

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ 2D:4D ΜΕ ΤΗ ΝΟΗΤΙΚΗ ΥΣΤΕΡΗΣΗ: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Μαρία Γάνου, Αντωνία Υψηλάντη, & Γεώργιος Γρούσιος
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη: Σύμφωνα με το θεωρητικό μοντέλο των Geschwind και Galaburda, έχει διατυπωθεί η υπόθεση ότι υψηλά επίπεδα προγεννητικής τεστοστερόνης οδηγούν στην εμφάνιση ενός άτυπου πρότυπου εγκεφαλικής ασυμμετρίας, το οποίο με τη σειρά του προκαλεί γνωστική δυσλειτουργία τέτοια που ανευρίσκεται σε άτομα με νευροαναπτυξιακές διαταραχές. Άμεσος έλεγχος της παραπάνω υπόθεσης υπήρξε προβληματικός στο παρελθόν λόγω της δυσκολίας που ενέχει η έμμεση μέτρηση της προγεννητικής έκθεσης σε στεροειδείς ορμόνες του φύλου. Σχετικά ερευνητικά δεδομένα υποδηλώνουν ότι ο λόγος ανάμεσα στο μήκος του δεύτερου προς το τέταρτο δάχτυλο (2D:4D) αποτελεί διαφυλικό δίμορφο χαρακτηριστικό στον άνθρωπο (ο μέσος όρος του λόγου 2D:4D είναι χαμηλότερος στους άνδρες από ό,τι στις γυναίκες), διαμορφώνεται νωρίς στην οντογένεση, και σχετίζεται αρνητικά με την προγεννητική τεστοστερόνη. Στην παρούσα μελέτη μετρήσαμε το λόγο 2D:4D σε ενήλικες ($n = 20$, 10 άντρες, 10 γυναίκες) με νοητική υστέρηση άγνωστης ιδιοπαθούς προέλευσης και σε τυπικούς ενήλικες ($n = 20$) εξισωμένων ως προς την ηλικία και το φύλο. Δε βρέθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στο λόγο 2D:4D των δύο ομάδων. Ωστόσο, η ανάλυση διακύμανσης έδειξε στατιστικώς σημαντική την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην ομάδα και στο φύλο. Τα αποτελέσματα του t -test για ανεξάρτητα δείγματα έδειξαν ότι ο λόγος 2D:4D των ανδρών με νοητική υστέρηση ήταν σημαντικά υψηλότερος από εκείνον των ανδρών με τυπική νοητική ανάπτυξη. Στο μέλλον είναι ανάγκη να διασαφηνιστεί αν τα ευρήματα της παρούσας έρευνας αφορούν άτομα με άλλες νευροαναπτυξιακές διαταραχές.

Λέξεις κλειδιά: Λειτουργική εγκεφαλική ασυμμετρία, Λόγος 2D:4D, Νοητική υστέρηση, Τεστοστερόνη.

Διεύθυνση: Μαρία Γάνου, Εργαστήριο Μάθησης και Ελέγχου της Κίνησης, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 541 24 Θεσσαλονίκη. E-mail: ganoum@gmail.com

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δύο ομάδες των γονιδίων Hox, τα Hox a και Hox d, ελέγχουν τόσο τη διαφοροποίηση του ουρογεννητικού συστήματος (και συνεπώς μπορούν να επηρεάσουν έμμεσα την προγεννητική παραγωγή ανδρογόνων από τους όρχεις), όσο και την ανάπτυξη των δαχτύλων των άνω και κάτω άκρων (Kondo, Zakany, Innis, & Duboule, 1997. Mortlock & Innis, 1997). Μεταλλάξεις στο Hox a προκαλούν το σύνδρομο “χέρι-πόδι-γεννητικά όργανα”¹, ενώ μεταλλάξεις στο Hox d προκαλούν συνπολυδακτυλία και γενετικές δυσμορφίες στους άντρες.

Μελέτες στο δεύτερο μισό του 20ού αιώνα (Garn, Burdi, & Babler, 1975. Phelps, 1952), επιβεβαίωσαν προγενέστερες μαρτυρίες (Baker, 1888) για το δίμορφο χαρακτηριστικό (χαρακτηριστικό το οποίο διαφοροποιείται με διχοτομικό τρόπο, παρά το γεγονός ότι ο υποκείμενος γενετικός του καθορισμός είναι πολυγενικός, βλ. Roff, 1994) του λόγου του δεύτερου προς το τέταρτο δάχτυλο (2D:4D) του ανθρώπινου χεριού. Αργότερα, οι Manning et al. (1998) παρατήρησαν ότι το 4ο δάχτυλο στους άνδρες τείνει να είναι μακρύτερο από το 2ο (2D:4D = .98) ενώ στις γυναίκες το 2ο δάχτυλο τείνει να είναι ίσο ή μακρύτερο από το 4ο (2D:4D = 1.00). Η διαφορά αυτή στο μήκος του δεύτερου και τέταρτου δαχτύλου του χεριού ανδρών και γυναικών κάνει την εμφάνισή της από την ηλικία των δύο ετών και δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια της ενήλικης ζωής.

Οι Manning et al. (1998) και οι Lutchmaya, Baron-Cohen, Raggatt, Knickmeyer, και Manning (2004) διερεύνησαν τη σχέση ανάμεσα στην ανάπτυξη των δαχτύλων και τα επίπεδα προγεννητικών ορμονών και βρήκαν ότι το μήκος του 2ου και 4ου δαχτύλου του χεριού επηρεάζεται προγεννητικά από τα επίπεδα τεστοστερόνης και οιστρογόνων της μητέρας. Ειδικότερα, παρατήρησαν ότι ο χαμηλός λόγος 2D:4D στους άνδρες συσχετίζεται με υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης τεστοστερόνης και χαμηλά επίπεδα οιστρογόνων, ενώ ο υψηλός λόγος 2D:4D στις γυναίκες συσχετίζεται με χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης τεστοστερόνης και υψηλά επίπεδα οιστρογόνων.

¹ Σύνδρομο “hand-foot-genital”.

Οι Lutchmaya et al. (2004) εξέτασαν την παραπάνω υπόθεση μελετώντας τη σχέση μεταξύ της εμβρυϊκής τεστοστερόνης και της οιστραδιόλης κατά την προγεννητική περίοδο. Βρέθηκε ότι ο χαμηλός λόγος 2D:4D συσχετιζόταν με υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης εμβρυϊκής τεστοστερόνης και χαμηλά επίπεδα οιστραδιόλης, ενώ ο υψηλός λόγος του 2D:4D συσχετιζόταν με χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης εμβρυϊκής τεστοστερόνης και υψηλά επίπεδα οιστραδιόλης. Τα ευρήματα ενίσχυσαν την υπόθεση της επίδρασης των προγεννητικών στεροειδών ορμονών φύλου στην ανάπτυξη των δαχτύλων.

Η χρήση του λόγου 2D:4D ως πιθανού βιολογικού δείκτη των προγεννητικών επιδράσεων της τεστοστερόνης στον εγκέφαλο, μεταφέρθηκε στο πεδίο έρευνας των διαφορών του φύλου. Οι στεροειδείς ορμόνες του φύλου, και ειδικότερα η τεστοστερόνη, και ο λόγος 2D:4D στο αμνιακό υγρό και του λόγου 2D:4D δύο χρόνια αργότερα, συνδέθηκαν με συμπεριφορικά χαρακτηριστικά όπως η επιθετικότητα (Kuepper & Hennig, 2007), η ελκυστικότητα (Manning & Quinton, 2007), η λειτουργική εγκεφαλική ασυμμετρία (Kallai et al., 2005. Manning, Trivers, Thornhill, & Singh, 2000), συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες (Burton, Henninger, & Hafetz, 2005. Kempel et al., 2005) και νευροαναπτυξιακές διαταραχές του αυτιστικού φάσματος (Knickmeyer & Baron-Cohen, 2006).

Σύμφωνα με το θεωρητικό μοντέλο των Geschwind και Galaburda (1985a, 1985b, 1985c, 1987), υψηλά επίπεδα προγεννητικής τεστοστερόνης, επιβραδύνουν την ανάπτυξη συγκεκριμένων φλοιικών περιοχών του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου και ενθαρρύνουν την ανάπτυξη άλλων του δεξιού εγκεφαλικού ημισφαιρίου. Επιπροσθέτως, ενισχύουν την εμφάνιση ενός άτυπου πρότυπου λειτουργικής εγκεφαλικής ασυμμετρίας, που αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα των ατόμων με νευροαναπτυξιακές διαταραχές.

Οι Manning, Baron-Cohen, Wheelwright, και Sanders (2001) διερεύνησαν το ενδεχόμενο ύπαρξης χαμηλού λόγου 2D:4D σε 72 παιδιά με αυτισμό και 23 με σύνδρομο Asperger. Βρήκαν ότι τα παιδιά με αυτισμό είχαν σημαντικά χαμηλότερο λόγο 2D:4D συγκριτικά με μια ομάδα τυπικώς αναπτυσσόμενων παιδιών, ενώ η ομάδα των παιδιών με σύνδρομο Asperger είχε σημαντικά υψηλότερο λόγο 2D:4D συγκριτικά με την ομάδα των παιδιών με αυτισμό, αλλά χαμηλότερο συγκριτικά με την ομάδα των τυπικώς αναπτυσσόμενων παιδιών. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο λόγος 2D:4D μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αξιόπιστος βιοδείκτης πρόβλεψης του αυτισμού.

Επιπλέον, σε μια άλλη μελέτη, οι Milne, White, Campbell, Swettenham, Hansen, και Ramus (2006) παρουσίασαν παρόμοια ευρήματα. Σύμφωνα με τους ερευνητές αυτούς, η ομάδα των αυτιστικών ατόμων είχε σημαντικά χαμηλότερο λόγο 2D:4D συγκριτικά με την ομάδα των τυπικώς αναπτυσσόμενων ατόμων. Οι δύο ομάδες ήταν εξισωμένες ως προς τη μη λεκτική νοημοσύνη. Σημαντικό στοιχείο, ωστόσο, στη μελέτη αυτή αποτελεί η κατανομή του φύλου του δείγματος (22 άνδρες και μία γυναίκα). Το εύρημά τους, ότι ο λόγος 2D:4D του δείγματός τους ήταν χαμηλότερος από ό,τι εκείνος των τυπικώς αναπτυσσόμενων ατόμων του γενικού πληθυσμού, ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι δε συνυπολόγισαν το λόγο 2D:4D και των δύο φύλων και δεν έλαβαν υπόψη τους τις τεκμηριωμένες διαφυλικές διαφορές στο λόγο 2D:4D (Milne et al., 2006).

Παρά το γεγονός ότι οι προαναφερόμενες μελέτες είναι από τις ελάχιστες, στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία, που συνδέουν το λόγο 2D:4D με τον αυτισμό και το σύνδρομο Asperger, ο λόγος του 2D:4D ως ενδεχόμενος βιοδείκτης πρόβλεψης και άλλων νευροαναπτυξιακών διαταραχών αποτελεί κριτήριο με πολύ σημαντικές θεωρητικές και εφαρμοσμένες προεκτάσεις. Η παρούσα προκαταρκτική μελέτη, η οποία σχεδιάστηκε για τη διερεύνηση του λόγου 2D:4D σε άτομα με νοητική υστέρηση άγνωστης ιδιοπαθούς προέλευσης, αποτελεί μια προέκταση του θεωρητικού πλαισίου των Manning et al. (2001) σε μια διαφορετική νευροαναπτυξιακή διαταραχή. Υποθέσαμε ότι αν ο λόγος 2D:4D συνδέεται με νευροαναπτυξιακές διαταραχές, τότε και τα άτομα με νοητική υστέρηση θα έχουν χαμηλότερο λόγο 2D:4D από ό,τι μια ομάδα τυπικώς αναπτυσσόμενων ατόμων (Υπόθεση 1). Επιπλέον, αναμένεται να επιβεβαιωθεί η διαφυλική διαφορά του λόγου 2D:4D και στις δύο ομάδες, με τους άνδρες να έχουν χαμηλότερο λόγο 2D:4D από ό,τι οι γυναίκες (Υπόθεση 2).

ΜΕΘΟΔΟΣ

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 20 άτομα με ήπια νοητική υστέρηση, 10 άνδρες και 10 γυναίκες (με μέσο όρο ηλικίας 31.2 έτη, *T.A.* = 5.7 έτη) και 20 τυπικώς αναπτυσσόμενα άτομα, 10 άνδρες και 10 γυναίκες (με μέσο όρο ηλικίας 30 έτη, *T.A.* = 1.6 έτη). Η αξιολόγηση της νοημοσύνης των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε με το WISC III (Γεώργας, Παρασκευόπουλος,

Μπεξεβέγκης, & Γιαννίτσας, 1997). Οι συμμετέχοντες με νοητική υστέρηση ήταν μέλη του Κέντρου Δημιουργικής Απασχόλησης Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες του Δήμου Νεάπολης, στη Θεσσαλονίκη, και είχαν πιστοποιημένη διάγνωση νοητικής υστέρησης άγνωστης ιδιοπαθούς προέλευσης από δημόσιο φορέα. Άτομα που αντιμετώπιζαν ορθοπεδικά προβλήματα στην άκρα χείρα, και που η φύση τους δυσχέραινε, επηρέαζε ή απαγόρευε τη μέτρηση του μήκους του 2ου και 4ου δακτύλου, αποκλείστηκαν από την παρούσα μελέτη. Οι τυπικοί ενήλικες φοιτούσαν σε ιδιωτικό κέντρο ελευθέρων σπουδών στη Θεσσαλονίκη.

Εργαλεία

Για τη μέτρηση του μήκους του 2ου και 4ου δακτύλου χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό παχύμετρο τύπου Vernier. Η συγκεκριμένη μέθοδος επιλέχθηκε καθώς θεωρείται η πιο αξιόπιστη έναντι των άλλων δύο μεθόδων που εφαρμόζονται (χρήση φωτοτυπίας και ηλεκτρονικού σαρωτή). Ο λόγος 2D:4D υπολογιζόμενος με τη χρήση φωτοτυπιών παρουσιάζεται μειωμένος σε σύγκριση σε αυτόν που υπολογίζεται από τις απευθείας μετρήσεις με ηλεκτρονικό παχύμετρο (Manning, Fink, Neave, & Caswell, 2005). Ειδικότερα, με τη χρήση φωτοτυπιών το μήκος του 2D είναι μικρότερο ή ίσο με εκείνο που προέρχεται με τις απευθείας μετρήσεις, ενώ το μήκος του 4D είναι μεγαλύτερο ή ίσο με εκείνο που προέρχεται από τις απευθείας μετρήσεις. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και στις μετρήσεις του λόγου 2D:4D δια μέσου ηλεκτρονικού σαρωτή. Οι τιμές του λόγου 2D:4D είναι μεγαλύτερες για τις μετρήσεις με τη χρήση ηλεκτρονικού σαρωτή σε σχέση με τις απευθείας μετρήσεις. Αρκετοί ερευνητές απέδωσαν τις διαφορές αυτές σε εγγενή σφάλματα της μέτρησης του μήκους των δακτύλων μεταξύ των τριών τεχνικών, αλλά και του συσσωρευμένου λίπους στις κορυφές των δακτύλων του χεριού (π.χ., Fink, Manning, Neave, & Tan, 2004).

Διαδικασία

Η εξέταση των ατόμων με νοητική υστέρηση πραγματοποιήθηκε ατομικά στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Δημιουργικής Απασχόλησης Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες του Δήμου Νεάπολης, μετά από γραπτή συγκατάθεση των γονέων ή κηδεμόνων τους και την έγκριση του υπευθύνου του Κέντρου. Αρχικά, όλοι οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για το σκοπό της έρευνας και την προγραμματισμένη διαδικασία. Στη συνέχεια χρησιμο-

ποιήθηκε το WISC III για την αξιολόγηση της νοημοσύνης των συμμετεχόντων. Τα άτομα της πειραματικής ομάδας (ήπια νοητική υστέρηση) παρουσίαζαν δείκτη νοημοσύνης από 55-69. Το μήκος του 2ου και 4ου δαχτύλου μετρήθηκε δύο φορές στο κάθε χέρι από την πλησιέστερη στην παλάμη πτυχή του δαχτύλου ως την κορυφή με τη χρήση του ηλεκτρονικού παχύμετρου. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος του λόγου 2D:4D και των δύο χεριών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS 15.0 για Windows και το G*power. Για τη σύγκριση των ομάδων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με ανεξάρτητες μεταβλητές την ομάδα (νοητική υστέρηση, τυπική ανάπτυξη) και το φύλο (άνδρες, γυναίκες), και το μέσο λόγο 2D:4D των δύο χεριών ως εξαρτημένη μεταβλητή. Η κύρια επίδραση της ομάδας, $F(1, 38) = .948, p > .05$, και του φύλου, $F(1, 38) = 1.305, p > .05$, δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Αντιθέτως, στατιστικώς σημαντική βρέθηκε η αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών, $F(1, 38) = 10.14, p < .01$, μερικό $\eta^2 = .202$.

Για την περαιτέρω διερεύνηση της αλληλεπίδρασης χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο *t*-test για ανεξάρτητα δείγματα με διόρθωση στατιστικής σημαντικότητας Bonferroni στο επίπεδο .01. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στο λόγο 2D/4D των ανδρών με νοητική υστέρηση και των τυπικών ανδρών, $t(20) = 2.28, p < .01$, Cohen's $d = .18$. Συγκεκριμένα, ο λόγος 2D:4D των ανδρών με νοητική υστέρηση ($M.O. = .98, T.A. = .03$) ήταν σημαντικά υψηλότερος από εκείνον των τυπικώς αναπτυσσόμενων ανδρών ($M.O. = .94, T.A. = .02$) (βλ. Πίνακα 1).

Πίνακας 1. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των λόγων του 2D:4D των δύο ομάδων

Ομάδες	Φύλο					
	Ανδρες		Γυναίκες		Σύνολο	
	M.O.	T.A.	M.O.	T.A.	M.O.	T.A.
Τυπικώς αναπτυσσόμενα άτομα	.945	.029	.975	.018	.962	.030
Άτομα με ήπια νοητική υστέρηση	.981	.294	.963	.030	.972	.030

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε ο λόγος 2D:4D σε μια ομάδα ενηλίκων με ήπια νοητική υστέρηση άγνωστης ιδιοπαθούς προέλευσης και σε μια ομάδα τυπικών ενηλίκων. Η πρώτη ερευνητική υπόθεση δεν επιβεβαιώθηκε καθώς οι συμμετέχοντες με νοητική υστέρηση δεν είχαν χαμηλότερο λόγο 2D:4D συγκριτικά με τα τυπικώς αναπτυσσόμενα άτομα. Ως προς τη δεύτερη ερευνητική υπόθεση, η αναμενόμενη διαφορά στο λόγο 2D:4D μεταξύ ανδρών και γυναικών παρατηρήθηκε μόνο στην ομάδα των τυπικών ενηλίκων. Ειδικότερα, οι άνδρες με νοητική υστέρηση, σε αντίθεση με τους τυπικώς αναπτυσσόμενους άνδρες, επέδειξαν ένα “θηλυκό πρότυπο αναλογίας” του λόγου 2D:4D (μακρύτερο 2ο δάκτυλο από το 4ο).

Αν αποδεχτούμε ότι ο λόγος του 2D:4D αποτελεί όντως έναν έγκυρο δείκτη έκθεσης του ατόμου σε προγεννητική τεστοστερόνη, τότε τα δεδομένα της παρούσας έρευνας καταδεικνύουν ότι οι άνδρες με νοητική υστέρηση εκτέθηκαν προγεννητικά σε χαμηλότερα επίπεδα τεστοστερόνης από ότι οι τυπικοί άνδρες. Ωστόσο, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας το ρόλο της δραστηριότητας των υποδοχέων των ανδρογόνων (AR). Υπάρχει ένας σημαντικός πολυμορφισμός του γονιδίου του υποδοχέα των ανδρογόνων αναφορικά με τον αριθμό των νουκλεοτιδικών CAG επαναλήψεων που εμφανίζονται στο αμινοτελικό άκρο του γονιδίου (Manning, Bundred, & Flanagan, 2002). Ο αριθμός των CAG επαναλήψεων εμφανίζει αντιστρόφως ανάλογη σχέση με την ευαισθησία στην τεστοστερόνη του γονιδίου AR. Ο μικρός αριθμός των CAG επαναλήψεων σχετίζεται με αυξημένη ευαισθησία στην τεστοστερόνη ενώ ο μεγάλος αριθμός με μειωμένη ευαισθησία στην τεστοστερόνη. Οι Manning, Bundred, Newton, και Flanagan, (2003) διερεύνησαν τη σχέση του αριθμού των CAG επαναλήψεων με το λόγο 2D:4D σε 50 ενήλικες άνδρες. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με τα αποτελέσματα των Manning και των συνεργατών του (2003), οι οποίοι βρήκαν ότι οι άνδρες με μεγάλο αριθμό CAG επαναλήψεων στο γονίδιο του υποδοχέα των ανδρογόνων είχαν υψηλότερο λόγο 2D:4D εξαιτίας της μειωμένης ευαισθησίας των υποδοχέων των ανδρογόνων στην τεστοστερόνη (Manning et al., 2002).

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας έρχονται σε αντίθεση με το θεωρητικό μοντέλο των Geschwind και Galaburda (1985a) που υποστηρίζει ότι τα άτομα με νευροαναπτυξιακές διαταραχές έχουν εκτεθεί σε υψηλά επίπεδα τεστοστερόνης προγεννητικά, τα οποία ενισχύουν την εμφάνιση ενός άτυπου προτύπου λειτουργικής εγκεφαλικής ασυμμετρίας. Επιπλέον,

τα αποτελέσματά μας έρχονται σε αντίθεση με τα ευρήματα των Manning, Trivers, Thornhill, και Singh (2000), οι οποίοι βρήκαν ότι ο λόγος του 2D:4D στην ομάδα των παιδιών με αυτισμό (συναφή νευροαναπτυξιακή διαταραχή) ήταν χαμηλότερος από εκείνον μιας ομάδας ελέγχου.

Μια πιθανή ερμηνεία της ασυμφωνίας μεταξύ των ευρημάτων της παρούσας έρευνας από τις προηγούμενες συνδέεται με τη σύγκριση αποτελεσμάτων που προέρχονται από ομάδες ατόμων με διαφορετικές νευροαναπτυξιακές διαταραχές (π.χ., άτομα με αυτισμό/σύνδρομο Asperger και άτομα με νοητική υστέρηση). Ο αυτισμός όπως και η νοητική υστέρηση είναι χρόνιες, σοβαρές νευροαναπτυξιακές διαταραχές. Ενδεχομένως, το διαφορετικό νευροβιολογικό υπόστρωμα των προαναφερόμενων νευροαναπτυξιακών διαταραχών να είναι η αιτία για την ασυμφωνία των αποτελεσμάτων μας με εκείνα των Manning και των συνεργατών του (2000). Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται ότι οι εγκεφαλικές δυσλειτουργίες που συνδέονται με τον αυτισμό μπορεί να είναι αποτέλεσμα των αυξημένων επιπέδων τεστοστερόνης (Baron-Cohen & Hammer, 1997), γεγονός που συνδέεται με τη διαφορετική συχνότητα εμφάνισης του συνδρόμου σε αγόρια και κορίτσια (4:1) (Wing, 1981). Αντίθετα, τα επίπεδα της τεστοστερόνης δεν έχουν εμπλακεί στην αιτιολογία της νοητικής υστέρησης. Επομένως, ο λόγος 2D:4D μπορεί να αποτελεί αξιόπιστο δείκτη προγεννητικής τεστοστερόνης σε άτομα με αυτισμό, αλλά όχι απαραίτητα αξιόπιστο δείκτη άτυπης λειτουργικής εγκεφαλικής ασυμμετρίας σε άτομα με νοητική υστέρηση.

Συνοψίζοντας, από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας προκύπτει ότι το ενδομήτριο ορμονικό περιβάλλον και συγκεκριμένα τα επίπεδα τεστοστερόνης, όπως αυτά αντανakλώνται στο λόγο 2D:4D, δεν αποτελούν αξιόπιστο βιοδείκτη της εμφάνισης της άτυπης εγκεφαλικής ασυμμετρίας σε άτομα με νοητική υστέρηση. Εναλλακτικά, ο λόγος του 2D:4D μπορεί να αποτελεί βιοδείκτη προγεννητικής τεστοστερόνης για ορισμένες μόνο νευροαναπτυξιακές διαταραχές (π.χ., αυτισμό). Τέλος, ενδέχεται τα επίπεδα της προγεννητικής τεστοστερόνης να καθορίζουν πράγματι το λόγο του 2D:4D, όμως να μη συσχετίζονται με τα επίπεδα τεστοστερόνης που επιδρούν στο άτομο κατά τη διάρκεια της εφηβείας ή/και της ενήλικης ζωής του.

Καταλήγοντας, ενώ τα επίπεδα της τεστοστερόνης κατά την εμβρυϊκή ανάπτυξη εικάζεται ότι εμπλέκονται στην αιτιολογία της άτυπης εγκεφαλικής λειτουργικής ασυμμετρίας στα άτομα με νοητική υστέρηση, ο ρόλος του λόγου του 2D:4D ως βιοδείκτη των επιπέδων αυτών δε διαφαίνεται

αξιόπιστος. Αναμένεται να καθοριστεί αν και κατά πόσο ο υψηλός λόγος που παρατηρήθηκε στους άντρες με νοητική υστέρηση στην παρούσα εργασία εντοπίζεται και σε μεγαλύτερο δείγμα ατόμων με νοητική υστέρηση, σε διαφορετικούς βαθμούς νοητικής υστέρησης ή ακόμη σε άτομα με νοητική υστέρηση γενετικής προέλευσης (π.χ., σύνδρομο Down) ή σε άτομα με άλλες νευροαναπτυξιακές διαταραχές. Μελλοντικές έρευνες θα ήταν σκόπιμο, επίσης, να εστιάσουν σε μια πιο άμεση μέτρηση των επιπέδων των στεροειδών ορμονών φύλου προγεννητικά (π.χ., προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ορμονών στο αμνιακό υγρό) έτσι ώστε να διασαφηνίσουν επαρκέστερα την επίδραση της εμβρυϊκής τεστοστερόνης στην ανάπτυξη της εγκεφαλικής λειτουργικής ασυμμετρίας στα άτομα με νοητική υστέρηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andersson, A. M., Carlsen, E., Petersen, J. H., & Skakkebaek, N. E. (2003). Variation in levels of serum inhibin B, testosterone, estradiol, luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, and sex hormone-binding globulin in monthly samples from healthy men during a 17-month period: Possible effects of seasons. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 88, 932-937.
- Baker, F. (1888). Anthropological notes on the human hand. *American Anthropologist*, 1, 51-76.
- Baron-Cohen, S., & Hammer, J. (1997). Is autism an extreme form of the male brain? *Advances in Infancy Research*, 11, 193-217.
- Burton, L. A., Henninger, D., & Hafetz, J. (2005). Gender differences in relations of mental rotation, verbal fluency and SAT Scores to finger length ratios as hormonal indexes. *Developmental Neuropsychology*, 28, 493-505.
- Γεώργας, Δ., Παρασκευόπουλος, Ι., Μπεξεβέγκης, Η., & Γιαννίτσας, Ν. Δ. (1997). *Ελληνικό WISC-III: Wechsler Κλίμακα Νοημοσύνης για Παιδιά*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- El-Migdadi, F., Nusier, M., & Bashir, N. (2000). Seasonal pattern of luteinizing, follicle-stimulating hormone, testosterone and progesterone in adult population of both sexes in the Jordan Valley. *Endocrinology Research*, 26, 41-48.
- Fink, B., Manning, J. T., Neave, N., & Tan, U. (2004). Second to fourth digit ratio and hand skill in Austrian children. *Biological Psychology*, 67, 375-384.
- Garn, S. M., Burdi, A. R., & Babler, W. J. (1975). Early prenatal attainment of adult metacarpal-phalangeal rankings and proportions. *American Journal of Physical Anthropology*, 43, 327-332.
- Geschwind, N., & Behan, E. (1982). Left-handedness: Association with immune disease, migraine, and developmental learning disorder. *Proceedings of the National Academy of Science*, 79, 5097-5100.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1985a). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology*, 42, 428-459.

- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1985b). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology: II. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology*, *42*, 521-552.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1985c). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology: III. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology*, *42*, 634-654.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. S. (1987). *Cerebral lateralization*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kallai, J., Csathó, A., Kövér, F., Makány, T., Nemes, J., Horváth, K., Kovács, N., Manning, J. T., Nadel, L., & Nagy, F. (2005). MRI-assessed volume of left and right hippocampi in females correlates with the relative length of the second and fourth fingers (the 2D:4D ratio). *Psychiatry Research: Neuroimaging*, *140*, 199-210.
- Kempel, P., Gohlke, B., Klempau, J., Zinsberger, P., Reuter, M., & Hennig, J. (2005). Second-to-fourth digit length, testosterone and spatial ability. *Intelligence*, *33*, 215-230.
- Knickmeyer, C. R., & Baron-Cohen, S. (2006). Topical review: Fetal testosterone and sex differences in typical social development and autism. *Journal of Child Neurology*, *21*(10), 825-845.
- Kondo, T., Zakany, J., Innis, J. W., & Duboule, D. (1997). Of fingers, toes and penises. *Nature*, *390*, 185-198.
- Kuepper, Y., & Hennig, J. (2007). Behavioral aggression is associated with the 2D:4D ratio in men but not in women. *Journal of Individual Differences*, *28*, 64-72.
- Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., Knickmeyer, R., & Manning, J. T. (2004). 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Human Development*, *77*, 23-28.
- Meriggiola, M. C., Noonan, E. A., Paulsen, C. A., & Bremner, W. J. (1996). Annual patterns of luteinizing hormone, follicle stimulating hormone, testosterone and inhibin in normal men. *Human Reproduction*, *11*, 248-252.
- Milne, E., White, S., Campbell, R., Swettenham, J., Hansen, P., & Ramus, F. (2006). Motion and form coherence detection in autistic spectrum disorder: Relationship to motor control and 2:4 digit ratio. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *36*, 225-237.
- Mortlock, D. P., & Innis, J. W. (1997). Mutation of Hoxa 13 in hand-foot-genital syndrome. *Nature Genetics*, *15*, 179-180.
- 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*, *13*, 3000-3004.
- Manning, J. T., Trivers, R. L., Thornhill, R., & Singh, D. (2000). The 2nd: 4th digit ratio and asymmetry of hand performance in Jamaican children. *Laterality*, *5*, 121-132.
- 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*, 160-164.
- Manning, J. T., Bundred, P. E., & Flanagan, B. F. (2002). The ratio of 2nd to 4th digit length: A proxy of transactivation activity of the androgen receptor gene? *Medical Hypotheses*, *59*, 334-336.
- Manning, J. T., Bundred, P. E., Newton, D. J., & Flanagan, B. F. (2003). The second to fourth digit ratio and variation in the androgen receptor gene. *Evolution and Human Behavior*, *24*, 399-405.

- Manning, J. T., Fink, B. F., Neave, N., & Caswell, N. (2005). Photocopies yield lower digit ratios (2D:4D) than direct finger measurements. *Archives of Sexual Behavior, 34*, 329-333.
- Manning, J. T., & Quinton, S. (2007). Association of digit ratio (2D:4D) with self-reported attractiveness in men and women evidence from the BBC internet survey. *Journal of Individual Differences, 28*, 73-77.
- Phelps, V. R. (1952). Relative index finger length as a sex-influenced trait in man. *American Journal of Human Genetics, 4*, 72-89.
- Roff, D. A. (1994). The evolution of dimorphic traits: Predicting the genetic correlation between environments. *Genetics, 136*, 395-401.
- Smals, A. G., Kloppenborg, P. W., & Benraad, T. J. (1976). Circannual cycle in plasma testosterone levels in man. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 42*, 979-982.
- Valero-Politi, J., & Fuentes-Arderiu, X. (1998). Annual rhythmic variations of follitropin, lutropin, testosterone and sex-hormone-binding globulin in men. *Clinica Chimica Acta, 271*, 57-71.
- Weschler, D. (1981). *Manual for the Weschler Adult Intelligence Scale—Revised*. New York: The Psychological Corporation.
- Wing, L. (1981). Asperger syndrome: A clinical account. *Psychological Medicine, 11*, 115-130.

INVESTIGATING THE RELATIONSHIP OF THE RATIO 2D:4D WITH MENTAL RETARDATION: A PILOT STUDY

Maria Ganou, Antonia Ypsilanti, & George Grouios
Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Abstract: According to Geschwind and Galaburda's theoretical model, it has been hypothesized that high levels of testosterone in the fetus may cause abnormal cerebral asymmetry, which in turn causes cognitive dysfunction as the one found in individuals with neurodevelopmental disorders. A direct test of the above hypothesis has been problematic in the past because of the difficulty to indirectly assess prenatal sex steroid exposure. Relevant evidence suggests that the ratio between the length of the 2nd and 4th digits (2D:4D) is a sexually dimorphic human characteristic (mean 2D:4D is lower in males than in females), is established early during ontogeny, and is negatively related to prenatal testosterone. In the present study we measured the ratio 2D:4D in mentally retarded adults ($n = 20$, 10 males, 10 females) of unknown idiopathic origin and a group of age- and gender-matched typical adults ($n = 20$). No significant difference in the 2D:4D ratio was found between the two groups. However, the analysis of variance documented a significant interaction between group and gender. Independent samples *t*-test revealed that the 2D:4D ratio in the mentally retarded males was significantly higher compared to that of typical males. In the future, it is necessary to establish whether the data of the present study are replicated in individuals with other neurodevelopmental disorders.

Key words: Functional cerebral asymmetry, Mental retardation, Testosterone, 2D:4D ratio.

Address: Maria Ganou, Laboratory for the Motion Learning and Control, Department of Physical Education and Sport Sciences, Aristotle University of Thessaloniki, 541 24 Thessaloniki, Greece. E-mail: ganoum@gmail.com