ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Παιδαγωγικός Λόγος

Τόμ. 27, Αρ. 1 (2021)

Περί Χαρισματικότητος

Ο Ρόλος των Βιολογικών και Γενετικών Παραγόντων στο Επίπεδο της Ευφυΐας

Βασιλική Ντόφη, Καλομοίρα Νιαστή, Αλέξανδρος-Σταμάτιος Αντωνίου

doi: 10.12681/plogos.27909

Copyright © 2021, Βασιλική Ντόφη, Καλομοίρα Νιαστή, Αλέξανδρος-Σταμάτιος Αντωνίου

Άδεια χρήσης Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0.

Βιβλιογραφική αναφορά:

Ντόφη Β., Νιαστή Κ., & Αντωνίου Α.-Σ. (2021). Ο Ρόλος των Βιολογικών και Γενετικών Παραγόντων στο Επίπεδο της Ευφυΐας. *Παιδαγωγικός Λόγος*, *27*(1), 57–81. https://doi.org/10.12681/plogos.27909

Βασιλική Ντοφη
Καλομοίρα Νιαστη
Αλέξανδρος-Σταμάτιος Αντωνιου

Ο Ρόλος των Βιολογικών και Γενετικών Παραγόντων στο Επίπεδο της Ευφυΐας

doi:https://doi.org/10.12681/plogos.27909

Η Νοημοσυνη Οριζεται Ευρεως ως η Γενικη Νοητικη Ικανοτητα του ατόμου για λογική σκέψη, επίλυση προβλημάτων και μάθηση (Plomin & von Stumm, 2018). Αν και η νοημοσύνη βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος της επιστημονικής κοινότητας ήδη από τις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα, διάφοροι ερευνητές έχουν δώσει διαφορετικούς ορισμούς. Ανάμεσα στους πιο σημαίνοντες, οι Binet και Simon (1916) όρισαν την νοημοσύνη ως τη θεμελιώδη ικανότητα που χαρακτηρίζεται από τη λογική κρίση, την πρακτική άποψη, την πρωτοβουλία και την ικανότητα προσαρμογής σε διαφορετικές συνθήκες. Αργότερα ο Wechsler (1958) επεσήμανε την ικανότητα του ανθρώπου να ενεργεί σκόπιμα, να σκέφτεται λογικά και να προσαρμόζεται κατάλληλα στις εκάστοτε απαιτήσεις του κοινωνικού και φυσικού περιβάλλοντος που τον περιστοιχίζει. Ο Gardner (1983) στη δημοσίευσή του "Frames of Mind" εισήγαγε την έννοια της πολλαπλής νοημοσύνης και όρισε επτά είδη νοημοσύνης για να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές να κατανοήσουν τις δυνάμεις των ατόμων που εκτείνονται σε όλο το φάσμα λειτουργίας τους: τη γλωσσικολεκτική, τη λογικομαθηματική, τη μουσική, τη σωματική ή κιναισθητική, τη χωρική, την ενδοπροσωπική και τη διαπροσωπική ή κοινωνική νοημοσύνη.

Όπως φαίνεται στη βιβλιογραφία, αν και διαφορετικοί, οι ορισμοί της νοημοσύνης συγκλίνουν γύρω από παρόμοιες έννοιες. Η νοημοσύνη αφενός αποβλέπει στην προσαρμογή του ατόμου στο περιβάλλον και αφετέρου είναι μια γενική και περίπλοκη λειτουργία που έχει σχέση με τη συνολική ανάπτυξη του ψυχοσωματικού μηχανισμού του ατόμου, με την ε-

πίδραση πολιτιστικών, φυσικών και κοινωνικών παραγόντων. Έχουμε, λοιπόν, να κάνουμε με μία πολυδιάστατη έννοια που ενέχει πολλαπλές γνωστικές λειτουργίες και φαίνεται να επηρεάζεται τόσο από βιολογικούς όσο και από περιβαλλοντικούς-πολιτισμικούς παράγοντες. Εξαιτίας της γενικής φύσης της νοημοσύνης είναι εξαιρετικά δύσκολη η μελέτη και ο καθορισμός των παραγόντων που την επηρεάζουν.

Η παρούσα ανασκόπηση εστιάζει στους γενετικούς και βιολογικούς παράγοντες που φαίνεται να καθορίζουν μέρος της νοημοσύνης σε μια προσπάθεια βαθύτερης κατανόησης των παραγόντων που διέπουν τις γνωστικές λειτουργίες της νοημοσύνης. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η γενετική βάση της νοημοσύνης μέσα από μοριακές-γονιδιακές μελέτες και μελέτες κληρονομικότητας, καθώς και η ανατομία και λειτουργία συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφάλου και η αποτελεσματικότητα της λειτουργίας αυτών.

Ιστορική αναδρομή των θεωριών της Νοημοσύνης

Πριν τις εισηγήσεις του Alfred Binet, ο νους θεωρείτο μία μηχανή και η νοημοσύνη ως η μηχανική διαδικασία που μετριέται από την ταχύτητα της σωματικής αντίδρασης και από την ακουστική και οπτική ικανότητα αντίληψης. Τη δεκαετία του 1880, ο Alfred Binet στο Παρίσι κατασκευάζει τεστ για την αναγνώριση των χαμηλών σε επίδοση μαθητών (Binet & Simon, 1916). Η κλίμακα περιλαμβάνει τον ορισμό λέξεων, την επανάληψη ακολουθιών από ψηφία ή λέξεις, την επίλυση προβλημάτων, την αναπαραγωγή σχεδίων και προτύπων και την εύρεση της κύριας ιδέας με γλωσσολογικές ασκήσεις. Το 1904, ο Spearman διατυπώνει τον γενικό νοητικό παράγοντα (g). Λίγο αργότερα, το 1911, ο Henry Goddard δηλώνει ότι ο δείκτης νοημοσύνης καθορίζεται μόνο από την κληρονομικότητα και τα τεστ νοημοσύνης μετρούν το γενικό νοητικό παράγοντα. Ο Lewis Terman (1925) αναπτύσσει τα τεστ νοημοσύνης Stanford-Binet και ορίζει τον δείκτη νοημοσύνης (IQ = Intelligence Quotient) και τις νόρμες της ηλικίας και του επιπέδου. Η χρονολογική ηλικία αποτελεί μέτρο μέσω του οποίου μπορούμε να συγκρίνουμε τα επιτεύγματα των ατόμων και να αποφανθούμε για τη φυσική τους ικανότητα.

Το 1923, νοημοσύνη θεωρείται αυτό που τα νοητικά τεστ εξετάζουν. Το τεστ των Κύριων Νοητικών Ικανοτήτων του Thurstone (Mental Abilities Test- PMAT) (1938) μετρά τη λεξιλογική ευφράδεια, τη λεκτική κατανόηση, τη χωρική οπτικοποίηση, την ταχύτητα αντίληψης, τη

μνήμη και τη συλλογιστική ικανότητα. Ενώ υπάρχει ο γενικός νοητικός παράγοντας, υπάρχει και η συμβολή ξεχωριστών ικανοτήτων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Το 1945 το Army Alpha Test χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει το προσωπικό στον στρατό, ώστε τα άτομα να προωθούνται σε κατάλληλες επαγγελματικές θέσεις.

Τη δεκαετία του 1960, η έννοια της τυπικής απόκλισης του δείκτη νοημοσύνης βασίζεται στη φυσική κατανομή (μέσος όρος=100, τυπική απόκλιση=15) (Reich, 1977), και λίγο αργότερα, το 1967 ο Guilford παρουσιάζει τη Δομή της Νοημοσύνης που με τη χρήση της ανάλυσης παραγόντων περιλαμβάνει 120 ξεχωριστές νοητικές ικανότητες. Σύγχρονες στατιστικές μέθοδοι, όπως η ανάλυση διακύμανσης, επιτρέπουν να αναγνωριστούν συστάδες συσχετίσεων μεταξύ των ικανοτήτων. Το 1983, η θεωρία της Πολλαπλής Νοημοσύνης του Gardner περιλαμβάνει τα εξής είδη νοημοσύνης: τη γλωσσική, τη λογικο-μαθηματική, τη χωρική, την κιναισθητική, τη μουσική, την ενδοπροσωπική και τη διαπροσωπική. Τέλος, το 1984 ο Sternberg διατυπώνει το Τριαρχικό Μοντέλο της Νοημοσύνης: γνώση, επίδοση, μετα-γνώση. Εκτός των διαφορών στη μάθηση (γνώση) και στη σκέψη (επίδοση) υπάρχει μία ικανότητα της «σκέψης ως προς τη σκέψη» και της αυτορύθμισης της νοητικής διαδικασίας.

Γενετικοί Παράγοντες

Η αντίληψη ότι κάθε άνθρωπος γεννιέται διαφορετικός γεννήθηκε τουλάχιστον δύο χιλιάδες χρόνια πριν, από την εποχή της Πολιτείας του Πλάτωνα, και έκτοτε ο ρόλος των γονιδίων στα επίπεδα της νοημοσύνης, όχι μόνο δεν αμφισβητείται, αλλά διαπιστώνεται με τεστ νοημοσύνης/δοκιμασίες γνωστικής ικανότητας μεταξύ ανθρώπων με κοινά γονίδια.

Είναι ευρέως αποδεκτό στους κόλπους της επιστημονικής κοινότητας ότι οι ατομικές διαφορές στα ψυχολογικά χαρακτηριστικά καθορίζονται από γενετικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις. Ως γονότυπος ορίζεται ολόκληρη η γενετική κατασκευή ενός ατόμου, δηλαδή το σύνολο των γονιδίων που περιέχονται σε κάθε κύτταρό του. Από την άλλη πλευρά, η έκφραση του γονότυπου, δηλαδή η εκδήλωση όλων εκείνων των χαρακτήρων που περιέχονται κωδικοποιημένοι στα γονίδια αποτελεί τον φαινότυπο (Brookes & Robinson, 2015).

Η κληρονομικότητα της νοημοσύνης αυξάνεται επίσης με την ηλικία, καθώς τα ποσοστά εκτιμάται ότι κυμαίνονται από 20% στην παιδική ηλικία μέχρι και 60%-80% στην ενήλικη ζωή (Plomin, DeFries, Knopik &

Neiderhiser, 2016). Άλλωστε καθώς μεγαλώνουμε, ο φαινότυπος μας αντανακλά το γονότυπο πιο στενά. Ορισμένα γονίδια δεν έχουν ενεργοποιηθεί μέχρι την εφηβεία ή την ενήλικη ζωή αλλά μια πιο εύλογη εξήγηση για τις αλλαγές που σχετίζονται με την ηλικία στην κληρονομικότητα μπορεί να είναι οι συσχετίσεις γονιδίων και περιβάλλοντος. Αρκετοί ερευνητές έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα πως οι γενετικοί παράγοντες καθορίζουν το 40% περίπου της ακαδημαϊκής και γνωστικής ανάπτυξης των ανθρώπων (Branigan, McCallum & Freese 2013. Herd et al., 2019).

Ο ρόλος της κληρονομικότητας και των γονιδίων στη νοημοσύνη-Μελέτες διδύμων

Ο συντελεστής κληρονομησιμότητας (heritability coefficient) είναι ο στατιστικός δείκτης, ο οποίος περιγράφει την αναλογία της διαφοράς που παρατηρείται ανάμεσα στις επιδόσεις των ατόμων, και οι οποίες μπορούν να αποδοθούν στις διαφορές της γενετικής τους κατασκευής (Hill et al., 2018). Η κληρονομησιμότητα των χαρακτηριστικών υπολογίζεται γενικά βάσει ποσοτικών γενετικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται συνήθως στις κοινωνικές επιστήμες.

Ήδη από τη δεκαετία του 1980, διαπιστώθηκε πως οι πρώτου βαθμού συγγενείς που περιλαμβάνουν γονείς, τα παιδιά τους και τους συγγενείς τους σχετίζονται γενετικά σε ποσοστό 50% ως προς το γενικό νοητικό παράγοντα g. Επίσης, σε 1.017 ζεύγη συγγενών πρώτου βαθμού που υιοθετήθηκαν σε χωριστές οικογένειες, η μέση συσχέτιση με τον γενικό νοητικό παράγοντα g είναι 0,22, συμπεραίνοντας ότι οι γενετικοί παράγοντες ερμηνεύουν το μισό της συσχέτισης με τον παράγοντα g. Για υιοθετημένους γονείς και τα υιοθετημένα παιδιά τους η μέση συσχέτιση με το g είναι 0,23, ενώ σε συγγενείς πρώτου βαθμού που έχουν το ίδιο περιβάλλον η συσχέτιση είναι 0,45 (Bouchard & McGue, 1981). Βλέπουμε ωστόσο ότι αν και υπάρχει στατιστικά σημαντική συνάφεια αναφορικά με τους γενετικούς παράγοντες, το κοινό περιβάλλον φαίνεται να παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη νοημοσύνη (Deary, Cox & Hill, 2021). Εντούτοις, μελέτες συσχετίσεων δε συνεπάγονται σχέση αιτίας-αιτιατού.

Ενώ οι μελέτες σε διδύμους συνεχίζουν να αποτελούν ένα ισχυρό και άκρως κατατοπιστικό σημείο στη βιβλιογραφία δε λείπουν οι κριτικές σε αυτού του είδους τη μέθοδο. Μια βασική παραδοχή είναι ότι οι μονοζυγωτικοί δίδυμοι είναι γενετικά πανομοιότυποι και ότι φαινοτυπικές διαφορές τους οφείλονται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οι σωματικές μεταλλάξεις θεωρούνταν πάντα ως μία πιθανή πηγή των διαφορών μετα-

ξύ των μονοζυγωτικών διδύμων, αλλά λόγω της σπάνιας εμφάνισής τους, δεν έχουν μελετηθεί αρκετά. Μια μελέτη των διαφορών του αριθμού αντιγραφών σε σωματικά κύτταρα αποδεικνύει ότι μπορεί να είναι πιο συχνές σε σχέση με αυτό που θεωρείτο παλαιότερα (Bruder et al., 2008).

Σε πρόσφατη μελέτη των Nikolašević και συνεργατών (2021), όπου αξιολογήθηκε η γενική γνωστική ικανότητα σε 134 ζεύγη μονοζυγωτικών διδύμων, διαπιστώθηκε πως η συσχέτιση μεταξύ νοημοσύνης και γενετικών παραγόντων είναι 0,52, ενώ η συσχέτιση μεταξύ νοημοσύνης και περιβαλλοντικών παραγόντων είναι 0,13, αποδεικνύοντας και πάλι την ισχυρή επίδραση των γενετικών παραγόντων στην εξέλιξη της νοημοσύνης.

Δεκαετίες πριν οι ερευνητές κατέδειξαν ότι, αν και η κληρονομησιμότητα ήταν υψηλή (περίπου 48%), το εμβρυϊκό περιβάλλον αντιπροσώπευε το 20% της συσχέτισης πληροφοριών μεταξύ πανομοιότυπων διδύμων και για το 5% της συσχέτισης μεταξύ των μη διδύμων αδελφιών που μοιράζονται την ίδια μήτρα διαδοχικά. Ένα κοινό σημείο κριτικής της ερευνητικής μεθόδου σε διδύμους είναι ότι μια σημαντική αναλογία των μονοζυγωτικών διδύμων είναι μονοχοριακά, παρά διχοριακά (Prescott et al.,1999). Αυτό σημαίνει ότι μοιράζονται τον ίδιο πλακούντα κατά τη διάρκεια της κύησης επιτρέποντας έτσι στα δίδυμα την ανταλλαγή του αίματος και όλων των βιολογικών παραγόντων που μπορεί να επηρεάζουν (ορμόνες, κλπ). Η υπόθεση των επικριτών είναι ότι οι μονοχοριακοί δίδυμοι μπορεί να έχουν περισσότερες ομοιότητες λόγω των προγεννητικών περιβαλλοντικών επιρροών και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση της γενετικής επιρροής.

Σύμφωνα με έρευνα των Bouchard και συνεργατών (1990) σε 48 πανομοιότυπα ζεύγη διδύμων, τα οποία χωρίστηκαν σε νηπιακή ηλικία και μεγάλωσαν χωριστά, βρέθηκαν εξαιρετικά υψηλοί συσχετισμοί μεταξύ τους σε ότι αφορά τη λεκτική αξιολόγηση βάσει WAIS (0.64) και για την πρώτη κύρια συνιστώσα των ειδικών νοητικών ικανοτήτων (0.78). Παρομοίως, οι συσχετίσεις σε άλλες τρεις μετρήσεις της νοημοσύνης κινήθηκαν μεταξύ αυτών των αποτελεσμάτων. Η συσχέτιση μεταξύ των βαθμολογιών σε πανομοιότυπα ζεύγη διδύμων που χωρίστηκαν και μεγάλωσαν ξεχωριστά μετρά άμεσα την κληρονομησιμότητα, εφόσον τα δίδυμα είχαν ελάχιστη επαφή και δεν υιοθετήθηκαν από παρόμοια σπίτια. Πρόσφατη έρευνα μελετώντας ζεύγη ενηλίκων διδύμων που μεγάλωσαν σε διαφορετικά οικογενειακά πλαίσια και έλαβαν την απαραίτητη εκπαίδευση ή υπήρχε αποστέρηση αυτής κατά τη διάρκεια της ζωής τους, αξιολογώντας τόσο τις λεκτικές όσο και τις πρακτικές ικανότητές τους, συμπέραναν πως η εξέλιξη της νοημοσύνης επηρεάζεται σε ένα ποσοστό 50-

70% από γενετικούς παράγοντες και πως ο χρόνος στον οποίο η πλειοψηφία των συμμετεχόντων ολοκλήρωσε τις δραστηριότητες των τεστ ήταν σχεδόν ίδιος, με πολύ ελάχιστη απόκλιση (Segal, Montoya & Becker, 2018).

Ο ρόλος των γονιδίων στη γνωστική λειτουργία
(Μοριακές μελέτες γονιδίων)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η κληρονομησιμότητα του παράγοντα g της νοημοσύνης είναι ουσιώδης. Στην τρέχουσα βιβλιογραφία έχει προταθεί πληθώρα υποψήφιων γονιδίων που να συνδέονται με τις διατομικές διαφορές στη νοημοσύνη. Αν και τα περισσότερα αποτελέσματα των ερευνών έχουν παρουσιάσει στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα καταδεικνύοντας συγκεκριμένα γονίδια, εντούτοις οι ερευνητές δεν έχουν καταφέρει να επαναλάβουν τα αποτελέσματα σε μελέτες με αρκετά μεγάλο δείγμα, με επαρκή συστοιχία γνωστικών δοκιμασιών και τις ίδιες γενετικές μεταβλητές (Goriounova & Mansvelder, 2019).

Αναμφισβήτητα, η Απολιποπρωτεΐνη Ε (ApoE) και ειδικότερα το αλληλόμορφο ε4 φαίνεται να σχετίζεται με γνωστικές και γλωσσικές λειτουργίες του εγκεφάλου (Zhong et al., 2018). Πιο συγκεκριμένα, η ApoE είναι μια πρωτεΐνη που παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του μεταβολισμού των λιπιδίων τόσο στο περιφερειακό όσο και στο κεντρικό νευρικό σύστημα (Mahley, 2016). Το αλληλόμορφο ε4 έχει συσχετισθεί πολλαπλές φορές με την απώλεια γνωστικής ικανότητας σε άτομα που υποφέρουν από τη νόσο Altzheimer μέσα από ψυχομετρικές αξιολογήσεις δείγματος ασθενών και υγιών συμμετεχόντων (Bussy et al., 2019). Ο φαινότυπος της ApoE έχει ερευνηθεί αναφορικά με την επίδοση σε ποικίλες γνωστικές δοκιμασίες και σε ανθρώπους μεγαλύτερης ηλικίας, χωρίς Altzheimer, με μικρότερης σοβαρότητας μορφές γνωστικής εξασθένησης (Guerini et al., 2016. Wang, Zhang & Pan, 2018). Εμπειρικά δεδομένα αποδεικνύουν ότι φορείς του αλληλόμορφου ε4 εμφανίζουν χαμηλότερη επίδοση στις γνωστικές και μνημονικές δοκιμασίες και μεγαλύτερη πτώση στην επίδοση κατά την επανεξέταση μετά από τρία χρόνια (Cho et al., 2020). Παρόλα αυτά, οι παραπάνω έρευνες περιορίζονται σε μικρά δείγματα συγκεκριμένου ηλικιακού φάσματος (τρίτης ηλικίας) με το ενδιαφέρον να εστιάζεται πρωταρχικά σε κάποιου είδους νοητικής αναπηρίας (π.χ. νόσο Altzheimer) παρά στον γενικό πληθυσμό, δυσκολεύοντας έτσι τη γενίκευση των αποτελεσμάτων.

Ένα δεύτερο γονίδιο που φαίνεται να σχετίζεται με τη γνωστική ικα-

νότητα και, κατ' επέκταση με τη νοημοσύνη, είναι το SNAP-25 (Synaptosomal Associated Protein). Ερευνητικά δεδομένα αναδεικνύουν τη σχέση του SNAP-25 τόσο με τη μνήμη όσο και με τη μάθηση και τις γνωστικές λειτουργίες που συνδέονται άμεσα με τη νοημοσύνη (Noor & Zahid, 2017. Wang et al., 2018). Παρόλα αυτά, αν και τα αποτελέσματα φαίνονται να είναι στατιστικώς σημαντικά, δεν έχουν καταφέρει να επαληθευτούν και οι έρευνες υφίστανται μεθοδολογικές αδυναμίες.

Εξάγεται λοιπόν, από τα παραπάνω το συμπέρασμα ότι η έρευνα συνεχίζεται με τον καθορισμό υποψήφιων γονιδίων που να σχετίζονται με τη νοημοσύνη. Αν και προς το παρόν δεν έχουν καταφέρει να καθορισθούν τα γονίδια αυτά, το έδαφος για περαιτέρω διερεύνηση με καλύτερη μεθοδολογία και πιο εξελιγμένη θεωρητική βάση φαίνεται να είναι γόνιμο προς αυτήν την κατεύθυνση.

Εξωσωματική γονιμοποίηση & νοημοσύνη

Τα τελευταία χρόνια, ορισμένες έρευνες μελετούν τη συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων εξωσωματικής γονιμοποίησης, δηλαδή της ICSI (Intracytoplasmic Sperm Injection - Ενδοωαριακή Έγχυση Σπερματοζωαρίου) και της IVF (In Vitro Fertilisation-Εξωσωματική Γονιμοποίηση) σε σχέση με τις βαθμολογίες σε δοκιμασίες νοημοσύνης (Heineman et al., 2019). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε υψηλότερη βαθμολογία από τα παιδιά που η σύλληψή τους έγινε με ICSI σε σχέση με εκείνα της φυσιολογικής σύλληψης. Σε έρευνα των Faramarzi και συνεργατών (2016), αναφέρεται πως η επίδοση νοημοσύνης των παιδιών των οποίων η σύλληψη τους επετεύχθη με την μέθοδο ICSI είναι ελαφρώς χαμηλότερη σε σχέση με αυτήν των παιδιών φυσιολογικής σύλληψης. Παρόλα αυτά, οι ερευνητές συνεχίζουν να διχογνωμούν επί του θέματος και τα περισσότερα δεδομένα από πρόσφατες έρευνες οδηγούν στην πεποίθηση πως δεν επαληθεύονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές στα επίπεδα νοημοσύνης μεταξύ των παιδιών που η σύλληψή τους ήταν φυσιολογική και εκείνων όπου ήταν αποτέλεσμα ICSI.

Νοημοσύνη, κληρονομικότητα & περιβάλλον

Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για να εντοπίσουν τους παράγοντες που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό αυτό που ονομάζουμε «εξυπνάδα» ή αλλιώς υψηλή ευφυΐα. Οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι οι παράγοντες αυτοί είναι πολλοί, με βασικότερους την κληρονομικότητα

και το κοινωνικό περιβάλλον στα πρώτα χρόνια της ζωής του ατόμου (Milovanović et al., 2020).

Σε παλιότερες μελέτες τα ποσοστά που αφορούσαν την κληρονομικότητα ως κύριο παράγοντα της ανάπτυξης της νοημοσύνης ήταν από 80% και πάνω. Ήδη όμως από το 1911 ο Binet έκανε την υπόθεση ότι η διαφορά στον δείκτη νοημοσύνης μεταξύ παιδιών που προέρχονται από διαφορετικές κοινωνικές τάξεις θα πρέπει να οφείλεται στο κοινωνικό περιβάλλον τους.

Ο Piaget θεωρούσε ότι η νοημοσύνη είναι ένας δυναμικός μηχανισμός ο οποίος οικοδομείται προοδευτικά, έχοντας ως βάση την κληρονομικότητα, αλλά συγχρόνως, ακολουθώντας την πορεία και έχοντας την εξέλιξη που το περιβάλλον θα καθορίσει. Η νοημοσύνη, λοιπόν για τον Piaget, ορίζεται από την κληρονομικότητα αλλά καθορίζεται από το περιβάλλον (Piaget, 2003).

Μία άλλη ενδιαφέρουσα άποψη πάνω στο θέμα είναι η έρευνα του Bernstein σχετικά με τη γλώσσα και την ανάπτυξή της. Σύμφωνα με αυτόν, η γλωσσική ανάπτυξη επηρεάζεται από το κοινωνικό περιβάλλον και τη διάρθρωση των οικογενειακών σχέσεων και είναι ένας από τους παράγοντες που συνθέτουν τη νοημοσύνη. Έτσι λοιπόν φαίνεται καθαρά η σύνδεση νοημοσύνης και κοινωνικού περιβάλλοντος σε σχέση με τη γλωσσική ανάπτυξη (Bernstein, 1961).

Η έρευνα του Dr. Bernie Delvin του Πανεπιστημίου του Πίτσμπουργκ και των συνεργατών του (1997), έδειξαν ότι πολύ σημαντικό ρόλο όσον αφορά στην τελική ευφυΐα που αναπτύσσει ένας άνθρωπος παίζει το περιβάλλον μέσα στο σώμα της μητέρας, όπου αναπτύσσεται το έμβρυο, όσο διαρκεί η κύηση. Η έρευνα κατέληξε ότι καθαρά γενετικοί παράγοντες ευθύνονται για το 34% της συνολικής ευφυΐας ενός ανθρώπου.

Μεταγενέστερες έρευνες απέδειξαν ότι όχι μόνο η μέτρηση της ευφυΐας είναι ευάλωτη στην αμφισβήτηση και τον προβληματισμό, αλλά και ότι οι βιολογικοί παράγοντες όπως το εμβρυϊκό περιβάλλον μπορούν να την επηρεάζουν. Ίσως παρεμβάσεις στον τρόπο ζωής, από τη διατροφή και την άσκηση και άλλους παράγοντες, να έχουν ως αποτέλεσμα παιδιά πιο έτοιμα και ικανά να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις της ζωής (Mrazik & Dombrowski, 2010).

Σε πρόσφατη έρευνα αξιολογήθηκε το νοητικό δυναμικό παιδιών σχολικής ηλικίας σε σύγκριση με το πρόγραμμα διατροφής που ακολουθούσαν οι μητέρες τους κατά την κύηση. Όπως αποδείχθηκε από τα αποτελέσματα, υψηλότερο νοητικό δυναμικό είχαν τα παιδιά των οποίων οι μητέρες κατανάλωναν περισσότερους ξηρούς καρπούς και λαχανικά κατά

την κύηση, ενώ χαμηλότερο νοητικό δυναμικό είχαν τα παιδιά των οποίων οι μητέρες τους κατά την κύηση κατανάλωναν περισσότερο κόκκινο κρέας, ζυμαρικά, πατάτες και καφέ (Freitas-Vilela et al., 2018).

Από την άλλη, η Jochumsen και συνεργάτες (2019) διεξήγαγαν έρευνα όπου επικεντρώθηκαν στη συσχέτιση μεταξύ σωματικής άσκησης της μητέρας κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης και μεταγενέστερης γνωστικής ανάπτυξης του παιδιού. Οι συμμετέχοντες της έρευνας ήταν 4.008 μητέρες των οποίων τα παιδιά τους ήταν 17-20 ετών, αρσενικού φύλου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, τα παιδιά των οποίων οι μητέρες τους γυμνάζονταν κατά την κύηση, έστω και μερικές φορές την εβδομάδα, είχαν πολύ λιγότερες πιθανότητες να έχουν χαμηλότερη επίδοση σε τεστ αξιολόγησης του νοητικού δυναμικού τους, σε σύγκριση με τα παιδιά των οποίων οι μητέρες τους ακολουθούσαν ένα είδος ζωής χωρίς σωματική άσκηση. Η σύγχρονη ψυχολογία υποστηρίζει ότι η νοημοσύνη εξαρτάται από τη δυναμική και συνεχή αλληλεπίδραση κληρονομικότητας και περιβάλλοντος, συμπεριλαμβάνοντας στην έννοια του περιβάλλοντος τόσο τους προγεννητικούς όσο και τους μετέπειτα επίκτητους παράγοντες (Taylor, et al., 2017). Η κληρονομικότητα εμφανίζεται ως ένα δυναμικό για ικανότητα μάθησης, αξιοποίησης προηγούμενων εμπειριών, λύσης νέων προβλημάτων και προσαρμογής του ατόμου στις απαιτήσεις της κοινωνικής του ζωής.

Βιολογικοί παράγοντες

Όπως είδαμε παραπάνω, μέρος της ανθρώπινης νοημοσύνης εξηγείται μέσα από γενετικούς παράγοντες και την κληρονομικότητα όπως αυτοί εμφανίζονται σε οικογενειακές μελέτες, μελέτες διδύμων και υιοθεσίας. Ωστόσο είναι γνωστό ότι οι γενετικοί παράγοντες έχουν βιολογική βάση. Έτσι είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον να μελετηθεί ο ρόλος των βιολογικών ατομικών διαφορών και ιδιαίτερα αυτών της εγκεφαλικής δομής και λειτουργίας σε μια προσπάθεια να συντεθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της ανθρώπινης νοημοσύνης (Hidese et al., 2020). Εξ ορισμού η νοημοσύνη χαρακτηρίζεται ως μια γενική νοητική ικανότητα που περιλαμβάνει τη λογική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων και τη μάθηση. Η κατανόηση των βιολογικών μηχανισμών και ιδιαίτερα αυτών του εγκεφάλου που σχετίζονται με τη νοημοσύνη έχει ιδιαίτερη βαρύτητα, καθώς μπορεί να προσφέρει ιδιαίτερα σημαντικά οφέλη τόσο σε ατομικό όσο και συλλογικό επίπεδο. Αν και η φυσιολογία της νοημοσύνης ακόμα δεν έχει πλήρως

σκιαγραφηθεί, εμπειρικά ευρήματα ανατομικών και λειτουργικών νευροαπεικονιστικών μελετών του εγκεφάλου (brain neuroimaging studies) φαίνεται να συνδέουν το μέγεθος του εγκεφάλου με τη νοημοσύνη (Nave et al., 2019) και να ενισχύουν περισσότερο το μοντέλο ενός κατανεμημένου δικτύου στις βρεγματο-μετωπικές περιοχές του εγκεφάλου παρά μιας συγκεκριμένης περιοχής «υπεύθυνης» για τη νοημοσύνη (Goriounova & Mansvelder, 2019). Η υπόθεση του κατανεμημένου δικτύου φαίνεται να συμπίπτει με την ίδια τη φύση της νοημοσύνης, καθώς η τελευταία εφάπτεται πολλαπλών γνωστικών λειτουργιών, τα κέντρα των οποίων βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία του εγκεφάλου.

Το μέγεθος, η ανατομία του εγκεφάλου και η νοημοσύνη

Ένα αυξανόμενο σώμα ερευνών υποδεικνύει μια θετική συνάφεια μεταξύ του μεγέθους του εγκεφαλικού όγκου και της νοημοσύνης. Σε μια σχετικά παλαιότερη μετα-ανάλυση πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των ερευνητικών δεδομένων που είχαν συλλεχθεί με την τεχνική της μαγνητικής τομογραφίας (Magnetic Resonance Imaging-MRI) σε 8.000 συμμετέχοντες και των δύο φύλων και συσχέτιζαν τον συνολικό όγκο του εγκεφάλου με τη νοημοσύνη. Τα ευρήματα έδειξαν προς την κατεύθυνση μιας θετικής συνάφειας μετρίου μεγέθους ($r=.24$, $p<.001$). Σε παρόμοια έρευνα, οι ερευνητές υποστήριξαν ότι ο συνολικός όγκος του εγκεφάλου μπορεί να εξηγήσει το 47% της συνολικής διακύμανσης της γενικής νοημοσύνης (g). Με αυτήν την έρευνα επιβεβαιώθηκαν προγενέστερα αποτελέσματα (Pennington et al., 2000).

Στο ίδιο ακριβώς συμπέρασμα έχει καταλήξει και μια πιο πρόσφατη μετα-ανάλυση 88 μελετών, όπου μελετήθηκε η συσχέτιση μεταξύ του μεγέθους του εγκεφάλου και της νοημοσύνης 8.000 ατόμων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των δύο είναι 0,24 και επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών. Πλέον είναι αναμφίβολο ότι ένας μεγαλύτερος εγκέφαλος μπορεί να προβλέψει μια υψηλότερη νοημοσύνη (Pietschnig et al., 2015).

Μία παλαιότερη μετα-ανάλυση σχετικά με το μέγεθος του εγκεφάλου και τη νοημοσύνη (Mcdaniel, 2005) ανέδειξε ότι η μέση θετική συνάφεια μεταξύ του συνολικού όγκου του εγκεφάλου και της νοημοσύνης είναι μέτριου μεγέθους ($r=.33$). Παρατηρείται δε, υψηλότερη συνάφεια στις γυναίκες ($r=.40$) συγκριτικά με τους άνδρες ($r=.34$) και παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της ζωής του ατόμου. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώθηκαν και από μία μελέτη εκατό (100) μεταθανάτιων περιπτώσε-

ων, κατά την οποία η λεκτική νοημοσύνη φάνηκε να εξηγείται κατά 36% από τον όγκο του εγκεφάλου, ενώ η οπτικο-χωρική νοημοσύνη κατά 10%. Ωστόσο, σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφυλικές διαφορές καθώς και διαφορές όσον αφορά στην πλευρίωση των συμμετεχόντων (Witelson, Beresh & Kigar, 2006).

Με δεδομένη την ανωτέρω σχέση του συνολικού μεγέθους του εγκεφάλου με τη γενική νοημοσύνη, η πιο σύγχρονη βιβλιογραφία επιχείρησε να ερευνήσει τα αίτια αυτής της σχέσης μελετώντας συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος (Regions of Interest-ROI). In vivo εκτιμήσεις του όγκου του εγκεφάλου ανέδειξαν θετικές συνάφειες όχι μόνο με προμετωπιαίες περιοχές αλλά ενός διευρυμένου δικτύου που περιλαμβάνει το μετωπιαίο, βρεγματικό, κροταφικό λοβό, τον ιππόκαμπο και την παρεγκεφαλίδα (Posner & Barbey, 2020). Παρόλα αυτά, οι σχέσεις που προέκυψαν ήταν μικρού έως μεσαίου μεγέθους. Επιπρόσθετες μεθοδολογίες που βασίζονται σε συνάφειες δεν μπορούν να περιγράψουν σχέσεις αιτίου-αιτιατού και ως εκ τούτου δεν μπορούν να εξηγήσουν την σχέση ανάμεσα στις ατομικές διαφορές ως προς τον όγκο συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών και γενικής νοημοσύνης.

Βασισμένοι στην υπόθεση ότι ο μεγαλύτερος εγκέφαλος έχει περισσότερους νευρώνες (Marhounová, et al., 2019), το οποίο συνεπάγεται με πλεονεκτήματα στη γνωστική ικανότητα και γνωστική πολυπλοκότητα μέσω περισσότερων νευρικών συνάψεων, οι ερευνητές εστίασαν το ενδιαφέρον τους στη διάκριση της φαιάς και λευκής ουσίας. Χρησιμοποιώντας ανατομικές απεικονιστικές μεθόδους και την τεχνική της μορφομετρίας των ογκοστοιχείων (Voxel Based Morphometry-VPM), μελέτες υπέδειξαν θετικές συνάφειες μεταξύ του όγκου της φαιάς και λευκής ουσίας σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου και της νοημοσύνης (Bathelt et al., 2018).

Πιο συγκεκριμένα, μελέτησαν χωριστά τη φαιά από τη λευκή ουσία. Η πρώτη φαίνεται να αντιπροσωπεύει τον αριθμό και την πυκνότητα των σωμάτων και των δενδρικών απολήξεων των νευρώνων συντελώντας στην ικανότητα επεξεργασίας των πληροφοριών, ενώ η δεύτερη αφορά στον αριθμό, το πάχος και τον βαθμό εμμυέλωσης των νευρωνικών αξόνων και συντελεί στην αποτελεσματική ροή των πληροφοριών στον εγκέφαλο. Η φαιά ουσία, η οποία σχετίζεται με υψηλότερη βαθμολογία στις δοκιμασίες νοημοσύνης, βρίσκεται συγκεντρωμένη σε διάφορες περιοχές του μετωπικού, βρεγματικού, κροταφικού και ινιακού λοβού. Ωστόσο, η θετική συνάφεια της λευκής ουσίας με τη νοημοσύνη ήταν μικρότερου βεληνεκούς (Bathelt et al., 2019).

Παρόλα αυτά, συνδυάζοντας τον ρόλο της κάθε ουσίας, η σημαντική συγκέντρωση λευκής ουσίας στον δεξιό βρεγματικό λοβό ενδέχεται να διευκολύνει τη μεταφορά αισθητηριακών πληροφοριών από τον οπίσθιο εγκέφαλο στον μετωπιαίο λοβό, όπου η μεγαλύτερη συγκέντρωση φαιάς ουσίας οδηγεί στην καλύτερη επεξεργασία τους και τελικά σε υψηλότερη βαθμολογία νοημοσύνης (Penke et al., 2012). Αν και η σχέση μεταξύ του όγκου της φαιάς και λευκής ουσίας επιβεβαιώνεται και στα δύο φύλα, εντούτοις φαίνεται να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο στην αναλογία φαιάς-λευκής ουσίας όσο και στις περιοχές συγκέντρωσης, με τις γυναίκες να συγκεντρώνουν περισσότερη λευκή ουσία και τους άντρες περισσότερη φαιά (Gennatas et al., 2017. Hemmen et al., 2017).

Ένας μεγάλος αριθμός παλαιότερων μελετών έρχεται να υποστηρίξει τα αποτελέσματα των Haier και συν. (2004, 2005), προτάσσοντας ευρήματα υπέρ του μοντέλου ενός κατανεμημένου εγκεφαλικού δικτύου για τη νοημοσύνη. Σε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση 37 σύγχρονων ανατομικών και λειτουργικών νευροαπεικονιστικών μελετών (Jung & Haier, 2007) οι ερευνητές πρότειναν τη Θεωρία της Βρεγματο-Μετωπικής Ολοκλήρωσης (Parietal-Frontal Integration Theory- P-FIT) η οποία εμπλέκει ένα κατανεμημένο δίκτυο που περιλαμβάνει περιοχές στον βρεγματικό και μετωπιαίο λοβό που συνδέονται μέσω της λευκής ουσίας. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, οι πληροφορίες που λαμβάνει το άτομο συλλέγονται και επεξεργάζονται μέσα από έναν συνδυασμό οπτικοακουστικών μέσων. Σε αυτό το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας των αισθητηριακών πληροφοριών ο κροταφικός και ο ινιακός λοβός παίζουν σημαντικό ρόλο. Πιο συγκεκριμένα, ο εξωταινιωτός φλοιός (extrastriate cortex) και η ατρακτοειδής έλικα (fusiform gyrus) στον ινιακό λοβό εμπλέκονται στην αναγνώριση και επεξεργασία εικόνων, ενώ η περιοχή Wernicke στην ανάλυση και επεξεργασία της σύνταξης ακουστικών πληροφοριών. Εν συνεχεία, οι αισθητηριακές πληροφορίες προωθούνται στον βρεγματικό φλοιό και ιδιαίτερα σε περιοχές της υπερχείλιας (supramarginal), ανώτερης βρεγματικής (superior parietal) και γωνιώδους (angular) έλικας, όπου το σύνολο των προσληφθέντων πληροφοριών επεξεργάζονται μέσω του διαρθρωτικού συμβολισμού και της αφαίρεσης σε ένα εναλλακτικό σύνολο γνωστικών πληροφοριών. Ο βρεγματικός φλοιός συνδέεται με περιοχές του μετωπιαίου φλοιού όπου δοκιμάζονται ποικίλες λύσεις σε ενδεχόμενα προβλήματα και όταν η βέλτιστη λύση βρεθεί, η ραχιαία πρόσθια περιοχή του προσαγωγίου (dorsal anterior cingulate area) εμπλέκεται στην ανάδειξη μίας απάντησης καθώς και στην αναστολή ανταγωνιστικών α-

παντήσεων. Σε όλη αυτή τη διαδικασία η λευκή ουσία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο ως προς τη διευκόλυνση μιας γρήγορης και χωρίς σφάλματα μετάδοσης δεδομένων από την οπίσθια προς τη μετωπική εγκεφαλική περιοχή (Haier & Jung, 2008. Jung & Haier, 2007. Posner & Barbey, 2020).

Ευρήματα αρκετών μελετών έρχονται σε συμφωνία με το μοντέλο P-FIT προσθέτοντας εγκυρότητα στην υπόθεση του κατανεμημένου μοντέλου. Ανατομικές απεικονιστικές μελέτες του εγκεφάλου που μέτρησαν τη νοημοσύνη με κλίμακες Wechsler (WISC ή/και WAIS) ανέδειξαν συνδέσεις της νοημοσύνης με την πυκνότητα ιστών και λευκής ουσίας περισσότερο στις μετωπιαίες και βρεγματικές περιοχές του εγκεφάλου και σε μικρότερο βαθμό στις κροταφικές και ινιακές (Colom et al., 2009. Frangou, Chitins & Williams, 2004. Haier et al., 2004, 2005. Shaw et al., 2006). Διαχρονικές μελέτες δείχνουν ότι αλλαγές στη λευκή ουσία, που ενδέχεται να προκύψουν λόγω γήρανσης, μπορεί να επιφέρουν αλλαγές και στη νοημοσύνη. Η λευκή ουσία εξάλλου έχει φανεί ότι συνδέεται με την οπτικοχωρική ικανότητα και τις λεκτικές δεξιότητες (Muetzel et al., 2015).

Πρόσφατες μελέτες διερεύνησαν το ρόλο των νευρώνων που βρίσκονται στον κροταφικό φλοιό και συμπέραναν πως όσο υψηλότερο είναι το νοητικό δυναμικό τόσο μεγαλύτεροι και ταχύτεροι είναι και οι νευρώνες που βρίσκονται στον κροταφικό φλοιό και επομένως διευκολύνουν την επεξεργασία και τη μετάδοση των σημάτων που φτάνουν εκεί πολύ πιο αποτελεσματικά (Savage et al., 2018).

Πέρα από τις ανατομικές μελέτες του εγκεφάλου το μοντέλο P-FIT βρίσκεται σε συμφωνία και με αποτελέσματα μελετών λειτουργικής απεικόνισης του εγκεφάλου. Σε μια μελέτη με χρήση λειτουργικού μαγνητικού τομογράφου (functional Magnetic Resonance Imaging-fMRI) σε δείγμα ατόμων με ανώτερη νοημοσύνη (μέση βαθμολογία συνολικής κλίμακας WAIS-R 137, ±12 μονάδες) έναντι ομάδας ελέγχου (μέση βαθμολογία συνολικής κλίμακας WAIS-R 105, ±17 μονάδες), τα αποτελέσματα από τη δοκιμασία με υψηλή συνάφεια με τη νοημοσύνη ανέδειξαν μια αυξημένη τοπική δραστηριότητα και ιδιαίτερα στο βρεγματο-μετωπιαίο δίκτυο που περιλαμβάνει τον πλάγιο προμετωπιαίο φλοιό, τον πρόσθιο φλοιό του προσαγωγίου και τον οπίσθιο βρεγματικό φλοιό. Η ομάδα των ευφυών συμμετεχόντων παρουσίασε συνάφεια μεγαλύτερου μεγέθους συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου στον προμετωπιαίο φλοιό. Επιπλέον, η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης έδειξε ότι η δραστηριότητα στον ανώτερο και ενδοβρεγματικό φλοιό επεξήγησαν κατά μεγάλο ποσοστό (r=0.71- 0.81) τις ατομικές διαφορές στη νοημοσύνη. Οι ερευνητές

κατέληξαν ότι η ανώτερη ευφυΐα είναι πιθανότερο να οφείλεται στη λειτουργική διευκόλυνση του βρεγματο-μετωπιαίου δικτύου (Parieto-frontal network) παρά της πρόσληψης επιπρόσθετων περιοχών του εγκεφάλου.

Συνολικά, λοιπόν, τόσο οι ανατομικές-στατικές μελέτες όσο και μελέτες λειτουργικής απεικόνισης του εγκεφάλου παρουσιάζουν σημαντικά εμπειρικά δεδομένα που συνδέουν τις ατομικές διαφορές στη νοημοσύνη με το συνολικό μέγεθος του εγκεφάλου και την πυκνότητα και ποσότητα της λευκής και φαιάς ουσίας σε ένα κατανεμημένο δίκτυο στον εγκέφαλο μετακινώντας το αρχικό ενδιαφέρον των ερευνητών από τον μετωπιαίο λοβό σε ένα βρεγματο-μετωπιαίο δίκτυο.

Νοημοσύνη και αποδοτικότητα εγκεφαλικής λειτουργίας

Εκτός από τις στατικές ανατομικές μελέτες, το μοντέλο P-FIT επιβεβαιώνεται και από μελέτες λειτουργικής απεικόνισης. Πρώιμες μελέτες χρησιμοποιώντας τομογραφίες εκπομπής ποζιτρονίων (Positron Emission Tomography-PET) και εξετάζοντας φυσιολογικό ανδρικό πληθυσμό ανέδειξαν μια στατιστικά σημαντική, αρνητική συνάφεια μεταξύ της επίδοσης σε γνωστικές ή/και οπτικοχωρικές/κινητικές δοκιμασίες και του μεταβολικού ρυθμού γλυκόζης στις περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού. Τα αποτελέσματα προτείνουν ότι οι συμμετέχοντες με την υψηλότερη επίδοση χρησιμοποίησαν λιγότερη εγκεφαλική ενέργεια αφήνοντας πίσω το σενάριο ενός «σκληρά εργαζόμενου εγκεφάλου». Μεταγενέστερες έρευνες ωστόσο αμφισβητούν αυτή την παραδοχή, υποστηρίζοντας ότι υπάρχει θετική συνάφεια μεταξύ του μεταβολικού ρυθμού γλυκόζης σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου, όπως ο ιππόκαμπος και η γωνιώδης έλικα, και της επίδοσης ατόμων σε δραστηριότητες κινητικής ή γνωστικής φύσεως (Dougherty et al., 2017).

Τα αποτελέσματα της μελέτης των Haier και συν. (1992) ανέδειξαν ότι η μάθηση και η πρακτική εξάσκηση μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα του εγκεφάλου. Κατέληξαν δε, ότι μέσα από τη διαδικασία της μάθησης ο εγκέφαλος αναγνωρίζει ποιες περιοχές δε χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν εξοικονομώντας με αυτόν τον τρόπο εγκεφαλική ενέργεια.

Οι πρώτες αυτές μελέτες, αν και δεν κατάφεραν να συνδέσουν συγκεκριμένες εγκεφαλικές περιοχές με την επίδοση σε γνωστικές δοκιμασίες και τη νοημοσύνη, υπέδειξαν ότι ατομικές διαφορές στη γνωστική ικανότητα ενδέχεται να σχετίζονται με την αποδοτικότητα ή/και την πυκνότητα των νευρωνικών κυκλωμάτων. Μεταγενέστερες μελέτες επιβεβαίωσαν

τα πρώιμα αποτελέσματα. Σε μία ακόμα μελέτη με τεχνική PET (Haier, White & Alkire, 2003) συσχετίσθηκε η επίδοση στη γνωστική δοκιμασία του Raven (Raven's Advanced Progressive Matrices-RAPM) με την εγκεφαλική λειτουργία σε κατάσταση επίλυσης προβλημάτων και σε παθητική μη-συλλογιστική κατάσταση. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν σημαντική συνάφεια και στις δύο καταστάσεις και ιδιαίτερα στον οπίσθιο οπτικό φλοιό, προτείνοντας ότι άτομα με υψηλότερη νοημοσύνη επεξεργάζονται τα εισερχόμενα ερεθίσματα με διαφορετικό τρόπο ακόμα και πριν λάβει χώρα η γνωστική επεξεργασία τους.

Αν και η υπόθεση της θετικής σχέσης μεταξύ της νοημοσύνης και της αποδοτικότητας της εγκεφαλικής λειτουργίας έχει επιβεβαιωθεί επανειλημμένα, σύγχρονες νευροαπεικονιστικές μελέτες της λειτουργίας του εγκεφάλου έχουν αναδείξει ότι η σχέση αυτή επηρεάζεται από τρίτους παράγοντες, όπως το φύλο των συμμετεχόντων, το περιεχόμενο και τον βαθμό δυσκολίας της γνωστικής δοκιμασίας στην οποία υποβάλλονται (Jäncke, 2018). Συγκεκριμένα, έχει διαπιστωθεί πως στις γυναίκες η νοημοσύνη συσχετίζεται με τον όγκο της λευκής αλλά και της φαιάς ουσίας, ενώ στους άνδρες η συσχέτιση αφορά μόνο το μετωπιαίο μέρος της φαιάς ουσίας (Ryman et al., 2016).

Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας την τεχνική PET και ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα-ΗΕΓ (Electroencephalography-EEG) σε δείγμα φυσιολογικού πληθυσμού βρέθηκε χαμηλότερη δραστηριότητα στον εγκεφαλικό φλοιό στους συμμετέχοντες με υψηλότερη νοημοσύνη συγκριτικά με αυτούς με χαμηλότερο δείκτη IQ. Ωστόσο, η νευρωνική αποδοτικότητα βρέθηκε να αλληλεπιδρά με το περιεχόμενο της δοκιμασίας και το φύλο, με τις γυναίκες να εμφανίζουν το παραπάνω μοτίβο κατά τις λεκτικές δοκιμασίες ενώ οι άνδρες κατά τις σχηματικές δοκιμασίες (Neubauer & Fink, 2003). Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν και από μεταγενέστερη έρευνα με τη χρήση EEG και μεθοδολογίας εξέτασης πριν και μετά από μια περίοδο εκπαίδευσης (Neubauer et al., 2004). Τα αποτελέσματα ανέδειξαν σημαντικά αρνητική συνάφεια μεταξύ νοημοσύνης και δραστηριότητας του εγκεφάλου –ιδιαίτερα στον πρόσθιο μετωπιαίο χώρο- επιβεβαιώνοντας τον κεντρικό ρόλο του μετωπιαίου λοβού στις ανώτερης τάξης γνωστικές λειτουργίες. Ωστόσο, η αρνητική σχέση σημειώθηκε μόνο κατά τη δεύτερη εξέταση της δοκιμασίας υπογραμμίζοντας τον ρόλο της πρακτικής εξάσκησης στην αρνητική σχέση μεταξύ της εγκεφαλικής δραστηριότητας και της νοημοσύνης.

Συνολικά, λοιπόν, η νοημοσύνη σχετίζεται με τις ατομικές διαφορές που παρουσιάζονται αναφορικά με την νευρωνική αποδοτικότητα. Ωστό-

σο, παράγοντες, όπως το φύλο, η πρακτική εξάσκηση και η δυσκολία της γνωστικής δοκιμασίας φαίνεται ότι παίζουν καθοριστικό ρόλο μιας και η αρνητική σχέση μεταξύ νοημοσύνης και εγκεφαλικής δραστηριότητας επιβεβαιώνεται μόνο κατά τη διάρκεια επίλυσης δοκιμασιών χαμηλής έως και μέτριας δυσκολίας (Ramchandran, Zeien & Andreasen, 2019). Αντιθέτως, σε δοκιμασίες υψηλού βαθμού δυσκολίας οι συμμετέχοντες με υψηλό δείκτη νοημοσύνης εμφανίζουν και μεγαλύτερη εγκεφαλική δραστηριότητα (Neubauer & Fink, 2009).

Εν κατακλείδι, βλέπουμε ότι οι μελέτες λειτουργικής απεικόνισης του εγκεφάλου τείνουν να συμφωνούν στην υπόθεση ενός αποδοτικότερου εγκεφάλου έναντι ενός σκληρά εργαζόμενου. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι χρειάζεται προσοχή στην ερμηνεία, σύγκριση και γενίκευση των αποτελεσμάτων από ποικίλες μελέτες εξαιτίας των διαφορετικών τεχνικών απεικόνισης (PET, EEG), των ποικίλων γνωστικών δοκιμασιών στις οποίες υποβάλλονται οι συμμετέχοντες καθώς και του μικρού μεγέθους δείγματος σε κάθε μελέτη. Συνοψίζοντας, η έρευνα στο πεδίο της ανθρώπινης νοημοσύνης έχει εξελιχθεί σε πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης: κοινωνικό, γνωστικό, ψυχομετρικό, νευρωνικό και γενετικό. Σε αυτή την ανασκόπηση στο επίκεντρο τέθηκαν οι γενετικοί και βιολογικοί παράγοντες της νοημοσύνης.

Οι γενετικοί παράγοντες εξετάσθηκαν μέσα από την κληρονομικότητα, όπως αυτή διερευνάται σε μελέτες οικογένειας και διδύμων καθώς και σε μοριακό επίπεδο, διερευνώντας τη σχέση νοημοσύνης και του ρόλου υποψήφιων γονιδίων. Σχετικά με το ερώτημα που προκύπτει για το ποιο από τα δύο επιδρά τελικά περισσότερο καταλυτικά στη νοημοσύνη, δηλαδή η κληρονομικότητα ή το περιβάλλον η απάντηση τείνει στο ότι η φύση και η ανατροφή είναι συμπληρωματικές δυνάμεις στον καθορισμό των βαθμών της νοημοσύνης και της επίδοσης στη διάρκεια της ζωής. Δεν είναι απλώς η συμπληρωματικότητα απαραίτητη, αλλά υπό μία πρακτική έννοια δεν έχει σημασία ποια από τις δύο είναι ισχυρότερη, καθότι καμία δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς την άλλη. Η δύναμη και των δύο πρέπει να μεγιστοποιηθεί, για να επιτευχθεί η μέγιστη επίδραση. Αναφορικά με τα γονίδια, η βιβλιογραφία έχει αναδείξει ότι η Απολιποπρωτεΐνη Ε με τα αλληλόμορφο ε4 και η SNAP-25 φαίνεται να σχετίζονται αρκετά με τη νοημοσύνη. Ωστόσο, οι έρευνες πάσχουν σε μεθοδολογικό επίπεδο και τα αποτελέσματα δεν έχουν επαληθευθεί στον βαθμό που να επιτρέπεται η εξαγωγή γενικών αποτελεσμάτων.

Στο επίπεδο των βιολογικών παραγόντων, διερευνήθηκε η φυσιολογία της νοημοσύνης μέσα από μελέτες απεικόνισης της δομής αλλά και της

λειτουργίας του εγκεφάλου. Συνολικά, η βιβλιογραφία προτείνει ότι η νοημοσύνη σχετίζεται και εξηγείται από το συνολικό μέγεθος του εγκεφάλου και την πυκνότητα και ποσότητα της λευκής και φαιάς ουσίας σε ένα κατανεμημένο δίκτυο στον εγκέφαλο, μετακινώντας το αρχικό ενδιαφέρον των ερευνητών από το μετωπιαίο λοβό σε ένα βρεγματο-μετωπιαίο δίκτυο.

Η προσπάθεια των ερευνητών για κατανόηση και αποκωδικοποίηση των παραγόντων που απαρτίζουν και επηρεάζουν τη νοημοσύνη σε επίπεδο μηχανισμών συνεισφέρει στη μελλοντική διευκόλυνση της βελτίωσης της νοημοσύνης, ένα ζήτημα που άπτεται πολλών τομέων μεταξύ άλλων τόσο της γενικής όσο και της ειδικής εκπαίδευσης.

Βιβλιογραφία

BATHELT, J., SCERIF, G., NOBRE, A. C., & ASTLE, D. E. (2019). Whole-brain white matter organization, intelligence, and educational attainment. *Trends in Neuroscience and Education, 15*, 38-47.

BATHELT, J., SCERIF, G., NOBRE, K., AND ASTLE, D. (2018). *Whole-brain white matter organization, intelligence, and educational attainment.* bioRxiv: 297713 [Preprint]. doi: 10.1101/297713

BERNSTEIN, B. (1961). Social structure, language and learning. *Educational Research, 3*(3), 163-176.

BINET. A., & SIMON, T. (1916). *The development of intelligence in children.* Baltimore: Williams & Wilkins. (Reprinted 1973, New York: Arno Press; 1983, Salem, NH: Ayer Company)

BOUCHARD, T. J., LYKKEN, D. T., MCGUE, M., SEGAL, N. L. & TELLEGEN, A. (1990). Sources of human psychological differences: the Minnesota study of twins reared apart. *Science, 250*, 223-228.

BOUCHARD, T. J., & MCGUE, M. (1981). Familial studies of intelligence: a review. *Science, 212*, 1055-1059.

BRANIGAN, A. R., MCCALLUM K. J. & FREESE J. (2013). Variation in the Heritability of Educational Attainment: An International Meta-analysis. *Social Forces, 92*(1), 109-140.

BROOKES, A. J., & ROBINSON, P. N. (2015). Human genotype–phenotype databases: aims, challenges and opportunities. *Nature Reviews Genetics, 16*(12), 702-715.

BRUDER, C. E., PIOTROWSKI, A., GIJSBERS, A. A., ANDERSSON, R., ERIKSON, S., DE STAHL, T. D.,…& DUMANSKI, J. P. (2008). Phenotypically concordant and discordant monozygotic twins display different DNA copy-number-variation profiles. *American Journal of Human Genetics, 82*, 763-771.

BUSSY, A., SNIDER, B. J., COBLE, D., XIONG, C., FAGAN, A. M., CRUCHAGA, C.,…& DOMINANTLY INHERITED ALZHEIMER NETWORK. (2019). Effect of apolipoprotein E4 on clinical, neuroimaging, and biomarker measures in noncarrier participants in the Dominantly Inherited Alzheimer Network. *Neurobiology of Aging, 75*, 42-50.

CHO, H., KIM, Y. E., CHAE, W., KIM, K. W., KIM, J. W., KIM, H. J., ...& SEO, S. W. (2020). Distribution and clinical impact of apolipoprotein E4 in subjective memory impairment and early mild cognitive impairment. *Scientific Reports, 10*(1), 1-8.

COLOM, R., HAIER, R. J., HEAD, K., ÁLVAREZ-LINERA, J., QUIROGA, M. Á., SHIH, P. C., & JUNG, R. E. (2009). Gray matter correlates of fluid, crystallized, and spatial intelligence: Testing the P-FIT model. *Intelligence, 37*(2), 124-135.

DEARY, I. J., COX, S. R., & HILL, W. D. (2021). Genetic variation, brain, and intelligence differences. *Molecular Psychiatry*, 1-19.

DOUGHERTY, R. J., SCHULTZ, S. A., KIRBY, T. K., BOOTS, E. A., OH, J. M., EDWARDS, D.,... & OKONKWO, O. C. (2017). Moderate physical activity is associated with cerebral glucose metabolism in adults at risk for Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease, 58*(4), 1089-1097.

FARAMARZI, M., GOLSORKHTABARAMIRI, M., ESMAEILZADEH, S., GHOFRANI, F., & SORKHI, H. (2016). Are children born through Intra-Cytoplasmic Sperm Injection (ICSI) having a lower intelligence quotient? *Middle East Fertility Society Journal, 21*(1), 16-21.

FRANGOU, S., CHITINS, X., & WILLIAMS, S. C. R. (2004). Mapping IQ and gray matter density in healthy young people. *NeuroImage, 23*(3), 800-805.

FREITAS-VILELA, A. A., PEARSON, R. M., EMMETT, P., HERON, J., SMITH, A. D., EMOND, A., ... & KAC, G. (2018). Maternal di-

etary patterns during pregnancy and intelligence quotients in the offspring at 8 years of age: findings from the ALSPAC cohort. *Maternal & Child Nutrition, 14*(1), e12431.

GARDNER, H. (1983). *Frames of Mind.* New York: Basic Book Inc.

GENNATAS, E. D., AVANTS, B. B., WOLF, D. H., SATTERTHWAITE, T. D., RUPAREL, K., CIRIC, R., ...& GUR, R. C. (2017). Age-related effects and sex differences in gray matter density, volume, mass, and cortical thickness from childhood to young adulthood. *Journal of Neuroscience, 37*(20), 5065-5073.

GORIOUNOVA, N. A., & MANSVELDER, H. D. (2019). Genes, cells and brain areas of intelligence. *Frontiers in Human Neuroscience, 13*, 44.

GUERINI, F. R., FARINA, E., COSTA, A. S., BAGLIO, F., SAIBENE, F. L., MARGARITELLA, N., ...& CLERICI, M. (2016). ApoE and SNAP-25 polymorphisms predict the outcome of multidimensional stimulation therapy rehabilitation in Alzheimer's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair, 30*(9), 883-893.

HAIER, R. J., & JUNG, R. E. (2008). Brain Imaging Studies of Intelligence and Creativity: What is the Picture for Education? *Roeper Review, 30*(3), 171-180.

HAIER, R. J., JUNG, R. E., YEO, R. A, HEAD, K., & ALKIRE, M. T. (2005). The neuroanatomy of general intelligence: sex matters. *NeuroImage, 25*(1), 320-327.

HAIER, R. J., JUNG, R. E., YEO, R. A, HEAD, K., & ALKIRE, M. T. (2004). Structural brain variation and general intelligence. *NeuroImage, 23*(1), 425-433.

HAIER, R. J., WHITE, N. S., & ALKIRE, M. T. (2003). Individual differences in general intelligence correlate with brain function during nonreasoning tasks. *Intelligence, 31*(5), 429-441.

HAIER, R. J., SIEGEL, B. V, MACLACHLAN, A., SODERLING, E., LOTTENBERG, S., & BUCHSBAUM, M. S. (1992). Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: a positron emission tomographic study. *Brain Research, 570*(1-2), 134-143.

HEINEMAN, K., KUIPER, D. B., LA BASTIDE-VAN GEMERT, S., HEINEMAN, M. J., & HADDERS-ALGRA, M. (2019). Children conceived by in vitro fertilization: Cognition and behaviour at 9 years. *Developmental Medicine and Child Neurology, 61*, 8.

HEMMEN, J., SARIS, I. M., COHEN-KETTENIS, P. T., VELTMAN, D. J., POUWELS, P. J. W., & BAKKER, J. (2017). Sex differences in white matter microstructure in the human brain predominantly reflect differences in sex hormone exposure. *Cerebral Cortex, 27*(5), 2994-3001.

HERD, P., FREESE, J., SICINSKI, K., DOMINGUE, B. W., MULLAN HARRIS, K., WEI, C., & HAUSER, R. M. (2019). Genes, gender inequality, and educational attainment. *American Sociological Review, 84*(6), 1069-1098.

HIDESE, S., OTA, M., MATSUO, J., ISHIDA, I., HIRAISHI, M., YOKOTA, Y., ...& KUNUGI, H. (2020). Correlation Between the Wechsler Adult Intelligence Scale-Metrics and Brain Structure in Healthy Individuals: A Whole-Brain Magnetic Resonance Imaging Study. *Frontiers in Human Neuroscience, 14*, 211.

HILL, W. D., ARSLAN, R. C., XIA, C., LUCIANO, M., AMADOR, C., NAVARRO, P., ...& PENKE, L. (2018). Genomic analysis of family data reveals additional genetic effects on intelligence and personality. *Molecular Psychiatry, 23*(12), 2347-2362.

JÄNCKE, L. (2018). Sex/gender differences in cognition, neurophysiology, and neuroanatomy. *F1000Research, 7*, 805.

JOCHUMSEN, S., HENRIKSEN, T. B., LINDHARD, M. S., HEGAARD, H. K., & RODE, L. (2019). Physical activity during pregnancy and intelligence in sons; A cohort study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 29*(12), 1988-1995.

JUNG, R. E., & HAIER, R. J. (2007). The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence. *The Behavioral and Brain Sciences, 30*(2), 135-154.

MAHLEY, R. W. (2016). Central nervous system lipoproteins: ApoE and regulation of cholesterol metabolism. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 36*(7), 1305-1315.

MARHOUNOVÁ, L., KOTRSCHAL, A., KVERKOVÁ, K., KOLM, N., & NĚMEC, P. (2019). Artificial selection on brain size leads to matching changes in overall number of neurons. *Evolution, 73*(9), 2003-2012.

MCDANIEL, M. (2005). Big-brained people are smarter: A meta-analysis of the relationship between in vivo brain volume and intelligence. *Intelligence, 33*(4), 337–346.

MILOVANOVIĆ, I., GENTILE, A., POPOVIĆ-STIJAČIĆ, M., & KRNETA, Ž. (2020). Relationship between socioeconomic factors

and intelligence of preschoolers: A cohort study in the Serbian context. *Current Psychology*, 1-9.

MRAZIK, M., & DOMBROWSKI, S. C. (2010). The neurobiological foundations of giftedness. *Roeper Review, 32*(4), 224-234.

MUETZEL, R. L., MOUS, S. E., VAN DER ENDE, J., BLANKEN, L. M., VAN DER LUGT, A., JADDOE, V. W.,... & WHITE, T. (2015). White matter integrity and cognitive performance in school-age children: a population-based neuroimaging study. *Neuroimage, 119*, 119-128.

NAVE, G., JUNG, W. H., KARLSSON LINNÉR, R., KABLE, J. W., & KOELLINGER, P. D. (2019). Are bigger brains smarter? Evidence from a large-scale preregistered study. *Psychological Science, 30*(1), 43-54.

NEUBAUER, A. C., & FINK, A. (2003). Fluid intelligence and neural efficiency: effects of task complexity and sex. *Personality and Individual Differences, 35*(4), 811-827.

NEUBAUER, A. C., & FINK, A. (2009). Intelligence and neural efficiency. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 33*(7), 1004-1023.

NEUBAUER, A. C., GRABNER, R. H., FREUDENTHALER, H. H., BECKMANN, J. F., & GUTHKE, J. (2004). Intelligence and individual differences in becoming neurally efficient. *Acta Psychologica, 116*(1), 55-74.

NIKOLAŠEVIĆ, Ž., DINIĆ, B. M., SMEDEREVAC, S., SADIKOVIĆ, S., MILOVANOVIĆ, I., IGNJATOVIĆ, V. B.,...& BOSIC, D. Z. (2021). Common genetic basis of the five factor model facets and intelligence: A twin study. *Personality and Individual Differences, 175*, 110682.

NOOR, A., & ZAHID, S. (2017). A review of the role of synaptosomal-associated protein 25 (SNAP-25) in neurological disorders. *International Journal of Neuroscience, 127*(9), 805-811.

PENKE, L., MANIEGA, S. M., BASTIN, M. E., VALDÉS HERNÁNDEZ, M. C., MURRAY, C., ROYLE, N. A.,…& DEARY, I. J. (2012). Brain white matter tract integrity as a neural foundation for general intelligence. *Molecular Psychiatry 17*, 1026-1030.

PENNINGTON, B. F., FILIPEK, P. A., LEFLY, D., CHHABILDAS, N., KENNEDY, D. N., SIMON, J. H.,…& DEFRIES, J. C. (2000). A twin MRI study of size variations in human brain. *Journal of Cognitive Neuroscience, 12*(1), 223-232.

PIAGET, J. (2003). *The psychology of intelligence.* London: Routledge.

PIETSCHNIG, J., PENKE, L., WICHERTS, J. M., ZEILER, M., & VORACEK, M. (2015). Meta-analysis of associations between human brain volume and intelligence differences: How strong are they and what do they mean?. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 57*, 411-432.

PLOMIN, R., & VON STUMM, S. (2018). The new genetics of intelligence. *Nature Reviews Genetics, 19*(3), 148.

PLOMIN, R., DEFRIES, J. C., KNOPIK, V. S., & NEIDERHISER, J. M. (2016). Top 10 replicated findings from behavioral genetics. *Perspectives on Psychological Science, 11*(1), 3-23.

POSNER, M. I., & BARBEY, A. K. (2020). General intelligence in the age of neuroimaging. *Trends in Neuroscience and Education, 18*, 100126.

PRESCOTT, C.A., JOHNSON, R.C. & MCARDLE, J.J. (1999). Chorion type as a possible influence on the results and interpretation of twin study data. *Twin Res, 2*, 244-249.

RAMCHANDRAN, K., ZEIEN, E., & ANDREASEN, N. C. (2019). Distributed neural efficiency: intelligence and age modulate adaptive allocation of resources in the brain. *Trends in Neuroscience and Education, 15*, 48-61.

RYMAN, S. G., YEO, R. A., WITKIEWITZ, K., VAKHTIN, A. A., VAN DEN HEUVEL, M., DE REUS, M.,… & JUNG, R. E. (2016). Fronto-Parietal gray matter and white matter efficiency differentially predict intelligence in males and females. *Human Brain Mapping, 37*(11), 4006-4016.

SAVAGE, J. E., JANSEN, P. R., STRINGER, S., WATANABE, K., BRYOIS, J., DE LEEUW, C. A.,… & POSTHUMA, D. (2018). Genome-wide association meta-analysis in 269,867 individuals identifies new genetic and functional links to intelligence. *Nature Genetics, 50*(7), 912-919.

SEGAL, N. L., MONTOYA, Y. S., & BECKER, E. N. (2018). Twins reared apart and twins in families: The findings behind the fascination. *Twin Research and Human Genetics, 21*(4), 295-301.

SHAW, P., GREENSTEIN, D., LERCH, J., CLASEN, L., LENROOT, R., GOGTAY, N. & GIEDD, J. (2006). Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature, 440*(7084), 676-679.

TAYLOR, C. M., KORDAS, K., GOLDING, J., & EMOND, A. M. (2017). Data relating to prenatal lead exposure and child IQ at 4 and 8 years old in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children. *Neurotoxicology, 62*, 224-230.

TERMAN, L. M. (1925). *Mental and physical traits of a thousand gifted children* (Vol. 1). Stanford University Press.

THURSTONE, L. L., & THURSTONE, T. G. (1938). *Primary mental abilities* (Vol. 119). Chicago: University of Chicago Press.

WANG, S., ZHANG, J., PAN, T., & ALZHEIMER'S DISEASE NEUROIMAGING INITIATIVE. (2018). APOE ε4 is associated with higher levels of CSF SNAP-25 in prodromal Alzheimer's disease. *Neuroscience Letters, 685*, 109-113.

WANG, C., YANG, B., FANG, D., ZENG, H., CHEN, X., PENG, G.,... & LIANG, G. (2018). The impact of SNAP25 on brain functional connectivity density and working memory in ADHD. *Biological Psychology, 138*, 35-40.

WECHSLER, D. (1958). *The measurement and appraisal of adult intelligence* (4th ed.). Baltimore, MD: Williams & Wilkins.

WITELSON, S. F., BERESH, H., & KIGAR, D. L. (2006). Intelligence and brain size in 100 postmortem brains: sex, lateralization and age factors. *Brain : A Journal of Neurology, 129*(2), 386-398.

ZHONG, Z., WU, H., YE, M., YANG, Y., LUO, W., WU, Y.,.... & ZHAO, P. (2018). Association of APOE gene polymorphisms with cerebral infarction in the chinese population. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research, 24*, 1171.

Περίληψη

Πολλοί ερευνητές έχουν στραφεί στη μελέτη του εγκεφάλου ως τη βάση της θεώρησης της νοημοσύνης και της μέτρησής της. Πολλές πτυχές της ανατομίας του εγκεφάλου και της Φυσιολογίας έχουν προταθεί ως ενδεχομένως σχετικές με τη νοημοσύνη. Οι διακλαδώσεις των νευρώνων στον εγκεφαλικό φλοιό, ο μεταβολισμός της εγκεφαλικής γλυκόζης, η

ταχύτητα μεταφοράς νευρικών σημάτων αποτελούν κάποιους από τους παράγοντες της Φυσιολογίας που έχει βρεθεί ότι σχετίζονται με τη νοημοσύνη. Σχετικά με τη γενετική προέλευση της νοημοσύνης, αποτελέσματα ερευνών δείχνουν κυρίως ότι η κληρονομικότητα ασκεί μία ισχυρότερη επίδραση σε σχέση με το περιβάλλον στις νοητικές διαφορές. Επικεντρώνονται σε ποικίλες περιπτώσεις διδύμων, όπως σε μονοζυγωτικούς διδύμους και διζυγωτικούς διδύμους, σε βιολογικά και ετεροθαλή αδέλφια, κάθε ζεύγος από τα οποία ανατράφηκε μαζί ή χωριστά από τη βρεφική ηλικία ή αργότερα στη ζωή. Τέλος, τα τελευταία χρόνια, ορισμένες έρευνες διερευνούν την έκθεση στο αλκοόλ κατά την εγκυμοσύνη ως παράγοντα για την κατοπινή μείωση της νοημοσύνης των παιδιών, ενώ άλλες απενεχοποιούν τη μέθοδο της εξωσωματικής γονιμοποίησης και συγκεκριμένα της ICSI, αφού τα αποτελέσματα σχεδόν απέκλεισαν οποιαδήποτε καθυστέρηση στη νοητική ανάπτυξη του παιδιού.

Λέξεις-κλειδιά: νοημοσύνη, βιολογικοί παράγοντες, κληρονομικότητα, αλκοόλ, εξωσωματική γονιμοποίηση

Vasiliki NTOFI
Kalomoira NIASTI
Alexandros-Stamatios ANTONIOU

The Role of Biological and Genetic Factors in Intelligence

Abstract

Many researchers studied the brain as the basis for considering intelligence and measuring it. Many aspects of brain anatomy and physiology have been suggested as possibly related to intelligence. The branching of neurons in the cerebral cortex, the metabolism of cerebral glucose, the speed of transmission of nerve signals are some of the factors of Physiology that have been found to be related to intelligence. Regard to the genetic origin of intelligence, research projects results mainly prove that heredity has a stronger effect in relation to the environment on mental differences. They focus on a variety of cases of twins, such as monozygotic twins and dizygotic twins, biological and step brothers, each of whom was raised

together or separately from infancy or later in life. Finally, in recent years, some studies have investigated alcohol exposure during pregnancy as a factor in the subsequent decline in children's intelligence, while others disprove the method of in vitro fertilization and in particular ICSI since the results almost ruled out any delay in the mental development of the child.

Keywords: intelligence, biological factors, heredity, alcohol,
in vitro fertilization