

Τι είναι η συμπεριφορική νευροεπιστήμη;

1

Η προέλευση της συμπεριφορικής νευροεπιστήμης

Η προεπιστημονική ψυχολογία και το πρόβλημα νου-εγκεφάλου

Ο Καρτέσιος και το φυσικό μοντέλο συμπεριφοράς

Ο Helmholtz και ο ηλεκτρικός εγκέφαλος

Το ζήτημα του εντοπισμού λειτουργιών

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΝΟΙΩΝ

Φύση και γαλουχία

Ο γενετικός κώδικας

Το Πρόγραμμα Χαρτογράφησης Ανθρώπινου Γονιδιώματος

ΕΦΑΡΜΟΓΗ | Η προοπτική των υπολογιστών DNA

Κληρονομικότητα: Πεπρωμένο ή προδιάθεση;

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΚΗΝΙΟ | Πέρα από το Πρόγραμμα Χαρτογράφησης Ανθρώπινου Γονιδιώματος

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΝΟΙΩΝ

Προοπτική

Περίληψη κεφαλαίου

Βοηθήματα μελέτης

Αφού διαβάσετε αυτό το κεφάλαιο, θα είστε σε θέση:

- Να καθορίσετε το πρόβλημα νου-εγκεφάλου στη συμπεριφορική νευροεπιστήμη.
- Να περιγράψετε τη συμβολή των φιλοσόφων και των επιστημόνων στην ανάπτυξη της συμπεριφορικής νευροεπιστήμης ως πεδίου μελέτης.
- Να προσδιορίσετε τον ρόλο των φυσιολόγων στην καθιέρωση της σύγχρονης συμπεριφορικής νευροεπιστήμης.
- Να συγκρίνετε τη σχετική συμβολή των γονιδίων και του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη συμπεριφορικών χαρακτηριστικών.
- Να κρίνετε την άποψη σχετικά με τη σταθερή φύση της κληρονομικότητας στη διαμόρφωση της συμπεριφοράς.

Η ΣΥΣΚΕΥΗ που έχετε στην τσέπη σας αποτελεί ένα θαύμα της σύγχρονης τεχνολογίας. Αντιπροσωπεύει μια πολύ πρόσφατη εξέλιξη στον τομέα των επικοινωνιών μεγάλων αποστάσεων, οι οποίες ξεκίνησαν κάποτε με σήματα καπνού και χτύπους τυμπάνου και εξελίχθηκαν μέσω του τηλέγραφου, του ασύρματου και του ενσύρματου τηλεφώνου.

Τα κινητά τηλέφωνα εμφανίστηκαν στα οχήματα το 1956, αλλά το κινητό τηλέφωνο χειρός διατέθηκε στο εμπόριο το 1983. Του έδωσαν το παρωνύμιο «τούβλο», ζύγιζε σχεδόν ένα κιλό και κόστιζε περίπου 4.000 δολάρια ΗΠΑ (Εικόνα 1.1). Το κινητό σας, που ζυγίζει περίπου 130 γραμμάρια, λειτουργεί μέσω ενός τεράστιου κυψελοειδούς δικτύου και σας συνδέει με τους φίλους και την οικογένειά σας αλλά και με περίπου 4,8 δισεκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο (παραδόξως, οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας στη Γη είναι περισσότερες από τους ανθρώπους). Αν υποθέσουμε ότι έχετε μια έξυπνη συσκευή κινητής τηλεφωνίας (smartphone), αυτό σημαίνει ότι έχετε πρόσβαση σε πολύ περισσότερα άτομα μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email), γραπτών μηνυμάτων και βίντεο, καθώς και σε περισσότερους από 1

Το κινητό μου είναι ο καλύτερός μου φίλος. Είναι η επαφή μου με τον έξω κόσμο.

Carrie Underwood

δισεκατομμύριο ιστότοπους στο διαδίκτυο. Το κινητό σας τηλέφωνο σας επιτρέπει επίσης να καταγράφετε μνήμες με τη μορφή σημειωμάτων και εικόνων, να κάνετε αριθμητικούς υπολογισμούς, να αναγνωρίζετε μια μελωδία ή ένα λουλούδι και να βρίσκετε την καλύτερη διαδρομή για το οδικό ταξίδι σας.

Ο εγκέφαλος έχει πολλές ομοιότητες με ένα κινητό τηλέφωνο. Τα νευρωνικά κύτταρα (νευρώνες) παράγουν ένα μικρής έντασης ηλεκτρικό σήμα που επιτρέπει σε κάθε νευρώνα να επικοινωνεί με χίλιους άλλους νευρώνες, οι οποίοι με τη σειρά τους συνδέονται με χιλιάδες άλλους νευρώνες σε ένα δίκτυο με περισσότερους από 80 δισεκατομμύρια νευρώνες. Ένας υπολογιστικός νευροεπιστήμονας εκτιμά ότι η ικανότητα αποθήκευσης του εγκεφάλου ανταγωνίζεται εκείνη του διαδικτύου· κάποιος ψυχολόγος διατύπωσε την άποψη ότι, εάν ο εγκέφαλος ήταν συσκευή εγγραφής βίντεο, θα μπορούσε να αποθηκεύ-

σει βίντεο διάρκειας 300 ετών. Αλλά η αποθήκευση μνημών και πληροφοριών είναι μόνο μία από τις πολλές εργασίες του εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος είναι οργανωμένος σε εξειδικευμένα υποδίκτυα που ενορχιστρώνουν τους 640 μυς του σώματός μας, παράγουν σκέψη και λαμβάνουν αποφάσεις, εκτελούν αριθμητικούς υπολογισμούς, παρακολουθούν πού βρισκόμαστε και μας βοηθούν να περιηγούμε στον κόσμο μας, μας λένε πότε να πιούμε, πότε να φάμε και τι να φάμε, ενώ παράλληλα μας παρέχουν τη μοναδική για τα ανθρώπινα όντα γλωσσική ικανότητα, όπως και το εύρος των αισθητηριακών ικανοτήτων μας. Όπως τα κινητά τηλέφωνα, έτσι και ο εγκέφαλος έχει εξελιχθεί με την πάροδο του χρόνου και μεταξύ των ειδών, όμως, στην προκειμένη περίπτωση, δεν αυξήθηκε μόνο η ικανότητά του αλλά και το μέγεθός του. Και όμως, όλη η εκπληκτική δύναμή του είναι συγκεντρωμένη σε μόλις 1,3 κιλά ιστού που καταναλώνει την ίδια ποσότητα ενέργειας με έναν λαμπτήρα 20W!

Τα κινητά τηλέφωνα έγιναν ευρέως γνωστά την τελευταία δεκαετία του 20ού αιώνα, τόσο ως προς τις δυνατότητές τους—όπως οι ενσωματωμένες κάμερες, η συνδεσιμότητα Bluetooth και η δυνατότητα διεθνών κλήσεων—όσο και ως προς τη δημοτικότητά τους, η οποία αποδεικνύεται από το γεγονός ότι οι πωλήσεις κινητών τηλεφώνων σε παγκόσμιο επίπεδο

το 1998 ήταν περισσότερες από όσες ήταν οι πωλήσεις αυτοκινήτων και υπολογιστών μαζί. Η περίοδος αυτή ήταν επίσης τόσο σημαντική για το νεοεμφανιζόμενο τότε πεδίο της νευροεπιστήμης, ώστε στις Ηνωμένες Πολιτείες χαρακτηρίστηκε ως η «Δεκαετία του Εγκεφάλου». Σχεδιασμένη ως μια προσπάθεια για να αυξηθεί η ευαισθητοποίηση του κοινού για τα οφέλη της έρευνας του εγκεφάλου, η Δεκαετία του Εγκεφάλου ήταν παράλληλα μια ευκαιρία για να αναγνωριστούν τα επιτεύγματα του παρελθόντος και πρόσφερε μια νηφάλια ματιά στο μέλλον. Στο κατώφλι μιας νέας χιλιετίας, αντιληφθήκαμε ότι είχαμε την υποχρέωση να διευρύνουμε τους ορίζοντες της ανθρώπινης γνώσης και να προάγουμε τη θεραπεία νευρολογικών παθήσεων, συναισθηματικών διαταραχών και συμπεριφορών εθισμού που κοστίζουν στις ΗΠΑ ένα τρισεκατομμύριο δολάρια ετησίως λόγω κόστους υγειονομικής περίθαλψης, χαμένης παραγωγικότητας και εγκληματικότητας (Uhl & Grow, 2004). Από τότε, αναπτύξαμε νέες θεραπείες για την κατάθλιψη, ταυτοποιήσαμε τα βασικά γονίδια που ευθύνονται για τις καταστροφικές συνέπειες της σχιζοφρένειας, αναπτύξαμε φάρμακα που αποτρέπουν τον εθισμό σε φαρμακευτικές ουσίες, βρήκαμε τρόπους να επιβραδύνουμε την εξασθένηση της μνήμης στη νόσο Alzheimer, δημιουργήσαμε έναν χάρτη του ανθρώπινου γονιδιώματος και κοιτάξαμε κυριολεκτικά μέσα στον ίδιο τον εγκέφαλο για να παρακολουθήσουμε τη λειτουργία του. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι όλα αυτά τα επιτεύγματα συντελέστηκαν σε ένα τόσο σύντομο χρονικό διάστημα, αλλά στην πραγματικότητα έχουν τις ρίζες τους σε ένα επιστημονικό παρελθόν 300 ετών και σε 22 αιώνες σκέψης και έρευνας πριν από αυτό. Γι' αυτόν τον λόγο, θα εξετάσουμε εν συντομία αυτές τις συνδέσεις με το παρελθόν μας.

Εικόνα 1.1. Ο πρωτοπόρος μηχανικός Martin Cooper με το κινητό τηλέφωνο Motorola DynaTAC 8000X.

Όταν κυκλοφόρησε το πρώτο κινητό τηλέφωνο χειρός το 1984 κόστιζε 4.000 δολάρια (περίπου 10.000 δολάρια σήμερα), η μπαταρία του χρειαζόταν 10 ώρες φόρτισης και είχε μόνο 30 λεπτά χρόνο ομιλίας.



Πηγή: Ted Soqui/Corbis Historical/Getty Images.

Η προέλευση της συμπεριφορικής νευροεπιστήμης

Ο όρος *νευροεπιστήμη* προσδιορίζει το αντικείμενο της έρευνας και όχι την επιστημονική κατάρτιση. Ένας νευροεπιστήμονας μπορεί να είναι βιολόγος, φυσιολόγος, ανατόμος, νευρολόγος, χημικός, ψυχολόγος, ψυχίατρος ή ακόμη και ειδικός στην επιστήμη της πληροφορικής ή φιλόσοφος. Οι ψυχολόγοι που εργάζονται στον τομέα της νευροεπιστήμης ειδικεύονται στη *συμπεριφορική νευροεπιστήμη*, τον κλάδο της ψυχολογίας που μελετά τις σχέσεις μεταξύ της συμπεριφοράς και του σώματος, και ιδιαίτερα του εγκεφάλου. (Ο όρος συμπεριφορική νευροεπιστήμη είναι ο πιο σύγχρονος όρος για τη *βιολογική ψυχολο-*

? Τι είναι η συμπεριφορική νευροεπιστήμη και πώς σχετίζεται με την ψυχολογία;

Στον κλάδο των επιστημών, βρισκόμαστε στη μοναδική προνομιούχα θέση να καθόμαστε δίπλα δίπλα στους γίγαντες των οποίων τα βήματα πατάμε.

Gerald Holton

γία· ορισμένες φορές χρησιμοποιείται και ο όρος *βιο-ψυχολογία*, *ψυχοβιολογία* ή *φυσιολογική ψυχολογία*). Για τους ψυχολόγους, η *συμπεριφορά* έχει ένα πολύ ευρύ νόημα, το οποίο περιλαμβάνει όχι μόνο εμφανείς πράξεις αλλά και εσωτερικά γεγονότα, όπως η μάθηση, η σκέψη και το συναίσθημα. Οι συμπεριφορικοί νευροεπιστήμονες επιχειρούν να απαντήσουν σε ερωτήματα όπως «Τι αλλάζει στον εγκέφαλο κατά τη μάθηση;» «Γιατί ένα άτομο φτάνει στο σημείο να εκδηλώσει κατάθλιψη και ένα άλλο, υπό παρόμοιες συνθήκες, αγχώνεται, ενώ ένα τρίτο άτομο φαίνεται να μην επηρεάζεται;» «Πώς εξηγούνται τα συναισθήματα από την άποψη της φυσιολογίας;» «Πώς αναγνωρίζουμε το πρόσωπο ενός φίλου;» «Πώς η δραστηριότητα του εγκεφάλου έχει ως αποτέλεσμα τη συνειδητότητα;». Όπως θα δούμε στο Κεφάλαιο 4, οι συμπεριφορικοί νευροεπιστήμονες χρησιμοποιούν μια ποικιλία ερευνητικών τεχνικών για να απαντήσουν αυτά τα ερωτήματα. Όποια και αν είναι η περιοχή μελέτης τους ή η ερευνητική στρατηγική τους, οι συμπεριφορικοί νευροεπιστήμονες προσπαθούν να προχωρήσουν πέρα από θέματα που αφορούν στους μηχανισμούς λειτουργίας του εγκεφάλου για να επικεντρωθούν στον ρόλο του εγκεφάλου στη συμπεριφορά.

Για να εκτιμήσουμε πραγματικά τα εντυπωσιακά επιτεύγματα των σύγχρονων ερευνητών του εγκεφάλου, είναι χρήσιμο, ίσως και απαραίτητο, να κατανοήσουμε τη σκέψη και το έργο των προκατόχων τους. Οι σύγχρονοι επιστήμονες πατούν στα βήματα των πνευματικών προγόνων τους, οι οποίοι έκαναν ηρωικές προόδους με πολύ λιγότερες πληροφορίες στη διάθεσή τους από όσες είναι διαθέσιμες στον σημερινό προπτυχιακό φοιτητή.

Ορισμένοι συγγραφείς επισήμαναν ότι η ψυχολογία έχει μια σύντομη ιστορία αλλά ένα μακρύ παρελθόν. Αυτό που εννοούν είναι ότι οι στοχαστές έχουν καταβάλει σημαντική προσπάθεια για να απαντήσουν σε ερωτήματα σχετικά με τη συμπεριφορά και την εμπειρία για περισσότερο από δύο χιλιετίες, αλλά η ψυχολογία αναδύθηκε ως ξεχωριστή επιστήμη σχετικά πρόσφατα. Η ημερομηνία που οι περισσότεροι δέχονται είναι το 1879, όταν ο Wilhelm Wundt (Εικόνα 1.2) ίδρυσε το πρώτο εργαστήριο ψυ-

χολογίας στη Λειψία. Ωστόσο, η βιολογική ψυχολογία δεν εμφανίστηκε ως ξεχωριστή επιστήμη παρά μόνον όταν οι ψυχολόγοι παρείχαν πειστικές αποδείξεις για το ότι η βιολογική προσέγγιση θα μπορούσε να απαντήσει σε σημαντικά ερωτήματα σχετικά με τη συμπεριφορά. Για να γίνει αυτό, έπρεπε να αποδεχθούν ένα παλαιό φιλοσοφικό ερώτημα σχετικά με τη φύση του νου. Επειδή το ερώτημα αποτελεί ένα νήμα που θα μας βοηθήσει να ιχνηλατήσουμε την ανάπτυξη της συμπεριφορικής νευροεπιστήμης, θα προσανατολίσουμε τη συζήτησή μας γύρω από αυτό το ζήτημα.

Η προεπιστημονική ψυχολογία και το πρόβλημα νου-εγκεφάλου

Ονομάζεται συνήθως «πρόβλημα νου-σώματος», αλλά σε αυτό το βιβλίο θα το διατυπώσουμε διαφορετικά, ώστε να δοθεί η έμφαση ακριβώς εκεί που πρέπει – στον εγκέφαλο. Το *πρόβλημα νου-εγκεφάλου* αφορά στο τι είναι νους και ποια η σχέση του με τον εγκέφαλο. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι το σώμα παίζει συστατικό ρόλο στη συμπεριφορά μας, αλλά ο νους ελέγχει τον εγκέφαλο ή ισχύει το αντίστροφο; Εναλλακτικά, ο νους και ο εγκέφαλος είναι το ίδιο πράγμα; Ο τρόπος με τον οποίο απαντώνται αυτά τα ερωτήματα επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο θέτουμε όλα τα άλλα ερωτήματα της νευροεπιστήμης.

Εικόνα 1.2. Wilhelm Wundt (1832-1920).



Πηγή: Weltrundschau zu Reclams Universum 1902.

Με κίνδυνο να φανούμε προκλητικοί, υποστηρίζουμε ότι δεν υπάρχει *νους*. Υπάρχει μόνο με την ίδια έννοια που, για παράδειγμα, υπάρχει ο καιρός. Ο καιρός είναι μια έννοια που χρησιμοποιείται για να συμπεριλάβει τη βροχή, τον άνεμο, την υγρασία και συναφή φαινόμενα. Μιλάμε σαν να υπάρχει *ένας καιρός* όταν χρησιμοποιούμε εκφράσεις όπως «Ο καιρός μου χάλασε τα σχέδια και δεν πήγα ταξίδι». Αλλά κανείς δεν πιστεύει πραγματικά ότι υπάρχει *ένας καιρός*. Οι περισσότεροι νευροεπιστήμονες, αν και όχι όλοι, πιστεύουν ότι πρέπει να σκεφτόμαστε για τον νου με τον ίδιο τρόπο. Πρόκειται απλώς για το σύνολο των διεργασιών που εκτελεί ο εγκέφαλος, όπως η σκέψη, οι αισθήσεις, ο προγραμματισμός και το συναίσθημα. Ωστόσο, όταν σκεφτόμαστε, αισθανόμαστε, σχεδιάζουμε και βιώνουμε συναισθήματα, έχουμε την έντονη εντύπωση ότι υπάρχει *ένας νους* πίσω από όλα, ο οποίος καθοδηγεί αυτά που κάνουμε. Οι περισσότεροι νευροεπιστήμονες λένε ότι πρόκειται απλώς για μια ψευδαίσθηση, ότι δηλαδή η αίσθηση του νου δεν είναι τίποτα περισσότερο από την επίγνωση αυτού που κάνει ο εγκέφαλος. Ο νους, όπως ο καιρός, είναι απλώς μια έννοια· δεν είναι *κάτι*· δεν *κάνει* τίποτα.

Αυτή η θέση είναι γνωστή ως *μονισμός* και προέρχεται από τη λέξη *μόνος*. Ο *μονισμός* είναι η ιδέα ότι ο νους και το σώμα αποτελούνται από την ίδια ουσία. Οι ιδεαλιστές μονιστές πιστεύουν ότι όλα είναι άυλος νους, αλλά οι περισσότεροι μονιστές υποστηρίζουν τη θέση ότι το σώμα, ο νους και όλα τα άλλα προέρχονται από την ύλη. Αυτή η άποψη ονομάζεται *υλιστικός μονισμός*. Η ιδέα ότι ο νους είναι ξεχωριστός από τον εγκέφαλο ονομάζεται *δυϊσμός*. Για τους περισσότερους δυϊστές, το σώμα είναι υλικό και ο νους είναι άυλος. Οι περισσότεροι δυϊστές πιστεύουν επίσης ότι ο νους επηρεάζει τη συμπεριφορά μέσω της αλληλεπίδρασής του με τον εγκέφαλο.

Αυτό το ερώτημα δεν προήλθε από τη σύγχρονη ψυχολογία. Οι Έλληνες φιλόσοφοι το συζητούσαν τον 5ο αιώνα π.Χ. (G. Murphy, 1949), όταν ο Δημόκριτος πρότεινε ότι τα πάντα στον κόσμο αποτελού-

νται από άτομα (*άτομος* με την έννοια του μη διαιρετού), ο όρος του για το μικρότερο δυνατό σωματίδιο. Ακόμη και η ψυχή, η οποία περιλάμβανε τον νου, αποτελούνταν από άτομα, οπότε και αυτή ήταν ύλη. Ο Πλάτων και ο Αριστοτέλης, οι οποίοι θεωρούνται οι δύο σπουδαιότεροι διανοητές των αρχαίων Ελλήνων, συνέχισαν τη συζήτηση τον 4ο αιώνα π.Χ. Ο Πλάτων ήταν δυϊστής, ενώ ο μαθητής του, ο Αριστοτέλης, υποστήριζε ότι ψυχή και σώμα είναι ένα, στην προσπάθειά του να εξηγήσει τη μνήμη, τα συναισθήματα και τη συλλογιστική.

Η υπεράσπιση της μίας ή της άλλης θέσης δεν ήταν εύκολη υπόθεση. Οι δυϊστές έπρεπε να εξηγήσουν πώς ο άυλος νους επηρεάζει το υλικό σώμα και οι μονιστές πώς ο υλικός εγκέφαλος ευθύνεται για νοητικές διεργασίες, όπως η αντίληψη και η συνειδητή εμπειρία. Ωστόσο, ο νους δεν ήταν παρατηρήσιμος, και ακόμη και η στοιχειώδης κατανόηση της λειτουργίας των νεύρων δεν επιτεύχθηκε μέχρι τον 19ο αιώνα, επομένως καμία πλευρά δεν είχε αρκετά «πολεμοφόδια για τη μάχη».

Ο Καρτέσιος και το φυσικό μοντέλο συμπεριφοράς

Οι επιστήμονες συχνά καταφεύγουν στη χρήση μοντέλων για να κατανοήσουν αυτό που μελετούν. *Μοντέλο* είναι ένας προτεινόμενος μηχανισμός για το πώς λειτουργεί κάτι. Ορισμένες φορές, ένα μοντέλο έχει τη μορφή θεωρίας, όπως η εξήγηση του Δαρβίνου ότι ένα είδος ανέπτυξε νέες δυνατότητες, επειδή η ικανότητα βελτίωσε την επιβίωση του ατόμου και την ευκαιρία να αναπαραχθεί. Άλλες φορές, το μοντέλο είναι ένας απλούστερος οργανισμός ή σύστημα που οι ερευνητές μελετούν σε μια προσπάθεια να κατανοήσουν έναν πιο σύνθετο οργανισμό ή σύστημα. Για παράδειγμα, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν τον επίμυ για να μοντελοποιήσουν τα πάντα, από τη μάθηση μέχρι τη νόσο Alzheimer στους ανθρώπους, και ο υπολογιστής έχει συχνά χρησιμεύσει ως μοντέλο γνωστικών διεργασιών.

Τον 17ο αιώνα, ο Γάλλος φιλόσοφος και φυσιολόγος Καρτέσιος (René Descartes) (Εικόνα 1.3α) χρησιμοποίησε ένα υδραυλικό μοντέλο για να εξηγήσει τη δραστηριότητα του εγκεφάλου (Descartes, 1662/1984). Για την επιλογή του υδραυλικού μοντέλου, ο Καρτέσιος επηρεάστηκε από την παρατήρηση των αγγαμάτων στους βασιλικούς κήπους του Σεν

? Ποια είναι η διαφωνία μεταξύ μονιστών και δυϊστών ως προς το ζήτημα νου-εγκεφάλου;

Η φύση του νου και της ψυχής είναι σωματική.

Λουκρήτιος, περί το 50 π.Χ.

Αυτό που ονομάζουμε νου είναι απλώς ένας τρόπος να μιλάμε για τις λειτουργίες του εγκεφάλου μας.

Francis Crick, 1966

? Τι είναι μοντέλο στην επιστήμη και με ποιον τρόπο είναι χρήσιμο;

Εικόνα 1.3. Ο Καρτέσιος (1596-1650) και το υδραυλικό μοντέλο.

Ο Καρτέσιος πίστευε ότι η συμπεριφορά ελέγχεται από τα ζωικά πνεύματα που ρέουν μέσα από τα νεύρα.



Πηγή: (α) Ευγενική παραχώρηση της National Library of Medicine. (β) Bettmann/Getty Images.

Ζερμέν. Όταν κάποιος επισκέπτης πατούσε σε ορισμένες από τις πλάκες, η πίεση ωθούσε νερό μέσω σωλήνων στα αγάλματα και τα έκανε να μετακινούνται. Χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέλο, ο Καρτέσιος στη συνέχεια υποστήριξε ότι τα νεύρα ήταν επίσης κοίλοι σωλήνες. Το υγρό που μετέφεραν δεν ήταν νερό, αλλά αυτό που αποκαλούσε «ζωικά πνεύματα». Αυτά έρρεαν από τον εγκέφαλο και προκαλούσαν τη διόγκωση των μυών με αποτέλεσμα την παραγωγή κίνησης. Οι αισθήσεις, οι μνήμες και άλλες νοητικές λειτουργίες ήταν αποτέλεσμα της ροής των ζωικών πνευμάτων μέσα από «πόρους» στον εγκέφαλο. Τα ζωικά πνεύματα διοχετεύονταν στον εγκέφαλο από την επίφυση (Εικόνα 1.3β). Ο Καρτέσιος επέλεξε την επίφυση βάσει του συμπεράσματός του ότι βρίσκεται στην ιδανική θέση για να εξυπηρετήσει αυτή τη λειτουργία. Καθώς προσαρτάται ακριβώς κάτω από τα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια χάρη στον εύκαμπτο μίσχο της, φαινόταν ότι ήταν δυνατό να κάμπτεται σε διαφορετικές γωνίες για να κατευθύνει τη ροή των ζωικών πνευμάτων σε κρίσιμες περιοχές του εγκεφάλου. Έτσι, για τον Καρτέσιο, η επίφυση έγινε η «έδρα της ψυχής», ο τόπος όπου ο νους αλληλεπιδρούσε με το σώμα. Παρόλο που ο Καρτέσιος απέδιδε τον έλεγχο στον νου, η ασυνήθιστη έμφαση που έδωσε στη

σωματική εξήγηση της συμπεριφοράς προμήνυε την εμφάνιση της φυσιολογικής προσέγγισης που σύντομα θα ακολουθούσε.

Ο Καρτέσιος δεν είχε κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν ο εγκέφαλος και το σώμα, συνεπώς βασίστηκε σε λίγη γνώση ανατομίας και πολλή εικτολογία. Το υδραυλικό του μοντέλο δεν αντιπροσώπευε μόνο μια σημαντική μετατόπιση στη σκέψη· καταδεικνύει επίσης το γεγονός ότι ένα μοντέλο ή μια θεωρία μπορεί να μας οδηγήσει σε λανθασμένη κατεύθυνση, τουλάχιστον προσωρινά. Ευτυχώς, ήταν η εποχή της Αναγέννησης, μια εποχή όχι μόνο καλλιτεχνικής ανάπτυξης και εξερεύνησης του κόσμου, αλλά και επιστημονικής περιέργειας. Οι στοχαστές άρχισαν να δοκιμάζουν τις ιδέες τους μέσω της άμεσης παρατήρησης και του πειραματικού χειρισμού, καθώς η Αναγέννηση γέννησε την επιστήμη. Με άλλα λόγια, υιοθέτησαν τη μέθοδο του *εμπειρισμού*, πράγμα που σημαίνει ότι συγκέντρωναν τις πληροφορίες τους μέσω της παρατήρησης περισσότερο παρά μέσω της λογικής, της διαίσθησης ή άλλων οδών.



Ποιες ήταν οι δύο ανακαλύψεις που προήγαγαν την πρώτη κατανόηση του εγκεφάλου;

Η πρόοδος ήταν αργή, αλλά αναδύθηκαν δύο αρχές μείζονος σημασίας, καθώς οι πρώτοι επιστήμονες ανήγγειλαν το μέλλον.

Ο Helmholtz και ο ηλεκτρικός εγκέφαλος

Στα τέλη του 18ου αιώνα, ο Ιταλός φυσιολόγος Luigi Galvani έδειξε ότι μπορούσε να κάνει έναν μυ στο πόδι ενός βατράχου να συσπαστεί, διεγείροντας με ηλεκτρισμό το νεύρο που κινητοποιεί τον συγκεκριμένο μυ, ακόμα και μετά την απομάκρυνση του νεύρου και του μυός από το σώμα του βατράχου. Έναν αιώνα αργότερα στη Γερμανία, ο Gustav Fritsch και ο Eduard Hitzig (1870) παρήγαγαν κίνηση σε σκύλους διεγείροντας με ηλεκτρισμό τους εκτεθειμένους εγκεφάλους τους. Αυτό που έδειξαν οι επιστήμονες ήταν ότι τα ζωικά πνεύματα δεν ήταν υπεύθυνα για την κίνηση. Αντίθετα, η αιτία ήταν τα νεύρα που λειτουργούν με ηλεκτρισμό! Ωστόσο, ο Γερμανός φυσικός και φυσιολόγος Hermann von Helmholtz (Εικόνα 1.4) απέδειξε ότι τα νεύρα δεν συμπεριφέρονται ως καλώδια που άγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Μπόρεσε να μετρήσει την ταχύτητα της αγωγής των νεύρων και σύμφωνα με τον υπολογισμό που έκανε (27,4 μ./δευτ.) ήταν πολύ μικρότερη από την ταχύτητα του ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο ταξιδεύει μέσα από καλώδια με την

ταχύτητα του φωτός (186.000 μίλ./δευτ. ή 299.000 χλμ./δευτ.). Ήταν προφανές ότι οι ερευνητές είχαν να κάνουν με ένα βιολογικό φαινόμενο και ότι η λειτουργία των νεύρων και του εγκεφάλου προσφερόταν για επιστημονική μελέτη. Ξεκινώντας από αυτή τη διαπίστωση, οι μελέτες του Helmholtz για την όραση και την ακοή έδωσαν «στους ψυχολόγους την πρώτη σαφή ιδέα για το πώς μπορεί να μοιάζει ένας πλήρως μηχανιστικός “νους”» (Fancher, 1979, σ. 41). Όπως θα δείτε στα επόμενα κεφάλαια, ο Helmholtz ήταν τόσο διορατικός ως προς τις ιδέες του που ακόμα και σήμερα αναφερόμαστε στις θεωρίες του για την όραση και την ακοή ως σημείο εκκίνησης για να περιγράψουμε τις τρέχουσες θεωρίες.

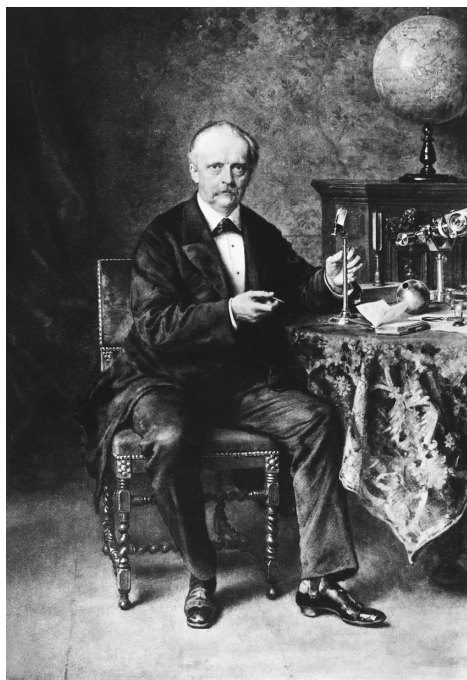
Ποτέ δεν μπορούσα να τηρήσω μια υπόσχεση... Είναι πιθανό ότι ήταν τόσο άπλετος ο χώρος που δόθηκε στο όργανο που μου επιτρέπει να δίνω υποσχέσεις, ώστε το όργανο που θα μου επέτρεπε να τις τηρήσω εκτοπίστηκε.

Mark Twain, *Innocents Abroad*

Το ζήτημα του εντοπισμού λειτουργιών

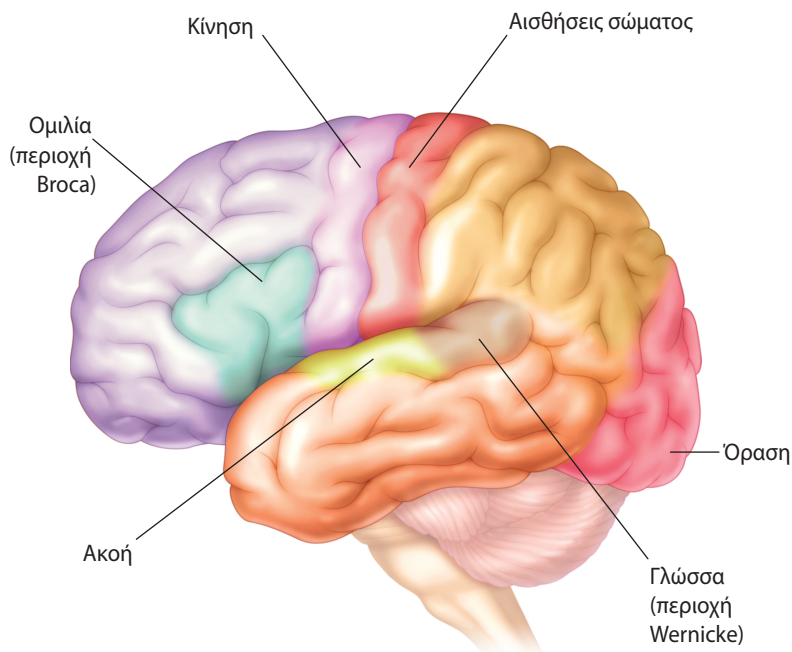
Η δεύτερη σημαντική αρχή που προέκυψε από αυτή την περίοδο —ο εντοπισμός λειτουργιών— εμφανίστηκε κατά το πρώτο μισό του 19ου αιώνα. *Εντοπισμός λειτουργιών* είναι η ιδέα ότι συγκεκριμένα μέρη του εγκεφάλου εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες. Οι μελέτες των Fritsch και Hitzig σε σκύλους επιβεβαίωσαν με αντικειμενικό τρόπο τις πιο περιστασιακές παρατηρήσεις γιατρών, οι οποίες χρονολογούνται από τον 17ο αιώνα π.Χ. στην Αίγυπτο (Breasted, 1930), αλλά δύο ιατρικές μελέτες περιπτώσεων ήταν εκείνες που πραγματικά τράβηξαν την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας. Το 1848, ο Phineas Gage, ένας εργοδηγός σε μια εταιρεία κατασκευής σιδηροδρόμων, τραυματίστηκε όταν μια έκρηξη δυναμίτη είχε ως αποτέλεσμα μια σιδερένια ράβδος να διαπεράσει το κρανίο και τους μετωπιαίους λοβούς του εγκεφάλου του (βλ. Κεφάλαιο 3). Παραδόξως, επέζησε χωρίς να επηρεαστεί αρνητικά η νοημοσύνη και να εκδηλωθούν ελλείμματα στη μνήμη, την ομιλία ή την κίνηση. Έγινε, όμως, ανεύθυνος και χυδαίος και δεν μπορούσε να συμμορφωθεί με τις κοινωνικές συμβάσεις (H. Damasio, Grabowski, Frank, Galaburda, & Damasio, 1994). Στη συνέχεια, το 1861, ο Γάλλος γιατρός Paul Broca (Εικόνα 1.5) πραγματοποίησε αυτοψία στον εγκέφαλο ενός άνδρα που είχε χάσει την ικανότητα της ομιλίας έπειτα από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο. Η αυτοψία έδειξε ότι η βλάβη περιοριζόταν σε

Εικόνα 1.4. Hermann von Helmholtz (1821-1894).



Πηγή: INTERFOTO/Alamy.

Εικόνα 1.7. Ορισμένες από τις λειτουργικές περιοχές του εγκεφάλου.



εγκεφάλου στη γλώσσα, την οπτική αντίληψη, τη συναισθηματική συμπεριφορά, τον κινητικό έλεγχο και τη μάθηση. Μάλιστα, θα μάθετε ότι οι νευροεπιστήμονες είναι σήμερα λιγότερο πιθανό να ρωτήσουν πού εντοπίζεται μια λειτουργία από το να ρωτήσουν πώς ολοκληρώνει ο εγκέφαλος τη δραστηριότητα από διάφορες περιοχές σε μία μοναδική εμπειρία ή συμπεριφορά. Παρ' όλα αυτά, οι υποστηρικτές του εντοπισμού λειτουργιών ενίσχυσαν τη θέση των μονιστών δείχνοντας ότι η γλώσσα, το συναίσθημα, ο κινητικός έλεγχος και ούτω καθεξής ελέγχονται από *σχετικά* συγκεκριμένες θέσεις στον εγκέφαλο (Εικόνα 1.7). Αυτό σήμαινε ότι ο νους σταμάτησε να *αποτελεί την εξήγηση* και κατέστη το *φαινόμενο που πρέπει να εξηγηθεί*.

Πρέπει να κατανοήσετε ότι σε ορισμένους κύκλους εξακολουθεί να υπάρχει διαμάχη σχετικά με τη φύση και τον ρόλο του νου. Για παράδειγμα, ορισμένοι νευροεπιστήμονες πιστεύουν ότι η έρευνα του εγκεφάλου δεν θα μπορέσει να εξηγήσει πώς ένας υλικός εγκέφαλος μπορεί να δημιουργήσει συνειδητή εμπειρία και ότι αυτό θα σημάνει την οριστική κατάδικη του υλισμού. Αυτοί οι μη υλιστές νευροεπιστήμονες ερμηνεύουν τις αλλαγές του εγκεφάλου που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της συμπεριφορικής θεραπείας ως απόδειξη του ότι ο νους αλλάζει τον εγκέφαλο (J. M. Schwartz, Stoessel, Baxter, Martin, & Phelps, 1996, βλ. Κεφάλαιο 14). Φυσικά, αυτό

που βλέπουν οι υλιστές νευροεπιστήμονες είναι τον εγκέφαλο να αλλάζει τον εγκέφαλο (Geftter, 2008). Η νευροεπιστήμη έχει καταφέρει να εξηγήσει μεγάλο μέρος της συμπεριφοράς χωρίς καμία αναφορά στον άυλο νου και καθώς θα διαβάσετε το υπόλοιπο βιβλίο θα αρχίσετε να καταλαβαίνετε γιατί οι περισσότεροι επιστήμονες του εγκεφάλου θα αυτοπροσδιορίζονταν ως υλικοί μονιστές.

? Ποιος είναι ο κίνδυνος για τον νου ως εξήγηση;

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΝΟΙΩΝ

Αφιερώστε λίγο χρόνο για να ελέγξετε τις γνώσεις και την κατανόησή σας

- Ποια αλλαγή μεθόδου διαφοροποίησε τη φιλοσοφία από την επιστήμη;
- Ποιες ήταν οι σημαντικές επιπτώσεις των ανακαλύψεων ότι η αγωγή των νευρών είναι ηλεκτρική και ότι συγκεκριμένα τμήματα του εγκεφάλου έχουν (λίγο ή πολύ) συγκεκριμένες λειτουργίες;
- Ποια είναι η θέση των επιστημόνων στο ζήτημα του εντοπισμού λειτουργιών;

Φύση και γαλουχία

Ένα δεύτερο εξαιρετικά σημαντικό ζήτημα στην κατανόηση των βιολογικών βάσεων της συμπεριφοράς είναι το ζήτημα *φύση έναντι γαλουχίας* ή πόσο σημαντική είναι η κληρονομικότητα σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιρροές στη διαμόρφωση της συμπεριφοράς. Όπως το ζήτημα νου-εγκεφάλου, έτσι και το ζήτημα φύσης-γαλουχίας είναι ένα από τα πιο αμφιλεγόμενα θέματα της ψυχολογίας, τουλάχιστον όσον αφορά στην κοινή γνώμη. Τα επιχειρήματα βασίζονται σε συναισθήματα και αξίες σχεδόν τόσο συχνά όσο και σε αποδεικτικά στοιχεία και τη λογική. Για παράδειγμα, ορισμένοι επικριτές διαμαρτύρονται ότι η απόδοση της συμπεριφοράς στην κληρονομικότητα αποτελεί απλώς μια μορφή δικαιολόγησης πράξεων, για τις οποίες θα έπρεπε να θεωρηθεί υπεύθυνο το άτομο ή η κοινωνία. Αποδεικνύεται ότι ένας ιδιαίτερα μεγάλος αριθμός συμπεριφορών επηρεάζονται σε κάποιον βαθμό από την κληρονομικότητα, οπότε θα μελετήσουμε ξανά αυτό το ζήτημα στα επόμενα κεφάλαια. Επειδή υπάρχει τόσο μεγάλη σύγχυση σχετικά με την κληρονομικότητα, πριν προχωρήσουμε παρακάτω, πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι καταλαβαίνετε τι εννοούμε όταν λέμε ότι μια συμπεριφορά είναι κληρονομική.

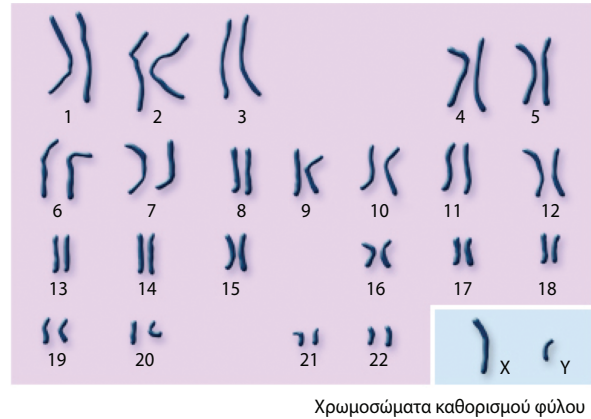


Πώς κληρονομούνται τα χαρακτηριστικά;

Ο γενετικός κώδικας

Το *γονίδιο* είναι η βιολογική μονάδα που κατευθύνει τις κυτταρικές διεργασίες και διαβιβάζει κληρονομικά χαρακτηριστικά. Τα περισσότερα γονίδια εντοπίζονται στα χρωμοσώματα, τα οποία βρίσκονται στον πυρήνα κάθε κυττάρου, αλλά υπάρχουν και ορισμένα γονίδια σε δομές εκτός του πυρήνα, τα οποία ονομάζονται μιτοχόνδρια. Κάθε σωματικό κύτταρο στον άνθρωπο έχει 46 χρωμοσώματα, διατεταγμένα σε 23 ζεύγη (Εικόνα 1.8). Κάθε ζεύγος διαφοροποιείται ξεκάθαρα από κάθε άλλο ζεύγος. Αυτό είναι σημαντικό, επειδή σε συγκεκριμένα χρωμοσώματα βρίσκονται γονίδια για διαφορετικές λειτουργίες. Τα χρωμοσώματα αναφέρονται με αριθμό, με εξαίρεση τα χρωμοσώματα που καθορίζουν το φύλο: στα θηλαστικά, τα θηλυκά έχουν δύο χρωμοσώματα X, ενώ τα αρσενικά έχουν συνήθως ένα χρωμόσωμα X και ένα χρωμόσωμα Y. Παρατηρήστε ότι τα μέλη ενός ζεύγους χρωμοσωμάτων είναι παρόμοια μεταξύ τους, και πάλι με την εξαί-

Εικόνα 1.8. Μια ομάδα ανθρώπινων χρωμοσωμάτων.



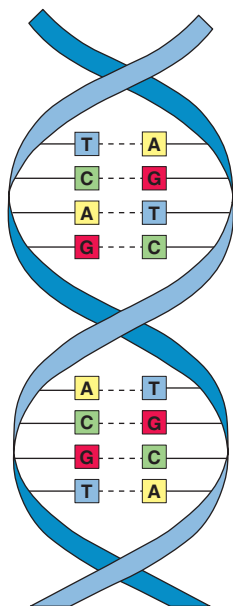
Πηγή: U.S. National Library of Medicine.

ρεση ότι το χρωμόσωμα Y είναι πολύ πιο βραχύ από το χρωμόσωμα X.

Σε αντίθεση με τα κύτταρα του σώματος, τα σπερματοζωάρια των αρσενικών και τα ωάρια των θηλυκών έχουν 23 χρωμοσώματα έκαστο. Όταν αυτά τα φυλετικά κύτταρα σχηματίζονται από τη διαίρεση των γονικών κυττάρων τους, τα ζεύγη των χρωμοσωμάτων διαχωρίζονται, έτσι ώστε κάθε θυγατρικό κύτταρο να λαμβάνει μόνο ένα χρωμόσωμα από κάθε ζεύγος. Όταν το σπερματοζωάριο εισέρχεται στο ωάριο κατά τη διάρκεια της γονιμοποίησης, τα χρωμοσώματα των δύο κυττάρων ενώνονται για να επαναφέρουν τον αριθμό τους στα 46. Το γονιμοποιημένο ωάριο, που ονομάζεται *ζυγώτης*, στη συνέχεια υφίσταται ταχεία κυτταρική διαίρεση και ανάπτυξη, καθώς εξελίσσεται σε λειτουργικό οργανισμό. Για τις πρώτες οκτώ εβδομάδες (στους ανθρώπους), ο νέος οργανισμός ονομάζεται *κύημα* και από τότε μέχρι τη γέννηση *έμβρυο*.

Το μυστήριο του τρόπου με τον οποίο τα γονίδια μεταφέρουν τις γενετικές τους οδηγίες άρχισε να αποκαλύπτεται στους ερευνητές το 1953, όταν οι James Watson και Francis Crick δημοσίευσαν μια προτεινόμενη δομή για το δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ από το οποίο είναι φτιαγμένα τα γονίδια. Το *δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA)* είναι μια δίκλωνη αλυσίδα χημικών μορίων που μοιάζει με σκάλα περιστρεφόμενη γύρω από τον εαυτό της. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο το DNA αναφέρεται συχνά ως *διπλή έλικα* (Εικόνα 1.9). Κάθε σκαλοπάτι της σκάλας αποτελείται από δύο από τα τέσσερα νουκλεοτίδια: την αδενίνη, τη θυμιδίνη, τη γουανίνη και την κυτοσίνη (adenine, thymine, guanine, cytosine – A, T, G, C). Η σειρά με την οποία εμφανίζονται αυτά τα νουκλεοτίδια στη

Εικόνα 1.9. Δομή ενός κλώνου DNA.



σκάλα σχηματίζει τον κώδικα που μεταφέρει όλες τις γενετικές πληροφορίες μας. Το αλφάβητο των τεσσάρων γραμμάτων που αναφέρονται σε αυτά τα νουκλεοτίδια αρκεί για να δώσει τις οδηγίες για κάθε δομή και λειτουργία στο σώμα σας. Πώς μπορεί μια μικροσκοπική δομή να εκτελεί ένα τόσο περίπλοκο έργο; Η συνοδευτική ενότητα «Εφαρμογή» θα σας βοηθήσει να εκτιμήσετε την αξιοσημείωτη πολυπλοκότητα του DNA.

Κατανοούμε μόνο εν μέρει πώς τα γονίδια ελέγχουν την ανάπτυξη του σώματος και τις δραστηριότητές του, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν πολλές πτυχές της συμπεριφοράς. Ωστόσο, γνωρίζουμε ότι τα γονίδια ασκούν την επιρροή τους με έναν απίστευτα απλό τρόπο: παρέχουν τις οδηγίες για την παρασκευή πρωτεϊνών. Ορισμένες από αυτές τις πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται στη δημιουργία του σώματος, ενώ άλλες είναι ένζυμα. Τα ένζυμα δρουν ως καταλύτες, τροποποιώντας τις χημικές αντιδράσεις στο σώμα. Υπολογίζεται ότι οι άνθρωποι διαφέρουν μεταξύ τους στις αλληλουχίες νουκλεοτιδίων που αποτελούν το DNA μας μόνο κατά περίπου 0,5% (S. Levy et al., 2007). Ωστόσο, θα καταλάβετε μέσα από αυτό το βιβλίο ότι αυτή η διαφοροποίηση οδηγεί σε τεράστιες διαφορές στην ανάπτυξη και τη συμπεριφορά.

Επειδή όλα τα χρωμοσώματα, εκτός από δύο, υπάρχουν σε ζεύγη, τα περισσότερα γονίδια υπάρχουν επίσης σε ζεύγη: ένα γονίδιο στο ένα χρωμόσωμα συνδυάζεται με ένα γονίδιο για την ίδια λειτουργία στο άλλο χρωμόσωμα. Η εξαίρεση είναι ότι το μικρότερο χρωμόσωμα Y έχει μόνο το 1/250 των γονι-

δίων του χρωμοσώματος X. Παρόλο που τα γονίδια του ίδιου ζεύγους έχουν τον ίδιο τύπο λειτουργίας, οι επιδράσεις τους συχνά διαφέρουν: αυτές οι διαφορετικές εκδοχές ενός γονιδίου ονομάζονται *αλληλόμορφα* ή *αλλήλια*. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι επιδράσεις των δύο αλληλόμορφων συνδυάζονται έτσι ώστε να παραγάγουν ένα αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, ένα άτομο που φέρει το αλληλόμορφο για την ομάδα αίματος A σε ένα χρωμόσωμα και το αλληλόμορφο για την ομάδα αίματος B στο άλλο θα έχει ομάδα αίματος AB.

Σε άλλες περιπτώσεις, ενδέχεται να κυριαρχεί το ένα αλληλόμορφο ενός γονιδίου. Ένα *κυρίαρχο* αλληλόμορφο ασκεί τη δράση του ανεξάρτητα από το ποιο αλληλόμορφο ζευγαρώνει στο άλλο χρωμόσωμα: ένα *υπολειπόμενο* αλληλόμορφο ασκεί επιρροή μόνο όταν δημιουργεί ζεύγος με το ίδιο αλληλόμορφο. Αυτό απεικονίζεται στην Εικόνα 1.10. Στο παράδειγμα, σημειώστε ότι ο ένας γονέας είναι *ετεροζυγώτης* για το αλληλόμορφο της ομάδας αίματος B, πράγμα που σημαίνει ότι τα δύο αλληλόμορφα είναι διαφορετικά: ο άλλος γονέας είναι *ετεροζυγώτης* για το αλληλόμορφο της ομάδας αίματος A. Τα αλληλόμορφα A και B κυριαρχούν έναντι του αλληλόμορφου ο: ως αποτέλεσμα, κάθε ομάδα αίματος (A, B, AB ή O) έχει ίσες πιθανότητες (μία στις τέσσερις) να εμφανιστεί σε έναν απόγονο. Άτομα με τον ίδιο *φαινότυπο* (ένα παρατηρήσιμο χαρακτηριστικό όπως η ομάδα αίματος B) μπορεί να διαφέρουν ως προς τον *γονότυπο* (συνδυασμοί αλληλόμορφων όπως B και B ή B και O). Στην εικόνα φαίνεται ότι οι γονείς με ομάδα αίματος A και B έχουν μία στις τέσσερις πιθανότητες να κάνουν ένα παιδί με διαφορετικές ομάδες αίματος: μία από αυτές θα είναι *ομοζυγώτης* (θα έχει δηλαδή δύο ταυτόσημα αλληλόμορφα) για το υπολειπόμενο αλληλόμορφο ο.

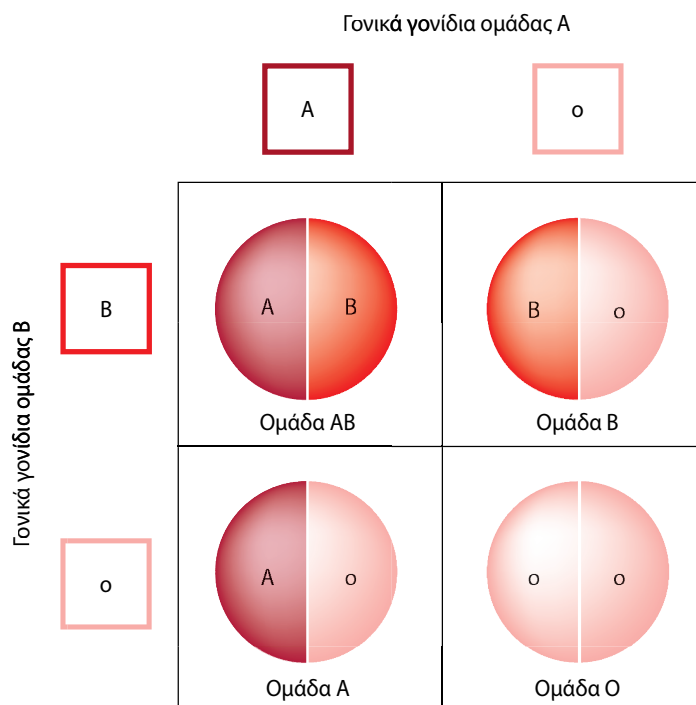
Στην περίπτωση των γονιδίων που δεν έχουν αντίστοιχο αλληλόμορφο στο χρωμόσωμα X, μόνο ένα υπολειπόμενο γονίδιο αρκεί για να παραγάγει μια επίδραση, επειδή δεν υπάρχει το αντίστοιχο κυρίαρχο γονίδιο. Το χαρακτηριστικό το οποίο παράγεται από ένα αλληλόμορφο που βρίσκεται στο χρωμόσωμα X ονομάζεται *φλοσύνδετο* (συνδεδεμένο με το χρωμόσωμα X). Με τόσο μεγάλη διαφορά στον αριθμό των γονιδίων στα χρωμοσώματα X και Y, μπορείτε να αντιληφθείτε τις πιθανές επιδράσεις της σύνδεσης με το χρωμόσωμα X. Ένα παράδειγμα είναι ότι τα αρσενικά άτομα έχουν οκτώ φορές περισσότερες πιθανότητες



Γιατί τα αρσενικά άτομα εμφανίζουν συχνότερα χαρακτηριστικά που προκαλούνται από υπολειπόμενα γονίδια;

Εικόνα 1.10. Ομάδες αίματος στους απογόνους δύο ομάδων γονέων με ομάδα αίματος Α.

Οι κύκλοι στα πλαίσια δείχνουν τους γονότυπους των γονέων των οποίων τα γονίδια επισημαίνονται στο εξωτερικό του πλαισίου. Το κείμενο κάτω από τους κύκλους δείχνει τον φαινότυπο των απογόνων. Επειδή τα αλληλόμορφα Α και Β κυριαρχούν στο αλληλόμορφο ο, ο γονέας Α/ο έχει αίμα ομάδας Α και ο γονέας Β/ο έχει αίμα ομάδας Β. Κάθε απόγονος θα λάβει ένα αλληλόμορφο από κάθε γονέα και τα αλληλόμορφα του μπορούν να παραγάγουν τέσσερις διαφορετικές ομάδες αίματος. Καθεμία από αυτές τις ομάδες αίματος έχει ίσες πιθανότητες (μία στις τέσσερις) να εμφανιστεί σε έναν απόγονο. Επειδή το αλληλόμορφο ο είναι υπολειπόμενο, η αίμα ομάδας Ο είναι δυνατή μόνο αν το παιδί είναι ομοζυγώτης για ο.



από τα θηλυκά άτομα να έχουν δυσχρωματοψία (δαλτονισμό). Ανατρέξτε στο Κεφάλαιο 10 για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτή την ανεπάρκεια.

Ορισμένα χαρακτηριστικά—όπως η ομάδα αίματος και η εκφυλιστική διαταραχή του εγκεφάλου που ονομάζεται νόσος Huntington—προκύπτουν από ένα μόνο ζεύγος γονιδίων, αλλά πολλά χαρακτηριστικά καθορίζονται από πολλά γονίδια, γι' αυτό και τα ονομάζουμε *πολυγονιδιακά*. Το ύψος είναι πολυγονιδιακό και τα περισσότερα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά όπως η νοημοσύνη και οι ψυχολογικές διαταραχές ελέγχονται επίσης από έναν μεγάλο αριθμό γονιδίων.

Γνωρίζουμε από την αρχαιότητα ότι διάφορα ζώα μπορούν να ανατραφούν με τέτοιον τρόπο ώστε να αναπτύξουν επιθυμητά συμπεριφορικά χαρακτηριστικά, όπως η κυνηγετική τους ικανότητα ή μια ήπια ιδιοσυγκρασία που τα καθιστούσε κατάλληλα για κατοικίδια ζώα. Ο Δαρβίνος συνέβαλε στο να εδραιωθεί η άποψη ότι τα συμπεριφορικά γνώρισματά μπορούν να κληροδοτηθούν στους ανθρώπους, αλλά η άποψη

αυτή κλονίστηκε καθώς γινόταν όλο και πιο δημοφιλής η αντίληψη σύμφωνα με την οποία δινόταν έμφαση στη μάθηση ως ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει τη συμπεριφορά. Ωστόσο, τις δεκαετίες του 1960 και του 1970, η κυρίαρχη αντίληψη του αυστηρού περιβαλλοντισμού άρχισε να υποχωρεί και η έμφαση μετατοπίστηκε προς μια ισορροπημένη άποψη σχετικά με τους ρόλους της φύσης και της γαλουχίας (Plomin, Owen, & McGuffin, 1994). Το 1992, η American Psychological Association (Αμερικανική Ψυχολογική Εταιρεία) αναγνώρισε τη γενετική ως ένα από τα πεδία που αντιπροσωπεύουν καλύτερα το παρόν και το μέλλον της ψυχολογίας (Plomin & McClearn, 1993).

Από τα συμπεριφορικά γνώρισματά που βρίσκονται στη σφαίρα επιρροής της γενετικής, περισσότερο έχει διερευνηθεί η νοημοσύνη. Οι περισσότερες



Ποιες είναι κάποιες από τις συμπεριφορές που κληρονομούνται;

συμπεριφορικές διαταραχές, συμπεριλαμβανομένου του αλκοολισμού και του εθισμού σε εξαρτησιογόνες ουσίες, της σχιζοφρένειας, των σοβαρών διαταραχών της διάθεσης και της αγχώδους διαταραχής, είναι επίσης εν μέρει κληρονομικές (McGue & Bouchard, 1998). Το ίδιο μπορούμε να πούμε για ορισμένα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας (T. J. Bouchard, 1994) και τον σεξουαλικό προσανατολισμό (J. M. Bailey & Pillard, 1991· J. M. Bailey, Pillard, Neale, & Agyei, 1993· Kirk, Bailey, Dunne, & Martin, 2000).

Ωστόσο, πρέπει να είμαστε επιφυλακτικοί όταν αναφερόμαστε σε αυτές τις γενετικές επιδράσεις. Τα γονίδια δεν παρέχουν κανένα σενάριο για έξυπνη συμπεριφορά ή οδηγίες για ομοφυλοφιλική συμπεριφορά. Ελέγχουν την παραγωγή πρωτεϊνών και οι πρωτεΐνες με τη σειρά τους επηρεάζουν την ανάπτυξη των δομών του εγκεφάλου, την παραγωγή νευροδιαβιβαστών και των αντίστοιχων υποδοχέων, καθώς και τη λειτουργία του ενδοκρινικού συστήματος. Θα παρουσιάσουμε συγκεκριμένα παραδείγματα στα επόμενα κεφάλαια, όπου θα συζητήσουμε το θέμα σε βάθος.

Το Πρόγραμμα Χαρτογράφησης Ανθρώπινου Γονιδιώματος

Αφότου οι γενετιστές διαπίστωσαν ότι μια συμπεριφορά επηρεάζεται από γονίδια, το επόμενο βήμα ήταν να ανακαλυφθεί ποια γονίδια εμπλέκονται. Οι διάφορες τεχνικές για την ταυτοποίηση των γονιδίων έχουν ως κοινή κατάληξη τον προσδιορισμό του κατά πόσο τα άτομα που μοιράζονται ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό μοιράζονται επίσης ένα συγκεκριμένο γονίδιο ή γονίδια που άλλα άτομα δεν έχουν. Αυτό το έργο είναι εξαιρετικά δύσκολο εάν οι ερευνητές δεν ξέρουν πού ακριβώς να ψάξουν, επειδή η ποσότητα του DNA είναι πολύ μεγάλη. Ωστόσο, η αναζήτηση γονιδίων έλαβε τεράστια ώθηση το 1990, όταν μια κοινοπραξία γενετιστών από 20 εργαστήρια σε όλο τον κόσμο ξεκίνησε ένα πρόγραμμα για να ταυτοποιήσει όλα

τα γονίδια στα χρωμοσώματά μας ή, αλλιώς, το ανθρώπινο γονιδίωμα.

Ο στόχος του Προγράμματος Χαρτογράφησης Ανθρώπινου Γονιδιώματος (Human Genome Project) ήταν να χαρτογραφήσει τη θέση όλων των γονιδίων στα ανθρώπινα χρωμοσώματα και να καθορίσει τους κώδικες των γονιδίων, δηλαδή τη σειρά των βάσεων σε κάθε γονίδιο. Το 2000 –μόλις 10 χρόνια μετά την έναρξη της μελέτης– η ερευνητική ομάδα και ένας ιδιωτικός οργανισμός ανακοίνωσαν ταυτόχρονα ότι είχαν δημιουργήσει «προσχέδια» (International Consortium Sequencing Human Genome, 2001· Venter et al., 2001). Μέσα στα επόμενα 5 χρόνια, είχε καταγραφεί η αλληλουχία ολόκληρου του ανθρώπινου γονιδιώματος (Gregory et al., 2006).

Ωστόσο, όταν πρόκειται για τη λειτουργία των γονιδίων, εξακολουθεί να υπάρχει περισσότερο μυστήριο παρά γνώση. Μόνο 21.000 από τα γονίδιά μας –μόλις το 3% του DNA μας– αποδείχθηκαν ότι κωδικοποιούν πρωτεΐνες (ENCODE Project Consortium, 2012). Η απλούστατη ασκαρίδα έχει 19.735 γονίδια κωδικοποίησης πρωτεΐνης (Hillier, Coulson, & Murray, 2005), οπότε είναι σαφές ότι ο αριθμός των γονιδίων δεν συνδέεται με την πολυπλοκότητα της συμπεριφοράς. Ωστόσο, η ποσότητα του μη κωδικοποιημένου DNA –το οποίο στο παρελθόν ονομάζαμε μη κωδικοποιημένο DNA– πράγματι συνδέεται με την πολυπλοκότητα της συμπεριφοράς (Andolfatto, 2005· Siepel et al., 2005). Τι είναι λοιπόν σημαντικό σχετικά με το «άχρηστο» DNA; Κάποια ποσότητα από αυτό είναι στην πραγματικότητα μη λειτουργικό DNA, υπολείμματα που συσσωρεύτηκαν κατά τη διάρκεια της εξέλιξης. Ωστόσο, το 80% του DNA που δεν κωδικοποιεί πρωτεΐνες είναι βιοχημικά ενεργό και μεγάλο μέρος του ελέγχει την έκφραση άλλων γονιδίων – τη μετάφραση των κωδικοποιημένων πληροφοριών τους σε παραγωγή πρωτεϊνών, ελέγχοντας έτσι τη λειτουργία τους (Pennacchio et al., 2006). Για παράδειγμα, όταν ένα τμήμα μη κωδικοποιημένου DNA, γνωστό ως HACNS1 –το οποίο είναι μοναδικό στον άνθρωπο–, εισάγεται σε ένα κύημα ποντικού, ενεργοποιεί γονίδια στο «αντίβραχιο» και στον «αντίχειρα» (Εικόνα 1.11· Prabhakar et al., 2008). Το DNA που λαμβάνεται από την ίδια περιοχή χιμπατζήδων και πιθήκων ρέζους δεν έχει αυτή την επίδραση. Οι ερευνητές υποθέτουν ότι τα γονίδια που ενεργοποιούνται από το HACNS1 οδήγησαν στη σημαντική από εξελικτική άποψη επιδεξιότητα του ανθρώπινου αντίχειρα.

Ένα δεύτερο ερώτημα είναι τι κάνουν τα γονίδια. Ο γονιδιακός χάρτης δεν απαντά σε αυτή την ερώτηση, αλλά διευκολύνει τον εντοπισμό των γονιδίων που είναι υπεύθυνα για μια συγκεκριμένη διαταραχή ή

? Τι είναι το Πρόγραμμα Χαρτογράφησης Ανθρώπινου Γονιδιώματος και κατά πόσο πέτυχε;

Η προσγείωση ενός ατόμου στο φεγγάρι μάς έδωσε μια εξωγήινη προοπτική της ανθρώπινης ζωής [...] και τώρα η αλληλουχία του ανθρώπινου γονιδιώματος μας δίνει μια άποψη του εσωτερικού γενετικού ικριώματος γύρω από το οποίο διαμορφώνεται κάθε ανθρώπινη ζωή.

Svante Pääbo



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η προοπτική των υπολογιστών DNA



Μια σταγόνα DNA στην άκρη ενός δοκιμαστικού σωλήνα θα μπορούσε να χωρέσει ολόκληρο το περιεχόμενο 600 έξυπνων συσκευών κινητής τηλεφωνίας.

Πηγή: Maggie Bartlett, National Human Genome Research Institute, National Institutes of Health.

Ορισμένοι ερευνητές οραματίζονται τη μέρα που οι υπολογιστές θα κατασκευάζονται από DNA. Αναγνωρίζουν ότι η τρέχουσα τεχνολογία πλησιάζει τα όρια μεγέθους, θερμότητας και ταχύτητας που επιβάλλονται από συστατικά τα οποία έχουν ως βάση το πυρίτιο και πιστεύουν ότι το DNA έχει πολλά πλεονεκτήματα. Σε ένα πείραμα, κλώνοι DNA πραγματοποίησαν βασικές υπολογιστικές λειτουργίες σχεδόν τρεις φορές πιο γρήγορα από τον ταχύτερο υπερυπολογιστή στον κόσμο (Srivastava, 2003). Το μικρό μέγεθος του DNA είναι ιδανικό για παράλληλη επεξεργασία καθώς μόνο 1.018 σειρές θα ήταν αρκετές ώστε να λειτουργήσουν 10.000 φορές πιο γρήγορα από τους σημερινούς υπερυπολογιστές (J. Parker, 2003). Υποθετικά, το DNA θα μπορούσε να επιτρέψει την κατασκευή ενός υπολογιστή που θα είχε την ικανότητα να διερευνήσει ταυτόχρονα όλες τις πιθανές λύσεις σε ένα πρόβλημα (Currin et al., 2017). Η ικανότητά του θα περιοριζόταν μόνο από το μέγεθος του χώρου που θα καταλάμβανε και,

δεδομένου ότι το DNA είναι τόσο πυκνό, μια μάζα μεγέθους όσο ένας κύβος ζάχαρης θα μπορούσε να αποθηκεύσει δεδομένα για τα οποία διαφορετικά θα απαιτούνταν ένα ολόκληρο πολυκατάστημα γεμάτο σύγχρονα ηλεκτρονικά μέσα αποθήκευσης. Επιπλέον, η διάρκεια ζωής των δεδομένων θα ήταν αιώνες και όχι δεκαετίες, όπως ισχύει για τις τρέχουσες μεθόδους αποθήκευσης (Langston, 2016). Όμως, το DNA computing σε μεγάλη κλίμακα δεν θα είναι πρακτικό ούτε οικονομικό. Ο Ross King και οι συνεργάτες του, που μελετούν τη μηχανική νοημοσύνη στο Πανεπιστήμιο του Manchester, αναγνωρίζουν πως το βασικό πρόβλημα είναι ότι δεν ξέρουν πώς μπορούν να προγραμματίσουν αυτούς τους υπολογιστές DNA... ακόμη (Currin et al., 2017). Αντίθετα, αυτή τη στιγμή οι προσπάθειες επικεντρώνονται στην κατασκευή σχετικά απλών λογικών συσκευών, που αποτελούν τα δομικά στοιχεία των υπολογιστών, αλλά οι διάφορες εκδοχές του τύπου DNA θα μπορούσαν να έχουν χρήσιμες εφαρμογές από μόνες τους. Για παράδειγμα, χημικοί στο Πανεπιστήμιο North Carolina χρησιμοποίησαν DNA για να κατασκευάσουν μια πύλη AND, μια λογική συσκευή που στέλνει σήμα μόνο εάν ενεργοποιηθούν και οι δύο εισοδοί της. Κάθε είσοδος μιας συγκεκριμένης εκδοχής DNA ανιχνεύει ένα από τα δύο γονίδια που είναι βιολογικοί δείκτες για πολλαπλούς τύπους καρκίνου. Καθεμία από τις δύο εισόδους της είναι ευαίσθητη σε ένα από τα γονίδια και όταν ενεργοποιούνται και οι δύο, η πύλη αποδεσμεύει ένα φθορίζον μόριο (Hemphill & Deiters, 2013).

Πιο πρόσφατα, ερευνητές στη Σιγκαπούρη χρησιμοποίησαν DNA για να κατασκευάσουν έναν προγραμματιζόμενο επεξεργαστή πολλαπλών εντολών που μιμείται μια συσκευή GPS. Σε έναν χάρτη που περιλαμβάνει έξι τοποθεσίες και πολλές πιθανές διαδρομές, ο επεξεργαστής μπορεί ταυτόχρονα να καθορίσει τις συντομότερες διαδρομές μεταξύ δύο σημείων εκκίνησης και δύο προορισμών (Shu, Wang, Yong, Shao, & Lee, 2015).

συμπεριφορά. Για παράδειγμα, όταν οι γενετιστές αναζητούσαν το γονίδιο που προκαλεί τη νόσο Huntington στις αρχές της δεκαετίας του 1980, διαπίστωσαν ότι τα περισσότερα από τα προσβεβλημένα άτομα σε μια εκτεταμένη οικογένεια μοιράζονταν δύο προηγούμε-

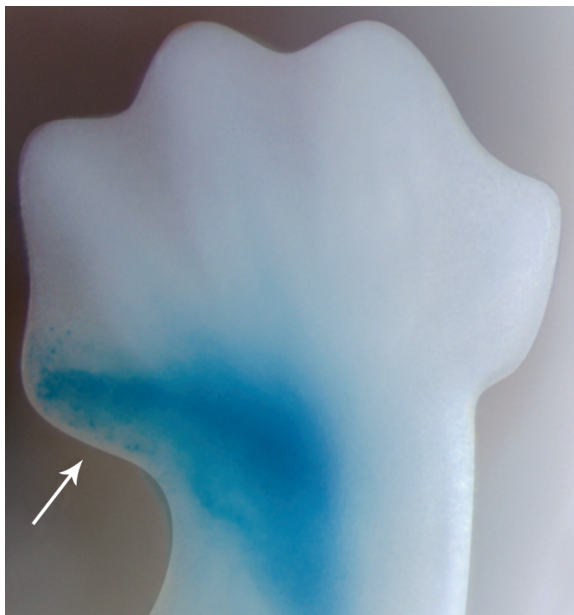
νως ταυτοποιημένα γονίδια με γνωστές θέσεις στο χρωμόσωμα 4, σε αντίθεση με τα μέλη της οικογένειας που δεν είχαν προσβληθεί. Αυτό σήμαινε ότι το γονίδιο Huntington βρισκόταν στο χρωμόσωμα 4 και κοντά σε αυτά τα δύο γονίδια-δείκτες (Gusella et al., 1983). Στην πραγματικότητα, χρειάστηκαν ακόμα 10 χρόνια για να βρεθεί το γονίδιο της νόσου Huntington. Σήμερα, ο γονιδιακός χάρτης μειώνει θεαματικά τον χρόνο που απαιτείται για την ταυτοποίηση γονιδίων.



Η έκβαση της ζωής ενός ατόμου καθορίζεται αποκλειστικά από τα γονίδια;

Εικόνα 1.11. Ανθρώπινο «άχρηστο» DNA ενεργοποιεί γονίδια στο πέλμα ενός κυήματος ποντικού.

Για να προσδιοριστεί πού επιδρούσε το DNA, συνδυάστηκε με ένα γονίδιο που παράγει μια μπλε πρωτεΐνη όταν ενεργοποιείται. Η μπλε περιοχή δείχνει ότι το HACNS1 στοχεύει γονίδια στην περιοχή που αντιστοιχεί στον ανθρώπινο αντίχειρα.



Πηγή: Από το «Human-specific gain of function in a developmental enhancer», S. Prabhakar et al., *Science*, 321, σ. 1348. Ανατύπωση με την άδεια του AAAS.

Η ταυτοποίηση των γονιδίων και των λειτουργιών τους θα βελτιώσει την κατανόησή μας για την ανθρώπινη συμπεριφορά και τις ψυχολογικές και λοιπές διαταραχές. Θα είμαστε σε θέση να αντιμετωπίζουμε διαταραχές με θεραπείες που θα βασίζονται στη γενετική, να συμβουλευόμαστε τα ευάλωτα άτομα για προληπτικά μέτρα και να καθορίζουμε εάν ένας ασθενής θα ωφεληθεί από ένα φάρμακο ή αν θα παρουσιάσει ανεπιθύμητες ενέργειες, εξαλείφοντας έτσι τις καθυστερήσεις που προκύπτουν από τη δοκιμή της μιας θεραπείας μετά την άλλη. (Βλ. συνοδευτική ενότητα «Ερευνητικό προσκήνιο».)

Κληρονομικότητα: Πεπρωμένο ή προδιάθεση;

Για πολλούς, η αντίληψη ότι πολλά, αν όχι τα περισσότερα, συμπεριφορικά χαρακτηριστικά τους είναι κληρονομικά υποδηλώνει ότι είναι κλώνοι των γονέων τους και ότι το μέλλον τους είναι προδιαγεγραμμένο από τα γονίδιά τους. Αυτή η άποψη δεν είναι ούτε δη-

μοφιλής ούτε μας εξυπηρετεί σε τίποτα, αφού αντιτίθεται στην έννοια της συμπεριφορικής γενετικής. Η άποψη είναι επίσης παραπλανητική: ένα σήμα κατατεθέν της γενετικής επιρροής είναι στην πραγματικότητα η *ποικιλομορφία*.

Γονίδια και ατομικότητα

Παρόλο που τα μέλη μιας οικογένειας τείνουν να μοιάζουν, τα παιδιά μοιράζονται μόνο το ήμισυ των γονιδίων τους με τον κάθε γονέα τους ή μεταξύ τους. Ένα φυλετικό κύτταρο λαμβάνει τυχαία μισά από τα χρωμοσώματα των γονέων. Ως αποτέλεσμα, ένας γονέας μπορεί να παράγει 2^{23} ή 8 εκατομμύρια διαφορετικούς συνδυασμούς χρωμοσωμάτων. Αν προσθέσετε σε αυτό την αβεβαιότητα για το ποιο σπερματοζώαριο θα ενωθεί με κάποιο ωάριο, ο αριθμός των γενετικών συνδυασμών που μπορούν να κληροδοτηθούν στους απογόνους αυξάνεται σε 60 ή 70 τρισεκατομμύρια! Έτσι, η σεξουαλική αναπαραγωγή ενισχύει περισσότερο την ατομικότητα παρά την κληρονομικότητα των γνωρισμάτων. Αυτή η διαφοροποίηση ενισχύει αυτό που ο Δαρβίνος (Εικόνα 1.12) αποκάλεσε *φυσική επιλογή*, δηλαδή ότι εκείνοι των οποίων τα γονίδια τους χαρίζουν πιο προσαρμοστικές δυνατότητες είναι πιο πιθανό να επιβιώσουν και να μεταβιβάσουν τα γονίδιά τους σε περισσότερους απογόνους (Darwin, 1859).

Οι επιδράσεις των γονιδίων δεν είναι πάντα οι ίδιες, αλλά μπορούν να διαφοροποιηθούν με την πά-

Εικόνα 1.12. Κάρολος Δαρβίνος (1809-1882).



Πηγή: *Origins*, Richard Leakey και Roger Lewin.



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΚΗΝΙΟ

Πέρα από το Πρόγραμμα Χαρτογράφησης Ανθρώπινου Γονιδιώματος

Η ολοκλήρωση του προγράμματος για το ανθρώπινο γονιδίωμα είχε ως αποτέλεσμα την επιτυχή αλληλούχηση των 3 δισεκατομμυρίων ζευγών βάσεων του DNA στο ανθρώπινο γονιδίωμα. Τα επόμενα λογικά βήματα περιλάμβαναν τον προσδιορισμό των λειτουργιών των γονιδίων και του υπόλοιπου 97% του DNA, καθώς και τη μετατροπή αυτής της ερευνητικής γνώσης σε πρακτικές λύσεις και θεραπείες που μπορούν να ωφελήσουν μεμονωμένα άτομα.

Το Πρόγραμμα Χαρτογράφησης Ανθρώπινου Γονιδιώματος ολοκληρώθηκε το 2003, και το διαδέχτηκε το πρόγραμμα Encyclopedia of DNA Elements (Πρόγραμμα Εγκυκλοπαιδείας Στοιχείων DNA - ENCODE). Στόχος του προγράμματος αυτού είναι να προσδιορίσει όλα τα λειτουργικά στοιχεία του ανθρώπινου γονιδιώματος και να κάνει μια αρχική εκτίμηση των λειτουργιών τους. Οι ομάδες του προγράμματος εργάζονται σε 32 ιδρύματα σε όλο τον κόσμο και μέχρι το 2012 είχαν πραγματοποιήσει περισσότερες από 400 δημοσιεύσεις (Maher, 2012· Penisi, 2012). Μία από τις εκπληκτικές τους αποκαλύψεις ήταν ότι το 80% του γονιδιώματος είναι βιοχημικά ενεργό. Επιπλέον, τα ευρήματα του προγράμματος ENCODE παρέχουν ήδη στους ερευνητές νέα εργαλεία για την κατανόηση της αιτιολογίας μιας πληθώρας ασθενειών.

Το Πρόγραμμα Χαρτογράφησης Ανθρώπινου Γονιδιώματος καθώς και το πρόγραμμα ENCODE μάς έχουν εκτοξεύσει σε μια νέα εποχή γενετικής κατανόησης (National Institutes of Health, 2016), αλλά ορισμένοι γενετιστές πιστεύουν ότι η έμφαση πρέπει να περιοριστεί στα τμήματα των γονιδίων που κατευθύνουν την παραγωγή πρωτεϊνών. Αυτές οι σύντομες αλληλουχίες DNA, ή εξόνια, αποτελούν το εξονίωμα. Τα 180.000 εξόνια του ανθρώπινου εξονιώματος αποτελούν μόνο το 1% περίπου του συνολικού γονιδιώματος, οπότε η αλληλούχισή τους είναι ταχύτερη και φθηνότερη, και οι επιστήμονες πιστεύουν

ότι περιέχουν το 85% του συνόλου των μεταλλάξεων που προκαλούν ασθένειες. Ολλανδοί επιστήμονες το 2012 ανέφεραν ότι η αλληλούχηση των εξονιωμάτων 262 ασθενών ανίχνευσε μεταλλάξεις που προκαλούν ασθένειες στις μισές περιπτώσεις τύφλωσης· στο 20% των περιπτώσεων διανοητικής αναπηρίας· στο 20% των περιπτώσεων κώφωσης· και στο 15% έως 20% των περιπτώσεων κινητικών διαταραχών (European Society of Human Genetics, 2012). Ο επικεφαλής ερευνητής Marcel Nelen δηλώνει ότι οι περισσότεροι από αυτούς τους ασθενείς είχαν «μια μακρά και ανήσυχη πορεία η οποία περιλάμβανε την επίσκεψη σε διάφορους γιατρούς και νοσοκομεία προτού διαγνωσθούν», και η αλληλούχηση του εξονιώματος μπορεί να συντομεύσει αυτή την πορεία.

Ένα μεθοδολογικό εργαλείο που εξελίχθηκε από το Πρόγραμμα Χαρτογράφησης Ανθρώπινου Γονιδιώματος είναι η Genome-wide association study (GWAS - μελέτη συσχέτισης ολόκληρου του γονιδιώματος). Η μελέτη GWAS συγκρίνει τη γενετική σύνθεση των ατόμων που διαφέρουν ως προς μια συγκεκριμένη κατάσταση υγείας. Τις τελευταίες δεκαετίες, οι επιπτώσεις στην υγεία που σχετίζονται με την παχυσαρκία έχουν γίνει όλο και πιο προφανείς. Ο G. Chen και οι συνεργάτες του (2017) υπέθεσαν ότι ενδέχεται να υπάρχουν γενετικοί παράγοντες σε άτομα αφρικανικής καταγωγής στους οποίους οφείλεται το σχετικά υψηλότερο ποσοστό παχυσαρκίας που παρατηρείται στους Αφροαμερικανούς. Η μελέτη συσχέτισης ολόκληρου του γονιδιώματος που πραγματοποιήσαν διαπίστωσε ότι τα άτομα με μια συγκεκριμένη παραλλαγή του γονιδίου σεμαφορίνη-4D (SEMA4D), που μοιράζεται το 1% των Αφρικανών και Αφροαμερικανών, έχουν κατά μέσο όρο 3 κιλά περισσότερα σε σχέση με άλλα άτομα χωρίς το αλληλόμορφο.

ροδο του χρόνου και ανάλογα με τις περιστάσεις. Τα γονίδια ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται ή η δραστηριότητά τους αυξάνεται ή μειώνεται, έτσι ώστε να παράγουν περισσότερες ή λιγότερες από τις πρωτεΐνες τους ή διαφορετικές πρωτεΐνες σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Εάν η δραστηριότητα των γονιδίων ήταν σταθερή, δεν θα υπήρχε ομαλή ροή ακολουθίας αναπτυξιακών αλλαγών από τη σύλληψη μέχρι την ενηλικίωση. Σε έναν μεγάλο αριθμό γονιδίων παρατηρούνται μεταβολές στη λειτουργία τους σε μεταγενέστερα στάδια της ζωής του ατόμου, κάτι που προφανώς εξηγεί πολλές από τις αλλαγές που είναι κοινές

στη γήρανση (Ly, Lockhart, Lerner, & Schultz, 2000), καθώς και την εμφάνιση ασθενειών όπως η νόσος Alzheimer (Breitner, Folstein, & Murphy, 1986). Η λειτουργία ορισμένων γονιδίων ελέγχεται ακόμη και από την εμπειρία, γεγονός που εξηγεί ορισμένες από τις αλλαγές στον εγκέφαλο που συνιστούν τη μάθηση (C. H. Bailey, Bartsch, & Kandel, 1996). Τα τελευταία 25 χρόνια, οι ερευνητές προβληματίστηκαν για τον λόγο που οι άνθρωποι είναι τόσο διαφορετικοί από τους χιμπατζήδες, τους πιο στενούς συγγενείς μας, δεδομένου ότι το 95%-98% των αλληλουχιών DNA μας είναι πανομοιότυπες (R. J. Britten, 2002·

M.-C. King & Wilson, 1975). Μέρος της απάντησης φαίνεται να είναι ότι κυρίως διαφέρουμε ως προς το ποια γονίδια *εκφράζονται* –στην ουσία, ως το προς ποια γονίδια παράγουν πρωτεΐνες– στον εγκέφαλο (Enard et al., 2002).

Ο βαθμός επίδρασης των γονιδίων ποικίλλει αρκετά. Ορισμένα καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του ατόμου, ενώ άλλα μόνο τα επηρεάζουν. Ένα άτομο με τη μεταλλαγμένη μορφή του γονιδίου *huntingtin* θα αναπτύξει τη νόσο Huntington, αλλά τα περισσότερα συμπεριφορικά γνωρίσματα εξαρτώνται από πολλά γονίδια. Για παράδειγμα, ένα μόνο γονίδιο θα είναι υπεύθυνο μόνο για μια μικρή αύξηση της νοημοσύνης ή του κινδύνου για σχιζοφρένεια. Η ιδέα του κινδύνου θέτει το ζήτημα της ευαισθητότητας και μας επαναφέρει στο αρχικό μας ερώτημα, που αφορά στη σχετική σημασία της κληρονομικότητας και του περιβάλλοντος.

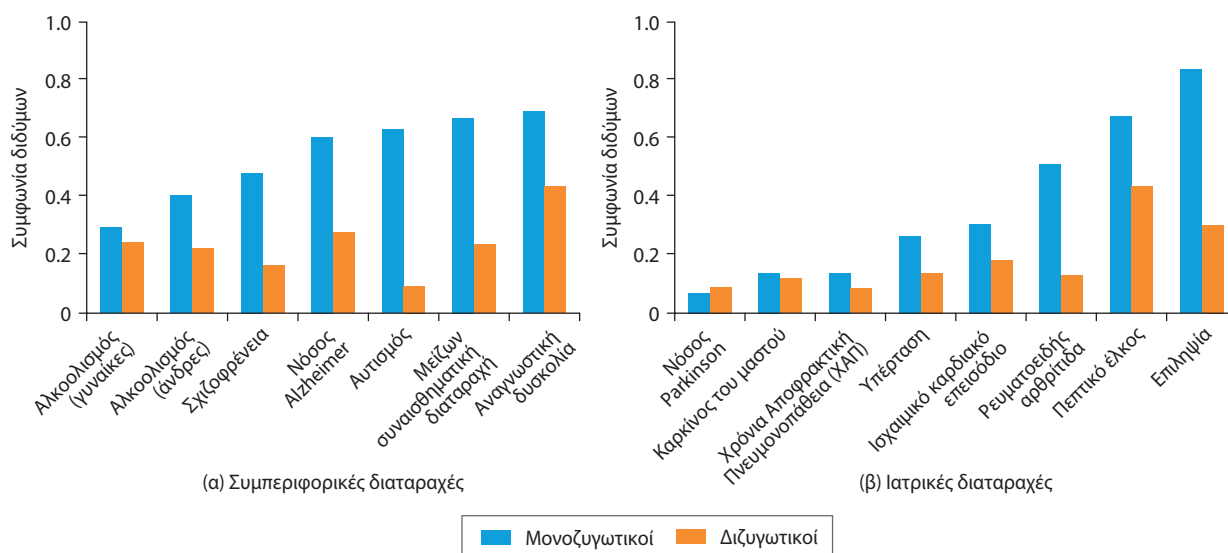
Κληρονομικότητα, περιβάλλον και ευαισθητότητα

Για να αξιολογήσουμε τη σχετική συμβολή της κληρονομικότητας και του περιβάλλοντος, πρέπει να είμαστε σε θέση να ποσοτικοποιήσουμε τις δύο αυτές επιδράσεις. *Κληρονομησιμότητα* είναι το ποσοστό της μεταβολής ενός χαρακτηριστικού, που μπορεί να απο-

δοθεί σε γενετικούς παράγοντες. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι εκτίμησης της κληρονομησιμότητας ενός χαρακτηριστικού. Μία τεχνική περιλαμβάνει τη σύγκριση της συχνότητας με την οποία οι μονοζυγωτικοί (πανομοιότυποι) και οι διζυγωτικοί δίδυμοι μοιράζονται ένα χαρακτηριστικό. Ο λόγος για αυτή τη σύγκριση είναι ότι οι μονοζυγωτικοί δίδυμοι αναπτύσσονται από ένα μόνο ωάριο και επομένως έχουν τα ίδια γονίδια, ενώ οι διζυγωτικοί δίδυμοι αναπτύσσονται από ξεχωριστά ωάρια και μοιράζονται μόνο το 50% των γονιδίων τους, όπως τα μη δίδυμα αδέλφια. Οι εκτιμήσεις της κληρονομησιμότητας είναι περίπου 50% για τη νοημοσύνη (Devlin, Daniels, & Roeder, 1997), πράγμα που σημαίνει ότι περίπου οι μισές από τις διαφορές του πληθυσμού ως προς τη νοημοσύνη οφείλονται στην κληρονομικότητα. Η κληρονομησιμότητα έχει εκτιμηθεί σε ποσοστό 60%-90% για τη σχιζοφρένεια (Tsuang, Gilbertson, & Faraone, 1991) και 40%-50% για τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας και τα επαγγελματικά ενδιαφέροντα (Plomin et al., 1994). Συγκριτικά, η γενετική επιρροή στα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά είναι συνήθως ισχυρότερη απ' ό,τι στις κοινές ιατρικές διαταραχές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.13 (Plomin et al., 1994).

Εικόνα 1.13. Μελέτες συμπεριφορικών και ιατρικών διαταραχών σε δίδυμους.

Η συμφωνία (α) συμπεριφορικών διαταραχών και (β) ιατρικών διαταραχών σε μονοζυγωτικούς και διζυγωτικούς δίδυμους. Η συμφωνία είναι η αναλογία των δίδυμων ζευγών στα οποία και οι δύο δίδυμοι έχουν τη διαταραχή. Παρατηρήστε τη μεγαλύτερη συμφωνία στους μονοζυγωτικούς δίδυμους και τη γενικά υψηλότερη συμφωνία για τις διαταραχές της συμπεριφοράς σε σύγκριση με τις ιατρικές διαταραχές.



Πηγή: The Genetic Basis of Complex Human Behavior, των R. Plomin, M. J. Owen και P. McGuffin, *Science*, 264, σ. 1734. © 1994 American Association for the Advancement of Science. Ανατύπωση με την άδεια του AAAS.

Δεδομένου ότι περίπου οι μισές από τις διαφορές στα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά μεταξύ των ατόμων μπορούν να αποδοθούν στην κληρονομικότητα, περίπου οι άλλες μισές οφείλονται σε περιβαλλοντικές επιδράσεις. Λάβετε υπόψη ότι η κληρονομησιμότητα δεν είναι απόλυτο μέτρο, αλλά μας δείχνει το ποσοστό διαφοροποίησης που οφείλεται στη γενετική επιρροή· το μέτρο εξαρτάται τόσο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες έχουν εκτεθεί τα μέλη της ομάδας που εξετάζουμε όσο και από τα γενετικά χαρακτηριστικά της. Για παράδειγμα, οι μελέτες υιοθεσίας τείνουν να υπερεκτιμούν την κληρονομησιμότητα της νοημοσύνης, επειδή οι θετοί γονείς προέρχονται σε δυσανάλογα μεγάλο βαθμό από τη μεσαία τάξη. Επειδή τα περιβάλλοντα στα οποία μεγαλώνουν τα υιοθετημένα παιδιά είναι ασυνήθιστα παρόμοια, η περιβαλλοντική επίδραση φαίνεται χαμηλότερη και η κληρονομησιμότητα φαίνεται υψηλότερη από την τυπική (McGue & Bouchard, 1998). Ομοίως, η επίδραση της κληρονομησιμότητας φαίνεται χαμηλότερη αν εξετάσουμε μόνο ομάδες όπου τα άτομα έχουν στενούς δεσμούς μεταξύ τους.

Οι ερευνητές μάς προειδοποιούν ότι «κληρονομούμε την προδιάθεση και όχι το πεπρωμένο» (R. J. Rose, 1995, σ. 648). Αυτό συμβαίνει επειδή η επίδραση των γονιδίων είναι μόνο μερική. Αυτή η ιδέα διατυπώνεται στο μοντέλο ευαλωτότητας, το οποίο έχει εφαρμοστεί σε διαταραχές όπως η σχιζοφρένεια (Zubin & Spring, 1977). *Ευαλωτότητα* σημαίνει ότι τα γονίδια συμβάλλουν στην εκδήλωση προδιάθεσης για μια διαταραχή, η οποία μπορεί να υπερβεί ή να μην υπερβεί το όριο που απαιτείται για να εμφανιστεί. Οι περιβαλλοντικές προκλήσεις, όπως η παραμέληση ή τα συναισθηματικά τραύματα, ενδέχεται να συνδυαστούν με την κληρονομική επιδεκτικότητα ενός ατόμου και να γίνει υπέρβαση αυτού του ορίου. Η γενική έννοια ισχύει και για τη συμπεριφορά και για τις ικανότητες, αν και δεν θα χρησιμοποιούσαμε τον όρο *ευαλωτότητα* σε αυτό το πλαίσιο. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός των γονιδίων ενός ατόμου καθορίζει ένα ευρύ φάσμα της δυνητικής νοημοσύνης του· οι περιβαλλοντικές επιρροές στη συνέχεια θα καθορίσουν σε ποιο σημείο του φάσματος θα αντιστοιχεί η ικανότητα του ατόμου. Οι ψυχολόγοι δεν μιλούν πλέον για κληρονομικότητα έναντι περιβάλλοντος, σαν να ανταγωνίζεται το ένα το άλλο ως προς τη σπουδαιότητα. Και τα δύο είναι απαραίτητα, και συνεργάζονται για

να μας κάνουν αυτό που είμαστε. Όπως είπε ένας ψυχολόγος, «Το να ρωτάμε εάν η κληρονομικότητα ή το περιβάλλον είναι πιο σημαντικό για τη ζωή είναι σαν να ρωτάμε αν είναι πιο αναγκαίο το καύσιμο ή το οξυγόνο για τη δημιουργία φωτιάς» (Woodworth, 1941, σ. 1).

Με την ολοένα και μεγαλύτερη κατανόηση της γενετικής, είμαστε σήμερα σε θέση να αλλάξουμε την ίδια μας την ύπαρξη. Αυτού του είδους η δυνατότητα συνεπιφέρει μια τεράστια ευθύνη. Η γνώση της γενετικής μας σύνθεσης θέτει το ερώτημα εάν είναι καλύτερο για ένα άτομο να γνωρίζει για μια προδιάθεση, η οποία μπορεί ποτέ να μην οδηγήσει σε μια ασθένεια, όπως η επιδεκτικότητα στη νόσο Alzheimer. Επιπλέον, πολλοί ανησυχούν ότι η δυνατότητα πραγματοποίησης γενετικών εξετάσεων στα αγέννητα παιδιά μας σημαίνει ότι ορισμένοι γονείς θα έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν αν θα διακόψουν μια κύηση, επειδή ίσως το έμβρυο έχει τα γονίδια ενός χαρακτηριστικού που οι ίδιοι θεωρούν ανεπιθύμητο. Η ικανότητά μας να εξερευνούμε τα άδυτα του εγκεφάλου και του γονιδιώματος αυξάνεται ταχύτερα από την κατανόηση είτε των επιπτώσεων της εξερεύνησης είτε του τρόπου επίλυσης των ηθικών ζητημάτων που θα προκύψουν. Στο Κεφάλαιο 4 θα εξετάσουμε ορισμένα από τα δεοντολογικά ζητήματα της γενετικής έρευνας.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΝΟΙΩΝ

Αφιερώστε λίγο χρόνο για να ελέγξετε τις γνώσεις και την κατανόησή σας

- Γιατί είναι άστοχο να ρωτάμε αν η κληρονομικότητα ή το περιβάλλον έχει μεγαλύτερη σημασία για τη συμπεριφορά;
- Όταν λέμε ότι ένα άτομο κληρονομεί ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό προσωπικότητας, τι εννοούμε πραγματικά;
- Εξηγήστε πώς δύο γονείς, που έχουν το ίδιο χαρακτηριστικό, κάνουν παιδιά διαφορετικά από εκείνους ως προς αυτό το χαρακτηριστικό. Χρησιμοποιήστε κατάλληλη ορολογία.
- Εξηγήστε πώς τα γονίδια επηρεάζουν τη συμπεριφορά.

Προοπτική

Στο πρώτο τεύχος του περιοδικού *Nature Neuroscience*, οι συντάκτες παρατήρησαν ότι εξακολουθεί να υπάρχει η αίσθηση ότι η επιστήμη του εγκεφάλου βρίσκεται στο μεταίχμιο της έρευνας. Ο ενθουσιασμός της εξερεύνησης είναι αληθινός και απτός, και οι ανακα-



Τι εννοούμε με τον όρο «γενετική προδιάθεση»;

λύψεις και τα επιτεύγματα είναι αξιοσημείωτα για έναν τόσο νέο επιστημονικό κλάδο. Οι επιτυχίες προέρχονται από πολλές πηγές: τη μεγαλοφυΐα των πνευματικών προγόνων μας, την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, την υιοθέτηση του εμπειρισμού και, πιστεύουμε, τον συμβιβασμό με την έννοια του νου. Στα επόμενα κεφάλαια θα δείτε στοιχεία όλων αυτών των επιδράσεων.

Η συμπεριφορική νευροεπιστήμη έχει ακόμα πολύ δρόμο να διανύσει. Παρά τις επιτυχίες μας, δεν έχουμε κατανοήσει πλήρως τι προκαλεί τη σχιζοφρένεια, πώς ακριβώς μεταβάλλεται ο εγκέφαλος με τη

μάθηση ή γιατί κάποιο άτομο είναι πιο έξυπνο από κάποιο άλλο. Η δεκαετία του 1990 ανακηρύχθηκε η Δεκαετία του Εγκεφάλου. Ο Torsten Wiesel (για του οποίου την έρευνα-σταθμό στην όραση θα διαβάσετε αργότερα) χλεύασε την ιδέα να αφιερώσουμε μία δεκαετία στον εγκέφαλο ως «ανόητη [...] Χρειαζόμαστε τουλάχιστον έναν αιώνα, ίσως και μια χιλιετία» (στο Horgan, 1999, σ. 18). Καθώς θα διαβάσετε το υπόλοιπο βιβλίο, μην ξεχνάτε ότι βρίσκεστε στο κατώφλι αυτού του αιώνα, αυτής της χιλιετίας ανακαλύψεων.

Περίληψη κεφαλαίου

Η προέλευση της συμπεριφορικής νευροεπιστήμης

- Η συμπεριφορική νευροεπιστήμη (ή βιοψυχολογία) αναπτύχθηκε από τη φυσιολογία και τη φιλοσοφία, καθώς οι πρώτοι ψυχολόγοι υιοθέτησαν τον εμπειρισμό.
- Οι περισσότεροι ψυχολόγοι και νευροεπιστήμονες αντιμετώπιζουν τον νου ως προϊόν του εγκεφάλου, και πιστεύουν ότι η νοητική δραστηριότητα μπορεί να εξηγηθεί στο πλαίσιο των λειτουργιών του εγκεφάλου.
- Ο εντοπισμός λειτουργιών περιγράφει τη λειτουργία του εγκεφάλου καλύτερα απ' ό,τι η ισοδυναμία, ωστόσο μια εγκεφαλική διεργασία είναι πιθανότερο να συντελεστεί από ένα δίκτυο δομών παρά από μία μόνο δομή.

Φύση και γαλουχία

- Μαθαίνουμε ότι ορισμένες συμπεριφορές επηρεάζονται γενετικά. Ένα άτομο δεν κληρονομεί την ίδια τη συμπεριφορά, αλλά τα γονίδια επηρεάζουν τη δομή και τη λειτουργία του εγκεφάλου και του σώματος με τρόπο που επηρεάζει τη συμπεριφορά.
- Η συμπεριφορά είναι προϊόν τόσο των γονιδίων όσο και του περιβάλλοντος. Σε πολλές περιπτώσεις, τα γονίδια προκαλούν προδιάθεση και το περιβάλλον καθορίζει περαιτέρω την έκβαση.
- Χάρη στη γνώση του χάρτη του γονιδιώματος, βρισκόμαστε στο κατώφλι μιας μοναδικής ευκαιρίας για τον εντοπισμό των αιτιών συμπεριφοράς και ασθενειών, αλλά παράλληλα αντιμετωπίζουμε και περίπλοκες ηθικές προκλήσεις.

Βοηθήματα μελέτης

ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΣΚΕΨΗ

- Γιατί, κατά την άποψη των περισσότερων νευροεπιστημόνων, ο υλιστικός μονισμός είναι η πιο παραγωγική προσέγγιση για την κατανόηση των λειτουργιών του νου; Ποιος θα ήταν ο καλύτερος τρόπος για να ελέγξετε την ορθότητα αυτής της προσέγγισης;
- Οι επιστήμονες πριν από μισό αιώνα εργάζονταν για τα προβλήματα του εγκεφάλου εξίσου σκληρά με τους σημερινούς επιστήμονες. Γιατί δεν έγιναν τότε οι συντακτικές ανακαλύψεις των τελευταίων χρόνων;
- Ποιες είναι οι συνέπειες του να γνωρίζουμε τι κάνουν όλα τα γονίδια και να είμαστε σε θέση να πραγματοποιήσουμε μια ανίχνευση που θα αποκαλύψει ποια γονίδια έχει ένα άτομο;
- Αν σας έλεγαν ότι έχετε ένα γονίδιο, το οποίο συμβάλλει κατά 50% στην πιθανότητα να αναπτύξετε μια συγκεκριμένη ασθένεια αργότερα στη ζωή σας, πώς θα μπορούσατε να αξιοποιήσετε αυτή την πληροφορία;

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

1. Με ποιον τρόπο θα μελετούσαν διαφορετικά τη συμπεριφορική νευροεπιστήμη ένας μονιστής και ένας δυϊστής;
2. Ποιος ήταν ο αντίκτυπος των πρώιμων ερευνών ηλεκτρικής διέγερσης και των ενδείξεων ότι συγκεκριμένα μέρη του εγκεφάλου ήταν υπεύθυνα για συγκεκριμένες συμπεριφορές;
3. Το αλληλόμορφο για την ομάδα αίματος Β, όπως και το αλληλόμορφο για την ομάδα Α, είναι κυρίαρχο στο αλληλόμορφο για την ομάδα Ο. Δημιουργήστε έναν πίνακα όπως αυτόν της Εικόνας 1.10 για να δείξετε τους γονότυπους και τους φαινότυπους των απογόνων ενός γονέα ΑΟ και ενός γονέα ΒΟ.
4. Ένα άτομο έχει ένα γονίδιο που συνδέεται με μια ασθένεια, αλλά δεν πάσχει από αυτή την ασθένεια. Αναφέραμε τρεις λόγους για τους οποίους αυτό θα μπορούσε να συμβαίνει. Περιγράψτε δύο από αυτούς.
5. Συζητήστε πώς η αλληλεπίδραση μεταξύ κληρονομικότητας και περιβάλλοντος επηρεάζει τη συμπεριφορά, συμπεριλαμβανομένης της έννοιας της ευαισθησίας.

Επιλέξτε την καλύτερη απάντηση:

1. Η ιδέα ότι ο νους και ο εγκέφαλος είναι υλικοί είναι γνωστή ως
 - α. ιδεαλιστικός μονισμός.
 - β. υλιστικός μονισμός.
 - γ. ιδεαλιστικός δυϊσμός.
 - δ. υλιστικός δυϊσμός.
2. Ένα μοντέλο είναι
 - α. ένας οργανισμός ή ένα σύστημα που χρησιμοποιείται για την κατανόηση ενός πιο σύνθετου οργανισμού ή συστήματος.
 - β. μια υπόθεση σχετικά με το αποτέλεσμα μιας μελέτης.
 - γ. μια αναλογία, που δεν προορίζεται να είναι απόλυτα ρεαλιστική.
 - δ. ένα σχέδιο για τη διερεύνηση ενός φαινομένου.
3. Η σημαντικότερη συμβολή του Καρτέσιου ήταν ότι
 - α. εμπλούτισε τη γνώση μας για την ανατομία του εγκεφάλου.
 - β. πρότεινε τον σωματικό έλεγχο της συμπεριφοράς.
 - γ. τόνισε τη σημασία των νευρών.
 - δ. εξήγησε πώς παράγεται η κίνηση.
4. Ο Helmholtz έδειξε ότι
 - α. τα νεύρα δεν λειτουργούν σαν ηλεκτρικά καλώδια, επειδή η αγωγιμότητά τους είναι πολύ αργή.
 - β. τα νεύρα λειτουργούν ηλεκτρικά.
 - γ. τα νεύρα δεν άγουν ζωικά πνεύματα.
 - δ. η γλώσσα, το συναίσθημα, η κίνηση κ.λπ. εξαρτώνται από τη δραστηριότητα των νευρών.
5. Στα μέσα του 19ου αιώνα, οι μελέτες ασθενών με εγκεφαλική βλάβη έπεισαν τους ερευνητές ότι
 - α. η δραστηριότητα του εγκεφάλου ήταν ηλεκτρική.
 - β. ο νους δεν βρισκόταν στον εγκέφαλο.
 - γ. οι συμπεριφορές προέρχονταν από συγκεκριμένα μέρη του εγκεφάλου.
 - δ. η επίφυση δεν μπορούσε να επιτελέσει τον ρόλο που περιέγραψε ο Καρτέσιος.
6. Ο εντοπισμός λειτουργιών αναφέρεται στο ότι
 - α. συγκεκριμένες λειτουργίες βρίσκονται σε συγκεκριμένα μέρη του εγκεφάλου.
 - β. οι πιο εξελιγμένες λειτουργίες βρίσκονται στα υψηλότερα σημεία του εγκεφάλου.
 - γ. κάθε μέρος του εγκεφάλου μπορεί να αναλάβει τις λειτουργίες άλλων περιοχών έπειτα από βλάβη.
 - δ. οι λειτουργίες του εγκεφάλου εντοπίζονται σε διάσπαρτα δίκτυα.
7. Τα φυλοσύνδετα χαρακτηριστικά επηρεάζουν τους άνδρες περισσότερο από τις γυναίκες επειδή
 - α. το χρωμόσωμα X είναι πιο βραχύ από το χρωμόσωμα Y.
 - β. αντίθετα με τους άνδρες, οι γυναίκες έχουν μόνο ένα χρωμόσωμα X.
 - γ. το υπεύθυνο γονίδιο δεν συνδυάζεται με άλλο γονίδιο στο χρωμόσωμα Y.
 - δ. το εσωτερικό περιβάλλον των ανδρών επιτείνει τις επιδράσεις των γονιδίων.
8. Δύο γονείς είναι ετεροζυγώτες για ένα κυρίαρχο χαρακτηριστικό. Μπορούν να κάνουν ένα παιδί με το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό
 - α. εάν το παιδί λάβει ένα κυρίαρχο γονίδιο και ένα υπολειπόμενο γονίδιο.
 - β. εάν το παιδί λάβει δύο υπολειπόμενα γονίδια.
 - γ. εάν το παιδί λάβει δύο κυρίαρχα γονίδια.
 - δ. σε καμία περίπτωση.
9. Το πρόγραμμα για το ανθρώπινο γονιδίωμα έχει
 - α. καταμετρήσει τον αριθμό των ανθρώπινων γονιδίων.
 - β. χαρτογραφήσει τα ανθρώπινα γονίδια.
 - γ. καθορίσει τις λειτουργίες των περισσότερων γονιδίων.
 - δ. κλωνοποιήσει τα περισσότερα από τα ανθρώπινα γονίδια.
10. Η κληρονομησιμότητα είναι μεγαλύτερη για
 - α. τη νοημοσύνη.
 - β. το επαγγελματικό ενδιαφέρον.
 - γ. την προσωπικότητα.
 - δ. τη σχιζοφρένεια.
11. Αν όλοι είχαμε πανομοιότυπα γονίδια, η εκτιμώμενη κληρονομησιμότητα για ένα χαρακτηριστικό θα ήταν
 - α. 0%.
 - β. 50%.
 - γ. 100%.
 - δ. αδύνατο να προσδιοριστεί.

α'11 101 10,8, 11
5135h11nny

ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....

Το περιεχόμενο των παρακάτω ιστότοπων είναι σχετικό με αυτό το κεφάλαιο. Μπορείτε να αποκτήσετε πρόσβαση σε αυτούς τους ιστότοπους από τον ιστότοπο **SAGE edge Student Resources**. Επιλέξτε αυτό το κεφάλαιο και στη συνέχεια κάντε κλικ στο **Web Resources**. (Τα στοιχεία με έντονη γραφή είναι σύνδεσμοι.)

1. Το **Milestones in Neuroscience Research** εντοπίζει τις πρώιμες ρίζες της νευροεπιστήμης με ένα χρονοδιά-

γραμμα των γεγονότων που πηγαίνει πίσω έως το 4000 π.Χ.

2. Το **Mind and Body** καλύπτει την ιστορία της ιδέας από τον Καρτέσιο μέχρι τον William James. Οι πιο σχετικές ενότητες είναι I: 1-5 και II: 1-2.
3. Μπορείτε να πραγματοποιήσετε αναζήτηση στο **Online Mendelian Inheritance in Man** με βάση κάποιο χαρακτηριστικό/διαταραχή (π.χ. σχιζοφρένεια), μια χρωμοσωμική θέση (π.χ. 1q21-q22) ή ένα σύμβολο γονιδίου

(π.χ. SCZD9) για να αποκτήσετε πρόσβαση σε χρήσιμες γενετικές πληροφορίες και περιλήψεις ερευνητικών άρθρων.

4. Το άρθρο της Wikipedia, **Exome**, περιλαμβάνει συνδέσμους για περιγραφές πολλών ερευνητικών έργων που χρησιμοποιούν την αλληλούχιση του εξονιώματος.

Τα παρακάτω περιοδικά είναι σημαντικές πηγές άρθρων της νευροεπιστήμης (όσα δεν έχουν ανοιχτή πρόσβαση μπορεί να απαιτούν συνδρομή ή πρόσβαση μέσω πανεπιστημίου):

Brain and Behavior (ανοιχτή πρόσβαση)

Brain, Behavior, and Evolution

Frontiers in Neuroscience (ανοιχτή πρόσβαση· επίσης, ανατρέξτε στα σχετικά περιοδικά στην ενότητα «18 Sections»)

Journal of Neuroscience

Nature

Nature Neuroscience

Nature Reviews Neuroscience

New Scientist (για τον μέσο αναγνώστη)

PLoS Biology και *PLoS Genetics* (ανοιχτή πρόσβαση)

Scientific American Mind (για τον μέσο αναγνώστη)

The Scientist (για τον μέσο αναγνώστη)

Trends in Neurosciences

Ιστότοποι γενικών πληροφοριών:

BrainFacts (διάφορα θέματα της νευροεπιστήμης)

Brain in the News (ειδήσεις για θέματα νευροεπιστήμης από ενημερωτικές πηγές)

The Human Brain (μια συλλογή άρθρων σχετικών με τον εγκέφαλο που δημοσιεύθηκαν στο περιοδικό *New Scientist*)

Neuroguide (ένας μικρός αλλά αυξανόμενος αριθμός πηγών)

Science Daily (οι τελευταίες εξελίξεις στην επιστήμη, βλ. «Mind & Brain» και «Health & Medicine»)

ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

1. The Emergence of Modern Neuroscience: Some Implications for Neurology and Psychiatry, των W. Maxwell Cowan, Donald H. Harter και Eric R. Kandel (*Annual Review of Neuroscience*, 2000, 23, 343-391): περιγράφει την εμφάνιση της νευροεπιστήμης ως ξεχωριστής επιστήμης στις δεκαετίες του 1950 και του 1960, και περιλαμβάνει μια λεπτομερή παρουσίαση των σημαντικότερων επιτευγμάτων της στην κατανόηση των διαταραχών.
2. Neuroscience: Breaking Down Scientific Barriers to the Study of Brain and Mind, των ER Kandel και Larry Squire (*Science*, 2000, 290, 1113-1120): αποτελεί μια πιο σύντομη παρουσίαση της πρόσφατης ιστορίας της νευροεπιστήμης, με έμφαση στα ψυχολογικά ζητήματα: περιλαμβάνεται ένα χρονοδιάγραμμα των γεγονότων που καλύπτει περισσότερους από τρεις αιώνες.
3. *The Scientific American Brave New Brain*, της Judith Horstman (Jossey-Bass, 2010): περιγράφει πώς οι σημαντικές επιστημονικές ανακαλύψεις θα βοηθήσουν στο μέλλον τους τυφλούς να δουν και τους κωφούς να ακούσουν, θα επιτρέψουν στους εγκεφάλους

μας να αυτοαποκαθίστανται και να αυτοβελτιώνονται, θα μας βοηθήσουν να αναβάλουμε τη διανοητική φθορά της γήρανσης και θα δώσουν στους παράλυτους έλεγχο των προσθετικών συσκευών και μηχανημάτων μέσω εγκεφαλικών κυμάτων.

4. Ένα βιβλίο γι' αυτό το θέμα είναι το *Behavioral Genetics* των Robert Plomin, John DeFries, Valerie Knopik και Jenae Neiderhiser (Worth, 2012, 6η έκδοση). Ένα άλλο βιβλίο είναι το *Evolutionary Psychology* του William Ray (Sage, 2012), το οποίο υιοθετεί μια νευροεπιστημονική προσέγγιση της εξέλιξης της συμπεριφοράς.
5. «Tweaking the Genetics of Behavior», του Dean Hamer (διαθέσιμο στο http://apbio.savithasastry.com/Units/Unit%208/articles/cle_review_genesandbehavior.pdf), είναι μια παράξενη αλλά ενδιαφέρουσα ιστορία για ένα ζευγάρι γυναικών στο έτος 2050 που αποφασίζουν να κλωνοποιήσουν ένα παιδί, και τις επιλογές που έχουν στη διάθεσή τους για τον προσδιορισμό του φύλου του παιδιού τους, καθώς και των φυσικών και ψυχολογικών χαρακτηριστικών του μέσω γενετικού χειρισμού.