

Ο εγκέφαλος που (δεν) ξέρουμε

Καθηγητής Γ. Χ. Παπαδόπουλος

<http://users.auth.gr/gpapadop>

Σχολή Κτηνιατρικής Α.Π.Θ.

Ο άνθρωπος σιέφτεται, άρα Υπάρχω,
λέει το Σύμπαν

PAUL VALERY

Η περιέργεια και το ενδιαφέρον για τον εγκέφαλο ανιχνεύεται ιστορικά τέσσερις χιλιετίες πριν. Η πρώτη γραπτή αναφορά στον εγκέφαλο ανευρίσκεται σε πάπυρο του 17ου αιώνα π.Χ., που όμως είναι μάλλον αντίγραφο παλαιότερου παπύρου (2.300-2.500 π.Χ.). Την πλήρη, ωστόσο, παραδοχή της απόλυτης σημασίας που έχει η κατανόηση της κατασκευής και λειτουργίας του εγκεφάλου, τη σηματοδοτεί ο Sπινόζα όταν δηλώνει ότι “οι άνθρωποι κρίνουν τα πράγματα σύμφωνα με τη διαμόρφωση του εγκεφάλου τους”. Είναι προφανές ότι η έρευνα του εγκεφάλου αναπτύχθηκε μέσα στους αιώνες με εξαιρετική βραδύτητα, γεγονός που δε μπορεί παρά να αποδοθεί κυρίως στα πολυάριθμα εμπόδια που αντιτάχθηκαν πάντοτε σ’αυτή την έρευνα. Μύχιοι φόβοι, ιδεολογικά εμπόδια και θρησκευτικές προλήψεις, καθήλωσαν ή απέτρεψαν την έρευνα του εγκεφάλου, τον οποίο ήδη ο Γαληνός (2ος μ.Χ. αιώνας) αναγνώριζε ως κέντρο του νευρικού συστήματος και υπεύθυνο για τη διακυβέρνηση του σώματος. Χρειάστηκε λοιπόν να φτάσουμε στον 17ο αιώνα προκειμένου να γίνουν κάποια βήματα πέρα από το επίπεδο των γνώσεων του Γαληνού και να γίνει ευρύτερα αποδεκτό ότι ο άνθρωπος σιέφτεται με τον εγκέφαλό του. Στις αρχές πλέον του 20ου αιώνα, ο Πατριάρχης των σύγχρονων

νευροεπιστημών Ramon y Cajal διατυπώνει τον αφορισμό ότι “όσο ο εγκέφαλος παραμένει μυστήριο, τότε η αντανάκλασή του, το σύμπαν, θα παραμένει επίσης μυστήριο”.

Εγκέφαλος και νους

Τις τελευταίες δεκαετίες, εκτεταμένη συνεργασία μεταξύ των επιμέρους κλάδων των βιολογικών επιστημών οδήγησε προοδευτικά στη συνειδητοποίηση ότι αυτό που συνήθως ονομάζουμε νόηση είναι μία σειρά διαδοχικών λειτουργιών που εκτελούνται από τον εγκέφαλο, δηλ. από τα δισεκατομμύρια νευρικά κύτταρα που τον αποτελούν. Οι ενέργειες του εγκεφάλου αποτελούν τη βάση του συνόλου της συμπεριφοράς, ενώ οι ανωμαλίες συμπεριφοράς που χαρακτηρίζουν τις ψυχικές ασθένειες είναι διαταραχές της λειτουργίας του εγκεφάλου. Αυτό σημαίνει ότι η πλήρης κατανόηση των νοητικών λειτουργιών και της συμπεριφοράς μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την επιστημονική εξέταση του εγκεφάλου. Η μάχη λοιπόν που δίνεται σήμερα στις νευροεπιστήμες είναι για την εξήγηση των εγκεφαλικών λειτουργιών και της συμπεριφοράς με βάση τα χαρακτηριστικά οργάνωσης και λειτουργίας των βασικών δομικών μονάδων του εγκεφάλου, των νευρικών κυττάρων.

Τι είναι ο εγκέφαλος;

Ο εγκέφαλος, η πιο σύνθετη ζωντανή κατασκευή στο σύμπαν, είναι ένας ιστός που υπολογίζεται ότι αποτελείται από 100 περίπου δισεκατομμύρια νευρικά κύτταρα ή νευρώνες, όσα περίπου τα άστρα του γαλαξία μας, και από δεκαπλάσια περίπου στηρικτικά-βοηθητικά κύτταρα, τα νευρογλοιακά κύτταρα. Τα νευρικά κύτταρα έχουν τα ίδια γονίδια και τον ίδιο βιοχημικό εξοπλισμό με τα υπόλοιπα σωματικά κύτταρα, αλλά και κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά που κάνουν τον εγκέφαλο να λειτουργεί πολύ διαφορετικά από ότι το οποιοδήποτε άλλο όργανο του σώματος. Τα νευρικά κύτταρα διαφοροποιούνται, μεταξύ άλλων, από τα άλλα κύτταρα ιδιαίτερα για το ιδιόμορφο σχήμα τους, για την κυτταρική τους μεμβράνη που μπορεί να διεγείρεται και να παράγει νευρικές ώσεις (=ηλεκτρικά σήματα), και τέλος για τη δυνατότητά τους να συνομιλούν μεταξύ τους μέσω ειδικών θέσεων διανευρωνικής επικοινωνίας, των συνάψεων.

Τα νευρικά κύτταρα του εγκεφάλου, τα οποία εάν είχαν τον όγκο κόκκινων άμμου θα γέμιζαν την καρότσα ενός φορτηγού, αποτελούνται από ένα κυτταρικό σώμα, το οποίο περιέχει τα γονίδια και τον βιοχημικό εξοπλισμό για τη λειτουργία του κυττάρου, και από αρκετές νηματοειδείς αποφυάδες, δηλαδή τον νευράξονα και τους δενδρίτες. Η επιφάνεια των δενδριτών και του κυτταρικού σώματος παραλαμβάνει τα φυσικά ερεθίσματα ή τα σήματα-πληροφορίες που προσάγουν άλλα νευρικά κύτταρα, και ο νευράξονας μεταφέρει την ενδεχόμενη απάντηση του νευρικού κυττάρου.

Πως διακινούνται οι πληροφορίες στον εγκέφαλο;

Τα νευρικά κύτταρα οργανώνονται σε οδούς μετάδοσης σημάτων και η λειτουργία του εγκεφάλου βασίζεται στη ροή πληροφοριών διαμέσου σύνθετων κυκλωμάτων που αποτελούνται από αλληλοσυνδεδεμένα νευρικά κύτταρα. Η μετάδοση της πληροφορίας γίνεται με δύο διαφορετικούς αλλά συμπληρωματικούς τρόπους, έναν ηλεκτρικό και έναν χημικό. Η διέγερση ενός νευρικού κυττάρου είναι μία στιγμιαία και παροδική διαταραχή στην κατανομή ηλεκτροθετικών και ηλεκτραρνητικών ιόντων της κυτταρικής του μεμβράνης, η οποία διατρέχει χωρίς παραμόρφωση, με ταχύτητα 1-100 μέτρα το δευτερόλεπτο, όλο το μήκος του νευράξονα μέχρι να φθάσει σε εξειδικευμένες θέσεις διακυτταρικής επικοινωνίας που ονομάζονται συνάψεις. Εκεί προκαλεί την απελευθέρωση ειδικών ουσιών, των νευροδιαβιβαστών, που αλληλεπιδρούν με υποδοχείς που βρίσκονται στην κυτταρική μεμβράνη των κυττάρων-αποδεκτών για να μεταδώσουν την πληροφορία. Από την καφεΐνη του αθώου καφέ ή τη θεοφυλλίνη του ακόμη πιο αθώου τσαγιού, μέχρι τις αμφεταμίνες ή το LSD, αμέτρητες φυσικές ουσίες ή φάρμακα ασκούν την ήπια ή δραστική, ευεργετική ή καταστρεπτική δράση τους στον εγκέφαλο επηρεάζοντας ακριβώς αυτή τη συναπτική διαβίβαση σημάτων. Ένας συνηθισμένος νευρώνας δέχεται σήματα από 1.000 περίπου άλλους νευρώνες και στέλνει σήματα σε 1.000-10.000 (σε μερικές περιπτώσεις και σε 100.000) άλλους νευρώνες.

Το σήμα που μεταφέρουν οι νευροδιαβιβαστές μπορεί να είναι διεγερτικό ή ανασταλτικό και, επομένως, οι συνάψεις διεγερτικές ή ανασταλτικές. Στις διεγερτικές συνάψεις, ο νευροδιαβιβαστής ευνοεί τη διαταραχή στην κατανομή των ιόντων της κυτταρικής μεμβράνης του κυττάρου-αποδέκτη της πληροφορίας, ενώ στις ανασταλτικές συνάψεις ο νευροδιαβιβαστής συμβάλλει στη διατήρηση της ηλεκτρικής ισορροπίας της κυτταρικής μεμβράνης. Σε κάθε

στιγμή, ένα νευρικό κύτταρο μπορεί να δέχεται εκατοντάδες ή και χιλιάδες αντιφατικές προσταγές από διεγερτικές και ανασταλτικές συνάψεις που σχηματίζουν άλλα κύτταρα. Το αν θα αντιδράσει, παράγοντας ένα ηλεκτρικό σήμα, ή όχι εξαρτάται από τον αριθμό και την αποτελεσματικότητα των διεγερτικών και των ανασταλτικών σημάτων που δέχεται. Επομένως, τα νευρικά κύτταρα είναι μικροεπεξεργαστές πληροφοριών, οι οποίοι με την ειδική τους λειτουργία αποτρέπουν το πνευματικό χάος.

Πως διακρίνει ο εγκέφαλος τον ήχο από την εικόνα και την οσμή;

Όπως γίνεται φανερό από τα παραπάνω, τα σήματα που διατρέχουν τα νευρικά κύτταρα είναι έντονα τυποποιημένα. Το εύλογο ερώτημα που προκύπτει λοιπόν είναι πώς ο εγκέφαλος διαφοροποιεί και μεταφράζει κατά περίπτωση το σήμα σε πόνο, ήχο, εικόνα, οσμή κ.λ.π.

Το είδος της πληροφορίας που μεταφέρει κάθε ηλεκτρικό σήμα που διατρέχει ένα νευρικό κύτταρο δεν εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του σήματος αυτού αλλά από την οδό του εγκεφάλου στην οποία ταξιδεύει. Νευρικά κύτταρα, δηλαδή, με όμοιες ιδιότητες έχουν διαφορετικές λειτουργίες εξαιτίας των διαφορετικών συνδέσεων που πραγματοποιούν στον εγκέφαλο. Κατά την επαφή μας με το περιβάλλον, διαφορετικές πληροφορίες (οπτικές, ακουστικές, απτικές κ.λ.π) παραλαμβάνονται από αντίστοιχους ειδικούς υποδοχείς και, αφού αποδομηθούν παραπέρα σε επιμέρους στοιχεία (π.χ. μορφή, χρώμα, κίνηση κ.λ.π. για τις οπτικές πληροφορίες), μεταφέρονται με παράλληλες χωριστές νευρικές οδούς σε διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου, όπου και κωδικοποιούνται. Ο εγκέφαλος δηλαδή δεν φωτογραφίζει τον κόσμο όπως είναι· αντίθετα, τον διασπά σε επιμέρους στοιχεία τα οποία αναπαριστά σε σύνολα διασυνδεδεμένων νευρικών κυττάρων. Η εικόνα, δηλαδή, ενός αγαπημένου προσώπου που έχουμε στην μνήμη μας δεν είναι αποθηκευμένη αυτούσια, αλλά συντίθεται κάθε φορά που την ανακαλούμε από πολλά επιμέρους στοιχεία φυλαγμένα σε μικρά νευρωνικά κυκλώματα. Αυτό σημαίνει ότι παρά την εντύπωση που έχουμε ότι η αντίληψη, η αίσθηση, η μνήμη κ.λ.π. αποτελούν συνεχείς και αδιαίρετες νοητικές διεργασίες, στην πραγματικότητα αποτελούν συνθετική έκφραση της δραστηριότητας πολλών επιμέρους περιοχών του εγκεφάλου.

Γονίδια ή περιβάλλον ;

Εάν παραδεχθούμε ότι οι πνευματικές επιδόσεις είναι αποτέλεσμα της οργάνωσης του εγκεφάλου, ένα ενδιαφέρον ερώτημα είναι εάν αυτή εξαρτάται από κληρονομικούς παράγοντες ή από το περιβάλλον. Μία πρώτη έμμεση απάντηση που μπορεί να δοθεί είναι ότι το σύνολο των γονιδίων του ανθρώπου, λιγότερα από 50.000, δεν επαρκεί αριθμητικά για να προκαθορίσει τη θέση και τα χαρακτηριστικά 100 δισεκατομμυρίων νευρικών κυττάρων και 100 τρισεκατομμυρίων θέσεων διανευρωνικής επικοινωνίας, δηλ. των συνάψεων. Ο γενετικός χάρτης δηλαδή δεν περιέχει ένα πλήρες και ακριβές σχεδιάγραμμα του εγκεφάλου. Ακόμη και οργανισμοί οι οποίοι αναπτύχθηκαν ως κλώνοι ενός γονιμοποιημένου ωαρίου, όπως οι μονογονεείς δίδυμοι, έχουν εγκεφάλους των οποίων οι κύριες νευρικές οδοί είναι φυσικά όμοιες, αλλά οι λεπτομερείς συναπτικές τους σχέσεις διαφέρουν. Αυτό που κάνουν τα γονίδια είναι να διαμορφώνουν ένα χονδροειδές σχέδιο νευρωνικής οργάνωσης. Μελέτη των επιπτώσεων που έχουν οι πρώιμες εμπειρίες στην οργάνωση του εγκεφάλου αποδεικνύει ότι οι περιβαλλοντικές επιρροές δεν σταθεροποιούν ένα ήδη αναπτυγμένο σχέδιο νευρωνικής οργάνωσης, αλλά επεμβαίνουν στη διαμόρφωσή του. Αυτό το επιτυγχάνουν εκλεπτύνοντας ένα αρχικά αδρό σχέδιο, μέσω επιλεκτικής ενίσχυσης ή κατάργησης νευρωνικών συνδέσεων. Κληρονομικότητα και περιβάλλον, δηλαδή, διαμορφώνουν από κοινού το όργανο της συμπεριφοράς.

Κλείνοντας την πολύ σύντομη αυτή αναφορά σε μερικές βασικές αρχές οργάνωσης και λειτουργίας του εγκεφάλου πρέπει να υπογραμμίσουμε τα μεγάλα βήματα που έγιναν, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, στην προσπάθεια αποκρυπτογράφησης των μυστικών του εγκεφάλου. Πρέπει όμως να τονίσουμε, επίσης, ότι η πλήρης διαλεύκανση των αρχών οργάνωσης και λειτουργίας του οργάνου που κυβερνά τη συμπεριφορά μας και της αιτιοπαθογένειας των περισσότερων των 1.000 παθήσεων του εγκεφάλου είναι πολύ μακριά ακόμη. Για να επιτευχθεί, στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό από τον άνθρωπο, ένας τέτοιος φιλόδοξος στόχος, θα απαιτηθεί γενναία στήριξη και ενθάρρυνση της έρευνας, ανακάλυψη νέων τεχνικών εξέτασης του εγκεφάλου και ίσως, τέλος, αλλαγή του τρόπου με τον οποίο αντιμετωπίζουμε τον εγκέφαλο (μας).