

Ωτοακουστικές εκπομπές προϊόντων ακουστικής παραμόρφωσης (DPOAE)

Ιδιότητες και κλινικές εφαρμογές

Δ. ΨΗΦΙΔΗΣ¹, Β. ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ², Α. ΨΗΦΙΔΗΣ¹

¹Α΄ Πανεπιστημιακή ΩΡΛ Κλινική ΑΠΘ,

²Β΄ Πανεπιστημιακή ΩΡΛ Κλινική ΑΠΘ

Περίληψη

Η μέθοδος ανάλυσης των ωτοακουστικών εκπομπών (ΟΑΕ) αποτελεί την πιο διαδεδομένη αντικειμενική εξέταση της κοχλιακής λειτουργίας με πλείστες όσες εφαρμογές σε παιδιά και ενήλικες. Η μέθοδος ΟΑΕ χρησιμοποιείται στην ανιχνευτική εξέταση της ακοής νεογνών, στη διάφορη διάγνωση της βαρηκοΐας, στη διάγνωση της ακουστικής νευροπάθειας, στον έλεγχο της ακοής παιδιών που υποβάλλονται σε χημειοθεραπεία με ωτοτοξικά φάρμακα. Στους ενήλικες, η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη διαφορική διάγνωση της νευροαισθητήριας βαρηκοΐας, της λειτουργικής βαρηκοΐας, για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της ακοής ατόμων που εργάζονται σε περιβάλλον θορύβου ή έντονης μουσικής, για την παρακολούθηση της ακοής ασθενών με νόσο Meniere, ασθενών με οξεία πτώση της ακοής, ασθενών με εμβοές.

Περιγράφονται ο μηχανισμός παραγωγής και οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των ωτοακουστικών εκπομπών προϊόντων ακουστικής παραμόρφωσης (distortion product otoacoustic emissions, DPOAE), το εξεταστικό πρωτόκολλο και οι παράμετροι καταγραφής και ανάλυσης σε αυτιά με φυσιολογική ακοή και σε αυτιά με κοχλιακή δυσλειτουργία, καθώς και οι παράγοντες που επηρεάζουν την καταγραφή τους.

Λέξεις κλειδιά: ωτοακουστικές εκπομπές, προϊόντα ακουστικής παραμόρφωσης.

Εισαγωγή

Ωτοακουστικές εκπομπές (ΟΑΕ)

Η μέθοδος ανάλυσης των ωτοακουστικών εκπομπών αποτελεί σήμερα την πιο αξιόπιστη μέθοδο αντικειμενικής εκτίμησης της κοχλιακής λειτουργίας, κατά κύριο λόγο της λειτουργίας των έξω τριχωτών κυττάρων.

Οι ωτοακουστικές εκπομπές (ΟΑΕ) είναι ήχοι χαμηλής έντασης που παράγονται από το φυσιολογικό κοχλία και ανιχνεύονται στον αποσφραγμένο έξω ακουστικό πόρο, με ειδική συσκευή. Η παραγωγή τους σχετίζεται με τη φυσιολογική λειτουργία των έξω τριχωτών κυττάρων, που διαθέτουν ηλεκτρο-μηχανικές ιδιότητες και συμβάλουν στην ενίσχυση του ήχου από τον κοχλία (cochlear amplifier). Η καταγραφή των ΟΑΕ προϋποθέτει φυσιολογικό ακουστικό πόρο και μέσο ούς¹.

Οι αυτόματες ωτοακουστικές εκπομπές (SOAE), οι προκλήτες παροδικές ωτοακουστικές εκπομπές (Transient Otoacoustic Emissions, TEOAE) και οι ωτοακουστικές εκπομπές προϊόντων ακουστικής παραμόρφωσης (Distortion Product Otoacoustic Emissions, DPOAE) παράγονται σε φυσιολογικά επίπεδα, σε άτομα με φυσιολογική ακοή ή με μικρού βαθμού έκπτωση της ακοής μέχρι 30 dB¹.

Ωτοακουστικές εκπομπές προϊόντων παραμόρφωσης (DPOAE)

Οι ωτοακουστικές εκπομπές προϊόντων παραμόρφωσης (DPOAE) είναι η απόκριση του κοχλία σε ηχητικό ερέθισμα δύο απλών τόνων που χορηγούνται ταυτόχρονα και αποκαλούνται βασικοί τόνοι (primary tones).

Ο βασικός τόνος με τη μικρότερη έντα-

ση χαρακτηρίζεται ως f1 και η έντασή του ως L1 και αυτός με τη μεγαλύτερη ένταση ως f2 και η έντασή του ως L2. Η απόκριση DP είναι προϊόν παραμόρφωσης, γιατί είναι τόνος που δεν υπάρχει στο ηχητικό ερέθισμα αλλά παράγεται από τον κοχλία, που διαθέτει μη γραμμικές ιδιότητες (σχήμα 1).

Χαρακτηριστικές ιδιότητες των DPOAE

Η αναλογία fi/f2

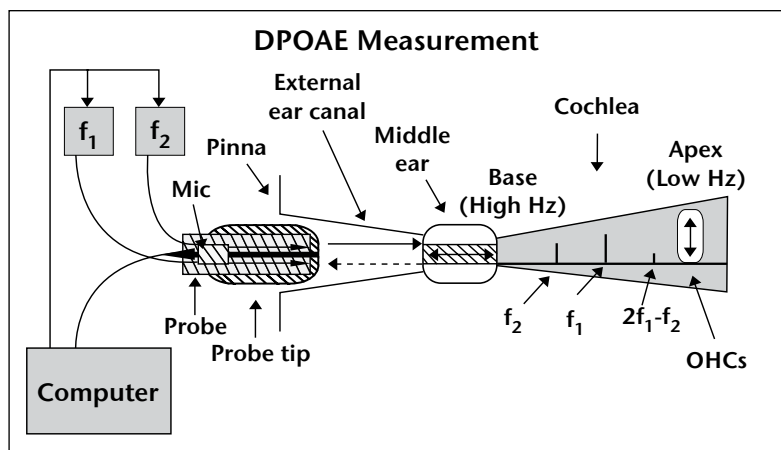
Η σχέση συχνότητας των δύο βασικών τόνων είναι κριτικής σημασίας στις DPOAE μετρήσεις^{2,3}.

Εκπομπή DP δεν καταγράφεται όταν οι δύο βασικοί τόνοι έχουν πολύ μεγάλη ή πολύ μικρή διαφορά συχνοτήτων. Για κάθε ζεύγος βασικών τόνων, που πρέπει να απέχουν μεταξύ τους κατά 1/3 της οκτάβας, ισχύει η αναλογία f2/f1 = 1,20 που παράγει τις πιο εύρωστες DP εκπομπές στο φάσμα συχνοτήτων από 1-8 KHz τόσο σε ενήλικες, όσο και σε νεογνά^{4,5}.

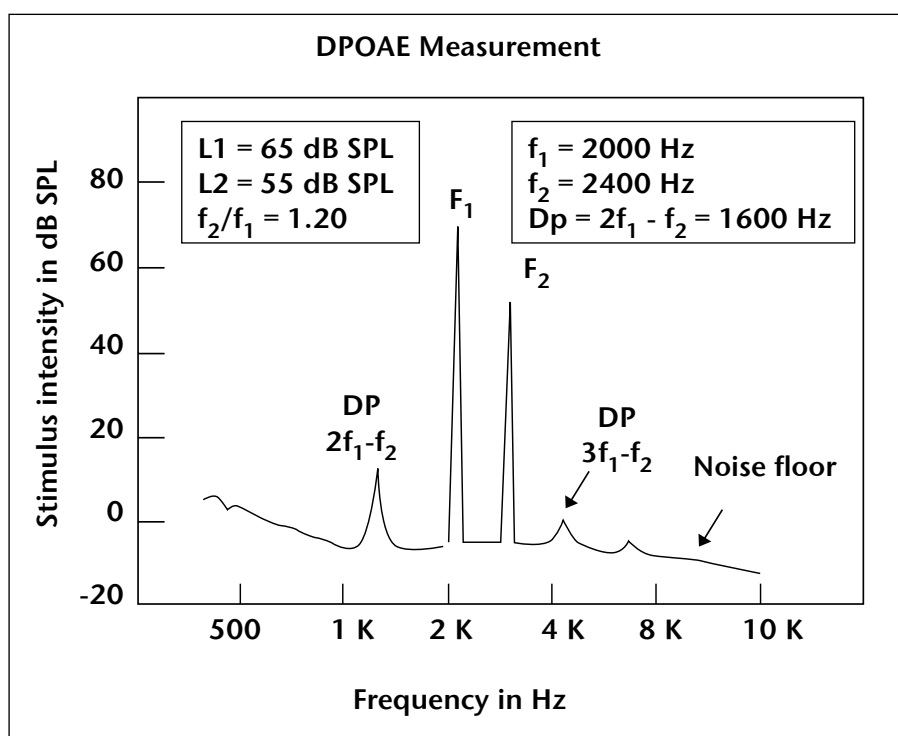
Η σχετική ένταση, καθώς και η απόλυτη ένταση των δύο βασικών τόνων, έχει επίσης μεγάλη σημασία στις μετρήσεις των DPOAE. Οι τρεις πιθανές σχέσεις μεταξύ των δύο βασικών τόνων είναι L1>L2, L1<L2, L1=L2. Η σχέση L1=65 dB >L2=55 dB είναι η πιο διαδεδομένη για την ανίχνευση των κοχλιακών βλαβών⁶.

Η αναλογία 2fi-f2

Η χορήγηση των βασικών τόνων (primaries) f1 και f2, με κατάλληλη μεταξύ τους σχέση και ένταση, προκαλεί την



Σχήμα 1. Σχηματικό διάγραμμα της συσκευής DPOAE (από J. Hall III, 2000). Οι δύο ξεχωριστοί μετασχηματιστές f_1 και f_2 που είναι συννευγμένοι με το κομπιούτερ παράγουν τους αρχικούς τόνους που αναμιγνύονται μέσα στον έξω ακουστικό πόρο. Μέσα στον ανιχνευτήρα (probe) ένα μικροσκοπικό μικρόφωνο ανιχνεύει την απόκριση (DPOAEs) που παράγεται σε κορυφαία θέση του βασικού υμένα και μεταβιβάζεται προς τον έξω ακουστικό πόρο. Η συσκευή του ανιχνευτήρα συνδέεται με κομπιούτερ που παράγει και αναλύει τα ηχητικά ερεθίσματα μέσα στον ακουστικό πόρο, ανιχνεύει την ηχητική απάντηση και μειώνει το θόρυβο.



Σχήμα 2. Η μέτρηση DPOAE στο βασικό υμένα που αντιστοιχεί στη σχέση $2f_1-f_2$.

παραγωγή συνδυαστικών τόνων (DP) στον κοχλία, που μεταδίδονται προς τη βάση του αναβολέα και κατόπιν στον έξω ακουστικό πόρο. Η παραγωγή των DP δεν είναι εμφανής σε χαμηλές εντάσεις του ερεθίσματος. Μετά από τη χορήγηση των βασικών τόνων, η φασματική ηχητική ανάλυση κατά Fourier εντοπίζει τις DP αποκρίσεις σε προβλεπτές περιοχές, κατά μήκος του βασικού υμένα, που ορίζονται από τη σχέση nf_1-nf_2 . Διαπιστώθηκε ότι οι πιο εύρωστες DPOAE παράγονται στην περιοχή του βασικού υμένα που αντιστοι-

χεί στη σχέση $2f_1-f_2$ (σχήμα 2).

Η επιλογή των παραμέτρων του ηχητικού ερεθίσματος στις μετρήσεις DPOAE γίνεται σύμφωνα με τα ακόλουθα δεδομένα πειραματικών και κλινικών μελετών:

1. Η μείωση της έντασης L_1 του βασικού τόνου F_1 σε σχέση με την ένταση L_2 του βασικού τόνου F_2 ενισχύει το εύρος (amplitude) της εκπομπής DP κατά 3 dB.
2. Η μείωση της έντασης L_2 κάτω από την ένταση L_1 αυξάνει την ευαισθησία των DP σε κοχλιακή βλάβη, ώστε

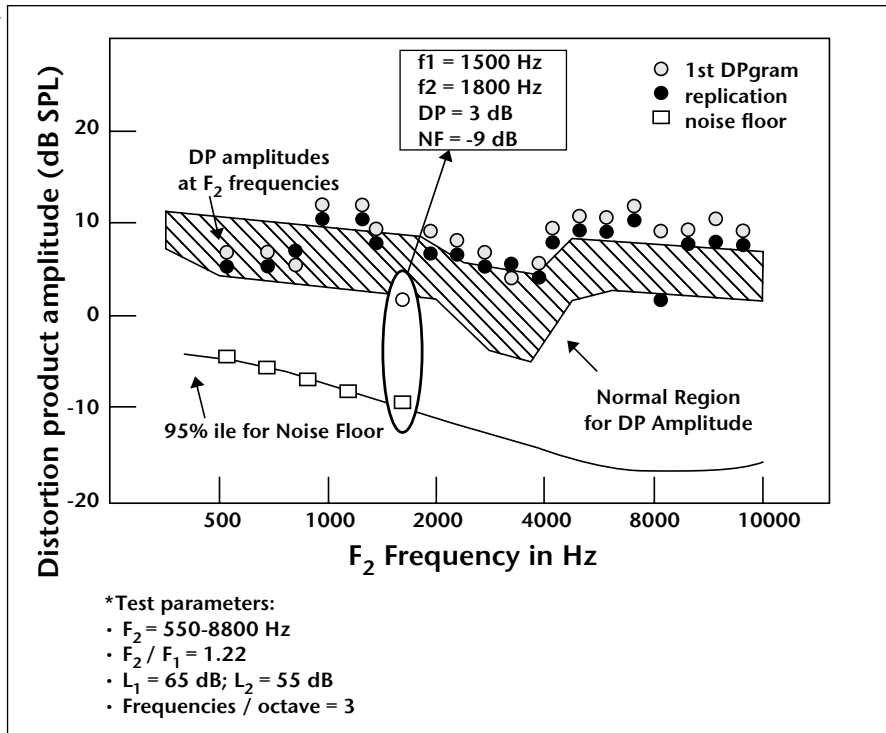
η μείωση της έντασης (εύρους) των DP που συνδέεται με τη δυσλειτουργία των έξω τριχωτών κυττάρων να είναι μεγαλύτερη.

3. Όταν μειώνεται η απόλυτη ένταση του ερεθίσματος, τότε αυξάνεται η ευαισθησία των DP σε μια κοχλιακή βλάβη.
4. Οι DPOAE είναι διαφορετικές σε χαμηλές και μέτριες εντάσεις του ερεθίσματος, εξαρτώμενες από την ενεργητική κοχλιακή επεξεργασία, από ό,τι σε υψηλές εντάσεις του ερεθίσματος, εξαρτώμενες από την παθητική κοχλιακή επεξεργασία.
5. Η περιοχική διέγερση του κοχλία στις μετρήσεις των DPOAE είναι εγγύτερα προς την περιοχή F_2 κατά μήκος του βασικού υμένα (όχι προς την F_1 ή τη διαφορά $2f_1-f_2$).

Ανακεφαλαιώνοντας, η ένταση των DPOAE εξαρτάται από τις παραμέτρους των δύο βασικών τόνων, που είναι η συχνότητα, η ένταση, η διαφορά της έντασης και της συχνότητάς τους. Το εύρος (ένταση) των DP εξαρτάται περισσότερο από την ένταση L_1 , παρά από την ένταση L_2 και από την αναλογία των συχνοτήτων των δύο βασικών τόνων, με καλύτερη τη μέση τιμή $f_2/f_1 = 1,20^6$ (σχήμα 2).

DPgram

Ο συνήθης τρόπος αναφοράς των αποτελεσμάτων των DP μετρήσεων στην κλινική πράξη είναι η γραφική απεικόνιση του εύρους των DP (ένταση σε dB SPL) σε συνάρτηση με τις συχνότητες των δύο βασικών τόνων. Η σχέση $2f_1-f_2$ δίνει τις πιο εύρωστες εκπομπές γιατί παράγονται στην περιοχή του κοχλία με τη μέγιστη παραμόρφωση στο ερέθισμα των δύο βα-



Σχήμα 3. Η γραφική απεικόνιση της DP καταγραφής. DP gram (από Hall, 2000).

σικών τόνων. Η περιοχή αυτή αντιστοιχεί στο γεωμετρικό μέσο όρο των f_1 και f_2 ή κοντά στη συχνότητα F_2 . Θεωρείται ότι η συχνότητα που αντιστοιχεί στην ακριβή θέση παραγωγής της εκπομπής $2f_1-f_2$ εξαρτάται από την ένταση των δύο βασικών τόνων. Οι τόνοι μικρής έντασης ενεργοποιούν την περιοχή του βασικού υμένα κοντά στη συχνότητα f_2 , ενώ τόνοι μέσης και μεγάλης έντασης ενεργοποιούν την περιοχή που αντιστοιχεί στο μέσο όρο των δύο συχνοτήτων^{7,9}.

Με τις διάφορες κλινικές συσκευές DPOAE, το εύρος (ένταση) των DP εκπομπών μπορεί να καταγραφεί ως αποτέλεσμα διαφόρων παραμέτρων, όπως είναι οι σχετικές εντάσεις ή ο γεωμετρικός μέσος όρος των δύο βασικών τόνων f_1 και f_2 ή η ίδια DP συχνότητα $2f_1-f_2$ ή η συχνότητα f_2 . Η ένταση DP σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων είναι το μέγεθος που συνήθως αξιολογείται στις μετρήσεις DPOAE. Η ένταση DP εξαρτάται από τις παραμέτρους των βασικών τόνων, δηλαδή τη συχνότητα, την ένταση, τη διαφορά συχνότητας και έντασης και είναι σταθερή σε σχέση με τη συχνότητα του ερεθίσματος. Η ένταση DP είναι μικρότερη στις χαμηλές συχνότητες < 1 KHz

και στις υψηλές συχνότητες > 6 KHz και στις συχνότητες μεταξύ 2-3 KHz¹⁰⁻¹³. Το DPgram απεικονίζει την ένταση DP ανά συχνότητα σε υποδιαιρέσεις της οκτάβας (σχήμα 3).

Στο σχήμα 3 απεικονίζεται το DPgram στο οποίο οι εντάσεις των DP (amplitudes) καταγράφονται (κάθετος άξονας) σε συνάρτηση με τη συχνότητα του ερεθίσματος (σε αναφορά με f_2) στο φάσμα συχνοτήτων 500-8.000 Hz. Οι παράμετροι της εξέτασης (test parameters) αναφέρονται στο κάτω μέρος της εικόνας. Η σκιασμένη περιοχή περιγράφει τη φυσιολογική περιοχή καταγραφής των DP σε ενήλικες με φυσιολογικούς ακουστικούς ουδούς < 15 dB σε όλες τις συχνότητες. Το ανώτερο όριο του αποδεκτού επιπέδου θορύβου (noise floor) σε κάθε συχνότητα απεικονίζεται με τη συνεχόμενη γραμμή, στην οποία καταγράφονται οι τιμές του θορύβου κάθε εξεταστικής συχνότητας (τετραγωνίδια).

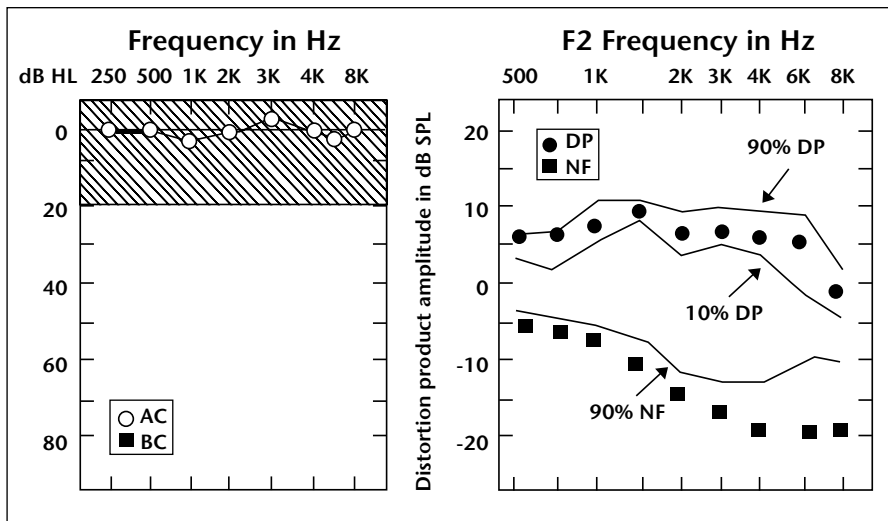
Ο βαθμός αξιοπιστίας φαίνεται από τη μικρή διαφορά μεταξύ των δύο καταγραφών των εντάσεων DP (λευκοί και μαύροι κύκλοι). Η ελλειψοειδής περιοχή δείχνει μια διαφορά DP-NF 15 dB μεταξύ της έντασης της εκπομπής (DP) και του επιπέδου

θορύβου (NF), πολύ μεγαλύτερη από τη διαφορά 3dB που επιβεβαιώνει την παρουσία μιας πραγματικής εκπομπής. Οι καλές συνθήκες της εξέτασης, που έγινε σύμφωνα με το διαγνωστικό πρωτόκολλο GSI 60 DPOAE, επιβεβαιώνονται από το χαμηλό θόρυβο και την επαναληψιμότητα των DP αποκρίσεων. Το αποτέλεσμα της εξέτασης ερμηνεύεται ως φυσιολογικό και ενδεικτικό της λειτουργικής ακεραιότητας των έξω τριχωτών κυττάρων του κοχλία.

Εξεταστικό πρωτόκολλο DPOAE

Το εξεταστικό πρωτόκολλο DPOAE εξαρτάται από το σκοπό της κλινικής εξέτασης. Για να έχουμε αυξημένη πιθανότητα επιτυχημένης μέτρησης και για να μειώσουμε το χρόνο της εξέτασης χωρίς να υποβιβάσουμε τα κρίσιμα δεδομένα, πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψη το σκοπό της εξέτασης -ανιχνευτική ή διαγνωστική- τους ασθενείς -ενήλικες ή νεογνά-, τη διερευνούμενη βλάβη -ωτοτοξική, ακουστικό τραύμα κ.λπ. Για παράδειγμα, το εξεταστικό πρωτόκολλο είναι τελείως διαφορετικό για την ανιχνευτική εξέταση νεογνών, από αυτό που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση παιδιών που υποβάλλονται σε χημειοθεραπεία με ωτοτοξικούς παράγοντες, όπως το cis-platin ή για την παρακολούθηση ενηλίκων που εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα θορύβου ή παίρνουν στρεπτομυκίνη ή πάσχουν από εμβοές. Ο εξεταστής είναι σε θέση να τροποποιεί τις παραμέτρους της εξέτασης (default setting) που έχει θέσει ο εργοστασιακός κατασκευαστής της συσκευής ανάλυσης DPOAE, όπως είναι η αναλογία του δείγματος, ο χρόνος για τη λήψη δεδομένων σε κάθε συχνότητα του ερεθίσματος, ο αριθμός των αλγεβρικών αθροίσεων και αναλύσεων των δεδομένων για κάθε συχνότητα, το ελάχιστο επίπεδο θορύβου ή η ελάχιστη διαφορά έντασης DP και επιπέδου θορύβου, η απόλυτη και η σχετική ένταση των βασικών τόνων, η ελάχιστη ένταση DP που γίνεται αποδεκτή και αξιολογείται ως πραγματική εκπομπή⁶.

Η πρόοδος της τεχνολογίας οδήγησε στην εξέλιξη λογισμικών (software) καταγραφής και ανάλυσης των ωτοακουστικών εκπομπών και η πειραματική και κλινική έρευνα οδήγησε στην κατασκευή πιο ευέλικτων πρωτοκόλλων με διάφορες



Εικόνα 1. Φυσιολογική ακοή. Τονικό ακουόγραμμα και DPgram.

κλινικές εφαρμογές που συντομεύουν το χρόνο της εξέτασης χωρίς να μειώνουν την αξιοπιστία της¹⁴⁻¹⁵.

Η συλλογή, ανάλυση, αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων DPOAE γίνεται με βάση τις προδιαγραφές του κατασκευαστή της συσκευής DPOAE, το εξεταστικό πρωτόκολλο και τον κατάλογο των φυσιολογικών δεδομένων, που αναφέρονται στην ένταση DP και στα επιτρεπτά όρια του θορύβου στις διάφορες συχνότητες που έχουν ορισθεί με την ίδια συσκευή. Διαφορές της έντασης DP έχουν παρατηρηθεί στους διαφορετικούς τύπους συσκευών και οφείλονται σε κατασκευαστικές διαφορές του ανιχνευτήρα (probe)¹⁶⁻¹⁷.

Ο κύριος στόχος των μετρήσεων DPOAE είναι η καταγραφή και η ανάλυση υψηλής πιστότητας δεδομένων. Υπάρχουν σφάλματα που μπορεί να υποβαθμίζουν τη μέτρηση, ώστε να λαμβάνονται χαμηλού εύρους ή μη ανιχνευτές αποκρίσεις σε περιπτώσεις που αναμένονται φυσιολογικές αποκρίσεις. Όπως σε κάθε ακουολογική εξέταση, ο εξεταστής πρέπει να ακολουθεί συγκεκριμένα βήματα, να αξιολογεί τα ευρήματα και να διορθώνει τα ενδεχόμενα σφάλματα.

Η αρχική ανάλυση δίνει τρία πιθανά αποτελέσματα:

1. Οι εκπομπές DPOAE μπορεί να είναι τελείως φυσιολογικές σε κατ' επανάληψη εξέταση (normal and repeatable). Οι εντάσεις DP είναι μέσα στην περιοχή των φυσιολογικών ορίων και τα επί-

πεδα θορύβου είναι χαμηλά.

2. Καμία εκπομπή δεν ανιχνεύεται στις υπό εξέταση συχνότητες. Όλες οι εκπομπές είναι μέσα στην περιοχή του θορύβου, που έχει τιμές εντός των επιτρεπτών ορίων.

3. Το τρίτο αποτέλεσμα της ανάλυσης, που είναι το πιο συχνό, είναι συνδυασμός των δύο προηγούμενων αποτελεσμάτων. Οι εκπομπές είναι φυσιολογικές σε μερικές συχνότητες και παθολογικές ή μη ανιχνεύσιμες σε άλλες συχνότητες.

Με την κλινική του εμπειρία, ο εξεταστής εύκολα μπορεί να αναγνωρίσει τους τύπους των εκπομπών και να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα της ανάλυσης, σε αναφορά με τον κατάλογο των φυσιολογικών δεδομένων έντασης DP (normative data) και επιπέδου θορύβου στις συχνότητες του ερεθίσματος και στις άλλες εξεταστικές παραμέτρους που έχει ο ίδιος καθορίσει. Μεταξύ των διαφόρων συσκευών ανάλυσης DPOAE υπάρχουν διαφορές στα χαρακτηριστικά των DPgrams και στα αποτελέσματα⁶.

Η κλινική εξέταση DPOAE

Πριν από την εξέταση, προηγείται ενημέρωση του ασθενούς και ωτοσκόπηση. Στη συνέχεια γίνεται τυμπανομετρία και μέτρηση των ακουστικών αντανάκλαστικών. Επιλέγεται το πρωτόκολλο εξέτασης και τοποθετείται το βύσμα του ανιχνευτήρα στο υπό εξέταση αυτί. Ο εξεταστής

παρατηρεί την καταγραφή των εκπομπών και αξιολογεί την ένταση DP και το επίπεδο θορύβου. Επαναλαμβάνει την εξέταση για να επαληθεύσει την καταγραφή και, στη συνέχεια, εξετάζει το άλλο αυτί. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τη σύγκριση της σχέσης μεταξύ της έντασης DP και του επιπέδου θορύβου και τη μέτρηση της απόλυτης τιμής εύρους DP. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων γίνεται σε σύγκριση με τα φυσιολογικά δεδομένα των DPOAE.

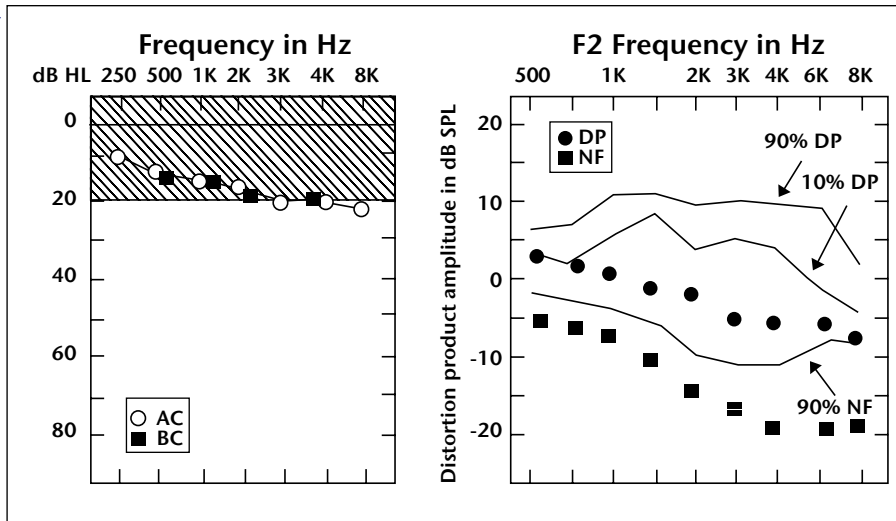
DPOAE σε αυτιά με φυσιολογική ακοή

Στην αρχική περίοδο της πειραματικής και κλινικής εφαρμογής των ωτοακουστικών εκπομπών υπήρχε η αντίληψη ότι η υπεροχή των OAE ήταν 100% στα φυσιολογικά αυτιά¹⁸ ή σχεδόν 100%¹⁹.

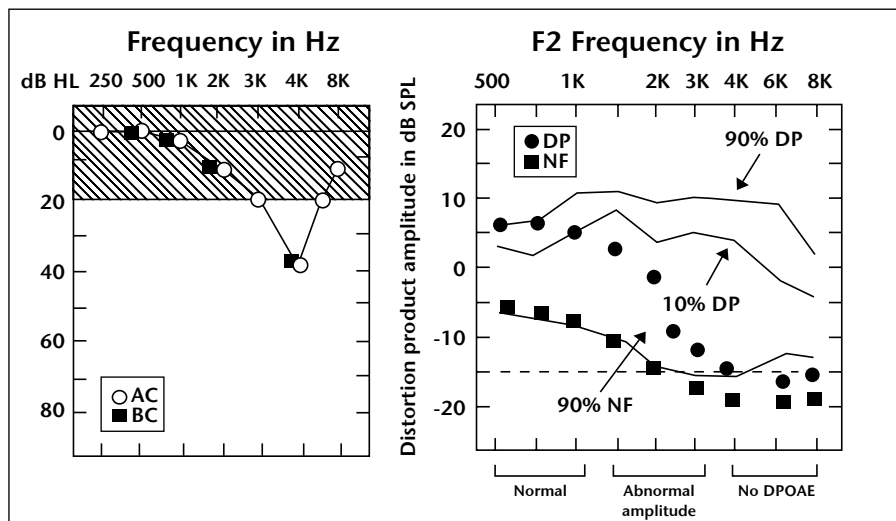
Η αποτυχία ανίχνευσης εκπομπών σε φυσιολογικά αυτιά αποδιδόταν σε σφάλμα της συσκευής ή της τεχνικής, στο θορυβώδες εξεταστικό περιβάλλον, σε ανεπαρκή κριτήρια ανάλυσης ή σε μη διαπιστωμένη ωτολογική πάθηση. Με τη συσσώρευση κλινικής εμπειρίας, έγινε αντιληπτό ότι σε σπάνιες περιπτώσεις οι εκπομπές είναι παθολογικές ή μη ανιχνεύσιμες σε άτομα με φυσιολογική ακοή, σύμφωνα με την ακουομετρική εκτίμηση, χωρίς ιστορικό ωτολογικής πάθησης. Κλινικές μετρήσεις OAE σε μεγάλη σειρά αυτιών έδειξε ότι το ποσοστό υπεροχής των εκπομπών ήταν 99,2%²⁰.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται περίπτωση νεαρής γυναίκας, ακουολόγου, με φυσιολογική ακοή, χωρίς ωτολογικό πρόβλημα στην οποία δεν ανιχνεύθηκαν ΤΕΟΑΕ και DPOAE σε διαδοχικές μετρήσεις επί 2 χρόνια⁶.

Η ανίχνευση παθολογικής μείωσης της έντασης (εύρους) των εκπομπών είναι η πιο διαδεδομένη εφαρμογή της εξέτασης DPOAE. Για τη σύγκριση είναι απαραίτητη η γνώση της έντασης των εκπομπών και των διαφορών που παρατηρούνται στις διάφορες συχνότητες σε άτομα με φυσιολογική ακοή. Στη συχνότητα 3.000 Hz παρατηρείται μικρό βύθισμα της έντασης DP, το οποίο μπορεί να οφείλεται στην επίδραση της λειτουργίας του μέσου αυτιού και στην αντήχηση, κατά τη μετάδοση προς τα έξω, της ενέργειας της εκπομπής. Στις υψηλές συχνότητες παρατηρείται μείωση της έντα-



Εικόνα 2. Μικρού βαθμού βαρηκοΐα. Τονικό ακουόγραμμα και DPgram.



Εικόνα 3. Ακουστικό τραύμα. Τονικό ακουόγραμμα και DPgram.

σης DP πιθανώς λόγω μικροβλαβών της κοχλιακής λειτουργίας σε άτομα με φυσιολογική ακουομετρική ακοή, σε τονικά ερεθίσματα μέχρι 8.000 Hz²¹⁻²².

Για την αξιολόγηση των καταγραφών των DPOAE σε αυτιά με φυσιολογική ακοή λαμβάνονται υπ' όψη τα παρακάτω δεδομένα:

1. Η ένταση των εκπομπών είναι μεγαλύτερη στις γυναίκες σε σύγκριση με τους άντρες και αντιστρόφως ανάλογη με την ηλικία, ιδιαίτερα στις υψηλές συχνότητες. Στα νεογνά λαμβάνονται πιο εύρωστες εκπομπές από ό,τι στους ενήλικες.
2. Οι καταγραφές των εκπομπών σε άτομα με φυσιολογική ακοή ακολουθούν

το τονικό ακουόγραμμα.

3. Ο διαχωρισμός των δεδομένων ανάλογα με την ηλικιακή ομάδα είναι απαραίτητος λόγω των στατιστικών διαφορών που παρατηρούνται.

Παράγοντες που επηρεάζουν τις μετρήσεις των ωτοακουστικών εκπομπών

Στην αξιολόγηση των μετρήσεων των ωτοακουστικών εκπομπών πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη μη παθολογικοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν το αποτέλεσμα, όπως είναι η ηλικία, το γένος, η παρουσία αυτόματων εκπομπών, κατά πρώτο λόγο. Υπάρχουν και δευτε-

ρεύοντες παράγοντες όπως είναι οι διαφορές μεταξύ των δύο αυτιών, η θέση και θερμοκρασία του σώματος, η κατάσταση εγρήγορσης και προσοχής, οι ακουστικές ιδιότητες του έξω ακουστικού πόρου, η κληρονομικότητα και η φυλετική προέλευση.

Ηλικία

Η ηλικία, κατά τις αναπτυξιακές μεταβολές της από τη νεογνική μέχρι την εφηβική και κατά την πρόοδο της στη δεύτερη και τρίτη ηλικία, μπορεί να επηρεάζει τις μετρήσεις των ωτοακουστικών εκπομπών. Η ένταση τόσο των παροδικών εκπομπών (TEOAE), όσο και των προϊόντων ακουστικής παραμόρφωσης (DPOAE) είναι μεγαλύτερη στα νεογνά, σε σχέση με παιδιά και ενήλικες, λόγω των ανατομικών διαφορών στα αυτιά, λόγω διαφορών των ακουστικών ιδιοτήτων του έξω ακουστικού πόρου και λόγω διαφορών της λειτουργίας του μέσου αυτιού²³⁻²⁵.

Η ένταση των ΟΑΕ φαίνεται να μειώνεται με την πρόοδο της ηλικίας μετά τα 60 έτη, αν και η επίδραση του γήρατος στην παραγωγή των εκπομπών είναι μικρή, εφ' όσον η ακοή είναι φυσιολογική. Στις περιπτώσεις ατόμων τρίτης ηλικίας που η ένταση των ΟΑΕ είναι μειωμένη, φαίνεται ότι υπάρχει δυσλειτουργία του μέσου αυτιού ή του κοχλία. Για το λόγο αυτό, οι μετρήσεις ΟΑΕ έχουν μικρή κλινική αξία ως εξέταση ρουτίνας ατόμων της τρίτης ηλικίας με μικρού βαθμού βαρηκοΐα²⁶⁻²⁸.

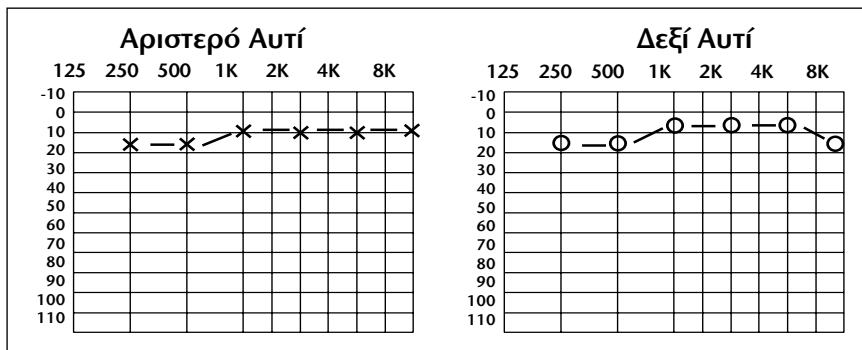
Γένος

Διαφορές ως προς το φύλλο διαπιστώνονται σε όλες τις μετρήσεις της περιφερικής ακουστικής λειτουργίας, όπως στην εξέταση τονικής και ομιλητικής ακουομετρίας, στην τυμπανομετρία, στη μέτρηση των ακουστικών προκλητών δυναμικών, που οφείλονται σε ανατομικές και ορμονολογικές διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών.

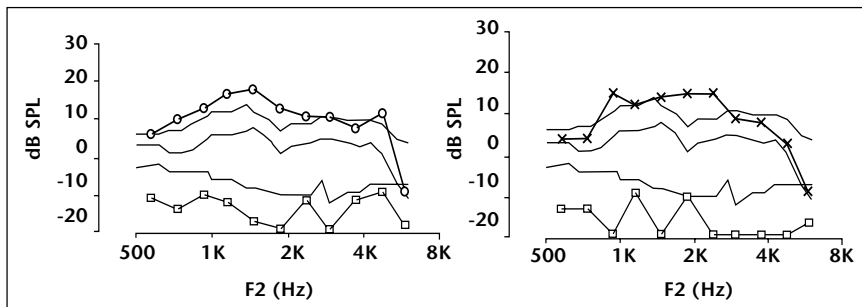
Η ένταση των ΤΕΟΑΕ είναι μεγαλύτερη στις γυναίκες από ό,τι στους άνδρες²⁹. Η ένταση των DPOAE δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από το φύλλο αν και έχουν αναφερθεί μεγαλύτερες τιμές έντασης, σε ορισμένες όμως συχνότητες, στις γυναίκες. Οι διαφορές έντασης των ΟΑΕ μεταξύ ανδρών και γυναικών οφείλονται βασικά στην ανατομική διαφορά του κοχλία, ο οποίος είναι βραχύτερος στις γυναίκες, ➔



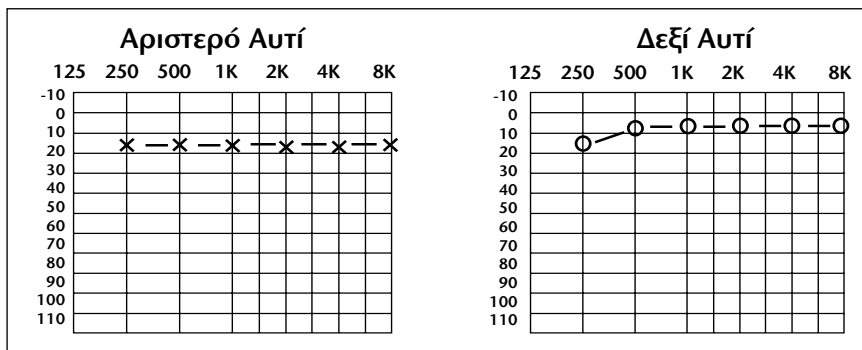
Παραδείγματα περιπτώσεων της ημέτερης μελέτης.



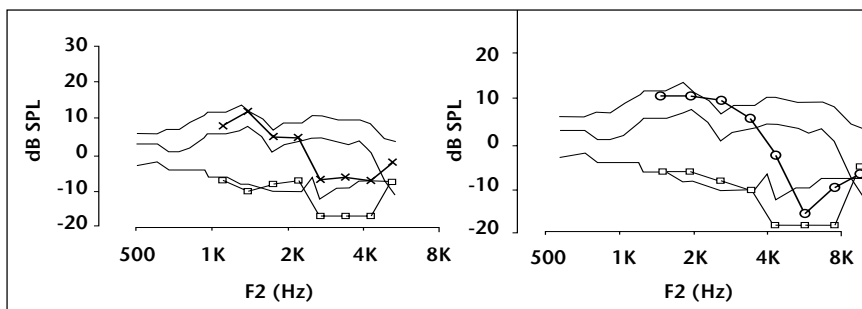
Περίπτωση 1. Άνδρας ηλικίας 25 ετών, με φυσιολογική ακοή, χωρίς εμβοές. Τονικό ακουόγραμμα. Φυσιολογική ακοή άμφω. DPOAE στο (Α) και στο (Δ) αυτί: Φυσιολογικού εύρους σε όλες τις συχνότητες.



Περίπτωση 2. Άνδρας 54 ετών με εμβοές άμφω από 2μήνου.



Τονικό ακουόγραμμα: Φυσιολογική ακοή άμφω.



DPOAE (Α) και (Δ): Μειωμένου εύρους στις συχνότητες 3-5 KHz.

από ό,τι στους άνδρες³⁰.

Αυτόματες ωτοακουστικές εκπομπές (SOAE)

Η παρουσία SOAE μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα της μέτρησης των ωτοακουστικών εκπομπών, είτε των περιοδικών (TEOAE) είτε των προϊόντων ακουστικής παραμόρφωσης (DPOAE).

Το εύρος (ένταση) των TEOAE είναι μεγαλύτερο όταν υπάρχουν SOAE στην περιοχή των συχνοτήτων 1-2 KHz. Η ένταση είναι επίσης μεγαλύτερη στις γυναίκες από ό,τι στους άνδρες, στα νεογνά από ό,τι στους ενήλικες, στα δεξιά από ό,τι στα αριστερά αυτιά³¹.

Το εύρος (ένταση) των DPOAE μπορεί να αυξάνεται ή να μειώνεται όταν η παρουσία των SOAE στη στενή ζώνη συχνοτήτων 2f1-f2 συμπίπτει με τη συχνότητα f1 ή f2. Η ένταση των DPOAE αυξάνει όταν αυτές παράγονται στη συχνότητα των SOAE (Moulin και συν, 1993, Prieve και συν, 1997). Σε άτομα με SOAE στο ένα μόνο αυτί, η ένταση των DPOAE ήταν μεγαλύτερη στα αυτιά με SOAE, σε σύγκριση με τα αυτιά χωρίς SOAE³².

Θόρυβος

Ο θόρυβος είναι ο πιο σημαντικός μη παθολογικός παράγοντας που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη λήψη, καταγραφή και αξιολόγηση των ωτοακουστικών εκπομπών. Η ηχητική απόκριση OAE ανιχνεύεται στον έξω ακουστικό πόρο και επομένως επηρεάζεται από την παρουσία οποιουδήποτε άλλου ήχου.

Στην κλινική πράξη, πάντοτε συνυπάρχει θόρυβος κατά την εξέταση που προέρχεται από τρεις πηγές, ήτοι από τη συσκευή μέτρησης, από το περιβάλλον και από τον ίδιο τον ασθενή. Οι διάφορες συσκευές παράγουν διαφορετικό θόρυβο ανάλογα με την κατασκευή, ιδίως του ανιχνευτήρα (probe). Ο περιβαλλοντικός θόρυβος μπορεί να μειωθεί σημαντικά στον εξεταστικό χώρο, που δεν είναι απαραίτητο να είναι ένας ειδικής κατασκευής ανηχοϊκός χώρος, αλλά ένας σχετικά ηχομονωμένος, κλειστός χώρος, χωρίς ηλεκτρομηχανικές εγκαταστάσεις και συσκευές, όπως εκτυπωτές, κομπιούτερς, τηλεφωνικές συσκευές, τηλεόραση, ραδιόφωνο, air condition και άλλες πηγές θορύβου. Η συσκευή μέτρησης OAE πρέπει να είναι σε απόσταση από τον εξεταζόμενο. Υπάρχει πάντοτε φυ-



► σιολογικός θόρυβος που προέρχεται από τον ίδιο τον ασθενή, που λαμβάνει οδηγίες να είναι ήσυχος, να μην κάνει κινήσεις ή μορφασμούς. Ο θόρυβος αυτός είναι ιδιαίτερα αισθητός στα νεογνά, γι' αυτό και η ανιχνευτική εξέταση ΟΑΕ γίνεται κατά το φυσιολογικό ύπνο ή μετά από φαρμακευτική ύπωση³³.

Οι διάφορες συσκευές μέτρησης ΟΑΕ διαθέτουν ειδικά εξεταστικά πρωτόκολλα για την αλγεβρική άθροιση και ανάλυση των ερεθισμάτων και του θορύβου, ώστε να αξιολογούνται οι αποδεκτές αποκρίσεις που είναι σύμφωνες με ειδικές τιμές σήματος-θορύβου και να απορρίπτονται όλες οι άλλες. Όλοι οι τύποι εκπομπών, SOAE, TEOAE, DPOAE, είναι ευαίσθητες στο θόρυβο, ιδίως στις χαμηλές συχνότητες, που αντιμετωπίζεται επιτυχώς με το ειδικό πρόγραμμα ανάλυσης που διαθέτει ο κάθε τύπος συσκευής. Όσο μεγαλύτερη είναι η αλγεβρική άθροιση των ερεθισμάτων τόσο καλύτερη είναι η σχέση σήμα / θόρυβος που δίνει πιο ακριβή και αξιόπιστη μέτρηση της εκπομπής. Στις DPOAE μετρήσεις, υπολογίζεται και καταγράφεται το επίπεδο θορύβου που αντιστοιχεί σε κάθε εκπομπή για κάθε συχνότητα και εμφανίζεται στο DPgram. Ο θόρυβος είναι μεγαλύτερος στις χαμηλές συχνότητες < 1.000Hz και επηρεάζει αρνητικά, μειώνοντας την ένταση της εκπομπής³⁴.

Ωτοακουστικές εκπομπές και περιφερική ακουστική δυσλειτουργία

Απόφραξη του ακουστικού πόρου

Η καταγραφή των ωτοακουστικών εκπομπών επηρεάζεται από την ύπαρξη κυψελιδικού βύσματος στους ενήλικες και από την παρουσία υπολειμμάτων αμνιωτικού υγρού (vernix) ή τη σύμπτωση των τοιχωμάτων που αποφράσσει τον έξω ακουστικό πόρο στα νεογνά⁶.

Δυσλειτουργία του μέσου αυτιού - βαρκοϊα αγωγιμότητας

Η φυσιολογική λειτουργία του μέσου αυτιού αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη μέτρηση των ΟΑΕ, δεδομένου ότι επιτρέπει τη διέλευση του ηχητικού ερεθίσματος στον κοχλία και την προς τα έξω μετάδοση της ωτοακουστικής εκπομπής. Η ενέργεια της εκπομπής από τον κοχλία

μέχρι τον έξω ακουστικό πόρο ελαττώνεται κατά 15 dB περίπου³⁵.

Η επίδραση του μέσου αυτιού στην καταγραφή των ΟΑΕ, ακόμη και σε φυσιολογικά αυτιά, έχει συζητηθεί εκτενώς στη διεθνή βιβλιογραφία. Ιδιαίτερη είναι η σημασία της λειτουργίας του μέσου αυτιού στην κλινική εφαρμογή των ΟΑΕ για την ανιχνευτική εξέταση της ακοής νεογνών και μικρών παιδιών, που εμφανίζουν συχνά προβλήματα δυσλειτουργίας της ευσταχιανής σάλπιγγας και εκκριτική ωτίτιδα ή σε ενήλικες που πάσχουν από μέση ωτίτιδα ή ωτοσκλήρυνση. Ακόμη και σε αυτιά με φυσιολογική ακοή, υπάρχει σαφής συσχέτιση μεταξύ των δυναμικών χαρακτηριστικών της λειτουργίας του μέσου αυτιού, όπως η συχνότητα αντήχησης και των παραμέτρων των εκπομπών, όπως η ένταση.

Η εκτίμηση της λειτουργίας του μέσου αυτιού με την τυμπανομετρία είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση των μετρήσεων ΟΑΕ⁶.

Δυσλειτουργία του κοχλία - κοχλιακή βαρκοϊα

Ο κύριος στόχος της κλινικής εξέτασης ΟΑΕ είναι η εκτίμηση της λειτουργίας του κοχλία. Η ποσοτική εκτίμηση της βαρκοϊας με τις ωτοακουστικές εκπομπές είναι σχετική, δεδομένου ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων ΟΑΕ εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, που έχουν ήδη αναφερθεί και αφορούν στις παραμέτρους του εξεταστικού πρωτοκόλλου, στα κριτήρια αξιολόγησης των αποκρίσεων ΟΑΕ, στις συνθήκες εξέτασης και στα τεχνικά χαρακτηριστικά της εξεταστικής συσκευής.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ΤEOAE και DPOAE μπορούν να δώσουν ένα γενικό συμπέρασμα για την παρουσία κοχλιακής βλάβης, όχι όμως ειδικό συμπέρασμα για το βαθμό της κοχλιακής βαρκοϊας. Κοχλιακή βαρκοϊα, λόγω βλάβης των έξω τριχωτών κυττάρων, με ακουστικό ουδό χειρότερο από 15 dB HL συνδυάζεται με μειωμένης έντασης ΟΑΕ. Όταν ο ακουστικός ουδός είναι χειρότερος από 35-40 dB HL, τότε δεν ανιχνεύονται ΟΑΕ. Λόγω των διαφορών που παρατηρούνται στις εντάσεις των ΟΑΕ αποκρίσεων σε άτομα με φυσιολογική ακοή και σε βαρήκοα άτομα, δεν είναι δυνατή η ακριβής εκτίμηση της ακουστικής ευαισθησίας με τις ΟΑΕ⁶.

DPOAE και κοχλιακή βαρκοϊα

Οι δύο κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την κλινική συσχέτιση των DPOAE με την κοχλιακή βαρκοϊα είναι:

- 1) οι απόλυτες και οι σχετικές τιμές εντάσεων L1, L2 των δύο βασικών τόνων f1, f2 και
- 2) η αναγωγή των αποκρίσεων DP σύμφωνα με τη συχνότητα f2 ή σύμφωνα με άλλα δεδομένα του ερεθίσματος, όπως η συχνότητα f1 ή ο γεωμετρικός μέσος όρος των συχνοτήτων f1 και f2. Έτσι οι μετρήσεις DPOAE σε κλινικές μελέτες που δημοσιεύθηκαν μέχρι το 1995 γίνονταν με αναφορά το μέσο γεωμετρικό όρο των συχνοτήτων f1 και f2 ή τη συχνότητα f1.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι με μέτριες εντάσεις των βασικών τόνων και σχέση L1>L2, ο κοχλίας ενεργοποιείται κυρίως στη θέση f2 του βασικού υμένα. Ο συσχετισμός με το τονικό ακουόγραμμα γίνεται σύμφωνα με την παρουσία ή απουσία και όχι σύμφωνα με το εύρος (ένταση) των DPOAE αποκρίσεων. Η παρουσία των DPOAE τυπικά αναγνωρίζεται από την απόκριση DP έντασης 3 dB πάνω από το επίπεδο θορύβου στην περιοχή συχνοτήτων 2f1-f2. Συστηματικές κλινικές μελέτες που έγιναν με σκοπό το συσχετισμό των μετρήσεων DPOAE με το βαθμό της κοχλιακής βαρκοϊας οδήγησαν σε κάποια ενθαρρυντικά συμπεράσματα ως προς την προβλεπτική δυνατότητα των DPOAE³⁵.

Παρά το γεγονός ότι το γενικό συμπέρασμα ήταν ότι είναι αδύνατη η εκτίμηση του βαθμού της βαρκοϊας με τις μετρήσεις των DPOAE εν τούτοις έγιναν κάποιες αξιόπιστες κλινικές εκτιμήσεις, όπως:

- 1) Όταν η διαφορά της έντασης DP και του επιπέδου θορύβου είναι πάνω από 15 dB (DPOAE-NF>15 dB) τότε εκτιμάται φυσιολογική ακοή < 20 dB,
- 2) όταν η διαφορά είναι DPOAE-NF >0 και <15 dB, τότε πιθανολογείται βαρκοϊα 20-40 dB HL,
- 3) Όταν η διαφορά DPOAE-NF είναι <0 και η απόκριση DP είναι μέσα στο θόρυβο, τότε πιθανολογείται βαρκοϊα μέσου ή μεγάλου βαθμού. Η ακρίβεια πρόβλεψης του ακουστικού ουδού με τις μετρήσεις των ΟΑΕ είναι μεγαλύτερη στην περιοχή της συχνότητας 2.000 Hz και μικρότερη στη συχνότητα 1.000 Hz⁶ (εικόνες 1-3).

Κλινικές εφαρμογές της μεθόδου ανάλυσης των ωτοακουστικών εκπομπών

Μετά την ανακάλυψη του φαινομένου της κοχλιακής αντίληψης από τον D. Kemp (1978)¹, χρειάστηκαν πάνω από 10 χρόνια πειραματικής και κλινικής έρευνας από τον ίδιο και τους συνεργάτες του, καθώς και από άλλους ερευνητές στην Ευρώπη και Αμερική, για να διερευνηθούν οι ιδιότητες των ωτοακουστικών εκπομπών, να κατασκευαστούν οι ειδικές συσκευές ανάλυσης και να καθορισθούν οι εξεταστικές παράμετροι, οι ενδείξεις και οι αντενδείξεις για την κλινική εφαρμογή τους σε παιδιά και ενήλικες.

Σήμερα η μέθοδος ανάλυσης των ωτοακουστικών εκπομπών ΤΕΟΑΕ και ΔΡΟΑΕ αποτελεί την πιο διαδεδομένη κλινική αντικειμενική εξέταση της κοχλιακής λειτουργίας με πλείστες όσες εφαρμογές σε παιδιά και ενήλικες. Η μέθοδος ΟΑΕ χρησιμοποιείται στην ανιχνευτική εξέταση της ακοής νεογνών, στη διαφορική διάγνωση της βαρνοκώιας, στη διάγνωση της ακουστικής νευροπάθειας, στον έλεγχο της ακοής παιδιών που υποβάλλονται σε χημειοθεραπεία με ωτοτοξικά φάρμακα.

Στους ενήλικες, η μέθοδος ΟΑΕ χρησιμοποιείται για τη διαφορική διάγνωση της νευροαισθητήριας βαρνοκώιας, για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της ακοής ατόμων που εργάζονται σε περιβάλλον θορύβου ή έντονης μουσικής, για την παρακολούθηση της ακοής ασθενών με νόσο Meniere, με οξεία πτώση της ακοής, με εμβοές.

Ωτοακουστικές εκπομπές και εμβοές

Πολλές από τις θεωρίες που αναπτύχθηκαν για την αιτιοπαθογένεια και τη γένεση των εμβοών βασίζονται στην υπόθεση ότι οι διαταραχές της λειτουργίας του κοχλία αποτελούν την κύρια εστία γένεσης των εμβοών και ότι η ενόχληση που προκαλούν σε άλλοτε άλλο βαθμό στον κάθε ασθενή οφείλεται στη μεσολάβηση της διασύνδεσης με τον ακουστικό φλοιό και άλλες περιοχές του εγκεφάλου, όπως το λιμβικό σύστημα (limbic system) και το αυτόνομο νευρικό σύστημα. Οι εμβοές προκαλούνται από διάφορες αιτίες, από τις οποίες πιο συχνές είναι οι βλάβες του συστήματος της ακοής. Επιδημιολογικές

μελέτες για τις εμβοές αναγνωρίζουν ότι η έκθεση στο θόρυβο που προκαλεί νευροαισθητήρια βαρνοκώια είναι η πιο συχνή αιτία εμβοών⁶.

Ο κοχλίας αποτελεί την πιο συχνή εντόπιση βλάβης από διάφορες αιτίες που προκαλούν εμβοές. Παθήσεις όπως λαβυρινθίτιδα, ακουστικό τραύμα, οξεία πτώση ακοής, νόσος Meniere, πρεσβυακουσία, μεταβολικές, αιματολογικές, ανοσολογικές παθήσεις, ωτοτοξικά, τραυματισμοί και κακώσεις του κροταφικού, προκαλούν κοχλιακές βλάβες, μεταξύ των οποίων προεξάρχει η βλάβη της λειτουργίας των έξω τριχωτών κυττάρων.

Ο ΩΡΛόγος είναι ο ειδικός ιατρός από τον οποίο τα άτομα που έχουν εμβοές ζητούν διάγνωση και θεραπεία. Η κλινική εκτίμηση των εμβοών γίνεται με τη φυσική ΩΡΛ εξέταση, με τον ακουστικό και νευροτολογικό έλεγχο και, κατά περίπτωση, με τη νευρολογική εξέταση, τον εργαστηριακό και απεικονιστικό έλεγχο. Ο στόχος της ακουστικής εξέτασης είναι να επιβεβαιώσει ή να αποκλείσει τη συμμετοχή του ακουστικού συστήματος στη γένεση των εμβοών. Εάν συμμετέχει το σύστημα της ακοής, τότε ο σημαντικός στόχος της ακουστικής εξέτασης είναι να εντοπίσει τη φύση και τη θέση της βλάβης, στο περιφερικό ή στο κεντρικό τμήμα.

Η ακουστική εκτίμηση των εμβοών γίνεται με τις ψυχοφυσικές υποκειμενικές δοκιμασίες της τονικής και της ομιλητικής ακουομετρίας και με τις αντικειμενικές ηλεκτροφυσιολογικές μεθόδους της τυμπανομετρίας, των ωτοακουστικών εκπομπών-προϊόντων ακουστικής παραμόρφωσης (DPOAE) και, κατά περίπτωση, των ακουστικών προκλητών δυναμικών του εγκεφαλικού στελέχους (ABR).

Με το βασικό ακουομετρικό έλεγχο - τονική, ομιλητική ακουομετρία, τυμπανομετρία, ακουστικά αντανάκλαστικά- μπορούμε να εκτιμήσουμε εάν ένα άτομο έχει βαρνοκώια και να συμπεράνουμε ότι οι εμβοές οφείλονται σε ακουστική βλάβη.

Όμως, η διαπίστωση φυσιολογικής ακοής στο τονικό ακουόγραμμα δεν αποκλείει την παρουσία κοχλιακής ή οπισθοκοχλιακής βλάβης. Σε κοχλιακή βλάβη, από δυσλειτουργία ή απώλεια μεγάλου αριθμού, μέχρι 30%, των έξω τριχωτών κυττάρων μπορεί να μη εκδηλωθεί βαρνοκώια και το τονικό ακουόγραμμα να είναι φυσιολογικό. Οι μετρήσεις των ωτοακου-

στικών εκπομπών αποτελούν τη μέθοδο εκλογής για την αντικειμενική εκτίμηση της κοχλιακής λειτουργίας σε άτομα που έχουν εμβοές⁶.

Αυτόματες ωτοακουστικές εκπομπές (Spontaneous Otoacoustic Emissions - SOAES) και εμβοές

Οι αυτόματες ωτοακουστικές εκπομπές, SOAE, θεωρήθηκε αρχικώς ότι μπορεί να σχετίζονται άμεσα με τις εμβοές. Όμως, από πειραματικές και κλινικές μελέτες, διαπιστώθηκε ότι:

1. Οι SOAES συσχετίζονται με τις εμβοές μόνο σε ποσοστό περίπου 10%³⁶.
2. Στους περισσότερους ασθενείς με εμβοές, η συχνότητα των SOAE δε σχετίζεται με τη συχνότητα των εμβοών³⁷.
3. Υπάρχουν ενδείξεις ότι ασταθείς ή ασυνεχείς SOAE μπορεί να συσχετίζονται με τις εμβοές και ότι η υπεροχή των SOAE είναι 100% σε ασθενείς με εμβοές μετά από κρανιακό τραύμα³⁸.

Ωτοακουστικές εκπομπές προϊόντων ακουστικής παραμόρφωσης (Distortion Product Otoacoustic Emissions, DPOAE) και εμβοές

Οι προκλητές παροδικές ωτοακουστικές εκπομπές (TEOAE) και οι ωτοακουστικές εκπομπές προϊόντων ακουστικής παραμόρφωσης (DPOAE) καταγράφονται με μειωμένο εύρος ή απουσιάζουν στη συχνότητα εμφάνισης των εμβοών, ακόμη και σε άτομα με φυσιολογική ακουομετρική ακοή. Η μείωση αυτή του εύρους των DPOAE είναι μεγαλύτερη στις συχνότητες 4.000-7.000 Hz⁶.

Ημέτερη μελέτη

Σε μελέτη με DPOAE και SOAE που πραγματοποιήσαμε σε 150 ασθενείς με φυσιολογική ακοή και εμβοές, ένα ποσοστό 60% είχαν παθολογικές DPOAE κυρίως στις υψηλές συχνότητες > 3.000 Hz και SOAE σε ποσοστό περίπου 10% με υπεροχή στις υψηλές συχνότητες. Το ίδιο ποσοστό SOAE παρατηρήσαμε και σε άτομα με φυσιολογική ακοή χωρίς εμβοές. Τα αποτελέσματα της μελέτης μας συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων μελετών που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία³⁹⁻⁴⁴.



► Συμπέρασμα

Τα ευρήματα των μελετών που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία και τα αποτελέσματα της μελέτης μας συνηγορούν για τη χρησιμότητα της μεθόδου καταγραφής των DPOAE ως αντικειμενικής μεθόδου εκτίμησης της κοχλιακής λειτουργίας σε άτομα που πάσχουν από εμβοές, χωρίς να εκδηλώνουν βαρηκοΐα.

Η μέθοδος DPOAE δίνει πολύ χρήσιμες πληροφορίες στον ειδικό ΩΡΛόγο για την αιτιολογική διάγνωση των εμβοών και τη σωστή ενημέρωση και αντιμετώπιση του ασθενούς.

Summary

Distortion product otoacoustic emissions (DPOAE).

Clinical applications

D. Psifidis, V. Nikolaidis,

A. Psifidis

Otoacoustic emissions (OAE) is the most widespread objective method of testing cochlear function with many clinical applications in children and in adults. OAE is used for neonatal hearing screening, for differential diagnosis of hearing loss and of auditory neuropathy, for monitoring hearing in children undergoing chemotherapy with ototoxic agents. In adults, the method is used in the differential diagnosis of hearing loss, in monitoring hearing of people exposed to noise or to intense music, in following up patients with Meniere's disease, with sudden hearing loss, with tinnitus.

The mechanism of production and the characteristic properties of the acoustic distortion product otoacoustic emissions (DPOAE) are described, along with a description of test protocol and test parameters in ears with normal hearing or cochlear dysfunction and of the factors influencing DPOAE measurements.

Key words: *otoacoustic emissions, acoustic distortion product.*

Βιβλιογραφία

1. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *Journal Acoust Soc Am* 1978; 1386-1391.

2. Brown A, Kemp D. Intermodulation distortion in the cochlea: Could basal vibration be the mayor cause of round window CM distortion? *Hearing Research* 1985; 13:29-37.

3. Harris F, Lonsbury-Martin B, Stagner B, Coats A, Martin G. Acoustic distortion products in humans: Systematic changes in amplitude as a function of f2/f1 ratio. *Journal Acoust Soc Am* 1986; 85:220-229.

4. Nielsen L, Popelka G, Rasmussen A, Oterhommel P. Clinical significance of probe tone frequency ration on distortion product otoacoustic emissions. *Scandinavian Audiology* 1993; 22:159-164.

5. Abdala, C, Sininger YS. The development of cochlear frequency resolution in the human auditory system. *Ear & Hearing* 1996; 17:374-385.

6. Hall JW III. *Handbook of Otoacoustic emissions*. Singular Pub Group, San Diego, 2000.

7. Brown A, Kemp D. Suppossibility of the 2f1-f2 stimulated acoustic emissions in gerbil and man. *Hear Res* 1984; 13:29-37.

8. Martin G, Olhms L, Franklin D, Harris B, Lonsbury-Martin, B. Distortion product emissions in humans III. Influence of sensorineural hearing loss. *Annals of Otolology, Rhinology and Laryngology* 1990b; 99(Suppl. 147)30-42.

9. Lonsbury-Martin B, Martin G, Whitehead M. Distortion product otoacoustic emissions. In: MS Robinette & TJ Glatke (eds) "Otoacoustic emissions. Clinical Applications" Thieme, New York 1997; 83-109.

10. Lonsbury-Martin B, Harris F, Stagner B, Hawkins M, Martin GK. Distortion product emissions in humans: Relations to acoustic imittance and stimulus frequency and spontaneous otoacoustic emissions in normally hearing subjects. *An Otol Rhinol Laryngol* 1990; Sup147:15-29.

11. Spector G, Leonard G, Kim D, Jung M, Smurzynski J. Otoacoustic missions in normal and hearing impaired children and normal adults. *Laryngoscope* 1991; 101:965-976.

12. Smurzynski J, Kim D. Distortion product and click-evoked otoacoustic emissions of normally hearing adults. *Hear Res* 1992; 58:227-40.

13. Gorga M, Neely S, Bergman B, Beauchain K, Kaminski J, Peters J. Otoacoustic emissions from normal hearing and hearing impaired subjects: Distortion product respons. *J Acoust* 1993b; 93:2050-60.

14. Musiek FE, Baran JA. Comparison of standard and abbreviated distortion product otoacoustic emissions procedures. *Journal Am Ac Audiol* 1996; 7:370-374.

15. Chase P, Hall J. Test/retest reliability of distortion product otoacoustic emissions in newborns. *European Consensus Confernece on Neonatal Hearing Screening*, Milan, Italy, 1998.

16. Siegel J. Ear canal standing waves and high frequency sound calibration using otoacoustic emission probes. *Journal of the Acoustical Society of America* 1994; 95(5):2589-2597.

17. Hall JW III, Garner J. Feasibility of screening all neonates for hearing loss. *Archives of Diseases of Childhood* 1998; 63:652-653.

18. Kemp D. Otoacoustic emissions, traveling waves and cochlear mechanisms. *Hearing Research* 1986; 22:95-113.

19. Bonfils P, Uziel A, Pujol R. Screening for auditory dysfunction in infants by evoked otoacoustic emissions. *Archives of Otolaryngology* 1988; 246:249-251.

20. Kapadia S, Lutman M. Are normal hearing thresholds a sufficient condition for click-evoked otoacoustic emissions? *Journal of the Acoustical Society of America* 1997; 101:3566.

21. Lonsbury-Martin B, Cutler W, Martin G. Evidence of the influence of aging on distortion-product otoacoustic emissions. *Journal of the Acoustical Society of America* 1991; 89:1749-1759.

22. Gorga et al. A comparison of transient evoked and distortion product otoacoustic emissions in normal hearing

and hearing impaired subjects. *Journal of the Acoustical Society of America* 1993; 94(5):2639-2648.

23. Kemp D, Ryan S, Bray P. A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear and Hearing* 1991; 11:93-105.

24. Psifidis et al. Outcome analysis of distortion product otoacoustic emissions. *Journal of Audiological Medicine* 2000; 9(2):70-79.

25. Bonfils P, Bertrand Y, Uziel A. Evoked otoacoustic emissions: Normative data and presbycusis. *Audiology* 1988; 27:27-35.

26. Collet et al. Age-related changes in evoked otoacoustic emissions. *Annals of Otolology, Rhinology and Laryngology* 1990; 99:993-997.

27. Robinette MS. Clinical observations with transient otoacoustic emissions with adults. *Seminars in Hearing*, 1992; 12(1):23-26.

28. Bertoli S, Probst R. The role of transient otoacoustic emission testing in the evaluation of elderly persons. *Ear and Hearing* 1997; 18:286-293.

29. McFadden D, Pasanen E. Comparison of the auditory systems of eterosexuals and homosexual: Click evoked otoacoustic emissions. *Proceedings of the national Academy of Scinces* 1998; 95:2709-2713.

30. Moulin A, Collet L, Veuillel E, Morgon A. Interrelations between transiently evoked otoacoustic emissions and acoustic distortion products in normally hearing subjects. *Hearing Research* 1993; 65:216-233.

31. Osterhommel P, Nielsen L, Rasmussen A. Distortion product otoacoustic emissions: The influence of the middle ear transmission. *Scandinavian Audiology*, 1993; 25:187-192.

32. Ozturan O, Oysu C. Influence of spontaneous otoacoustic emissions on distortion product otoacoustic emissions amplitudes. *Hearing Research* 1999; 127:129-136.

33. Hall J, Mueller H. *Audiologist's Desk Reference*. Vol. 1. San Diego: Singular Publishing Company 1997.

34. Whitehead M, Lonsbury-Martin B, Martin G. The influence of noise on the measured amplitudes of distortion-product otoacoustic emissions. *Journal of Speech and Hearing Research* 1993; 36:1097-1102.

35. Gorga M, Neely S, Ohlrich B, Hoover B, Redner J, Peters J. From laboratory to clinic: A large scale study of distortion product otoacoustic emissions in ears with normal hearing and ears with hearing loss. *Ear & Hearing* 1997; 18:440-455.

36. Penner M. An estimate of the prevalence of tinnitus caused by spontaneous otoacoustic emissions. *Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 1990; 116:418-423.

37. Liu B, Liu C, Song B. Otoacoustic emissions and tinnitus. *Chung Hua* 1996; 31:231-233.

38. Ceranic B, Prasher D, Luxon L. Tinnitus and otoacoustic emissions. *Clinical otolaryngology* 1995; 20:192-200.

39. Shiomi Y, Tsuji J, Naito Y, Fujiki N, Yamamoto N. Characteristics of DPOAE audiogram in tinnitus patients. *Hearing Research* 1997; 108:83-88.

40. Sa B, Kapkin O, Ozkaptan Y. Evaluation of cochlear function in patients with normal hearing and tinnitus: a distortion product otoacoustic emission study. *Kulaar Burun Bogaz Ihtis Derg* 2003; 10(5):177-82.

41. Onishi ET, Fukuda Y, Suzuki FA. Distortion product otoacoustic emission in tinnitus patients. *The international Tinnitus Journal* 2004q Vol. 1&2.

42. Mao X, Zheng C, Zheng R, Lin X, Shen Z. Tinnitus with normal hearing and evoked otoacoustic emissions. *Lin Chuang Er Bi Yan Hou Ke Za Zhi* 2005; 19(1):14-6.

43. Ozimek E, Wicher A, Szyfter W, Szymiec E. Distortion product otoacoustic emissions in tinnitus patients. *J Acoust Soc Am*. Vol. 2006; 119 pp. 527-538.

44. Plinkert P, Gitter A, Zenner H. Tinnitus associated spontaneous otoacoustic emissions. Active outer hair cell movements as a common origin? *Acta Otol (Stochholm)* 1990; 110:342-347. 