

## Νευροβιολογική έρευνα

ΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΙΩΡΓΟΣ Χ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

- Τι κάνεις;
- Ψάχνω αυτό που έχασα
- Εδώ το έχασες;
- Όχι, αλλά εδώ έχει φως

### Η αναρχική φλέβα της επιστήμης

ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ αρκετά σοβαρή άποψη του Paul Feyerabend, η επιστήμη είναι μια απολύτως αναρχική διαδικασία και γι' αυτό δεν επιδέχεται την εφαρμογή απόλυτων μεθοδολογικών κανόνων. Είναι γνωστό άλλωστε ότι πολλές μεγάλες ερευνητικές ανακαλύψεις επιτεύχθηκαν χάρη στην παράκαμψη προηγούμενων καθιερωμένων μεθοδολογικών προσεγγίσεων και στην αμφισβήτηση των μέχρι τότε κοινά αποδεκτών. Έως εδώ τα πράγματα είναι απολύτως σοβαρά. Πέρα όμως από αυτό το σημείο τα πράγματα μπορεί να γίνουν επικίνδυνα ή γραφικά, όπως ακριβώς μπορεί να γίνουν σε όλες τις περιπτώσεις που κάποιος επιλέγει τη βολική πλευρά μιας άποψης προκειμένου να αντιμετωπίσει το σύνολο των σχετικών προβλημάτων που τον απασχολούν, αγνοώντας και αδιαφορώντας για τις υποχρεώσεις που συνεπάγεται η αντιμετώπιση διαφορετικών εννοιολογικών επιπέδων. Υπό αυτή την έννοια, η επιστημονική έρευνα χωρίς γνώση αρχών και προϋποθέσεων δεν είναι άσκηση ελευθερίας, αλλά ένας αποτελεσματικός τρόπος αμφισβήτησης, ίσως και γελοιοποίησης, της επιστήμης. Επειδή, λοιπόν, ο τρόπος που βλέπω τα επιστημονικά πράγματα αναζητά την αναρχική φλέβα της ίδιας της επιστήμης στην απροκατάληπτη έμπνευση και στη γόνιμη αμφισβήτηση του εύκολου, και όχι σε μία *a priori* υποχρέωση

κατάργησης ό,τι πολύτιμο έχει σωρευτεί ο πολυετής επιστημονικός μόχθος, αποτολμώ μια ελλειπτική αναφορά σε ορισμένες βασικές μεθοδολογικές παραμέτρους της πειραματικής νευροβιολογίας.

### Εξεταστής και εξεταζόμενος

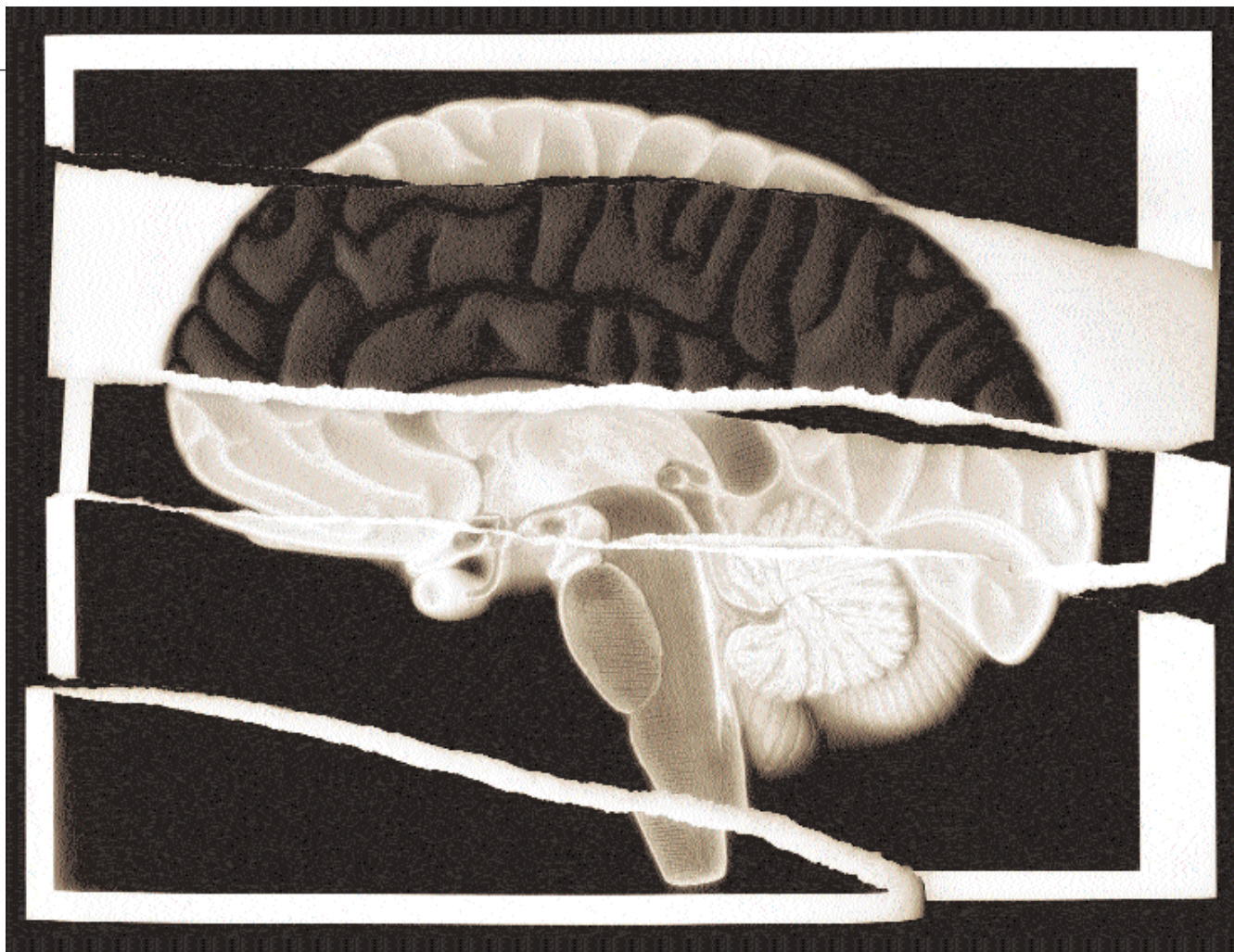
Η ΕΡΕΥΝΑ ΤΟΥ εγκεφάλου αποτελεί ασφαλώς ξεχωριστή περίπτωση ερευνητικής δραστηριότητας. Αυτό συμβαίνει όχι μόνο επειδή ο εγκέφαλος είναι πιθανότατα η πιο σύνθετη κατασκευή στο Σύμπαν, αλλά κυρίως διότι ο ερευνητής χρησιμοποιεί τον εγκέφαλο τόσο ως αντικείμενο έρευνας όσο και ως όργανο ανάλυσης-μελέτης. Προκειμένου, δηλαδή, να κατανοήσει τη λειτουργία των νευρικών κυττάρων, σπινίζεται ο ίδιος στη λειτουργία αυτών των κυττάρων. Η περιέργεια και το ενδιαφέρον του ανθρώπου για τον εγκέφαλο, την «εύθραυστη κατοικία της ψυχής» κατά τον Σαίξπηρ, εκδηλώθηκε πολύ νωρίς. Η πρώτη γραπτή αναφορά στον εγκέφαλο βρίσκεται σε πάπυρο του 17ου αιώνα π.Χ., που όμως είναι μάλλον αντίγραφο παλαιότερου παπύρου (2.300-2.500 π.Χ.). Ωστόσο, η έρευνα του εγκεφάλου αναπτύχθηκε στο διάβα των αιώνων με εξαιρετική βραδύτητα. Μύχιοι φόβοι, ιδεολογικά εμπόδια και θρησκευτικές προλήψεις καθήλωσαν ή απέτρεψαν την έρευνα του εγκεφάλου, τον οποίο σημειωτέον ο Ηρόφιλος και ο Ερασίστρατος αναγνώριζαν ήδη από τον 3ο π.Χ. αιώνα ως κέντρο του νευρικού συστήματος, υπεύθυνο για τη «διακυβέρνηση» του σώματος. Χρειάστηκε δυστυχώς η ανθρωπότητα να περιμένει μέχρι τον 17ο μ.Χ. αιώνα για να αποτολμήσει τα πολιτισμικά βήματα που θα επέτρεπαν στον

Sprinosa αφενός να διατυπώσει την πεποίθηση ότι «οι άνθρωποι κρίνουν τα πράγματα σύμφωνα με τη διαμόρφωση του εγκεφάλου τους» και στους επιστήμονες αφετέρου να αρχίσουν να αναζητούν, δειλά δειλά, απλές ή σύνθετες μεθοδολογικές προσεγγίσεις, προκειμένου να κατανοήσουν φυσιολογικές ή μη λειτουργίες που και οι δικοί τους εγκέφαλοι καθημερινά διεκπεραιώνουν· φέρ' ειπείν, πού και πώς ταξιδεύει το είδωλο μιας εικόνας που σχηματίζεται στο μάτι, ή γιατί μια οσμή μπορεί να φέρει στη μνήμη ξεχασμένα πρόσωπα και εικόνες, ή πώς ο νηφάλιος εγκέφαλος μετατρέπεται σε διψασμένο, πεινασμένο, νυσταγμένο, επιθετικό, καταθλιπτικό, σχιζοφρενικό, ικανό (ή ανίκανο) να μάθει και να απομνημονεύσει.

### Πειραματικά πρότυπα

ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ πρότυπα που χρησιμοποιούνται σήμερα στην έρευνα του νευρικού συστήματος περιλαμβάνουν, εναλλακτικά ή συνδυαστικά, ανθρώπους εθελοντές ή πειραματόζωα, κύτταρα και ιστούς *in vitro*, και υπολογιστικά-μαθηματικά πρότυπα. Το άρθρο αυτό αναφέρεται στις μεθοδολογικές απαιτήσεις και στις συνέπειες των πειραματικών επιλογών κατά την ευρέως διαδεδομένη χρησιμοποίηση πειραματόζωων στη νευροβιολογική έρευνα.

Η χρησιμοποίηση πειραματόζωων συνδέεται στενά με την πρόοδο των νευροεπιστημών, αλλά και γενικότερα των βιολογικών επιστημών. Αρκεί κάποιος να θυμηθεί τη βοήθεια που παρείχε η χρησιμοποίησή τους στην αποκρυπτογράφηση και αντιμετώπιση σημαντικών μυστικών και προβλημάτων του νευρικού συστήματος (φέρ' ειπείν, στην απο-



κάλυψη του χημικού κώδικα των νευρικών κυττάρων και στην αντιμετώπιση πολλών ψυχιατρικών και νευροεκφυλιστικών ασθενειών, στην ανακάλυψη του εμβολίου της πολιομυελίτιδας, στην ανίχνευση των κρίσιμων σταδίων ως προς την ανάπτυξη-διαμόρφωση του εγκέφαλου, στην αντιμετώπιση συγγενών ανωμαλιών των αισθητήριων οργάνων κ.ά.). Είναι ενδεικτικό ότι το έργο όλων των ερευνητών του νευρικού συστήματος στους οποίους απονεμήθηκε βραβείο Νόμπελ βασίζεται στη χρησιμοποίηση πειραματόζων.

Παρ' όλα αυτά, η αυτονόητη υποχρέωση κάθε νευροεπιστήμονα ερευνητή, πριν ακόμα προβεί σε οποιαδήποτε άλλη πειραματική επιλογή, είναι να εξαντλήσει κάθε ενδεχόμενο υποκατάστασης των πειραματόζων με εναλλακτικές μεθόδους έρευνας. Και βεβαίως, εάν αυτό δεν είναι δυνατό, να μεριμνήσει για τη χρησιμοποίηση του μικρότερου δυ-

νατού αριθμού πειραματόζων, καθώς και για την αποφυγή οποιασδήποτε ταλαιπωρίας τους.

### Επιλογές με συνέπειες

Ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ σχεδιασμός και η δουλειά του πειραματιστή-ερευνητή είναι ουσιαστικά μία διαδικασία λήψης αποφάσεων, δηλαδή επιλογής και αποκλεισμού εναλλακτικών δυνατοτήτων. Η διαδικασία αυτή εξελίσσεται από γενικότερα προς ειδικότερα επίπεδα αναφοράς και είναι προφανές ότι αποφάσεις σε γενικότερα επίπεδα περιορίζουν το εύρος των χειρισμών στα αμέσως επόμενα επίπεδα αναφοράς.

—Πρώτη προϋπόθεση για επιτυχή πειραματισμό είναι η σαφής διατύπωση του ερωτήματος για το οποίο αναζητείται απάντηση, και η συγκεκριμενοποίηση των υποθέσεων στις οποίες στηρίζεται το πείραμα.

—Μετά τη διατύπωση του κρίσιμου ερωτήματος επιλέγεται το υπόστρωμα του πειράματος (κύτταρο, ιστός, σύστημα κ.λπ.). Το υπόστρωμα μπορεί να είναι υγιές, νοσούν, αναπτυσσόμενο ή άλλο, και να εξετάζεται υπό φυσιολογικές συνθήκες ή κατόπιν έκθεσης σε ειδικές συνθήκες.

—Στη συνέχεια επιλέγεται το είδος/φυλή του πειραματόζου που προσφέρεται για να δώσει απάντηση στο ερώτημα που τίθεται. Άλλοι σοβαροί λόγοι που λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή των πειραματόζων είναι η ύπαρξη σχετικών πληροφοριών (γενετικών ή άλλων) για αυτά, η ευκολία ελέγχου του περιβάλλοντός τους κ.ά.

—Μετά την επιλογή του πειραματόζου ακολουθεί η επιλογή μεθόδων έρευνας και η εφαρμογή συνθηκών πειραματισμού που να είναι συμβατές με τις

προηγούμενες επιλογές.

## Υποθέσεις ή ευρήματα;

Η ΕΡΕΥΝΑ ΕΙΝΑΙ μια δραστηριότητα που (πρέπει να) λογοδοτεί στον κοινό λόγο. Επομένως, οφείλει να χαρακτηρίζεται από λογική ιεράρχηση, δηλαδή σωστή τοποθέτηση και χρήση υποθέσεων και δεδομένων. Οι υποθέσεις εργασίας είναι πολύτιμες σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, και ιδιαίτερα στην έρευνα, αλλά δεν πρέπει κανείς να ξεχνά ότι ένα εύρημα που στηρίζεται στις λιγότερες δυνατές υποθέσεις είναι προτιμότερο από αυτό που εξαρτάται από πλήθος ανέλεγκτων προϋποθέσεων. Ακόμη όμως και ανάμεσα στα ευρήματα, ο επιστήμονας οφείλει να διακρίνει τη βαρύτητά τους και να διαφοροποιεί αυτά που είναι σύμφωνα αλλά όχι κρίσιμα για την εδραίωση ή απόρριψη μιας υπόθεσης, από εκείνα που απευθείας κρίνουν την αξιοπιστία της.

Επειδή τα ευρήματα έχουν μεγαλύτερη αξία από τις υποθέσεις, δεν είναι γενικά σκόπιμο να χρησιμοποιούνται υποθέσεις για να αντικρουστούν πειραματικά ευρήματα. Ωστόσο, συμβαίνει δυστυχώς συχνά νεότεροι ερευνητές να θεωρούν δεδομένες και αναμφισβήτητες παρατηρήσεις παλαιότερων ερευνητών που στηρίζονταν σε μια πλειάδα σοβαρών και μη ελεγμένων παραδοχών. Παραδείγματα πολύ γνωστών υποθέσεων που χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα ως δεδομένα είναι τα πρότυπα κυτταρικής μεμβράνης Davson-Danielli και Singer-Nicolson, καθώς και η ύπαρξη «πακέτων» ακετυλοχολίνης στα συναπτικά κυστίδια.

## Ο καθένας στο είδος του

Η ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΗΣ έρευνας έχει απευθείας σχέση με τις βασικές επιλογές του ερευνητικού πρωτοκόλλου, δηλαδή με την επιλογή του είδους του πειραματόζωου ή του προτύπου και τη μεθοδολογική προσέγγιση που θα εφαρμοστεί. Κανένα πειραματόζωο ή πειραματικό πρότυπο δεν είναι κατάλληλο και ενδεικτικό για να εξεταστούν όλες οι πα-

ράμετροι που ενδεχομένως ενδιαφέρουν.

Κατά την επιλογή του πειραματόζωου πρέπει κανείς να γνωρίζει ότι η οργάνωση και λειτουργία των επιμέρους συστημάτων του εγκεφάλου στα διάφορα είδη ζώων παρουσιάζουν σημαντικές έως δραματικές διαφορές. Εάν λοιπόν σκοπεύει κάποιος να εφαρμόσει ένα ερευνητικό πρωτόκολλο προκειμένου να μελετήσει το νευρικό σύστημα ενός πειραματόζωου για να εξαγάγει συμπεράσματα για την οργάνωση-λειτουργία του ίδιου συστήματος σε άλλα ζώα ή στον άνθρωπο, είναι απαραίτητο να γνωρίζει εάν αυτό το επιτρέπουν τα εν γένει χαρακτηριστικά του συστήματος τούτου στα προς σύγκριση είδη. Για παράδειγμα, εάν ένας ερευνητής θέλει να μελετήσει την οργάνωση του ανιόντος-νευρικού σκέλους του αντανεκλαστικού της καθόδου του γάλακτος (milk-ejection reflex) στη γυναίκα, πρέπει να επιλέξει ένα πειραματόζωο στο οποίο τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του αντανεκλαστικού (φέρ' ειπείν, ο τρόπος έκκρισης ωκυτοκίνης) είναι παρόμοια με αυτά της γυναίκας. Ή, αντίθετα, δεν νοείται να μελετά κανείς την οργάνωση και τα ηλεκτροφυσιολογικά χαρακτηριστικά των νευρικών κυττάρων τού έξω γονατώδους σώματος στον εργαστηριακό επίμυ και να διατυπώνει αφορισμούς για το οπτικό σύστημα των θηλαστικών, όταν είναι γνωστό ότι ο αλφισμός προκαλεί σημαντικές αλλαγές (και στην οργάνωση του έξω γονατώδους σώματος).

Είναι γνωστό ότι το πρότυπο των τρωκτικών χρησιμοποιείται στα περισσότερα ερευνητικά πεδία. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα που έχει η χρησιμοποίηση τρωκτικών είναι η μικρή διάρκεια ζωής τους, η ύπαρξη πλούσιας βιβλιογραφίας, η αφθονία πληροφοριών σχετικών με το γενετικό ιστορικό τους, η ευκολία ελέγχου του περιβάλλοντός τους, η ύπαρξη πολλών φυλών, η εύκολη απόκτησή τους και το χαμηλό κόστος διατήρησής τους. Λέγοντας πρότυπο τρωκτικών πολλοί ερευνητές εννοούν αποκλειστικά τον εργαστηριακό μύ (*Mus*

*musculus*) ή επίμυ (*Rattus norvegicus*). Ωστόσο, ανάμεσα στα τρωκτικά περιλαμβάνονται και είδη ή φυλές των οποίων κάποια χαρακτηριστικά μπορεί να είναι πιο κατάλληλα για το είδος της έρευνας που ενδιαφέρει τον ερευνητή. Για παράδειγμα, εάν ενδιαφέρει κάποιον να κάνει κυτταροκαλλιέργειες θα πρέπει να ξέρει ότι τα κύτταρα του χρυσοκρικτικού (Syrian hamster) εμφανίζουν κατά την καλλιέργειά τους πολύ μικρό βαθμό αυτόματης μετάπλασης σε σχέση με τα κύτταρα του μύς ή του επίμυ. Επίσης, εάν κάποιος θέλει να μελετήσει το γήρας θα πρέπει να γνωρίζει ότι η διάρκεια ζωής τού *Mus musculus* είναι αρκετά μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του ίδιων διαστάσεων *Peromyscus leucopus*. Αυτά αναφέρονται με την επιπλέον επισήμανση ότι το πρότυπο των τρωκτικών, ενώ μπορεί άνετα να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της προοδευτικής μείωσης της λειτουργικής δραστηριότητας-επάρκειας των ιστών κατά τη γήρανση, είναι συνήθως ακατάλληλο για τη μελέτη συγκεκριμένων νόσων του γηράσκοντος ανθρώπου (φέρ' ειπείν αθηροσκλήρωση).

## Επίπεδα και ιεραρχήσεις

ΤΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ερώτημα που τίθεται προς διερεύνηση είναι κατ' αρχήν σκόπιμο να εξετάζεται στο κατάλληλο επίπεδο του οργανισμού. Μια σειρά από φαινόμενα, όπως λόγου χάριν η μάθηση, η σκέψη, η κίνηση, η γένεση των ασθενειών, λαμβάνουν χώρα σε ακέραια ζωντανά ζώα και, επομένως, οποιοσδήποτε πειραματικός σχεδιασμός αποβλέπει στη μελέτη τους είναι σκόπιμο να μην ξεχνά το γεγονός αυτό. Ιστός ο οποίος έχει υποστεί επεξεργασία με διάφορους τρόπους (φέρ' ειπείν ομογενοποίηση, μονιμοποίηση, αφυδάτωση) αδυνατεί να δώσει πληροφορίες σε κάποια ερωτήματα, ή οι πληροφορίες που παρέχει είναι κατώτερης ποιότητας από αυτές που προκύπτουν από την εξέταση του ίδιου του ζωντανού οργανισμού. Επίσης, είναι προφανές ότι ο τρόπος με τον οποίο επεξεργάζεται ο ερευνητής τον απομο-

νωμένο ιστό έχει καταλυτική σημασία και πρέπει να συναρτάται με τον επιδιωκόμενο στόχο. Μια φέτα εγκεφάλου (brain slice), στην οποία τα κύτταρα διατηρούν πλήρη μεταβολική δραστηριότητα, μπορεί να δώσει πιο αξιόπιστες πληροφορίες από μια ιστολογική τομή, όταν εξετάζονται χαρακτηριστικά που απαντούν μόνο *in vivo*. Συνοπτικά, τα ερευνητικά παρασκευάσματα μπορούν να ιεραρχηθούν με βάση την εμβέλεια-αξιοπιστία που έχουν τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από την εξέτασή τους. Ιστολογικές τομές, και ακόμη περισσότερο παρασκευάσματα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, κατατάσσονται χαμηλότερα από φέτες ιστού ή μεμονωμένα κύτταρα, και αυτά χαμηλότερα από εγκεφάλους ζώων εργαστηρίου. Με αυτό το σκεπτικό, υψηλότερα στην ιεράρχηση βρίσκεται ο ακέραιος και ζωντανός οργανισμός που προφανώς υπερτερεί από τον αναισθητοποιημένο ή επηρεασμένο από άλλους εξωγενείς παράγοντες οργανισμό. Εμφάνιση ενός χαρακτηριστικού μόνο σε παρασκευάσματα υψηλής ιεράρχησης σημαίνει ότι αυτό χρειάζεται υψηλό επίπεδο ιστολογικής οργάνωσης, ενώ αντίθετα, παρατήρησή του μόνο σε παρασκευάσματα χαμηλής ιεράρχησης σημαίνει ότι είτε είναι προϊόν τέχνης (artifact), είτε καλύπτεται (σε παρασκευάσματα υψηλής ιεράρχησης) από άλλους μηχανισμούς.

Για τους παραπάνω, και όχι μόνο, λόγους, η αξιοπιστία ενός πειραματικού ευρήματος εξαρτάται από την επάρκεια του πειράματος ελέγχου (control). Ένα πείραμα είναι τόσο καλό όσο και η ποιότητα του πειράματος ελέγχου. Και είναι προφανές ότι για κάθε πειραματικό πρωτόκολλο (πρέπει να) υπάρχει ένα ή περισσότερα ειδικά πειράματα ελέγχου.

### Επιτρεπόμενες συγκρίσεις

ΕΝΑ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ πρόβλημα στη βιοϊατρική έρευνα είναι αυτό των «ομόλογων» χαρακτηριστικών. Το πρόβλημα αυτό, αρκετά σημαντικό στη νευροβιολογία, προκύπτει από την ανάγκη να συγκρίνονται μεταξύ τους απολύτως αντίστοιχα

(=ομόλογα) στοιχεία διάφορων ζώων. Στο γλωσσάριο του βιβλίου *Η Καταγωγή των ειδών* του Δαρβίνου, ως ομόλογα όργανα περιγράφονται εκείνα «που αναπτύσσονται από τα αντίστοιχα μέρη των εμβρύων των διάφορων ζώων». Ο Simpson πιστεύει ότι «ομόλογα στοιχεία σε δύο ή περισσότερους οργανισμούς είναι εκείνα τα οποία μπορούν να αναχθούν στο ίδιο στοιχείο του κοινού προγόνου αυτών των οργανισμών». Ορισμένοι επιστήμονες προσθέτουν ότι μορφολογικοί χαρακτηριστές διάφορων ειδών ζώων μπορούν να θεωρηθούν ομόλογοι μόνο εάν προέρχονται από παρόμοιους ή ομόλογους αναπτυξιακούς μηχανισμούς και γονίδια. Στην πράξη, πολύ συχνά, η αντιστοίχιση των χαρακτήρων γίνεται με βάση κάποιες φαινομενικές ομοιότητες. Για παράδειγμα, στη συγκριτική νευροανατομική, κατασκευές του εγκεφάλου διάφορων ζώων θεωρούνται ομόλογες εάν καταλαμβάνουν αντίστοιχη θέση ή εάν εμφανίζουν κάποια παρόμοια χαρακτηριστικά (συνδέσεις, ιστοχημεία, λειτουργία). Το πρόβλημα των ομόλογων στοιχείων μπορεί να αντιμετωπιστεί λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη διαδοχικών επιπέδων βιολογικής οργάνωσης. Τα επίπεδα αυτά οργάνωσης (γονίδια, αναπτυξιακοί μηχανισμοί, μορφολογικές κατασκευές, λειτουργίες) έχουν μεταξύ τους αιτιώδη σχέση, και στοιχεία υψηλότερων επιπέδων μπορεί να είναι ομόλογα, ακόμη και αν τα στοιχεία των κατώτερων επιπέδων από τα οποία προέρχονται δεν είναι μεταξύ τους ομόλογα. Μια τέτοια θεώρηση επιτρέπει τη διατύπωση ερωτημάτων σχετικών με το συσχετισμό των φυλογενετικών αλλαγών που εμφανίζονται σε κάθε επίπεδο βιολογικής οργάνωσης.

### Αντί επιλήθου

ΠΑΡΑ ΤΙΣ ΜΕΓΑΛΕΣ και συνδυασμένες ερευνητικές προσπάθειες, αλλά και τα αναμφισβήτητα νευροβιολογικά επιτεύγματα κατά τον τελευταίο κυρίως αιώνα, το μαύρο κουτί (εγκέφαλος) παραμένει πεισματικά αινιγματικό. Γιατί

άραγε; Μεταξύ των λόγων που μπορεί να επικαλεστεί κάποιος είναι ασφαλώς και οι ανεπάρκειες των χρησιμοποιούμενων μεθόδων έρευνας. Ο στόχος να αποκρυπτογραφηθούν τα μυστικά του οργάνου της συμπεριφοράς είναι τόσο φιλόδοξος ώστε έχει ανάγκη από εμπνευσμένη έρευνα με κατάλληλα μεθοδολογικά εργαλεία.

Οι περιορισμοί, όμως, που τίθενται από τα προβλήματα και τις ανεπάρκειες των διαθέσιμων μεθόδων έρευνας δεν συνιστούν δυστυχώς το μόνο εμπόδιο που πρέπει να υπερβούμε. Ένα άλλο εμπόδιο είναι οι παγίδες τις οποίες δημιουργούν οι ίδιες οι εντυπωσιακές τεχνικές δυνατότητες των τελευταίων ετών. Η υπερεκτίμηση και η παρερμηνεία των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα πλέον σύγχρονα μεθοδολογικά εργαλεία της νευροβιολογικής έρευνας, δηλαδή οι γονιδιακές τεχνικές και οι μη επεμβατικές απεικονιστικές μέθοδοι εξέτασης του εγκεφάλου, έχουν ήδη συμβάλει στη διαμόρφωση ενός πλαισίου έρευνας όπου αναζητούνται είτε τα γονίδια της «ομιλίας» ή της «ευτυχίας», είτε οι εγκεφαλικές περιοχές που είναι υπεύθυνες για την «εμπιστοσύνη» ή το «θρησκευτικό συναίσθημα». Και αυτό είναι μια αμφίβολη πρόοδος για την επιστήμη και την κοινωνία. Εντούτοις η εξέλιξη αυτή δεν πρέπει να ξαφνιάζει. Διότι όπως λέει και ο Martin Heidegger, σχολιάζοντας την άποψη του Nietzsche περί νίκης της επιστημονικής μεθόδου επί της επιστήμης, «η ιλιγγιώδης επιτάχυνση η οποία σήμερα παρουσιάζει τις επιστήμες προς σκοπούς που αυτές οι ίδιες αγνοούν αντλεί την προωθητική της ισχύ από την προοδευτική υποταγή στην τεχνική της μεθόδου και τις δυνατότητες που εμπεριέχονται σε αυτήν. Στη μέθοδο ευρίσκεται όλη η δύναμη της γνώσης, το θέμα υπόκειται στη μέθοδο».

Ο Γιώργος Χ. Παπαδόπουλος είναι καθηγητής στην Κτηνιατρική Σχολή του ΑΠΘ. Έχει δημοσιεύσει αρκετά βιβλία επιστήμης και λογοτεχνίας.