



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ: ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ: ΛΟΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ
ΜΕ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΑΥΤΙΣΤΙΚΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ (ΔΑΦ): ΜΙΑ
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Σοφία Παπαδοπούλου

Επιβλέπουσα: Βασιλική Ζαροκανέλλου, επίκουρος καθηγήτρια

Ιωάννινα, Σεπτέμβριος, 2026



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ: ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ: ΛΟΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ
ΜΕ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΑΥΤΙΣΤΙΚΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ (ΔΑΦ): ΜΙΑ
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Σοφία Παπαδοπούλου

Επιβλέπουσα: Βασιλική Ζαροκανέλλου, επίκουρος καθηγήτρια

Ιωάννινα, Σεπτέμβριος, 2026

**AUDITORY PROCESSING DISORDER IN CHILDREN WITH
AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD): A SCOPING REVIEW**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Ιωάννινα, Σεπτέμβριος 2026

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπουσα καθηγήτρια
Βασιλική Ζαροκανέλλου
Επίκουρος καθηγήτρια
2. Μέλος επιτροπής
Ναυσικά Ζιάβρα
Καθηγήτρια- Αναπληρώτρια Κοσμήτωρ της Σχολής Επιστημών Υγείας
3. Μέλος Επιτροπής
Ταφιάδης Διονύσιος
Αναπληρωτής Καθηγητής

Ο/Η Προϊστάμενος/η του τμήματος

Βασιλική Σιαφάκα,

Καθηγήτρια, Πρόεδρος Τμήματος

Υπογραφή

© Παπαδοπούλου, Σοφία, 2026.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights reserved

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ' ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Παπαδοπούλου, Σοφία

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς όλα τα άτομα που συνετέλεσαν στην πραγματοποίησή της. Πρωτίστως, εκφράζω την αμέριστη μου ευγνωμοσύνη στην επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Ζαροκανέλλου Βασιλική, για την πολύτιμη καθοδήγηση, την επιστημονική και ηθική της υποστήριξη, τις παρατηρήσεις της και την υπομονή που υπέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Η συμβολή της στην μεθοδολογική συγκρότηση και δομή της μελέτης ήταν καθοριστική. Τέλος, ένα μεγάλο και ξεχωριστό ευχαριστώ ανήκει στην οικογένεια μου και τους δικούς μου ανθρώπους για την συνεχή συμπαράσταση, ενθάρρυνση, κατανόηση και αμέριστη αγάπη που έλαβα καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Οι δυσκολίες στην ακουστική επεξεργασία επηρεάζουν σημαντικά την γλωσσική ανάπτυξη και την κοινωνική επικοινωνία των παιδιών. Τα δεδομένα για την φύση των ακουστικών ελλειμμάτων σε άτομα με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) παραμένουν ετερογενή.

Σκοπός: Η ανασκόπηση σκοπεύει να χαρτογραφήσει την βιβλιογραφία για την διερεύνηση των δυσκολιών ακουστικής επεξεργασίας στα παιδιά με ΔΑΦ τυπικής νοημοσύνης μέσω χορήγησης ακουστικών προκλητών δυναμικών και ωτοακουστικών εκπομπών. Αυτή είναι η πρώτη μελέτη που θα χαρτογραφήσει τα σχετικά ευρήματα με την χορήγηση όλων των νευροφυσιολογικών μεθόδων σε άτομα με ΔΑΦ, ηλικίας 2-18 ετών.

Μεθοδολογία: Η ανασκόπηση ακολούθησε τις αρχές του Joanna Briggs Institute (Peters et al., 2021) και του PRISMA-ScR (Page et al., 2020). Στις βάσεις δεδομένων PubMed, ScienceDirect και Scopus αναζητήθηκαν ποσοτικές μελέτες (έτος δημοσίευσης >2011) και ελέγχθηκαν οι αναφορές όλων των σχετικών τεκμηρίων για τον εντοπισμό πρόσθετων άρθρων. Χρησιμοποιήθηκε το Mendeley για την αφαίρεση των διπλότυπων.

Αποτελέσματα: 31 μελέτες πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού της ανασκόπησης. Η χορήγηση ακουστικών προκλητών δυναμικών υποδεικνύει αυξημένους λανθάνοντες χρόνους, κυρίως στα κύματα III και V, και επιμήκυνση των διακυματικών διαστημάτων I-III και I-V στα παιδιά με ΔΑΦ σε σχέση με τους νευροτυπικούς συνομηλίκους, υποδηλώνοντας δυσλειτουργία στο κατώτερο ακουστικό στέλεχος όπως και ατυπίες στην μυελίνωση με ταυτόχρονη όμως ένδειξη διατηρημένης νευρικής πλαστικότητας με την πάροδο της ηλικίας. Οι ωτοακουστικές εκπομπές επιβεβαίωσαν την ακεραιότητα των έξω τριχωτών κυττάρων του κοχλία, αλλά παρουσίασαν απουσία της αναμενόμενης καταστολής, υποδηλώνοντας δυσλειτουργία στο έσω ελαιοκοχλιακό σύστημα. Τα φλοιώδη δυναμικά και ο αισθητηριακός μηχανισμός, διαπίστωσε μειωμένη νευρική εξοικείωση στα κύματα P1, N2 και απουσία της φυσιολογικής αριστερής ημισφαιρικής εξειδίκευσης για τα γλωσσικά ερεθίσματα στα άτομα με ΔΑΦ σε σχέση με τους νευροτυπικούς συνομηλίκους. Στην αυτόματη διάκριση μέσω του Mismatch Negativity-MMN και της μαγνητοεγκεφαλογραφίας εντοπίστηκαν μειωμένο πλάτος και παρατεταμένοι χρόνοι αποκρίσεων στα παιδιά με ΔΑΦ που σχετίζονται με έλλειμμα στην αυτόματη αισθητηριακή διάκριση, την επεξεργασία ομιλίας και την αυξημένη αισθητηριακή ευαισθησία ή απόσπαση προσοχής.

Συμπέρασμα/ Συμπεράσματα: Τα ευρήματα επιβεβαιώνουν πολυδιάστατες διαταραχές στην ακουστική οδό σε υποφλοιώδεις και φλοιώδεις επίπεδο στα άτομα με ΔΑΦ, εξηγώντας νευροβιολογικά τις αισθητηριακές και γλωσσικές δυσκολίες αυτού του

πληθυσμού, χωρίς ωστόσο τα αποτελέσματα των ερευνών να εμφανίζουν καθολικότητα.

Λέξεις-κλειδιά: Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), Ακουστική Επεξεργασία, Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά, Ωτοακουστικές Εκπομπές, Αρνητικότητα Ασυμφωνίας, Δυναμικά Σχετιζόμενα με Γεγονότα

ABSTRACT

Introduction: Difficulties in auditory processing significantly affect children's language development and social communication. Data on the nature of auditory deficits in individuals with Autism Spectrum Disorder (ASD) remain heterogeneous.

Aim: This review aims to map the literature for the investigation of auditory processing difficulties in children with ASD of typical intelligence through the administration of auditory evoked potentials and otoacoustic emissions. This is the first study to map relevant findings from administering all neurophysiological methods in individuals with ASD aged 2-18 years.

Methodology: The review followed the principles of the Joanna Briggs Institute (Peters et al., 2021) and PRISMA-ScR (Page et al., 2020). We searched PubMed, ScienceDirect, and Scopus for quantitative studies (publication year >2011), and checked the references of all relevant documents to identify additional articles. Mendeley was used to remove duplicates.

Results: 31 studies met this review's inclusion and exclusion criteria. The administration of auditory evoked potentials indicates increased latencies, mainly in waves III and V, and elongation of interpeak intervals I-III and I-V in children with ASD compared to neurotypical peers, suggesting dysfunction in the lower auditory brainstem as well as atypies in myelination, with a simultaneous indication, however, of preserved neural plasticity over age. Otoacoustic emissions confirmed the integrity of the cochlea's outer hair cells, but presented an absence of the expected suppression, suggesting dysfunction in the medial olivocochlear system. Cortical potentials and the sensory mechanism found reduced neural habituation in waves P1 and N2 and an absence of the normal left hemispheric specialization for language stimuli in individuals with ASD compared to neurotypical peers. In automatic discrimination through Mismatch Negativity-MMN and magnetoencephalography, reduced amplitude and prolonged response times were identified in children with ASD, which are associated with a deficit in automatic sensory discrimination, speech processing, and increased sensory sensitivity or distractibility.

Conclusion/Conclusions: The findings confirm multidimensional disorders in the auditory pathway at the subcortical and cortical level in individuals with ASD, neurobiologically explaining the sensory and language difficulties of this population; however, the findings are not universal.

Keywords: Autism Spectrum Disorder (ASD), Auditory Processing, Auditory Evoked Potentials, Otoacoustic Emissions, Mismatch Negativity, Event-Related Potentials

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.1 Σκοπός & Ερευνητικές Υποθέσεις	15
1.2 Σημαντικότητα της έρευνας.....	15
1.3 Διευκρίνιση Επιστημονικών Όρων	16
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	17
2.1 Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος	17
2.1.2 Διαγνωστικά Κριτήρια και Εργαλεία Αξιολόγησης στη ΔΑΦ	17
2.1.3 Επιπολασμός.....	18
2.1.4 Διαφοροδιάγνωση και Συννοσηρότητα	18
2.1.5 Αιτιοπαθογένεια της ΔΑΦ.....	19
2.1.6 Ευρύτερος Αυτιστικός Φαινότυπος (Broader Autism Phenotype)	19
2.1.7 Γνωστικές Θεωρίες της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος	20
2.1.8 Γλώσσα και Αυτισμός	21
2.2 Ακουστική Επεξεργασία.....	22
2.3 Διαταραχή Ακουστικής Επεξεργασίας (ΔΑΕ)	22
2.4 Επιπολασμός της ΔΑΕ στον γενικό πληθυσμό και σε άτομα με ΔΑΦ ...	22
2.5 Ακουστικό Σύστημα	23
2.5.1 Περιφερικό Ακουστικό Σύστημα	23
2.5.2 Κεντρικό Ακουστικό Νευρικό Σύστημα	29
2.6 Αξιολόγηση Περιφερικής Ακοής	32
2.6.1 Τονικό Ακουόγραμμα	32
2.6.2 Ωτοακουστικές Εκπομπές (Otoacoustic Emissions-OAEs).....	33
2.6.3 Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά Εγκεφαλικού Στελέχους (Auditory Brainstem Responses-ABR).....	34
2.6.4 Τυμπανομετρία & Αντανακλαστικό του Αναβολέα	36
2.7 Διάγνωση της ΔΑΕ.....	37
2.8 Ακουστική Επεξεργασία και Γλωσσική Ανάπτυξη	41

3. Μέθοδος	43
3.1 Σχεδιασμός Έρευνας	43
3.2 Ερευνητικό Ερώτημα Πλαίσιο PCC	43
3.3 Στρατηγική Αναζήτησης	45
Πίνακας 3.1: Λέξεις Κλειδιά (Keywords)	45
3.4 Διαδικασία Επιλογής Μελετών	46
4. Αποτελέσματα	48
4.1 Παιδιά Προσχολικής Ηλικίας	50
Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα προσχολικής ηλικίας	51
4.2 Παιδιά Σχολικής Ηλικίας	59
Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα σχολικής ηλικίας	60
4.3 Παιδιά εφηβικής ηλικίας	69
Πίνακας 4.3: Αποτελέσματα εφηβείας	70
4.4 Μελέτες με συμμετέχοντες παιδιά με ΔΑΦ, ηλικίας 1-18 ετών	72
Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα εύρους ηλικιών	73
5. Συζήτηση	83
Δυνατά Σημεία της Μελέτης (Strengths)	86
Περιορισμοί της Μελέτης (Limitations)	86
Συμπεράσματα	87
Βιβλιογραφία	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.: Λέξεις Κλειδιά (Keywords)	45
Πίνακας 2.: Αποτελέσματα προσχολικής ηλικίας	51
Πίνακας 3.: Αποτελέσματα σχολικής ηλικίας.....	60
Πίνακας 4.: Αποτελέσματα εφηβείας	70
Πίνακας 5.: Αποτελέσματα εύρους ηλικιών.....	73

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) αποτελεί μια νευροαναπτυξιακή διαταραχή που χαρακτηρίζεται από κοινωνικά ελλείμματα, επαναλαμβανόμενα μοτίβα συμπεριφοράς και αισθητηριακές δυσκολίες, ανεξάρτητα από το νοητικό επίπεδο των ατόμων (DSM-5-R, American Psychiatric Association (APA), 2022; ICD-11, World Health Organization (WHO), 2019). Τα άτομα με ΔΑΦ, παρουσιάζουν συχνά αποκλίσεις στην επεξεργασία αισθητηριακών ερεθισμάτων με τις δυσλειτουργίες στην ακουστική επεξεργασία να έχουν κύριο ρόλο στην κλινική τους αναφορά. Τα παιδιά και οι έφηβοι με ΔΑΦ, παρόλο που είναι δυνατόν να διαθέτουν φυσιολογική περιφερική ακοή και τυπική νοημοσύνη, δεν είναι σπάνιο να παρουσιάζουν δυσκολίες στην αντίληψη, την επεξεργασία και την οργάνωση των ακουστικών ερεθισμάτων (Hall, 2014; Seikel et al., 2016).

Η ακουστική επεξεργασία σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα με την οποία το νευρικό σύστημα επεξεργάζεται και αξιοποιεί τις ακουστικές πληροφορίες (Hall, 2014; Seikel et al., 2016). Τα ελλείμματα που μπορεί να προκύψουν σε αυτό το επίπεδο, δεν οφείλονται σε βλάβες του περιφερικού ακουστικού συστήματος, αλλά στον τρόπο με τον οποίο τα ακουστικά ερεθίσματα μεταφέρονται και επεξεργάζονται στις ακουστικές και κεντρικές εγκεφαλικές δομές (Behrbohm et al., 2018; Seikel et al., 2016). Στα παιδιά και τους εφήβους με ΔΑΦ, οι δυσκολίες αυτές εμφανίζονται ως αδυναμία κατανόησης της ομιλίας σε θορυβώδη περιβάλλοντα καθώς και υπερευαισθησία ή υποευαισθησία σε ακουστικά ερεθίσματα (Hall, 2014).

Η σύγχρονη κλινική ακοολογία χρησιμοποιεί ηλεκτροφυσιολογικές δοκιμασίες ως αντικειμενική αξιολόγηση της ακουστικής οδού, χωρίς την απαίτηση λεκτικής ή συμπεριφορικής απόκρισης από τον εξεταζόμενο (Hall, 2014). Ειδικότερα, τα Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά (Auditory Evoked Potentials- AEPs), όπως τα ακουστικά προκλητά δυναμικά εγκεφαλικού στελέχους (Auditory Brainstem Response- ABR), τα μέσης απόκρισης ακουστικά προκλητά δυναμικά (Middle Latency Response-MLR) και όψιμα ακουστικά προκλητά δυναμικά (Late Latency Response P300 N400 P600 Mismatch Negativity-MMN, δυναμικά σχετιζόμενα με γεγονότα), επιτρέποντας την διεξοδική καταγραφή ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου από το στέλεχος ως τον ακουστικό φλοιό κατά την πρόσληψη ήχων (Behrbohm et al., 2018, Hall, 2014). Ταυτόχρονα, οι ωτοακουστικές Εκπομπές (Otoacoustic emissions-

ΟΑΕs) εξασφαλίζουν πληροφορίες για την λειτουργική ακεραιότητα του κοχλίου (Behrbohm et al., 2018). Η ανάλυση αυτών των δοκιμασιών βοηθά στην διερεύνηση των νευροβιολογικών μηχανισμών που συμμετέχουν στην διαδικασία της ακουστικής επεξεργασίας στον αυτισμό.

1.1 Σκοπός & Ερευνητικές Υποθέσεις

Σκοπός της Μελέτης

Σκοπός της παρούσας χαρτογραφικής ανασκόπησης (scoping review) είναι να χαρτογραφήσει τα υφιστάμενα ερευνητικά δεδομένα που αφορούν τις δυσκολίες ακουστικής επεξεργασίας που παρουσιάζουν τα παιδιά με επιβεβαιωμένη διάγνωση ΔΑΦ ηλικίας 2-18 ετών, τυπικής νοημοσύνης, σε σύγκριση με τους συνομηλίκους τους τυπικής ανάπτυξης.

Ειδικότερα, εστιάζει στην ανάλυση των ηλεκτροφυσιολογικών δεικτών των Ακουστικών Προκλητών Δυναμικών (Auditory Evoked Potentials- AEPs) όπως και των Ωτοακουστικών Εκπομπών (Otoacoustic emissions-OAEs) με σκοπό την αποτύπωση όποιων αποκλίσεων στην λειτουργία της ακουστικής οδού συγκριτικά πάντα με την ομάδα ελέγχου.

Ερευνητικές Υποθέσεις

Με βάση την διεθνή βιβλιογραφία (Behrbohm et al., 2018; Hall, 2014; Seikel et al., 2016; Βογινδρούκας et al., 2022), διατυπώνονται οι εξής υποθέσεις:

1. Υπόθεση 1: Τα παιδιά με ΔΑΦ και τυπική νοημοσύνη θα παρουσιάζουν σημαντικότερες δυσκολίες στην ακουστική επεξεργασία με αποκλίσεις στα ακουστικά προκλητά δυναμικά συγκριτικά με τους συνομηλίκους τυπικής ανάπτυξης.
2. Υπόθεση 2: Παρόλο την τυπική νοημοσύνη και την φυσιολογική περιφερική ακοή των παιδιών, με ΔΑΦ, αναμένεται ένα υψηλότερο ποσοστό αυτών να παρουσιάσουν διαταραχή στην ακουστική επεξεργασία.

1.2 Σημαντικότητα της έρευνας

Η παρούσα έρευνα κρίνεται σημαντική για τον κλάδο της Λογοθεραπείας καθώς χαρτογραφεί ολιστικά τις δυσκολίες ακουστικής επεξεργασίας που αντιμετωπίζουν τα (Ηλιάδου, 2026)παιδιά στο φάσμα του αυτισμού με τυπική νοημοσύνη. Η γνώση αυτή

είναι καθοριστική επειδή η ακουστική επεξεργασία επηρεάζει σημαντικά την γλωσσική ανάπτυξη (φωνολογία, λεξιλόγιο, γλωσσική κατανόηση) και τις ακαδημαϊκές δεξιότητες (γραφή, ανάγνωση) των παιδιών (Hall, 2014, Βογινδρούκας, 2022, σ.305).

1.3 Διευκρίνιση Επιστημονικών Όρων

Για την καλύτερη κατανόηση του θεωρητικού υπόβαθρου της παρούσας ανασκόπησης, παρατίθενται οι ορισμοί των βασικών επιστημονικών όρων όπως αυτοί προσδιορίζονται στη σύγχρονη ακοολογία και λογοπαθολογία.

Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ): Νευροαναπτυξιακή διαταραχή που χαρακτηρίζεται από κοινωνικά ελλείμματα, επαναλαμβανόμενα μοτίβα συμπεριφοράς και αισθητηριακές δυσκολίες, ανεξάρτητα από το νοητικό επίπεδο των ατόμων (DSM-5-R, APA), 2022; ICD-11; WHO, 2019).

Ακουστική Επεξεργασία (Auditory Processing): Αποτελεί το σύνολο των νευροφυσιολογικών μηχανισμών του κεντρικού ακουστικού συστήματος που είναι υπεύθυνοι για την αντίληψη, την μεταφορά, την ανάλυση και ερμηνεία ακουστικών ερεθισμάτων στον εγκέφαλο (Hall, 2014; Seikel et al., 2016).

Διαταραχή Ακουστικής Επεξεργασίας (Auditory Processing Disorder): Η αδυναμία του εγκεφάλου να επεξεργαστεί τις ακουστικές πληροφορίες, ενώ υπάρχει φυσιολογική περιφερική ακοή επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο την γλωσσική κατανόηση και ανάπτυξη (Hall, 2014).

Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά (Auditory Evoked Potentials-AEPs): Ηλεκτροφυσιολογικές καταγραφές της νευρικής και εγκεφαλικής δραστηριότητας παραγόμενες ως αντίδραση σε ακουστικά ερεθίσματα αξιολογώντας την ακεραιότητα της ακουστικής οδού (Hall, 2014; Seikel et al., 2016).

Ωτοακουστικές Εκπομπές (Otoacoustic emissions-OAEs): Αντικειμενική μέθοδος αξιολόγησης της ακοής μέσω χαμηλής έντασης ήχων, που παράγονται από τα έσω τριχωτά κύτταρα του κοχλίου (Behrbohm et al., 2018; Hall, 2014).

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος

Με βάση την 5^η έκδοση του Διαγνωστικού Εγχειριδίου Ψυχιατρικών Διαταραχών (Diagnostic Statistical Manual of Psychiatric Disorders, DSM-5) της Αμερικάνικης Ένωσης Ψυχιάτρων (American Psychiatric Association, APA, 2013), «Η Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), ορίζεται ως μια νευροαναπτυξιακή διαταραχή που χαρακτηρίζεται από επίμονα ελλείμματα στην κοινωνική επικοινωνία και αλληλεπίδραση, καθώς και περιορισμένα, επαναλαμβανόμενα πρότυπα συμπεριφοράς, ενδιαφερόντων ή δραστηριοτήτων». Τα άτομα με ΔΑΦ χαρακτηρίζονται από δυσκολίες στην ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων από τις πληροφορίες που δέχονται, καθώς και από ελλείμματα στον κοινωνικό τομέα που δεν παρατηρούνται μόνο στον μειωμένο ή μηδενικό αριθμό κοινωνικών επαφών, αλλά και στην ποιότητα αυτών (Φρανσίζ, 2022, σ.31, 35).

2.1.2 Διαγνωστικά Κριτήρια και Εργαλεία Αξιολόγησης στη ΔΑΦ

Διαγνωστικά Κριτήρια κατά DSM-5

Στην ΔΑΦ δεν υπάρχει κάποιο σύμπτωμα που η απουσία ή η παρουσία αυτού να καθορίζει την διάγνωση ή όχι. Για να γίνει η διάγνωση πρέπει να παρουσιάζονται ελλείμματα και στην κοινωνική επικοινωνία, αλλά και επαναλαμβανόμενα στερεότυπα πρότυπα συμπεριφοράς (Φρανσίζ, 2022, σ.36). Σύμφωνα με το DSM-5 (APA, 2013) τα θεμελιώδη συμπτώματα της ΔΑΦ κατηγοριοποιούνται ως εξής:

A. Αδιάκοπες διαταραχές της κοινωνικής επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης που εμφανίζονται σε πολλά πλαίσια όπως:

- i. Δυσκολίες στην αμοιβαία κοινωνική και συναισθηματική επαφή
- ii. Ελλείψεις στην μη λεκτική επικοινωνία (βλεμματική επαφή, χειρονομίες, εκφράσεις προσώπου)
- iii. Δυσκολία στη δημιουργία, διατήρηση και κατανόηση διαπροσωπικών σχέσεων

B. Επαναλαμβανόμενες συμπεριφορές, περιορισμένα ενδιαφέροντα και σταθερές συνήθειες με τουλάχιστον δύο από τα παρακάτω:

- i. Επαναλαμβανόμενες κινήσεις σώματος, χρήση αντικειμένων ή λόγου
- ii. Σημαντική ανάγκη για σταθερότητα με δυσκολία στις αλλαγές και προσκόλληση στις ρουτίνες
- iii. Συγκεκριμένα και περιορισμένα ενδιαφέροντα στα οποία καθλώνονται με πολύ μεγάλη προσοχή
- iv. Υπερβολική ή μειωμένη αντίδραση σε αισθητηριακά ερεθίσματα ή έντονη περιέργεια για αισθητηριακά στοιχεία του περιβάλλοντος

Γ. Τα συμπτώματα πρέπει να εκδηλώνονται από την πρώιμη παιδική ηλικία

Δ. Τα συμπτώματα επηρεάζουν σημαντικά την καθημερινότητα του ατόμου στην κοινωνική, σχολική ή προσωπική του ζωή

Ε. Οι δυσκολίες αυτές δεν οφείλονται επαρκέστερα σε νοητική υστέρηση ή σε γενικευμένη αναπτυξιακή καθυστέρηση

Διαγνωστικά Εργαλεία Αξιολόγησης

Χρειάζεται μια δομημένη και επιστημονικά τεκμηριωμένη διαδικασία για την διάγνωση της ΔΑΦ. Η διάγνωση βασίζεται στην συστηματική παρατήρηση της συμπεριφοράς και στην λεπτομερή καταγραφή του αναπτυξιακού ιστορικού του ατόμου (Φρανσίσ, 2022, σελ., 39). Για τη διασφάλιση της αντικειμενικότητας συστήνεται να γίνεται χρήση σταθμισμένων διαγνωστικών εργαλείων, κάποια από τα οποία είναι:

- i. Childhood Autism Rating Scale, Second Edition (CARS-2)
- ii. Autism Diagnostic Observation Schedule, Second Edition (ADOS-2)
- iii. Autism Diagnostic Interview- Revised/ADI-R

2.1.3 Επιπολασμός

Ο επιπολασμός της ΔΑΦ παρουσιάζει αύξηση τα τελευταία χρόνια και σύμφωνα με την Thomaidis et al., (2020) στην χώρα μας το ποσοστό κυμαίνεται γύρω στο 1,3%. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι να τονιστεί η υπεροχή των αγοριών έναντι των κοριτσιών με αναλογία 4:1 (Thomaidis et al., 2020).

2.1.4 Διαφοροδιάγνωση και Συννοσηρότητα

Η ΔΑΦ είναι πιθανό να εμφανίζει παρόμοια συμπτωματολογία με άλλες νευροαναπτυξιακές διαταραχές και γι' αυτό απαιτείται η ιδιαίτερη προσοχή κατά την

διαφοροδιάγνωση. Ωστόσο, είναι συχνό φαινόμενο άτομα στο φάσμα να παρουσιάζουν συννοσηρές καταστάσεις (Φρανσίς, 2022, σελ.42).

Διαφοροδιάγνωση οφείλει να γίνεται ανάμεσα στην ΔΑΦ και διαταραχές που μοιράζονται παρόμοια χαρακτηριστικά και συμπεριφορές όπως:

- Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής-Υπερκινητικότητα (ΔΕΠΥ)
- Νοητική Αναπηρία
- Διαταραχές Γλώσσας και Επικοινωνίας
- Σχιζοφρένεια (Φρανσίς, 2022, σ.42)

Όπως επισημαίνει ο Φρανσίς, (2022), η συννοσηρότητα είναι κύριο γνώρισμα στον αυτισμό επηρεάζοντας την θεραπευτική πρόγνωση και ποιότητα ζωής. Συννοσηρότητα μπορεί να εμφανίζει με κάποιο από τα παραπάνω όπως και με κατάθλιψη, επιληψία, διαταραχές ακουστικής επεξεργασίας, διαταραχές ύπνου κ.α.

2.1.5 Αιτιοπαθογένεια της ΔΑΦ

Η αιτιοπαθογένεια είναι ένα σύνθετο πεδίο για τη ΔΑΦ. Η ΔΑΦ δεν οφείλεται σε έναν μόνο παράγοντα αλλά αποτελεί αποτέλεσμα πολυπαραγοντικής αλληλεπίδρασης μεταξύ γονικών, προγεννητικών, περιγεννητικών, περιβαλλοντικών και ψυχοκοινωνικών παραγόντων (Ανδρούτσος, 2022, σελ.72-84). Σύμφωνα με τον Ανδρούτσο, (2022) κάποιοι από αυτούς είναι:

- Η ηλικία των γονέων
- Διάφορες λοιμώξεις από ιούς ή βακτήρια
- Η προωρότητα
- Μεταγεννητικές λοιμώξεις του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος
- Ανεπάρκεια Βιταμίνης D

2.1.6 Ευρύτερος Αυτιστικός Φαινότυπος (Broader Autism Phenotype)

Ο Ευρύτερος Αυτιστικός Φαινότυπος (ΕΑΦ), αναφέρεται στην παρουσία ηπιότερων υποκλινικών χαρακτηριστικών της ΔΑΦ σε άτομα που δεν πληρούν τα πλήρη διαγνωστικά κριτήρια (Καραντάνος & Τάσση, 2022, σελ.155). Η μελέτη του ΕΑΦ, επιβεβαιώνει την έννοια του συνεχούς στον αυτισμό αποδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο την πολυπαραγοντική βάση του αυτισμού (Καραντάνος & Τάσση, 2022, σελ.157).

2.1.7 Γνωστικές Θεωρίες της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος

Για την κατανόηση της ετερογένειας της ΔΑΦ απαιτείται η εξέταση και κατανόηση των γνωστικών μηχανισμών. Τρεις είναι οι κύριες γνωστικές θεωρίες που ερμηνεύουν τα ελλείμματα στην κοινωνική αλληλεπίδραση, τα επαναλαμβανόμενα μοτίβα και συμπεριφορές και τις ατυπίες στην αισθητηριακή επεξεργασία (Γιουρούκου, 2022, σελ.197). Αυτές είναι:

A. Θεωρία του Nou (Theory of Mind)

Αναφέρεται στην γνωστική ικανότητα του παιδιού να αποδίδει εσωτερικές νοητικές συνθήκες, όπως πεποιθήσεις, προθέσεις, επιθυμίες και συναισθήματα, τόσο στον εαυτό του όσο και στους γύρω του. Ταυτόχρονα, περιλαμβάνει την αντίληψη ότι οι άλλοι πιθανόν διαθέτουν διαφορετικές αναπαραστάσεις για την πραγματικότητα οι οποίες, κατευθύνουν και ερμηνεύουν την συμπεριφορά τους (Premack & Woodruff, 1978). Τα άτομα με ΔΑΦ εμφανίζουν δυσκολία στην απόδοση αυτών των αντιλήψεων, στην αναγνώριση συναισθημάτων μέσω λεκτικής και μη επικοινωνίας όπως και στην κατανόηση της μεταφορικής χρήσης της γλώσσας, της ειρωνείας και του χιούμορ (Γιουρούκου, 2022, σελ. 205). Η αδυναμία αυτή μπορεί να αιτιολογείται από την δυσκολία αποκωδικοποίησης των παραγλωσσικών στοιχείων της γλώσσας (επιτονισμό, προσωδία), λόγω της δυσκολίας τους στην ακουστική επεξεργασία, εμποδίζοντας έτσι την σωστή εξαγωγή νοήματος από την ομιλία.

B. Αδύναμη Κεντρική Συνοχή(Weak Central Coherence-WCC)

Η θεωρία αυτή σύμφωνα με την Frith (1989), περιγράφει την τάση του εγκεφάλου των ατόμων με ΔΑΦ, να επεξεργάζεται μεμονωμένες τις πληροφορίες και όχι το γενικό πλαίσιο για την εξαγωγή νοήματος. Αντιθέτως, τα νευροτυπικά άτομα χαρακτηρίζονται από ισχυρή κεντρική συνοχή καθώς ο εγκέφαλος τους διαθέτει την έμφυτη τάση να επεξεργάζεται σφαιρικά τις πληροφορίες, συνθέτοντας τις επιμέρους λεπτομέρειες με βάση το ευρύτερο πλαίσιο για να εξάγει γενικό νόημα (Frith, 1989).

Γ. Εκτελεστικές Λειτουργίες (Executive Dysfunction)

Οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι οι ανώτερες διεργασίες που περιλαμβάνουν τον προγραμματισμό, τη μνήμη εργασίας, την προσοχή, την αναστολή, τον αυτό-έλεγχο και την αυτορρύθμιση (Γιουρούκου, 2022, σελ. 226). Τα άτομα με ΔΑΦ παρουσιάζουν

εμμονές στην ρουτίνα, δυσκολία στις μεταβάσεις, φτωχό σχεδιασμό και δυσκολία στην αναστολή ανεπιθύμητων αντιδράσεων σε ερεθίσματα.

2.1.8 Γλώσσα και Αυτισμός

Η γλωσσική ανάπτυξη στη ΔΑΦ παρουσιάζει ετερογένεια καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα που εκτείνεται από την πλήρη απουσία λειτουργικής λεκτικής επικοινωνίας ως την λειτουργική επικοινωνία με δομικά σωστό λόγο. Τις περισσότερες δυσκολίες παρουσιάζει ο τομέας της πραγματολογίας και της σημασιολογίας (Βογινδρούκας, 2022, σελ. 304).

Πραγματολογικά Ελλείμματα

Πραγματολογία είναι η ικανότητα του ατόμου να λέει το σωστό πράγμα, με το σωστό τρόπο στο σωστό τόπο και χρόνο όπως αυτός ορίζεται από τις κοινωνικές συνθήκες (Βογινδρούκας, 2007). Τα άτομα με ΔΑΦ παρουσιάζουν δυσκολία στον αμφίδρομο διάλογο, στην εναλλαγή σειράς, στην κατανόηση του μεταφορικού λόγου, του χιούμορ. Ακόμη, δυσκολεύονται και στην χρήση αλλά και στην κατανόηση των χειρονομιών, στην αντίληψη της γλώσσας του σώματος όπως και στην διατήρηση βλεμματικής επαφής (Βογινδρούκας, 2022, σελ. 310).

Σημασιολογικά Ελλείμματα

Η σημασιολογία σύμφωνα με τον Crystal, (1999) περιλαμβάνει τη δομή και τη συστηματοποίηση του λεξιλογίου, την ομαδοποίηση των εννοιών σε σημασιολογικές ενότητες, όπως και τη διαδικασία ονομασίας τους. Επιπλέον, αφορά την αντίληψη των πολλαπλών ερμηνειών μιας λέξης, την κατανόηση μεταφορικών ή ιδιωματικών εκφράσεων, την ανάκληση εννοιών και την αποκωδικοποίηση δεικτικών και σχεσιακών όρων. Οι δυσκολίες που εμφανίζουν τα άτομα με ΔΑΦ στον σημασιολογικό τομέα δεν εντοπίζονται στην διατήρηση των λέξεων στη μνήμη αλλά στην κατάκτηση, τη συστηματοποίηση και τη λειτουργική τους χρήση. Συγκεκριμένα, εμφανίζουν ελλείμματα στην οργάνωση σημασιολογικών κατηγοριών, στην ταξινόμηση και ανάσυρση των εννοιών όπως και στην μεταφορά και γενίκευση της γνώσης που έχουν ήδη κατακτήσει (Tager-Flusberg 1981).

2.2 Ακουστική Επεξεργασία

Ως ακουστική επεξεργασία η Pliadou et al., (2017) περιέγραψαν «την ποιότητα και ακρίβεια της κωδικοποίησης και μεταφοράς της ακουστικής πληροφορίας από τον κοχλία προς το κεντρικό ακουστικό νευρικό σύστημα». Ένας απλός τόνος αποτυπώνεται με ένα απλό ακοόγραμμα και έτσι εντοπίζεται και η ακουστική του επεξεργασία. Ωστόσο, για περίπλοκα ακουστικά ερεθίσματα απαιτούνται και άλλες εξετάσεις καθώς δεν φτάνει μόνο το τονικό ακοόγραμμα. Επιπλέον, η ακουστική επεξεργασία περιλαμβάνει την μονωτιαία και αμφοτερόπλευρη ακοή, την διχωτική ακρόαση, τον τοπικό εντοπισμό της ηχητικής πηγής, καθώς και την αντίληψη της ομιλίας σε ρέοντα λόγο (Ηλιάδου, 2026, σελ.9).

2.3 Διαταραχή Ακουστικής Επεξεργασίας (ΔΑΕ)

Η ΔΑΕ αναφέρεται σε κάθε έλλειμμα στην ποιότητα και ακρίβεια της κωδικοποίησης και μεταφοράς της ακουστικής πληροφορίας από το κοχλία προς το κεντρικό ακουστικό νευρικό σύστημα ανεξάρτητα αν προκύπτει τυπικό το τονικό ακοόγραμμα του ατόμου (Ηλιάδου, 2016, σελ. 9). Τα άτομα με ΔΑΕ, εμφανίζουν προβλήματα στις ακαδημαϊκές δεξιότητες και στην επικοινωνία σε οποιοδήποτε κοινωνικό πλαίσιο καθώς δυσκολεύονται στην διαφοροποίηση παρόμοιων ήχων, στην αντίληψη σωστών αλληλουχιών ήχων, στην χρήση ακουστικών σημάτων, παρουσιάζουν δυσκολία διάκρισης σε θορυβώδη περιβάλλοντα και χαμηλότερη ταχύτητα επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων (Hall, 2014). Η διάγνωση της ΔΑΕ ισχύει εφόρου ζωής και για να γίνει χρειάζεται καλή κατανόηση και πλήρη συνεργασία του ατόμου και γι' αυτό πραγματοποιείται μετά τα 6 έτη. Ωστόσο, για παιδιά 5-6 ετών μπορεί να πραγματοποιηθεί ανιχνευτική διαγνωστική εξέταση (Ηλιάδου, 2026, σελ. 9).

2.4 Επιπολασμός της ΔΑΕ στον γενικό πληθυσμό και σε άτομα με ΔΑΦ

Σύμφωνα με έκθεση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (2021), η ΔΑΕ εμφανίζεται στον παιδικό πληθυσμό σε ποσοστό 2%-10%. Το ποσοστό αυτό ίσως να αιτιολογείται και από τον συνδυασμό με άλλες αναπτυξιακές διαταραχές (Ηλιάδου, 2016, σελ.9) Στον παιδιατρικό πληθυσμό με ΔΑΦ παρατηρούνται υποδιαγνωσμένες δυσλειτουργίες που επηρεάζουν τόσο την περιφερική ακοή όσο και την ακουστική επεξεργασία. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί πως η ΔΑΕ δεν αποτελεί καθολικό χαρακτηριστικό των παιδιών με ΔΑΦ και γι' αυτό τον λόγο είναι απαραίτητος ο συστηματικός ακοολογικός έλεγχος (Ηλιάδου, 2026, σελ.10).

2.5 Ακουστικό Σύστημα

Η γνώση των ανατομικών στοιχείων και των διασυνδέσεων μεταξύ τους στο ακουστικό σύστημα, με αφετηρία το αυτί και καταλήγοντας στον ακουστικό φλοιό, είναι βασική προϋπόθεση για την κατανόηση της ακουστικής λειτουργίας (Ηλιάδου, 2026, σελ.11). Ακόμη, κάθε ηχητικό ερέθισμα, ανεξάρτητα από το πόσο περίπλοκο είναι, οδεύει μέσα από τις ίδιες ανατομικές δομές για να καταλήξει στον πρωτογενή ακουστικό φλοιό. Οι υπόλοιπες διαφοροποιήσεις/εξειδικεύσεις βασίζονται στην νευροπλαστικότητα και εξαρτώνται από την χρησιμότητα του κάθε ερεθίσματος στην καθημερινότητα. Η νευροπλαστικότητα ενισχύει τη νευρωνική συνδεσιμότητα με σκοπό την ταχύτερη μετάδοση όπως και δομικές αλλαγές στο πάχος των νευρικών οδών και πυρήνων. Το ακουστικό σύστημα μπορεί να διακριθεί σε περιφερικό (πετρίγιο ως ακουστικό νεύρο) και σε κεντρικό (μετά το ακουστικό νεύρο ως τον εγκέφαλο) (Ηλιάδου, 2026, σελ.11).

2.5.1 Περιφερικό Ακουστικό Σύστημα

Εξωτερικό Αυτί

Το πετρίγιο είναι το μόνο ορατό τμήμα του ακουστικού συστήματος, αποτελείται από χόνδρινο ιστό και καλύπτεται από δέρμα. Παρόλο που δεν έχει πρωτεύον ρόλο στην ακουστική οδό, συμβάλλει στον εντοπισμό των ήχων και στην διαμόρφωση των εισερχόμενων ηχητικών κυμάτων (Ηλιάδου, 2026, σελ.11; Hall, 2014). Επίσης, οι κύριες ανατομικές δομές είναι η έλικα, η κόγχη, ο τράγος και το λοβίο με τις τυχόν μορφολογικές αποκλίσεις να μην επηρεάζουν σημαντικά την ακουστική λειτουργία. Το πετρίγιο μαζί με το κεφάλι αποτελούν ένα κατευθυντικό φίλτρο που επηρεάζει κυρίως τις υψηλές συχνότητες λόγω του μικρού μήκους κύματός τους (Ηλιάδου, 2026, σελ.12; Hall, 2014). Το σχήμα του πετρίγιου διευκολύνει τον εντοπισμό του ήχου στον κατακόρυφο άξονα, ενώ στον οριζόντιο εξαρτάται κυρίως από την μετακίνηση της κεφαλής ή της πηγής ήχου (Ηλιάδου, 2026, σελ.12). Ακόμη, το κεφάλι μπορεί να λειτουργήσει ως εμπόδιο μειώνοντας την ένταση του ηχητικού κύματος όταν το μήκος αυτού είναι μικρότερο από το εύρος της.

Εδώ παρατηρείται και το φαινόμενο «σκιά της κεφαλής» (head shadow) για συχνότητες άνω των 2000 Hz, δημιουργώντας διακυμάνσεις έντασης μεταξύ των δύο αυτιών από 5dB-15dB, το οποίο αξιοποιείται για τον εντοπισμό της ηχητικής πηγής. Αντίθετα, σε χαμηλότερες συχνότητες όπου το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο από το εύρος του κεφαλιού, η μείωση της έντασης είναι ελάχιστη. Σε αυτόν τον μηχανισμό συμβάλλουν

και οι διαωτιαίες χρονικές αποκλίσεις, καθώς το ηχητικό σήμα απαιτεί 0,6ms για να καλύψει την απόσταση των δύο αυτιών (Ηλιάδου, 2026, σελ.12).

Στην συνέχεια ο ήχος μεταβιβάζεται στον εξωτερικό ακουστικό πόρο για να καταλήξει στην τυμπανική μεμβράνη (Hall, 2014). Στους ενήλικες, ο ακουστικός πόρος παρέχει μια φυσική ενίσχυση του ήχου μεταξύ 2500-3000 Hz, η οποία διαμορφώνεται από το μήκος και τη διάμετρο του. Στον παιδιατρικό πληθυσμό, αυτό το εύρος είναι αυξημένο λόγω μικρότερων ανατομικών διαστάσεων. Αυτό το φάσμα συχνοτήτων είναι πολύ σημαντικό καθώς βοηθάει στην αποκωδικοποίηση και κατανόηση των συμφώνων της ομιλίας (Hall, 2014).

Ο εξωτερικός ακουστικός πόρος περιβάλλεται από σμηγματογόνους και κυψελώδεις αδένες, οι οποίοι εκκρίνουν μια ουσία που ονομάζεται κυψελίδα (κερί). Αυτή προστατεύει το αυτί από μικρόβια αλλά ταυτόχρονα η υπερβολική ποσότητά της μπορεί να εμποδίσει την πορεία του ήχου (Hall, 2014).

Μεσαίο Αυτί

Το μεσαίο αυτί αποτελείται από την τυμπανική μεμβράνη και τον χώρο πίσω από αυτήν (Hall, 2014). Ο χώρος μεταξύ μεσαίου αυτιού και του εξωτερικού ακουστικού πόρου διαχωρίζεται από την τυμπανική μεμβράνη. Το μεσαίο αυτί διαχωρίζεται από το εσωτερικό από το ακρωτήριο, τη στρογγυλή θυρίδα και την ωοειδή θυρίδα. Στην οπίσθια περιοχή του μεσαίου αυτιού υπάρχουν τα μαστοειδή αεροκύτταρα του κροταφικού οστού και το πυραμοειδές έπαρμα που φιλοξενεί τον μυ του αναβολέα. Στο πρόσθιο και κάτω όριο του μέσου αυτιού εκφύεται η ευσταχιανή σάλπιγγα, η οποία συνδέει το μέσο αυτί με τον ρινοφάρυγγα (Hall, 2014). Η ευσταχιανή σάλπιγγα αποτελεί την μοναδική φυσιολογική οδό αερισμού του ρινοφάρυγγα. Ολόκληρη η δομή καλύπτεται από βλεννογόνο, που συνεχίζει στο εσωτερικό της τυμπανικής κοιλότητας και των μαστοειδών κυττάρων μεταβάλλοντας την κυτταρική του σύνθεση (Hall, 2014).

Η τυμπανική μεμβράνη συγκροτείται από τρεις διαφορετικές στιβάδες ιστού που προσδίδουν δομική ακαμψία και αντοχή. Η εξωτερική επιδερμική στιβάδα ανανεώνεται συνεχώς ακριβώς όπως το δέρμα (Hall, 2014). Η τυμπανική μεμβράνη χωρίζεται σε τεταρτημόρια και αποτελείται από την χαλαρή μοίρα, που είναι πολύ

εύκαμπτη, και την τεταμένη μοίρα που καταλαμβάνει την μεγαλύτερη επιφάνεια και έχει πρωτεύοντα ρόλο στην ακουστική λειτουργία (Hall, 2014). Κατά την πρόσκρουση του ήχου στην τυμπανική μεμβράνη η ηχητική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική (Ηλιάδου, 2026, σελ.13).

Την τυμπανική μεμβράνη με το εσωτερικό αυτί ενώνουν τα οστάρια. Το πρώτο από τρία οστάρια είναι η σφύρα, η λαβή της οποίας προσφύεται στο εσωτερικό στρώμα της τυμπανικής μεμβράνης ενώ η κεφαλή της συνδέεται με τον άκμονα. Ο άκμονας μέσω της φακοειδούς απόφυσης συνδέεται με την κεφαλή του αναβολέα, ο οποίος είναι το μικρότερο οστό στο ανθρώπινο σώμα (Hall, 2014). Η βάση του αναβολέα μεταφέρει τις δονήσεις στην ωοειδή θυρίδα του κοχλίου προλαμβάνοντας την ανάκληση του ήχου που θα συνέβαινε αν το κύμα προσέπιπτε απευθείας στα υγρά του έσω αυτιού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αναλογίας 17:1 μεταξύ της επιφάνειας της τυμπανικής μεμβράνης και της βάσης του αναβολέα όπως και χάρη στη δράση μοχλού των οσταρίων δίνοντας συνολική ενίσχυση 25-30dB (Ηλιάδου, 2026, σελ.13).

Μέσα στην κοιλότητα του μέσου αυτιού, τα οστάρια στηρίζονται ανατομικά από συνδέσμους και δυο μικρούς μύες. Ένας ακόμα μύς στο μέσο αυτί είναι ο τείνων το τύμπανο μύς ο οποίος συνδέεται με τη σφύρα και νευρώνεται από την πέμπτη εγκεφαλική συζυγία (τρίδυμο νεύρο). Συσπάται κατά τη διάρκεια εσωτερικών ήχων του οργανισμού με σκοπό να μειώσει την παρεμβολή αυτών για την βέλτιστη ακρόαση του εξωτερικού περιβάλλοντος (Hall, 2014). Ο μύς το αναβολέα εκφύεται από το πυραμοειδές έπαρμα και προσφύεται στον αυχένα του αναβολέα. Νευρώνεται από την έβδομη εγκεφαλική συζυγία και η κύρια λειτουργία του είναι να σταθεροποιεί τον αναβολέα σε κατάσταση ηρεμίας όπως και να παρέχει προστασία του κοχλίου για συχνότητες κάτω από 2000 Hz και ένταση πάνω από 90dB (Hall, 2014).

Το σύστημα του μεσαίου αυτιού έχει σημαντική λειτουργία για την προσαρμογή της σύνθετης αντίστασης, προσφέροντας μια ισορροπία μεταξύ της χαμηλής αντίστασης του αέρα στον έξω ακουστικό πόρο και την υψηλή αντίσταση των υγρών του έσω αυτιού. Αν απουσιάζει αυτός ο μηχανισμός που μετατρέπει την ενέργεια, η ασυμβατότητα των εντάσεων θα προκαλούσε απώλεια περίπου 30dB της ηχητικής έντασης. Η δομή του μεσαίου αυτιού ωστόσο, προσφέρει την απαιτούμενη αύξηση της ενέργειας για την μεταφορά των ακουστικών κυμάτων (Hall, 2014).

Κύριος σκοπός του μεσαίου αυτιού είναι να μεταβιβάζει τα ηχητικά κύματα από το αέριο περιβάλλον στα υγρά του κοχλία. Βελτιστοποιεί τη μετάδοση της ενέργειας και ελαχιστοποιεί το ποσοστό του ανακυκλωμένου ήχου (Ηλιάδου, 2026, σελ.13).Επίσης, προσφέρει πολύ καλή ακουστική πιστότητα χωρίς παραμόρφωση ακόμα και για εντάσεις πάνω από 130 dB SPL (Ηλιάδου, 2026, σελ.14).

Η ιδιοσυχνότητα του ακουστικού μηχανισμού διαμορφώνεται από τα ανατομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του έξω και μεσαίου αυτιού, διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο την διέλευση συγκεκριμένων συχνοτήτων προς το εσωτερικό αυτί (Ηλιάδου, 2026, σελ.14). Ειδικότερα, ο έξω ακουστικός πόρος παρουσιάζει συχνότητα συντονισμού 3500 Hz, ενώ το μεσαίο αυτί 800 Hz και η τυμπανική μεμβράνη μεταδίδει τις συχνότητες μεταξύ 800 και 1600 Hz, ενώ τα οστάρια καλύπτουν εύρος 500-4000 Hz. Συνολικά, η ακουστική ευαισθησία κορυφώνεται στις συχνότητες 500-4000 Hz, οι οποίες είναι κρίσιμες για την κατανόηση της ανθρώπινης ομιλίας (Ηλιάδου, 2016, σελ. 14). Η φυσική ενίσχυση που παρατηρείται, οφείλεται στα ακουστικά χαρακτηριστικά του έξω αυτιού και προσφέρει ενίσχυση έντασης 15 dB στα 3000 Hz και 10 dB στα 2000-5000 Hz (Ηλιάδου, 2026, σελ.14).

Εσωτερικό Αυτί

Το εσωτερικό αυτί περιβάλλεται και προστατεύεται από τα οστά του κρανίου, αποτελώντας την περιοχή όπου η μηχανική ενέργεια των ηχητικών δονήσεων μετατρέπεται σε ηλεκτρική νευρική δραστηριότητα (Hall, 2014). Η ηχητική ενέργεια, έχοντας υποστεί επεξεργασία και ενίσχυση από το μέσο αυτί μεταφέρεται ως δόνηση στα υγρά του εσωτερικού αυτιού, δημιουργώντας υδραυλικά κύματα τα οποία προκαλούν μετατόπιση μιας λεπτής μεμβράνης με τις δονήσεις να είναι κατά μήκος της ξεκινώντας από την περιοχή κοντά στο μεσαίο αυτί ως στο απώτερο άκρο (Hall, 2014).

Χιλιάδες τριχωτά κύτταρα διεγείρονται καθώς η βασική μεμβράνη ταλαντώνεται κατακόρυφα ως απόκριση στα ακουστικά κύματα. Ανατομικά τα κύτταρα αυτά διακρίνονται σε εσωτερικά και εξωτερικά τριχωτά κύτταρα. Τα εσωτερικά τριχωτά κύτταρα συνδέονται λειτουργικά με τις ίνες του ακουστικού νεύρου και όταν διεγείρονται από τις μηχανικές δονήσεις απελευθερώνουν νευροδιαβιβαστές που προκαλούν ηλεκτρική απόκριση στις νευρικές ίνες μεταδίδοντας έτσι τη νευρική ώση στον εγκέφαλο (Hall, 2014). Αντίθετα, τα εξωτερικά τριχωτά κύτταρα παρουσιάζουν διαφορετική μορφολογία και λειτουργίες. Αυτά έχουν την ικανότητα να αλλάζουν το

σχήμα τους όταν ενεργοποιούνται και λειτουργούν ως ενισχυτής που προσφέρει επιπλέον ενέργεια στο εσωτερικό αυτί ενισχύοντας την ακουστική ευαισθησία (Hall, 2014). Τόσο τα εσωτερικά όσο και τα εξωτερικά τριχωτά κύτταρα αποτελούνται από στερεοοκροσσούς, οι οποίοι έρχονται σε επαφή με τον καλυπτήριο υμένα. Η κίνηση του καλυπτήριου υμένα προκαλεί την κάμψη των στερεοοκροσών και με αυτόν τον τρόπο πυροδοτεί τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική (Ηλιάδου, 2026, σελ.19).

Ο κοχλίας που βρίσκεται στο έσω αυτί αποτελεί μια οστέινη έλικα και περιλαμβάνει τα έσω και έξω τριχωτά κύτταρα, τα οποία αποτελούν τα βασικά αισθητικά. Μέσα στο οστέινο τοίχωμα του κοχλίου υπάρχει ο μεμβρανώδης λαβύρινθος, ο οποίος χωρίζει τον κοχλία σε τρεις χώρους: την αιθουσαία, τη μέση και την τυμπανική κλίμακα (Ηλιάδου, 2026, σελ. 15; Hall, 2014).

Η ακουστική ενέργεια μεταβιβάζεται στο εσωτερικό αυτί από την παλινδρομική κίνηση της βάσης του αναβολέα μέσα στην ωοειδή θυρίδα. Κάθε μια μετατόπιση προκαλεί τη δημιουργία μιας δόνησης στη βασική μεμβράνη. Οι κινήσεις αυτές ως απόκριση στα ηχητικά ερεθίσματα ονομάζονται ταξιδεύοντα κύματα (Hall, 2014). Αυτά, ξεκινούν από τη βάση του κοχλίου και κατευθύνονται προς την κορυφή του με το πλάτος τους να μεταβάλλεται κατά μήκος της μεμβράνης. Το σημείο εμφάνισης του μέγιστου πλάτους ταλάντωσης όπως και η μορφολογία του εξαρτώνται από την συχνότητα του εισερχόμενου ήχου (Hall, 2014). Η οργάνωση του κοχλίου είναι τονοτοπική, οι υψίσυχοι ήχοι ενεργοποιούν τα κύτταρα στη βάση του, ενώ οι χαμηλόσυχοι ήχοι ενεργοποιούν αυτά στην κορυφή του. Αυτή του η οργάνωση επιτρέπει στο ανθρώπινο αυτί να καλύπτει ένα εύρος συχνοτήτων από 20-20.000 Hz (Ηλιάδου, 2026, σελ.17; Hall, 2014). Η συχνότητα του ήχου υπαγορεύει την περιοχή όπου η βασική μεμβράνη θα εμφανίσει την μέγιστη ταλάντωση της. Οι υψηλές συχνότητες προκαλούν μέγιστη μετατόπιση στη βάση του κοχλίου, ενώ οι χαμηλές συχνότητες εστιάζουν στην κορυφή. Μόνο τα κύματα χαμηλών συχνοτήτων μπορούν να διαδοθούν κατά μήκος ολόκληρης της βασικής μεμβράνης (Ηλιάδου, 2026, σελ.18).

Ο κοχλίας αποδίδει με εξαιρετική ακρίβεια τα ακουστικά χαρακτηριστικά του σήματος χάρη στον μηχανισμό του κοχλιακού ενισχυτή. Αυτός βασίζεται στις μηχανικές ιδιότητες του εσωτερικού αυτιού και πετυχαίνει με αυτόν τον τρόπο υψηλή συχνοτική διακριτικότητα (Ηλιάδου, 2026, σελ.18). Επίσης, στηρίζεται στην ενεργή

ηλεκτρομηχανική απόκριση των εξωτερικών τριχωτών κυττάρων, η οποία ενισχύει την ταλάντωση της βασικής μεμβράνης γύρω από τη χαρακτηριστική της συχνότητα προκαλώντας λεπτό συντονισμό και αυξημένη ευαισθησία σε ήχους χαμηλής έντασης. Αυτή η διαδικασία του εσωτερικού αυτιού ανιχνεύεται και αξιολογείται αντικειμενικά μέσω των ωτοακουστικών εκπομπών (Ηλιάδου, 2026, σελ.18).

Μέσα στον κοχλιακό πόρο (μέση κλίμακα) βρίσκεται το όργανο του Corti, το οποίο διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην διαδικασία της ακοής. Αποτελείται από τα εσωτερικά και τα εξωτερικά τριχωτά κύτταρα, τα υποστηρικτικά κύτταρα και τον καλυπτήριο υμένα ενώ στο εσωτερικό του υπάρχει η κορτίλεμφορ (Ηλιάδου, 2026, σελ. 18).

Όγδοο Κρανιακό Νεύρο-Ακουστικό Νεύρο

Το όγδοο εγκεφαλικό νεύρο (ακουστικό νεύρο) είναι υπεύθυνο για την μεταφορά των ακουστικών και αιθουσαίων πληροφοριών από το αυτί προς το κεντρικό νευρικό σύστημα και περνάει μέσα από τον έσω ακουστικό πόρο, μια οστέινη οδό του κροταφικού οστού (Hall, 2014). Στον άνθρωπο αποτελείται περίπου από 30.000 νευρικές ίνες, οι οποίες παράγουν δυναμικά ενέργειας κωδικοποιώντας τα ακουστικά ερεθίσματα για την περαιτέρω επεξεργασία και αντίληψη τους από τον εγκέφαλο (Ηλιάδου, 2026, σελ.20).

Με βάση τον ρυθμό αυτόματης πυροδότησης, οι ακουστικές ίνες ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: α) υψηλές με 18-120 δυναμικά ενέργειας/δευτερόλεπτο β) μεσαίες με 0,5-18 δυναμικά ενέργειας/δευτερόλεπτο γ) χαμηλές 0-0,5 δυναμικά ενέργειας/δευτερόλεπτο (Ηλιάδου, 2026, σελ.20). Αυτές με υψηλό ρυθμό αυτόματης δραστηριότητας παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ευαισθησία και ενεργοποιούνται σε χαμηλότερα επίπεδα ηχητικής έντασης συγκριτικά με τις ίνες μεσαίου και χαμηλού ρυθμού. Επίσης, προβάλλουν σε διαφορετικές περιοχές του κεντρικού ακουστικού νευρικού συστήματος σε σχέση με τις ίνες χαμηλού ρυθμού, υποδηλώνοντας ότι η αυτόματη δραστηριότητα αντανάκλα μια λειτουργικά και ανατομικά εξειδικευμένη οργάνωση (Ηλιάδου, 2026, σελ.20). Η κύρια παράμετρος αξιολόγησης της λειτουργίας μιας ακουστικής νευρικής ίνας είναι η καμπύλη συντονισμού (tuning curve), η οποία αποτυπώνει την διακύμανση της δραστηριότητας της ως απόκριση στη συχνότητα και την ένταση του ηχητικού ερεθίσματος (Ηλιάδου, 2026, σελ.20).

Οι ακουστικές νευρικές ίνες παρουσιάζουν συνεχή αυθόρμητη δραστηριότητα πυροδοτώντας δυναμικά ενέργειας ακόμα και σε απόλυτα ήσυχο περιβάλλον απουσία ακουστικού ερεθίσματος. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται δυναμικό ηρεμίας (Hall, 2014). Οποιαδήποτε βλάβη στα τριχωτά κύτταρα, ακόμα και στους στερεοοκροσσούς, μπορεί να προκαλέσει αλλαγή στη λειτουργία των ακουστικών ινών και αυτό να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ουδού ενεργοποίησης, τη διεύρυνση της συχνότητας απόκρισης και τη διπλακουσία (το ίδιο ερέθισμα ακούγεται διαφορετικά στο κάθε αυτί) (Ηλιάδου, 2026, σελ.21).

2.5.2 Κεντρικό Ακουστικό Νευρικό Σύστημα

Η μετάβαση από το περιφερικό στο κεντρικό ακουστικό σύστημα συντελείται στο εγκεφαλικό στέλεχος, εκεί όπου οι ακουστικές ίνες πραγματοποιούν συνάψεις με τους νευρώνες των κοχλιακών πυρήνων (Hall, 2014). Οι ακουστικοί νευρώνες οργανώνονται σε διακριτά εγκεφαλικά κέντρα, τους πυρήνες και σχηματίζουν εξειδικευμένες νευρικές οδούς που μεταφέρουν την πληροφορία διαδοχικά από τη μια περιοχή του εγκεφάλου στην άλλη. Αυτά τα ακουστικά κέντρα υπάρχουν αμφοτερόπλευρα στον εγκέφαλο και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω νευρικών δεσμίδων που διασταυρώνονται από τη μια πλευρά στην άλλη σχηματίζοντας έτσι χιασμούς (Hall, 2014).

Η είσοδος των ακουστικών ινών στο κεντρικό νευρικό σύστημα πραγματοποιείται στο επίπεδο της γέφυρας, η οποία περιλαμβάνει μέγιστης σημασίας ακουστικά κέντρα (Hall, 2014). Επίσης, ο θάλαμος, που βρίσκεται ανατομικά ανάμεσα στο εγκεφαλικό στέλεχος και τον εγκεφαλικό φλοιό, περιλαμβάνει το έσω γονατώδες σώμα το οποίο επεξεργάζεται τα ακουστικά σήματα. Πολλές νευρικές οδοί συνδέουν τον θάλαμο με τον εγκεφαλικό φλοιό, ο οποίος είναι η κορυφή του ακουστικού συστήματος (Hall, 2014).

Το ακουστικό σύστημα είναι αρκετά περίπλοκο. Αυτή η πολυπλοκότητα αντανακλάται από την παρουσία ενός μεγάλου αριθμού νευρώνων, οι οποίοι διακρίνονται σε δομικούς και λειτουργικούς και επιτελούν εξειδικευμένους ρόλους στην επεξεργασία του ήχου (Hall, 2014). Επίσης, εκδηλώνεται μέσα από τους πολλαπλούς πυρήνες, ακόμα και σε περιορισμένες ανατομικές περιοχές. Ακόμη, το σύστημα χαρακτηρίζεται από πολλαπλούς χιασμούς των νευρικών ινών, οι οποίοι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ταχεία μεταφορά ακουστικών πληροφοριών προς τα ανώτερα εγκεφαλικά

κέντρα. Τέλος, η λειτουργική αυτή πολυπλοκότητα ενισχύεται από την παρουσία ποικίλων νευροδιαβιβαστών (Hall, 2014).

Ακουστικό Εγκεφαλικό Στέλεχος

Οι ακουστικές ίνες εισέρχονται στο εγκεφαλικό στέλεχος σε μια περιοχή που ονομάζεται παρεγκεφαλιδογεφυρική γωνία. Μετά την ενεργοποίηση των νευρώνων στους πυρήνες της γέφυρας οι ακουστικές οδοί ακολουθούν πολλαπλές διαδρομές: ορισμένες ομόπλευρα, άλλες διασταυρώνονται. Γενικά, η ακουστική πληροφορία εισέρχεται στο κεντρικό νευρικό σύστημα με πολλούς τρόπους (Hall, 2014).

Όλες οι προσαγωγές ίνες του ακουστικού νεύρου καταλήγουν στους κοχλιακούς πυρήνες, οι οποίοι περιλαμβάνουν πέντε βασικές μορφές κυττάρων με διακριτά μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση την απόκριση της έναρξης, λήξης και την τροποποίηση της συχνότητας (Ηλιάδου, 2026, σελ.21). Από τους κοχλιακούς πυρήνες ξεκινάνε τρεις κύριες νευρικές οδοί, οι οποίες μεταφέρουν τις ακουστικές πληροφορίες από τη μια πλευρά του στελέχους προς τα ανώτερα ακουστικά κέντρα της ετερόπλευρης πλευράς. Διακρίνονται σε κεφαλική ακουστική ταινία, κοιλιακή ακουστική ταινία και ενδιάμεση ακουστική ταινία (Hall, 2014).

Η πλειονότητα των ακουστικών ινών από τους κοχλιακούς πυρήνες προβάλλουν αμφίπλευρα προς το άνω ελαιώδες σύμπλεγμα και πολλές από αυτές χιάζονται προς την ετερόπλευρη δομή (Ηλιάδου, 2026, σελ.22). Τα ακουστικά κέντρα που εντοπίζονται πάνω από αυτό το σύμπλεγμα μπορεί να περιλαμβάνουν τόσο διεγερτικούς, που ενισχύουν και προωθούν τη διέγερση, όσο και ανασταλτικούς παράγοντες, που εξασθενούν ή καταστέλλουν τη μετάδοση του ακουστικού σήματος. Δέχονται εισροές και από τα δύο αυτιά επιτρέποντας την διωτική επεξεργασία του ήχου (Ηλιάδου, 2026, σελ.22). Έτσι, η ακουστική εισροή από το ετερόπλευρο αντί δρα συνήθως διεγερτικά, ενώ από το ομόπλευρο κατασταλτικά. Οι πυρήνες της έξω και έσω ελαίας εμφανίζουν τονοτοπική διάταξη, αντιστοιχίζοντας συγκεκριμένες συχνότητες σε ανατομικές περιοχές. Χάρη σε αυτή τη δομή, οι πυρήνες αυτοί διαδραματίζουν πρωτεύοντα ρόλο στον εντοπισμό της κατεύθυνσης του ήχου στον χώρο (Ηλιάδου, 2026, σελ.22). Το άνω ελαιώδες σύμπλεγμα μειώνει την ευαισθησία των συχνοτικών καναλιών για ήχους που δεν παρακολουθούνται ενεργά από τον ακροατή και

βελτιστοποιεί την πρόσληψη και αισθητηριακή ευκρίνεια των ηχητικών πηγών όπου εστιάζεται η προσοχή (Ηλιάδου, 2026, σελ.22).

Τα οπίσθια διδύμια είναι ένας σύνθετος σταθμός επεξεργασίας της ακουστικής οδού και αποτελούνται από περίπου 18 διαφορετικούς τύπους νευρώνων και πέντε εξειδικευμένες περιοχές. Συμβάλλουν στην διάκριση της συχνότητας και της έντασης, στον υπολογισμό της ακουστότητας όπως και στην επεξεργασία των διωτικών ακουστικών σημάτων (Ηλιάδου, 2026, σελ.22). Η βασική λειτουργία τους αποτελεί την υψηλή ευαισθησία για την δυναμική κωδικοποίηση και καταγραφή των παραμέτρων του ακουστικού σήματος (Ηλιάδου, 2026, σελ.22).

Θάλαμος

Ο θάλαμος ανατομικά βρίσκεται μεταξύ του εγκεφαλικού στελέχους και του ακουστικού φλοιού. Φιλοξενεί στο οπίσθιο τμήμα του το έσω γονατώδες σώμα στο οποίο τερματίζουν οι νευρικές ίνες από τα οπίσθια διδύμια (Hall, 2014). Ο κύριος πυρήνας του έσω γονατώδους σώματος αποτελείται από νευρώνες οργανωμένους σε στιβάδες όπου η κάθε μια αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη περιοχή του κοχλίου (Ηλιάδου, 2026, σελ.22). Επιπλέον, και σε αυτό το ανατομικό επίπεδο η εκπροσώπηση των συχνοτήτων είναι ισχυρή για την ακουστική οδό. Η παρουσία ετερογένειας των κυττάρων εξασφαλίζει την εξειδικευμένη κωδικοποίηση της ακουστικής πληροφορίας (Ηλιάδου, 2026, σελ.22). Στο έσω γονατώδες σώμα εντοπίζονται νευρώνες με βραχύ λανθάνοντα χρόνο απόκρισης και οξείες καμπύλες συντονισμού σε συγκεκριμένες συχνότητες ταυτόχρονα με νευρώνες σε ευρύτερες ζώνες συχνοτήτων με επιβραδυνόμενη απόκριση και τάσεις εξοικείωσης. Αυτή η συνύπαρξη επιτρέπει στο ακουστικό σύστημα την κωδικοποίηση των φυσικών ιδιοτήτων του ήχου και την εύελκτη επεξεργασία σύνθετων ακουστικών ερεθισμάτων (Ηλιάδου, 2026, σελ.22).

Ακουστικός Φλοιός

Ο ακουστικός φλοιός εντοπίζεται στον κροταφικό λοβό και υποδιαιρείται σε επιμέρους περιοχές ανάλογα την κυτταρική τους οργάνωση, την τονοτοπία και τις θαλαμικές τους διασυνδέσεις (Ηλιάδου, 2026, σελ.23). Ο πρωτογενής ακουστικός φλοιός περιλαμβάνει τις τονοτοπικά οργανωμένες περιοχές που συνδέονται με τον κύριο πυρήνα του έσω γονατώδους σώματος, ενώ οι μη τονοτοπικά οργανωμένες περιοχές συνδέονται με τους περιφερικούς πυρήνες. Οι θαλαμοφλοιϊκές συνδέσεις συγκροτούν ένα κλειστό κύκλωμα που επιτρέπει τη ρύθμιση των ακουστικών σημάτων με βάση την τονοτοπία

και άλλων χαρακτηριστικών τους (Ηλιάδου, 2026, σελ.23). Επίσης, η παρουσία κατιουσών νευρικών οδών υποστηρίζει την επικοινωνία του φλοιού με τον κοχλία και υποστηρίζει τη λειτουργία μηχανισμών top-down επεξεργασίας κατά την ακρόαση. Στον ακουστικό φλοιό οι περισσότεροι νευρώνες δέχονται και επεξεργάζονται ερεθίσματα αμφοτερόπλευρα και παρουσιάζουν μοτίβα διωτικής άθροισης ή καταστολής, τα οποία καθορίζουν τον χωρικό εντοπισμό του ήχου (Ηλιάδου, 2026, σελ.23). Η επεξεργασία ηχητικών πηγών στη μέση γραμμή βασίζεται στην αλληλεπίδραση και των δύο ακουστικών καναλιών ενώ η επεξεργασία στα πλάγια πεδία εξαρτάται από μεμονωμένο αισθητηριακό κανάλι (Ηλιάδου, 2026, σελ.23). Σε συνθήκες ελεύθερου πεδίου, η αντίληψη ομιλίας παρουσία θορύβου βελτιώνεται αν οι δύο πηγές διαχωρίζονται χωρικά (Ηλιάδου, 2026, σελ.23). Αν το αντιληπτικό όφελος ανέρχεται σε 1,8 dB όταν η ομιλία και ο θόρυβος είναι από την ίδια κατεύθυνση, μεταβάλλεται στα 8,6 dB αν μεσολαβεί μεταξύ τους γωνία διαχωρισμού 90° διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο την κατανόηση της ομιλίας σε θορυβώδες περιβάλλον (Ηλιάδου, 2016, σελ.23)

2.6 Αξιολόγηση Περιφερικής Ακοής

Η αξιολόγηση της ακουστικής ικανότητας δεν μπορεί να βασίζεται σε υποκειμενικά κριτήρια. Για την έγκυρη και ακριβή διάγνωση απαιτούνται αντικειμενικές και τυποποιημένες ακοολογικές δοκιμασίες (Ηλιάδου, 2026, σελ.30).

2.6.1 Τονικό Ακουόγραμμα

Το τονικό ακουόγραμμα είναι η θεμελιώδης δοκιμασία αξιολόγησης, μέσω της οποίας προσδιορίζεται ο ακουστικός ουδός, η ελάχιστη δηλαδή ένταση κατά την οποία ένας τόνος γίνεται αντιληπτός σε κάθε συχνότητα (Ηλιάδου, 2026, σελ.30). Αν και συχνά περιγράφεται ως έλεγχος ακοής στην πραγματικότητα είναι μια μέτρηση της ακουστικής ευαισθησίας. Η εξέταση στηρίζεται στην εκούσια συμπεριφορική αντίδραση του εξεταζόμενου κατά την αντίληψη του ακουστικού ερεθίσματος, όπως το πάτημα ενός κουμπιού, να σηκώσει το χέρι του κ.α. Για την διασφάλιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, η εξέταση πρέπει να διεξάγεται σε ειδικά διαμορφωμένους ηχομονωμένους θαλάμους. Για τον παιδιατρικό πληθυσμό ως φυσιολογικά όρια ακοής ορίζονται ως τα 15 dB, ενώ για τους ενηλίκους τα 20 dB σε όλο το εύρος των συχνοτήτων (125-8000 Hz) (Ηλιάδου, 2026, σελ.30). Είναι δυνατόν και ο έλεγχος ενδιάμεσων συχνοτήτων για καλύτερη διαγνωστική εικόνα ή η κατ' επιλογή εξέταση

συχνοτήτων προς περιορισμό χρονικής διάρκειας της εξέτασης σε περίπτωση κόπωσης του εξεταζόμενου. Κατά τη διάρκεια της εξέτασης κρίνεται απαραίτητο η χορήγηση των ακουστικών τόνων να γίνεται σε άρρυθμα χρονικά διαστήματα ώστε να αποτρέπεται η πρόβλεψη του ερεθίσματος από τον εξεταζόμενο (Ηλιάδου, 2026, σελ.30). Η εξέταση απαιτεί συνεχή διασταύρωση της αξιοπιστίας των αντιδράσεων του ατόμου για την μέγιστη αποφυγή σφαλμάτων. Ταυτόχρονα, απαγορεύεται η λεκτική παρέμβαση του εξεταστή κατά τη διάρκεια εκπομπής του ήχου, διασφαλίζοντας την αντικειμενικότητα των αποτελεσμάτων (Ηλιάδου, 2026, σελ.30).

2.6.2 Ωτοακουστικές Εκπομπές (Otoacoustic Emissions-OAEs)

Οι ωτοακουστικές εκπομπές ορίζονται ως χαμηλής έντασης ηχητικά κύματα που ανιχνεύονται και καταγράφονται στον έξω ακουστικό πόρο αντικατοπτρίζοντας την κινητικότητα των εξωτερικών τριχωτών κυττάρων του κοχλίου (Hall, 2014). Η διάρκεια της εξέτασης κυμαίνεται από 2 έως 10 λεπτά και για τα δύο αυτιά σε πλήρεις διαγνωστικές αξιολογήσεις (Ηλιάδου, 2026, σελ.31). Αποτελούν αντικειμενικό δείκτη της φυσιολογικής λειτουργίας του κοχλίου (Hall, 2014). Η καταγραφή τους πραγματοποιείται με την εισαγωγή ενός μαλακού βύσματος στον έξω ακουστικό πόρο, μέσω του οποίου μεταφέρεται το ηχητικό ερέθισμα. Τα εξωτερικά τριχωτά κύτταρα του κοχλίου αποκρίνονται κινητικά σε αυτό το ερέθισμα παράγοντας έναν ήχο που κινείται παλίνδρομα και ανιχνεύεται από το μικρόφωνο του βύσματος (Ηλιάδου, 2026, σελ.31). Η φυσιολογική λειτουργία του κοχλίου επιβεβαιώνεται αν το καταγεγραμμένο σήμα πληροί κάποια ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια. Σε περιπτώσεις κοχλιακής βλάβης με ακουστική απώλεια άνω των 45-50 dB, δεν μπορούν να καταγραφούν οι ωτοακουστικές εκπομπές και υποδηλώνεται βαρηκοΐα (Ηλιάδου, 2026, σελ.31). Στην κλινική ακοολογία παρατηρούνται δύο τύποι ωτοακουστικών εκπομπών. Πρώτα εντοπίζονται οι παροδικά προκλητές (Transient Evoked Otoacoustic Emissions), οι οποίες παράγονται ως απόκριση σε σύντομο ακουστικό ερέθισμα τύπου κλικ και έπειτα τα προϊόντα παραμόρφωσης (Distortion Product Otoacoustic Emissions) τα οποία προκαλούνται από την ροή δύο τόνων διαφορετικής συχνότητας f_1 και f_2 ($f_1 < f_2$) με κυρίαρχη την εκπομπή με συχνότητα $2f_1 - f_2$ (Ηλιάδου, 2026, σελ.31). Φασματικά, οι παροδικά προκλητές ωτοακουστικές εκπομπές παρέχουν πληροφορίες για συχνότητες εύρους 2000-4000 Hz, ενώ τα προϊόντα παραμόρφωσης έχουν εύρος συχνοτήτων 1000-8000 Hz. Ωστόσο, σημαντικό είναι να γνωρίζουμε ότι μόνο οι ωτοακουστικές εκπομπές δεν αρκούν για να γίνει διαφοροδιάγνωση μεταξύ βαρηκοΐας αγωγιμότητας και

νευροαισθητήριας βαρηκοΐας (Ηλιάδου, 2026, σελ.31). Επιπλέον, οι ωτοακουστικές εκπομπές δεν έχουν την δυνατότητα να προσδιορίσουν ποσοτικά τους ακουστικούς ουδούς. Αυτή η αδυναμία συνιστά ένδειξη για την ανάγκη διεξαγωγής περαιτέρω διαγνωστικών ελέγχων με σκοπό τον καθορισμό του τύπου και του βαθμού ακουστικής απώλειας (Ηλιάδου, 2026, σελ.31). Χάρη στο γεγονός ότι η διεξαγωγή τους διαρκεί πολύ λίγο, η μέθοδος εφαρμόζεται σε προγράμματα νεογνικού ακοολογικού ελέγχου, ανεξαρτήτως παρουσίας παραγόντων κινδύνου. Παράλληλα, χρησιμοποιούνται στην διαφοροδιάγνωση και την διαχρονική παρακολούθηση προοδευτικών ή ωτοτοξικών βαρηκοϊών (Ηλιάδου, 2026, σελ.31). Τα ευρήματα των ωτοακουστικών εκπομπών συχνά επιδεικνύουν υψηλό βαθμό συσχέτισης με το τονικό ακουόγραμμα (Hall, 2014). Ειδικότερα, άτομα με φυσιολογική ακοή παρουσιάζουν συνήθως φυσιολογικές ωτοακουστικές εκπομπές, ενώ αντίστοιχα η παρουσία παθολογίας στην ακοή συνοδεύεται από παθολογικές ή παντελώς απουσιάζουσες εκπομπές (Hall, 2014). Ωστόσο, είναι πιθανό στην κλινική πράξη να παρατηρηθούν αποκλίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων του τονικού ακουογράμματος και των ευρημάτων των ωτοακουστικών εκπομπών (Hall, 2014).

2.6.3 Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά Εγκεφαλικού Στελέχους (Auditory Brainstem Responses-ABR)

Τα ακουστικά προκλητά δυναμικά εγκεφαλικού στελέχους αντικατοπτρίζουν τη συλλογική ηλεκτρική δραστηριότητα πολυάριθμων ακουστικών νευρικών ινών και πολύπλοκων νευρικών οδών εντός του στελέχους (Hall, 2014). Η φυσιολογική αυτή διαδικασία ξεκινάει όταν οι μηχανικές δονήσεις των ηχητικών κυμάτων μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα από τα τριχωτά κύτταρα στο εσωτερικό αυτί. Έπειτα, τα τριχωτά κύτταρα μεταδίδουν αυτή τη νευρική ενέργεια στις ίνες του ακουστικού νεύρου με αποτέλεσμα το ακουστικό ερέθισμα να πυροδοτεί πολύ γρήγορα μια συγχρονισμένη απόκριση στις νευρικές ίνες (Hall, 2014). Κατά την εξέταση το ακουστικό ερέθισμα είναι συνήθως ένας σύντομος ήχος σε διάρκεια τύπου κλικ, που παρουσιάζεται σε συνθήκες ησυχίας, ο οποίος καλύπτει ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων μεταξύ 2000-4000 Hz. Πρόκειται για μια αντικειμενική διαδικασία που δεν απαιτεί την ενεργό συνεργασία του εξεταζόμενου έχοντας ως κύρια προϋπόθεση την ηρεμία και την απουσία κινήσεων κατά την διάρκεια της καταγραφής με σκοπό την λειτουργική ακεραιότητα και διαβίβαση των ακουστικών σημάτων στο στέλεχος (Ηλιάδου, 2026, σελ.31). Για την καταγραφή τους, τοποθετούνται δύο ηλεκτρόδια στην περιοχή του μετώπου και ένα

ηλεκτρόδιο σε κάθε μαστοειδή απόφυση. Χρησιμοποιούνται είτε αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια μιας χρήσης είτε μεταλλικά ηλεκτρόδια πολλαπλών χρήσεων (Ηλιάδου, 2026, σελ.32). Η διασφάλιση της βέλτιστης ποιότητας και της σωστής τοποθέτησης των ηλεκτροδίων είναι καθοριστική καθώς μέσω αυτών εξαρτάται η λήψη των νευρικών σημάτων (Ηλιάδου, 2026, σελ.32). Η κυματομορφή των ακουστικών προκλητών δυναμικών εγκεφαλικού στελέχους παρουσιάζει κοιλώματα και κορυφές ή αλλιώς κύματα όπου το καθένα αντιπροσωπεύει την νευρική δραστηριότητα συγκεκριμένων επιπέδων της ακουστικής οδού. Τα κύρια κύματα παρατήρησης είναι το I, το III και το V (Hall, 2014). Το κύμα I πηγάζει από τη συγχρονισμένη δραστηριότητα των ινών του ακουστικού νεύρου και κυρίως του περιφερικού άκρου δίπλα στον κοχλία (Hall, 2014). Το κύμα III πηγάζει από τη περιοχή της γέφυρας στο κατώτερο στέλεχος και αφορά τη συνδυαστική νευρική δραστηριότητα πολλαπλών οδών στο ακουστικό σύστημα (Hall, 2014). Το κύμα V είναι εξέχον κύμα και παράγεται στον ανώτερο μεσεγκέφαλο με κύρια ανατομική πηγή τις νευρικές ίνες του πλευρικού λημνίσκου, δηλαδή της οδού που μεταφέρει τις ακουστικές πληροφορίες στα ανώτερα επίπεδα του στελέχους (Hall, 2014). Η αξιολόγηση του ABR στηρίζεται στους χρόνους εμφάνισης (λανθάνον χρόνος) των επτά κύριων κυμάτων μετά την παροχή του ακουστικού ερεθίσματος κλικ (Ηλιάδου, 2026, σελ.32). Ο λανθάνον χρόνος είναι το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη στιγμή που παρουσιάζεται το ακουστικό ερέθισμα ως την εμφάνιση κύματος με τον ακουολόγο να συγκρίνει τις τιμές αυτές με τις φυσιολογικές τιμές για τη διαγνωστική αξιολόγηση της οδού (Hall, 2014). Ο λανθάνων χρόνος μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την ένταση του χορηγούμενου ερεθίσματος, όσο αυξάνεται η ένταση του κλικ τόσο ελαττώνεται ο χρόνος εμφάνισης των κυμάτων και το ανάποδο (Ηλιάδου, 2026, σελ.32). Μια επιπλέον παράμετρος που υπολογίζεται είναι το πλάτος των κυμάτων. Το πλάτος ορίζεται ως το μέγεθος της ηλεκτρικής τάσης σε μικροβόλτ που μετριέται από την κορυφή του κύματος ως το αμέσως προηγούμενο ή επόμενο κοίλωμα. Το πλάτος χαρακτηρίζεται από χαμηλές τιμές ακόμα και σε υγιείς πληθυσμούς (Hall, 2014).

Τα ABR εφαρμόζονται είτε ως ανιχνευτική δοκιμασία σε μια μόνο ένταση, στα 80 dB για τον έλεγχο ακουστικής νευροπάθειας είτε σε μια διαδοχή εντάσεων για την εκτίμηση της ακουστικής οδού. Η πλήρης διαγνωστική αξιολόγηση απαιτεί αυξημένο χρόνο εκτέλεσης συγκριτικά με τον ανιχνευτικό έλεγχο (Ηλιάδου, 2026, σελ.32). Σε άτομα με φυσιολογική ακοή, η καταγραφή των ABR διατηρεί τη μορφολογία και τους

φυσιολογικούς λανθάνοντες χρόνους των κυμάτων από τα 80 dB ως τα 20 dB. Σε περιπτώσεις νευροαισθητήριας βλάβης ή κώφωσης τα ABR δεν καταγράφονται (Ηλιάδου, 2026, σελ.32). Σε ορισμένες παθολογίες τα ABR εμφανίζουν διατηρημένη μορφολογία αλλά παρατεταμένους λανθάνοντες χρόνους και σε άλλες παρατηρείται αλλοίωση τόσο στη μορφολογία όσο και στους χρόνους. Τέτοιες διαταραχές παρατηρούνται και στη Διαταραχή Ακουστικής Επεξεργασίας όπου το 10% των παιδιών με διάγνωση εμφανίζουν παθολογικά ευρήματα ABR (Ηλιάδου, 2026, σελ.32).

2.6.4 Τυμπανομετρία & Αντανεκλαστικό του Αναβολέα

Η τυμπανομετρία αποτελεί μια ταχεία και αντικειμενική μέθοδο αξιολόγησης της πίεσης του αέρα στο μέσω αυτί και της διάγνωσης της εκκριτικής ωτίτιδας. Είναι αποτελεσματική δοκιμασία για τον έλεγχο της λειτουργικότητας του μεσαίου αυτιού, επιτρέπει τον εντοπισμό προβλημάτων υποαερισμού και βλαβών στην οσταριακή αλυσίδα (Ηλιάδου, 2026, σελ.33). Η τυμπανομετρία πραγματοποιείται με την χρήση ειδικού εξοπλισμού εντός 1-2 λεπτών και για τα δύο αυτιά. Το αποτέλεσμα της εξέτασης είναι το τυμπανόγραμμα που απεικονίζει την κινητικότητα της τυμπανικής μεμβράνης υπό συνθήκες μεταβαλλόμενης πίεσης στον ακουστικό πόρο. Το τυμπανόγραμμα δεν αποτελεί δοκιμασία εκτίμησης της ακοής (Ηλιάδου, 2026, σελ.33).

Κατά τη διάρκεια της τυμπανομετρίας, η μέγιστη κινητικότητα του τυμπανικού υμένα καταγράφεται όταν η πίεση στο μέσω αυτί ισούται με την ατμοσφαιρική πίεση. Αν υπάρχουν αποκλίσεις σε αυτήν την ισορροπία υποδηλώνονται παθολογίες, οι οποίες αποτυπώνονται στο τυμπανόγραμμα. Με βάση τον Jerger υπάρχουν 3 τύποι τυμπανογράμματος (Ηλιάδου, 2026, σελ.33):

- i. Τύπος A (Φυσιολογικό): Απεικονίζει τη φυσιολογική λειτουργία του μέσου αυτιού χωρίς παθολογίες και η κορυφή του ιδανικά είναι στο 0 με εύρος αποδεκτών τιμών -100 ως +50.
- ii. Τύπος B (Επίπεδος): Πλήρη απουσία κορυφών με απεικόνιση μιας σχεδόν ευθείας γραμμής. Συνδέεται με την παρουσία υγρού στο μέσω αυτί ως αποτέλεσμα φλεγμονής.
- iii. Τύπος C (Αρνητική Πίεση): Έχει την μορφολογία του A αλλά η κορυφή του ανήκει σε αρνητικές τιμές κάτω των -100. Συνδέεται με αδυναμία εξίσωσης των πιέσεων.

Η εξέταση του αντανακλαστικού του αναβολέα είναι μια πολύτιμη διαγνωστική δοκιμασία για την αξιολόγηση της αρτιότητας και λειτουργικότητας της οσταριακής αλυσίδας. Το αντανακλαστικό ενεργοποιείται από ήχους υψηλής έντασης και προκαλεί σύσπαση του μυός μέσω της σύνδεσης των ακουστικών πυρήνων με το 7^ο κρανιακό νεύρο. Δεν είναι εργαλείο εξέτασης, ωστόσο η απουσία του κατά τον έλεγχο για ΔΑΕ εγείρει την υποψία ακουστικής νευροπάθειας (Ηλιάδου, 2026, σελ.33).

2.7 Διάγνωση της ΔΑΕ

Η διαγνωστική προσέγγιση της ΔΑΕ, αποτελεί μια εξειδικευμένη και απαιτητική διαδικασία, η οποία χρειάζεται αυξημένο χρόνο και διενεργείται αποκλειστικά από κατάλληλα εκπαιδευμένους ιατρούς (Ηλιάδου, 2026, σελ.34). Σύμφωνα με την Ηλιάδου (2026), μερικά από τα συμπτώματα που πιθανόν υποδηλώνουν ΔΑΕ αλλά χωρίς να αποτελούν διάγνωση είναι:

- ✓ Μειωμένη ικανότητα διάκρισης και κατανόησης της ομιλίας σε θορυβώδες περιβάλλον
- ✓ Αυξημένος χρόνος απόκρισης σε λεκτικές εντολές και συχνά αιτήματα επανάληψης της ακουστικής πληροφορίας
- ✓ Περιορισμένη διάρκεια διατηρούμενης ακουστικής προσοχής
- ✓ Περιορισμένη ακουστική μνήμη
- ✓ Συχνή ανάγκη αύξησης του ήχου σε ηλεκτρονικές συσκευές και αδυναμία παρακολούθησης περιεχομένου σε αυτές για μεγάλο χρονικό διάστημα
- ✓ Δυσκολία στην ακριβή διάκριση στίχων σε τραγούδια και αυξημένη δυσκολία εκμάθησης ξένων γλωσσών
- ✓ Εμφάνιση μαθησιακών δυσκολιών και περιορισμένη ικανότητα ενεργού συμμετοχής στην τάξη
- ✓ Έντονη υπερευαισθησία σε καθημερινούς ήχους με τάση αποφυγής τους και δυσκολία συμμετοχής σε ομαδικά παιχνίδια
- ✓ Ευκολία απόσπασης της προσοχής και ασταθής επικοινωνία
- ✓ Μειωμένη αυτοεκτίμηση ως απόρροια των παραπάνω

Κλινικά, εντοπίζονται αρχικά 1-3 από τα παραπάνω λειτουργώντας ως προειδοποιητικοί δείκτες για παραπομπή σε εξειδικευμένο ακοολογικό έλεγχο

ακουστικής επεξεργασίας (Ηλιάδου, 2026, σελ.35). Αυτά τα συμπτώματα δεν είναι αποκλειστικά της ΔΑΕ, μπορεί να εμφανίζονται και στην ΔΑΦ, στη δυσλεξία, στη ΔΕΠΥ κ.α. Σε αυτές τις περιπτώσεις κρίνεται απαραίτητος ο διαγνωστικός έλεγχος της ακουστικής επεξεργασίας με σκοπό την διαφοροδιάγνωση και την διαμόρφωση ορθού πρωτοκόλλου παρέμβασης (Ηλιάδου, 2026, σελ.35).

Το αρχικό στάδιο της διάγνωσης περιλαμβάνει τη συλλογή ιστορικού με πλήρης λεπτομέρειες. Για τον παιδιατρικό πληθυσμό, η διαδικασία επικεντρώνεται στο αναπτυξιακό ιστορικό για να αξιολογηθεί ενδελεχώς και η επίτευξη των οροσήμων στον λόγο, την ομιλία και την αδρή- λεπτή κινητικότητα. Η ηλικία έναρξης της ομιλίας είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς συνδέεται στενά με την ακουστική αντίληψη και την νευροαναπτυξιακή διαμόρφωση του κεντρικού ακουστικού συστήματος, διαδικασία που επιτρέπει στο παιδί να αποκτήσει την ικανότητα αντίληψης της ομιλίας σε θορυβώδη περιβάλλον σε επίπεδο υγιή ενήλικα (Ηλιάδου, 2026, σελ.35). Κρίνεται επίσης απαραίτητη η καταγραφή του περιγεννητικού ιστορικού (τρόπος γέννησης, κατάσταση νεογνού, νεογνικός ακοολογικός έλεγχος με ωτοακουστικές εκπομπές). Επίσης, ελέγχεται ο χρόνος εμφάνισης των συμπτωμάτων και εξετάζεται το ενδεχόμενο πιθανών ωτίτιδων και λοιμώξεων κατά τη βρεφική και πρώιμη παιδική ηλικία καθώς είναι κρίσιμες περίοδοι για την ανάπτυξη ομιλίας και λόγου (Ηλιάδου, 2026, σελ.36).

Το επόμενο στάδιο επικεντρώνεται στην εκτίμηση της περιφερικής ακοής, κάτι το οποίο κρίνεται απαραίτητο καθώς πρέπει να αποκλειστεί η παρουσία βαρηκοΐας για την έγκυρη αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας. Το τονικό ακούγραμμα είναι το κύριο διαγνωστικό εργαλείο για την αξιολόγηση της περιφερικής ακοής (Ηλιάδου, 2026, σελ.36).

Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει την επιλογή των κατάλληλων σταθμισμένων ακουστικών τεστ για την αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας προσαρμοσμένα στο κάθε άτομο. Τα τεστ διακρίνονται σε λεκτικά (λεκτικά ερεθίσματα με ψευδολέξεις, λέξεις) και σε μη λεκτικά μέσω μη γλωσσικών ηχητικών ερεθισμάτων (Ηλιάδου, 2026, σελ.36). Ανάλογα με τον σχεδιασμό τους, οι δοκιμασίες μπορεί να χορηγηθούν με αμφιωτική, διχωτική ή μονοωτιαία παρουσίαση ερεθίσματος. Η διαγνωστική διαδικασία πραγματοποιείται μέσω ακουομετρητή, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο τον ακριβή έλεγχο της έντασης των ερεθισμάτων, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 50-60 dB ανάλογα με το ακουστικό περιβάλλον εξέτασης των ερεθισμάτων (Ηλιάδου,

2026, σελ.36). Το επίπεδο της έντασης των ερεθισμάτων αντιστοιχεί στα επίπεδα της καθημερινής ομιλίας και χαρακτηρίζεται ως υπερουδική, καθώς υπερβαίνει τον ακουστικό ουδό, δηλαδή την ελάχιστη ένταση που απαιτείται για την ανίχνευση ήχου (Ηλιάδου, 2016, σελ.36)

Σύμφωνα με την Ηλιάδου (2026), κάποιες από τις λεκτικές και μη δοκιμασίες είναι:

➤ Ομιλητική Ακουομετρία σε θόρυβο ομιλίας (Speech in Babble-SinB)

Αυτή η δοκιμασία αποτελείται από δύο στήλες των 50 δισύλλαβων λέξεων που έχουν σταθμιστεί φωνητικά και χορηγούνται σε θορυβώδη περιβάλλοντα.. Υπάρχουν 5 επίπεδα στην δοκιμασία με διακύμανση του λόγου σήματος προς θόρυβο από +7 ως -1 dB. Δίνονται μόνο λέξεις και όχι προτάσεις καθώς στόχος είναι η εκτίμηση της ακουστικής επεξεργασίας όχι της γλωσσικής. Αυτό που απαιτείται από τον εξεταζόμενο είναι η φωνητική επανάληψη κάθε ακουστικού ερεθίσματος.

➤ Διχωτική Δοκιμασία (Dichotic Digits)

Η δοκιμασία αυτή αξιολογεί την ικανότητα του ατόμου να επεξεργάζεται ανταγωνιστικά τα ακουστικά ερεθίσματα και αποτυπώνει τον τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλος διαχειρίζεται διαφορετικές ηχητικές πληροφορίες που προσλαμβάνονται ταυτόχρονα από κάθε αυτί. Συνήθως παρουσιάζεται ταυτόχρονα ένα ζεύγος αριθμών σε κάθε αυτί και ο εξεταζόμενος καλείται να τους επαναλάβει. Η διαδικασία διενεργείται με ακουομετρητή στα 50 dB σε ηχομονωμένο θάλαμο και στα 60 dB σε ήσυχο δωμάτιο και τα αποτελέσματα εκφράζουν το ποσοστό αναγνώρισης ξεχωριστά για κάθε αυτί. Σε μια δεύτερη παραλλαγή της, ζητείται η επανάληψη μόνο των αριθμών που προσέλαβε το δεξί αυτί εξετάζοντας με αυτόν τον τρόπο την ακουστική προσοχή. Αντίστοιχα, σε μια τρίτη εκδοχή ζητείται η αναφορά μόνο των αριθμών από το αριστερό αυτί εξετάζοντας τις εκτελεστικές λειτουργίες.

➤ Χρονική Ανάλυση (Temporal Resolution)

Ένα θεμελιώδες στοιχείο της ακουστικής επεξεργασίας είναι η ικανότητα του ατόμου να αντιλαμβάνεται την διαδοχική και γρήγορη αλλαγή των ηχητικών ερεθισμάτων. Αυτή η ικανότητα συμβάλλει στην διάκριση των συμφώνων και των συμπλεγμάτων κατά την ομιλία. Υπάρχουν 2 δοκιμασίες. Αρχικά, η δοκιμασία

Gaps In Noise (GIN), όπου γίνεται ο προσδιορισμός της ουδού χρονικής ανάλυσης με τον εξεταζόμενο να πρέπει να αναγνωρίσει κάποια χρονικά κενά σε ηχητικά σήματα θορύβου. Η χορήγηση γίνεται σε κάθε αυτί ξεχωριστά. Η επόμενη δοκιμασία είναι η Random Gap Detection Threshold (RGDT), η οποία χορηγείται αμφιωτικά και έχει ως αποτέλεσμα τον μέσο όρο των ουδών ανίχνευσης για κάθε συχνότητα που χορηγείται.

Επίσης σύμφωνα με την Ηλιάδου (2026), υπάρχουν και κάποιες δοκιμασίες αναγνώρισης μοτίβων (pattern recognition tests):

➤ Δοκιμασία Διάκρισης Συχνοτήτων (Pitch Pattern Sequence-PPS)

Η δοκιμασία αυτή αξιοποιεί δύο τόνους διαφορετικής συχνότητας, 1430 Hz για τον υψηλό και 880 Hz για τον χαμηλό, και τους χορηγεί σε τριάδες με τον εξεταζόμενο να πρέπει να αναπαράγει με ακρίβεια το ακουστικό μοτίβο που προσέλαβε. Μέσω αυτής της εξέτασης αξιολογείται η ικανότητα διαφοροποίησης συχνοτήτων όσο και η χρονική ανάλυση των ακουστικών προτύπων.

➤ Δοκιμασία Διάκρισης Απλών Τόνων (Duration Pattern Sequence-DPS)

Η δοκιμασία αυτή βασίζεται στη χορήγηση τριάδων ακουστικών σημάτων, τα οποία διαμορφώνονται από την εναλλαγή δύο αμιγών τόνων διαφορετικής χρονικής διάρκειας. Η αξιολόγηση των παραμέτρων της ακουστικής επεξεργασίας είναι δυναμική και εξελισσόμενη διαδικασία.

Αντικειμενικές Εξετάσεις της Ακουστικής Επεξεργασίας

Αν και οι αντικειμενικές εξετάσεις αποτυπώνουν με ακρίβεια τα ελλείμματα στην ακουστική επεξεργασία των ατόμων με ΔΑΕ σε σχέση με άτομα τυπικού πληθυσμού, δεν υπάρχουν αντικειμενικές δοκιμασίες που να προσφέρουν καθολικά αποδεκτές φυσιολογικές τιμές στην διεθνή επιστημονική κοινότητα, γεγονός που δεν επιτρέπει την αποκλειστική χρήση τους σε επίπεδο ατομικής διάγνωσης (Ηλιάδου, 2026, σελ. 46-47). Γι' αυτό, η διαγνωστική διαδικασία βασίζεται κυρίως σε συμπεριφορικές και ψυχοακουστικές δοκιμασίες με σταθμισμένες τιμές. Η οριστική διάγνωση απαιτεί την καταγραφή αποκλίσεων σε τουλάχιστον δύο ανεξάρτητες δοκιμασίες για την ακουστική επεξεργασία.

➤ Καταστολή Ωτοακουστικών Εκπομπών

Η καταστολή των ωτοακουστικών εκπομπών αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο κλινικό εργαλείο για την αξιολόγηση του ανασταλτικού φυγόκεντρου ελέγχου επί της λειτουργίας του κοχλίου που υποστηρίζεται από το μέσο ελαιοκοχλιακό δεμάτιο και συμβάλλει στην βελτιστοποίηση της αντίληψης της ομιλίας σε θορυβώδη περιβάλλοντα. Σε ένα ακέραιο ακουστικό σύστημα, υπάρχει μείωση των ωτοακουστικών εκπομπών όταν εμφανίζεται ετερόπλευρο ακουστικό ερέθισμα (Ηλιάδου, 2026, σελ.47).

Τα άτομα που παρουσιάζουν ΔΑΕ έχουν μειωμένη καταστολή ωτοακουστικών εκπομπών, κάτι που σχετίζεται με την μειωμένη ικανότητα τους να διαχωρίζουν την ομιλία σε ένα περιβάλλον (Ηλιάδου, 2026, σελ.47)

➤ Ηλεκτροφυσιολογία

Ενώ τα πρώιμα ακουστικά προκλητά έχουν σταθμισμένες τιμές που μπορούν να οδηγήσουν σε ένα συμπέρασμα, τα μεσαία και τα όψιμα δεν έχουν τέτοια στάθμιση. Το P300 και η δοκιμασία Mismatch Negativity (MMN), έχουν προοπτικές για μελλοντική χρήση στο πεδίο της ακοολογίας. Το MMN αντανακλά την νευρωνική απόκριση του εγκεφάλου σε μια απρόσμενη ακουστική μεταβολή, η οποία παρεμβάλλεται σε μια ακολουθία στερεότυπων ηχητικών ερεθισμάτων εξοικείωσης (Ηλιάδου, 2026, σελ.48). Η ομαλή του καταγραφή αποδεικνύει την ακεραιότητα της κεντρικής ακουστικής οδού, ενώ η απουσία ή η μείωση του υπονοεί κάποια διαταραχή.

2.8 Ακουστική Επεξεργασία και Γλωσσική Ανάπτυξη

Η αίσθηση της ακοής συνδέεται άμεσα με την γλώσσα και την επικοινωνία (Ηλιάδου, 2016, σελ.5) Οι δυσκολίες στην ακουστική επεξεργασία αποτρέπουν την ομαλή ανάπτυξη της γλώσσας και της ομιλίας, με πιο έντονες επιπτώσεις στην παιδική ηλικία (Ηλιάδου, 2026, σελ.5). Στο πρώτο έτος της ηλικίας του, ένα παιδί είναι σε θέση να παράγει τις πρώτες του λέξεις υπό την προϋπόθεση ότι είχε τυπική ακουστική επεξεργασία από τον 5^ο μήνα κύησης ως τον 12^ο μήνα μετά την γέννηση του. Το γεγονός αυτό κρίνεται απαραίτητο προκειμένου ο εγκέφαλος να οργανώσει και να δομήσει τις κατάλληλες νευρωνικές οδούς για την ανάπτυξη λόγου και ομιλίας (Ηλιάδου, 2026, σελ.58).

Διάφορες έρευνες που έχουν γίνει πάνω στους μηχανισμούς πρόσληψης λόγου, αναδεικνύουν σημαντικές διαφοροποιήσεις της γλωσσικής ανάπτυξης μεταξύ των παιδιών με ΔΑΦ και παιδιών τυπικής ανάπτυξης, τόσο σε επίπεδο στελέχους όσο και στον εγκεφαλικό φλοιό (Arnett et al., 2018; Blue et al., 2024). Σχετικά με την υποφλοιώδη ακουστική επεξεργασία σε παιδιά με ΔΑΦ και ταυτόχρονη καθυστέρηση λόγου, η εξέταση των ABR αποδεικνύει πως τα παιδιά με ΔΑΦ έχουν σε μεγαλύτερο ποσοστό παρατεταμένους λανθάνοντες χρόνους συγκριτικά με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης (Blue et al., 2024). Ειδικότερα, τα παιδιά με ΔΑΦ παρουσιάζουν μεγαλύτερη καθυστέρηση στην μεταφορά του ακουστικού ερεθίσματος στο κύμα III και στο διακυματικό διάστημα III-V, με την καθυστέρηση στο κύμα III να είναι πιο έντονη στα κορίτσια με ΔΑΦ (Blue et al., 2024). Τα ευρήματα αυτά, υποδηλώνουν μια πρωτογενή δυσλειτουργία στην ακουστική επεξεργασία του στελέχους στα άτομα με ΔΑΦ που επηρεάζει την ανάλυση των ηχητικών ερεθισμάτων (Blue et al., 2024). Στο φλοιώδες επίπεδο, αυτή η ακουστική διαφοροποίηση επηρεάζει άμεσα τον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά αντιλαμβάνονται και μαθαίνουν την γλώσσα (Arnett et al., 2018). Κατά τη διάρκεια διαφόρων δοκιμασιών για τη μάθηση τεχνητής γλώσσας, τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης εμφανίζουν την αναμενόμενη εξειδίκευση του αριστερού ημισφαιρίου, η οποία έχει φυσιολογικά ελαττωμένο πλάτος στο δυναμικό P1 στην αριστερή μετωπιαία περιοχή για τις οικείες λέξεις (Arnett et al., 2018). Αντιθέτως, τα παιδιά με ΔΑΦ, εμφανίζουν μείωση του P1 και στα δύο ημισφαίρια χωρίς να εμφανίζουν αυτή την αριστερή πλευρίωση αλλά μια αμφίπλευρη εγκεφαλική ενεργοποίηση. Επίσης, τα παιδιά με ΔΑΦ εμφανίζουν μικρότερο πλάτος P1 με το υψηλότερο επίπεδο προσληπτικού λόγου να συνδέεται άμεσα με αυτή την νευρωνική προσαρμογή ανεξάρτητα την ηλικία, τη μη λεκτική νοημοσύνη ή την σοβαρότητα των συμπτωμάτων τους (Arnett et al., 2018). Ως αποτέλεσμα, ενώ τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης βασίζονται σε αριστερά φλοιώδη κυκλώματα, τα παιδιά με ΔΑΦ υιοθετούν εναλλακτικές διαδρομές στα ημισφαίρια επιβεβαιώνοντας την αμφίδρομη σχέση μεταξύ πρώιμης ακουστικής αντίληψης και γλωσσικής ανάπτυξης (Arnett et al., 2018). Ωστόσο, σύμφωνα με τους Rocha et al. (2026), οι οποίοι μελέτησαν την ακουστική επεξεργασία τριών ομάδων παιδιών προσχολικής ηλικίας, παιδιά με ΔΑΦ, παιδιά τυπικής ανάπτυξης και παιδιά με καθυστέρηση λόγου, δεν παρατήρησαν διαφορές στους λανθάνοντες χρόνους των κυμάτων αξιολόγησης αλλά σημειώθηκε πως τα Ακουστικά Προκλήτά Δυναμικά του Εγκεφαλικού Στελέχους με χρήση γλωσσικού

ερεθίσματος (Speech-ABR) ίσως να μην είναι τόσο αποτελεσματικός δείκτης διαφοροδιάγνωσης ΔΑΦ ή καθυστέρηση λόγου από τυπική ανάπτυξη.

3. Μέθοδος

3.1 Σχεδιασμός Έρευνας

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια χαρτογραφική ανασκόπηση (scoping review) της διεθνούς βιβλιογραφίας με θέμα την ακουστική επεξεργασία σε άτομα με ΔΑΦ. Η έρευνα διεξήχθη με βάση το μεθοδολογικό πλαίσιο του JBI (Peters et al., 2020) και του PRISMA-ScR (Tricco et al., 2018).

Ο σκοπός της μελέτης είναι η χαρτογράφηση της βιβλιογραφίας για την διερεύνηση των δυσκολιών της ακουστικής επεξεργασίας στα παιδιά και εφήβους με ΔΑΦ και τυπική νοημοσύνη μέσω χορήγησης ακουστικών προκλητών δυναμικών και ωτοακουστικών εκπομπών.

Η επιλογή αυτής της ανασκόπησης κρίθηκε κατάλληλη για τον προσδιορισμό εννοιών, την εξέταση μετρήσεων και τον εντοπισμό πιθανών ερευνητικών κενών στην ήδη υπάρχουσα γνώση.

3.2 Ερευνητικό Ερώτημα Πλαίσιο PCC

Ως ερευνητικό ερώτημα καθορίζεται: «Ποιες είναι οι ηλεκτροφυσιολογικές αποκλίσεις στην ακουστική επεξεργασία των παιδιών και εφήβων με ΔΑΦ με βάση δοκιμασίες ακουστικών προκλητών δυναμικών και ωτοακουστικών εκπομπών συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου;». Το ερευνητικό ερώτημα και ο καθορισμός των κριτηρίων καθορίστηκαν με βάση το πλαίσιο PCC (Population, Concept, Context).

Πληθυσμός(Population): Χρησιμοποιήθηκαν μελέτες που περιλαμβάνουν μονόγλωσσα παιδιά και εφήβους με ΔΑΦ και τυπική νοημοσύνη ηλικίας 2-18 ετών, καθώς και ομάδα ελέγχου. Τα κριτήρια ένταξης που τέθηκαν ήταν:

→ Μονόγλωσσοι

→ Ηλικία <18 ετών

→ Τυπική νοημοσύνη με βάση την χορήγηση σταθμισμένης ψυχομετρικής δοκιμασίας

→ Φυσιολογική ακοή με βάση χορήγηση ακοογράμματος και τυμπανογράμματος

→ Φοίτηση σε τυπικό σχολείο

Έννοια (Concept): Ηλεκτροφυσιολογική αξιολόγηση ακουστικής οδού καλύπτοντας όλα τα είδη των ακουστικών προκλητών δυναμικών. Συγκεκριμένα, εξετάζονται πρώιμα ακουστικά προκλητά δυναμικά (ηλεκτροκοχλιογράφημα, ακουστικά προκλητά δυναμικά εγκεφαλικού στελέχους, αυτοματοποιημένα ακουστικά προκλητά δυναμικά εγκεφαλικού στελέχους), μέσης απόκρισης ακουστικά προκλητά δυναμικά (middle latency response) και όψιμα ακουστικά προκλητά δυναμικά (late latency response P300 N400 P600 Mismatch negativity, δυναμικά σχετιζόμενα με γεγονότα). Εξετάζονται ακόμα και ωτοακουστικές εκπομπές.

Πλαίσιο (Context): Δεν υπάρχει περιορισμός στο γεωγραφικό και πολιτισμικό πλαίσιο. Η ανασκόπηση εστιάζει σε κλινικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε εξειδικευμένα περιβάλλοντα. Χρονικό πλαίσιο ορίστηκε από το 2011 και μετά, δηλαδή τα τελευταία 15 χρόνια.

Κριτήρια Αποκλεισμού

Ως κριτήρια αποκλεισμού τέθηκαν:

- Μελέτες που αφορούν ενήλικες με ΔΑΦ(ηλικία >18 ετών)
- Μελέτες που δεν παρέχουν ποσοτικά δεδομένα
- Μελέτες που δεν είναι δημοσιευμένες σε έγκριτα περιοδικά με κριτές (peer-review)
- Δημοσιεύσεις πριν το έτος 2011
- Μελέτες που δεν ήταν στην αγγλική γλώσσα
- Μελέτες που δεν παρείχαν επαρκείς πληροφορίες για τον σκοπό της ανασκόπησης
- Άρθρα που αφορούσαν μελέτες περίπτωσης
- Μελέτες που δεν περιλαμβάνουν ομάδα ελέγχου συνομήλικων παιδιών τυπικής ανάπτυξης

Πηγές πληροφοριών

Η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε στις εξής βάσεις δεδομένων:

- PubMed
- Scopus

- Science Direct

3.3 Στρατηγική Αναζήτησης

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε πιλοτική αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων Scopus και PubMed με σκοπό να εντοπιστούν σχετικά άρθρα γύρω από το θέμα, ώστε να οριστούν τα ερευνητικά ερωτήματα και να καθοριστεί το ερευνητικό πλαίσιο της μελέτης. Στην συνέχεια, μετά τον καθορισμό του θέματος και του ερευνητικού πλαισίου, αναζητήθηκε βοήθεια από εξειδικευμένο βιβλιοθηκονόμο για να καθοριστούν οι λέξεις-κλειδιά και να οριστούν οι περιορισμοί για τις τρεις βάσεις δεδομένων. Έπειτα, η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια λέξεων κλειδιών στην αγγλική γλώσσα με λέξεις κλειδιά που αφορούν την ακουστική επεξεργασία στον αυτισμό και συνδέθηκαν μέσω των λογικών τελεστών AND, NOT και OR.

Οι βασικές λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 1.: Λέξεις Κλειδιά (Keywords)

Ελληνικοί Όροι	Αγγλικοί Όροι (Keywords)
Αυτισμός, Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος(ΔΑΦ)	Autism, Autism Spectrum Disorder (ASD)
Ακουστική Επεξεργασία	Auditory Processing (AP)
Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά	Auditory Evoked Potentials (AEPs)
Ωτοακουστικές Εκπομπές	Otoacoustic emissions (OAEs)
Αρνητικότητα Ασυμφωνίας	Mismatch Negativity (MMN)
Δυναμικά Σχετιζόμενα με Γεγονότα	Event-Related Potentials, P300, N400, P600,

Αναζήτηση όρων στις βάσεις δεδομένων:

Για να εντοπιστεί η κατάλληλη βιβλιογραφία πραγματοποιήθηκε αναζήτηση σε τρεις βάσεις δεδομένων (PubMed, Scopus και ScienceDirect). Το Search String προσαρμόστηκε ανά βάση δεδομένων. Η προσαρμογή πραγματοποιήθηκε με βάση τις τεχνικές προδιαγραφές κάθε βάσης δεδομένων με διατήρηση των βασικών εννοιών με σκοπό την εξασφάλιση ανάκτησης όλων των σχετικών δημοσιεύσεων χωρίς την απώλεια σημαντικών.

Μετά τις απαραίτητες προσαρμογές τα τελικά Search Strings που χρησιμοποιήθηκαν ανά βάση δεδομένων ήταν:

1. PubMed

("Autism Spectrum Disorder" OR ASD OR Autism) AND ("Auditory Processing" OR "Auditory Brainstem Response" OR ABR OR "Otoacoustic Emissions" OR OAE OR "Auditory Steady-State Response" OR ASSR OR "Acoustic Reflex" OR "Hearing" OR "Auditory Evaluation")

2. Scopus

TITLE-ABS-KEY (("Autism Spectrum Disorder" OR "Autism" OR "ASD") AND ("Auditory Processing" OR "Auditory Brainstem Response" OR "ABR" OR "Otoacoustic Emissions" OR "OAE" OR "Auditory Steady-State Response" OR "ASSR" OR "Acoustic Reflex" OR "Hearing" OR "Auditory Evaluation"))

3. ScienceDirect

("Autism Spectrum Disorder" OR ASD) AND ("Auditory Processing" OR "Auditory Brainstem Response" OR OAE OR ASSR OR "Acoustic Reflex")

Επίσης, για τη διασφάλιση της σχετικότητας και της επικαιρότητας των δεδομένων εφαρμόστηκαν οι παρακάτω περιορισμοί κατά την αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων:

- i. Χρονικό εύρος δημοσίευσης: 2011-3 Μαΐου 2026
- ii. Γλώσσα συγγραφής: Αγγλικά
- iii. Τύπος δημοσίευσης: Πρωτογενής ερευνητικές μελέτες και άρθρα (Original Research Articles, Meta-analysis) και ανασκοπήσεις (Review Articles), οι οποίες επιλέχθηκαν με σκοπό να εντοπιστούν πιθανές πρόσθετες ερευνητικές μελέτες στις αναφορές τους, οι οποίες δεν θα είχαν εντοπιστεί από την αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων.

3.4 Διαδικασία Επιλογής Μελετών

Η επιλογή των άρθρων έγινε σε τρία στάδια (εντοπισμός, ανίχνευση, επιλογή με βάση τις οδηγίες PRISMA-ScR (Tricco et al., 2018):

Εντοπισμός

Αρχικά συγκεντρώθηκαν όλα τα άρθρα που προκύπτan από την ηλεκτρονική αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων PubMed (n=207), Scopus (n=231) και ScienceDirect (n=399) όπως και μέσω αναζήτησης των αναφορών των σχετικών άρθρων με σκοπό

τον εντοπισμό πρόσθετων ερευνητικών μελετών που δεν προέκυψαν από την αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων με τις λέξεις κλειδιά (n=24) συγκεντρώνοντας με αυτόν τον τρόπο ένα αρχικό δείγμα 861 μελετών. Στην συνέχεια το σύνολο των μελετών εισήχθη στο Mendeley όπου πραγματοποιήθηκε συστηματικός έλεγχος και αφαιρέθηκαν 128 διπλότυπες καταγραφές (duplicates). Με αυτόν τον τρόπο ο συνολικός αριθμός των άρθρων διαμορφώθηκε στα 733.

Ανίχνευση

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιήθηκε έλεγχος του τίτλου και της περίληψης (title and abstract) των 733 άρθρων με σκοπό να εντοπιστούν αυτά που δεν πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης. Με αυτή τη διαδικασία αποκλείστηκαν 702 άρθρα επειδή η θεματολογία τους δεν σχετιζόταν με το αντικείμενο αυτής της ανασκόπησης, λόγω του ότι δεν αποτελούσαν πρωτογενείς ερευνητικές μελέτες ή δεν περιείχαν ομάδα ελέγχου.

Επιλογή

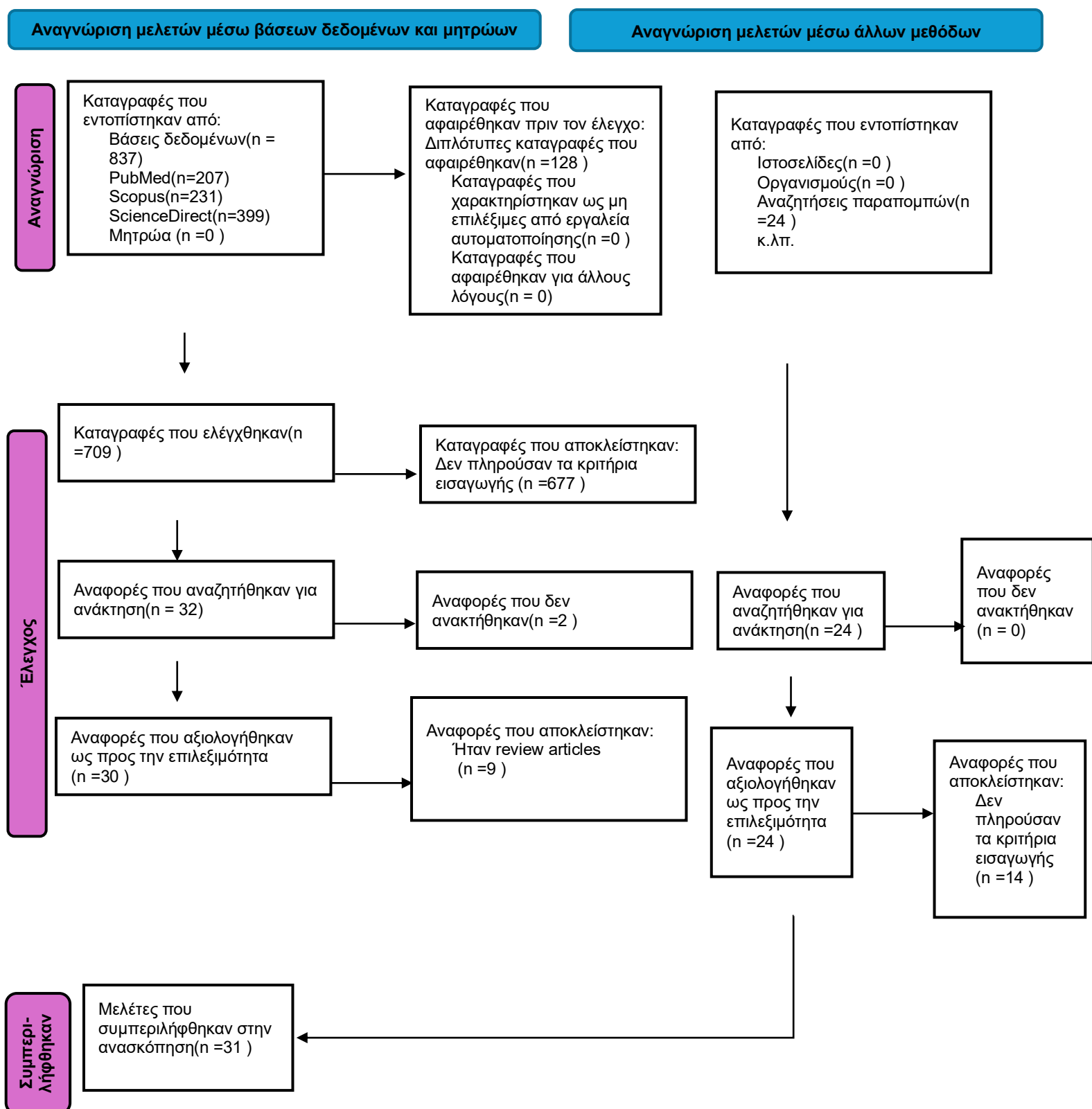
Στο τελευταίο στάδιο, αναζητήθηκε το πλήρες κείμενο των 31 άρθρων που επιλέχθηκαν και ακολούθησε λεπτομερής μελέτη για την τελική σύνθεση της εργασίας.

4. Αποτελέσματα

Από την αναζήτηση στις 4 βάσεις δεδομένων (PubMed, Scopus, ScienceDirect, Eric) προέκυψαν 837 τεκμήρια. Εντοπίστηκαν ακόμη 24 άρθρα από χειροκίνητη αναζήτηση στις αναφορές των σχετικών υπαρχουσών βιβλιογραφικών ανασκοπήσεων, άρα συνολικά συγκεντρώθηκαν 861 τεκμήρια. Μετά την αφαίρεση των διπλότυπων μελετών ($n=128$), παρέμειναν 733 άρθρα στα οποία ελέγχθηκε ο τίτλος και η περίληψη ως προς τα κριτήρια ένταξης. Μετά τον ανωτέρω έλεγχο, 697 άρθρα αποκλείστηκαν επειδή η θεματολογία τους δεν σχετιζόταν με το αντικείμενο αυτής της ανασκόπησης, λόγω του ότι δεν αποτελούσαν πρωτογενείς ερευνητικές μελέτες ή δεν περιείχαν ομάδα ελέγχου. Στο τελευταίο στάδιο, αναζητήθηκε το πλήρες κείμενο των 36 άρθρων που απέμειναν και ακολούθησε λεπτομερής μελέτη αυτών των αρχείων. Τελικά, 31 άρθρα πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης αυτής της μελέτης και συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα ανασκόπηση. Η διαδικασία εντοπισμού, ελέγχου και επιλογής άρθρων παρουσιάζεται στο PRISMA-ScR σχεδιάγραμμα που ακολουθεί.

Εικόνα 1: Διάγραμμα Ροής PRISMA 2020

PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases, registers and other sources



Στην παρούσα χαρτογραφική ανασκόπηση συμπεριλήφθηκαν και εξετάστηκαν συνολικά 31 έρευνες. Τα αποτελέσματα οργανώνονται σε τέσσερις άξονες με βάση την ηλικιακή ομάδα των συμμετεχόντων: I) Αυτά που προέκυψαν από τις 9 έρευνες (29%) που αφορούσαν παιδιά προσχολικής ηλικίας 1-6 ετών (Cardon et al., 2023; Rocha et al., 2026; Dwyer et al., 2023; Liu et al., 2024; Dwyer et al., 2021; Ono et al., 2020; Stephen et al., 2017; Li et al., 2020; Dabbous, 2012) II) Αυτά που προέκυψαν από τις 9 έρευνες (29%) που αφορούσαν παιδιά σχολικής ηλικίας 7-12 ετών (Port et al., 2016; Aslan et al., 2024; Abdeltawwab et al., 2015; Kabil et al., 2023; Kamita et al., 2020; Darrell et al., 2026; Kozou et al., 2018; Kamita et al., 2021; Vlaskamp et al., 2017), III) Αυτά που προέκυψαν από τις 2 έρευνες (6,45%) που αφορούσαν παιδιά εφηβικής ηλικίας 13-18 ετών (Ramezani et al., 2018; Ludlow et al., 2014) και IV) Αυτά που προέκυψαν από τις 11 έρευνες (35,55 %) που συμπεριλάμβαναν παιδιά ηλικίας 1-18 ετών (Talge et al., 2018; Arnett et al., 2018; Yu et al., 2018; Claesdotter-Knutsson et al., 2019; Edgar et al., 2015; Ahlfors et al., 2024; Ververi et al., 2015; Yoshimura et al., 2016; ; Demopoulos et al., 2015; Blue et al., 2024; Chen et al., 2020)

4.1 Παιδιά Προσχολικής Ηλικίας

Από την χαρτογράφηση των παραπάνω 9 ερευνών εξάχθηκαν σημαντικά αποτελέσματα. Στις έρευνες χρησιμοποιήθηκαν δείγματα από συνολικά 446 παιδιά με ΔΑΦ και 361 παιδιά τυπικής ανάπτυξης (ομάδα ελέγχου).

Για την αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας και συγκεκριμένα των κυμάτων P1, N2 χρησιμοποιήθηκαν τα προκλητά δυναμικά που σχετίζονται με γεγονότα (Event-Related Potentials-ERPs) (Dwyer et al., 2023; Dwyer et al., 2021). Για την αξιολόγηση των κυμάτων I, III, V και των διακυματικών χρόνων I-III, III-V, I-V χρησιμοποιήθηκαν τα ακουστικά προκλητά δυναμικά εγκεφαλικού στελέχους (Auditory Brainstem Response-ABR) (Cardon et al., 2023; Liu et al., 2024; Li et al., 2020; Dabbous, 2012) όπως και για την αξιολόγηση του συμπλέγματος V-A, του κύματος μετάβασης C, του σταθερού μέρους D, E, F και του κύματος τερματισμού O (Rocha et al., 2026), για την αξιολόγηση του νευρωνικού συγχρονισμού του ακουστικού φλοιού στα 20 Hz και 40 Hz χρησιμοποιήθηκε η ακουστική σταθερή απόκριση (Auditory Steady-State Response – ASSR) (Ono et al., 2020). Για την αξιολόγηση των λανθάνοντων χρόνων κορυφών χρησιμοποιήθηκε το μαγνητοεγκεφαλογράφημα (MEG) (Stephen et al., 2017). Για τον καθορισμό των

χαρακτηριστικών της ΔΑΦ χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα διαγνωστικά/ ανιχνευτικά εργαλεία και κριτήρια: Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS, ADOS-2) (Dwyer et al., 2023; Dwyer et al., 2021; Ono et al., 2020; Stephen et al., 2017; Li et al., 2020), Autism Diagnostic Interview (ADI-R) (Arnett et al., 2018; Dwyer et al., 2021; Yoshimura et al., 2016; Stephen et al., 2017; Li et al., 2020), Autism Behavior Checklist (ABC) (Liu et al., 2024), Childhood Autism Rating Scale (CARS) (Liu et al., 2024; Ververi et al., 2015) και τα κριτήρια του Diagnostic and Statistical Manual-IV-Text Revision (DSM-IV-TR) (Dabbous, 2012), Diagnostic and Statistical Manual-V Edition (DSM-V) (Ono et al., 2020) και του International Classification of Diseases, 10th Version (ICD-10) (Dabbous, 2012). Για τον έλεγχο της νοημοσύνης χρησιμοποιήθηκαν το Mullen Scales Of Early Learning (MSEL) (Dwyer et al., 2021), το Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC) (Ono et al., 2020) και το Combined Raven Test (Li et al., 2020).

Στον Πίνακα 2, παρουσιάζονται οι 9 μελέτες που εξέτασαν την ακουστική επεξεργασία σε παιδιά με ΔΑΦ προσχολική ηλικίας συγκριτικά με ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 2.: Αποτελέσματα προσχολικής ηλικίας

Μελέτη-Συγγραφείς	Δείγμα	Μέθοδος	Αποτελέσματα
Auditory brainstem response in autistic children: implications for sensory processing (Cardon et al., 2023)	11 παιδιά με ΔΑΦ (M=34 μήνες) και 8 παιδιά τυπικής ανάπτυξης (M=38 μήνες)	ABR με ακουστικά ερεθίσματα τύπου κλικ στα 70 dB HL και καθαρούς τόνους με διαφορετικές συχνότητες	Στα ερεθίσματα κλικ, τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους στο κύμα III και V στο αριστερό αυτί ενώ τα παιδιά τυπικής εμφάνισαν μεγαλύτερη καθυστέρηση στο κύμα V στους καθαρούς τόνους. Ακόμη, παρατηρήθηκε μεγάλη καθυστέρηση στο διακυματικό διάστημα I-III άρα το σήμα καθυστερεί να μετακινηθεί από την ακουστική οδό στο στέλεχος. Επίσης, τα παιδιά ΔΑΦ εμφάνισαν μικρότερους λανθάνοντες χρόνους στο κύμα V σε πιο απλούς ήχους αποδεικνύοντας πως ο εγκέφαλος τους μπορεί

			να είναι πιο αποτελεσματικός στην επεξεργασία απλών ήχων. Ωστόσο, παρατηρήθηκε πως ήταν πολύ μικρότερη διαφορά μεταφοράς του σήματος μεταξύ των δύο αυτιών στα παιδιά με ΔΑΦ δηλώντας πως παρά την καθυστέρηση τα δύο αυτιά επεξεργάζονται με παρόμοιο τρόπο το ερέθισμα. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις αναλύσεις δείχνοντας πως ο ακουστικός συγχρονισμός στο επίπεδο του στελέχους είναι παρόμοιος στις δύο ομάδες.
Speech-Evoked Auditory Brainstem Responses (Speech ABR) in Children with Speech Delay, Autism Spectrum Disorder (ASD), and Normal Development (Rocha et al., 2026)	68 παιδιά με ΔΑΦ (M= 45.24 ±16.37 μήνες), 30 παιδιά τυπικής ανάπτυξης (34.13 ±18.29 μήνες) και 268 παιδιά με καθυστέρηση λόγου (M= 37.63 μήνες)	Speech-ABR με γλωσσικό ερέθισμα /da/ και ακουστικά ερεθίσματα τύπου κλικ	Δεν βρέθηκαν διαφορές στους λανθάνοντες χρόνους μεταξύ των 3 ομάδων ωστόσο στα κορίτσια ήταν πιο μικροί. Γενικά οι λανθάνοντες χρόνοι στην προσχολική ηλικία δεν έχουν μεγάλη διαφορά
Habituation of auditory responses in young autistic and neurotypical children (Dwyer et al., 2023)	127 παιδιά με ΔΑΦ και 79 τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 2-5 ετών	ERPs	Τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν φυσιολογική μείωση του πλάτους P1 που δεν ήταν διαφορετική από αυτή των τυπικών αλλά είχαν συνολικά μεγαλύτερο απόλυτος πλάτος στο P1. Κανένα παιδί ΔΑΦ δεν εμφάνισε εξοικείωση στο N2 γιατί δεν έχει ωριμάσει ακόμα ο μηχανισμός και ιδιαίτερα σε ήχους υψηλότερης έντασης. Τα παιδιά με ΔΑΦ εμφανίζουν αισθητηριακή αποστροφή γιατί έχουν

			μικρότερο ποσοστό εξοικείωσης στο P1
Exploring the Relationship Between Auditory Brainstem Response Testing and Disease Progression in Pediatric Autism Spectrum Disorder (Liu et al., 2024)	26 παιδιά με ΔΑΦ (M=39.13±6.53) και 38 παιδιά τυπικής ανάπτυξης (M=37.81±11.30)	ABR	Στα παιδιά με ΔΑΦ παρατηρήθηκαν μεγαλύτεροι απόλυτοι λανθάνοντες χρόνοι στα κύματα I και III στο δεξί αντί που δείχνει καθυστέρηση στην νευρική αγωγιμότητα όπως και μεγαλύτερο μεσοδιάστημα I-V και στα δύο αυτιά αλλά μειωμένο μεσοδιάστημα III-V που υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει καλή στελεχειαία λειτουργία. Υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στον λανθάνοντα χρόνο του κύματος III και των διαστημάτων I-III που όσο μεγαλώνει η καθυστέρηση στην αγωγιμότητα τόσο πιο σοβαρά τα συμπεριφορικά συμπτώματα
Using Clustering to Examine Inter-Individual Variability in Topography of Auditory Event-Related Potentials in Autism and Typical Development (Dwyer et al., 2021)	130 παιδιά με ΔΑΦ και 81 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 2-5 ετών	ERPs	Παρατηρήθηκε μεγάλη ποικιλομορφία στην επεξεργασία ήχου με μοτίβα και στις δύο ομάδες με γενική ετερογένεια
Auditory steady-state response at 20 Hz and 40 Hz in young typically developing children and children with autism spectrum disorder (Ono et al., 2020)	23 παιδιά με ΔΑΦ και 32 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 5-7 ετών	ASSR με ακουστικά ερεθίσματα κλικ στα 20 Hz και στα 40 Hz	Δεν υπήρχαν διαφορές στον νευρωνικό συγχρονισμό και παρατηρήθηκε κυριαρχία του δεξιού ημισφαιρίου στα 40 Hz και στις δύο ομάδες
Development of Auditory Evoked Responses in	16 παιδιά με ΔΑΦ, 22 παιδιά τυπικής	MEG κατά τη διάρκεια του ύπνου	Παρατηρήθηκε σταθερή μείωση των λανθάνοντων χρόνων των κορυφών που

Normally Developing Preschool Children and Children with Autism Spectrum Disorder (Stephen et al., 2017)	ανάπτυξης και 26 βρέφη τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 0,5-5,5 ετών		εμφανίζονταν όσο αυξανόταν η ηλικία στα παιδιά τυπικής ανάπτυξης. Στα παιδιά με ΔΑΦ αυτό δεν εμφανίστηκε. Επίσης τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν στις ηλικίες άνω των 2 ετών μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους
Continued development of auditory ability in autism spectrum disorder children: A clinical study on click-evoked auditory brainstem response (Li et al., 2020)	20 παιδιά με ΔΑΦ και 20 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 3-4 ετών	ABR με ακουστικό ερέθισμα τύπου κλικ	Τα παιδιά με ΔΑΦ είχαν μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους στο κύμα V και επιμηκυμένα μεσοκυματικά διαστήματα I-III και I-V σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Στα παιδιά με ΔΑΦ η λανθάνουσα κατάσταση του κύματος V και το μεσοκυματικό διάστημα I-V μειώθηκαν στη δεύτερη μέτρηση αλλά είχαν ακόμη μεγαλύτερες καθυστερήσεις στα κύματα III και V, καθώς και μεγαλύτερα μεσοκυματικά διαστήματα I-III και I-V κάτι που δηλώνει καθυστερημένη και ανώριμη πορεία ακουστικής ανάπτυξης στο εγκεφαλικό στέλεχος
Characteristics of auditory brainstem response latencies in children with autism spectrum disorders (Dabbous, 2012)	25 παιδιά με ΔΑΦ και καθυστέρηση στην ανάπτυξη λόγου και 25 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 1.5-3.3 ετών	ABR, Τυμπανομετρία & Ακουστικό Ανακλαστικό	Τα παιδιά στην ομάδα ελέγχου είχαν ακοϊκή ουδό 20 dB nHL ενώ σχεδόν τα μισά παιδιά με ΔΑΦ είχαν χαμηλότερο. Το κύμα I ήταν πιο πρώιμο στα παιδιά με ΔΑΦ υποδηλώνοντας πιο γρήγορες συναπτικές διεργασίες στο όργανο του Corti. Το κύμα III ήταν πολύ πιο καθυστερημένο στα παιδιά με ΔΑΦ και το κύμα V δεν είχε κάποια σημαντική διαφορά. Το μεσοδιάστημα I-III ήταν πιο παρατεταμένο στα παιδιά με ΔΑΦ, το

			III-V πιο βραχύ ενώ το I-V δεν είχε κάποια διαφορά. Η μέση κλίση της καμπύλης λανθάνοντος χρόνου-έντασης του κύματος V δεν διέφερε μεταξύ των παιδιών με ΔΑΦ που δείχνει φυσιολογική αύξηση ακουστικότητας και άρα οι ατυπες αντιδράσεις στους ήχους ενδέχεται να οφείλονται σε φωνοφοβία ή σε βλάβη του προσαγωγού/απαγωγού συστήματος ή σε πιο κεντρική παθολογία, παρά σε φυσιολογική διαταραχή της ακουστικότητας. Τα αγόρια με ΔΑΦ εμφάνισαν σημαντικά μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους στο Κύμα V σε σχέση με τα κορίτσια με ΔΑΦ στις χαμηλές/μεσαίες εντάσεις αλλά όχι στις υψηλές. Γενικά τα ευρήματα δείχνουν οπισθοκοχλιακή δυσλειτουργία στο κατώτερο εγκεφαλικό στέλεχος η οποία μπορεί να σχετίζεται με τις δυσκολίες διακριτικής ικανότητας και επικοινωνίας στα παιδιά με ΔΑΦ.
--	--	--	---

Από το σύνολο των 31 ερευνών που συμπεριλήφθηκαν στην χαρτογράφηση, το 29% (n=9) εστίασε στην προσχολική ηλικία. Από αυτές το 22,2% (n=2) εστίασε στην αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας μέσω της μελέτης των φλοιωδών κυμάτων P1 και N2 (Dwyer et al., 2023; Dwyer et al., 2021). Ειδικότερα, οι Dwyer et al.,(2023) εξέτασαν την νευρική εξοικείωση (habituation) των P1 και N2 σε διαφορετικές εντάσεις ήχου και διαπίστωσαν πως για το P1 δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην εξοικείωση μεταξύ των παιδιών της ομάδας ΔΑΦ και της ομάδας ελέγχου, αν και τα παιδιά ΔΑΦ εμφάνισαν συνολικά μεγαλύτερο απόλυτο πλάτος. Ωστόσο, στο κύμα N2 κατέγραψαν μεγάλη μείωση ως απουσία εξοικείωσης στην ομάδα ΔΑΦ ιδιαίτερα σε

υψηλής έντασης ήχους συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Αυτή η απουσία εξοικείωσης αποδόθηκε από τους ερευνητές σε ατυπίες στην ισορροπία νευρικής αναστολής και δεν εντοπίστηκε συσχέτιση μεταξύ των νευροφυσιολογικών δεικτών και των συμπεριφορικών αναφορών των γονέων. Οι Dwyer et al., (2021), μελέτησαν την εσωτερική ετερογένεια του δείγματος εφαρμόζοντας ανάλυση ομαδοποίησης σε 7 υποομάδες (TC1-TC7). Παρατήρησαν ότι η μείωση της απόκρισης του N2 δεν οφείλεται μόνο στην εξασθένηση της νευρικής ισχύος αλλά και στην παρουσία ταυτόχρονων θετικών δυναμικών που αθροίζονται στο τριχωτό της κεφαλής και επικαλύπτουν ή ακυρώνουν την N2. Αυτή η ασυμφωνία φαίνεται να αιτιολογείται από το γεγονός ότι στην μελέτη των Dwyer et al., (2021), τα παιδιά των υποομάδων ΔΑΦ που εμφάνισαν την μεγαλύτερη απουσία ή παραμόρφωση του N2 ήταν μικρότερα ηλικιακά από άλλες υποομάδες, γεγονός που δείχνει ότι αυτή η ατυπία επηρεάζεται από τον ρυθμό ωρίμανσης του ακουστικού φλοιού. Ακόμη, η μελέτη Dwyer et al.,(2023) εξέτασε τη νευρική εξοικείωση ως συνολική μέση τάση της ομάδας ΔΑΦ καταγράφοντας γενικευμένη έλλειψη εξοικείωσης στο N2 ενώ η μελέτη Dwyer et al., (2021), εφάρμοσε ιεραρχική ομαδοποίηση, δείχνοντας πως η εικόνα της ομάδας ΔΑΦ δεν είναι ομοιογενής. Τέλος, οι Dwyer et al., (2021), έδειξαν ότι η μείωση του N2 στην ομάδα ΔΑΦ δεν οφείλεται μόνο στην αδυναμία του σήματος αλλά και στην ταυτόχρονη άθροιση θετικών δυναμικών στο τριχωτό της κεφαλής, το οποίο φαινόμενο συνδέεται με ατυπίες στην ισορροπία αναστολής.

Το 44,4% των 9 ερευνών (n=4) εστίασε στην αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας μέσω της μελέτης των κυμάτων I, III, V και των διακυματικών τους διαστημάτων I-III, III-V και I-V (Cardon et al., 2023; Liu et al., 2024; Li et al., 2020; Dabbous, 2012). Οι Cardon et al. (2023) παρατήρησαν πως στα σύνθετα ερεθίσματα τύπου click υψηλής έντασης (70 dB nHL) η ομάδα ΔΑΦ εμφάνισε μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους στα κύματα III ($p = .009$) και V ($p = .05$) όπως και σημαντική επιμήκυνση στο διακυματικό διάστημα I-III ($p = .041$) στο αριστερό αυτί. Ωστόσο, στα απλά ερεθίσματα καθαρών τόνων χαμηλής έντασης (500 Hz στα 40-50 dB nHL) τα παιδιά ΔΑΦ είχαν μικρότερους λανθάνοντες χρόνους στο κύμα V στο δεξί αυτί ($p = .035$). Επίσης, η ομάδα ΔΑΦ εμφάνισε μικρότερη δια-ωτική διαφορά για το διακυματικό διάστημα I-V ($p = .041$), γεγονός που υποδεικνύει ότι πάρα την όποια καθυστέρηση στην μεταφορά του σήματος, τα δύο αυτιά επεξεργάζονται τα ερεθίσματα με παρόμοια ταχύτητα. Ακόμη, οι αναλύσεις διασταυρούμενης συσχέτισης δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ

των ομάδων, άρα ο νευρωνικός συγχρονισμός στο στέλεχος παραμένει φυσιολογικός στα παιδιά με ΔΑΦ. Τα πλάτη των κυμάτων δεν εμφάνισαν διαφορές. Στην μελέτη τους οι Liu et al. (2024), παρατήρησαν ότι η ομάδα ΔΑΦ είχε αυξημένους λανθάνοντες χρόνους στα κύματα I (1.47 ± 0.12 ms) και III (3.70 ± 0.14 ms) στο δεξί αυτί συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου ($p < .05$). Ωστόσο, οι λανθάνοντες χρόνοι των κυμάτων I, III, V στο αριστερό αυτί και του κύματος V στο δεξί αυτί δεν εμφάνισαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ($p > .05$). Επίσης, στα παιδιά ΔΑΦ παρατηρήθηκε επιμήκυνση του διακυματικού διαστήματος I-V ($p < .05$) υποδηλώνοντας καθυστέρηση στην νευρική αγωγιμότητα της ακουστικής οδού ενώ το διάστημα III- V ήταν μειωμένο και στα δύο αυτιά ($p < .05$) και το διάστημα I-III δεν εμφάνισε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες ($p > .05$). Οι Li et al. (2020), παρατήρησαν πως στην ομάδα ελέγχου οι απόλυτοι χρόνοι των κυμάτων και τα διακυματικά διαστήματα δεν παρουσίασαν διαφορές μεταξύ των δύο χρονικών στιγμών T_1 και T_2 επιβεβαιώνοντας την σταθερότητα της νευρικής αγωγιμότητας στο εγκεφαλικό στέλεχος μετά τα δύο έτη. Αντίθετα, η ομάδα ΔΑΦ, εμφάνισε μείωση στον λανθάνοντα χρόνο του κύματος V ($t = 1.354$, $p < .05$) και στο διακυματικό διάστημα I-V ($t = 1.898$, $p < .05$) στην δεύτερη μέτρηση γεγονός που δείχνει ότι το ακουστικό στέλεχος στον αυτισμό διατηρεί τη νευρωνική του πλαστικότητα και συνεχίζει να ωριμάζει σταδιακά στην προσχολική ηλικία. Γενικά, και στις δύο μετρήσεις τα παιδιά ΔΑΦ παρουσιάζουν μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους και επιμηκυμένα διαστήματα. Ο Dabbous, (2012), στην μελέτη του παρατήρησε ότι ενώ η ομάδα ελέγχου είχε φυσιολογική ακοϊκή ουδό στα 20 dB nHL, σχεδόν το 50% των παιδιών ΔΑΦ είχε χαμηλότερη και το κύμα I είχε μειωμένο λανθάνων χρόνο υποδηλώνοντας ταχύτερες συναπτικές διεργασίες στο όργανο του Corti ή υπερευαισθησία στον κοχλία. Στο επίπεδο του στελέχους, παρατηρήθηκε καθυστέρηση στο κύμα III στα παιδιά με ΔΑΦ, ενώ στο κύμα V δεν παρατηρήθηκε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες. Ταυτόχρονα, το διακυματικό διάστημα I-III ήταν παρατεταμένο στα παιδιά ΔΑΦ, το διάστημα III-V πιο σύντομο και το συνολικό διάστημα I-V δεν εμφάνισε διαφορά. Η μέση κλίση της καμπύλης του λανθάνοντα χρόνου-έντασης για το κύμα V δεν παρουσίασε διαφορές στις δύο ομάδες γεγονός που υποδεικνύει την φυσιολογική αύξηση της ακουστότητας και πως οι αντιδράσεις των παιδιών ΔΑΦ σε ήχους έχουν άλλα αίτια και δε οφείλονται σε διαταραχή της ακουστότητας. Επίσης, στην ομάδα ΔΑΦ, τα αγόρια ήταν αυτά με τους μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους στο κύμα V. Συνολικά, υποδεικνύεται μια δυσλειτουργία οπισθοκοχλιακή κυρίως στο κατώτερο στέλεχος και μπορεί να σχετίζεται με τις δυσκολίες ακουστικής διάκρισης

και επικοινωνίας των παιδιών ΔΑΦ. Οι διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται αιτιολογούνται από τον τρόπο χορήγησης των ερεθισμάτων, οι Cardon et al. (2023) χρησιμοποιούν ερεθίσματα click που προκαλούν αισθητηριακή υπερφόρτωση στο στέλεχος των παιδιών ΔΑΦ προκαλώντας καθυστερήσεις, ενώ οι Liu et al., (2024), Li et al. (2020), Dabbous, (2012), χρησιμοποίησαν καθαρούς τόνους που επεξεργάζονται πιο αποτελεσματικά από τα ερεθίσματα click και έτσι διαφοροποιούνται οι λανθάνοντες χρόνοι. Ενώ οι Cardon et al. (2023) και οι Li et al. (2020), βρήκαν καθυστέρηση στο κύμα V, οι Liu et al. (2024) και ο Dabbous, (2012) δεν βρήκαν, διαφορά που αιτιολογείται από τα κριτήρια εξίσωσης και το γλωσσικό επίπεδο των παιδιών ΔΑΦ. Αυτά που έχουν συνοδό γλωσσική καθυστέρηση εμφανίζουν πιο έντονα ελλείμματα ακουστικής επεξεργασίας (Dabbous, 2012). Όσον αφορά την διαφοροποίηση στα διακυματικά διαστήματα I-III, III-V, οι Cardon et al. (2023), Li et al. (2020) και Dabbous (2012) παρατήρησαν επιμήκυνση στο διάστημα I-III. Αντίθετα, οι Liu et al. (2024) δεν κατέγραψαν αντίστοιχη μεταβολή στο I-III, αλλά κατέγραψαν μειωμένο III-V. Η ασυμφωνία αυτή ενδέχεται να οφείλεται στις ηλικιακές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων. Οι Liu et al. (2024) εξέτασαν μικρές ηλικίες (<37 μηνών) όπου τα στάδια μυελίνωσης του στελέχους είναι ακόμα σε εξέλιξη.

Το 11,11% (n=1) από τις 9 μελέτες εστίασε στην αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας με την μελέτη του συμπλέγματος V-A, του κύματος μετάβασης C, του σταθερού μέρους D, E, F και του κύματος τερματισμού (Rocha et al., 2026). Οι Rocha et al. (2026) διαπίστωσαν πως δεν υπήρχαν διαφορές στους λανθάνοντες χρόνους αλλά στην μελέτη μεταξύ αγοριών και κοριτσιών, τα αγόρια εμφάνισαν μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους έναντι των κοριτσιών. Επίσης, στην προσχολική ηλικία η ανάλυση των Speech-ABR είναι πιθανό να μην είναι τόσο αποτελεσματικός δείκτης για διαφοροδιάγνωση ΔΑΦ ή καθυστέρησης λόγου από την τυπική ανάπτυξη.

Το 11,11% (n=1) των 9 ερευνών επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση του νευρωνικού συγχρονισμού του ακουστικού φλοιού στα 20 Hz και 40 Hz (Ono et al., 2020). Οι Ono et al. (2020) δεν παρατήρησαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων με επικράτηση του δεξιού ημισφαιρίου να παρατηρείται και στις δύο ομάδες στα 40 Hz, ενώ η μη ημισφαιρική διαφορά στα 20 Hz υποδηλώνει πως αυτές οι δύο συχνότητες ωριμάζουν με διαφορετικούς ρυθμούς. Το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκε διαφορά ίσως οφείλεται στο ότι η ηλικιακή ομάδα που εξετάστηκε θεωρείται νευροαναπτυξιακά ανώριμη για να εκδηλώσει αποκλίσεις που μπορεί να εμφανιστούν σε μεγαλύτερα παιδιά ή ενήλικες.

Το 11,11% (n=1) των 9 ερευνών εστίασε στην αξιολόγηση των λανθάνοντων χρόνων κορυφών μέσω του μαγνητοεγκεφαλογραφήματος (MEG) (Stephen et al., 2017). Οι Stephen et al. (2017) παρατήρησαν πως η πηγή της νευρωνικής δραστηριότητας εντοπίστηκε με ακρίβεια στον ακουστικό φλοιό και δεν υπήρξε καμία σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων. Στην ομάδα τυπικής ανάπτυξης, διαπιστώθηκε μείωση των λανθάνοντων χρόνων όσο αυξανόταν η ηλικία γεγονός που επιβεβαιώνει την φυσιολογική νευρωνική ωρίμανση ακόμα και κατά τη διάρκεια του ύπνου. Στην ομάδα ΔΑΦ, παρατηρήθηκε μικρότερη μείωση με την ηλικία (στασιμότητα). Μετά τα δύο έτη τα παιδιά με ΔΑΦ είχαν μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους και αυτοί απέκλιναν σημαντικά λόγω της ωρίμανσης των παιδιών τυπικής ανάπτυξης.

Εν κατακλείδι, από τις 9 μελέτες της προσχολικής ηλικίας, το 77,8% (n=7) διαπίστωσε αποκλίσεις στην ΔΑΦ (Cardon et al., 2023; Dabbous, 2012; Dwyer et al., 202, 2023; Li et al., 2020; Liu et al., 2024; Stephen et al., 2017), ενώ το 22,2% (n=2) δεν κατέγραψε διαφορές (Ono et al., 2020; Rocha et al., 2026). Οι δύο αυτές ομάδες μελέτησαν κοινές και διαφορετικές μεταβλητές. Αυτές που δεν βρήκαν διαφορές εξέτασαν ξεχωριστές μεταβλητές όπως τον φλοιώδη συγχρονισμό (ASSR 20/40 Hz) και το γλωσσικό σύμπλεγμα V-A (Speech-ABR), με την αναπτυξιακή ανωριμότητα να επικαλύπτει τις αποκλίσεις. Στις κοινές μεταβλητές (Click ABR, MEG, P1, N2) παρατηρήθηκαν αντικρουόμενα ευρήματα τα οποία αποδίδονται σε μεθοδολογικές διαφορές όπως το είδος του ερεθίσματος (click ή καθαροί τόνοι), τα ηλικιακά στάδια μυελίνωσης και η παρουσία συνοδού γλωσσικής καθυστέρησης.

4.2 Παιδιά Σχολικής Ηλικίας

Από την χαρτογράφηση των 9 ερευνών που εξέτασαν την ακουστική επεξεργασία σε παιδιά με ΔΑΦ και τυπική νοημοσύνη εξάχθηκαν σημαντικά αποτελέσματα. Στις έρευνες χρησιμοποιήθηκαν δείγματα από συνολικά 292 παιδιά με ΔΑΦ και 247 παιδιά τυπικής ανάπτυξης (ομάδα ελέγχου).

Για την αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας και συγκεκριμένα των κυμάτων P1, N1, P2, N2, P3 όπως και των πλατών P1-N1, N1-P2, P2-N2, N2-P3 χρησιμοποιήθηκαν τα προκλητά δυναμικά που σχετίζονται με γεγονότα (Event-Related Potentials-ERPs) (Kamita et al., 2021) και το ακουστικό παράδειγμα oddball για το Mismatch Negativity (MMN) (Vlaskamp et al., 2017), για την αξιολόγηση του κύματος M100 χρησιμοποιήθηκε το Μαγνητοεγκεφαλογραφήματος (MEG) (Port et al., 2016) και για

την αξιολόγηση του κύματος P3a χρησιμοποιήθηκε το ακουστικό παράδειγμα oddball για το Mismatch Negativity (MMN) (Vlaskamp et al., 2017). Για την αξιολόγηση των κυμάτων I, III, V, και των διακυματικών χρόνων I-III, III-V, I-V, V-A (Speech V) και του κύματος A, του κύματος μετάβασης C, του σταθερού μέρους D, E, F και του κύματος τερματισμού O χρησιμοποιήθηκαν τα ακουστικά προκλητά δυναμικά εγκεφαλικού στελέχους (Auditory Brainstem Response-ABR) (Kabil et al., 2023; Kamita et al., 2020), για την αξιολόγηση του νευρωνικού συγχρονισμού του ακουστικού φλοιού χρησιμοποιήθηκε η ακουστική σταθερή απόκριση (Auditory Steady-State Response – ASSR) (Darrell et al., 2026). Επίσης, η αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας έγινε και μέσω των Ωτοακουστικών εκπομπών (Otoacoustic Emissions-OAEs), της Δοκιμασίας Ετερόπλευρης Καταστολής (Contralateral Suppression Test - CLS) (Aslan et al., 2024), και του MMN (Abdeltawwab et al., 2015; Kabil et al., 2023; Vlaskamp et al., 2017). Ακόμη, για τη μελέτη του MMN χρησιμοποιήθηκαν και τα ERPs (Abdeltawwab et al., 2015) και τέλος, χρησιμοποιήθηκαν συμπεριφορικές δοκιμασίες κεντρικής ακουστικής επεξεργασίας και το Dichotic Digit Test (DDT) για τη διωτική ακρόαση/ακουστική ολοκλήρωση (Kozou et al., 2018). Για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών της ΔΑΦ χρησιμοποιήθηκαν τα, ADOS, ADOS-2 (Port et al., 2016; Darrell et al., 2026; Vlaskamp et al., 2017), ADI-R (Darrell et al., 2026; Vlaskamp et al., 2017), CARS (Port et al., 2016; Abdeltawwab et al., 2015; Kabil et al., 2023), ABC (Kamita et al., 2021) όπως και τα κριτήρια του DSM-IV (Port et al., 2016), DSM-IV-TR (Abdeltawwab et al., 2015; Kamita et al., 2020; Vlaskamp et al., 2017) και του DSM-V (Aslan et al., 2024; Kabil et al., 2023; Kamita et al., 2020; Kozou et al., 2018; Kamita et al., 2021). Για τον έλεγχο της νοημοσύνης χρησιμοποιήθηκαν το General Ability Index (Port et al., 2016), Wechsler Intelligence Scale For Children (WISC) III (Vlaskamp et al., 2017), WISC-IV GAI (Port et al., 2016), WISC-V (Darrell et al., 2026), Stanford-Binet Intelligence Scale 4th Edition (Abdeltawwab et al., 2015; Kozou et al., 2018), Wisconsin Card Sorting Test (Kamita et al., 2021).

Στον Πίνακα 3, απεικονίζονται οι 9 μελέτες που εξέτασαν την ακουστική επεξεργασία σε παιδιά με ΔΑΦ σχολικής ηλικίας συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 3.: Αποτελέσματα σχολικής ηλικίας

Μελέτη- Συγγραφείς	Δείγμα	Μέθοδος	Αποτελέσματα
-----------------------	--------	---------	--------------

Maturation of auditory neural processes in autism spectrum disorder — A longitudinal MEG study (Port et al., 2016)	27 παιδιά με ΔΑΦ, 9 παιδιά τυπικής ανάπτυξης και 5 παιδιά "Optimal Outcome", δηλαδή αρχικά είχαν διαγνωστεί με ΔΑΦ και στην συνέχεια δεν πληρούσαν τα κριτήρια ηλικίας 6-11 ετών και η έρευνα συνεχίστηκε μετά από 2-5 χρόνια	Μαγνητοεγκεφαλογραφήματος (MEG) με παθητική ακρόαση ημιτονοειδών καθαρών τόνων	Παρατεταμένοι λανθάνοντες χρόνοι στο M100 σε παιδιά με ΔΑΦ και στις 2 εξετάσεις. Φάνηκε πως η ακουστική δυσλειτουργία είναι εξαιτίας πρώιμης αναπτυξιακής απόκλισης και δεν προκαλείται με τον χρόνο. Η αρχική τιμή στο M100 αιτιολογεί εν μέρη το πως θα εξελιχθεί γλωσσικά. Τα παιδιά που ήταν στο "Optimal Outcome" εμφάνισαν ενδιάμεσες τιμές.
Evaluation of the Auditory System in Autistic Children Using Evoked Otoacoustic Emissions and a Contralateral Suppression Test (Aslan et al., 2024)	21 παιδιά με ΔΑΦ και 10 παιδιά τυπικής ανάπτυξης (M=9.1 χρονών)	Προκλητές Ωτοακουστικές Εκπομπές (OAEs), Δοκιμασία Ετερόπλευρης Καταστολής (Contralateral Suppression Test - CLS)	Παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν μειωμένη καταστολή Προσωρινών Ωτοακουστικών Εκπομπών (TEOAEs) στο δεξί αυτί ενώ στο αριστερό η καταστολή ήταν φυσιολογική, γεγονός που οδηγεί σε δυσλειτουργία του έσω ελαιοκοχλιακού συστήματος στο στέλεχος. Παρατηρείται ημισφαιρική πλευρίωση γιατί η μείωση καταστολής είναι μόνο στα δεξιά αυτιά στα παιδιά με ΔΑΦ. Οι τιμές των ωτοακουστικών εκπομπών δεν διέφεραν στις δύο ομάδες άρα η λειτουργία των έξω τριχωτών κυττάρων του κοχλία είναι φυσιολογική.
Automatic Pre-Attentive Auditory Responses: MMN to Tone Burst Frequency Changes	31 παιδιά με ΔΑΦ (M=11.37) και 30 παιδιά	ERPs, ακουστικό πρωτόκολλο oddball για να καταγράψει την Αρνητικότητα Αναντιστοιχίας (Mismatch Negativity - MMN) στα ηλεκτρόδια Fz και Cz, δείχνοντας την ικανότητα του	Παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν πολύ χαμηλότερο πλάτος MMN και στα δύο ηλεκτρόδια άρα δεν

in Autistic School-Age Children (Abdeltawwab et al., 2015)	τυπικής ανάπτυξης (M= 11.2)	εγκεφάλου να εντοπίζει αλλαγές στο περιβάλλον	γίνεται απευθείας η αυτόματη επεξεργασία ήχων. Επίσης είχαν πολύ μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους άρα πιο αργή κεντρική ταχύτητα επεξεργασίας και διάκριση συχνοτήτων. Αυτές οι αλλοιώσεις εξηγούν ένα έλλειμμα στον πρωτογενή ακουστικό φλοιό και στις μετωπιαίες περιοχές που οδηγεί ένα παιδί ΔΑΦ να μην στρέφει την προσοχή του σε αλλαγές στο περιβάλλον κάτι που θα οδηγήσει σε δυσκολίες στην κατανόηση προσωδίας.
Mismatch Negativity and Auditory Brain Stem Response in Children with Autism Spectrum Disorders and Language Disorders (Kabil et al., 2023)	60 παιδιά με ΔΑΦ και 60 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 8-12 ετών	ABR και MMN	Τα παιδιά με ΔΑΦ και διαταραχή λόγου είχαν μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους στα κύματα III και V όπως και στους διακυματικούς χρόνους I-III και I-V άρα παρατηρείται καθυστέρηση στην νευρική αγωγιμότητα στην γέφυρα και στο στέλεχος. Ακόμη τα παιδιά με ΔΑΦ είχαν παρατεταμένο λανθάνοντα χρόνο MMN και εμφάνιζαν εξασθενημένες φλοιώδεις ακουστικές απαντήσεις χωρίς να καταγραφεί σημαντική μεταβολή στο πλάτος του MMN συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου
Brainstem auditory evoked potentials in children with autism spectrum disorder (Kamita et al., 2020)	15 παιδιά με ΔΑΦ και 15 τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 7-12 ετών	ABR με λεκτικό και μη ερέθισμα	Τα λεκτικά ερεθίσματα είναι πιο ευαίσθητα από τα απλά κλικ στην ανίχνευση ελλειμμάτων λόγου στα παιδιά με ΔΑΦ.

			Υπήρχε παράταση στους λανθάνοντες χρόνους των κυμάτων V, A, υποδηλώνοντας έλλειμμα στην αρχική νευρική κωδικοποίηση του γλωσσικού ερεθίσματος ενώ καθυστέρηση στα C, D, E, F, O δείχνει δυσκολία στην διατήρηση συγχρονισμού στα φωνήεντα. Τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν μικρότερο λανθάνοντα χρόνο στο κύμα V στα λεκτικά ερεθίσματα και αυξημένο διάστημα III–V στα μη λεκτικά ερεθίσματα, υποδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο αλλοίωση στην αγωγιμότητα του ανώτερου εγκεφαλικού στελέχους
Testing the Auditory Steady-State Response (ASSR) to 40-Hz and 27-Hz Click Trains in Children With Autism Spectrum Disorder and First-Degree Biological Relatives: An Electroencephalographic (EEG) Study (Darrell et al., 2026)	53 παιδιά με ΔΑΦ, 35 τυπικής ανάπτυξης και 26 βιολογικά αδέρφια ηλικίας 8-12 ετών	ASSR και EEG	Η βασική ακουστική παράσυρση στα 27-Hz και 40-Hz δεν είχε διαφορές στις 3 ομάδες. Εντοπίστηκε μείωση στο πλάτος της ευρυζωνικής απόκρισης στις χαμηλές συχνότητες κατά τη μεταβατική περίοδο στα παιδιά με ΔΑΦ. Τα υγιή βιολογικά αδέρφια εμφάνισαν ενδιάμεση τιμή σε αυτή τη μείωση υποδεικνύοντας ότι αυτή αποτελεί κληρονομικό δείκτη.
Evaluation and remediation of central auditory processing disorders in children with autism spectrum disorders (Kozou et al., 2018)	30 παιδιά ΔΑΦ και 30 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 7-12 ετών	Συμπεριφορικές δοκιμασίες κεντρικής ακουστικής επεξεργασίας (CAP), Dichotic Digit Test (DDT) για τη διωτική ακρόαση/ακουστική ολοκλήρωση	Πριν την εκπαίδευση τα παιδιά με ΔΑΦ είχαν σε όλες τις δοκιμασίες χαμηλότερες επιδόσεις συγκριτικά με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης, αν και υπήρχε ετερογένεια.

			Μετά την διωτική εκπαίδευση στα παιδιά με ελλείμματα, παρατηρήθηκε βελτίωση με τα μισά να έχουν πλήρη αποκατάσταση. Επίσης, η εκπαίδευση αυτή βοήθησε στην βελτίωση ακουστικών και γλωσσικών δεξιοτήτων.
Auditory Event Related Potentials in children with autism spectrum disorder (Kamita et al., 2021)	15 παιδιά με ΔΑΦ και 15 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 7-12 ετών	ERPs	Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στους λανθάνοντες χρόνους ή στα πλάτη ανάμεσα στις δύο ομάδες ενώ οι λανθάνοντες χρόνοι ήταν μεγαλύτερη και στους δύο στα λεκτικά ερεθίσματα. Σημειώθηκε μεγαλύτερος λανθάνοντας χρόνος στο N1 στο δεξί αυτί και στις δύο ομάδες
Auditory Processing in Autism Spectrum Disorder: Mismatch Negativity Deficits (Vlaskamp et al., 2017)	35 παιδιά με ΔΑΦ και 38 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 8-12 ετών	Ακουστικό παράδειγμα oddball / MMN paradigm, EEG	Το πλάτος MMN ήταν μειωμένο στα παιδιά με ΔΑΦ και δήλωνε υπο-ανταποκρισιμότητα ή έλλειμμα στην αυτόματη ανίχνευση αλλαγών σε πρώιμο αισθητηριακό επίπεδο και το πλάτος P3a ήταν αρκετά αυξημένο στα παιδιά με ΔΑΦ και δήλωνε υπερ-ανταποκρισιμότητα ή αυξημένη απόσπαση προσοχής σε επίπεδο προσοχής

Από το σύνολο των 31 ερευνών που συμπεριλήφθηκαν στην χαρτογράφηση, το 29% (n=9) εστίασε στην σχολική ηλικία. Από αυτές το 22,2% (n=2) εστίασε στην αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας μέσω της μελέτης των φλοιωδών κυμάτων P1, N1, P2, N2, P3 και των διαστημάτων P1-N1, N1-P2, P2-N2, N2-P3 (Kamita et al., 2021; Vlaskamp et al., 2017). Ειδικότερα, οι Kamita et al. (2021), δεν παρατήρησαν

διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων τόσο στο αισθητηριακό κομμάτι (P1, N1, P2, N2) όσο και στην γνωστική κατανομή της προσοχής (P3). Δεν εντοπίστηκαν διαφορές μεταξύ των λανθάνοντων χρόνων και των πλατών των κυμάτων, αλλά υπήρχε διαφορά μεταξύ των ερεθισμάτων καθώς τα λεκτικά ερεθίσματα προκάλεσαν αυξημένους λανθάνοντες χρόνους στα κύματα P1, N1, P2, N2 συγκριτικά με καθαρού τόνους, κάτι που αποδίδεται στην πολυπλοκότητα της κωδικοποίησης της ομιλίας στον ακουστικό φλοιό. Ταυτόχρονα, εντοπίστηκε αποκλειστικά στο N1 παρατεταμένος λανθάνον χρόνος στο δεξί αυτί. Επίσης, η απουσία αποκλίσεων, μεταξύ των ομάδων, των διαστημάτων P1-N1-P2-N2, υποδηλώνει πως η πρωτογενής αποκωδικοποίηση των ακουστικών ερεθισμάτων είναι διατηρημένη και η ανάλυση των μεσοδιαστημάτων έδειξε πως το ερέθισμα έχει επίδραση στο πλάτος του N2-P3 επιβεβαιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την διαφοροποίηση μεταξύ λεκτικού και μη ερεθίσματος που επηρεάζει την μετάβαση της νευρωνικής δραστηριότητας από την αυτόματη διάκριση (N2) προς την εστιασμένη προσοχή (P3). Οι Vlaskamp et al. (2017) επικεντρώθηκαν στην μελέτη του N2 και P2 όπου δεν παρατήρησαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων κατά την χορήγηση τυπικών ερεθισμάτων. Ωστόσο, όταν χορήγησαν παρεκκλίνοντα ερεθίσματα παρατήρησαν μειωμένο το πλάτος του N2 για την ομάδα ΔΑΦ, υποδηλώνοντας πως τα παιδιά με ΔΑΦ εμφανίζουν αυτόματη αισθητηριακή υπο-ανταποκρισιμότητα όταν αλλάζει η διάρκεια ενός ερεθίσματος. Η ασυμφωνία που παρατηρείται στο N2 αιτιολογείται από την χρήση διαφορετικού πρωτοκόλλου, οι Kamita et al. (2021) χρησιμοποίησαν τα ERPs ενώ οι Vlaskamp et al. (2017) το πρωτόκολλο MMN το οποίο βασίζεται στην παράθεση συνεχών τυπικών ήχων και την ξαφνική παρεμβολή παρεκκλίνοντων όπου η αυτόματη ανίχνευση της αλλαγής απαιτεί διαφορετικούς νευρωνικούς μηχανισμούς μνήμης και διάκρισης. Επίσης, οι Vlaskamp et al. (2017), μελέτησαν το κύμα P3a όπου παρατήρησαν πως η ομάδα ΔΑΦ είχε αυξημένο πλάτος και βραχύτερο λανθάνοντα χρόνο του συμπλέγματος FreqDurP3a, γεγονός που δηλώνει την ευαλωτότητα στην απόσπαση προσοχής παρά τη μειωμένη αισθητηριακή διάκριση.

Το 11,11% (n=1) των ερευνών, μελέτησε την ακουστική επεξεργασία μέσω του κύματος M100 (Port et al., 2016). Οι Port et al. (2016), εντόπισαν καθυστέρηση στην εμφάνιση του κύματος M100 στα παιδιά με ΔΑΦ (141 ± 4.0 ms) συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου (122 ± 6.0 ms). Σε τόνους υψηλότερης συχνότητας, εμφανίστηκαν πιο πρώιμα οι λανθάνοντες χρόνοι όπως και στο δεξί ημισφαίριο. Ωστόσο, ο ρυθμός

ωρίμανσης του M100 δεν διέφερε μεταξύ των δύο ομάδων. Ακόμη, οι μεγαλύτεροι λανθάνοντες χρόνοι και στα δύο ημισφαίρια συσχετίστηκαν με πιο υψηλές βαθμολογίες στην κλίμακα SRS, υποδηλώνοντας πως η καθυστέρηση του M100 συνδέεται με τα αυτιστικά συμπτώματα. Τα παιδιά που συμμετείχαν στην επανεξέταση (που δεν πληρούσαν πλέον κριτήρια για ΔΑΦ) εμφάνισαν ηλεκτροφυσιολογικές αποκρίσεις σε σταθερά ενδιάμεσα επίπεδα μεταξύ των παιδιών ΔΑΦ και των παιδιών τυπικής ανάπτυξης.

Το 22,22% (n=2) των ερευνών, εστίασε στην παρατήρηση των κυμάτων I, III, V, του κύματος A, του κύματος μετάβασης C, του σταθερού μέρους D, E, F, του κύματος τερματισμού O και των διακυματικών χρόνων I-III, III-V, I-V, V-A (κύμα Speech V) για την αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας (Kabil et al., 2023; Kamita et al., 2020). Οι Kabil et al. (2023) παρατήρησαν πως παρόλο που το κύμα I ήταν παρατεταμένο στα παιδιά με ΔΑΦ, δεν υπήρχε μεγάλη διαφορά συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Στο κύμα III εντοπίστηκε καθυστέρηση στο δεξί αυτί ενώ στο αριστερό δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές και στο κύμα V υπήρχε καθυστέρηση και στα δύο αυτιά συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Ακόμη, στα παιδιά με ΔΑΦ το διάστημα I-III ήταν καθυστερημένο στο αριστερό αυτί, ενώ στο δεξί δεν εμφάνισε διαφορά και τα διαστήματα III-V, I-V εμφανίστηκαν με καθυστέρηση και στα δύο αυτιά. Ωστόσο, οι Kamita et al. (2020), δεν εντόπισαν καμία διαφορά μεταξύ των κυμάτων I, III, V στις δύο ομάδες κατά την χορήγηση μη λεκτικών ερεθισμάτων ενώ στην χορήγηση λεκτικών ερεθισμάτων, το κύμα V στα παιδιά ΔΑΦ είχε μικρότερο λανθάνοντα χρόνο. Τα κύματα A, C, D, E, F, O και το πλάτος V-A δεν εμφάνισαν καμία διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων. Η ασυμφωνία μεταξύ των δύο ερευνών για το κύμα III και V και τα διαστήματα I-III, III-V, I-V αιτιολογείται από την παροχή διαφορετικών εξεταζόμενων ερεθισμάτων και τα μεγέθη των δειγμάτων. Συγκεκριμένα, οι Kabil et al. (2023) χρησιμοποίησαν μόνο ήχους κλικ, ενώ οι Kamita et al. (2020) χρησιμοποίησαν και λεκτικά ερεθίσματα. Επιπλέον, οι Kabil et al. (2023) είχαν μεγαλύτερο δείγμα ομάδας συγκριτικά με τους Kamita et al. (2020).

Το 11,11% (n=1) των ερευνών, επικεντρώθηκε στον νευρωνικό συγχρονισμό του ακουστικού φλοιού (Darrell et al., 2026). Οι Darrell et al. (2026), δεν εντόπισαν καμία διαφορά μεταξύ των 3 ομάδων (παιδιά με ΔΑΦ, παιδιά τυπικής ανάπτυξης και 26 βιολογικά αδέρφια) όσον αφορά την ισχύ του ASSR, την διαδοχική φασική διασυγχρονικότητα (ITPC) και τη γωνία κλειδώματος φάσης (PLA) και στις δύο

συνθήκες ερεθισμού (ερέθισμα στα 27 Hz και στα 40 Hz). Ταυτόχρονα, παρατηρήθηκε επικράτηση του δεξιού ημισφαιρίου με την επίδραση της ηλικίας. Ωστόσο, η ανάλυση της προκλητής απόκρισης ευρέος φάσματος έδειξε διαφορές στο χρονικό παράθυρο 180-250 ms τόσο στα 40 Hz, όσο και στα 27 Hz με την ομάδα ΔΑΦ να έχει μείωση στο πλάτος αρνητικής απόκρισης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Τα μη επηρεασμένα αδέλφια παρουσίασαν ενδιάμεσο πλάτος απόκρισης υποδηλώνοντας έναν ενδοφαινοτυπικό δείκτη γενετικής ευαλωτότητας.

Το 11,11% (n=1) των ερευνών, εστίασε στην αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας εξετάζοντας την κοχλιακή λειτουργία και το απαγωγό ακουστικό σύστημα (Aslan et al., 2024). Οι Aslan et al. (2024), παρατήρησαν πως η λειτουργία των έξω τριχωτών κυττάρων του κοχλία στα παιδιά με ΔΑΦ παραμένει ακέραια, καθώς οι αρχικές τιμές των προσωρινών ωτοακουστικών εκπομπών δεν διέφεραν από αυτές της ομάδας ελέγχου. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων στην ετερόπλευρη καταστολή και την ακουστική πλευρίωση, καθώς και σημαντικές διαφορές στην πλευρίωση της ακουστικής επεξεργασίας μεταξύ των δύο ομάδων. Τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης είχαν φυσιολογική ετερόπλευρη καταστολή και στα δύο αυτιά με τις τιμές των ωτοακουστικών εκπομπών να είναι σημαντικά υψηλότερες από τις τιμές της ετερόπλευρης καταστολής και στα δύο αυτιά. Αντιθέτως, η ομάδα ΔΑΦ εμφάνισε λειτουργική ασυμμετρία μεταξύ των δύο αυτιών, στο αριστερό αυτί η καταστολή ήταν φυσιολογική ($p < 0,05$) και στο δεξί παρατηρήθηκε σημαντική μείωση ή και απουσία της ετερόπλευρης καταστολής με τις τιμές των ωτοακουστικών εκπομπών και της ετερόπλευρης καταστολής να μην διαφέρουν ($p > 0,05$). Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν δυσλειτουργία και μη φυσιολογική διάταξη στις περιφερικές ίνες του εσω ελαιοκοχλιακού συστήματος του στελέχους, το οποίο εμφανίζει διαφοροποιημένη και ασύμμετρη αποτελεσματικότητα μεταξύ των δύο αυτιών στα παιδιά με ΔΑΦ.

Το 11,11% (n=1) των ερευνών, χρησιμοποίησε συμπεριφορικές δοκιμασίες κεντρικής ακουστικής επεξεργασίας και το Dichotic Digit Test (DDT) για τη διωτική ακρόαση/ακουστική ολοκλήρωση (Kozou et al., 2018). Οι ερευνητές, παρατήρησαν πως όλα τα παιδιά είχαν φυσιολογική περιφερική ακοή αλλά ταυτόχρονα πολλά ελλείμματα και ετερογένεια. Η ομάδα ΔΑΦ είχε χαμηλότερη βαθμολογία από αυτήν της τυπικής ανάπτυξης σε όλες τις υποδοκιμασίες του SCAN3-C και στη φωνολογική επίγνωση. Στη δοκιμασία διωτικής ακοής, το 26,7% της ομάδας ΔΑΦ, εμφάνισε

πλεονέκτημα στο δεξί αυτί και έλλειμμα στο αριστερό και το 20% το αντίθετο υποδηλώνοντας την επικράτηση του δεξιού ημισφαιρίου κατά την ακουστική επεξεργασία. Μετά την διωτική ακουστική εκπαίδευση στους 14 συμμετέχοντες με ΔΑΦ παρατηρήθηκε βελτίωση της ακουστικής επεξεργασίας αυτί με τα περισσότερα ελλείμματα, με τους μισούς συμμετέχοντες να φτάνουν την πλήρη αποκατάσταση. Επίσης, η βελτίωση παρατηρήθηκε και στις άλλες υποδοκιμασίες που είχαν χορηγηθεί.

Το 33,33% (n=3) των ερευνών, επικεντρώθηκε στην μελέτη της ακουστικής επεξεργασίας μέσω του κύματος MMN (Abdeltawwab et al., 2015; Kabil et al., 2023; Vlaskamp et al., 2017). Οι Abdeltawwab et al. (2015), εντόπισαν πως τα παιδιά με ΔΑΦ είχαν μειωμένο πλάτος MMN ($p < 0,05$) και παρατεταμένους λανθάνοντες χρόνους συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Ακόμη, ενώ στα παιδιά τυπικής ανάπτυξης το πλάτος του MMN αυξανόταν προοδευτικά με την ηλικία, το χαρακτηριστικό αυτό απουσίαζε στα παιδιά ΔΑΦ υποδηλώνοντας την απουσία της νευροφυσιολογικής ωρίμανσης. Ταυτόχρονα, το μειωμένο πλάτος MMN στην ομάδα ΔΑΦ συσχετίστηκε με την βαρύτητα των συμπτωμάτων και την καθυστέρηση στη γλωσσική ηλικία. Αυτά τα ευρήματα συνδέονται με την ύπαρξη μη φυσιολογικής αυτόματης ακουστικής επεξεργασίας στο κεντρικό νευρικό σύστημα των παιδιών ΔΑΦ, η οποία συνδέεται με τα γνωστικά και γλωσσικά ελλείμματα. Σύμφωνα με τους Kabil et al. (2023), οι μέσες τιμές του λανθάνοντος χρόνου ήταν παρατεταμένες στα παιδιά με ΔΑΦ και στα δύο αυτιά, ενώ στα πλάτη του MMN δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων σε κανένα αυτί. Η αύξηση των λανθάνοντων χρόνων MMN στην ομάδα ΔΑΦ υποδηλώνει τις δυσκολίες στην αυτόματη ακουστική διάκριση και ίσως ανεπάρκεια στην προσωρινή μνήμη. Οι Vlaskamp et al. (2017), ανέφεραν πως τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν μειωμένο πλάτος του MMN στα παρεκκλίνοντα ερεθίσματα διαρκείας και συχνότητας-διαρκείας, ενώ δεν καταγράφηκαν διαφορές στα ερεθίσματα αμιγούς συχνότητας ούτε στους λανθάνοντες χρόνους MMN. Οι ερευνητές, επισημαίνουν πως αυτή η μείωση πλάτους MMN στη διάρκεια υποδηλώνει έλλειμμα στην χρονική ακουστική επεξεργασία και διάκριση και έναν όχι τόσο ακριβή αυτόματο προσανατολιστικό ανακλαστικό μηχανισμό στη διαφορετικότητα και πως η αισθητηριακή υπο-ανταποκρισιμότητα σχετίζεται με χαμηλότερα επίπεδα κοινωνικής επικοινωνίας. Οι αποκλίσεις που παρατηρούνται σε αυτές τις τρεις μελέτες για τους λανθάνοντες χρόνους και τα πλάτη του MMN αιτιολογούνται από την ετερογένεια που παρουσιάζει το φάσμα του αυτισμού, καθώς διαφορετικές υποομάδες εμφανίζουν

διαφορετικό βαθμό υπο-ανταποκρισιμότητας. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό είδος παρεκκλίνοντος ερεθίσματος και διαφορετική μεθοδολογία (π.χ. οι Kabil et al. (2023) μέτρησαν το MMN από τις μαστοειδείς αποφύσεις, ενώ οι Vlaskamp et al. (2017) μέσω του κεντρικού ηλεκτρόδιου FCz).

Εν κατακλείδι, από τις 9 μελέτες (29%) που εξέτασαν την σχολική ηλικία, το 88,9% (n=8) παρατήρησαν αποκλίσεις στους συμμετέχοντες με ΔΑΦ σε σχέση με τους νευροτυπικούς συνομηλίκους (Abdeltawwab et al., 2015; Aslan et al., 2024; Darrell et al., 2026; Kabil et al., 2023; Kozou et al., 2018; Port et al., 2016; Vlaskamp et al., 2017; Kamita et al., 2020), ενώ το 11,1% (n=1) δεν κατέγραψε διαφορές (Kamita et al., 2021). Οι δύο ομάδες μελετών εξέτασαν τόσο κοινές όσο και διαφορετικές μεταβλητές. Η μελέτη που δεν βρήκε διαφορές εξέτασε τα βασικά φλοιώδη κύματα (P1, N1, P2, N2, P3) σε τυπικά ερεθίσματα, ενώ οι άλλες μελέτες με μοναδικές μεταβλητές κατέγραψαν ελλείμματα στην ετερόπλευρη καταστολή, τη διωτική ακρόαση, το κύμα M100 και την προκλητή απόκριση ευρέος φάσματος. Στις κοινές μεταβλητές εντοπίστηκαν αντικρουόμενα ευρήματα. Στα ABR (κύματα III, V και διαστήματα I-III, III- V, I- V) οι Kabil et al. (2023) βρήκαν καθυστερήσεις στα παιδιά με ΔΑΦ, ενώ οι Kamita et al. (2020) όχι. Ακόμη, στο MMN οι Abdeltawwab et al. (2015) και οι Vlaskamp et al. (2017) κατέγραψαν μειωμένο πλάτος σε παρεκκλίνοντα ερεθίσματα στα παιδιά με ΔΑΦ σε αντίθεση με τους Kabil et al. (2023) που εντόπισαν διαφορές μόνο στους λανθάνοντες χρόνους. Αυτές οι αποκλίσεις μπορεί να οφείλονται σε διαφορές στα αξιολογητικά πρωτόκολλα των ερευνών λόγω του είδους των χορηγούμενων ερεθισμάτων (click ή λεκτικά), του τύπου της αξιολόγησης (ERP ή MMN), ή της θέσης τοποθέτηση των ηλεκτροδίων (μαστοειδής ή FCz), καθώς και στην ετερογένεια του γλωσσικού επιπέδου των συμμετεχόντων με ΔΑΦ στις διαφορετικές μελέτες (παιδιά με ΔΑΦ τυπικής νοημοσύνης χωρίς συννοσηρότητα με ΑΓΔ ή με συννοσηρότητα με ΑΓΔ).

4.3 Παιδιά εφηβικής ηλικίας

Από την χαρτογράφηση των παραπάνω 2 ερευνών εξάχθηκαν σημαντικά αποτελέσματα. Στις έρευνες χρησιμοποιήθηκαν δείγματα από συνολικά 39 παιδιά με ΔΑΦ και 39 παιδιά τυπικής ανάπτυξης (ομάδα ελέγχου).

Για την αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας και συγκεκριμένα των κυμάτων V, A, C, D, E, F, O χρησιμοποιήθηκαν τα Speech-ABR (Ramezani et al., 2018) και για την αξιολόγηση των κυμάτων P1, N2, N4 και του MMN χρησιμοποιήθηκε το MMN

και το EEG (Ludlow et al., 2014). Για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών της ΔΑΦ χρησιμοποιήθηκαν το Autism Diagnostic Observation Schedule Generic (ADOS-G) (Ludlow et al., 2014) και τα κριτήρια του DSM-IV (Ludlow et al., 2014) και του DSM-V (Ramezani et al., 2018). Για τον έλεγχο της νοημοσύνης χρησιμοποιήθηκαν το WISC (Ramezani et al., 2018), το British Picture Vocabulary Scale (BPVS) και το Raven's Progressive Matrices (Ludlow et al., 2014).

Στον Πίνακα 4, απεικονίζονται οι 2 μελέτες που εξέτασαν την ακουστική επεξεργασία σε παιδιά με ΔΑΦ εφηβικής ηλικίας συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 4.: Αποτελέσματα εφηβείας

Μελέτη-Συγγραφείς	Δείγμα	Μέθοδος	Αποτελέσματα
Auditory brainstem response to speech in children with high functional autism spectrum disorder (Ramezani et al., 2018)	28 παιδιά με ΔΑΦ $14,36 \pm 1,86$ ετών και 28 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας $14,99 \pm 1,92$ ετών	Speech-ABR	Στα παιδιά με ΔΑΦ οι λανθάνοντες χρόνοι όλων των κυμάτων ήταν παρατεταμένοι και η διάρκεια του συμπλέγματος V-A ήταν μικρότερη που υποδηλώνει ασθενέστερο νευρωνικό συγχρονισμό. Η αναλογία σήμα προς θόρυβο ήταν πιο χαμηλή στα παιδιά με ΔΑΦ που υποδηλώνει πιο μεγάλο εσωτερικό θόρυβο ενώ τα πλάτη των κυμάτων δεν είχαν διαφορές. Γενικά τα παιδιά με ΔΑΦ υψηλής λειτουργικότητας έχουν έλλειμμα στην χρονική νευρωνική κωδικοποίηση της ομιλίας σε επίπεδο εγκεφαλικού στελέχους.
Auditory processing and sensory behaviours in children with autism spectrum disorders as revealed by mismatch negativity (Ludlow et al., 2014)	11 αγόρια με ΔΑΦ και 11 αγόρια τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 11-16 ετών	MMN, EEG	Τα παιδιά με ΔΑΦ είχαν μειωμένα πλάτη MMN σε λέξεις και ψευδολέξεις και σημαντική μείωση ενεργοποίησης για λέξεις στις κεντρο-εντοχωματικές περιοχές συγκριτικά με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης. Επίσης είχαν υψηλότερες βαθμολογίες στα Low Registration, Sensory Sensitivity και Sensory Avoidance. Η ακουστική αισθητηριακή ευαισθησία εξήγησε τις διαφορές στην επεξεργασία και βρέθηκε η σχέση πως όσο

			υψηλότερη ήταν η αισθητηριακή ευαισθησία τόσο χαμηλότερη ήταν η νευροφυσιολογική απόκριση σε πραγματικές λέξεις.
--	--	--	--

Από το σύνολο των 31 ερευνών που συμπεριλήφθηκαν στην χαρτογράφηση, το 6,45% (n=2) εστίασε στην εφηβική ηλικία. Από αυτές η μία επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας μέσω της μελέτης των κυμάτων V, A, C, D, E, F, O (Ramezani et al., 2018). Οι ερευνητές, παρατήρησαν πως ο λανθάνων χρόνος όλων των κυμάτων και του συμπλέγματος V-A ήταν παρατεταμένος στην ομάδα ΔΑΦ συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Άρα λόγω καθυστέρησης των κυμάτων V, A και του V-A υπάρχει ένας ασθενέστερος νευρωνικός συγχρονισμός στην ανίχνευση της αρχής και του τέλους του λεκτικού ερεθίσματος ενώ η καθυστέρηση στα κύματα D, E, F υποδηλώνει δυσκολία στην κατανόηση μεταβατικών στοιχείων της ομιλίας και άρα ασθενέστερη διάκριση συμφώνων. Επίσης, η διάρκεια του συμπλέγματος V-A ήταν μικρότερη στην ομάδα ΔΑΦ, ενώ το πλάτος η κλίση και το βάθος δεν εμφάνισαν διαφορές μεταξύ των ομάδων. Η αναλογία σήματος προς θόρυβο ήταν χαμηλότερη στα άτομα ΔΑΦ, κάτι που αποδίδεται σε υψηλότερη δραστηριότητα πριν το ερέθισμα. Γενικά, τα ευρήματα υποδηλώνουν διαταραχή στις υποφλοιώδεις οδούς του στελέχους. Η επόμενη έρευνα, αξιολόγησε τα κυμάτων P1, N2, N4 και το MMN για την μελέτη της ακουστικής επεξεργασίας (Ludlow et al., 2014). Οι Ludlow et al. (2014), παρατήρησαν πως τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισε μειωμένα πλάτη MMN σε ερεθίσματα που μοιάζουν με ομιλία συγκριτικά με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης και αυτή η μείωση ήταν πιο φανερή στις λέξεις, με τα παιδιά με ΔΑΦ να εμφανίζουν ελαττωμένη νευρωνική ενεργοποίηση τόσο στην μετωπιαία όσο και στην κεντρο-εντοιχωματική περιοχή, ενώ στις ψευδολέξεις οι διαφορές εντοπίστηκαν στην μετωπιαία περιοχή. Στην ακουστική αισθητηριακή επεξεργασία, η ομάδα ΔΑΦ σημείωσε υψηλότερες βαθμολογίες στην χαμηλή καταγραφή, την αισθητηριακή ευαισθησία και την αισθητηριακή αποφυγή. Όσο υψηλότερη ήταν η αισθητηριακή ευαισθησία των παιδιών με ΔΑΦ τόσο χαμηλότερη ήταν η αυτόματη προσοχή στις λέξεις. Τα ευρήματα αυτά ερμηνεύονται ως ένδειξη αλλοιωμένης λειτουργικής συνδεσιμότητας των μετωπιαίων κυκλωμάτων υποστηρίζοντας πως η υπερβολική εστίαση σε αντιληπτικές λεπτομέρειες

ήχων ενδέχεται να παρεμποδίζει τη γρήγορη εξαγωγή και αποκωδικοποίηση σύνθετων ημιασιολογικών πληροφοριών της ομιλίας.

Εν κατακλείδι, από τις 2 έρευνες (6,45%) που εξέτασαν την εφηβική ηλικία, το 100% (n=2) διαπίστωσε αποκλίσεις μεταξύ της ομάδας ΔΑΦ και της ομάδας ελέγχου (Ramezani et al., 2018; Ludlow et al., 2014). Οι δύο αυτές μελέτες εξέτασαν διαφορετικές μεταβλητές καλύπτοντας διαφορετικά επίπεδα της ακουστικής οδού. Οι Ramezani et al. (2018), εστίασαν στην γλωσσική υποφλοιώδη επεξεργασία στο στέλεχος (Speech-ABR) καταγράφοντας παρατεταμένους λανθάνοντες χρόνους στα κύματα V, A, C, D, E, F, O, μείωση στη διάρκεια του συμπλέγματος V-A και χαμηλότερη αναλογία σήματος προς θόρυβο. Ωστόσο, οι Ludlow et al. (2014) εξέτασαν την φλοιώδη αυτόματη διάκριση (MMN) και την αισθητηριακή επεξεργασία, εντοπίζοντας μειωμένο πλάτος MMN σε ερεθίσματα ομιλίας και ελαττωμένη μετωπιαία/κεντρο-εντοίχωματική νευρωνική ενεργοποίηση, η οποία συνδέθηκε με αυξημένη αισθητηριακή ευαισθησία. Επειδή οι μελέτες εξέτασαν ξεχωριστούς ηλεκτροφυσιολογικούς δείκτες, δεν υπάρχουν αντικρουόμενα ευρήματα σε κοινές μεταβλητές αλλά τα αποτελέσματα είναι συμπληρωματικά υποδηλώνοντας εκτεταμένη δυσλειτουργία που εκτείνεται από το ακουστικό στέλεχος ως τις μετωπιαίες φλοιώδεις περιοχές κατά την επεξεργασία λεκτικών ερεθισμάτων στην εφηβεία.

4.4 Μελέτες με συμμετέχοντες παιδιά με ΔΑΦ, ηλικίας 1-18 ετών

Από το σύνολο των 31 ερευνών που συμπεριλήφθηκαν στην χαρτογράφηση, το 35,5% (n=11) συμπεριέλαβε παιδιά με ΔΑΦ ηλικίας 1-18 ετών. Μία από αυτές τις μελέτες ήταν μετα-ανάλυση (Talge et al., 2018). Στις έρευνες χρησιμοποιήθηκαν δείγματα από συνολικά 376 παιδιά με ΔΑΦ και 340 παιδιά τυπικής ανάπτυξης (ομάδα ελέγχου), ενώ εξάχθηκαν σημαντικά αποτελέσματα.

Για την αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας και συγκεκριμένα των κυμάτων I, II, III, IV, V, VI, VII και των διακυματικών χρόνων I-III, III-V, I-V χρησιμοποιήθηκαν τα ακουστικά προκλητά δυναμικά εγκεφαλικού στελέχους (Auditory Brainstem Response-ABR) (Talge et al., 2018; Claesdotter-Knutsson et al., 2019; Ververi et al., 2015; Blue et al., 2024), για την αξιολόγηση του κύματος P1m χρησιμοποιήθηκαν τα ακουστικά προκλητά πεδία (Auditory Evoked Fields-AEF) (Yoshimura et al., 2016). Για την αξιολόγηση των κυμάτων M50, M100, M200 χρησιμοποιήθηκαν τα ακουστικά

προκλητά πεδία (Auditory Evoked Fields-AEF) και το MEG (Edgar et al., 2015), για την αξιολόγηση του P1, N2 χρησιμοποιήθηκαν τα προκλητά δυναμικά που σχετίζονται με γεγονότα (Event-Related Potentials-ERPs) (Arnett et al., 2018) και τα Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά (Auditory Evoked Potentials-AEPs) (Yu et al., 2018). Για τη μελέτη του κύματος M1n χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία ταχείας ακουστικής επεξεργασίας (Rapid Auditory Processing Test) και το MEG (Demopoulos et al., 2015). Για την αξιολόγηση του νευρωνικού συγχρονισμού του ακουστικού φλοιού χρησιμοποιήθηκε η ακουστική σταθερή απόκριση (Auditory Steady-State Response – ASSR) και για την αξιολόγηση των λανθάνοντων χρόνων κορυφών χρησιμοποιήθηκε το μαγνητοεγκεφαλογράφημα (MEG) (Ahlfors et al., 2024). Τέλος, η αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας έγινε μέσω του Mismatch Negativity με την βοήθεια του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος (EEG) και του μαγνητοεγκεφαλογράφηματος (MEG) (Chen et al., 2020). Για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών της ΔΑΦ χρησιμοποιήθηκαν τα, ADOS, ADOS-2 (Arnett et al., 2018; Yu et al., 2018; Claesdotter-Knutsson et al., 2019; Edgar et al., 2015; Ahlfors et al., 2024; Yoshimura et al., 2016; Demopoulos et al., 2015), ADI-R (Arnett et al., 2018; Claesdotter-Knutsson et al., 2019; Edgar et al., 2015; Yoshimura et al., 2016; Demopoulos et al., 2015), Social Communication Questionnaire (SCQ) (Ahlfors et al., 2024), CARS (Ververi et al., 2015) όπως και τα κριτήρια του DSM-IV (Talge et al., 2018), DSM-IV-TR (Talge et al., 2018; Ververi et al., 2015; Yoshimura et al., 2016; Demopoulos et al., 2015) και του DSM-V (Yu et al., 2018; Claesdotter-Knutsson et al., 2019; Ahlfors et al., 2024; Yoshimura et al., 2016; Blue et al., 2024; Chen et al., 2020). Για τον έλεγχο της νοημοσύνης χρησιμοποιήθηκαν το Differential Ability Scales (DAS-II) (Arnett et al., 2018), το Mullen Scales Of Early Learning (MSEL) (Arnett et al., 2018), το Ravens’s Standard Progressive Matrices Test (Yu et al., 2018), το WISC-IV (Claesdotter-Knutsson et al., 2019; Demopoulos et al., 2015), το Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence Third Edition (WPPSI-III) (Demopoulos et al., 2015) και το Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC) (Yoshimura et al., 2016).

Στον Πίνακα 5, απεικονίζονται οι 11 μελέτες που εξετάζουν την ακουστική επεξεργασία σε παιδιά με ΔΑΦ ηλικίας 1-18 ετών συγκριτικά με ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 5.: Αποτελέσματα εύρους ηλικιών

Μελέτη- Συγγραφείς	Δείγμα	Μέθοδος	Αποτελέσματα
-----------------------	--------	---------	--------------

Click-Evoked Auditory Brainstem Responses and Autism Spectrum Disorder: A Meta-Analytic Review (Talge et al., 2018)	Είναι meta-analytic review με συμμετέχοντες άτομα ΔΑΦ και ομάδα ελέγχου	ABR με ακουστικά ερεθίσματα ευρέους φάσματος	Η ομάδα ΔΑΦ έχει μεγαλύτερους απόλυτους λανθάνοντες χρόνους στα κύματα III, V συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου όπως και μεγαλύτερους διακυματικούς χρόνους για τα διαστήματα I-III, I-V και κυρίως στα παιδιά 8 ετών και κάτω. Επειδή οι παρατάσεις περιορίζονται σε ότι αφορά τη νευρική μετάδοση από το ακουστικό νεύρο προς τον κοχλιακό πυρήνα, φαίνεται ότι η ακουστική παθολογία εντοπίζεται κυρίως σε αυτό το πρώιμο τμήμα του στελέχους. Η χορήγηση γρήγορων επαναλήψεων κλικ έδωσε ακόμα μεγαλύτερες παρατάσεις χρόνων στα άτομα με ΔΑΦ. Οι παρατάσεις των κυμάτων δείχνουν την κεντρική και όχι την περιφερική δυσλειτουργία. Δεν υπάρχουν διαφορές στο κύμα I και στο διάστημα III- V. Υπάρχει ετερογένεια.
Auditory perception is associated with implicit language learning and receptive language ability in autism spectrum disorder (Arnett et al., 2018)	76 παιδιά με ΔΑΦ και 27 παιδιά τυπικής ηλικίας 4-17 ετών	ERPs με έκθεση σε συνεχή ροή συλλαβών	Νευροτυπικά η έμμεση μάθηση γλώσσας έγινε με μείωση του πλάτους P1 μόνο στο αριστερό ημισφαίριο ενώ στα άτομα με ΔΑΦ ήταν και στα δύο ημισφαίρια. Στο πρώτο ερέθισμα που λάμβαναν δεν υπήρχε το πλάτος και ο λανθάνον χρόνος του P1 δεν διέφεραν άρα η πρωτογενής ακουστική επεξεργασία ήχων ήταν παρόμοια. Τα ελλείμματα στον λόγο σε παιδιά με ΔΑΦ δεν

			οφείλονται απλά σε αδυναμία να ακούσουν ή να ξεχωρίσουν ήχους αλλά σε άτυπη νευρωνική οργάνωση όταν γίνεται η διαδικασία αυτόματης εξαγωγής γλωσσικών ερεθισμάτων από το περιβάλλον, κάτι που οδηγεί σε υποψίες για συνοδό γλωσσική διαταραχή.
Role of inter-trial phase coherence in atypical auditory evoked potentials to speech and nonspeech stimuli in children with autism (Yu et al., 2018)	15 παιδιά με ΔΑΦ και 16 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 4-11 ετών	AEPs με ένα γλωσσικό και ένα μη γλωσσικό ερέθισμα	Τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν αυξημένο πλάτος και παρατεταμένο χρόνο απόκρισης P1 συγκριτικά με τα τυπικής ανάπτυξης και στα δύο ερεθίσματα δείχνοντας ένα μη ειδικό έλλειμμα στην αρχική φλοιώδη επεξεργασία και μειωμένο πλάτος N2 και στα δύο ερεθίσματα. Παρατηρήθηκε επίσης πως τα παιδιά με αυτισμό παρουσιάζουν μια υπερδραστηριότητα κατά την έναρξη του ήχου και αντιθέτως μια υποευαισθησία στην μεταγενέστερη ανάλυση του.
Abnormal auditory brainstem response in the pons region in youth with autism (Claesdotter-Knutsson et al., 2019)	39 παιδιά με ΔΑΦ και 34 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 7-18 ετών	ABR με σύνθετο ακουστικό ερέθισμα	Τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν μεγαλύτερο πλάτος στο κύμα III δείχνοντας μια υπεραπαντητικότητα ή όχι καλή νευρωνική επιστράτευση. Οι λανθάνοντες χρόνοι δεν είχαν διαφορές. Στα παιδιά με ΔΑΦ τα αγόρια είχαν υψηλή συσχέτιση μεταξύ κυματομορφών ανάμεσα στα δύο αυτιά ενώ τα τυπικά χαμηλότερη συγκριτικά με τα κορίτσια. Οι

			αλλοιώσεις στο κύμα III δείχνουν μια συγκεκριμένη δυσλειτουργία στα ακουστικά δίκτυα στελέχους και γέφυρας
Auditory encoding abnormalities in children with autism spectrum disorder suggest delayed development of auditory cortex. (Edgar et al., 2015)	52 παιδιά με ΔΑΦ και 63 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 6-14 ετών	AEFs με MEG	Τα παιδιά με αυτισμό εμφάνισαν μεγάλη καθυστέρηση στο κύμα M100 στο δεξί ημισφαίριο και μετά τα 150 ms από το ερέθισμα είχαν αύξηση της συνολικής ισχύος σε συχνότητες 4-16 Hz και στα δύο ημισφαίρια. Ενώ στα τυπικά παιδιά όσο αυξάνεται η ηλικία μειώνεται το πλάτος του κύματος M200, στα παιδιά με ΔΑΦ η μείωση είναι μικρότερη κάτι που οδηγεί σε καθυστέρηση στην ωρίμανση του ακουστικού φλοιού. Ακόμη, τα παιδιά με ΔΑΦ δεν έχουν ημισφαιρική συμμετρία
No Differences in Auditory Steady-State Responses in Children with Autism Spectrum Disorder and Typically Developing Children (Ahlfors et al., 2024)	22 παιδιά με ΔΑΦ και 31 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 6-17 ετών	ASSR και MEG	Δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων και με τις δύο να εμφανίζουν υπεροχή του δεξιού ημισφαιρίου και ο νευρωνικός συγχρονισμός μόνιμης κατάστασης στον ακουστικό φλοιό παιδιών ΔΑΦ υψηλής λειτουργικότητας είναι φυσιολογικός.
Brainstem Auditory Evoked Potentials in Boys with Autism: Still Searching for the Hidden Truth (Ververi et al., 2015)	43 αγόρια με ΔΑΦ και 43 αγόρια τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 2-10 ετών	Brainstem Auditory Evoked Potentials – BAEPs με ακουστικά ερεθίσματα τύπου κλικ Μαγνητική Τομογραφία (Magnetic Resonance Imaging-MRI) Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (Electroencephalogram- EEG)	Τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν παρατεταμένο το κύμα I και V όπως και ανωμαλία στο διάστημα I-V. Επίσης, τα παιδιά με παθολογική μαγνητική τομογραφία είχαν μεγαλύτερους

			λανθάνοντες χρόνους στο κύμα III και στο διάστημα I-III. Ακόμη, τα παιδιά με παθολογικό ηλεκτροεγκεφαλογράφημα είχαν μεγαλύτερο διάστημα I-V
Atypical Development of the Central Auditory System in Young Children With Autism Spectrum Disorder (Yoshimura et al., 2016)	35 παιδιά με ΔΑΦ και 35 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 2-10 ετών	Ακουστικά προκλητά πεδία, Μαγνητοεγκεφαλογραφία (Magnetoencephalography- MEG)	Στα παιδιά με ΔΑΦ παρατηρήθηκε μια αλλοιωμένη και μη-συγχρονισμένη αναπτυξιακή τροχιά στον κεντρικό ακουστικό φλοιό σε περίοδο κατάκτησης της γλώσσας και η απουσία της τυπικής καμπύλης ωρίμανσης με αποτέλεσμα να υπάρχουν ελλείμματα στην νευρωνική πλαστικότητα και τη συναπτική οργάνωση που δηλώνουν την δυσκολία στην επικοινωνία
Deficits in Auditory Processing Contribute to Impairments in Vocal Affect Recognition in Autism Spectrum Disorders: A MEG Study (Demopoulos et al., 2015)	25 παιδιά με ΔΑΦ και 12 παιδιά τυπικής ανάπτυξης ηλικίας 5-18 ετών	Δοκιμασία Ταχείας Ακουστικής Επεξεργασίας (Rapid Auditory Processing Test) και MEG	Τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν καθυστέρηση στην εμφάνιση του M1n και έλλειμμα στην ταχεία ακουστική επεξεργασία χωρίς διαφορές στο πλάτος ή την αισθητηριακή πύλη. Η καθυστέρηση αυτή συνδέθηκε και με αδυναμία στην αναγνώριση συναισθημάτων μέσω φωνής
Auditory brainstem response findings in autism spectrum disorder speech delay population (Blue et al., 2024)	69 παιδιά με ΔΑΦ και 79 παιδιά τυπικής ανάπτυξης που όλα όμως έχουν καθυστέρηση λόγου ηλικίας 1-18 ετών	ABR με ακουστικό ερέθισμα τύπου κλικ	Πολλά παιδιά ΔΑΦ παρουσίασαν επιμήκυνση σε ένα τουλάχιστον κύμα ή σε μεσοδιάστημα με σημαντική στο κύμα III και III-V. Όλα τα στοιχεία υποδεικνύουν διαταραχή στην κεντρική ακουστική επεξεργασία
Mismatch negativity to different deviant changes in	Είναι meta-analysis που μελετάει 22 μελέτες με ομάδα ελέγχου	MMN, EEG, MEG	Στα λεκτικά ερεθίσματα τα παιδιά ΔΑΦ παρουσίασαν μειωμένο πλάτος και παρατεταμένο

autism spectrum disorders: A meta-analysis. (Chen et al., 2020)	και ομάδα ΔΑΦ		λανθάνοντα χρόνο στο MMN άρα υπάρχουν ελλείμματα λόγου και μέσω της μειωμένης απόκρισης MMN σε μη λεκτικά ερεθίσματα παρατηρήθηκαν ελλείμματα στην αυτόματη χρονική ακουστική επεξεργασία
---	---------------	--	---

Από το σύνολο το 31 ερευνών που συμπεριλήφθηκαν στην χαρτογράφηση, το 35,5% (n=11) συμπεριέλαβε συμμετέχοντες με ΔΑΦ, ηλικίας 1-18 ετών. Από αυτές το 36,36% (n=4) εστίασε στην αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας μέσω της μελέτης των κυμάτων I, II, III, IV, V, VI, VII και των διακυματικών χρόνων I-III, III-V, I-V (Talge et al., 2018; Claesdotter-Knutsson et al., 2019; Ververi et al., 2015; Blue et al., 2024). Οι Talge et al. (2018), εντόπισαν πως τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν παρατεταμένους λανθάνοντες χρόνους στα κύματα III και V όπως και στα διακυματικά διαστήματα I-III και I-V. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν αλλοιώσεις στο κύμα I και στο διάστημα III-V, κάτι που υποδηλώνει ότι η νευρική καθυστέρηση εντοπίζεται κυρίως στο τμήμα της ακουστικής οδού από το ακουστικό νεύρο ως τον κοχλιακό πυρήνα. Η ετερογένεια που εμφανίζεται επηρεάζεται από αναπτυξιακούς και μεθοδολογικούς παράγοντες με τις καθυστερήσεις να είναι πιο έντονες στα παιδιά < 8 ετών. Τα δεδομένα, υποδηλώνουν πιθανή παρουσία δυσλειτουργίας στην μυελίνωση ή στον νευρωνικό συγχρονισμό των υποφλοιωδών ακουστικών δομών στα άτομα με ΔΑΦ. Οι Claesdotter-Knutsson et al. (2019), παρατήρησαν πως η ομάδα ΔΑΦ εμφάνισε αυξημένο πλάτος στο κύμα III ως απόκριση σε ήχους διαμόρφωσης συχνότητας, γεγονός που υποδεικνύει αυξημένη νευρωνική πυροδότηση και ακουστική υπερευαισθησία ή και γενικότερη δυσλειτουργία της γέφυρας. Ακόμη, παρατηρήθηκε διαφοροποίηση στη διωτιαία συσχέτιση στην περιοχή του μέσου εγκεφάλου, με τα αγόρια τυπικής ανάπτυξης να εμφανίζουν χαμηλότερη συσχέτιση συγκριτικά με τα άτομα με ΔΑΦ. Αυτή η συσχέτιση που εμφανίζουν τα παιδιά με ΔΑΦ μεταξύ των δύο αυτιών, ενδέχεται να αντανακλά ελλείμματα στον διαχωρισμό ταυτόχρονων ακουστικών πηγών και στον εντοπισμό του ήχου. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στους λανθάνοντες χρόνους ανάμεσα στα παιδιά με ΔΑΦ

και τους νευροτυπικούς συνομηλίκους. Σύμφωνα με τους Ververi et al. (2015), παρατήρησαν πως οι μέσοι λανθάνοντες χρόνοι δεν εμφάνισαν σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων αλλά εντοπίστηκε αρνητική συσχέτιση της ηλικίας με τους λανθάνοντες χρόνους στην ομάδα ΔΑΦ, γεγονός που υποδηλώνει πιθανό έλλειμμα στις διεργασίες μυελίνωσης του στελέχους. Επίσης, τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν παρατεταμένο το κύμα I και το κύμα V όπως και το διάστημα I-V. Επιπλέον, οι ερευνητές παρατήρησαν πως τα παιδιά με ΔΑΦ που είχαν παθολογική μαγνητική τομογραφία παρουσίαζαν επίσης μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους στο κύμα III και στο διάστημα I-V, ενώ τα παιδιά με ΔΑΦ που είχαν παθολογικό ηλεκτροεγκεφαλογράφημα παρουσίαζαν μεγαλύτερο διάστημα I-V. Ακόμα, οι Blue et al. (2024), παρατήρησαν πως η ομάδα ΔΑΦ εμφάνισε υψηλότερο ποσοστό παρατεταμένων κυμάτων και διακυματικών διαστημάτων συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Σημαντική παράταση παρατηρήθηκε στο κύμα III και στο διάστημα I-V των παιδιών ΔΑΦ. Τα ευρήματα αυτά υποστηρίζουν το πιθανό έλλειμμα στην κεντρική ακουστική επεξεργασία στα άτομα ΔΑΦ. Η μερική ασυμφωνία που παρατηρείται στις έρευνες αιτιολογείται από την ηλικιακή ετερογένεια που παρατηρείται στους συμμετέχοντες με ΔΑΦ μεταξύ των διαφορετικών σχετικών ερευνών, καθώς η ακουστική οδός ωριμάζει και αποκτά πλήρη μυελίνωση μέχρι την ηλικία των 2 ετών με τα παιδιά ΔΑΦ να εμφανίζουν καθυστέρηση. Ακόμη, οι διαφορές των αποτελεσμάτων αιτιολογούνται από τους διαφορετικούς τρόπους αξιολόγησης της ακουστικής επεξεργασίας, με τους Talge et al., (2018), Ververi et al., (2015), και Blue et al., (2024) να χρησιμοποιούν ερέθισμα τύπου κλικ, ενώ οι Claesdotter-Knutsson et al., (2019) ήχους διαμόρφωσης συχνότητας.

Το 9% (n=1) των ερευνών, επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας μέσω της μελέτης του κύματος P1m (Yoshimura et al., 2016). Οι ερευνητές, παρατήρησαν πως στα παιδιά τυπικής ανάπτυξης υπήρχε η αναμενόμενη ωρίμανση του ακουστικού συστήματος, ενώ σε αυτά με ΔΑΦ παρατηρήθηκε αλλοιωμένη και μη συγχρονισμένη αναπτυξιακή τροχιά στον κεντρικό ακουστικό φλοιό και απουσία της τυπικής καμπύλης ωρίμανσης με ελλείμματα στη νευρωνική πλαστικότητα και τη συναπτική οργάνωση. Ταυτόχρονα τα παιδιά ΔΑΦ εμφάνισαν και στα δύο αυτιά βραχύτερους λανθάνοντες χρόνους στο κύμα P1m, γεγονός που υποστηρίζει μια πρόωμη νευροφυσιολογική ενεργοποίηση στην αισθητηριακή επεξεργασία.

Το 9% (n=1) των ερευνών, εστίασε στην μελέτη των κυμάτων M50, M100 και M200 (Edgar et al., 2015). Οι Edgar et al. (2015), εντόπισαν πως για το κύμα M50 τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης είχαν ισχυρότερη απόκριση στο αριστερό ημισφαίριο, ενώ στα παιδιά ΔΑΦ αυτό απουσίαζε. Επίσης, η ομάδα ΔΑΦ εμφάνισε καθυστέρηση στον λανθάνοντα χρόνο του M100 στο δεξί ημισφαίριο και στο M200 η ποιότητα προσαρμογής ήταν λίγο πιο χαμηλή στα παιδιά με ΔΑΦ συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Ακόμη, τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν μεγαλύτερη τάση ισχύος και μειωμένο συγχρονισμό (στο δεξί ημισφαίριο) στις συχνότητες 4-16 Hz συγκριτικά με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης. Ενώ στην ομάδα ελέγχου η ισχύς και ο συγχρονισμός του M200 μειωνόταν σταθερά με την αύξηση της ηλικίας, αυτό δεν παρατηρήθηκε στην ομάδα ΔΑΦ ή ο συγχρονισμός ήταν καθυστερημένος. Τα ευρήματα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα πως η ομάδα ΔΑΦ εμφανίζει μια αναπτυξιακή διαταραχή στην ωρίμανση του ακουστικού φλοιού.

Το 18,18% (n=2) των ερευνών επικεντρώθηκε στην μελέτη των κυμάτων P1, N2 για την αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας (Arnett et al., 2018; Yu et al., 2018). Οι ερευνητές, παρατήρησαν πως η ομάδα ελέγχου εμφάνισε μικρότερο πλάτος P1 στην αριστερή μετωπιαία περιοχή για τις λέξεις που ήδη γνώριζαν, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στην ομάδα ΔΑΦ υποδεικνύοντας αμφοτερόπλευρη επεξεργασία για τα λεκτικά ερεθίσματα. Ωστόσο, δεν εντοπίστηκαν διαφορές στον λανθάνοντα χρόνο του P1 μεταξύ των δύο ομάδων και σε όλους τους συμμετέχοντες η αύξηση ηλικίας σχετιζόταν με την μείωση πλάτους και τον ταχύτερο λανθάνοντα χρόνο αντικατοπτρίζοντας την φυσιολογική νευρική ωρίμανση. Ακόμη, δεδομένου ότι δεν υπήρχε διαφορά πλάτους και λανθάνοντα χρόνου P1 στις δύο ομάδες η ακουστική επεξεργασία θεωρείται παρόμοια. Επίσης, στην ομάδα ΔΑΦ η υψηλότερη δεκτική γλωσσική ικανότητα συσχετίστηκε με μικρότερο πλάτος P1 για τις ήδη γνωστές λέξεις. Με βάση τα ευρήματα, τα γλωσσικά ελλείμματα στην ΔΑΦ δεν οφείλονται σε αδυναμία ακουστικής σύλληψης των ήχων αλλά σε άτυπη νευρωνική οργάνωση κατά την αυτόματη επεξεργασία των γλωσσικών δομών από το περιβάλλον και γι' αυτό υπάρχουν υποψίες για την παρουσία συνοδούς γλωσσικής διαταραχής. Οι Yu et al. (2018), εντόπισε πως η ομάδα ΔΑΦ είχε αυξημένο πλάτος P1 συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Ωστόσο, τα γλωσσικά ερεθίσματα προκάλεσαν μεγαλύτερο P1 από τους καθαρούς τόνους και στις δύο ομάδες. Επίσης, ο λανθάνον χρόνος ήταν

παρατεταμένος στην ομάδα ΔΑΦ υποδηλώνοντας βραδύτερη νευρική μεταβίβαση στην ανιούσα ακουστική οδό. Ακόμη, τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν αυξημένο συγχρονισμό συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Παράλληλα, τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν μειωμένο πλάτος N2 τόσο στο γλωσσικό όσο και στο μη γλωσσικό ερέθισμα χωρίς όμως να παρατηρούνται διαφορές στον λανθάνοντα χρόνο μεταξύ των δύο ομάδων. Ωστόσο, τα παιδιά με ΔΑΦ εμφάνισαν στο N2 μειωμένο συγχρονισμό υποδηλώνοντας αυξημένη νευρική αστάθεια στην φωνολογική επεξεργασία. Τα ευρήματα, δηλώνουν πως ο νευρικός συγχρονισμός στα άτομα με ΔΑΦ δεν είναι καθολικά μειωμένος, αλλά οργανώνεται αργά, μεταβαίνοντας από μια αρχική υπεραντίδραση σε μια υπο-αντίδραση κατά την κωδικοποίηση της γλώσσας. Οι διαφορές που εντοπίζονται πιθανώς να οφείλονται στην χρήση διαφορετικής μεθόδου αξιολόγησης. Συγκεκριμένα, οι Arnett et al. (2018) χρησιμοποίησαν συνεχή ροή συλλαβών, ενώ οι Yu et al. (2018) μεμονωμένα γλωσσικά και μη γλωσσικά ερεθίσματα παρουσιαζόμενα σε σταθερά χρονικά διαστήματα.

Το 9% (n=1) των ερευνών (Demopoulos et al., 2015) , μελέτησε το κύμα M1n και εντόπισε πως τα παιδιά με ΔΑΦ είχαν μεγαλύτερους λανθάνοντες χρόνους και στα δύο ημισφαίρια και διαταραγμένη ταχεία ακουστική επεξεργασία στο αριστερό ημισφαίριο. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στο πλάτος, την αισθητηριακή διαλογή των ερεθισμάτων και στην ταχεία επεξεργασία στο δεξί ημισφαίριο μεταξύ των δύο ομάδων. Ο καθυστερημένος λανθάνον χρόνος του κύματος και τα ελλείμματα στην ταχεία ακουστική επεξεργασία σχετίστηκαν με φτωχή αποκωδικοποίηση συναισθήματος μέσω φωνής. Τα ευρήματα της έρευνας υποδηλώνουν πως οι δυσκολίες στην αποκωδικοποίηση συναισθήματος βασίζονται σε πρωτογενείς διαταραχές χρονικής επεξεργασίας των ακουστικών σημάτων.

Το 9% (n=1) των ερευνών, αξιολόγησε την ακουστική επεξεργασία μέσω του νευρωνικού συγχρονισμού του ακουστικού φλοιού (Ahlfors et al., 2024). Οι ερευνητές, δεν παρατήρησαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων στις ακουστικές αποκρίσεις σταθεράς κατάστασης (ASSR). Και οι δύο ομάδες εμφάνισαν δεξιά ημισφαιρική επικράτηση και θετική συσχέτιση της ισχύος της απόκρισης με την ηλικία. Η μόνη απόκλιση που παρατηρήθηκε ήταν στον λανθάνοντα χρόνο της μεταβατικής προκλητής απόκλισης στα 43 Hz στο αριστερό ημισφαίριο με την ομάδα ΔΑΦ να εμφανίζει μικρότερο χρόνο.

Το 9% (n=1) των ερευνών, μελέτησε το MMN για την αξιολόγηση της ακουστικής επεξεργασίας (Chen et al., 2020). Σύμφωνα με τους Chen et al. (2020), στα λεκτικά ερεθίσματα η ομάδα ΔΑΦ εμφάνισε μειωμένο πλάτος του MMN υποδηλώνοντας εξασθενημένη νευρωνική απόκριση στη διάκριση σύνθετων λεκτικών δομών και ταυτόχρονα παρατεταμένο λανθάνον χρόνο υποδεικνύοντας μια καθυστέρηση στη νευρωνική επεξεργασία των ήχων. Στα μη λεκτικά ερεθίσματα, τα παιδιά με ΔΑΦ παρουσίασαν μειωμένο πλάτος MMN, υποδηλώνοντας έτσι έλλειμα στην προ-προσοχιακή χρονική επεξεργασία.

Εν κατακλείδι, από τις 11 μελέτες (35,5%) που εξέτασαν την ακουστική επεξεργασία σε παιδιά με ΔΑΦ ηλικίας 1-18 ετών, το 90,9% (n=10) εντόπισε σημαντικές αποκλίσεις στους συμμετέχοντες με ΔΑΦ σε σχέση με τους νευροτυπικούς συνομηλίκους (Blue et al., 2024; Chen et al., 2020; Claesdotter-Knutsson et al., 2019; Demopoulos et al., 2015; Edgar et al., 2015; Talge et al., 2018; Ververi et al., 2015; Yoshimura et al., 2016; Yu et al., 2018; Arnett et al., 2018) και μόνο το 9,1% (n=1) δεν κατέγραψε διαφορές στις βασικές φλοιώδεις αποκρίσεις ASSR (Ahlfors et al., 2024). Οι δύο ομάδες μελετών εξέτασαν τόσο κοινές όσο και διαφορετικές μεταβλητές. Οι Ahlfors et al. (2024) εξέτασαν τον νευρωνικό συγχρονισμό φλοιού (ASSR) όπου η επικράτηση του δεξιού ημισφαιρίου διατηρούνταν και στις δύο ομάδες. Ωστόσο, οι μελέτες που εξέτασαν μοναδικές μεταβλητές εντόπισαν ελλείμματα στο P1m (Yoshimura et al., 2016), στα M50/M100/M200 (Edgar et al., 2015), στο M1n (Demopoulos et al., 2015) και στο MMN (Chen et al., 2020). Στις κοινές μεταβλητές βρέθηκαν αντικρουόμενα ευρήματα με τους Talge et al. (2018), Ververi et al. (2015) και Blue et al. (2024) να εντοπίζουν μέσω ABR (κύματα I, III, V και στα διαστήματα I-III, III-V, I-V) καθυστερήσεις στους λανθάνοντες χρόνους, ενώ οι Claesdotter-Knutsson et al. (2019) δεν εντόπισαν διαφορές στους λανθάνοντες χρόνους αλλά αυξημένο πλάτος στο κύμα III. Ακόμη, οι Yu et al. (2018) βρήκαν αυξημένο λανθάνοντα χρόνο P1 και μειωμένο πλάτος N2, ενώ οι Arnett et al. (2018) δεν κατέγραψαν διαφορές στον λανθάνοντα χρόνο P1, εντοπίζοντας αμφοτερόπλευρη επεξεργασία. Οι ασυμφωνίες αυτές αποδίδονται σε μεθοδολογικές διαφορές που αφορούν τον τύπο των χορηγούμενων ακουστικών ερεθισμάτων (click ή ήχοι διαμόρφωσης συχνότητας, συνεχείς συλλαβές, μεμονωμένα ερεθίσματα), καθώς και την ηλικιακή ετερογένεια

των συμμετεχόντων με ΔΑΦ γνωρίζοντας πως η ωρίμανση και η μυελίνωση της ακουστικής οδού εξελίσσεται με διαφορετικό ρυθμό στη ΔΑΦ.

5. Συζήτηση

Η παρούσα χαρτογραφική ανασκόπηση είχε ως στόχο τη συνθετική διερεύνηση των ηλεκτροφυσιολογικών και συμπεριφορικών αποκλίσεων της ακουστικής επεξεργασίας σε παιδιά και εφήβους με ΔΑΦ, καλύπτοντας ένα ευρύ αναπτυξιακό φάσμα από την προσχολική ως την εφηβική ηλικία μέσω της μελέτης 31 πρωτογενών ερευνητικών άρθρων. Τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης εμφανίζουν μια εικόνα εκτεταμένης ατυπίας στην ακουστική οδό των ατόμων με ΔΑΦ, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό των μελετών που συμπεριλήφθηκαν κατέγραψε σημαντικές αποκλίσεις συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Η νευροφυσιολογική ατυπία εκτείνεται από την περιφερική και υποφλοιώδη μετάδοση στο εγκεφαλικό στέλεχος ως τις ανώτερες φλοιώδεις περιοχές αυτόματης διάκρισης, γνωστικής επεξεργασίας και εστίασης προσοχής.

Στην προσχολική ηλικία (29% των μελετών), οι αποκλίσεις στην ακουστική επεξεργασία εκδηλώνονται από τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης. Σε επίπεδο εγκεφαλικού στελέχους, οι επιμηκυμένοι λανθάνοντες χρόνοι των κυμάτων III και V, όπως και το επιμηκυμένο διακυματικό διάστημα I-III (Cardon et al., 2023; Liu et al., 2024; Dabbous, 2012), υποδηλώνουν καθυστέρηση στη νευρική μεταβίβαση κατά μήκος του κοχλιακού πυρήνα και της άνω ελαίας. Η ταυτόχρονη παρουσία βραχύτερου λανθάνοντος χρόνου στο κύμα I παρατηρήθηκε από τον Dabbous (2012) υποδεικνύοντας πιθανή κοχλιακή υπερευαισθησία ή ταχύτερη συναπτική πυροδότηση στο όργανο του Corti. Ακόμη, οι Liu et al. (2020) κατέγραψαν σταδιακή μείωση του λανθάνοντος χρόνου του κύματος V και του διαστήματος I-V υποδηλώνοντας ότι το ακουστικό στέλεχος στα παιδιά με ΔΑΦ διατηρεί τη νευρωνική πλαστικότητα με βραδύτερη εξέλιξη σε σχέση με τα νευροτυπικά παιδιά. Στον ακουστικό φλοιό, η απουσία ή η εξασθένηση της νευρικής εξοικείωσης στο κύμα N2 (Dwyer et al., 2021, 2023) και η απουσία φυσιολογικής μείωσης των λανθάνοντων χρόνων με την αύξηση της ηλικίας στο MEG (Stephen et al., 2017) αναδεικνύουν μια πρώιμη διαταραχή στην ισορροπία νευρωνικής αναστολής.

Στην σχολική ηλικία (29% των μελετών), τα ελλείμματα στην ακουστική επεξεργασία εντοπίζονται εντονότερα στις ανώτερες φλοιώδεις, γνωστικές και γλωσσικές λειτουργίες. Η καθυστέρηση στην εμφάνιση του κύματος M100 (Port et al., 2016) συσχετίστηκε με την βαρύτητα των συμπτωμάτων ΔΑΦ, επιβεβαιώνοντας ότι η βραδύτερη φλοιώδης αποκωδικοποίηση των ακουστικών ερεθισμάτων αποτελεί καθοριστικό χαρακτηριστικό της ΔΑΦ στη σχολική ηλικία. Ταυτόχρονα το μειωμένο πλάτος και οι παρατεταμένοι λανθάνοντες χρόνοι του MMN (Abdeltawwab et al., 2015; Vlaskamp et al., 2017), υποδηλώνουν σοβαρό έλλειμμα στην αυτόματη ανίχνευση αλλαγών του ακουστικού περιβάλλοντος, στην ακουστική προσωρινή μνήμη όπως και συσχετίστηκε με την βαρύτητα των συμπτωμάτων και την καθυστέρηση στη γλωσσική ανάπτυξη. Ακόμη, ο βραχύτερος λανθάνων χρόνος στο σύμπλεγμα P3a (Vlaskamp et al., 2017) εξηγεί το γεγονός πως τα παιδιά με ΔΑΦ παρά τη μειωμένη αισθητηριακή διάκριση εμφανίζουν ευαλωτότητα στην απόσπαση προσοχής από εξωτερικούς θορύβους. Σε επίπεδο στελέχους και απαγωγού ακουστικού συστήματος, οι Aslan et al. (2024), εντόπισαν μειωμένη ή απουσία της ετερόπλευρης καταστολής στο δεξί αυτί παιδιών με ΔΑΦ. Η δυσλειτουργία του έσω ελαιοκοχλιακού συστήματος συνεπάγεται την αδυναμία του στελέχους να καταστέλλει εξωτερικούς θορύβους, γεγονός που συνδέεται με τα ευρήματα των συμπεριφορικών δοκιμασιών διωτικής ακρόασης (SCAN-3C) (Kozou et al., 2018) όπου παρατηρήθηκε διαταραγμένη διωτιαία ολοκλήρωση και ατυπίες στην ημισφαιρική επικράτηση.

Στην εφηβεία (6,45% των ερευνών) οι ατυπίες στην ακουστική επεξεργασία επιμένουν και διαφοροποιούνται σημαντικά (Ludlow et al., 2014; Ramezani et al., 2018). Οι Ramezani et al. (2018) εξετάζοντας τις ακουστικές αποκρίσεις εγκεφαλικού στελέχους σε γλωσσικά ερεθίσματα (Speech-ABR), παρατήρησαν σημαντικές καθυστερήσεις στους λανθάνοντες χρόνους των κυμάτων V, A όπως και στα κύματα του σταθερούς μέρους (D, E, F) στα άτομα με ΔΑΦ συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Η επιβράδυνση στην κωδικοποίηση των δομών της ομιλίας υποδεικνύει ότι οι υποφλοιώδεις δυσλειτουργίες στην διαχείριση σύνθετων γλωσσικών σημάτων παραμένουν ενεργές και στην εφηβεία επιβαρύνοντας την ακουστική αντίληψη. Οι Ludlow et al. (2014) στην μελέτη τους παρατήρησαν πως οι έφηβοι με ΔΑΦ είχαν μειωμένα πλάτη MMN σε ερεθίσματα που μοιάζουν με ομιλία συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Τα ευρήματα αντικατοπτρίζονται στην ελαττωμένη νευρωνική ενεργοποίηση τόσο στην μετωπιαία όσο και στην κεντρο-εντοίχωματική περιοχή. Όσον αφορά την ακουστική

αισθητηριακή επεξεργασία, η ομάδα ΔΑΦ εμφάνισε υψηλότερα επίπεδα χαμηλής καταγραφής, αισθητηριακής ευαισθησίας και αποφυγής, με την ευαισθησία να συνεπάγεται μειωμένη αυτόματη προσοχή στις λέξεις, υποδηλώνοντας αλλοιωμένη μετωπιαία συνδεσιμότητα με την υπερεστίαση στις ακουστικές λεπτομέρειες να εμποδίζει την ταχεία σημασιολογική επεξεργασία ομιλίας.

Οι μελέτες που εξέτασαν ένα ευρύ ηλικιακό εύρος (35,5% του συνολικού δείγματος) παρέχουν μια διαχρονική οπτική της νευροαναπτυξιακής πορείας της ΔΑΦ. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερευνών επιβεβαιώνει την παρουσία σημαντικών αποκλίσεων (Blue et al., 2024; Chen et al., 2020; Claesdotter-Knutsson et al., 2019; Demopoulos et al., 2015; Edgar et al., 2015; Talge et al., 2018; Ververi et al., 2015; Yoshimura et al., 2016; Yu et al., 2018; Arnett et al., 2018), με κύριο εύρημα ότι τα παιδιά με ΔΑΦ παρουσιάζουν μια αλλοιωμένη και μη συγχρονισμένη τροχιά στον ακουστικό φλοιό. Ταυτόχρονα, ενώ στα παιδιά τυπικής ανάπτυξης η αύξηση της ηλικίας συνοδεύεται από σταθερή μείωση των λανθάνοντων χρόνων και αύξηση της νευρωνικής ισχύος λόγω της προοδευτικής μυελίνωσης και της συναπτικής ωρίμανσης στον ακουστικό φλοιό, στην ομάδα ΔΑΦ η διαδικασία αυτή παρουσιάζει στασιμότητα ή καθυστέρηση (Edgar et al., 2015; Ververi et al., 2015). Οι Talge et al (2018), επισήμαναν πως οι υποφλοιώδεις καθυστερήσεις στο ABR είναι εντονότερες σε ηλικίες < 8 ετών, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι ατυπίες μυελίνωσης του ακουστικού νεύρου και του κοχλιακού πυρήνα είναι έκδηλες στην βασική αναπτυξιακή φάση επηρεάζοντας έτσι την ανώτερη φλοιώδη οργάνωση.

Οι ασυμφωνίες που παρατηρούνται μεταξύ των ευρημάτων είναι πιθανό να οφείλονται στην φύση και την πολυπλοκότητα των παρεχόμενων ακουστικών ερεθισμάτων (click ή λεκτικό ερέθισμα ή καθαροί τόνοι κλπ..) αποδεικνύοντας πως το ακουστικό σύστημα των παιδιών με ΔΑΦ δυσκολεύεται περισσότερο όταν αυξάνεται η πολυπλοκότητα της κωδικοποίησης του ακουστικού σήματος. Ακόμη, οι αποκλίσεις μπορεί να οφείλονται στην ετερογένεια του δείγματος ταυτόχρονα και με την παρουσία συνοδών χαρακτηριστικών όπως η γλωσσική διαταραχή, όπου σε αυτή την περίπτωση τα παιδιά με ΔΑΦ και σοβαρή γλωσσική καθυστέρηση εμφανίζουν μεγαλύτερες αποκλίσεις. Επίσης, στις μελέτες MMN παρατηρήθηκαν αποκλίσεις ανάλογα με την θέση τοποθέτησης των ηλεκτροδίων και στις μελέτες που δεν παρατηρήθηκαν αποκλίσεις εξετάστηκαν εξειδικευμένες μεταβλητές (ASSR 20/40 Hz).

Τα ευρήματα της παρούσας ανασκόπησης έχουν άμεση και ουσιαστική αξία για την κλινική πρακτική. Οι κλινικοί με την χρήση ηλεκτροφυσιολογικών μετρήσεων μπορούν να ανιχνεύσουν πρώιμα τις ατυπίες της ακουστικής επεξεργασίας, πριν την εκδήλωση των συμπεριφορικών συμπτωμάτων της ΔΑΦ, καθώς δεν είναι αναγκαία η ενεργός συνεργασία του παιδιού κατά την διάρκεια αυτών των ηλεκτροφυσιολογικών μετρήσεων. Επίσης, τα δεδομένα της παρούσας χαρτογράφησης υποδεικνύουν πως τα γλωσσικά ελλείμματα των συμμετεχόντων ΔΑΦ συνδέονται με ατυπίες στην ταχεία χρονική επεξεργασία ακουστικών σημάτων, καθιστώντας αναγκαία την εισαγωγή δοκιμασιών ακουστικής διάκρισης στα λογοθεραπευτικά προγράμματα αυτών των παιδιών. Επιπλέον, η δυσλειτουργία του απαγωγού συστήματος καταστολής και η προσοχιακή απόσπαση, που εξηγούν την υπερευαισθησία και δυσφορία των παιδιών με ΔΑΦ σε θορυβώδη περιβάλλοντα, υποστηρίζουν τις περιβαλλοντικές προσαρμογές στο σχολικό πλαίσιο.

Δυνατά Σημεία της Μελέτης (Strengths)

Στα σημαντικά δυνατά σημεία της παρούσας ανασκόπησης συγκαταλέγεται η επιστημονικά τεκμηριωμένη οριοθέτηση του εύρους αναζήτησης. Η εστίαση στο ηλικιακό εύρος 2-18 ετών βασίστηκε στο γεγονός ότι μετά τον 18^ο μήνα είναι δυνατή και ασφαλής η διάγνωση της ΔΑΦ. Ταυτόχρονα, η επιλογή του χρονικού ορίου από το 2011 ως σήμερα εξασφάλισε τον εντοπισμό μελετών που χρησιμοποιούν τα διαγνωστικά κριτήρια του DSM-5 για τη διάγνωση της. Επιπλέον, η μελέτη δεν περιορίστηκε σε μια μόνο μεθοδολογική προσέγγιση αλλά χαρτογράφησε το σύνολο των δεικτών ακουστικής επεξεργασίας, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα είδη ακουστικών προκλητών δυναμικών και τις ωτοακουστικές εκπομπές ανεξαρτήτως του παρεχόμενου λεκτικού και μη τύπου ερεθίσματος.

Περιορισμοί της Μελέτης (Limitations)

Η αξιολόγηση των ευρημάτων της παρούσας ανασκόπησης υπόκειται σε ορισμένους μεθοδολογικούς περιορισμούς που απορρέουν από τα κριτήρια εισαγωγής και αποκλεισμού. Αρχικά, ο αποκλεισμός της γκριζας βιβλιογραφίας (grey literature) και των δημοσιεύσεων σε γλώσσες πέραν της αγγλικής ενδέχεται να περιορίσει τον εντοπισμό επιπλέον σχετικών δημοσιεύσεων. Επίσης, ο χρονικός περιορισμός (2011 ως σήμερα) αποκλείει παλαιότερα ευρήματα σε αυτό το πεδίο. Ταυτόχρονα, η αποκλειστική συμπερίληψη μελετών με ομάδα ελέγχου, αποκλείοντας μελέτες

περίπτωσης και ο περιορισμός του πληθυσμού μόνο σε άτομα με επιβεβαιωμένη διάγνωση ΔΑΦ και τυπική νοημοσύνη, εξασφαλίζουν την υψηλή συγκρισιμότητα και αυστηρότητα με ενδεχόμενη την δυσκολία γενίκευσης των αποτελεσμάτων σε ευρύτερα κλινικά δείγματα .

Συμπεράσματα

Η παρούσα χαρτογραφική ανασκόπηση επιβεβαιώνει πως η ΔΑΦ συχνά συνοδεύεται από διαταραχή της ακουστικής επεξεργασίας η οποία εκτείνεται από το εγκεφαλικό στέλεχος ως τον ακουστικό φλοιό. Παρά την παρουσία ορισμένων ερευνητικών αποκλίσεων που οφείλονται στην μεθοδολογική ετερογένεια, η πλειονότητα των ευρημάτων καταλήγει στο γεγονός ότι ήδη από την προσχολική ηλικία εκδηλώνονται υποφλοιώδεις ατυπίες με επιβράδυνση της νευρικής αγωγιμότητας υποδεικνύοντας πως η ακουστική επεξεργασία στο στέλεχος εξελίσσεται με βραδύτερο ρυθμό στα παιδιά με ΔΑΦ σε σχέση με τους νευροτυπικούς συνομηλίκους. Επίσης, κατά την σχολική ηλικία παρατηρείται φλοιώδης δυσλειτουργία και ευαλωτότητα με την καθυστερημένη έκλυση του M100 και την μείωση πλάτους του MMN να αναδεικνύουν ελλείμματα στην ταχεία επεξεργασία και την αυτόματη διάκριση ήχων. Επιπλέον, παρατηρούνται ενίσχυση του P3a και απουσία ετερόπλευρης καταστολής, τα οποία εξηγούν την ακουστική υπερευαισθησία και απόσπαση προσοχής των παιδιών με ΔΑΦ σε θορυβώδη περιβάλλοντα. Τέλος, οι ατυπίες αυτές δεν αποκαθίστανται με την πάροδο του χρόνου αλλά επιμένουν με καθυστερήσεις στο Speech-ABR και στη φλοιώδη αισθητηριακή διαλογή επιβεβαιώνοντας κατά την εφηβική ηλικία την αδυναμία κωδικοποίησης σύνθετων γλωσσικών ερεθισμάτων σε αυτόν τον ειδικό πληθυσμό.

Βιβλιογραφία

Abdeltawwab, M. M., & Baz, H. (2015). Automatic pre-attentive auditory responses: MMN to tone burst frequency changes in autistic school-age children. *Journal of International Advanced Otology*, 11(1), 36–41. <https://doi.org/10.5152/iao.2014.438>

Ahlfors, S. P., Graham, S., Bharadwaj, H., Mamashli, F., Khan, S., Joseph, R. M., Losh, A., Pawlyszyn, S., McGuiggan, N. M., Vangel, M., Hämäläinen, M. S., & Kenet, T. (2024). No Differences in Auditory Steady-State Responses in Children with Autism Spectrum Disorder and Typically Developing Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 54(5), 1947–1960. <https://doi.org/10.1007/s10803-023-05907-w>

Arnett, A. B., Hudac, C. M., DesChamps, T. D., Cairney, B. E., Gerdtts, J., Wallace, A. S., Bernier, R. A., & Webb, S. J. (2018). Auditory perception is associated with implicit language learning and receptive language ability in autism spectrum disorder. *Brain and Language*, 187, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2018.09.007>

Aslan, E., Guzel, I., Caypinar, B., Samanci, B., & Oysu, C. (2024). Evaluation of the Auditory System in Autistic Children Using Evoked Otoacoustic Emissions and a Contralateral Suppression Test. *Ear, Nose and Throat Journal*, 103(10), NP613–NP616. <https://doi.org/10.1177/0145561319838934>

Blue, C. M., Wong, S. J., & Dodson, K. (2024). Auditory brainstem response findings in autism spectrum disorder speech delay population. *American Journal of Otolaryngology - Head and Neck Medicine and Surgery*, 45(5). <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2024.104417>

Cardon, G., Cate, M., Cordingley, S., & Bown, B. (2023). Auditory brainstem response in autistic children: implications for sensory processing. *Hearing, Balance and Communication*, 21(3), 224–232. <https://doi.org/10.1080/21695717.2023.2181558>

Chen, T. C., Hsieh, M. H., Lin, Y. T., Chan, P. Y. S., & Cheng, C. H. (2020). Mismatch negativity to different deviant changes in autism spectrum disorders: A meta-analysis. *Clinical Neurophysiology*, 131(3), 766–777. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.10.031>

Claesdotter-Knutsson, E., Åkerlund, S., Cervin, M., Råstam, M., & Lindvall, M. (2019). Abnormal auditory brainstem response in the pons region in youth with autism. *Neurology Psychiatry and Brain Research*, 32, 122–125. <https://doi.org/10.1016/j.npbr.2019.03.009>

Dabbous, A. O. (2012). Characteristics of auditory brainstem response latencies in children with autism spectrum disorders. *Audiological Medicine*, 10(3), 122–131. <https://doi.org/10.3109/1651386X.2012.708986>

Darrell, M., Vanneau, T., Cregin, D., Lecaj, T., Foxe, J. J., & Molholm, S. (2026). Testing the Auditory Steady-State Response (<scp>ASSR</scp>) to 40-Hz and 27-Hz Click Trains in Children With Autism Spectrum Disorder and First-Degree Biological Relatives: An Electroencephalographic (<scp>EEG</scp>) Study. *Autism Research*. <https://doi.org/10.1002/AUR.70246>

Demopoulos, C., Hopkins, J., Kopald, B. E., Paulson, K., Doyle, L., Andrews, W. E., & Lewine, J. D. (2015). Deficits in auditory processing contribute to impairments in vocal affect recognition in autism spectrum disorders: A MEG study. *Neuropsychology*, 29(6), 895–908. <https://doi.org/10.1037/neu0000209>

Dwyer, P., Wang, X., de Meo-Monteil, R., Hsieh, F., Saron, C. D., & Rivera, S. M. (2021). Using Clustering to Examine Inter-individual Variability in Topography of Auditory Event-Related Potentials in Autism and Typical Development. *Brain Topography*, 34(5), 681–697. <https://doi.org/10.1007/s10548-021-00863-z>

Dwyer, P., Williams, Z. J., Vukusic, S., Saron, C. D., & Rivera, S. M. (2023). Habituation of auditory responses in young autistic and neurotypical children. *Autism Research*, 16(10), 1903–1923. <https://doi.org/10.1002/aur.3022>

Edgar, J. C., Fisk Iv, C. L., Berman, J. I., Chudnovskaya, D., Liu, S., Pandey, J., Herrington, J. D., Port, R. G., Schultz, R. T., & Roberts, T. P. L. (2015). Auditory encoding abnormalities in children with autism spectrum disorder suggest delayed development of auditory cortex. *Molecular Autism*, 6(1), 69. <https://doi.org/10.1186/s13229-015-0065-5>

Kabil, S. E., Abdelshafy, R., Ahmed, A. I. A., Zahran, A. M., Attalah, M., Sallam, Y., & el Lateef, A. G. A. (2023). Mismatch Negativity and Auditory Brain Stem Response in Children with Autism Spectrum Disorders and Language Disorders. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 16, 811–817. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S401937>

Kamita, M. K., Silva, L. A. F., Magliaro, F. C. L., Fernandes, F. D., & Matas, C. G. (2021). Auditory Event Related Potentials in children with autism spectrum disorder. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2021.110826>

Kamita, M. K., Silva, L. A. F., Magliaro, F. C. L., Kawai, R. Y. C., Fernandes, F. D. M., & Matas, C. G. (2020). Brainstem auditory evoked potentials in children with autism spectrum disorder. *Jornal de Pediatria*, 96(3), 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.jped.2018.12.010>

Kozou, H., Azouz, H. G., Abdou, R. M., & Shaltout, A. (2018). Evaluation and remediation of central auditory processing disorders in children with autism spectrum disorders. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 104, 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2017.10.039>

Li, A., Gao, G., Fu, T., Pang, W., Zhang, X., Qin, Z., & Ge, R. (2020). Continued development of auditory ability in autism spectrum disorder children: A clinical study on click-evoked auditory brainstem response. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110305>

Liu, Y., Liu, Z., Diao, T., Song, P., Hu, Q., & Jiang, N. (2024). Exploring the Relationship Between Auditory Brainstem Response Testing and Disease Progression in Pediatric Autism Spectrum Disorder. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 30(3), 51–55.

Ludlow, A., Mohr, B., Whitmore, A., Garagnani, M., Pulvermüller, F., & Gutierrez, R. (2014). Auditory processing and sensory behaviours in children with autism spectrum disorders as revealed by mismatch negativity. *Brain and Cognition*, 86(1), 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.01.016>

Ono, Y., Kudoh, K., Ikeda, T., Takahashi, T., Yoshimura, Y., Minabe, Y., & Kikuchi, M. (2020). Auditory steady-state response at 20 Hz and 40 Hz in young typically developing children and children with autism spectrum disorder. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 74(6), 354–361. <https://doi.org/10.1111/pcn.12998>

Port, R. G., Edgar, J. C., Ku, M., Bloy, L., Murray, R., Blaskey, L., Levy, S. E., & Roberts, T. P. L. (2016). Maturation of auditory neural processes in autism spectrum disorder - A longitudinal MEG study. *NeuroImage: Clinical*, 11, 566–577. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.03.021>

Ramezani, M., Lotfi, Y., Moossavi, A., & Bakhshi, E. (2019). Auditory brainstem response to speech in children with high functional autism spectrum disorder. *Neurological Sciences*, 40(1), 121–125. <https://doi.org/10.1007/s10072-018-3594-9>

Rocha, P. A., de Oliveira Beck, R. M., dos Santos, C. A., Nascimento, J. P. A., Marinho, G. R., & Grasel, S. S. (2026). Speech-Evoked Auditory Brainstem Responses (Speech ABR) in Children with Speech Delay, Autism Spectrum Disorder (ASD), and Normal Development. *Journal of International Advanced Otology*, 22(1). <https://doi.org/10.65717/iao.2026.251986>

Stephen, J. M., Hill, D. E., Peters, A., Flynn, L., Zhang, T., & Okada, Y. (2017). Development of Auditory Evoked Responses in Normally Developing Preschool Children and Children with Autism Spectrum Disorder. *Developmental Neuroscience*, 39(5), 430–441. <https://doi.org/10.1159/000477614>

Talge, N. M., Tudor, B. M., & Kileny, P. R. (2018). Click-evoked auditory brainstem responses and autism spectrum disorder: A meta-analytic review. *Autism Research*, 11(6), 916–927. <https://doi.org/10.1002/aur.1946>

Ververi, A., Vargiami, E., Papadopoulou, V., Tryfonas, D., & Zafeiriou, D. I. (2015). Brainstem auditory evoked potentials in boys with autism: Still searching for the hidden truth. *Iranian Journal of Child Neurology*, 9(2), 21–28. <https://www.scopus.com/pages/publications/84931077890?origin=resultslist>

Vlaskamp, C., Oranje, B., Madsen, G. F., Møllegaard Jepsen, J. R., Durston, S., Cantio, C., Glenthøj, B., & Bilenberg, N. (2017). Auditory processing in autism spectrum disorder: Mismatch negativity deficits. *Autism Research*, 10(11), 1857–1865. <https://doi.org/10.1002/aur.1821>

Yoshimura, Y., Kikuchi, M., Hiraishi, H., Hasegawa, C., Takahashi, T., Remijn, G. B., Oi, M., Munesue, T., Higashida, H., Minabe, Y., & Kojima, H. (2016). Atypical development of the central auditory system in young children with Autism spectrum disorder. *Autism Research*, 9(11), 1216–1226. <https://doi.org/10.1002/aur.1604>

Yu, L., Wang, S., Huang, D., Wu, X., & Zhang, Y. (2018). Role of inter-trial phase coherence in atypical auditory evoked potentials to speech and nonspeech stimuli in children with autism. *Clinical Neurophysiology*, 129(7), 1374–1382. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2018.04.599>

Peters, M. D. J., Godfrey, C., McInerney, P., Munn, Z., Tricco, A. C., & Khalil, H. (2021). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBI Evidence Implementation*, 19(1), 3–10. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000277>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated

guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(n71), 1–9.
<https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>

Βογινδρούκας, Ι., Φρανσίσ, Κ., & Καραντάνος, Γ. (Επιμ.). (2022). *Διαταραχή αυτιστικού φάσματος: Κλινικά και εκπαιδευτικά θέματα*. Αφοί Κυριακίδη.

Hall, J. W., III. (2014). *Κλινική ακοολογία* (Ν. Τρίμμης, Επιμ.). Broken Hill Publishers.

Behrbohm, H., Kaschke, O., Nawka, T., & Swift, A. C. (2018). *Παθήσεις ωτός, ρινός και λάρυγγα: Με χειρουργική κεφαλής και τραχήλου*. Εκδόσεις Κωνσταντάρας.

Seikel, J. A., Drumright, D. G., & King, D. W. (2019). *Ανατομία και φυσιολογία ομιλίας, λόγου και ακοής* (Η. Παπαθανασίου & Ν. Ζιάβρα, Επιμ. · Γ. Κ. Τριανταφυλλόπουλος, Μετάφρ.). Ιατρικές Εκδόσεις Κωνσταντάρας.

Ηλιάδου, Β. Μ. (2026). *Κλινική Ακουολογία: Διαταραχή Ακουστικής Επεξεργασίας*.