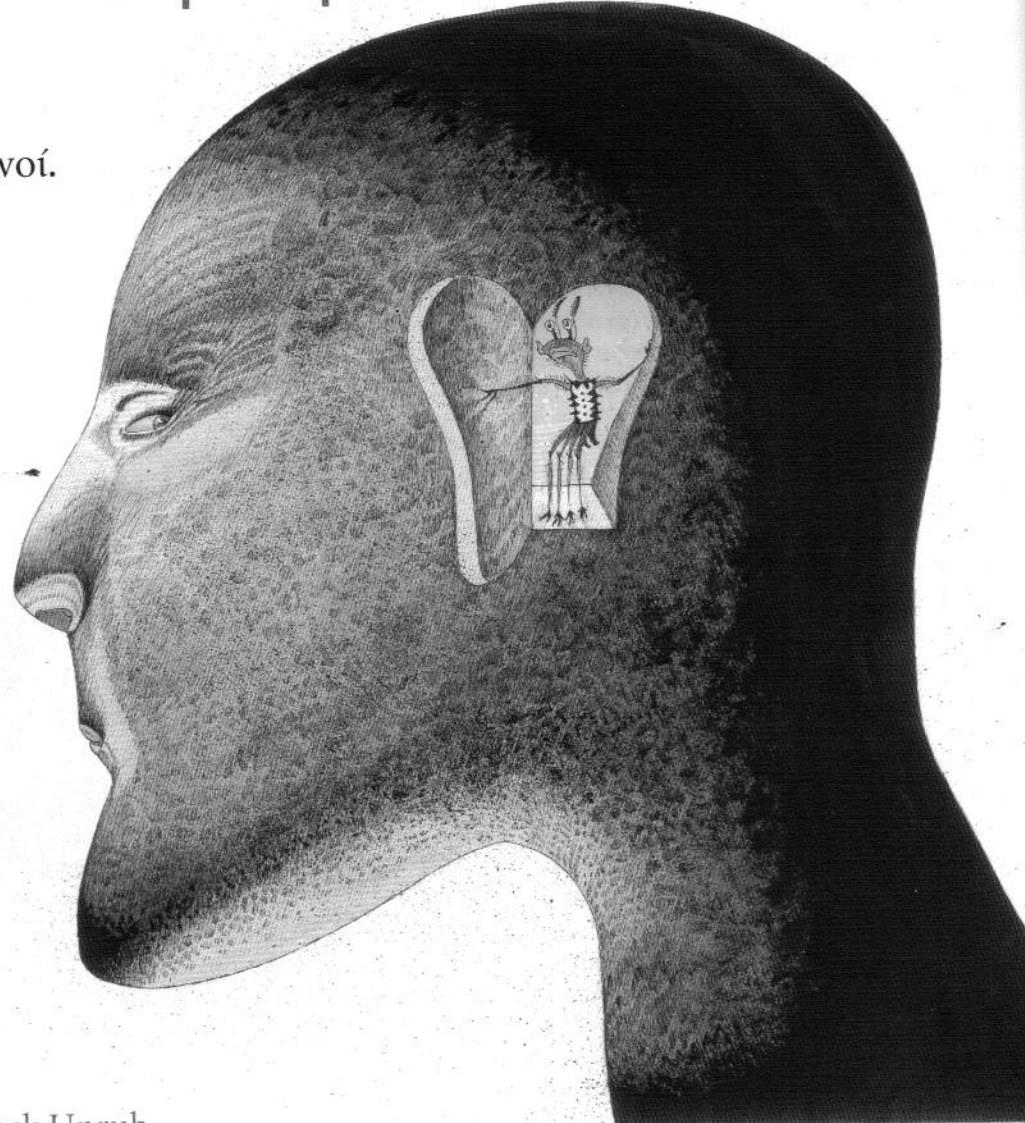


# Ζωύφια στον εγκέφαλο

Ας είμαστε ταπεινοί.

Υπάρχουν μικρο-  
οργανισμοί που  
χειρίζονται τα  
νευρωνικά  
κυκλώματα  
καλύτερα  
από εμάς



Robert Sapolsky

Εικονογράφος: Jack Unruh

Οι πιοι περισσότεροι επιστήμονες, έτοι κι εγώ συμμετέχω συχνά σε συνέδρια ειδικών, ένα εκ των οποίων είναι η ετήσια σύνοδος της Εταιρείας για τη Νευροεπιτήμη —ένας οργανισμός ο οποίος απαρτίζεται από τους σημαντικότερους ερευνητές σε θέματα εγκεφάλου παγκοσμίως. Η σύναξη αυτή αποτελεί μια από τις πιο τρομακτικές πνευματικές εμπειρίες που μπορεί κανείς να φανταστεί. Περίπου 28.000 άνθρωποι «κολλημένοι με την επιστήμη» στριμώχνονται σε ένα και μόνο συνεδριακό κέντρο. Μετά από λίγο, νιώθει κανείς να τρέλαίνεται από όλο αυτό το ομαδικό πνεύμα. Για μια ολόκληρη εβδομάδα, στα εστιατόρια, στα ασανσέρ, ακόμα και στις τουαλέτες, υπάρχουν άνθρωποι που συζητάνε με πάθος για τους νευράξονες των καλαμαριών. Ο εντοπισμός των πρωτότυπων επιστημονικών ιδεών, όμως, δεν είναι καθόλου εύκολος. Η συνάντηση περιλαμβάνει 14.000 προφορικές και αναρτημένες ανακοινώσεις, ολόκληρο καταιγισμό πληροφοριών δηλαδή. Από το υποσύνολο των αναρτημένων ανακοινώσεων που θέλεις οπωσδήποτε να δεις, πολλές παραμένουν απροσπέλαστες εξαιτίας του ενθουσιώδους πλήθους που στέκεται μπροστά

τους —άλλες έχουν γραφτεί σε γλώσσες παντελώς άγνωστες και άλλες, αναπόφευκτα, παρουσιάζουν όσα πειράματα σχεδίαζες να κάνεις στα επόμενα πέντε χρόνια. Και μέσα σε όλα αυτά, αιωρείται η κοινή πεποιθηση πως, παρά το γεγονός ότι μυριάδες επιστήμονες δουλεύουν νυχθημερόν στο θέμα, ακόμη δεν γνωρίζουμε σχεδόν τίποτα σχετικά με τη λειτουργία του εγκεφάλου.

Απογοήτευση κατά τη διάρκεια του συνεδρίου ένιωσα ένα απόγευμα που καθόμουν στα σκαλιά του συνεδριακού κέντρου, ζαλισμένος από τον καταγισμό πληφοριών, έχοντας μια γενική αίσθηση άγνοιας. Εστίασα το βλέμμα μου σε μια μικρή λακκούβα με νερό και συνειδητοποίησα ότι, κατά πάσαν πιθανότητα, κάποια μικροσκοπικά ζωύφια που έκαναν πάρτι εκεί μέσα γνώριζαν περισσότερα για τον εγκέφαλο απ' ό, τι οι ίδιοι εμείς οι νευροεπιστήμονες μαζί.

Αυτή η αποθαρρυντική σκέψη γεννήθηκε από μια καταπληκτική ανακοίνωση που περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο ορισμένα παράσιτα ελέγχουν τον εγκέφαλο του ξενιστή τους. Οι περισσότεροι από εμάς γνωρίζουμε ότι τα βακτήρια, τα πρωτόζωα και οι ιοί διαθέτουν εκπληκτικά επιτηδευμένα μέσα προκειμένου να χρησιμοποιούν τα σώματα των ζώων προς ίδιον όφελος. Καταλαμβάνουν τα κύτταρά μας, καταναλώνουν την ενέργεια μας και εκμεταλλεύονται τον τρόπο που ζούμε για να αναπτυχθούν. Το πιο καταπληκτικό όμως και το διαβολικότερο όλων —και αυτό είναι που μονοπάλωσε τους στοχασμούς μου εκείνη την ημέρα— είναι η ικανότητα που έχουν αναπτύξει να μεταβάλλουν τη συμπεριφορά του ξενιστή για δικό τους όφελος. Ορισμένα από τα παραδείγματα που αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία αφορούν τα εξωπαράσιτα —οργανισμούς οι οποίοι αποικούν την επιφάνεια του σώματος. Παραδείγματος χάριν, ορισμένα ακάρεα του γένους *Antennophorus* γραπτώνονται στην πλάτη των μυρμηγκιών, τους τρίβουν ένα συγκεκριμένο σημείο του στόματός τους και τα εξαναγκάζουν σε εμετό για να τραφούν από αυτόν. Ένα είδος σφηνοσκώληκα του γένους *Syphacia* γεννάει τα αβγά του στο δέρμα των τρωκτικών. Από τα αβγά εκκρίνεται μια ουσία που προκαλεί φαγούρα. Έτσι, όταν το τρωκτικό ξύνει το σημείο αυτό με τα δόντια του, καταπίνει τα αβγά, τα οποία στη συνέχεια εκκολάπτονται μέσα του.

Οι εν λόγω αλλαγές στη συμπεριφορά των ξενιστών οφείλονται κυρίως στο ότι εξαναγκάζονται σε δράσεις που ωφελούν τους εισβολείς. Ορισμένα όμως παράσιτα μεταβάλλουν τη λειτουργία του ίδιου του νευρικού συστήματος. Τούτο συχνά επιτυγχάνεται έμμεσα μέσω ορμόνων που επηρεάζουν το νευρικό σύστημα. Υπάρχουν βάλανοι (*Sacculina granifera*) οι οποίοι προσκολλώνται στα αρσενικά καβούρια που ζουν στις αμμώδεις παραλίες της Αυστραλίας, και οι οποίοι εκκρίνουν μια θηλυκή ορμόνη που επάγει στα καβούρια μπτρική συμπεριφορά. Κατόπιν, αυτά τα καβούρια μεταναστεύουν

στη θάλασσα μαζί με τα επωάζοντα θυλυκά, και φτιάχνουν στην άμμο κοιλώματα ιδανικά για τη διασπορά των προνυμφών. Φυσικά, τα αρσενικά δεν θα γεννήσουν. Θα γεννήσουν όμως οι βάλανοι. Και στην περίπτωση που ο βάλανος προσβάλλει θηλυκό καβούρι, αφού θα επιφέρει ατροφία των ωθητικών του, θα έχουμε ίδιο αποτέλεσμα.

Όσο αξιοπερίεργες κι αν είναι αυτές οι περιπτώσεις, τουλάχιστον όμως τα παράσιτα παραμένουν εκτός εγκεφάλου. Κάποια άλλα είδη όμως καταφέρουν να εισέλθουν σ' αυτόν. Πρόκειται για μικροσκοπικούς οργανισμούς, για ιούς μάλλον παρά για γιγάντια πλάσματα όπως τα ακάρεα, οι σφηνοσκώληκες και οι βάλανοι. Από τη στιγμή που τα μικροσκοπικά αυτά παράσιτα εισέλθουν στον εγκέφαλο, παραμένουν αρκετά καλά προφυλαγμένα από τις ανοσοαντιδράσεις, και αρχίζουν το έργο του αποσυντονισμού του νευρικού συστήματος του ξενιστή προς ίδιο όφελος.

Ένα τέτοιο παράσιτο είναι κι ο ιός της λύσσας. Παρότι ο δράσος του συγκεκριμένου ιού είναι γνωστή εδώ και αιώνες, δεν έχει γίνει ώς τώρα καμία νευροβιολογική προσέγγιση του θέματος, όπως αυτή που θα επιχειρήσω στη συνέχεια. Ο ιός της λύσσας θα μπορούσε να έχει αναπτύξει πολλούς τρόπους για να μεταδίδεται από τον έναν ξενιστή στον άλλο. Δεν υπήρχε κανένας λόγος να πλησιάσει τον εγκέφαλο. Θα μπορούσε να έχει εφεύρει τεχνάσματα όπως εκείνα των δραστών που προκαλούν το συνάχι—δηλαδή, να διεγείρει τις νευρικές απολήξεις των ρινικών διόδων προκειμένου να κάνει τον ξενιστή να φτερνιστεί και να ψεκάσει με ιό όποιον τύχει να βρίσκεται μπροστά του. Ή, ακόμα, θα μπορούσε να δημιουργεί στον ξενιστή την ακατανίκητη επιθυμία να γλείψει κάποιο ζώο, μεταδίδοντας έτοι τον ιό με το σάλιο του. Αντιθέτως, όπως γνωρίζουμε, ο ιός της λύσσας προκαλεί στον ξενιστή του επιθετική συμπεριφορά, έτσι ώστε να μπορεί να μεταδοθεί μέσω του σάλιου στις πληγές ενός άλλου ξενιστή.

Για σκεφτείτε: Πλήθος νευροβιολόγων μελετούν την νευρική βάση της επιθετικότητας, τα μονοπάτια του εγκεφάλου που εμπλέκονται σ' αυτήν, τους αντίστοιχους νευροδιαβιβαστές, τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ γονιδίων και περιβάλλοντος, τις ρυθμίσεις μέσω ορμονών, και ούτω καθεξής. Για την επιθετικότητα έχουν γίνει συνέδρια, διδακτορικές διατριβές, έντονες ακαδημαϊκές λογομαχίες, τα πάντα. Και στο μεταξύ, ο ιός της λύσσας «ξέρει» ακριβώς ποιους νευρώνες πρέπει να προσβάλλει για να κάνει λυσσασμένο το θύμα. Και απ'

όσο τουλάχιστον γνωρίζω, κανένας νευροεπιστήμονας δεν μελέτησε τη λύσσα προκειμένου να κατανοήσει τη νευροβιολογική βάση της επιθετικότητας.

Όσο κι αν μας εντυπωσιάζει η δράση του συγκεκριμένου ιού, υπάρχουν ακόμα περιθώρια βελτίωσης, και αυτό διότι δεν πρόκειται για εξειδικευμένο παράσιτο. Ένα λυσσασμένο ζώο μπορεί να δαγκώσει κάποιο από τα σπάνια είδη ζώων στα οποία ο ίος της λύσσας δεν πολλαπλασιάζεται, όπως είναι το κουνέλι. Έτσι, όσο εντυπωσιακές κι αν είναι οι συμπεριφορικές αντιδράσεις από την προσβολή του εγκεφάλου, όταν το παράσιτο έχει πολύ μεγάλο πεδίο δράσης ενδέχεται να καταλήξει σε «έναν» ξενιστή-αδιέξodo.

Έτσι φτάνουμε σε μια υπέροχη ειδική περίπτωση ελέγχου του εγκεφάλου —στην εργασία που προανέφερα, από τον Manuel Berdoy και τους συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης. Ο Berdoy και η ομάδα του, λοιπόν, μελετούν ένα παράσιτο που ονομάζεται *Toxoplasma gondii*. Στον ιδανικό τοξοπλασματικό κόσμο θεωρούμε πως η ζωή ουνίσταται σε μια αλυσίδα δύο ξενιστών —τρωκτικά και γάτες. Το πρωτόζωο καταπίνεται από το τρωκτικό και δημιουργεί κύστες σε όλο του το οώμα, και ειδικότερα στον εγκέφαλό του.

Στη συνέχεια, το τρωκτικό τρώγεται από μια γάτα, μέσα στην οποία αναπαράγεται το τοξόπλασμα. Το παράσιτο εξέρχεται από το οώμα της γάτας μέσα στα κόπρανά της, τα οποία τρώνε τα τρωκτικά στα πλαίσια της τροφικής αλυσίδας. Αυτό το σενάριο ουνδέεται αποκλειστικά με την εξειδίκευση: οι γάτες είναι το μόνο είδος μέσα στο οποίο το τοξόπλασμα μπορεί να αναπαραχθεί εγγενώς και να αναπτυχθεί. Άρα, το τοξόπλασμα δεν θα «πήθελε» να φαγωθεί το τρωκτικό-φορέας του από ένα γεράκι, ούτε και τα κόπρανα της γάτας «του» να φαγωθούν από ένα σκαθάρι. Σημειωτέον ότι το τοξόπλασμα μπορεί να μολύνει όλα τα άλλα είδη· θα πρέπει όμως να καταλήξει σε γάτα για να μπορέσει να αναπαραχθεί και να εξαπλωθεί σε άλλους ξενιστές.

Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο όλα τα βιβλία που ασχολούνται με την εγκυμοσύνη συνιστούν την απομάκρυνση της γάτας και του δοχείου καθαριότητάς της από το σπίτι και συμβουλεύουν τις εγκύους να μην ασχολούνται με την κπιουρική εάν υπάρχουν γάτες τριγύρω. Εάν το τοξόπλασμα στα κόπρανα της γάτας καταφέρει να εισέλθει στον οργανισμό της εγκύου, μπορεί να καταλήξει στο έμβρυο και να του προκαλέσει νευρολογικές βλάβες. Οι σωστά ενημερωμένες



έγκυες αποφεύγουν τις γάτες. Αντίθετα, τα τρωκτικά που έχουν προσβληθεί από τοξόπλασμα αντιδρούν εντελώς διαφορετικά. Το κόλπο του παρασίτου ουνίσταται στο να κάνει τα τρωκτικά να χάσουν τη φυσική δυσπιστία τους!

Κάθε τρωκτικό που σέβεται τον εαυτό του αποφέύγει τις γάτες. Πρόκειται γι' αυτό που οι πθολόγοι αποκαλούν πρότυπο σταθερής δράσης, δεδομένου ότι τα τρωκτικά δεν αναπτύσσουν την αποστροφή μέσω διαδικασίας δοκιμής και λάθους (καθότι είναι μάλλον απίθανο να επιβιώσουν εάν από λάθος βρεθούν μπροστά σε μια γάτα). Ο φόβος τους για τις γάτες είναι έμφυτος, και επιτυγχάνεται μέσω των οσφροπτικών φερομονών — των χημικών οσφροπτικών σημάτων που εκπέμπονται από τα ζώα. Τα τρωκτικά αποφεύγουν τη μυρωδιά της γάτας ενοτικτωδώς, ακόμα κι αν πρόκειται για τρωκτικά που ουδέποτε έχουν δει γάτα (ως απόγονοι εκατοντάδων γενεών πειραματόζωων). Όχι όμως και αυτά που έχουν μολυνθεί με τοξόπλασμα. Όπως απέδειξαν o Bardoy και οι ουνεργάτες του, τα τρωκτικά αυτά χάνουν επιλεκτικά το φόβο και την αποστροφή προς τις φερομόνες της γάτας.

Δεν πρόκειται εδώ για μια γενική περίπτωση όπου

το παράσιτο παρεμβαίνει στις εγκεφαλικές διεργασίες του ξενιστή ξεμυαλίζοντάς τον. Οι υπόλοιπες λειτουργίες των μολυσμένων τρωκτικών παραμένουν άθικτες. Το κοινωνικό καθεστώς τους δεν μεταβάλλεται ως προς τις ιεραρχικές τους σχέσεις. Εξακολουθεί να θέλει να ζευγαρώσει και, επομένως, εκ των πραγμάτων έλκεται από τις φερομόνες του αντιθετου φύλου. Τα τρωκτικά που έχουν προσβληθεί εξακολουθούν να διακρίνουν τις υπόλοιπες οσμές. Απλά δεν αντιδρούν στις φερομόνες της γάτας. Είναι καταπληκτικό. Σαν να μολύνεται κάποιος από ένα εγκεφαλικό παράσιτο το οποίο δεν επηρεάζει σε τίποτα τις σκέψεις, τα συναισθήματα ή τις τηλεοπτικές προτιμήσεις του, αλλά, προκειμένου να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο, του δημιουργεί την ακατανίκητη επιθυμία να πάει στο ζωολογικό κάπιο, να πηδήσει τους φράχτες και να φιλήσει στο στόμα την πιο άγρια πολική αρκούδα που θα βρει μπροστά του. Όπως επισημαίνει και o Bardoy στον τίτλο της εργασίας του, πρόκειται για μια «μοιραία έλξη» που επάγεται από παράσιτα.

Προφανώς, χρειάζεται εκτενέστερη και βαθύτερη έρευνα. Δεν το λέω αυτό απλώς επειδή έτσι συνηθίζεται στον επίλογο των επιστημονικών δοκιμών, αλλά επειδή η εν λόγω ανακάλυψη είναι τόσο απίθανη που θα πρέπει να μάθουμε πώς λειτουργεί. Και επειδή (ας μου επιτραπεί για μια στιγμή να ακουστώ σαν ένας άλλος Stephen Jay Gould) παρέχει ακόμη περισσότερα αποδεικτικά στοιχεία ότι η εξέλιξη είναι εκπληκτική. Εκπληκτική γιατί έρχεται σε αντίθεση με την κοινή πεποίθηση. Βαθιά μέσα σε πολλούς από εμάς έχει ριζωθεί η αντίληψη πως η εξέλιξη είναι κατευθύνουσα και προοδευτική: τα ασπόνδυλα είναι πιο αρχέγονα από τα σπονδυλωτά, τα θηλαστικά είναι τα πιο εξελιγμένα σπονδυλωτά, τα πρωτεύοντα είναι γενετικά τα πλέον εκλεπτυσμένα θηλαστικά, και ούτω καθεξής. Ακόμη και ορισμένοι από τους καλύτερους φοιτητές μου πέφτουν σ' αυτή την παγίδα, μολονότι στα μαθήματά μου υπογραμμίζω το λάθος. Εάν πιστεύετε και εσείς κάτι τέτοιο, όχι μόνο σφάλλετε, αλλά βρίσκεστε δυο βήματα πριν την αποδοχή της θεωρίας που θέλει να ισχύει για τους ανθρώπους που κατευθύνουσα εξέλιξη και θεωρεί πως το πιο εξελιγμένο είδος είναι οι βόρειοι Ευρωπαίοι που τρελαίνονται για το σύντομο και το βιηματισμό της χήνας.

Να θυμάστε λοιπόν ότι υπάρχουν πλάσματα που μπορούν να ελέγχουν εγκεφάλους. Μικροσκοπικοί οργανισμοί ί και λίγο μεγαλύτεροι, οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη δύναμη από τον Μεγάλο Αδερφό και, ας το παραδεχτούμε, ακόμα και από τους ίδιους τους νευροεπιστήμονες. Οι σκέψεις μου μπροστά σε μια λακκούβα με νερό με οδηγούσαν στο αντίθετο συμπέρασμα από εκείνο στο οποίο κατέληξε ο Νάρκισσος βλέποντας το είδωλό του στο νερό της πηγής. Έχουμε ανάγκη από φυλογενετική ταπεινότητα. Δεν είμαστε σε καμία περίπτωση το πιο εξελιγμένο είδος, ούτε το λιγότερο ευάλωτο. Και σίγουρα δεν είμαστε το πιο έξυπνο.

