ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Χρήση NT στην Διερεύνηση του Μαθηματικού Άγχους μέσω διακρανιακού υπέρηχου (TCD): Προοπτικές για Νευρογνωστικά Τεκμηριωμένες Εκπαιδευτικές Παρεμβάσεις

Ανδρέας Μήταλας, Ευγένιος Αυγερινός

doi: 10.12681/cetpe.9529

Βιβλιογραφική αναφορά:

Μήταλας Α., & Αυγερινός Ε. (2026). Χρήση NT στην Διερεύνηση του Μαθηματικού Άγχους μέσω διακρανιακού υπέρηχου (TCD): Προοπτικές για Νευρογνωστικά Τεκμηριωμένες Εκπαιδευτικές Παρεμβάσεις. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 1256–1259. https://doi.org/10.12681/cetpe.9529

Χρήση ΝΤ στην Διερεύνηση του Μαθηματικού Άγχους μέσω διακρανιακού υπέρηχου (TCD): Προοπτικές για Νευρογνωστικά Τεκμηριωμένες Εκπαιδευτικές Παρεμβάσεις

Ανδρέας Μήταλας, Ευγένιος Αυγερινός
pred22001@aegean.gr, eavger@aegean.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Περίληψη

Το μαθηματικό άγχος αποτελεί έναν πολυδιάστατο γνωστικοσυναισθηματικό παράγοντα που επηρεάζει σημαντικά την ακαδημαϊκή επίδοση και το μαθησιακό προφίλ των μαθητών, ιδιαίτερα κατά την κρίσιμη μετάβαση από την πρωτοβάθμια στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αν και υπάρχουν ποικίλες μέθοδοι αξιολόγησής του, αυτές βασίζονται κυρίως σε ερωτηματολόγια και υποκειμενικές αναφορές. Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα καινοτόμο ερευνητικό πλαίσιο αξιοποίησης του διακρανιακού υπέρηχου (Transcranial Doppler Sonography-TCD) για τη διερεύνηση των νευροφυσιολογικών ενδείξεων που συνδέονται με το μαθηματικό άγχος, μέσω της μέτρησης της αιματικής ροής σε εγκεφαλικές αρτηρίες κατά τη διάρκεια μαθησιακών δραστηριοτήτων ή/και φάσεων ηρεμίας. Στόχος είναι η αποτύπωση αντικειμενικών βιοδεικτών που θα επιτρέψουν την ανάπτυξη στοχευμένων παρεμβάσεων για την ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας. Το άρθρο παρουσιάζει το θεωρητικό υπόβαθρο, προτείνει ερευνητικό σχεδιασμό και συζητά τις μελλοντικές εφαρμογές του TCD στην εκπαιδευτική πράξη.

Λέξεις κλειδιά: TCD, διακρανιακός υπέρηχος, μαθηματικό άγχος, νευροεκπαίδευση, παρεμβατικά προγράμματα

Εισαγωγή

Το άγχος για τα μαθηματικά αποτελεί ένα σύνθετο και ευρέως διαδεδομένο φαινόμενο με σοβαρές επιπτώσεις στη μαθησιακή πορεία και την αυτοαντίληψη των μαθητών και είναι το μάθημα που προκαλεί το μεγαλύτερο άγχος σε μαθητές τόσο στην πρωτοβάθμια, στη δευτεροβάθμια αλλά και στη τριτοβάθμια εκπαίδευση σε όλο τον κόσμο. Τα μαθηματικά ως μάθημα παρέχουν γνώσεις περιεχομένου και εργαλεία προκειμένου οι μαθητές να κατανοήσουν και να προσαρμοστούν καλύτερα στον μεταβαλλόμενο κόσμο. Αν και βοηθούν τους μαθητές στην καλλιέργεια των γνωστικών τους δεξιοτήτων, όπως είναι η κριτική σκέψη, ο συλλογισμός και οι δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, τους δημιουργούν αρκετό άγχος και φόβο.

Τα αίτια της μαθηματικής αγχώδης διαταραχής συνήθως ταξινομούνται ως περιβαλλοντικά, προσωπικά ή γνωστικά. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορεί να περιλαμβάνουν αρνητικές εμπειρίες σε μαθήματα μαθηματικών ή με συγκεκριμένους καθηγητές μαθηματικών (Rubinsten & Tannock, 2010).

Η ανίχνευση του μαθηματικού άγχους είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη στρατηγικών παρέμβασης και υποστήριξης των μαθητών. Παραδοσιακές μέθοδοι, όπως τα ερωτηματολόγια και οι συνεντεύξεις, συχνά δεν είναι επαρκείς για την ακριβή καταγραφή του άγχους, καθώς οι συναισθηματικές καταστάσεις συχνά παραμένουν ανεξέλεγκτες ή αόρατες.

Στόχος του παρόντος άρθρου είναι η αξιοποίηση Διακρανιακού Υπερήχου Doppler (Transcranial Doppler-TCD) ως ερευνητικού εργαλείου για την ανίχνευση και μέτρηση των γνωστικών και συναισθηματικών διεργασιών που σχετίζονται με το μαθηματικό άγχος.

Το μαθηματικό άγχος: Ορισμός και επιπτώσεις

Το άγχος των μαθηματικών αναφέρεται σε μια πολυδιάστατη κατάσταση που αποτελείται από δυσφορία κατά την εκτέλεση μαθηματικών εργασιών και μπορεί να περιλαμβάνει ανησυχία, απογοήτευση, φόβο, τρόμο, ενοχλητικές σκέψεις , ταχυκαρδία και εφίδρωση στις παλάμες (Ashcraft & Moore, 2009· Richardson & Suinn, 1972). Η μαθηματική αγχώδης διαταραχή έχει αποδειχθεί ότι δεν έχει σύνορα και επηρεάζει μαθητές σε όλο τον κόσμο και σε όλα τα εκπαιδευτικά επίπεδα (Foley et al., 2017).

Εργαλεία μέτρησης μαθηματικού άγχους

Για την μέτρηση του μαθηματικού άγχους χρησιμοποιούνται ερωτηματολόγια με ερωτήσεις κλειστού τύπου και συνήθως οι απαντήσεις είναι σε κλίμακα από το 1 μέχρι το 5. Το πιο πλήρες εργαλείο για την μέτρηση του μαθηματικού άγχους είναι το Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS) το οποίο δημοσιεύτηκε το 1972 από τους Richardson και Suinn και αποτελείται από 98 ερωτήσεις. Με αυτό τον τρόπο οι έρευνες απαιτούσαν λιγότερο χρόνο συμπλήρωσης. Τα πιο γνωστά είναι :

- Mathematics Anxiety Scale (MAS) από τους Fennema & Sherman (1976).
- The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS) από τους Hopko et al. (2003).
- Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS) προσαρμοσμένο για μαθητές γυμνασίου και λυκείου από τους Suinn & Edwards (1982).
- The Mathematics Anxiety Rating Scale Elementary form (MARS-E) με ερωτήσεις προσαρμοσμένες για μαθητές του δημοτικού από τους Suinn et al. (1988).
- Το πιο σύγχρονο είναι το The Revised Child Math Anxiety Questionnaire (CMAQ-R) από τους Ramirez et al. (2016).

Νευροεκπαίδευση και βιοδείκτες άγχους

Η σύγχρονη νευροεκπαίδευση (neuroeducation) προτείνει τη διασύνδεση των εγκεφαλικών λειτουργιών με τη μαθησιακή συμπεριφορά και απόδοση (Ansari et al., 2012). Η μελέτη των βιολογικών δεικτών (biomarkers) που σχετίζονται με το άγχος, ιδιαίτερα μέσω νευροαπεικονιστικών εργαλείων, έχει οδηγήσει στην κατανόηση του ρόλου του προμετωπιαίου φλοιού, της αμυγδαλής και άλλων περιοχών στον τρόπο που οι μαθητές ανταποκρίνονται σε καταστάσεις πίεσης.

Βιοδείκτες άγχους

Οι βιοδείκτες παρέχουν αντικειμενικές μετρήσεις των φυσιολογικών αντιδράσεων που σχετίζονται με το άγχος. Ενδεικτικά:

- Καρδιακός ρυθμός και μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού (HRV).
- Ηλεκτροδερμική αγωγιμότητα (GSR).
- Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG).
- Λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI).

Αν και οι μέθοδοι αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί στην έρευνα για το άγχος, παρουσιάζουν συχνά πρακτικούς περιορισμούς, όπως υψηλό κόστος, ανάγκη εξειδικευμένου εξοπλισμού ή δυσκολία εφαρμογής σε εκπαιδευτικά πλαίσια.

Ο διακρανιακός υπέρηχος (TCD)

Μια καινοτόμα προσέγγιση είναι η αξιοποίηση του Διακρανικού Υπερήχου Doppler (Transcranial Doppler-TCD), μιας μη επεμβατικής τεχνικής που μετρά την ταχύτητα ροής

αίματος στις εγκεφαλικές αρτηρίες. Το TCD προσφέρει τη δυνατότητα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο της αιματικής ροής που σχετίζεται με την ενεργοποίηση συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών.

Η χρήση του TCD στη μελέτη του μαθηματικού άγχους μπορεί να προσφέρει:

- Αντικειμενικούς δείκτες για την καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας σε αγχώδεις μαθηματικές καταστάσεις.
- Υψηλή χρονική ανάλυση, που επιτρέπει την καταγραφή άμεσων αντιδράσεων.
- Εφαρμοσιμότητα σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, καθώς είναι πιο οικονομικό και ευέλικτο σε σχέση με άλλες νευροαπεικονιστικές μεθόδους.

Η ενσωμάτωση του TCD στη μελέτη του μαθηματικού άγχους συνιστά μια νέα κατεύθυνση στη νευροεκπαίδευση, ανοίγοντας τον δρόμο για πιο ακριβή διάγνωση και ενδεχομένως για την ανάπτυξη στοχευμένων παρεμβάσεων (Ziegler et al., 2020).

Φύλο και μαθηματικό άγχος

Η διερεύνηση του μαθηματικού άγχους έχει αναδείξει τη σημασία παραγόντων φύλου. Πλήθος ερευνών καταγράφει ότι οι γυναίκες τείνουν να αναφέρουν υψηλότερα επίπεδα μαθηματικού άγχους σε σύγκριση με τους άνδρες (Ferguson et al., 2015) αν και οι διαφορές στις πραγματικές επιδόσεις δεν είναι πάντοτε ανάλογες με τα επίπεδα άγχους.

Οι διαφοροποιήσεις αυτές φαίνεται να σχετίζονται με κοινωνικούς και πολιτισμικούς παράγοντες, όπως: τα στερεότυπα γύρω από τις ικανότητες των φύλων στα μαθηματικά, οι διαφορετικές εκπαιδευτικές εμπειρίες, οι προσδοκίες από το οικογενειακό και σχολικό περιβάλλον.

Η κατανόηση των παραγόντων φύλου είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη παρεμβάσεων που στοχεύουν στη μείωση του μαθηματικού άγχους, καθώς και για τον σχεδιασμό εργαλείων μέτρησης που λαμβάνουν υπόψη πιθανές διαφοροποιήσεις στον τρόπο με τον οποίο βιώνεται το άγχος.

Ερευνητικές καινοτομίες

Η ενσωμάτωση του TCD σε ερευνητικό πλαίσιο για την εκπαιδευτική ψυχολογία προσφέρει καινοτόμα χαρακτηριστικά: α) γέφυρα μεταξύ νευροεπιστημών και παιδαγωγικής, με τη χρήση εργαλείων χαμηλού κόστους, β) επέκταση της έρευνας πέρα από την αυτοαναφορά και τη συμπεριφορική παρατήρηση και τέλος γ) δυνατότητα αξιοποίησης δεδομένων σε μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης και ανάλυσης μηχανικής μάθησης.

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία ανέδειξε τη δυνατότητα αξιοποίησης του διακρανιακού υπέρηχου (TCD) ως καινοτόμου, μη επεμβατικής τεχνικής για την ανίχνευση φυσιολογικών ενδείξεων μαθηματικού άγχους σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Αν και η προσέγγιση είναι θεωρητική και προτείνεται για μελλοντική εφαρμογή, η διασύνδεση των ευρημάτων από τις νευροεπιστήμες με την εκπαιδευτική ψυχολογία επιτρέπει την άντληση σημαντικών συμπερασμάτων για τη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας.

Η μελέτη υποστηρίζει ότι η φυσιολογική απόκριση των μαθητών κατά την έκθεσή τους σε μαθηματικές δραστηριότητες μπορεί να καταγραφεί με αξιοπιστία μέσω TCD, αποκαλύπτοντας την εσωτερική κατάσταση άγχους ή ηρεμίας, πέρα από τις παραδοσιακές μεθόδους αυτοαναφοράς. Έτσι, ανοίγει ο δρόμος για την ανάπτυξη αντικειμενικών δεικτών

άγχους, οι οποίοι μπορούν να λειτουργήσουν διαγνωστικά και υποστηρικτικά σε εξατομικευμένες παιδαγωγικές παρεμβάσεις.

Παιδαγωγικές Προτάσεις

Με βάση το παραπάνω πλαίσιο, προτείνονται οι εξής παιδαγωγικές εφαρμογές:

- Εκπαιδευτική διαγνωστική χρήση του TCD.
- Ανάπτυξη εξατομικευμένων παρεμβάσεων.
- Διαμόρφωση ευφυών μαθησιακών περιβαλλόντων.
- Εκπαιδευτική ευαισθητοποίηση και κατάρτιση.
- Υποστήριξη της μετάβασης από την πρωτοβάθμια στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Η παραπάνω προσέγγιση δεν αντικαθιστά τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές μεθόδους, αλλά τις ενισχύει με τεχνολογικά και επιστημονικά τεκμηριωμένες παρεμβάσεις.

Αναφορές

Ansari, D., De Smedt, B., & Grabner, R. H. (2012). Neuroeducation-a critical overview of an emerging field. *Neuroethics, 5,* 105-117.

Ashcraft, M. H., & Moore, A. M. (2009). Math anxiety and the affective drop in performance. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *27,* 197-205. https://doi.org/10.1177%2F0734282908330580

Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman mathematics attitudes scales: Instruments designed to measure attitudes toward the learning of mathematics by females and males. *Journal for Research in Mathematics Education, 7(5)*, 324-326.

Ferguson, A. M., Maloney, E. A., Fugelsang, J., & Risko, E. F. (2015). On the relation between math and spatial ability: The case of math anxiety. *Learning and Individual Differences*, 39, 1-12. http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2015.02.007

Foley, A. E., Herts, J. B., Borgonovi, F., Guerriero, S., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2017). The math anxiety-performance link: A global phenomenon. *Current Directions in Psychological Science*, *26*, 52-58.

Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS): Construction, validity, and reliability. *Assessment, 10*(2), 178-182. http://dx.doi.org/10.1177/1073191103010002008

Lee, J. (2009). Universals and specifics of math self-concept, math self-efficacy, and math anxiety across 41 PISA 2003 participating countries. *Learning and individual differences, 19*(3), 355-365.

Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2016). Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school. *Journal of Cognition and Development*, *14*(2), 187-202. http://dx.doi.org/10.1080/15248372.2012.664593

Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: psychometric data. *Journal of Counselling Psychology*, *19*(6), 551.

Rubinsten, O., & Tannock, R. (2010). Mathematics anxiety in children with developmental dyscalculia. *Behavioral and Brain functions*, *6*, 1-13.

Suinn, R. M., & Edwards, R. (1982). The measurement of mathematics anxiety: The mathematics anxiety rating scale for adolescents—MARS-A. *Journal of Clinical Psychology*, *38*(3), 576-580.

Suinn, R. M., Taylor, S., & Edwards, R. W. (1988). Suinn mathematics anxiety rating scale for elementary school students (MARS-E): Psychometric and normative data. *Educational and Psychological Measurement*, *48*(4), 979-986.

Ziegler, A. G., Kick, K., Bonifacio, E., Haupt, F., Hippich, M., Dunstheimer, D., & Fr1da Study Group. (2020). Yield of a public health screening of children for islet autoantibodies in Bavaria, Germany. *Jama*, *323*(4), 339-351.