μπορεί να έχει συνεργική δράση με το θόρυβο στην πρόκληση βαρηκοΐας.(61) Η βλάβη από ωτοτοξικούς παράγοντες μπορεί να αποτυπωθεί τόσο στο περιφερικό, όσο και στο κεντρικό νευρικό σύστημα χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες διαγνωστικές μεθόδους. Δηλαδή, όπως θα αναφερθεί λεπτομερώς και στη συνέχεια, σε εργαζόμενους με υποψία βαρηκοΐας από θόρυβο, έχει προταθεί να διενεργούνται συγκεκριμένες και ειδικότερες εξετάσεις πέραν του απλού ακοογράμματος, ακόμα και όταν δεν αποτυπώνεται βλάβη σε αυτό, καθώς φαίνεται ότι δεν είναι αρκετό για να εντοπίσει πρώιμες βλάβες που επισυμβαίνουν στη βασική έλικα του κοχλία. Ωστόσο, παρ' όλο που οι πιλότοι είναι εργαζόμενοι που εκτίθενται ταυτόχρονα και σε ωτοτοξικούς παράγοντες και σε θόρυβο, την περισσότερη ώρα «εργασίας» τους βρίσκονται στο πιλοτήριο, εκτελώντας πτήση και έτσι δεν έρχονται σε επαφή με καύσιμα.

Συνεπώς, τα παραπάνω αποτελέσματα δεν φαίνεται να επηρεάζουν την πλειοψηφία των πιλότων αεροσκαφών.(54)

Ένα ενδιαφέρον αποτέλεσμα που προέκυψε από την παρούσα έρευνα, είναι ότι παρατηρήθηκε διαφορά στους ουδούς μεταξύ των δυο ώτων. Παρ' όλο που στις περισσότερες μελέτες δεν πληρούνται τα κριτήρια ώστε να θεωρήσουμε ότι πρόκειται για ασύμμετρη βλάβη μεταξύ των δυο ώτων (διαφορά  $\geq 15$  dB του μέσου ουδού για 0,5-2kHz ή 3-6kHz) και δεδομένου ότι η επαγγελματική έκθεση σε θόρυβο οδηγεί σε συμμετρική, αμφοτερόπλευρη βαρηκοΐα, αυτή η μικρή αλλά αξιοσημείωτη διαφορά, μπορεί να οφείλεται σε συμπεριφορικές συνήθειες των πιλότων (π.χ. χρήση ωτοασπίδων ή χρήση ενός ωτός μόνο για επικοινωνία) ή στη θέση των πιλότων στο πιλοτήριο σε σύγκριση με τις μηχανές των αεροσκαφών. Σε κάθε περίπτωση είναι χρήσιμο να αναφέρεται στις μελέτες, προκειμένου να καθιερωθούν πιο αποτελεσματικά μέσα ατομικής προστασίας.

Όπως προαναφέρθηκε, η απλή ακοομετρία δεν είναι αρκετή για να εντοπίσει πρώιμες βλάβες που επισυμβαίνουν στη βασική έλικα του κοχλία, καθώς αυτές δεν εκδηλώνονται απαραίτητα ως μεταβολή στον ουδό ακοής στις συμβατικές συχνότητες. Στην τρέχουσα βιβλιογραφία, διάφορες άλλες δοκιμασίες έχουν προταθεί και έχουν μελετηθεί, προκειμένου να βρεθούν τα καταλληλότερα «εργαλεία». Οι βασικότερες από αυτές τις δοκιμασίες είναι EHFA και οι DPOAEs. Η ακοομετρία υψηλών συχνοτήτων ορίζεται ως η μέτρηση του ουδού ακοής σε συχνότητες  $>8$  kHz. Οι αυξημένοι ουδοί σε αυτή τη δοκιμασία είναι γνωστό ότι συνδέονται με ιστορικό έκθεσης στο θόρυβο και για το λόγο αυτό αρκετοί ερευνητές προσπάθησαν να αποδείξουν την ευαισθησία αυτής της μεθόδου για τον υπολογισμό του κινδύνου από επαγγελματική έκθεση σε θόρυβο. Μια μελέτη από το Πεκίνο, βρήκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις μεταβολές που επισυμβαίνουν  $<8$  kHz και σε αυτές  $>8$  kHz. Ειδικότερα, ο μέσος ουδός ακοής πιλότων που εκτίθενται σε θόρυβο σε σύγκριση με αυτόν ομάδας αναφοράς, ήταν αυξημένος κατά 3,15 dB στο συμβατικό ακοόγραμμα και 7,83 dB στο ακοόγραμμα υψηλών συχνοτήτων για τις ηλικίες 20-29 ετών, κατά 2,37 dB και 9,90 dB αντίστοιχα για τις ηλικίες 30-39 ετών, κατά 3,80 dB και 8,19 dB για τις ηλικίες 40-49 ετών και 10,84 dB και 16,86 dB για ηλικίες 50-59 ετών.(70) Παρόμοια αποτελέσματα με στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν και σε άλλη μελέτη, κάνοντας φανερή την υψηλή ευαισθησία αυτής της μεθόδου στην παρακολούθηση των πιλότων που εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα θορύβου, τονίζοντας βέβαια τη σημασία του να πλαισιώνει πάντοτε και όχι να αντικαθιστά το απλό ακοόγραμμα.(71) Όσον αφορά στη χρήση των ωτοακουστικών εκπομπών, δεδομένου ότι η βλάβη από το θόρυβο αρχικά εντοπίζεται στα έξω τριχωτά κύτταρα, σίγουρα μπορεί να προσφέρει επιπλέον πληροφορίες για μια αρχόμενη βαρηκοΐα η οποία δεν έχει εμφανίσει ακόμα κλινικά σημεία. Η μεταβολή που σημειώνεται στις ωτοακουστικές εκπομπές, είναι μια πτώση της αναλογίας ήχου προς θόρυβο (SNR) ως

αποτέλεσμα έκθεσης σε θόρυβο. Αυτό επιβεβαιώνεται και από μια μελέτη των Kuo και συνεργατών, που αποτύπωσαν μειωμένη μέση τιμή SNR σε 40 εργαζόμενους αεροδιαδρόμων και 40 πιλότους σε όλες τις συχνότητες από 1-8 kHz μετά από έκθεση σε θόρυβο.(71) Ταυτόχρονα, αποτελεί μια αντικειμενική, γρήγορη, χωρίς ιδιαίτερο κόστος εξέταση που δεν απαιτεί την απόλυτη συνεργασία του εξεταζόμενου. Η υπόθεση ότι η βλάβη εντοπίζεται στα έξω τριχωτά κύτταρα, μπορεί να υποστηριχθεί και από τα αποτελέσματα των ABR. Σε συμμετέχοντες με υψηλά επίπεδα έκθεσης σε καύσιμα, βρέθηκε παράταση στην εμφάνιση του κύματος V, σε σύγκριση με συμμετέχοντες με χαμηλά επίπεδα έκθεσης. Αυτό το εύρημα αναμένεται σε άτομα με χαμηλότερη ακουστική ικανότητα στις υψηλές συχνότητες.(60) Σε συνδυασμό λοιπόν με τις παραπάνω μεθόδους, αυτές οι τρεις δοκιμασίες (κλασικό ακούγραμμα, EHFA, DPOAEs) συνιστάται να αποτελούν εξετάσεις εκλογής για την πρόιμη ανίχνευση βλαβών από θόρυβο στους πιλότους αλλά και σε άλλες επαγγελματικές κατηγορίες.(49,71).

Δεδομένης της παθογένειας της απώλειας ακοής που προκαλείται από θόρυβο, ορισμένα φάρμακα θα μπορούσαν να ανακουφίσουν και να αντιμετωπίσουν εν μέρει μια τέτοια κατάσταση. Οι πιθανές θεραπευτικές επιλογές περιλαμβάνουν ορισμένα εξωγενή αντιοξειδωτικά, ανταγωνιστές ασβεστίου ή γλυκοκορτικοειδή, τα οποία μπορούν να μειώσουν τον αντίκτυπο του θορύβου μετά την έκθεση, μέσω διαφορετικών οδών.(72) Στο σημείο αυτό απαιτείται περαιτέρω έρευνα. Επειδή τα παθοφυσιολογικά μονοπάτια που οδηγούν στη βλάβη είναι πολύ περίπλοκα και τα ανθρώπινα τριχωτά κύτταρα δεν αναγεννώνται από τον ίδιο τον ανθρώπινο οργανισμό, η θεραπεία της απώλειας ακοής που προκαλείται από τον θόρυβο είναι πολύ δύσκολη και πρέπει να συνδυαστούν διάφορες θεραπευτικές στρατηγικές. Πολλά υποσχόμενες έχουν φανεί νεότερες μελέτες σχετικά με την αναγέννηση των τριχωτών κυττάρων και τη διαφοροποίηση των βλαστοκυττάρων.(3) Στο αρχικό στάδιο, η βλάβη στο έσω ους είναι μερικώς ανακτήσιμη, επομένως εάν γίνει αντιληπτό από τον ίδιο τον ασθενή, θα πρέπει να αναζητήσει άμεσα ιατρική βοήθεια διότι μπορούμε να παρέμβουμε θετικά μόνο σε αυτή τη φάση. Τα άτομα που υποφέρουν από σοβαρού βαθμού βαρηκοΐα, μπορούν να βοηθηθούν μόνο με ακουστικά βαρηκοΐας ή/και κοχλιακά εμφυτεύματα. Τέλος, η γενετική έρευνα έχει αρχίσει να κατακτά έδαφος στην πρόβλεψη της ευαισθησίας των ατόμων στο θόρυβο, ωστόσο βρίσκεται ακόμα σε πολύ αρχικά και διερευνητικά στάδια. Άτομα με γενετικά «ελαττώματα» έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανίσουν εμβόες και μειωμένη διάκριση ομιλίας και έτσι μπορούν προστατευτικά να αποφεύγουν περιβάλλοντα με αυξημένο θόρυβο.(72) Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, απαιτείται εκτενέστερη έρευνα και ενημέρωση- ευαισθητοποίηση του κοινού πάνω στο θέμα.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι οι πιλότοι αεροσκαφών έρχονται αντιμέτωποι με δυο παθολογικές οντότητες που προκαλούν ακουστικές διαταραχές. Η μία είναι το βαρότραυμα, που παρατηρείται συχνά, παρά το γεγονός ότι οι πιλότοι είναι εκπαιδευμένοι τόσο στην πρόληψη όσο και στην αντιμετώπισή του με χειρισμούς εξίσωσης στον αέρα. Εντούτοις, η επίδρασή του στον πιλότο είναι παροδική, και δεν αποτελεί ιδιαίτερο παράγοντα κινδύνου αεροπορικού ατυχήματος, ενώ εύκολα χρησιμοποιήσιμα και αξιόπιστα μέσα διάγνωσης πριν την πτήση και πρόληψης, εκτός από την εκπαίδευση των πιλότων, δεν υπάρχουν.

Η άλλη παθολογική οντότητα που απασχολεί τους πιλότους αεροσκαφών και σχετίζεται με ακουστικές διαταραχές, είναι η βαρηκοΐα από θόρυβο. Η παρούσα μελέτη δεν κατέληξε σε ένα ασφαλές συμπέρασμα σχετικά με το εάν οι πιλότοι εμφανίζονται με αυξημένους ουδούς ακοής λόγω της έκθεσης τους στο θόρυβο συγκριτικά με ομάδες αναφοράς. Τα δεδομένα από την τρέχουσα βιβλιογραφία αναφέρουν ότι τόσο ο θόρυβος, όσο και διάφοροι ωτοτοξικοί παράγοντες που περιέχονται στα καύσιμα μπορούν να προκαλέσουν μετρήσιμες βλάβες στην ακοή των πιλότων. Η περιοδική εξέταση των πιλότων με ακοομετρία, ωτοακουστικές εκπομπές και ακοομετρία υψηλών συχνοτήτων μπορούν να διαγνώσουν έγκαιρα μια αρχόμενη βλάβη, ενώ πιλότοι με συμπτωματολογία συμβατή με βαρηκοΐα, οφείλουν να απευθύνονται στον ειδικό ιατρό προς διάγνωση και συμβουλευτική. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να εφαρμόζονται τα ενδεδειγμένα μέτρα ατομικής προστασίας πριν και κατά τη διάρκεια της πτήσης, με σκοπό την πρόληψη της προοδευτικής, πλην όμως μόνιμης ακουστικής βλάβης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kurabi A, Keithley EM, Housley GD, Ryan AF, Wong ACY. Cellular mechanisms of noise-induced hearing loss. *Hear Res.* Ιούνιος 2017;349:129–37.
2. Chadha S, Cieza A. Promoting global action on hearing loss: World hearing day. *Int J Audiol.* 4 Μάρτιος 2017;56(3):145–7.
3. Imam L, Hannan SA. Noise-induced hearing loss: a modern epidemic? *Br J Hosp Med.* 2 Μάιος 2017;78(5):286–90.
4. Noise and Hearing Loss - Noise and Occupational Hearing Loss | NIOSH | CDC [Διαδίκτυο]. [παρατίθεται 27 Φεβρουάριος 2024]. Διαθέσιμο στο: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/noise.html>
5. Daniel E. Noise and Hearing Loss: A Review. *J Sch Health.* Μάιος 2007;77(5):225–31.
6. Sergeyenko Y, Lall K, Liberman MC, Kujawa SG. Age-Related Cochlear Synaptopathy: An Early-Onset Contributor to Auditory Functional Decline. *J Neurosci.* 21 Αύγουστος 2013;33(34):13686–94.
7. Schaette R, McAlpine D. Tinnitus with a Normal Audiogram: Physiological Evidence for Hidden Hearing Loss and Computational Model. *J Neurosci.* 21 Σεπτέμβριος 2011;31(38):13452–7.
8. Liberman MC, Kujawa SG. Cochlear synaptopathy in acquired sensorineural hearing loss: Manifestations and mechanisms. *Hear Res.* Ιούνιος 2017;349:138–47.
9. Henderson D, Subramaniam M, Boettcher FA. Individual Susceptibility to Noise-Induced Hearing loss: An Old Topic Revisited. *Ear Hear.* Ιούνιος 1993;14(3):152.
10. Melnick W. Human temporary threshold shift (TTS) and damage risk. *J Acoust Soc Am.* 1 Ιούλιος 1991;90(1):147–54.
11. Housley GD, Morton-Jones R, Vlajkovic SM, Telang RS, Paramanathasivam V, Tadros SF, κ.ά. ATP-gated ion channels mediate adaptation to elevated sound levels. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 30 Απρίλιος 2013;110(18):7494–9.
12. Telang RS, Paramanathasivam V, Vlajkovic SM, Munoz DJB, Housley GD, Thorne PR. Reduced P2x2 receptor-mediated regulation of endocochlear potential in the ageing mouse cochlea. *Purinergic Signal.* Ιούνιος 2010;6(2):263–72.
13. Yan D, Zhu Y, Walsh T, Xie D, Yuan H, Sirmaci A, κ.ά. Mutation of the ATP-gated P2X<sub>2</sub> receptor leads to progressive hearing loss and increased susceptibility to noise. *Proc Natl Acad Sci.* 5 Φεβρουάριος 2013;110(6):2228–33.
14. Nordmann AS, Bohne BA, Harding GW. Histopathological differences between temporary and permanent threshold shift. *Hear Res.*
15. Puel JL, Ruel J, d’Aldin CG, Pujol R. Excitotoxicity and repair of cochlear synapses after noise-trauma induced hearing loss: *NeuroReport.* Ιούνιος 1998;9(9):2109–14.

16. Ryan AF, Kujawa SG, Hammill T, Le Prell C, Kil J. Temporary and Permanent Noise-induced Threshold Shifts: A Review of Basic and Clinical Observations. *Otol Neurotol*. Σεπτέμβριος 2016;37(8):e271–5.
17. Chen KH, Su SB, Chen KT. An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: epidemiology, pathogenesis, and preventive measures. *Environ Health Prev Med*. Δεκέμβριος 2020;25(1):65.
18. Slepceky N. Overview of mechanical damage to the inner ear: noise as a tool to probe cochlear function. *Hear Res*. Ιανουάριος 1986;22(1–3):307–21.
19. Yamashita D, Jiang HY, Schacht J, Miller JM. Delayed production of free radicals following noise exposure. *Brain Res*. Σεπτέμβριος 2004;1019(1–2):201–9.
20. Yamane H, Nakai Y, Takayama M, Iguchi H, Nakagawa T, Kojima A. Appearance of free radicals in the guinea pig inner ear after noise-induced acoustic trauma. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. Δεκέμβριος 1995;252(8):504–8.
21. Baral B, Regmi D, Dawadi A, Adhikari B. Middle Ear Barotrauma among Licensed Parapilots of a Metropolitan City: A Descriptive Cross-sectional Study. *JNMA J Nepal Med Assoc*. Ιούνιος 2022;60(250):537–40.
22. Mirza S, Richardson H. Otic barotrauma from air travel. *J Laryngol Otol*. Μάιος 2005;119(5):366–70.
23. Raman R. Middle ear effusion—A theoretical neuro mechanical hypotheses. *J Laryngol Otol*. Ιανουάριος 1988;102(1):10–3.
24. Weiss, M. H., & Ormond Frost, J. (1987). May Children With Otitis Media With Effusion Safely Fly. *Clinical Pediatrics*.pdf.
25. Brown TP. Middle ear symptoms while flying: Ways to prevent a severe outcome. *Postgrad Med*. Αύγουστος 1994;96(2):135–42.
26. King PF. Otitic barotrauma. *Proc R Soc Med*. 1966 Jun;59(6):543-54. PMID: 5937938; PMCID: PMC1900972.
27. Csortan E, Jones J, Haan M, Brown M. Efficacy of Pseudoephedrine for the Prevention of Barotrauma During Air Travel. *Ann Emerg Med*. Ιούνιος 1994;23(6):1324–7.
28. Buchanan BJ, Hoagland J, Fischer PR. Pseudoephedrine and Air Travel—Associated Ear Pain in Children. *Arch Pediatr Adolesc Med* [Διαδίκτυο]. 1 Μάιος 1999 [παρατίθεται 21 Φεβρουάριος 2024];153(5). Διαθέσιμο στο: <http://archpedi.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archpedi.153.5.466>
29. King PF. The Eustachian tube and its significance in flight. *J Laryngol Otol*. Ιούλιος 1979;93(7):659–78.
30. O'Neill OJ, Brett K, Frank AJ. Middle Ear Barotrauma. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2023. PMID: 29763026. [Διαδίκτυο]. [παρατίθεται 29 Φεβρουάριος 2024]. Διαθέσιμο στο: <https://europepmc.org/article/NBK/nbk499851>
31. King PF. Otic Barotrauma. *Int J Audiol*. Ιανουάριος 1976;15(4):279–86.

32. Baker JD. The Purpose, Process, and Methods of Writing a Literature Review. *AORN J*. Μάρτιος 2016;103(3):265–9.
33. Ryan P, Treble A, Patel N, Jufas N. Prevention of Otic Barotrauma in Aviation: A Systematic Review. *Otol Neurotol*. Ιούνιος 2018;39(5):539–49.
34. Boel NM, Klokker M. Upper Respiratory Infections and Barotrauma Among Commercial Pilots. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Ιανουάριος 2017;88(1):17–22.
35. Sultan I, Khalid Khayat S, Redha Garout I, Shaker Alahmadi L, Ahmad Ali Alzahrany A. THE PREVALENCE AND RISK FACTORS OF OTIC BAROTRAUMA AMONG AIRCREW MEMBERS: Pharmaceutical Science-Medicine. *Int J Life Sci Pharma Res [Διαδίκτυο]*. 30 Απρίλιος 2019 [παρατίθεται 5 Μάρτιος 2024]; Διαθέσιμο στο: <http://ijlpr.com/index.php/journal/article/view/777>
36. Pinto JA, Nunes HDSS, Soeli Dos Santos R, Cavallini A, Freitas G, Knoll D, κ.ά. Otitis Media with Effusion in Aircrew Members. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Μάιος 2019;90(5):462–5.
37. Sohn JH, Cho KR. Middle Ear Barotrauma in Student Pilots. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Απρίλιος 2017;88(4):406–12.
38. Hussein A, Abousetta A. Use of the nine-step inflation/deflation test and resting middle-ear pressure range as predictors of middle-ear barotrauma in aircrew members. *J Laryngol Otol*. Ιούλιος 2014;128(7):612–7.
39. Sohn JH. Recurrent Middle Ear Barotrauma in Student Pilots. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Αύγουστος 2019;90(8):681–7.
40. Lindfors OH, Ketola KS, Klockars TK, Leino TK, Sinkkonen ST. Middle Ear Barotraumias in Commercial Aircrew. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Μάρτιος 2021;92(3):182–9.
41. Zhang Q, Banks C, Choroomi S, Kertesz T. A novel technique of otic barotrauma management using modified intravenous cannulae. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. Σεπτέμβριος 2013;270(10):2627–30.
42. Lima M, Farage L, Cury M, Bahamad F. Update on Middle Ear Barotrauma after Hyperbaric Oxygen Therapy—Insights on Pathophysiology. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 10 Φεβρουάριος 2014;18(02):204–9.
43. Nakdimon I, Ben-Ari O. Mitigating Risks of Altitude Chamber Training. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Νοέμβριος 2022;93(11):811–5.
44. Iannella G, Lucertini M, Pasquariello B, Manno A, Angeletti D, Re M, κ.ά. Eustachian tube evaluation in aviators. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. Ιανουάριος 2017;274(1):101–8.
45. Tailor BV, Smith ME, Hutchinson PJA, Tysome JR. Outcome Measures for Baro-Challenge-Induced Eustachian Tube Dysfunction: A Systematic Review. *Otol Neurotol*. Φεβρουάριος 2018;39(2):138–49.
46. Understanding Aircraft Noise - Airservices [Διαδίκτυο]. [παρατίθεται 17 Μάιος 2024]. Διαθέσιμο στο:



<https://www.airservicesaustralia.com/community/environment/aircraft-noise/monitoring-aircraft-noise/understanding-aircraft-noise/>

47. Noise Pollution Levels by Aircraft Types - aviationfile [Διαδίκτυο]. [παρατίθεται 17 Μάιος 2024]. Διαθέσιμο στο: <https://www.aviationfile.com/noise-pollution-levels-by-aircraft-types/>
48. Ζώντας δίπλα στα τζετ F-35: Όταν η ηχομόνωση δεν αποτελεί επιλογή | Pentapostagma [Διαδίκτυο]. [παρατίθεται 17 Μάιος 2024]. Διαθέσιμο στο: [https://www.pentapostagma.gr/kosmos/ipa/7063977\\_zontas-dipla-sta-tzet-f-35-otan-i-ihomonosi-den-apotelei-epilogi](https://www.pentapostagma.gr/kosmos/ipa/7063977_zontas-dipla-sta-tzet-f-35-otan-i-ihomonosi-den-apotelei-epilogi)
49. Lie A, Skogstad M, Johannessen HA, Tynes T, Mehlum IS, Nordby KC, κ.ά. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *Int Arch Occup Environ Health*. Απρίλιος 2016;89(3):351–72.
50. Falcão TP, Luiz RR, Schütz GE, Mello MGDS, Câmara VDM. Audiometric profile of civilian pilots according to noise exposure. *Rev Saúde Pública*. Οκτώβριος 2014;48(5):790–6.
51. Muhr P, Johnson AC, Selander J, Svensson E, Rosenhall U. Noise Exposure and Hearing Impairment in Air Force Pilots. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Σεπτέμβριος 2019;90(9):757–63.
52. Müller R, Schneider J. Noise exposure and auditory thresholds of German airline pilots: a cross-sectional study. *BMJ Open*. Μάιος 2017;7(5):e012913.
53. Kempel-Furman L, Joachims Z, Bar-Cohen H, Grossman A, Frenkel-Nir Y, Shapira Y, κ.ά. Hearing threshold shifts among military pilots of the Israeli Air Force. *J R Army Med Corps*. Φεβρουάριος 2018;164(1):46–51.
54. Gordon B, Joachims Z, Cohen HB, Grossman A, Derazne E, Carmon E, κ.ά. Hearing Loss in Israeli Air Force Aviators: Natural History and Risk Factors. *Mil Med*. Ιούλιος 2016;181(7):687–92.
55. Morais-Moreno C, Montero-Bravo AM, Puga AM, De Lourdes Samaniego-Vaesken M, Ruperto M, Marco Mendez R, κ.ά. Hearing Function and Nutritional Status in Aviation Pilots from Spain Exposed to High Acoustic Damage. *Nutrients*. 15 Οκτώβριος 2022;14(20):4321.
56. Al-Omari A, Al-Khalaf H, Hussien NM. Association of flying time with hearing loss in military pilots. *Saudi J Med Med Sci*. 2018;6(3):155.
57. Chen SM, Fan YT, Martinez RM, Chen C. Noise-induced hearing loss profile among Taiwan Airforce on duty pilots. *Am J Otolaryngol*. Μάιος 2023;44(3):103802.
58. Greenwell BM, Tvaryanas AP, Maupin GM. Risk Factors for Hearing Decrement Among U.S. Air Force Aviation-Related Personnel. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Φεβρουάριος 2018;89(2):80–6.
59. Blair M, Slagley J, Schaal NC. Effect of noise and ototoxicants on developing standard threshold shifts at a U.S. Air Force depot level maintenance facility. *J Occup Environ Hyg*. 3 Ιούλιος 2021;18(7):323–33.

60. Fuente A, Hickson L, Morata TC, Williams W, Khan A, Fuentes-Lopez E. Jet fuel exposure and auditory outcomes in Australian air force personnel. *BMC Public Health*. Δεκέμβριος 2019;19(1):675.
61. Guthrie OW, Wong BA, McInturf SM, Reboulet JE, Ortiz PA, Mattie DR. Inhalation of Hydrocarbon Jet Fuel Suppress Central Auditory Nervous System Function. *J Toxicol Environ Health A*. 17 Σεπτέμβριος 2015;78(18):1154–69.
62. Lewis ST. Barotrauma in United States Air Force accidents-incidents. *Aerosp Med*. Σεπτέμβριος 1973;44(9):1059–61.
63. Stangerup SE, Tjernstromi O, Harcourt J, Klokke M, Stokholm J. Barotitis in children after aviation; prevalence and treatment with Otovent®.
64. Landolfi A, Autore A, Torchia F, Ciniglio Appiani M, Morgagni F, Ciniglio Appiani G. Ear Pain After Breathing Oxygen at Altitude: Prevalence and Prevention of Delayed Barotrauma. *Aviat Space Environ Med*. 1 Φεβρουάριος 2010;81(2):130–2.
65. Landolfi A, Torchia F, Autore A, Appiani MC, Morgagni F, Appiani GC. Acute Otitic Barotrauma During Hypobaric Chamber Training: Prevalence And Prevention. *Aviat Space Environ Med*. 1 Δεκέμβριος 2009;80(12):1059–62.
66. Curry IP, Kelley AM, Gaydos SJ. Clinical Diagnoses Leading to Suspension in Army Aircrew: An Epidemiological Study. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Ιούλιος 2018;89(7):587–92.
67. Yong J, Wang DY. Impact of noise on hearing in the military. *Mil Med Res*. 2015;2(1):6.
68. Lin HW, Mahboubi H, Bhattacharyya N. Self-reported Hearing Difficulty and Risk of Accidental Injury in US Adults, 2007 to 2015. *JAMA Otolaryngol-- Head Neck Surg*. Μάιος 2018;144(5):413–7.
69. Qiang Y, Rebok GW, Baker SP, Li G. Hearing Deficit in a Birth Cohort of U.S. Male Commuter Air Carrier and Air Taxi Pilots. *Aviat Space Environ Med*. 1 Νοέμβριος 2008;79(11):1051–5.
70. Ma F, Gong S, Liu S, Hu M, Qin C, Bai Y. Extended High-Frequency Audiometry (9–20 kHz) in Civilian Pilots. *Aerosp Med Hum Perform*. 1 Ιούλιος 2018;89(7):593–600.
71. Kuo CY, Hung CL, Chen HC, Shih CP, Lu RH, Chen CW, κ.ά. The Immediate and Long-Term Impact of Military Aircraft Noise on Hearing: A Cross-Sectional Comparison of Fighter Pilots and Ground Staff. *Int J Environ Res Public Health*. 14 Μάρτιος 2021;18(6):2982.
72. Ding T, Yan A, Liu K. What is noise-induced hearing loss? *Br J Hosp Med*. 2 Σεπτέμβριος 2019;80(9):525–9.