

Γλωσσική ανάπτυξη παιδιών με διαταραχή αυτιστικού φάσματος. Πως και γιατί συνδέεται με την αναλογία του μήκους των δαχτύλων των χεριών (2Δ:4Δ) τους;

Language development of children with autism spectrum disorder. How and why is it connected to the ratio of the length of the fingers of their hands (2D:4D)?

Μαρία Μητσιώρη, Υποψήφια διδάκτωρ στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ΑΠΘ, mariamitsiori@gmail.com

Ελπίδα Γροϋίου, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ΑΠΘ, ggrouioue@auth.gr

Ειρήνη Κοΐδου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ΑΠΘ, rkoidou@phed-sr.auth.gr

Maria Mitsiori, PhD candidate at Aristotle University of Thessaloniki, AUTH, mariamitsiori@gmail.com

Elpida Grouiou, Master's Student at Aristotle University of Thessaloniki, AUTH, ggrouioue@auth.gr

Irene Koidou, Associate Professor at Aristotle University of Thessaloniki, AUTH, rkoidou@phed-sr.auth.gr

Abstract Language is the main means of ensuring communication between the members of a society. However, not all children succeed in developing functional language skills. Speech, and by extension language, is one of the areas that is delayed and severely deficient in individuals with autism spectrum disorder (ASD). Research evidence highlights the effects of fetal testosterone on children's neurodevelopment, including language disorders associated with autism spectrum disorder (ASD). The present work was designed to study the ratio of the length of the second (index) finger to the fourth (middle) finger, as a biological indicator of prenatal testosterone exposure, to understand individual differences in language skills of children with autism spectrum disorder. The early detection of language deficits in combination with the assessment of the language performance of children with (ASD) may create perspectives for differentiating the educational process. In particular, early intervention makes it possible to prevent the severity with which the autism spectrum disorder manifests itself and can cause changes in the language development of children with (ASD).

Keywords: language development, autism spectrum disorder (ASD), ratio of fingers 2D:4D, fetal testosterone, early intervention.

Περίληψη: Η γλώσσα αποτελεί το βασικό μέσο που διασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ των μελών μιας κοινωνίας. Ωστόσο, δεν καταφέρνουν όλα τα παιδιά να αναπτύξουν λειτουργικές γλωσσικές δεξιότητες. Ο λόγος, και κατ' επέκταση η γλώσσα, είναι ένας από τους τομείς που παρουσιάζει καθυστέρηση και σοβαρές ελλείψεις στα άτομα με διαταραχή αυτιστικού φάσματος (ΔΑΦ). Ερευνητικά δεδομένα αναδεικνύουν τις επιδράσεις της εμβρυϊκής

τεστοστερόνης στην νευροανάπτυξη των παιδιών, συμπεριλαμβανομένων και των γλωσσικών διαταραχών που σχετίζονται με τη (ΔΑΦ). Η παρούσα εργασία σχεδιάστηκε για τη μελέτη της αναλογίας του μήκους του δεύτερου (δείκτη) δαχτύλου των χεριών προς το τέταρτο (παράμεσο), ως βιολογικού δείκτη έκθεσης στην προγεννητική τεστοστερόνη, για την κατανόηση των ατομικών διαφορών σε γλωσσικές δεξιότητες παιδιών με διαταραχή αυτιστικού φάσματος. Η έγκαιρη ανίχνευση των γλωσσικών ελλειμμάτων σε συνδυασμό με την αξιολόγηση της γλωσσικής επίδοσης των παιδιών με (ΔΑΦ) δύναται να δημιουργήσει προοπτικές για διαφοροποίηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ειδικότερα, η πρόωπη παρέμβαση καθιστά εφικτή την πρόληψη της σοβαρότητας με την οποία εκδηλώνεται η διαταραχή αυτιστικού φάσματος και δύναται να προκαλέσει αλλαγές στην γλωσσική ανάπτυξη των παιδιών με (ΔΑΦ).

Λέξεις - κλειδιά: γλωσσική ανάπτυξη, διαταραχή αυτιστικού φάσματος (ΔΑΦ), αναλογία δαχτύλων των χεριών 2Δ:4Δ, εμβρυϊκή τεστοστερόνη, πρόωπη παρέμβαση.

Εισαγωγή

Οι ορμόνες του φύλου ασκούν μακροχρόνιες οργανωτικές επιδράσεις στον εγκέφαλο και στη συμπεριφορά των ανθρώπων (Collaer & Hines, 1995). Έχει προταθεί ότι η εμβρυϊκή τεστοστερόνη συνδέεται δυναμικά με την ύπαρξη νευροαναπτυξιακών διαταραχών (Schieve, Tian, Drews-Botsch, Windham, Newschaffer, Daniels, & Danielle Fallin, 2018) και την εμφάνιση χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τη διαταραχή αυτιστικού φάσματος (Lutchmaya, Baron-Cohen, & Raggatt, 2002; Saenz & Alexander, 2013, Lutchmaya & Baron-Cohen, 2002, Knickmeyer & Baron-Cohen 2006, Chapman, Baron-Cohen, Auyeung, Knickmeyer, Taylor, & Hackett, 2006). Τα αποτελέσματά τους είναι εμφανή κατά τη διάρκεια δύο ευαίσθητων περιόδων ανάπτυξης, την προγεννητική-νεογνική περίοδο και τη μεταγεννητική περίοδο (Collaer, Reimers, & Manning, 2007). Τα δεδομένα γι' αυτές τις αλλαγές καθώς και η επίδραση τους στην νευρογνωστική λειτουργία του ανθρώπου δεν είναι εύκολο να γίνουν αντιληπτά. Γι' αυτό η αναλογία των δαχτύλων (2Δ:4Δ) έχει προταθεί ως ενδεχόμενος ανθρωπομετρικός δείκτης έκθεσης στην προγεννητική τεστοστερόνη. Στα πλαίσια αυτά η παρούσα εργασία χρησιμοποίησε την αναλογία των δαχτύλων 2Δ:4Δ, ως βιολογικό δείκτη, για να διερευνήσει την ύπαρξη επιστημονικού ενδιαφέροντος αναφορικά με την επίδραση της εμβρυϊκής τεστοστερόνης στη γλωσσική ανάπτυξη παιδιών με διαταραχή αυτιστικού φάσματος. Εκτενέστερα στην εισαγωγή γίνεται συνοπτική παρουσίαση του προβλήματος που πραγματεύεται η εργασία, αιτιολογείται η επιλογή του θέματος και παρουσιάζεται η δομή της εργασίας. Ακολουθεί ο σκοπός στον οποίο αποτυπώνεται με σαφήνεια ο λόγος για τον οποίο γράφτηκε, και η συμβολή της στο κοινό ταμείο της γνώσης. Εν συνεχεία γίνεται αποσαφήνιση βασικών όρων της εργασίας. Στο θεωρητικό μέρος παρουσιάζονται μελέτες σχετικές με το θέμα ως αποτέλεσμα βιβλιογραφικής έρευνας και η κριτική θεώρησή τους. Η εργασία ολοκληρώνεται με τη διατύπωση συμπερασμάτων και προτάσεων.

1. Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα ανασκόπηση παρέχει μια σύντομη κριτική επισκόπηση παλαιών και σύγχρονων βιβλιογραφικών ευρημάτων που χρησιμοποιούν την αναλογία των δακτύλων των χεριών 2Δ:4Δ για τη διερεύνηση πιθανών ορμονικών συνεισφορών στην εκδήλωση της διαταραχής αυτιστικού φάσματος (ΔΑΦ) και στην διαφοροποίηση της γλωσσικής ανάπτυξης των παιδιών με ΔΑΦ. Η έγκαιρη διάγνωση των γλωσσικών ελλειμμάτων των παιδιών με ΔΑΦ αποτελεί τη βάση για την επιλογή και χρήση κατάλληλων εκπαιδευτικών πρακτικών και παρεμβάσεων, ώστε να εξασφαλιστεί η πληρέστερη αντιμετώπιση των εκπαιδευτικών τους αναγκών.

2. Αποσαφήνιση όρων

2.1.1. Αναλογία δακτύλων (2Δ:4Δ)

Η αναλογία των δακτύλων των χεριών, δηλαδή το σχετικό μήκος του 2ου (δείκτης) προς 4ο ψηφίο (παράμεσος)(2Δ:4Δ), αναγνωρίστηκε ως βιολογικό χαρακτηριστικό τον περασμένο αιώνα (Baker, 1888; Minami, 1952; Phelps, 1952). Η αναλογία αυτή 2Δ:4Δ είναι συγκριτικά μικρότερη στα αρσενικά απ' ότι στα θηλυκά (αρσενικό 2Δ:4Δ<θηλυκό 2Δ:4Δ) (Manning, Scutt, Wilson, & Lewis-Jones, 1998; Gillam, McDonald, Ebling, Mayhew, 2008 ; Valla & Ceci, 2011). Κι αυτό γιατί στο χέρι των αρσενικών το μήκος του 2^{ου} δακτύλου ισούται περίπου με το 98% του μήκους του 4^{ου} δακτύλου, ενώ στα θηλυκά το 2^ο δάχτυλο του χεριού είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το μήκος του 4^{ου} δακτύλου του χεριού (Manning, 2002; Ypsilanti, Ganou, Koidou, & Grouios, 2008). Οι διαφορές φύλου στις αναλογίες των δακτύλων των χεριών 2Δ:4Δ καθιερώνονται στη μήτρα μέχρι την 14^η εβδομάδα της κύησης, αναπτύσσονται μέχρι την ηλικία των 2 ετών και δεν επηρεάζονται από την εφηβεία (Manning, Scutt, Wilson & Lewis-Jones, 1998). Οι διαφορές αυτές φαίνεται να είναι καθολικές και ποικίλουν μεταξύ ομάδων διαφορετικών εθνοτήτων (Manning, Churchill & Peters, 2007).

Παρόλο που ο διαφυλικός διμορφισμός στις αναλογίες των δακτύλων των χεριών 2Δ:4Δ αναγνωρίστηκε πριν πολλά χρόνια (Baker 1888; Minami 1952; Phelps 1952) η γενετική βάση στη διαφοροποίηση του μήκους των δακτύλων είναι πιο πρόσφατη (Brosnan, 2006). Αυτό το χαρακτηριστικό έχει συνδεθεί με ένα αριθμό μεταβλητών, συμπεριλαμβανομένης και της επίδρασης των ορμονών του φύλου κατά την πρώιμη εμβρυϊκή ανάπτυξη (Wang, Wang, Li, Zhu, Li & Ni, 2016).

Δεδομένα ορμονικών μελετών υποστηρίζουν ότι τα επίπεδα τεστοστερόνης και οιστρογόνων, κατά τη διάρκεια ενός κρίσιμου προγεννητικού σταδίου, μεταβάλλουν τα σχετικά μήκη του 2Δ και 4Δ (Manning, 2002). Συγκεκριμένα, τα υψηλά επίπεδα τεστοστερόνης διευκολύνουν την ανάπτυξη του 4Δ στα αρσενικά, ενώ τα υψηλά επίπεδα των οιστρογόνων συμβάλουν στην ανάπτυξη του 2Δ στα θηλυκά. Επομένως, οι χαμηλές αναλογίες των δακτύλων 2Δ:4Δ που παρατηρούνται στα αρσενικά συνδέονται με υψηλά επίπεδα τεστοστερόνης και οι υψηλές αναλογίες των δακτύλων των χεριών 2Δ:4Δ στα θηλυκά με χαμηλές συγκεντρώσεις

τεστοστερόνης (Manning, Kilduff, Cook, Crewther, Fink, 2014; Manning & Robinson, 2003).

Η γενετική βάση που συνδέει τα προγεννητικά επίπεδα τεστοστερόνης με τα πρότυπα σχηματισμού των δαχτύλων των χεριών εικάζεται ότι έγκειται στη δράση των γονιδίων Hox (Kyriakidis & Papaiοannidou, 2008). Δεδομένου ότι, στους ανθρώπους η διαφοροποίηση του μήκους των δαχτύλων των χεριών και του ουρογεννητικού συστήματος υπαγορεύεται από τα γονίδια Hox (Kyriakidis & Papaiοannidou, 2008).

Οι Geschwind και Galaburda, (1985) στη θεωρία τους υποστηρίζουν ότι τα υψηλά επίπεδα εμβρυϊκής τεστοστερόνης μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την ανάπτυξη του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου (που οδηγεί στην προτίμηση του αριστερού χεριού, γλωσσικές διαταραχές και αυτισμό) και να διευκολύνουν την ανάπτυξη του δεξιού ημισφαιρίου (που οδηγεί σε ενισχυμένες μουσικές, χωρικές και μαθηματικές ικανότητες). Ερευνητικά δεδομένα επαληθεύουν τη σχέση αυτής της θεωρίας με την αναλογία των δαχτύλων (Sluming & Manning, 2000 · Manning, Trivers, Thornhill και Singh, 2000b Manning, Baron-Cohen, Wheelwright, & Sanders, 2001).

Αυτή η κατανομή των αιτιωδών παραγόντων για τη διαφοροποίηση των δαχτύλων των χεριών 2Δ:4Δ επιτρέπει στα πρότυπα σχηματισμού των δαχτύλων να αποτελούν δείκτη προγεννητικής έκθεσης ορμονών του φύλου (Manning, & συν., 1998).

2.1.2. Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος

Η Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) εμπίπτει στην ευρύτερη διαγνωστική κατηγορία των διάχυτων αναπτυξιακών διαταραχών με ετερογένεια συμπτωμάτων (Markou, Ahtam, & Papadatou-Pastou, 2017). Η περιορισμένη κοινωνική αλληλεπίδραση, το ποσοτικό και ποιοτικό έλλειμμα στη λεκτική και μη λεκτική επικοινωνία, τα περιορισμένα ενδιαφέροντα και τα επαναλαμβανόμενα μοτίβα συμπεριφοράς αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά της διαταραχής αυτής (American Psychological Association, 2013 ; Stepanova, Dowling, Phelps, & Findling, 2017).

Χαρακτηρίζεται ως διαταραχή φάσματος, καθώς δεν υπάρχει μια ομοιογενής εικόνα για τον αυτισμό. Η συμπτωματολογία κυμαίνεται από φυσιολογική νοημοσύνη και ελάχιστα στοιχεία αυτισμού μέχρι τη βαρύτερη μορφή που περιλαμβάνει έντονα αυτιστικά στοιχεία και νοητική υστέρηση (Γενά, 2002; Αντωνίου και Δαλιανά, 2017). Στο πλαίσιο αυτό, ορισμένα παιδιά με ΔΑΦ, εμφανίζουν εξαιρετικά υψηλές επιδόσεις σε μια ή περισσότερες γνωστικές περιοχές όπως είναι η τέχνη, η μουσική, οι μαθηματικοί υπολογισμοί και η συναρμολόγηση σύνθετων μηχανικών κατασκευών (Frith, 2003; Happé & Frith, 2010).

Η ΔΑΦ εκδηλώνεται νωρίς στη ζωή, εξελίσσεται βαθμιαία και τα περισσότερα παιδιά παρουσιάζουν ελλείμματα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής (Αντωνίου και Δαλιανά, 2017 ; Daniels & Mandell, 2013). Ο επιπολασμός της ΔΑΦ εκτιμάται ότι έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, κυμαίνεται από 1-3% σε παιδιά και εφήβους και αφορά περίπου σε 7,6 άτομα ανά 1000 γεννήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο (Σερετόπουλος, Λάμνισος, & Γιαννακού 2020). Αναφορικά

με το φύλο η συχνότητα εμφάνισης της είναι 3 με 4 φορές μεγαλύτερη στους άρρενες απ' ότι στα θηλυκά (Werling & Geschwind 2013; Vermaat, Van Der Miesen, De Vries, Steensma, Porra, Cohen-Kettenis, & Kreukels, 2018). Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα προγεννητικής τεστοστερόνης κατά την εμβρυϊκή περίοδο αποτελεί βασικό βιολογικό μηχανισμό διαμόρφωσης των διαφυλικών διαφορών στον εγκέφαλο και πιθανόν να εμπλέκεται και στην διαφοροποίηση του ποσοστού εμφάνισης της ΔΑΦ μεταξύ των δύο φύλων (4 άρρεν : 1 θήλυ) (Baron-Cohen, Knickmeyer, & Belmonte, 2005; Baron-Cohen, Lutchmaya, & Knickmeyer, 2004).

Τα ακριβή αίτια της διαταραχής δεν έχουν ακόμα αποσαφηνιστεί, καθώς πρόκειται για πολύ-παραγοντικό φαινόμενο (Harpe, 1998). Γενετικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες κινδύνου φαίνεται ότι αλληλεπιδρούν και συμβάλλουν στην ανάπτυξη της ΔΑΦ (Σερετόπουλος, Λάμνισος, & Γιαννακού, 2020; Sugie, Sugie, Fukuda, & Osawa, 2010).

2.1.3. Ορμόνες του φύλου και άτυπη γνωστική ανάπτυξη

Οι ορμόνες του φύλου ασκούν μακροχρόνιες οργανωτικές επιδράσεις στον εγκέφαλο και στη συμπεριφορά των ανθρώπων (Collaer & Hines, 1995). Ερευνητικά δεδομένα κάνουν αναφορά για σύνδεση της εμβρυϊκής τεστοστερόνης, με την εμφάνιση νευροαναπτυξιακών διαταραχών τόσο σε ζώα όσο και σε ανθρώπους (Schieve, Tian, Drews-Botsch, Windham, Newschaffer, Daniels, & Danielle Fallin, 2018). Ειδικότερα μελέτες σε ζώα αναδεικνύουν την πιθανή συμβολή των υψηλών επιπέδων τεστοστερόνης στη δομή του εγκεφάλου, τη γνωστική λειτουργία και συμπεριφορά (Jacome, Barateli, Buitrago, Lema, Frankfurt, & Luine, 2016). Μελέτες σε ανθρώπους κάνουν λόγο για αρνητικές επιδράσεις της τεστοστερόνης στην νευροανάπτυξη των παιδιών, συμπεριλαμβανομένων πολλών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τη ΔΑΦ όπως : α). έλλειψη βλεμματικής επαφής (Lutchmaya, Baron-Cohen, & Raggatt, 2002; Saenz & Alexander, 2013), β). περιορισμένο λεξιλόγιο (Lutchmaya & Baron-Cohen, 2002), γ). ελλείψεις στον κοινωνικό τομέα (Knickmeyer & Baron-Cohen, 2006) και δ). απουσία ενσυναίσθησης (Chapman, Baron-Cohen, Auyeung, Knickmeyer, Taylor, & Hackett, 2006).

Οι Geschwind και Galaburda (1985) στη θεωρία τους κάνουν λόγο για πιθανές επιδράσεις των προγεννητικών επιπέδων τεστοστερόνης στη δομή και κατά συνέπεια στις λειτουργίες του εγκεφάλου. Συγκεκριμένα, τα υψηλά επίπεδα εμβρυϊκής τεστοστερόνης μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την ανάπτυξη περιοχών του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου προκαλώντας γλωσσικές διαταραχές, αριστερή προτίμηση χεριού και αυτισμό και να ενισχύσουν αντίστοιχα την ανάπτυξη περιοχών του δεξιού ημισφαιρίου που οδηγεί σε αυξημένες μουσικές, χωρικές και μαθηματικές ικανότητες (Geschwind & Galaburda, 1985).

Ο Baron-Cohen και οι συνεργάτες του (2011) δεδομένων των νευροαναπτυξιακών χαρακτηριστικών της ΔΑΦ και του μεγαλύτερου ποσοστού εμφάνισης της διαταραχής σε αρσενικό πληθυσμό διατύπωσαν τη θεωρία του «Ακράιου Ανδρικού Εγκεφάλου». Σύμφωνα με αυτή τα άτομα με ΔΑΦ εμφανίζουν υψηλές επιδόσεις σε δεξιότητες συστηματοποίησης και

χαμηλές σε δεξιότητες ενσυναίσθησης λόγω της πιθανής επίδρασης της τεστοστερόνης κατά την εμβρυική περίοδο. Η καθυστερημένη ή η μη επαρκής απόκτηση ενσυναίσθησης, ερμηνείας δηλαδή των ψυχικών καταστάσεων τόσο του εαυτού όσο και των άλλων ατόμων (Matthews, Goldberg, & Lukowski, 2013), δεν επιτρέπει στα άτομα με ΔΑΦ να κάνουν συλλογισμούς και να δίνουν λογικές εξηγήσεις για τη συμπεριφορά των άλλων ανθρώπων (Shamsi, Hosseini, Tahamtan, & Bayat, 2017). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα παιδιά με ΔΑΦ να εμφανίζουν κοινωνικές, συμπεριφορικές και επικοινωνιακές ελλείψεις (Shamsi και συν., 2017).

2.1.4. Η ανάπτυξη της γλώσσας στον αυτισμό

Η γλώσσα αποτελεί το βασικό μέσο που διασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ των μελών μιας κοινωνίας (Νημά, 2004). Πρόκειται για μια εξελικτική διαδικασία που αρχίζει από την προγεννητική περίοδο ζωής του ανθρώπου και συνεχίζεται σε όλη την πορεία της ανάπτυξής του (Τζουριάδου, 1995). Ωστόσο, δεν καταφέρνουν όλα τα παιδιά να αναπτύξουν λειτουργικές γλωσσικές ικανότητες. Ο λόγος, και κατ' επέκταση η γλώσσα που αποτελεί το βασικό μέσο επικοινωνίας, είναι ένας από τους τομείς που παρουσιάζει καθυστέρηση και σοβαρές ελλείψεις στα άτομα με ΔΑΦ (Hojjati & Khalilkhaneh, 2014 ; Kleinhans, Muller, Cohen, & Courchesne, 2008). Τα γλωσσικά ελλείμματα αν και δεν αποτελούν το κύριο διαγνωστικό χαρακτηριστικό των ατόμων με αυτή τη διαταραχή παρόλα αυτά επηρεάζουν σημαντικά τον τρόπο επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης.

Ειδικότερα, σε ορισμένες περιπτώσεις παιδιών με ΔΑΦ παρατηρείται δυσκολία στις γλωσσικές δεξιότητες, στη λεκτική και μη λεκτική επικοινωνία (Floris, Chura, Holt, Suckling, Bullmore, Baron-Cohen, & Spencer, 2013) και εμφανή ελλείμματα στη γλωσσική πρόσληψη, έκφραση και χρήση της γλώσσας (Forrester, 2014; Markou, Ahtam, & Papadatou-Pastou, 2017). Εξόν από τις αδυναμίες στο πραγματολογικό επίπεδο της γλώσσας, δηλαδή αδυναμία χρήσης της γλώσσας στο κοινωνικό περιβάλλον, έκπτωση υπάρχει και στα παραλεκτικά στοιχεία της γλώσσας όπως η χροιά της φωνής και ο επιτονισμός (Καμπούρογλου & Παπαντωνίου, 2003). Τα άτομα με ΔΑΦ διακρίνονται από έλλειψη γνωστικής ευελιξίας και κατανόησης της γλώσσας του σώματος, μειωμένη χρήση χειρονομιών, απουσία συμβολικής σκέψης και πιθανή παλινδρόμηση είτε στη γλώσσα είτε σε άλλες δεξιότητες σε οποιαδήποτε ηλικία (Lukito, Jones, Pickles, Baird, Happé, Charman, & Simonoff, 2017; Maenner, Rice, Arneson, Cunniff, Schieve, Carpenter, & Durkin, 2014).

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η τεστοστερόνη συμβάλει στην ανάπτυξη χαρακτηριστικών της διαταραχής αυτιστικού φάσματος δεδομένου ότι τα υψηλά επίπεδα προγεννητικής τεστοστερόνης επηρεάζουν αρνητικά την δομή και λειτουργία του αριστερού ημισφαιρίου των παιδιών με ΔΑΦ παρεμποδίζοντας έτσι την ανάπτυξη των γλωσσικών τους ικανοτήτων (Geschwind & Galaburda 1985).

3. Θεωρητικό μέρος

3.1.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η διερεύνηση της σχέσης αναλογίας δαχτύλων των χεριών 2Δ: 4Δ και διαταραχής αυτιστικού φάσματος έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον της σύγχρονης νευροψυχολογίας και παιδαγωγικής από τον περασμένο αιώνα. Από την ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας προκύπτει περιορισμένος αριθμός μελετών που αναφέρονται στη σχέση αναλογίας δαχτύλων (2Δ:4Δ) και γλωσσικής ανάπτυξης των παιδιών με ΔΑΦ.

Συγκεκριμένα οι Manning, Baron-Cohen, Wheelwright και Sanders, (2001) διερεύνησαν την σχέση αναλογίας δαχτύλων των χεριών 2Δ:4Δ μεταξύ παιδιών στο φάσμα του αυτισμού (72 παιδιών με αυτισμό, 23 με Άσπεργκερ), συγγενικών τους προσώπων (34 αδέρφια, 88 πατέρες, 88 μητέρες) και μιας ομάδας 34 παιδιών τυπικού πληθυσμού (ομάδα ελέγχου). Οι ηλικίες του δείγματος κυμαίνονταν από 2 έως 15 έτη. Για τον έλεγχο της ΔΑΦ χρησιμοποιήθηκε διαγνωστικό ερωτηματολόγιο . Η μέτρηση της αναλογίας του μήκους των δαχτύλων των χεριών πραγματοποιήθηκε με φωτοταντίγραφα χεριών και παχύμετρο. Από τα αποτελέσματα προκύπτει θετική συσχέτιση μεταξύ των αναλογιών 2Δ:4Δ των παιδιών με αυτισμό και των συγγενών τους και χαμηλότερες αναλογίες συγκριτικά με αυτή της ομάδας ελέγχου. Τα παιδιά με Άσπεργκερ, που μοιράζονται τα κοινωνικά και επικοινωνιακά συμπτώματα του αυτισμού αλλά έχουν φυσιολογικό ή υψηλό δείκτη νοημοσύνης, είχαν υψηλότερες αναλογίες 2Δ:4Δ από τα παιδιά με αυτισμό αλλά χαμηλότερες αναλογίες από τις τιμές του τυπικού πληθυσμού. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι η χαμηλή αναλογία 2Δ:4Δ μπορεί να προμηνύει μειωμένη πιθανότητα απόκτησης της γλώσσας και αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης μαθησιακών δυσκολιών (Manning, et. al., 2001). Διαπιστώθηκε επίσης ότι τα παιδιά με αυτισμό είχαν χαμηλότερη από την αναμενόμενη αναλογία 2Δ:4Δ σε σχέση με αυτή των πατέρων τους ενώ τα παιδιά με Άσπεργκερ υψηλότερες αναλογίες αντίστοιχα. Προφανώς, η χαμηλή αναλογία 2Δ:4Δ ενδέχεται να χρησιμεύει ως πιθανός δείκτης διάγνωσης της ΔΑΦ και μπορεί να εμπλέκει την προγεννητική τεστοστερόνη στην αιτιολογία της (Manning, et. al., 2001).

Το 2017, οι Mackus, de Kruijff, Otten, Kraneveld, Garssen και Verster σε μια προσπάθεια διερεύνησης της αναλογίας των δαχτύλων των χεριών 2Δ : 4Δ ως βιοδείκτη αυτιστικών γνωρισμάτων, εξέτασαν ένα δείγμα N=401 εθελοντών ατόμων, ηλικίας 18 έως 30 ετών. Τα μήκη των δαχτύλων των χεριών 2Δ και 4Δ μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας ψηφιακό παχύμετρο. Εκτός από τα δημογραφικά στοιχεία, συμπληρώθηκε ερωτηματολόγιο, το οποίο αποτελούταν από πέντε υποκλίμακες, που αξιολογούσαν «κοινωνικές ιδέες και συμπεριφορά», «προσοχή», «επικοινωνία», «φαντασία» και «προσοχή στη λεπτομέρεια». Για τα θηλυκά, η αναλογία δαχτύλων 2Δ:4Δ του αριστερού χεριού είχε σημαντική θετική συσχέτιση με τη βαθμολογία στην «επικοινωνία». Για τους άρρενες, βρέθηκε σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της αναλογίας 2Δ : 4Δ του αριστερού χεριού και της συνολικής βαθμολογίας του ερωτηματολογίου. Μια πιθανή ερμηνεία των διαφορών αυτών μεταξύ των δύο φύλων μπορεί

να αποτελεί η σεξουαλικά διμορφική φύση της ΔΑΦ, όπως ακριβώς παρατηρείται και στην αναλογία των δαχτύλων των χεριών 2Δ : 4Δ, με τους άρρενες να έχουν κατά μέσο όρο χαμηλότερες αναλογίες από τα θηλυκά (Manning, Scutt, Wilson, & Lewis-Jones., 1998). Οι χαμηλές αναλογίες αντιστοιχούν σε υψηλά προγεννητικά επίπεδα τεστοστερόνης και συμβάλουν τόσο στην εκδήλωση αυτιστικών χαρακτηριστικών όσο και στον κίνδυνο πιθανής εμφάνισης της διαταραχής (Manning, Baron-Cohen, Wheelwright, & Sanders, 2001). Από τα δεδομένα της προαναφερθείσας μελέτης προκύπτει ότι η αναλογία των δαχτύλων των χεριών 2Δ : 4Δ δεν αποτελεί βιοδείκτη των αυτιστικών χαρακτηριστικών στον τυπικό πληθυσμό της μελέτης (Mackus, et al., 2017).

Οι Kyselicová, Belica, Vidošovičová, Janšáková, Neščáková, Šrajdel και Ostatníková, (2021) σε μια συγχρονική μελέτη διερεύνησαν τη σχέση αναλογίας δαχτύλων των χεριών 2Δ:4Δ με τη ΔΑΦ. Το δείγμα περιελάμβανε 91 άρρενες με μέση ηλικία 7,63 έτη και 36 ενήλικες με μέση ηλικία 22,8 έτη διαγνωσμένοι με ΔΑΦ . Καθώς επίσης και 379 νευροτυπικούς μαθητές με παρουσία ή απουσία αυτιστικών χαρακτηριστικών. Για την εκτίμηση της ΔΑΦ χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα παρατήρησης, διάγνωσης αυτισμού και αντίστοιχη συνέντευξη. Για την μέτρηση της αναλογίας του μήκους των δαχτύλων των χεριών 2Δ:4Δ έγιναν ψηφιακές σαρώσεις της κοιλιακής πλευράς και των δύο χεριών κι εν συνεχεία εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας το ψηφιακό λογισμικό *autometric*. Οι μαθητές και οι ενήλικες συμμετέχοντες που είχαν διαγνωστεί με ΔΑΦ κλήθηκαν να συμπληρώσουν τα ερωτηματολόγια AQ-10 και AQ τα οποία ποσοτικοποιούν τα αυτιστικά γνωρίσματα. Από τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης προκύπτει ότι η αναλογία 2Δ:4Δ μπορεί να μην σχετίζεται αξιόπιστα με τον αυτιστικό φαινότυπο. Παρόλο που τα αποτελέσματά μας υποστηρίζουν προηγούμενα ευρήματα σχετικά με τις διαφορές του φύλου στην αναλογία 2Δ:4Δ δεν βρέθηκε καμία σχέση με την θεωρία του Baron-Cohen για τον «Ακραίο Ανδρικό Εγκέφαλο». Δεν βρέθηκαν επίσης πειστικές διαφορές στις αναλογίες των δαχτύλων μεταξύ αυτιστικών και νευροτυπικών ατόμων αλλά ούτε σύνδεση των αναλογιών με χαρακτηριστικά της ΔΑΦ. Από τη σκοπιά μιας συγχρονικής μελέτης, τα ληφθέντα αποτελέσματα μπορεί να αντικατοπτρίζουν τα αποτελέσματα πρόσφατων διαχρονικών μελετών, οι οποίες υποδηλώνουν ότι η αναλογία 2Δ:4Δ των δαχτύλων δεν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της οντογένεσης, ούτε συνδέεται αξιόπιστα με αυτιστικά χαρακτηριστικά σε νευροτυπικούς ενήλικες (Kyselicova, et. al., 2021).

Το ερευνητικό ενδιαφέρον για τη μελέτη της σχέσης αναλογίας δαχτύλων των χεριών 2Δ:4Δ και διαταραχής αυτιστικού φάσματος (ΔΑΦ) εκδηλώθηκε στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Δυστυχώς, όμως, δεν υπάρχει επαρκής αριθμός μελετών για τη σύνδεση αυτής της αναλογίας με την γλωσσική ανάπτυξη παιδιών με διαταραχή αυτιστικού φάσματος.

Από το 2001 μέχρι σήμερα τρεις μελέτες είχαν σαν στόχο τη σύνδεση της αναλογίας των δαχτύλων των χεριών 2Δ:4Δ με την ανάπτυξη χαρακτηριστικών αυτιστικού φάσματος (Manning, Baron-Cohen, Wheelwright και Sanders, 2001· Mackus, de Kruijff, Otten, Kraneveld, Garssen και Verster, 2017 · Kyselicová, Belica, Vidošovičová, Janšáková, Neščáková, Šrajdel και Ostatníková, 2021). Εκ των οποίων μία μελέτησε τη σχέση αναλογίας δαχτύλων των χεριών 2Δ:4Δ μεταξύ των παιδιών με διαταραχή αυτιστικού φάσματος, των

συγγενικών τους προσώπων και μιας ομάδας παιδιών τυπικού πληθυσμού (ομάδα ελέγχου). Οι ηλικίες του δείγματος κυμαίνονταν από 2 έως 15 έτη (Manning, et al., 2001). Μία δεύτερη μελέτη διερεύνησε την αναλογία των δαχτύλων των χεριών 2Δ : 4Δ, ως βιοδείκτη αυτιστικών γνωρισμάτων σε ηλικίες 18 έως 30 ετών (Mackus et al., 2017) και μία τρίτη συγχρονική μελέτη, τη σχέση αναλογίας δαχτύλων των χεριών 2Δ:4Δ και ΔΑΦ σε ένα δείγμα με διάγνωση ΔΑΦ και μέση ηλικία 7,63 έτη και 22,8 έτη αντίστοιχα και σε ένα δείγμα 379 νευροτυπικών μαθητών με παρουσία ή απουσία αυτιστικών χαρακτηριστικών (Kyseliconá, et. al., 2021). Για την μέτρηση της αναλογίας των δαχτύλων (2Δ : 4Δ) χρησιμοποιήθηκαν παχύμετρο, φωτοαντίγραφο χεριών και ειδικό ψηφιακό λογισμικό. Για την εκτίμηση της ΔΑΦ αξιοποιήθηκαν ερωτηματολόγια, πρόγραμμα παρατήρησης-διάγνωσης της διαταραχής αυτιστικού φάσματος και συνέντευξη.

Τα ερευνητικά αποτελέσματα που αφορούν στη σχέση αναλογίας δαχτύλων (2Δ : 4Δ) και χαρακτηριστικών διαταραχής αυτιστικού φάσματος (ΔΑΦ) είναι αντιφατικά. Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε θετική σχέση μεταξύ των αναλογιών 2Δ:4Δ των παιδιών με διαταραχή αυτιστικού φάσματος και των συγγενών τους και χαμηλότερες αναλογίες συγκριτικά με αυτή της ομάδας ελέγχου. Προφανώς, η χαμηλή αναλογία 2Δ:4Δ ενδέχεται να χρησιμεύει ως πιθανός δείκτης διάγνωσης της ΔΑΦ και μπορεί να εμπλέκει την προγεννητική τεστοστερόνη στην αιτιολογία της (Manning, et. al., 2001). Για τα θηλυκά, η αναλογία δαχτύλων 2Δ:4Δ του αριστερού χεριού είχε σημαντική θετική συσχέτιση μόνο με τη βαθμολογία στην «επικοινωνία» ενώ για τους άρρενες με την συνολική βαθμολογία του ερωτηματολογίου. Μια πιθανή ερμηνεία αυτών των διαφυλικών διαφορών μπορεί να αποτελεί η σεξουαλικά διμορφική φύση της ΔΑΦ, όπως ακριβώς παρατηρείται και στην αναλογία των δαχτύλων των χεριών 2Δ : 4Δ, με τους άρρενες να έχουν κατά μέσο όρο χαμηλότερες αναλογίες από τα θηλυκά (Manning, Scutt, Wilson, & Lewis-Jones., 1998). Οι χαμηλές αναλογίες αντιστοιχούν σε υψηλά προγεννητικά επίπεδα τεστοστερόνης και συμβάλουν τόσο στην εκδήλωση αυτιστικών χαρακτηριστικών όσο και στον κίνδυνο πιθανής εμφάνισης της διαταραχής (Manning, Baron-Cohen, Wheelwright, & Sanders, 2001). Παρόλο που τα αποτελέσματά μας υποστηρίζουν προηγούμενα ευρήματα σχετικά με τις διαφορές φύλου στην αναλογία 2Δ:4Δ δεν βρέθηκε καμία σχέση με την θεωρία του Baron-Cohen για τον «Ακραίο Ανδρικό Εγκέφαλο». Δεν βρέθηκαν επίσης πειστικές διαφορές στις αναλογίες των δαχτύλων μεταξύ αυτιστικών και νευροτυπικών ατόμων αλλά ούτε σύνδεση των αναλογιών με χαρακτηριστικά της ΔΑΦ. Τα ληφθέντα αποτελέσματα μπορεί να αντικατοπτρίζουν τα αποτελέσματα πρόσφατων διαχρονικών μελετών, οι οποίες υποδηλώνουν ότι η αναλογία 2Δ:4Δ των δαχτύλων δεν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της οντογένεσης, ούτε συνδέεται αξιόπιστα με αυτιστικά χαρακτηριστικά σε νευροτυπικούς ενήλικες (Kyseliconova, et. al., 2021).

Συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι τα ερευνητικά αποτελέσματα χρειάζονται ιδιαίτερη περίσκεψη και προσοχή στο χειρισμό και την αξιολόγηση τους. Ο μικρός αριθμός ερευνών, οι διαφορετικοί σχεδιασμοί, η ανομοιογένεια των ερευνητικών εργαλείων, το διαφορετικό μέγεθος και σύνθεση δειγμάτων και η ποικιλία μεθόδων για τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων προκαλούν σοβαρά προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά αφορούν στη δυσκολία σύγκρισης των μελετών

και στην εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων. Επομένως η επιστημονική κοινότητα δεν κατέστη δυνατόν μέχρι σήμερα να καταλήξει σε ξεκάθαρες θέσεις γύρω από την κατανόηση της αλληλεξάρτησης μεταξύ της αναλογίας του μήκους των δακτύλων των χεριών 2Δ:4Δ και της γλωσσικής ανάπτυξης των παιδιών με διαταραχή αυτιστικού φάσματος (ΔΑΦ).

4. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η παρούσα ανασκόπηση παρέχει μια σύντομη κριτική επισκόπηση παλαιών και σύγχρονων βιβλιογραφικών ευρημάτων που χρησιμοποιούν την αναλογία των δακτύλων των χεριών 2Δ:4Δ για τη διερεύνηση πιθανών ορμονικών συνεισφορών στην εκδήλωση της διαταραχής αυτιστικού φάσματος (ΔΑΦ) και στην διαφοροποίηση της γλωσσικής ανάπτυξης των παιδιών με ΔΑΦ.

Ερευνητικά δεδομένα αναδεικνύουν τις επιδράσεις της εμβρυϊκής τεστοστερόνης στην νευροανάπτυξη των παιδιών, συμπεριλαμβανομένων και των γλωσσικών διαταραχών που σχετίζονται με τη (ΔΑΦ) (Schieve, Tian, Drews-Botsch, Windham, Newschaffer, Daniels, & Danielle Fallin, 2018). Εικάζεται ότι η αναλογία του μήκους των δακτύλων των χεριών 2Δ:4Δ συνδέεται αρνητικά με την προγεννητική τεστοστερόνη και ότι η αναλογία αυτή είναι συγκριτικά χαμηλότερη στον πληθυσμό με διαταραχή αυτιστικού φάσματος απ' ό,τι στον τυπικό πληθυσμό. Κατά συνέπεια, η αναλογία αυτή μπορεί να αποτελεί πιθανό δείκτη διάγνωσης της ΔΑΦ και ενδεχομένως να εμπλέκεται και η προγεννητική τεστοστερόνη στην αιτιολογία της (Baharara, et al., 2014; Dey, et al., 2021). Επομένως η μελέτη των βιολογικών παραγόντων που αλληλεπιδρούν και διαφοροποιούν τη γλωσσική ανάπτυξη των παιδιών με ΔΑΦ παρουσιάζει ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον σε θεωρητικό και εφαρμοσμένο επίπεδο.

Σε θεωρητικό επίπεδο η παραδοχή ότι η διαταραχή αυτιστικού φάσματος συνιστά μια αιτιολογικά, βιολογικά και κλινικά ετερογενής διαταραχή, συμβάλει στην πληρέστερη κατανόηση των ατομικών και αναπτυξιακών διαφορών που παρατηρούνται στη μάθηση, την επίδοση και την συμπεριφορά των παιδιών με ΔΑΦ.

Σε εφαρμοσμένο επίπεδο, η έγκαιρη αναγνώριση των ατομικών διαφορών στη γλωσσική ανάπτυξη των παιδιών με ΔΑΦ δύναται να δημιουργήσει προοπτικές για τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Εκτιμάται ότι ο ρόλος του περιβάλλοντος, υπό την έννοια των εμπειριών και της εκπαίδευσης που λαμβάνει το άτομο, παραμένει καθοριστικός για τη σοβαρότητα με την οποία εκδηλώνεται η διαταραχή (Dawson, 2008). Κατά συνέπεια η πρόωπη παρέμβαση, με την συστηματική και εντατική εφαρμογή κατάλληλων προγραμμάτων μάθησης, με τη χρήση εναλλακτικών μεθόδων διδασκαλίας καθώς επίσης και με την οργάνωση υποστηρικτικών περιβαλλόντων μάθησης, σε διάφορες δομές εκπαίδευσης, μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε τομείς που υπολείπονται τα παιδιά με ΔΑΦ. Η εμπλοκή και συμμετοχή των γονέων στο πρόγραμμα παρέμβασης με ρόλο συν-εκπαιδευτή συμβάλλει καθοριστικά στην επιτυχία του (Γαλάνης, 2020).

Υπό το πρίσμα αυτό η παρέμβαση, μέσω της εκπαίδευσης, αποκτά διαφορετικό νόημα και βοηθά στην αλλαγή στάσης των ειδικών απέναντι στον τρόπο αντιμετώπισης των γλωσσικών και επικοινωνιακών ελλειμμάτων των παιδιών με ΔΑΦ. Έτσι η διαταραχή αυτή δεν αντιμετωπίζεται ως ασθένεια αλλά ως μια νευρολογική παραλλαγή η οποία θεωρείται φυσιολογική και μέρος της μεγάλης ποικιλίας νευρολογικών χαρακτηριστικών που χαρακτηρίζουν το ανθρώπινο είδος (Jaarsma & Welin, 2012).

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ελληνόγλωσσες

- Αντωνίου, Α. Σ., & Δαλιανά, Ν. (2017). Αιτιολογικοί παράγοντες των διαταραχών αυτιστικού φάσματος (ΔΑΦ). *Πανελλήνιο Συνέδριο Επιστημών Εκπαίδευσης*, 2016(1), 137-151.
- Γαλάνης, Π., (2020). Εκπαίδευση μαθητών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος. Αθήνα: ΕΣΠΑ 2014-2020, σ. 14-128. Εκπαίδευση μαθητών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος.pdf (iep.edu.gr)
- Καμπούρογλου, Μ., & Παπαντωνίου, Μ. (2003). Ανάπτυξη και Διαταραχές επικοινωνίας και λόγου στον αυτισμό. Ίδρυμα για το παιδί «Η Παμμακάριστος». *Ίδρυμα για το παιδί «Η Παμμακάριστος»*.
- Νημά, Ε. (2004). Γλωσσική ανάπτυξη και διδασκαλία. *Επιστημονικό βήμα*, (3), σ.15.
- Σερετόπουλος, Κ., Λάμνισος, Δ., & Γιαννακού, Κ. (2020). Η επιδημιολογία των διαταραχών του φάσματος του αυτισμού. *Archives of Hellenic Medicine/Arheia Ellenikes Iatrikes*, 37(2), σ.169.
- Τζουριάδου, Μ. (1995). Ο λόγος του παιδιού της προσχολικής ηλικίας. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις «Προμηθεύς».

Ξενόγλωσσες

- Baker, F. (1888). Anthropological notes on the human hand. *American Anthropologist*, 1(1), 51-76.
- Baron-Cohen, S., Knickmeyer, R. C., & Belmonte, M. K. (2005). Sex differences in the brain: implications for explaining autism. *Science*, 310(5749), 819-823.
- Brosnan, M. J. (2006). Digit ratio and faculty membership: Implications for the relationship between prenatal testosterone and academia. *British journal of psychology*, 97(4), 455-466.
- Chapman, E., Baron-Cohen, S., Auyeung, B., Knickmeyer, R., Taylor, K., & Hackett, G. (2006). Fetal testosterone and empathy: evidence from the empathy quotient (EQ) and the “reading the mind in the eyes” test. *Social Neuroscience*, 1(2), 135-148.
- Collaer, M. L., & Hines, M. (1995). Human behavioral sex differences: a role for gonadal hormones during early development?. *Psychological bulletin*, 118(1), 55.

- Collaer, M. L., Reimers, S., & Manning, J. T. (2007). Visuospatial performance on an internet line judgment task and potential hormonal markers: sex, sexual orientation, and 2D: 4D. *Archives of sexual behavior*, 36(2), 177-192.
- Daniels, A. M., & Mandell, D. S. (2013). Children's compliance with American Academy of Pediatrics' well-child care visit guidelines and the early detection of autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 43(12), 2844-2854.
- Dawson, G. (2008). Early behavioral intervention, brain plasticity, and the prevention of autism spectrum disorder. *Development and psychopathology*, 20(3), 775-803.
- Dey, B., Das, P., Chatterjee, D., & Bandyopadhyay, A. R. (2021). Digit Ratio and Autism: a brief report. *Ind. J. Phys. Anthropol & Hum. Genet. Vol*, 40(1), 17-21.
- Floris, D. L., Chura, L. R., Holt, R. J., Suckling, J., Bullmore, E. T., Baron-Cohen, S., & Spencer, M. D. (2013). Psychological correlates of handedness and corpus callosum asymmetry in autism: the left hemisphere dysfunction theory revisited. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(8), 1758-1772.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1985). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Archives of neurology*, 42(5), 428-459.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1985). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology: III. A hypothesis and a program for research. *Archives of neurology*, 42(7), 634-654.
- Happè, F. (1998). Language and communication disorders in autism and Asperger's syndrome. In *Handbook of neurolinguistics* (pp. 525-534). Academic Press.
- Happè, F., & Frith, U. (Eds.). (2010). *Autism and talent* (Vol. 364, No. 1522). OUP Oxford.
- Hojjati, M., & Khalilkhaneh, M. (2014). Evaluate the Ability of Autistic Children to Use Expressive Language and Receptive Language. *International journal of pediatrics*, 2(4.1), 267-275.
- Jaarsma, P., & Welin, S. (2012). Autism as a natural human variation: Reflections on the claims of the neurodiversity movement. *Health Care Analysis*, 20(1), 20-30.
- Jacome, L. F., Barateli, K., Buitrago, D., Lema, F., Frankfurt, M., & Luine, V. N. (2016). Gonadal hormones rapidly enhance spatial memory and increase hippocampal spine density in male rats. *Endocrinology*, 157(4), 1357-1362.
- Knickmeyer, R. C., & Baron-Cohen, S. (2006). Topical review: fetal testosterone and sex differences in typical social development and in autism. *Journal of child neurology*, 21(10), 825-845.
- Kyriakidis, I., & Papaioannidou, P. (2008). Epidemiologic study of the sexually dimorphic second to fourth digit ratio (2D: 4D) and other finger ratios in Greek population. *Collegium antropologicum*, 32(4), 1093-1098.

- Kyselicová, K., Belica, I., Vidošovičová, M., Janšáková, K., Neščáková, E., Špajdel, M., & Ostatníková, D. (2021). Autism spectrum disorder and new perspectives on the reliability of second to fourth digit ratio. *Developmental Psychobiology*, 63(6), e22122.
- Lukito, S., Jones, C. R., Pickles, A., Baird, G., Happé, F., Charman, T., & Simonoff, E. (2017). Specificity of executive function and theory of mind performance in relation to attention-deficit/hyperactivity symptoms in autism spectrum disorders. *Molecular autism*, 8(1), 1-13.
- Lutchmaya, S., & Baron-Cohen, S. (2002). Human sex differences in social and non-social looking preferences, at 12 months of age. *Infant Behavior and Development*, 25(3), 319-325.
- Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., & Raggatt, P. (2002). Foetal testosterone and eye contact in 12-month-old human infants. *Infant Behavior and Development*, 25(3), 327-335.
- Mackus, M., de Kruijff, D., Otten, L. S., Kraneveld, A. D., Garsen, J., & Verster, J. C. (2017). The 2D: 4D digit ratio as a biomarker for autism spectrum disorder. *Autism research and treatment*, 2017.
- Manning, J. T., Scutt, D., Wilson, J., & Lewis-Jones, D. I. (1998). The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction (Oxford, England)*, 13(11), 3000-3004.
- Manning, J. T., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., & Sanders, G. (2001). The 2nd to 4th digit ratio and autism. *Developmental medicine and child neurology*, 43(3), 160-164.
- Manning, J. T. (2002). *Digit ratio: A pointer to fertility, behavior, and health*. Rutgers University Press.
- Manning, J. T., Churchill, A. J., & Peters, M. (2007). The effects of sex, ethnicity, and sexual orientation on self-measured digit ratio (2D: 4D). *Archives of sexual behavior*, 36(2), 223-233.
- Manning, J., Kilduff, L., Cook, C., Crewther, B., & Fink, B. (2014). Digit ratio (2D: 4D): a biomarker for prenatal sex steroids and adult sex steroids in challenge situations. *Frontiers in endocrinology*, (5), 9.
- Markou, P., Ahtam, B., & Papadatou-Pastou, M. (2017). Elevated levels of atypical handedness in autism: meta-analyses. *Neuropsychology review*, 27(3), 258-283.
- Matthews, N. L., Goldberg, W. A., & Lukowski, A. F. (2013). Theory of mind in children with autism spectrum disorder: Do siblings matter?. *Autism Research*, 6(5), 443-453.
- Phelps, V. R. (1952). Relative index finger length as a sex-influenced trait in man. *American journal of human genetics*, 4(2), 72.
- Saenz, J., & Alexander, G. M. (2013). Digit ratios (2D: 4D), postnatal testosterone and eye contact in toddlers. *Biological psychology*, 94(1), 106-108.

- Schieve, L. A., Tian, L. H., Drews-Botsch, C., Windham, G. C., Newschaffer, C., Daniels, J. L., & Danielle Fallin, M. (2018). Autism spectrum disorder and birth spacing: Findings from the study to explore early development (SEED). *Autism Research, 11*(1), 81-94.
- Shamsi, F., Hosseini, S., Tahamtan, M., & Bayat, M. (2017). Methodology Report: The Impaired Theory of Mind in Autism Spectrum Disorders and the Possible Remediative Role of Transcranial Direct Current Stimulation. *Journal of Advanced Medical Sciences and Applied Technologies, 3*(3), 175-178.
- Sluming, V. A., & Manning, J. T. (2000). Second to fourth digit ratio in elite musicians: Evidence for musical ability as an honest signal of male fitness. *Evolution and Human behavior, 21*(1), 1-9.
- Stepanova, E., Dowling, S., Phelps, M., & Findling, R. L. (2022). Pharmacotherapy of emotional and behavioral symptoms associated with autism spectrum disorder in children and adolescents. *Dialogues in clinical neuroscience.*
- Valla, J. M., & Ceci, S. J. (2011). Can sex differences in science be tied to the long reach of prenatal hormones? Brain organization theory, digit ratio (2D/4D), and sex differences in preferences and cognition. *Perspectives on Psychological Science, 6*(2), 134-146.
- Wang, Y., Wang, H. L., Li, Y. H., Zhu, F. L., Li, S. J., & Ni, H. (2016). Using 2D: 4D digit ratios to determine motor skills in children. *Eur Rev Med PharmacolSci, 20*(5), 806-809.
- Werling, D. M., & Geschwind, D. H. (2013). Sex differences in autism spectrum disorders. *Current opinion in neurology, 26*(2), 146.
- Ypsilanti, A., Ganou, M., Koidou, I., & Grouios, G. (2008). Digit ratio (2D: 4D) in individuals with intellectual disability: Investigating the role of testosterone in the establishment of cerebral lateralisation. *Laterality, 13*(6), 527-544.