

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 21<sup>ΗΣ</sup> ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2003

## ΥΠΟΔΟΧΗ

ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ  
ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ ΑΡΤΑΒΑΝΗ-ΤΣΑΚΩΝΑ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΠΟ ΤΟΥ ΠΡΟΕΔΡΟΥ κ. ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ ΣΚΑΛΚΕΑ

Η Ακαδημία Αθηνών ύποδέχεται σήμερα έπισημα και περιλαμβάνει στούς κόλπους της, ώς Άντεπιστέλλον Μέλος αύτης, στὸν κλάδο τῆς Μοριακῆς Βιολογίας, τὸν Καθηγητὴν κ. Σπυρίδωνα Αρταβάνη-Τσάκωνα, διακεχριμένο έρευνητὴ και πνευματικὸ ἄνδρα, ὃ ὅποιος ἐτίμησε τ' ὄνομα τῆς χώρας μας στὴ διεθνῆ ἐπιστήμη.

Άγαπητὲ φίλε και συνάδελφε, κ. Αρταβάνη-Τσάκωνα,

Μὲ πραγματικὴ χαρά, ἀλλὰ και ὑπερηφάνεια σᾶς καλωσορίζω σήμερα, κατὰ τὴν ἐπίσημη ὑποδοχὴ σας, στὸ Ανώτατο Πνευματικὸ Ίδρυμα τῆς χώρας μας και σᾶς εὔχομαι νὰ συνεχίστετε ἐπὶ μακρὸν τὴν ὑψηλὴ ἐπιστημονικὴ ἀποστολὴ σας, ἡ ὅποια ἔχει προαγάγει σημαντικὰ τὴν ἐπιστήμη τῆς βιολογίας και τῆς ιατρικῆς. Η Σύγκλητος τῆς Ακαδημίας Αθηνών ἔκανε τὴν τιμὴ νὰ μοῦ ἀναθέσει τὴν παρουσίαση τῆς Βιογραφίας και τοῦ ἐπιστημονικοῦ σας ἔργου, τὰ ὅποια θὰ ἀναλύσω σὲ γενικὲς γραμμές.

Ο κ. Σπυρίδων Αρταβάνης-Τσάκωνας γεννήθηκε στὴν Αθήνα τὸ 1946, ὅπου και περάτωσε τὶς ἐγκύριες σπουδές του στὴ Γερμανικὴ Σχολή. Ἐσπουδασε Θεωρητικὴ Χημεία στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Ζυρίχης, ἀλλὰ οἱ σειρῆνες τῶν ταχέως ἔξελισσόμενων Βιολογικῶν Ἐπιστημῶν τὸν ὁδήγησαν στὴ Μοριακὴ Βιολογία, ὅπου τὸ 1975 ἀπέκτησε διδακτορικὸ δίπλωμα ἀπὸ τὸ Πανεπιστήμιο

τοῦ Καίμπριτς τῆς Άγγλίας. Άκολούθως, ως μεταδιδακτορικὸς σπουδαστής, ἐργάστηκε μεταξὺ τῶν ἑτῶν 1975-78 στὴν Ἐλβετία καὶ κατὰ τὰ ἔτη 1979 καὶ 1980 στὸ Πανεπιστήμιο Στάνφορτ τῶν Η.Π.Α.

Τὸ 1981 διορίστηκε Ἐπίκουρος Καθηγητὴς στὸ Τμῆμα Βιολογίας τοῦ Πανεπιστημίου Γιένη, ὅπου μετὰ τριετία προήχθη σὲ Αναπληρωτὴ Καθηγητή. Μεταξὺ τῶν ἑτῶν 1988-89 ἐργάστηκε ως Ἐπισκέπτης Καθηγητὴς στὸ Ἰνστιτοῦτο Παστερὸ τῶν Παρισίων. Τὸ 1989 διορίστηκε Καθηγητὴς τῆς Βιολογίας στὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Γιένη. Τὸ 1990 κατέλαβε τὴν ἔδρα τῆς Μοριακῆς Βιολογίας τοῦ Γιένη καὶ συγχρόνως ἀνακηρύχθηκε Ἐρευνητὴς τοῦ Ἰνστιτούτου Χάουαρντ Χιούζ, τίτλος ὑψίστης ἐπιστημονικῆς ἀξίας.

Ἀπὸ τὸ 1999 ἐργάζεται ως Καθηγητὴς τῆς Ὀγκολογίας τοῦ τμήματος τῆς Κυτταρικῆς Βιολογίας τοῦ Πανεπιστημίου Χάρβαρντ στὴν ἔδρα Ἰσελμπάχερ / Σουόρτς. Παράλληλα, εἶναι Διευθυντὴς τοῦ Τμήματος Αναπτυξιακῆς Βιολογίας καὶ Νεοπλασματικῶν Νόσων τοῦ Γενικοῦ Νοσοκομείου τῆς Μασαχουσέτης τοῦ ᾖδίου Πανεπιστημίου.

Τὸ 2000 ἔξελέγη Καθηγητὴς τῆς Αναπτυξιακῆς Βιολογίας στὸ Collège de France. Τὸ 1998 ἔξελέγη μέλος τῆς Ακαδημίας Τεχνῶν καὶ Ἐπιστημῶν τῶν Η.Π.Α. Κατὰ τὴν διάρκεια τῆς σταδιοδρομίας του ἔχει τύχει πολλῶν τιμητικῶν διακρίσεων. Ἐχει κληρθεῖ νὰ διδάξει ως Ἐπισκέπτης Καθηγητὴς σὲ πολλὰ Πανεπιστήμια τῆς Εὐρώπης καὶ τῆς Αμερικῆς, ἐνῶ ἀμέτρητες εἶναι οἱ συμμετοχές του σὲ Ἐπιστημονικὰ Συνέδρια. Ἐπίσης εἶναι κριτὴς σὲ ἐρευνητικὰ προγράμματα καὶ σὲ διεθνῆ ἐρευνητικὰ περιοδικά.

Ἡ μεγάλη συμβολὴ τοῦ Καθηγητοῦ κ. Ἀρταβάνη-Τσάκωνα στὴν ἐρευνα εἶναι ἡ ἀνακάλυψη καὶ ἡ λεπτομερειακὴ ἀνάλυση τῆς λειτουργίας ἐνὸς ἀπὸ τὰ ἀκρογωνιαῖα συστήματα τῆς ἀνάπτυξης κάθε πολυκυττάρου ὁργανισμοῦ. Ἡ ἀνάπτυξη ἀπὸ ἄναταρο καὶ μόνο ἀρχικὸ κύτταρο σὲ μία τρισδιάστατη δομὴ μὲ χαρακτηριστικὴ μορφὴ εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα συγκροτημένων γονιδιακῶν λειτουργιῶν ποὺ κατευδύνουν τὸν προορισμὸ κάθε κυττάρου. Γιὰ νὰ ἐπιτευχθεῖ αὐτό, τὸ κάθε κύτταρο καλεῖται νὰ ἐρμηνεύσει σήματα ἀπὸ τὸ ἀμεσο περιβάλλον του καὶ νὰ τροποποιήσει τὶς λειτουργίες του ἔτσι ὥστε νὰ προχωρήσει στὸ ἐπόμενο στάδιο τῆς ἔξελιξεώς του.

Ο κ. Ἀρταβάνης-Τσάκωνας, μὲ πειραματικὸ μοντέλο τὴ δροσόφιλα-μύγα, κατάφερε νὰ προσδιορίσει τὸ σημαντικότατο γιὰ τὴν ἔξελιξη σύστημα σηματοδότησης, τὸ σύστημα Νότς. Συγκεκριμένα, πρῶτος κλωνοποίησε τὸ γονίδιο καὶ στὴ συνέχεια ἀπέδειξε ὅτι εἶναι ὅντως αὐτὸ ὑπεύθυνο γιὰ τὸν φαινότυπο τῆς μύγας μὲ ἐγκοπὲς στὶς πτέρυγές της, ὁ ὅποιος καὶ γιὰ αὐτὸ ἐπονομάζεται

Νότις. Τὸ 1985, ὁ κ. Ἀρταβάνης-Τσάκωνας περιέγραψε γιὰ πρώτη φορὰ τὸ Νότις σὰν ὑποδοχέα τῆς κυτταρικῆς μεμβράνης, γεγονὸς ποὺ ἀποτέλεσε τὸ ἔναυσμα γιὰ τὴν δημιουργία ὀλοκλήρου πεδίου ἔρευνας μὲ τὸ ὅποιο ἀσχροῦνται σήμερα περισσότερα ἀπὸ 100 ἐργαστήρια στὸν κόσμο. Ὁ κ. Ἀρταβάνης-Τσάκωνας καὶ οἱ συνεργάτες του ἐδραίωσαν ὅτι τὸ Νότις ἔχει διατηρηθεῖ ἐξελικτικὰ ἀπὸ τοὺς σκώληκες ἔως τὸν ἀνθρώπο καὶ ἕοήθησε τὸ διστακτικὸ κοινὸ τῶν βιολόγων νὰ χρησιμοποιήσουν δροσόφιλες καὶ σκώληκες σὰν ἀπλούστερα ἀλλὰ καὶ πολὺ ἀποτελεσματικὰ μοντέλα κατανόησης ὀντογενετικῶν διαδικασιῶν ποὺ ἀφοροῦν τὸν ἀνθρώπο. Ἐπιπλέον, ἀνατέμνοντας μὲ μοριακὸ τρόπο τὴ Νότις σηματοδοτικὴ ὁδὸ, ἀνακάλυψαν καὶ ἀλλὰ ἔξισου σημαντικὰ μόρια-κόμβους τῆς ὁδοῦ.

Οἱ ἔρευνές του ἀνοίγουν τὸν δρόμο γιὰ τὴν κατανόηση καὶ τὴν ἐπιλυση πολλῶν παθολογικῶν καταστάσεων τοῦ ἀνθρώπου, μεταξὺ τῶν ὅποιων συμπεριλαμβάνεται καὶ ὁ καρκίνος. Ἔνα μικρὸ παράδειγμα γιὰ τὴν ἐπίπτωση ποὺ οἱ παρατηρήσεις τοῦ κ. Ἀρταβάνη-Τσάκωνα μπορεῖ νὰ ἔχουν, εἰναι ἡ τρέχουσα ἔρευνα στὴν λεμφοβλαστικὴ λευχαιμία στὴν νόσο CADACIL (μιὰ νοσολογικὴ ὄντότητα ποὺ χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἀποπληξία καὶ ἄνοια) καὶ τὸ σύνδρομο ALAGÍLLE (μιὰ πλειοτροπικὴ νοσολογικὴ ὄντότητα ποὺ σχετίζεται μὲ ἀγγειακὲς ἀνωμαλίες).

Ἐγει δημοσιεύσει στὰ πλέον ἔγκυρα περιοδικὰ πολυάριθμες πρωτότυπες ἐργασίες, οἱ ὅποιες ἀναφέρονται ἀπὸ πολλές χιλιάδες ἔρευνητες σὲ ἔγκριτα περιοδικὰ καὶ σχετικὰ συγγράμματα. Δύναται νὰ χαρακτηριστεῖ ὡς ἔνας ἐκ τῶν πλέον προβεβλημένων διεθνῶς δημιουργῶν στὴν Ἀναπτυξιακὴ Βιολογία.

Διαδέτει ἀρίστη γενικὴ μόρφωση καὶ κλασσικὴ παιδεία. Κατὰ τὶς ἐλεύθερες ὥρες του ἀσχολεῖται μὲ τὴ ζωγραφικὴ. Εἶναι ἐμπνευσμένος Ἑλληνας πατριώτης, ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὸν μεγάλο ἀριθμὸ νέων Ἑλλήνων ἔρευνητῶν τοὺς ὅποιους ἔχει ἐκπαιδεύσει, ἀλλὰ καὶ τοὺς ἀγῶνες του γιὰ τὴν προάσπιση τῶν ἐλληνικῶν Δικαιίων.

Γιὰ τοῦτο ἡ Τάξη τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν ὁμόφωνα ἐπρότεινε καὶ ἡ Ὀλομέλεια ἔξελεξε τὸν κ. Συπρίδωνα Ἀρταβάνη-Τσάκωνα ως Ἀντεπιστέλλον Μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν στὸν κλάδο τῆς Ἀναπτυξιακῆς Βιολογίας καὶ Γενετικῆς.

Ἀγαπητὲ φίλε καὶ συνάδελφε κύριε Ἀρταβάνη -Τσάκωνα,

Σᾶς καλωσορίζω, σᾶς εὔχομαι ὑγεία καὶ οἰκογενειακὴ εύτυχία καὶ ἐκφράζω τὴν εὐχὴν νὰ συμβάλλετε στὴν προαγωγὴ τῆς ἐπιστήμης καὶ ἀπὸ τὴν νέα σας ἰδιότητα.

ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ  
ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ ΣΕ ΚΑΘΟΛΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ Κ. ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ ΑΡΤΑΒΑΝΗ-ΤΣΑΚΩΝΑ

Ή θιολογία είναι ή φυσική ἐπιστήμη τῆς ὅποιας τὸ ἀντικείμενο προσεγγίζει ἀπὸ μία συγκεκριμένη σκοπιὰ περισσότερο ἀπὸ κάθε ἄλλη ἐπιστήμη τὴν ἀνάλυση τῆς ἀνθρώπινης ὑπαρξῆς. Υπόσχεται νὰ ἀντιμετωπίσει τὰ γηρατεὶα καὶ τὶς ἀρρώστιες, νὰ ἔξαλεῖψει τὴν πείνα καὶ ἵσως ἀκόμα νὰ φτάσει κοντά σὲ ὅ,τι οἱ ἀρχαῖοι ὀνόμαζαν «πνεῦμα». Είναι ὁ συνδυασμὸς τῶν λύσεων σὲ πανάρχαιες ἐλπίδες καὶ ἀρχέγονους φόβους, ποὺ θέτουν τὴν Βιολογία τόσο κοντά μας.

**Ή θιολογία σὰν γνωστικὸ ἀντικείμενο σήμερα**

Ή θιολογία είναι κατ' ἔξοχὴν πειραματική ἐπιστήμη καὶ δὲν μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ ἀκριβής ὅπως ή φυσική καὶ τὰ μαθηματικά. Τὰ ἀντικείμενα τῆς θιολογικῆς ἔρευνας είναι ἀρκετὰ πολύπλοκα καὶ δὲν είναι κλειστὰ ὡς συστήματα γιὰ νὰ περιγραφοῦν μὲ γενικὲς θεωρίες. Σήμερα ὅμως, ὅλοι ἀντιλαμβανόμαστε ὅτι θρισκόμαστε σὲ μία περίοδο μεθοδολογικῆς καὶ ἐπιστημολογικῆς σύνθεσης στὶς θιολογικὲς ἐπιστῆμες.

Ή τεχνολογικὴ πρόοδος στὶς δυὸ τελευταῖες δεκαετίες μᾶς ἔδωσε καινούργιες δυνατότητες ἀνάλυσης τοῦ θιολογικοῦ κόσμου καθὼς καὶ μία ἀνευ προηγουμένου ποσότητα πληροφοριῶν, πραγματικὰ προκαλώντας τὴν μέχρι σήμερα πειραματικὴ καὶ ἀκαδημαϊκὴ μας πρακτική. Ή ἐπανάσταση τῆς γονιδιωματικῆς τῆς προηγούμενης δεκαετίας μᾶς δίνει ἐπιτέλους τὴ δυνατότητα νὰ μελετήσουμε ὀργανισμοὺς ὡς ὀλοκληρωμένα συστήματα. Είναι ή πρώτη φορὰ ποὺ ἔχουμε βάσιμες ἐλπίδες νὰ μὴν περιοριστοῦμε στὰ ἐρωτήματα ποὺ σχετίζονται μὲ τὸ πῶς είναι χτισμένο ἔνα σύστημα καὶ νὰ προχωρήσουμε σὲ ἐρωτήματα ποὺ ἀναφέρονται στὸ γιατί είναι φτιαγμένο ὅπως είναι.

Ή θέση ποὺ ἀναπτύσσω καὶ ὑποστηρίζω έστινεται σὲ αὐτὸ ποὺ πιστεύω ὅτι ἀποτελεῖ τὴν πιὸ σημαντικὴ γενίκευση ποὺ ἀναδύεται ἀπὸ τὶς θιολογικὲς μελέ-

τες τῶν περασμένων πενήντα χρόνων. Συγκεκριμένα, ὅτι οἱ βασικὲς κυτταρικὲς λειτουργίες καὶ βιοχημικοὶ μηχανισμοὶ συντηροῦνται ἀνάμεσα στὰ διάφορα εἴδη. Ή πειραματικὴ δουλειά, πάνω στὴν ὃποια βασίζεται αὐτὸ τὸ σημαντικότατο συμπέρασμα, ἔγινε ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον πάνω σὲ σχετικὰ ἀπλὰ βιολογικὰ μοντέλα, ὅπως βακτηρίδια, μύγες, σκώληκες κτλ. Αὐτὰ εἶναι τὰ βιολογικὰ μοντέλα ποὺ ἀποτελοῦν τὸ ἀντικείμενο μελέτης τῆς ἀναπτυξιακῆς βιολογίας καὶ τῆς γενετικῆς, τῶν δυὸ αὐτῶν ἀναπόσπαστων σήμερα κλάδων τῆς βιολογίας.

Θὰ προσπαθήσω νὰ ἔξηγήσω γιατί καὶ πῶς ἡ ἀνάλυση ἐνὸς σχετικὰ ἀπλοῦ ὄργανισμοῦ ὅπως ἡ μύγα, ἡ ὅποια εἶναι τὸ πιὸ βασικὸ ἔργαλειο τῆς δικιᾶς μου ἔρευνας καὶ ποὺ προσφέρεται γιὰ πολύπλοκες γενετικὲς ἀναλύσεις, μπορεῖ νὰ ἀποσαφηνίσει βασικὲς ἀρχὲς ποὺ διέπουν τὰ βιολογικὰ συστήματα καὶ ὡς ἐκ τούτου νὰ διαλευκάνει καθολικές βιολογικές ἔννοιες ποὺ ἀναφέρονται ἀκόμα καὶ στὴν ἀνθρώπινη βιολογία καὶ παθοφυσιολογία.

### Ιστορικὸ ἀναπτυξιακῆς βιολογίας

Θὰ μοῦ ἐπιτρέψετε νὰ περιγράψω τὸ γνωστικὸ ἀντικείμενο τῆς ἀναπτυξιακῆς βιολογίας καὶ τῆς γενετικῆς καὶ νὰ θέσω τὶς προσόδους αὐτῶν τῶν κλάδων σὲ ἔνα σύντομο ιστορικὸ πλαίσιο. Τὸ παρελθόν στὴ βιολογία δὲν προσφέρει μόνο τὴ γνώση τοῦ τί ἔχει ἥδη συμβεῖ ἀλλὰ εἶναι χρήσιμο γιὰ τὴν ἀξιολόγηση τῶν σύγχρονων ἀντιλήψεων.

Ἡ ἀναπτυξιακὴ βιολογία ἡ ἐμβρυολογία, ὅπως ἐπίσης ὁνομάζεται, εἶναι ἡ ἐπιστήμη ποὺ προσπαθεῖ νὰ κατανοήσει τὸ πῶς τὸ γονιμοποιημένο ώάριο ἔξελισσεται ἀπὸ ἔνα μοναδικὸ κύτταρο σὲ ἔνα πολυκύτταρο, πολύπλοκο ὄργανισμό. Δὲν ὑπάρχει καμίᾳ ἀμφιβολίᾳ πώς ὁ πρώτος ἀναπτυξιακὸς βιολόγος ἦταν ὁ Ἀριστοτέλης.

Ἡ βιολογία ὅμως τοῦ Ἀριστοτέλη ἦταν τελεολογικὴ καὶ κατὰ συνέπεια ἡ προσωκρατικὴ σκέψη εἶναι πλησιέστερη στὶς σημερινὲς ἀντιλήψεις καὶ στὸ Δαρβίνο τοῦ 19ου μ.Χ. αἰώνα ἀπ' ὅ,τι αὐτὴ τοῦ Ἀριστοτέλη. Οἱ προσωκρατικοὶ φίλοσοφοι, σχεδὸν πρότειναν τὴν «φυσικὴ ἐπιλογή». Ἡ ἀποψη, φερ' εἰπεῖν ὅτι τὰ δόντια προέκυψαν τυχαῖα καὶ παρέμειναν καθὼς πρόσδιδαν στὸν ὄργανισμὸ ποὺ τὰ ἔφερε τὴ δυνατότητα ἀποτελεσματικότερης θρέψης, εἶναι ἐξαιρετικὰ διαφωτιστικὴ κάτω ἀπὸ μία μοντέρνα ὀπτικὴ γνωσία: ταῦτα μὲν ἐσώθη ἀπὸ τοῦ αὐτομάτου συστάντα ἐπιτηδείως, ὅπως ισχυρίζονται οἱ Προσωκρατικοί, εἰσάγοντας ἐπίσης μὲ αὐτή τους τὴν φράση τὴν ἔννοια τῆς τύχης καὶ τῆς ἀναγκαιότητας, δυὸ

έννοιες που υἱοθετήθηκαν και ἀναλύθηκαν διεξοδικά ἀπὸ τὸν Jacques Monod στὸ διάσημο ὄμοτιτλο βιβλίο του.

Ἡ τελεολογικὴ προσέγγιση, που ἀπορρίπτεται σήμερα, ἀναπτύχθηκε σὲ ἀντιπαράθεση μὲ τὴν προσωκρατικὴ θέση τοῦ «αὐτόματου», τοῦ τυχαίου, μὲ ἄλλα λόγια, σὰν ἀρχὴ που δρίσκεται στὴ βάση τῆς δημιουργίας νέων τύπων. Ἐπιχειρηματολογώντας ἐνάντια στοὺς προδρόμους του, ὁ Ἀριστοτέλης ἀνέπτυξε τὶς ἐπιστημονικὲς ἀρχὲς τῆς πειραματικῆς μεθοδολογίας. Ἀκόμα καὶ ἂν τὰ συμπεράσματά του, καὶ συγκεκριμένα ἡ τελεολογία του, δὲν εἶναι ἀποδεκτά, ἡ μεθοδολογία του καὶ οἱ παρατηρήσεις του παραμένουν ἀξιοθαύμαστες καὶ ὡς ἔνα μεγάλο βαθὺ ἀκριβεῖς.

Ἡ ἐλληνικὴ περίοδος τῆς βιολογικῆς σκέψης σταματᾷ μὲ τὸν Γαληνό, ἐνῶ ἀκολουθοῦν περισσότεροι ἀπὸ ὅκτὼ αἰῶνες σιωπῆς μέχρι τὸν Leonardo da Vinci. Ἡ ἀριστοτελικὴ ἐπιστημονικὴ ἀποψη, ὅμως, ἀπεδείχθη ἴδιατερα ἰσχυρὴ μὲ καὶ κυριάρχησε ὡς καὶ τὸν 18ο αἰώνα μέχρι νὰ ἀμφισβηθῇ ἀπὸ τὸν Διαφωτισμό. Ἡ καρτεσιανὴ σκέψη ἔναφέρνει στὸ προσκήνιο ἀντιλήψεις που δρίσκονται κοντὰ στοὺς Προσωκρατικούς, προτείνοντας ὅτι οἱ ἀρχὲς που διέπουν τὴ λειτουργία τῶν ἔμβιων ὁργανισμῶν δὲν διαφέρουν ἀπὸ τὶς ἀρχὲς που διέπουν τὰ ἀντικείμενα.

Ἡ ἵδεα ὅμως ὅτι οἱ ἴδιοι φυσικοὶ νόμοι δρίσκουν ἐφαρμογὴ τόσο στὴν ἀνόργανη ὑλη, ὅσο καὶ στοὺς ἔμβιους ὁργανισμούς, καθὼς καὶ ἡ προέκταση αὐτῆς τῆς ἀντιληψῆς, ὅτι ἀκόμα καὶ νοητικὲς καταστάσεις μποροῦν νὰ ἐρμηνευθοῦν μὲ βάση φυσικὰ φαινόμενα, ἥταν ἀσύλληπτη καὶ βλάσφημη, πυροδοτώντας τὴ διαμάχη μεταξὺ τῶν διαφόρων ὑλιστικῶν καὶ βιταλιστικῶν κινημάτων, διαμάχη που τουλάχιστον γιὰ μερικοὺς δὲν ἔχει ἐπιλυθεῖ ἀκόμα καὶ μέχρι σήμερα!

Ο 19ος αἰώνας γνώρισε μία πραγματικὴ ἐπανάσταση στὴ βιολογία. Οι βιολογικὲς ἐπαναστάσεις δὲν βασίζονται μόνο στὴ διαμόρφωση καινούργιων ἔννοιῶν καὶ ὑποδέσεων ἀλλὰ συγχότερα ἵσως βασίζονται σὲ τεχνολογικὲς καὶ μεθοδολογικὲς προόδους. Τὸ 19ο αἰώνα ἐμφανίζονται κατ' ἀρχὴν μικροσκόπια που ἔχουν τὴ δυνατότητα νὰ ἀναλύουν ίστον σὲ κυτταρικὸ ἐπίπεδο καὶ κατὰ δεύτερο λόγο καινούργιες βιολογικὲς ἔννοιες που δὲν ἀλλάξουν δριστικὰ τὴν εἰκόνα μας γιὰ τὸ ζωικὸ καὶ φυτικὸ βασίλειο.

Γύρω στὰ 1850, ἡ κυτταρικὴ θεωρία βασισμένη στὴν ἀνάλυση ίστων μέσω τοῦ μικροσκοπίου διατυπώνεται ἀπὸ τὸν Theodor Schwann. Ἡ θεωρία αὐτὴ ἀποτελεῖ ἵσως καὶ τὴν πρώτη κυριολεκτικὰ καθολικὴ ἀρχὴ τῆς βιολογικῆς ἐπιστήμης, καθὼς ἀναγνωρίζει σὲ ὅλα τὰ φυτὰ καὶ τὰ ζῶα, ἀσχετα μὲ τὶς τεράστιες

διαφορές στήν εξωτερική τους μορφολογία, τὸ κύτταρο σὰν τὸ βασικὸ δομικό τους λίθο.

Ο Theodor Schwann συγκεχριμένα ἀναφέρει ότι «ὅλοι οἱ ὄργανισμοὶ ἀπαρτίζονται ἀπὸ ὅμοια μέρη, δηλαδὴ ἀπὸ κύτταρα. Αὐτὰ τὰ κύτταρα συγκροτοῦνται καὶ ἀναπτύσσονται σύμφωνα μὲ κοινὲς ἀρχές. Ἐπομένως, οἱ μηχανισμοὶ ποὺ διέπουν τὴ συμπεριφορὰ τῶν κύτταρων εἶναι πάντοτε τὸ ἀποτέλεσμα τῶν ἴδιων φυσικῶν δυνάμεων».

Αὐτὸ ἀποτελεῖ μιὰ εξαιρετικῆς σημασίας ἀρχή, μιὰ καὶ συνεπάγεται τὴν ὑπαρξὴν βασικῶν, κοινῶν βιολογικῶν μηχανισμῶν ποὺ διαπερνοῦν τοὺς φραγμοὺς ἀνάμεσα στὰ εἰδη. Ή πλήρης ἀποδοχὴ τῆς λειτουργικῆς αὐτῆς διατήρησης, ποὺ κατὰ τὴν ἀποψή μου ἀποτελεῖ ἵσως καὶ τὴν πλέον προωθημένη προσφορὰ τῆς βιολογίας, θὰ καθυστεροῦσε περισσότερο ἀπὸ ἔναν αἰώνα, μέχρι τὴν ἀνάπτυξη τῆς μοριακῆς γενετικῆς.

Κατὰ τὸ δεύτερο μισὸ τοῦ 19ου αἰώνα ὁ Δαρβίνος διατύπωσε τὴ θεωρία τῆς φυσικῆς ἐπιλογῆς, προτείνοντας ἔνα γενικότερο μηχανισμὸ ποὺ μποροῦσε νὰ ἐρμηνεύσει τὴν ἐξέλιξη τῶν εἰδῶν, ἐνῷ ὁ Μέντελ διατύπωσε τὶς βασικὲς ἀρχὲς τῆς κληρονομικότητας. Οἱ θεωρίες τοῦ Δαρβίνου γίνονται ἀμέσως ἀντιληπτὲς ἀπὸ τὴν ἐπιστημονικὴ κοινότητα ἐνῷ ὁ Μέντελ παραμένει ἐντελῶς ἀγνωστος μέχρι τὶς ἀρχὲς τοῦ 20οῦ αἰώνα.

### Πειραματικὴ ἐμβρυολογία καὶ γενετική

Στὸ τέλος τοῦ 19ου αἰώνα ἀκριβεῖς περιγραφικὲς ἐμβρυολογικὲς μελέτες καταφέρνουν νὰ ἀποδείξουν τὴν κατὰ βάση ἀριστοτελικὴ ὑπόθεση τῆς ἐπιγένεσης, σύμφωνα μὲ τὴν ὁποίᾳ τὸ ἐμβρυο ἀναπτύσσεται διαδοχικὰ ἀπὸ τὴν οὐσιαστικὰ ἀμορφὴ μάζα τοῦ γονιμοποιημένου ὡάριου. Υπόθεση ἀντίθετη μὲ τὴν θεωρία τοῦ προσχηματισμοῦ ποὺ ὑποστήριζε ότι τὸ ἐμβρυο προϋπάρχει σὲ πλήρως ἀνεπτυγμένη ἀλλὰ μικροσκοπικὴ μορφή, εἴτε μέσα στὸ σπέρμα εἴτε μέσα στὸ ὡάριο. Κατὰ τὴν ἐμβρυακὴ ἀνάπτυξη αὐτὴ ἡ μικροσκοπικὴ μορφὴ ἀπλὰ ἀναπτύσσεται. Ή ἔρευνα ὅμως γιὰ μηχανισμοὺς ποὺ διέπουν τὴν ἀνάπτυξη, δὲν μποροῦσε πλέον νὰ ἀρκεστεῖ σὲ περιγραφικὲς μελέτες καὶ ἔπρεπε νὰ γίνουν πειράματα.

Φτάνουμε ἔτσι στὴν αὐγὴ τοῦ 20οῦ αἰώνα καὶ στὴν μετάπτωση τῶν μεθοδολογικῶν προσεγγίσεων τῆς ἐμβρυολογίας. Ή ἐμβρυολογία ἀπὸ περιγραφικὴ γίνεται πειραματικὴ καὶ εἰσέρχεται σὲ νέα ἐποχὴ μὲ τὴν εἰσαγωγὴ τῶν πειραμάτων μεταμόσχευσης. Ο Μέντελ ἀνακαλύπτεται ἐκ νέου τὸ 1900 καὶ ὁ

Thomas Hunt Morgan μὲ τοὺς μαθητές του στὸ Πανεπιστήμιο Columbia τῆς Νέας Υόρκης καθιερώνουν τὴ μύγα *Drosophila melanogaster* ως ἔνα γενετικὸ μοντέλο καὶ οὐσιαστικὰ καθιερώνουν τὴν γενετικὴν ἐπιστημονικὸν κλάδο. Βασιζόμενος ὁ Morgan στοὺς νόμους τοῦ Μέντελ διατυπώνει τὴ λεγόμενη θεωρία τοῦ γονιδίου, ἡ ὁποία ἀντίθετα μὲ τὶς θεωρίες τῆς θεολογίας ποὺ εἶναι πιθανολογικοῦ χαρακτήρα, παρέχει τὴ δυνατότητα τῆς πρόβλεψης.

Ἄπὸ τὸ 1900 μέχρι τὶς ἀργές τῆς δεκαετίας τοῦ '40 ἡ πειραματικὴ ἐμβρυολογία ἄνθισε, θέτοντας τὶς θάσεις γιὰ πολλὲς ἀπὸ τὶς κυτταρικὲς ἀντιλήψεις ποὺ θεωροῦμε δρόμες μέχρι σήμερα, δριοθετῶντας καὶ πολλὰ ἀπὸ τὰ προβλήματα ποὺ μᾶς ἀπασχολοῦν ἀκόμα. Παράλληλα ἡ γενετικὴ ἐξελίσσεται, ἀλλὰ χωρὶς νὰ ἐπικοινωνεῖ σχεδὸν καθόλου μὲ τὴν ἐμβρυολογία. Τὸ πῶς ὅμως οἱ μονάδες τῆς κληρονομικότητας, τὰ γονίδια, σχετίζονται μὲ τὴν ἀνάπτυξη ἐνὸς ὄργανισμοῦ, παραμένει ἄγνωστο.

Οἱ ἐμβρυολόγοι σὲ ὅλο αὐτὸ τὸ διάστημα δὲν ἔπαιναν νὰ εἶναι ιδιαίτερα ἐπιφυλακτικοὶ ὡς πρὸς τὴ σχέση ποὺ πιθανὸν νὰ συνδέει τὰ γονίδια καὶ τὴν ἐμβρυϊκὴν ἀνάπτυξην. Ή κρατοῦσα ἀποψῆ στοὺς κύκλους τῶν ἐμβρυολόγων ἦταν ὅτι τὰ γονίδια ποὺ μελετοῦσαν οἱ γενετιστὲς δὲν εἴχαν νὰ κάνουν τίποτα μὲ τὴν ἐμβρυογένεση καὶ ὅτι οἱ φαινότυποι, ποὺ παρατηροῦνταν καὶ ἀναλύονταν, σχετίζονταν μόνο μὲ φαινόμενα ποὺ εἴχαν σχέση μὲ τὴν τελικὴν μόνο διαφοροποίηση τοῦ ὄργανισμοῦ, καὶ ὅχι μὲ τὸ πῶς ὁ ὄργανισμὸς διαμορφώνεται.

Κατὰ συνέπεια, ἔως ὅτου οἱ γενετιστὲς καταφέρουν νὰ συσχετίσουν σαφῶς μεταλλαγμένα γονίδια μὲ συγκεκριμένους ἐμβρυϊκοὺς φαινοτύπους καὶ νὰ ἔξηγήσουν τὴν κυτταρικὴν διαφοροποίηση, πῶς δηλαδὴ ἔνα καὶ τὸ αὐτὸν χρωμόσωμα, ἔνα καὶ τὸ αὐτὸν γονιδίωμα, θὰ λέγαμε σήμερα, μπορεῖ νὰ ὑποστηρίξει διαφορετικοὺς κυτταρικοὺς τύπους, δὲν ὑπῆρχε λόγος νὰ ἀσχολεῖται ἡ ἐμβρυολογία μὲ τὴ λειτουργία τῶν γονιδίων.

Ο Morgan ποὺ εἶχε ξεκινήσει τὴν ἐπιστημονικὴν καριέρα ως ἐμβρυολόγος, δρόμα διέβλεψε ὅτι τὰ γονίδια θὰ πρέπει νὰ παίζουν ἔνα σημαντικὸν ρόλο στὴν ἀνάπτυξη, δὲν ἦταν ὅμως σὲ θέση νὰ συσχετίσει τὴ λειτουργία τῶν γονιδίων μὲ τὴν ἐμβρυϊκὴν ἀνάπτυξη. Κάποια λίγα δεδομένα ποὺ συσχέτιζαν τὴ λειτουργία κάποιου γονιδίου μὲ θνητιγενεῖς φαινοτύπους κατὰ τὴν ἐμβρυογένεση, ἀρχισαν νὰ ἐμφανίζονται δειλὰ κατὰ τὴν δεκαετία τοῦ '30, ἔπρεπε ὅμως νὰ περάσουν ἀλλὰ 40 χρόνια μέχρι νὰ ἀποδειχθεῖ χωρὶς πιὰ καριέρα ἀμφιβολία ὅτι ἡ μορφογένεση στὴν ἀνάπτυξη ἐνὸς ὄργανισμοῦ καθοδηγεῖται ἀπὸ τὸ γονιδίωμα, καὶ συγκεκριμένες λειτουργίες ὀφείλονται σὲ συγκεκριμένα γονιδία.

Αύτά τα έπόμενα 40 χρόνια πάντως σφραγίστηκαν από αύτό που σήμερα δονομάζουμε έπανασταση της μοριακής βιολογίας. Η άνακαλυψη από τὸν Avery καὶ τοὺς συνεργάτες του ὅτι τὰ γονίδια συντίθεται απὸ DNA σηματοδότησε τὴν ἀπαρχὴν αὐτῆς της έπαναστασης στὶς ἀρχές τῆς δεκαετίας του '40. Τὸ 1953 οἱ Watson and Crick διαλεύκαναν τὴ δομὴ τοῦ DNA, ἡ ὁποίᾳ ἔξηγοῦσε πῶς τὰ γονίδια διπλασιάζονται κατὰ τὴν κυτταρικὴ διαίρεση παρέχοντας ἔτσι καὶ ἔνα μοριακὸ μηχανισμὸ γιὰ τὴν αληρονομικότητα. Η γένεση τῆς μοριακῆς βιολογίας καὶ ἡ ἐκρηκτή τῆς ἐρευνητικῆς δραστηριότητας ποὺ ἀκολούθησε παραμέρισε τὴν ἐμβρυολογία καὶ τὴ γενετικὴ απὸ τὸ προσκήνιο.

Στὸ τέλος τῆς δεκαετίας του '60 εἶχαν τεθεῖ οἱ μοριακὲς θάσεις τῆς κυτταρικῆς φυσιολογίας. Ξέρουμε πλέον πῶς οἱ γενετικὲς πληροφορίες ἐναποθηκευμένες στὶς ἀλληλουχίες νουκλεοτιδίων τοῦ DNA τελικὰ μεταφράζονται σὲ συγκεκριμένες πρωτεΐνες καὶ ξέρουμε πῶς ἔξω-κυτταρικὰ μοριακὰ σήματα μποροῦν νὰ ἐλέγχουν τὴ λειτουργία συγκεκριμένων γονιδίων. Ἐπὶ τέλους μποροῦμε νὰ ἔξηγήσουμε πῶς ἔνα πανομοιότυπο γονιδίωμα μπορεῖ νὰ διαφοροποιεῖται λειτουργικὰ ἀνάλογα μὲ τὰ σήματα ποὺ δέχεται απὸ τὸ κυτταρικὸ περιβάλλον. Τὸ πρόβλημα τῆς κυτταρικῆς διαφοροποίησης, ποὺ εἶχε τεθεῖ απὸ τὸν προηγούμενο αἰώνα, ἔχει θεωρητικὰ τουλάχιστον λυθεῖ.

Ἀκόμα καὶ μὲ τὴν ἐφαρμογὴν τῆς μοριακῆς βιολογίας, ὥστόσο, ἡ σύνδεση γενετικῆς καὶ ἐμβρυολογίας δὲν ἦταν δυνατὴ καθὼς ἀπουσίαζαν οἱ μέθοδοι ποὺ θὰ ἐπέτρεπαν τὴν ἀπομόνωση καὶ μελέτη συγκεκριμένων γονιδίων σὲ βιοχημικὸ ἐπίπεδο. Καὶ πάλι μιὰ μεθοδολογικὴ ἀνακάλυψη ἔλυσε τὸ πρόβλημα. Μία ἐρευνητικὴ ὄμάδα στὸ Stanford, στὶς ἀρχές τῆς δεκαετίας του '70, ἀνακάλυψε τὴν τεχνολογία τοῦ ἀνασυνδυασμένου DNA, ἀνοίγοντας τοὺς δρόμους τῆς γενετικῆς μηχανικῆς καὶ ἐπιτρέποντας τὴν ἀπομόνωση κάθε γονιδίου σὲ ποσότητες ποὺ ἐπιτρέπουν τὴ βιοχημικὴ ἀνάλυση. Η στιγμὴ τῆς μοριακῆς ἀνάλυσης τῆς δύντογένεσης εἶχε πλησιάσει.

Ἡ τεχνολογία τοῦ ἀνασυνδυασμένου DNA εἶχε τεράστια ἐπίδραση στὴν πειραματικὴ βιολογία. Γιὰ πρώτη φορὰ ἦταν δυνατὸ νὰ μελετήσουμε βιοχημικὰ τὰ ἐπιμέρους γονίδια καὶ νὰ ἀναλύσουμε σὲ μοριακὸ πλέον ἐπίπεδο τὶς ὄμοιότητες καὶ διαφορές ἀνάμεσα σὲ γονίδια ἀπομονωμένα απὸ διαφορετικὰ εἴδη.

### Ἀναπτυξιακὴ γενετική

Φτάνουμε στὸ τέλος τῆς δεκαετίας του '70, ὅταν ἡ Christiane Nüsslein-

Volhard καὶ ὁ Eric Wieschaus πραγματοποίησαν τὴν γενετικὴν ἀνάλυσην τῆς ἀνάπτυξης χρησιμοποιώντας τὴν μύγα τοῦ Morgan, τὴν Drosophila melanogaster. Τὴν ἐποχὴν αὐτὴν πλέον ἡ Δροσοσφίλα ἀποτελοῦσε ἔνα ἐνδεδειγμένο πειραματικὸν μοντέλο ποὺ εἶχε πίσω του 60 χρόνια γενετικῆς ἀνάλυσης.

Ἐκεῖνο ποὺ ἔκαναν αὐτοὶ οἱ ἐρευνητὲς ἦταν νὰ κορέσουν τὸ γονιδιωματικὸν μύγας αὐτῆς μὲ μεταλλάξεις σὲ κάθε γονίδιο καὶ νὰ προσδιορίσουν αὐτὰ ποὺ προκαλοῦσαν διαρροωτικὲς ἀλλαγὲς στὴν μορφογένεση τοῦ ἐμβρύου. Τὸ ἀποτέλεσμα ἦταν σχετικὰ ἀπλὸν καὶ προσδιόρισε μία ὄμαδα γονιδίων ποὺ λειτουργοῦν συγχρονισμένα γιὰ νὰ χτίσουν ἀπὸ ἔνα ἀμορφό μονοκυτταρικὸ ὡάριο ἔναν ὄργανισμό, ὃ ὅποιος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔκατον μύρια κύτταρα τοποθετημένα μὲ ἀκρίβεια, δριζόντας ἔτσι ἔναν τρισδιάστατο ὄργανισμό. Η ἀναπτυξιακὴ λογικὴ ποὺ ὑπόκειται τῇ μορφογένεσης εἶχε ἀποκαλυφθεῖ.

Ἡ γέφυρα ἀνάμεσα στὴν γενετικὴν καὶ τὴν ἀναπτυξιακὴν βιολογίαν εἶχε ἐπὶ τέλους δημιουργηθεῖ. Ἡ ἐνδελέχεια τῶν βιταλιστῶν τοῦ 19ου αἰώνα καὶ τοῦ Αριστοτέλη δὲν ἦταν πλέον μυστήριο.

### Συγκριτικὲς ἀναλύσεις

Οἱ συγκριτικὲς μοριακὲς μελέτες ἀνάμεσα στὰ γονιδια τῆς μύγας καὶ σὲ αὐτὰ τῶν θηλαστικῶν, συμπεριλαμβανομένου καὶ τοῦ ἀνθρώπου, ἀποκάλυψαν ἔνα θαῦμὸν ἔξελικτης συντήρησης ποὺ ἔπειρνοῦσε καὶ τὰ πιὸ τολμηρὰ ὅνειρα ὅσων ἀπὸ μᾶς ὑποστηρίζαμε μὲ θέρμην τὸν ἀφορισμὸ ποὺ ἀποδίδεται στὸ Jacques Monod: «ὅτι ισχύει γιὰ τὸ βακτηρίδιο E.coli ισχύει καὶ γιὰ τὸν ἐλέφαντα».

Οἱ μοριακὲς μελέτες ἔδειξαν σαφῶς ὅτι σχεδὸν κάθε γονίδιο τῆς μύγας ἔχει τὸ ὄμολογό του στὸν ἀνθρώπο. Πιὸ σημαντικὸ ὄμως ἀκόμα εἶναι τὸ γεγονὸς ὅτι λειτουργικὰ τὰ γονιδια αὐτὰ ἐκπληρώνουν τὸν ἴδιο σκοπό. Σκεφτεῖτε πόσο ἐκπληκτικὸ εἶναι τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ ἀλληλουχία τῶν μοριακῶν συμβάντων ποὺ ὁρίζουν, παραδείγματος χάριν, τὸν πρόσθιο-ἀπίσθιο ἀξονα στὶς μύγες καὶ στοὺς ἀνθρώπους, δηλαδὴ οἱ κανόνες ποὺ ὁρίζουν ὅτι ὁ θώρακας δρίσκεται μεταξὺ τῆς κεφαλῆς καὶ τοῦ κοιλιακοῦ χώρου, εἶναι κοινοί. Οἱ μηχανισμοὶ δηλαδὴ ποὺ διέπουν τὴν ἀνάπτυξην, τὴν μορφογένεσην καὶ κατὰ πολὺ τὴν ὄργανογένεση τῆς μύγας εἶναι οἱ ἴδιοι ποὺ χτίζουν ἔνα θηλαστικὸ ἔμβρυο, συμπεριλαμβανομένου καὶ τοῦ ἀνθρώπου. Τὸ ἴδιο γονίδιο ποὺ ρυθμίζει τὴν ἀνάπτυξην τοῦ ὄφθαλμοῦ στὰ θηλαστικὰ ρυθμίζει καὶ τὴν ἀνάπτυξην τοῦ ματιοῦ τῆς μύγας.

Χωρὶς νὰ ὑπεισέλθω σὲ πειραματικὲς λεπτομέρειες θὰ ἀναφερθῶ, ἀπλου-

στεύοντας βέβαια, σὲ μιὰ σειρὰ πειραμάτων τὰ ὅποια ἔχουν γίνει στὸ ἐργαστήριο τοῦ Gehring στὴ Βασιλεία καὶ ἀπεικονίζουν παραστατικὰ αὐτές τὶς ἀρχές. Άς σκεφτοῦμε μιὰ μύγα τῆς ὁποίας τὸ γονίδιο ποὺ εἶναι ἀπαραίτητο γιὰ τὴν ἀνάπτυξη τοῦ ματιοῦ ἔχει μία μεταλλαξῆ καὶ δὲν λειτουργεῖ, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ μύγα νὰ μὴν ἔχει καθόλου μάτια. Έὰν τώρα χρησιμοποιῶντας μεθόδους τῆς γενετικῆς μηχανικῆς τοποθετήσουμε στὸ γονιδίωμα αὐτῆς τῆς μεταλλαγμένης μύγας τὸ ὄμολογο ἀνθρώπινο γονίδιο τὸ ὅποιο ρυθμίζει τὴν ἀνάπτυξη τοῦ ἀνθρώπινου ὀφθαλμοῦ, τότε τὸ γονίδιο ἀπὸ τὸ θηλαστικὸ εἶναι σὲ θέση νὰ λειτουργήσει στὸ νέο κυτταρικὸ περιβάλλον του καὶ νὰ ἀντικαταστήσει τὴ γονιδιακὴ ἔλλειψη τῆς μεταλλαγμένης μύγας, ἡ ὅποια μπορεῖ πλέον νὰ ἔχει κανονικὰ μάτια.

Εἶναι ἐντυπωσιακὸ καὶ ἀπρόσμενο ὅτι ὑπάρχει μία βιολογικὴ ἐνότητα στὴν ἀνάπτυξη τῶν μεταζώων ποὺ δὲν θὰ μποροῦσε νὰ γίνει ἀντιληπτὴ χωρὶς τὴ γενετικὴ καὶ μοριακὴ ἀνάλυση ποὺ μᾶς προσέφερε ἡ Drosophila, αὐτὸ τὸ σχετικὰ ἀπλὸ γενετικὸ μοντέλο.

### Γονιδιωματικὴ (Genomics)

Χάρη στὶς τεχνικὲς προόδους τῆς τελευταίας δεκαετίας ἔχουμε πιὰ φτάσει σὲ ἔνα σημεῖο ὅπου μποροῦμε νὰ μελετήσουμε ὀλόκληρο γονιδίωμα καὶ ὅχι μόνο μεμονωμένα γονίδια. Ή ἀλληλουχία καὶ συνεπῶς ἡ γραμμικὴ δομὴ ὀλόκληρων γονιδιωμάτων διάφορων εἰδῶν, συμπεριλαμβανομένου καὶ τοῦ ἀνθρώπου, εἶναι πλέον στὴν διάθεσή μας. Οἱ πληροφορίες αὐτὲς ἐνισχύουν τὴν ιδέα τῆς ἐκπληκτικῆς πράγματι ὅμοιότητας μεταξὺ τῆς γονιδιακῆς δομῆς καὶ λειτουργίας τοῦ ἀνθρώπου καὶ ἀσπόνδυλων ὀργανισμῶν ὅπως οἱ μύγες καὶ οἱ σκώληκες. Υποδεικνύοντας γιὰ ἀκόμα μιὰ φορὰ ὅτι ἀπλὰ γενετικὰ μοντέλα μποροῦν νὰ μᾶς διδάξουν πολλὰ γιὰ τὸ πῶς λειτουργοῦν ἔξελικτικὰ ἀνώτερα εἰδῶ.

Η μαζικὴ «γονιδιωματικὴ ἀνάλυση» ἀποτέλεσε πρόκληση γιὰ τὶς ὑπάρχουσες μεθοδολογίες, τὶς ὅποιες μπορούσαμε μέχρι σήμερα νὰ χρησιμοποιήσουμε γιὰ νὰ ἀναλύσουμε βιολογικὰ συστήματα. Οἱ μέθοδοι ἀνάλυσης ξεπερνοῦν πιὰ τὶς κλασικὲς θὰ ἔλεγα βιολογικὲς προσεγγίσεις καὶ ἀγγίζουν καινούργιους ὅριζοντες: οἱ ὑπολογιστές, ἡ κατασκευὴ μοντέλων (modelling) καὶ ἡ πληροφορικὴ ἔχουν πιὰ εἰσχωρήσει γιὰ τὰ καλὰ στὴ βιολογία. Ένας ἐντελῶς καινούργιος τρόπος ἀνάλυσης καὶ μία καινούργια γλώσσα ἀνάμεσα στοὺς βιολόγους καὶ τοὺς μαθηματικοὺς ἔχει γεννηθεῖ.

Η μονάδα μελέτης στὴν πειραματικὴ βιολογία μεταφέρεται ἀπὸ τὸ γονίδιο

στὸ γονιδίωμα παρασύροντας μαζὶ της τὴν μεθοδολογικὴν διάση τῆς διολογικῆς ἀνάλυσης. Σὰν ἀποτέλεσμα, ἡ ἔρευνα ἐπεκτείνεται σὲ ἓνα ἐπίπεδο πέρα ἀπὸ αὐτὸ τῶν μεμονωμένων πειραματικῶν συστημάτων, παρέχοντάς μας γιὰ πρώτη φορὰ τὴ δυνατότητα νὰ δοῦμε μακρύτερα ἀπὸ τὶς τοπικὲς ἀλήθειες ποὺ ἐκ τῶν πραγμάτων μποροῦν μόνο νὰ προσφέρουν οἱ μελέτες μεμονωμένων γονιδίων καὶ πειραματικῶν συστημάτων. Ἐχουμε τὴ δυνατότητα νὰ μελετήσουμε διολογικὰ συστήματα σὲ ἓνα ἐντελῶς νέο ἐπίπεδο, φέροντας πιὸ κοντὰ τὰ ἔρωτήματα τῆς ἔξελιξης στὴ μοριακὴ γενετική.

Οἱ συγκρίσεις γονιδιωμάτων μεταξὺ ἀπομακρυσμένων εἰδῶν μποροῦν νὰ δώσουν πληροφορίες ποὺ θὰ ἔχουν ἀδιανόητες ἀκόμα καὶ πρὶν ἀπὸ μερικὰ χρόνια, ἐνῷ ὅλοι προσδοκοῦμε συγκρίσεις μεταξὺ συγγενικῶν εἰδῶν. Εἶναι περιττὸ νὰ τονίσω τὶς δυνατότητες ποὺ προσφέρουν οἱ συγκρίσεις ἀνάμεσα π.χ. στὸν ἄνθρωπο καὶ τὸν πίθηκο. Δὲν εἶναι δύσκολο νὰ φανταστοῦμε ὅτι τέτοιες συγκρίσεις ἵσως μᾶς δώσουν κάποιες ἐνδείξεις σχετικὰ μὲ τὴ διολογικὴ μας ὑπαρξῃ, τὸ διολογικό μας raison d'être. Η γλώσσα καὶ ἡ σκέψη ἔχουν ἀναμφισβήτητα καὶ διολογικὴ διάσταση ποὺ ἔμπιπτει στὴν περιοχὴ τῶν ἐνδιαφερόντων ὅλων μας. Δὲν ισχυρίζομαι ὅτι ἡ σύγκριση θὰ δώσει ὅπωσδήποτε τέτοιους εἰδους ἀπαντήσεις, ἀλλὰ δὲν ὑπάρχει ἀμφιβολία ὅτι οἱ συγκρίσεις τῶν γονιδιωμάτων συγγενικῶν εἰδῶν θὰ γίνουν ἔχοντας αὐτὰ τὰ ἔρωτήματα ὑπ' ὅψιν.

#### Σύνθετοι καὶ ἀπλοὶ ὄργανισμοί

Παρόλο ποὺ ὁ ἀφορισμὸς τοῦ Monod -ὅσα ισχύουν γιὰ τὸ βακτηρίδιο E.coli ισχύουν καὶ γιὰ τὸν ἐλέφαντα- ἔχει ἐπαληθευτεῖ σὲ ἐκπληκτικὸ διάμορφο, δὲν χρειάζεται νὰ εἶναι κανεὶς διολόγος γιὰ νὰ ἀντιληφθεῖ πῶς ὅτι ισχύει γιὰ τὸν ἐλέφαντα δὲν ισχύει γιὰ τὸ βακτηρίδιο! Ἐφόσον ὅμως ὁ διάμορφος διαιρέτης μεταξὺ τοῦ ἄνθρωπινου γονιδιώματος καὶ τῶν ὄργανισμῶν-μοντέλων εἶναι μεγάλος, ἡ εὐλογγὴ ἔρωτηση εἶναι πῶς ἐπιτυγχάνεται ἡ πολυπλοκότητα καὶ ἡ ιδιαιτερότητα ἐνὸς ὄργανισμοῦ. Μὲ ἀλλα λόγια, γιατί ὁ ἄνθρωπος εἶναι διαφορετικὸς ἀπὸ τὴ μύγα ἐνῷ τὰ γονιδιώματα τους μοιάζουν τόσο πολύ. Βέβαια ἐδῶ δὲν ἀναζητῶ μεταφυσικὲς ἀλλὰ φυσικὲς ἔξηγήσεις.

Αὐτὸ ποὺ εἶναι ξεκάθαρο εἶναι ὅτι, τόσο σὲ ἐπίπεδο φυσικῆς ἐμφάνισης ὅσο καὶ σὲ ἐπίπεδο συμπεριφορᾶς, τὰ χαρακτηριστικὰ αὐτὰ δὲν συσχετίζονται μὲ εὐθέως ἀνάλογο τρόπο μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν γονιδίων ποὺ δρίσκονται στὸ γονιδιώμα. Ξέρουμε πλέον ὅτι ἡ διολογικὴ αἰτία τῆς μεγαλύτερης πολυπλοκότητας τοῦ

ἀνθρώπου συγκριτικά μὲ τὴν μύγα - γιὰ νὰ χρησιμοποιήσω τὸ ἕδιο παράδειγμα - δὲν εἶναι ἔνα ἀναλογικὰ περιπλοκότερο γονιδίωμα.

Οἱ ἄνθρωποι ἔχουν μόλις διπλάσιο ἀριθμὸ γονιδίων ἀπὸ τὶς μύγες καὶ τοὺς σκώληκες. Στὸν ἄνθρωπο, παρόλο ποὺ ὁ τρόπος μὲ τὸν ὅποιο ἀναδιπλώνονται οἱ λειτουργικὲς καὶ δομικὲς ὑπομονάδες ποὺ συνιστοῦν τὶς πρωτεῖνες, εἶναι κάπως πιὸ πολύπλοκος ἀπὸ αὐτὸν τῶν ἀσπόνδυλων ὀργανισμῶν-μοντέλων, τὸ 90% αὐτῶν τῶν ὑπομονάδων εἶναι ἐντελῶς ὅμοιες. Ως ἐκ τούτου οἱ διαφορὲς μεταξὺ τῶν ἀπλῶν καὶ τῶν πολυσύνθετων ὀργανισμῶν, ἡ διαφορὰ τῆς πολυπλοκότητας μεταξὺ τῆς μύγας καὶ τοῦ ἀνθρώπου πρέπει νὰ ἀναζητηθεῖ σὲ ἐπίπεδο πέρα ἀπὸ τὴν σύγκριση τοῦ ἀριθμοῦ γονιδίων στὸ γονιδίωμα.

Ἡ πολυπλοκότητα εἶναι ἔνας ὄρος ποὺ μπορεῖ νὰ γίνει κατανοητὸς διαισθητικὰ ἀλλὰ δὲν εἶναι καθόλου εὔκολο νὰ ὀρισθεῖ μὲ σαφήνεια. Εἶναι ὄρος ποὺ ἔχει ἀπασχολήσει πολλοὺς θεωρητικοὺς οἱ ὅποιοι προσπάθησαν νὰ τὸν ὀρίσουν, νὰ τὸν μελετήσουν - μεταξὺ αὐτῶν ἀξίζει νὰ ἀναφερθοῦν ὁ Πλία Πριγκοζίν καὶ ὁ στενός του συνεργάτης Γρηγόρης Νίκολης. Δὲν θὰ προσπαθήσω νὰ ἀναλύσω τὸν ὀρισμὸ τῆς πολυπλοκότητας, εἶναι ὅμως σημαντικὸ νὰ ἀγγιέω τουλάχιστον τὸ θέμα, μιὰ καὶ εἶναι, πιστεύω, ἡ πεμπτουσία τῆς βιολογίας τοῦ σήμερα.

Ἄν θεωρήσουμε ὅτι ἔνας ὀργανισμὸς μὲ συγκεκριμένο σχῆμα, μέγεθος, χρόνο ζωῆς καὶ συμπεριφορὰ εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα ἀλληλεπιδράσεων ἀνάμεσα σὲ ἑκατομύρια ἀνεξάρτητα κύτταρα, καὶ ὅτι καθένα ἀπὸ αὐτὰ εἶναι ἔνα πολυδιάστατο ἔργοστάσιο ἀποτελούμενο ἀπὸ δεκάδες χιλιάδες μόρια ποὺ μὲ τὴ σειρά τους συμμετέχουν σὲ χιλιάδες χημικὲς ἀντιδράσεις, τότε ὅλοι θὰ συμφωνήσουμε ὅτι συζητᾶμε γιὰ ἔνα δικτυοειδὲς σύστημα ποὺ μὲ θαυμαστὸ τρόπο καταφέρνει νὰ συντονίζει ὅλα αὐτὰ ἔλλογα.

Πῶς αὐτὴ ἡ ἔξαίσια ἀρμονία ἐπιτυγχάνεται, ἀποτελεῖ κατ' ἐμὲ τουλάχιστον ἵσως τὸ πιὸ σημαντικὸ ἔρώτημα τῆς βιολογίας σήμερα. Ὄλη ἡ ἐπανάσταση τῆς μοριακῆς γενετικῆς καὶ τῆς γονιδιωματικῆς ἀνάλυσης τῶν τελευταίων ἐτῶν ὑπαινίσσεται τὴν ὑπαρξὴν γενικῶν νόμων ποὺ διέπουν τὴν ἀρχιτεκτονικὴ καὶ τὴ λειτουργικότητα αὐτῆς τῆς πολυπλοκότητας. Οἱ νόμοι αὐτοὶ πρέπει νὰ ὄριζουν τὸ πῶς φτάνουμε ἀπὸ μεμονωμένα γονιδία σὲ ὀργανισμούς. Δὲν εἶναι τυχαίο ὅτι δὲν ὑπάρχουν ὀργανισμοὶ μὲ σχετικὰ λίγα μόνο γονίδια, καθὼς φαίνεται πώς ἀπαιτεῖται ἔνας ἐλάχιστος θαῦμὸς πολυπλοκότητας γιὰ νὰ ἐπιτευχθεῖ αὐτὸ ποὺ ὀνομάζουμε ζωή. Οἱ κανόνες ποὺ διέπουν τοὺς ἔμβιους ὀργανισμοὺς σὲ αὐτὸ τὸ ἐπίπεδο εἶναι ἐντελῶς ἀγνωστοι, καὶ θεωρητικὲς ἀναλύσεις τοῦ προβλήματος

ύπαινίσσονται έκπλήξεις, καινούργιους βιολογικούς κανόνες -όχι όπαραίτητα άναγωγιστικούς- καὶ κατὰ συνέπεια καινούργιες καθολικές βιολογικές έννοιες.

Θέλω νὰ τονίσω ὅτι αὐτὰ τὰ προβλήματα, τὰ ὅποια πλέον ἀρχίζουμε νὰ ἀντιμετωπίζουμε μὲ τὶς καινούργιες τεχνικὲς τῆς γονιδιωματικῆς ποὺ ἔχουμε στὴ διάθεσή μας, δὲν συνδέονται ἀπλὰ καὶ μόνο μὲ θεωρητικὲς ἐπιστημονικὲς γνώσεις ἀλλὰ ἔχουν προεκτάσεις στὸν τρόπο μὲ τὸν ὅποιο εἴμαστε ίκανοι νὰ ἀντιληφθοῦμε τὸ περιβάλλον μας καὶ νὰ κατανοήσουμε τὴν κυτταρικὴ φυσιολογία στὴν ὑγεία καὶ τὴν πάθηση. Οἱ ἐφαρμογὲς αὐτῶν τῶν γνώσεων εἶναι ἀμεσα συνδεδεμένες μὲ τὴ φαρμακολογία καὶ γενικότερα τὴν ιατρική.

### Σχέσεις μὲ τὴν ιατρική

Ἐπανερχόμενος στὴν πράγματι καθολικὴ έννοια τῆς συντήρησης τῆς δομῆς καὶ λειτουργίας τῶν γονιδίων μεταξὺ τῶν εἰδῶν, μποροῦμε νὰ ποῦμε πώς ἀποτελεῖ ἥδη ἔνα ὅμοιογενῆ φακὸ μέσω τοῦ ὅποιου μποροῦμε νὰ δοῦμε τὸν κόσμο τῶν ἔμβιων ὅντων. Αὐτὴ ἡ ματιὰ ἔχει ὅχι μόνο μεθοδολογικές καὶ ἐπιστημολογικές, ἀλλὰ ἀκόμα καὶ κοινωνικές ἐπιπτώσεις.

Νοσήματα, ὅπως ὁ καρκίνος, διάφορες μορφὲς συμφόρησης, μορφὲς τῆς νόσου Alzheimer καὶ πάρα πολλὲς ἀλλες, ἔχουν συσχετιστεῖ μὲ μεταλλάξεις σὲ συγκεκριμένα γονίδια. Γενικά, οἱ μοριακὲς ἀναλύσεις ἔχουν δώσει ἔμφαση στὸ γενετικὸ ὑπόδαχτο τῶν ἀσθενειῶν. Τονίζω ὅμως ὅτι ἀπέχουμε πολὺ ἀκόμα ἀπὸ τὸ νὰ κατανοήσουμε πῶς οἱ περιβαλλοντικὲς παράμετροι ἐπηρεάζουν τὴ γενετικὴ ιδιοσυστασία. Άναφέρομαι σὲ αὐτὸ μιὰ καὶ ἀκριβῶς λόγω τῆς συνειδητοποίησης τῆς μεγάλης σημασίας τῆς κληρονομικότητας -τοῦ γονιδιώματος δηλαδή- στὴ βιολογία μας, καλοθελητὲς ἔχουν προβάλει διάφορες ντετερμινιστικὲς ἐρμηνεῖσες, προσφέροντας σαθρὰ ἐπιστημονικὰ ἐπιχειρήματα σὲ διάφορες μορφὲς ρατσισμοῦ.

Εἶναι σημαντικὸ νὰ ἔχουμε πάντα ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ συσχέτιση γονότυπου / φαινότυπου εἶναι προσεγγιστική. Δὲν μποροῦμε μὲ ἀκρίβεια νὰ προσεγγίσουμε τὴ λειτουργία ἐνὸς φυσιολογικοῦ γονίδιου ἀπὸ τὴ μεταλλαγμένη συμπεριφορά του. Κάποιες φορὲς αὐτὴ ἡ προσέγγιση λειτουργεῖ, ἀλλες ὅχι. Ἐπιπλέον, ἀν θέλουμε νὰ διορθώσουμε κάποια μετάλλαξη, ἥ, γιὰ νὰ τὸ θέσω διαφορετικά, νὰ θεραπεύσουμε κάποια ἀσθένεια, τὸ γονίδιο τὸ ὅποιο ἔχει συσχετισθεῖ μὲ τὴν ἀσθένεια αὐτὴ μπορεῖ νὰ μὴν εἶναι ὁ καλύτερος στόχος.

Άναφερθήκαμε ἥδη στὸ γεγονός ὅτι τὰ γονίδια μέσα στὸ κύτταρο ποτὲ

δεν λειτουργοῦν μόνα τους. "Ενα μεμονωμένο γονίδιο άποτελεῖ μόνον ἔνα κρίκο μέσα σὲ ἔνα δίκτυο ποὺ δρίζεται ἀπὸ πολύπλοκες γονιδιακές διασυνδέσεις. Οἱ διασυνδέσεις αὐτὲς καθ' αὔτες εἶναι ἔκεινες ποὺ δρίζουν τὶς κυτταρικές λειτουργίες. Ως ἐκ ἐτούτου ἔνα γονίδιο τὸ ὅποιο ἔχει συνδεθεῖ μὲ μία ἀσθένεια δὲν εἶναι ἀπαραίτητα, θὰ ἔλεγα δὲ ὅτι σπάνια εἶναι, ὁ καλύτερος θεραπευτικὸς στόχος. Έάν ὅμως γνωρίζουμε τὸ λειτουργικὸ δίκτυο μέσα στὸ ὅποιο τὸ μεταλλαγμένο γονίδιο εἶναι ἐνταγμένο, οἱ πιθανότητες θεραπευτικῆς ἀγωγῆς αὔξανονται σημαντικά, μιὰ καὶ ἡ διόρθωση κάποιας δυσλειτουργίας μπορεῖ νὰ ἀντιμετωπιστεῖ στοχεύοντας στοιχεῖα στὸ δίκτυο καὶ ὅχι ἀπαραίτητα στοχεύοντας τὸ συγκεκριμένο γονίδιο.

"Ισως ἔνα ἀπλοϊκὸ παράδειγμα θὰ καταφέρει νὰ σᾶς δώσει μιὰ πιὸ συγκεκριμένη εἰκόνα τῆς σημασίας ποὺ μπορεῖ νὰ ἔχει: ἡ γνώση τῆς λειτουργικῆς σύνδεσης τῶν γονιδίων. Φανταστεῖτε ἔνα τραπέζι ποὺ ἔχει χάσει τὴ σταθερότητά του, μιὰ καὶ κάτι συνέβη καὶ τὸ ἔνα πόδι ἔγινε λίγο κοντύτερο ἀπὸ τὰ ἄλλα. "Ενας τρόπος νὰ διορθώσουμε τὸ πρόβλημα εἶναι νὰ βάλουμε ἔνα χαρτονάκι κάτω ἀπὸ τὸ προβληματικὸ πόδι. Έάν ὅμως δὲν ἔχουμε πρόχειρο χαρτὶ ἀλλὰ ἔχουμε πριόνι, ἔνας ἄλλος τρόπος νὰ διορθώσουμε τὸ πρόβλημα εἶναι νὰ κοντύνουμε κατάλληλα τὰ ἄλλα τρία πόδια. Προϋπόθεση θέβαια στὴ δεύτερη... θεραπευτικὴ λύση εἶναι ἡ γνώση ὅτι τὰ τέσσερα πόδια εἶναι συνδεδεμένα λειτουργικά!

Τὸ νὰ μελετήσουμε τὸ κύκλωμα καὶ κατὰ συνέπεια νὰ δρίσουμε τὶς λειτουργικές διασυνδέσεις τῶν γονιδίων σὲ ἔνα κύτταρο δὲν εἶναι εύκολη ὑπόθεση. Ή καλύτερη καὶ πλέον ἀποτελεσματικὴ μέθοδος γιὰ νὰ κάνουμε τέτοιες συσχετίσεις εἶναι μέσω γενετικῆς. Δυστυχῶς ὅμως στὸν ἀνθρωπὸ καὶ γενικότερα στὰ θηλαστικά, ὁ κύκλος ζωῆς, τὸ γονιδίωμα, καθὼς καὶ διάφορες ἄλλες παράμετροι καθιστοῦν ἀδύνατους τοὺς γενετικοὺς πειραματισμοὺς ποὺ εἶναι ἀπαραίτητοι γιὰ νὰ δρίσουμε τὰ λειτουργικὰ κυκλώματα τῶν γονιδίων.

"Ομως, ἐὰν οἱ μύγες καὶ οἱ σκώληκες, πειραματικὰ μοντέλα ποὺ ἐπιτρέπουν τέτοιους εἴδους γενετικὲς ἀναλύσεις, διαθέτουν τὸ ἴδιο γενετικὸ πλαίσιο μὲ τὸν ἀνθρωπὸ, ἡ μελέτη τῆς λειτουργίας τῶν γονιδίων στὶς μύγες μπορεῖ νὰ λύσει προβλήματα σχετικὰ μὲ τὴν ἀνθρώπινη βιολογία. Ισως, λοιπόν, νὰ μὴν ξαφνιαστεῖτε ἐὰν σᾶς πῶ ὅτι περισσότερα ἀπὸ 60% τῶν γονιδίων τῶν ἀνθρώπων ποὺ ἔχουν συσχετιστεῖ ἀμεσα μὲ νοσήματα ἔχουν ὅμολογα στὶς μύγες.

"Άρα βλέπουμε πώς γενετικὰ μοντέλα ὅπως οἱ μύγες καὶ οἱ σκώληκες μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὸν προσδιορισμὸ γονιδιακῶν κυκλωμάτων ποὺ ἔχουν ἀμεση σχέση μὲ ἀνθρώπινα νοσήματα. Η διατήρηση γονιδιακῶν λειτουρ-

γιῶν ἀνάμεσα στὰ εἰδὴ μετέβαλε τὰ γενετικὰ αὐτὰ πειραματικὰ μοντέλα ἀπὸ ἐσωτεριστικὰ ἀντικείμενα [esoteric] τῆς γενετικῆς σὲ μοντέλα ἀνθρώπινων νόσων.

Αὐτὸς ὁ σύνδεσμος ποὺ σχετικὰ πρόσφατα ἔγινε ἐφικτὸς ἄνοιξε ἔνα καινούργιο δρόμο ποὺ συνδέει τὴ βασικὴ βιολογία καὶ τὴ μοριακὴ γενετικὴ μὲ τὴν ιατρική. Η σύνδεση εἶναι ἀκόμα ἀπλοϊκὴ ἀλλὰ σᾶς ἀφήνω νὰ φαντασθεῖτε τὶς δυνατότητες ποὺ προσφέρονται. Πιστεύω ὅτι αὐτὸς ὁ δρόμος ἔχει τεράστια σημασία γιὰ τὸ μέλλον καὶ ὑπόσχεται νὰ ἀλλάξει τὸν τρόπο μὲ τὸν ὅποιο μελετοῦμε καὶ ἀντιμετωπίζουμε τὶς νόσους.

### Τὸ κοινωνικὸ πρόσωπο τῆς βιολογίας

Ἐλπίζω στὴ σύντομη αὐτὴ ὥμιλίᾳ νὰ κατάφερα νὰ δώσω μία μικρὴ ἰδέα γιατί καὶ πῶς γενετικὰ πειραματικὰ μοντέλα ἔχουν καταλάβει κεντρικὴ θέση στὴ βιολογία. Τὰ μοντέλα αὐτὰ ἔχουν γίνει γέφυρες ποὺ ἐπιτέλους ἐπιτρέπουν στοὺς βιολόγους τὴν ἐξέταση καὶ τὸν προσδιορισμὸ γενικῶν βιολογικῶν ἐννοιῶν. Ναὶ μὲν μπορεῖ νὰ μὴν καταφέραμε ποτὲ νὰ περιγράψουμε τὴ βιολογία μὲ γενικές, μεγάλες, προγνωστικοῦ τύπου θεωρίες, ἀλλὰ δὲν ὑπάρχει, νομίζω, ἀμφιβολία, ὅτι βρισκόμαστε σὲ μία ἐποχὴ ποὺ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ὀραματίζομαστε μιὰ μεγάλη σύνθεση.

Καθὼς ἡ ἀναπτυξιακὴ βιολογία καὶ ἡ γενετικὴ κατέχουν σήμερα κεντρικὸ ρόλο στὴ βιολογικὴ ἔρευνα, κατ’ ἐπέκταση ἀντίστοιχος εἶναι καὶ ὁ ρόλος τους στὴν καθημερινὴ ζωή. Σχεδὸν κάθε εὔρημα στὴ βιολογία ἔχει καὶ ἔνα κοινωνικὸ πρόσωπο.

Ἐπανερχόμενος στὴν ἀρχικὴ διατύπωσή μου, ἡ βιολογία βρίσκεται κοντὰ στὴν ἀνθρώπινη ὑπαρξή, οἱ πρόοδοι ποὺ μόλις χτές πρόβαλλαν σὰν ἐπιστημονικὴ φαντασία, σήμερα εἶναι πραγματικότητα. Οἱ βιολογικὲς ἐπιστήμες εἰσέβαλλαν στὴ ζωή μας μὲ πρωτόφαντο τρόπο.

Οἱ ἀσθένειες ἀντιμετωπίζονται, ὁ θάνατος ἀπομακρύνεται καὶ οἱ μύθοι μας (οἱ φαντασιακές μας ἀξίες, δάνειζόμενος μιὰ ἐκφραση τοῦ μεγάλου στοχαστῆ Κορνήλιου Καστοριάδη) ἀπειλοῦνται. Πιστεύω πῶς ἡ πειραματικὴ προσέγγιση, ποὺ συνιστᾶ μεθοδολογικὰ τὸν ἀκρογωνιαῖο λίθο τῆς ἐπιστήμης μου, ἔχει καθοριστικὲς προεκτάσεις. Προσπαθεῖ νὰ ἀπαντήσει σὲ θεμελιώδη ἐρωτήματα, ποὺ σὲ τελικὴ ἀνάλυση ἀφοροῦν τὴν καθημερινότητά μας ως πρὸς τὴ φυσική

της καθώς και -τολμώ νὰ πῶ- τὴν πνευματική ὥπως καὶ τὴν κοινωνική της διάσταση.

Οἱ δυνητικὲς προεκτάσεις τῆς βιολογικῆς γνώσης εἶναι τόσο ἀπτές ποὺ δὲν εἶναι περίεργο ὅτι ἡ κοινωνία μετασχηματίζεται χάρη σ' αὐτήν. Εἶναι ἡ σχέση τοῦ ἀτόμου μὲ τὸ κοινωνικὸ σύνολο, τὰ συστήματα ὑγείας, ἡ ἀνάπτυξη καὶ ἡ διαθεσιμότητα φαρμάκων, ἡ ἀνθρώπινη κλωνοποίηση, ἡ ἐπέκταση τῆς ζωῆς, ὁ καθορισμὸς θεραπευτικῶν στρατηγικῶν στὴν ιατρική, καὶ ἄλλα πολλὰ ποὺ ἐπηρεάζονται ἀπὸ τὴν γνώση τῶν βασικῶν ἀρχῶν, τῶν καθολικῶν πορισμάτων τῆς πειραματικῆς βιολογίας.

“Οσο διευρύνονται οἱ βιολογικές μας γνώσεις, τόσο ἀναρωτιόμαστε γιὰ τὸ ἔκαν ὅντως χτίζουμε ἔναν καλύτερο κόσμο. “Οπως ἔχω πολλὲς φορὲς ὑποστηρίζει, ἡ ἀπάντηση εἶναι καταφατική! Δὲν πρέπει νὰ ὑπάρχει ὅριο στὴ γνώση. Τὸ γνῶθι σαυτὸν δὲν εἶναι ἀπλὰ μιὰ διανοητικὴ ἀσκηση ἀλλά, πιστεύω, ὑποχρέωση. Ή γνώση, δέσμαια, δὲν ἔχει σύνορα ἀλλὰ ταυτόχρονα δὲν ἔχει οὔτε ἡμικὴ οὔτε συναίσθημα, ἐν ἀντιθέσει μὲ ἐμάς. Κατὰ συνέπεια ἡ βιολογικὴ γνώση μᾶς προσφέρει δυνατότητες ποὺ μποροῦμε εἴτε νὰ χρησιμοποιήσουμε εἴτε νὰ καταχραστοῦμε, κατὰ διούληση.

Ο ἀνερχόμενος ρόλος τῆς βιολογίας στὴν καθημερινότητα ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα πολλὲς φορὲς νὰ ἀξιολογεῖται ἡ ἐπιστημονικὴ μας δουλειὰ μὲ κριτήρια ὃχι ἐντελῶς ἐπιστημονικά. Η βιολογία εἶναι γνωστικὸ ἀντικείμενο τῆς μόδας, καὶ ὡς ἐκ τούτου οἱ πληροφορίες γιὰ τὰ εὑρήματά της συχνὰ περνοῦν ἀπὸ χέρια ἀμφιβόλου ἐπιστημονικῆς ἀξίας. Πιστεύω ὅμως ὅτι σὰν διανοούμενοι καὶ πολίτες ἔχουμε καθῆκον νὰ υἱοθετήσουμε ἔναν ἡγεμονικὸ ρόλο ὥστε ἀπὸ τὴ μία πλευρὰ νὰ ἔξασφαλίσουμε τὴν ἀξιολόγηση τῆς ἐπιστημονικῆς ἐργασίας μὲ αὐστηρὰ ἐπιστημονικὰ κριτήρια, καὶ ἀπὸ τὴν ἄλλη νὰ διασφαλίσουμε ὅτι ἡ βιολογικὴ γνώση δὲν στρεβλώνεται καὶ δὲν χρησιμοποιεῖται σὰν ἐργαλεῖο ἀπὸ αὐτοὺς ποὺ κατέχουν ἔξουσία καὶ χρειάζονται ἔνα λογικοφανὲς πρόσχημα γιὰ διάφορα ἀνομήματα.

Ως ἀκροτελεύτια ἐπισήμανση θέλω νὰ πῶ ὅτι ἡ βιολογία δρίσκεται σήμερα σὲ μιὰ πράγματι χρυσὴ ἐποχή. Ἀπὸ τοὺς προσωκρατικοὺς φτάσαμε στὴ μοριακὴ βιολογία ποὺ σὲ τελευταίᾳ ἀνάλυση ἀνήγαγε τὰ βιολογικὰ φαινόμενα σὲ φυσικὴ καὶ χημεία. “Οπως μόλις πρὶν ἀπὸ λίγες δεκαετίες ἦταν ἀδύνατον νὰ φανταστοῦμε ὅτι ἡ μορφογένεση στὰ ζῶα εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα συγκεκριμένων γονιδιακῶν λειτουργιῶν ἐνὸς σχετικὰ μικροῦ ρεπερτορίου γονιδίων, ὅπως δὲν μπορούσαμε νὰ φανταστοῦμε ὅτι ἡ ἀναπτυξιακὴ λογικὴ τῆς μύγας εἶναι ὅμοια μὲ τὴ λογικὴ

ποὺ διέπει τὴν ἀνάπτυξη τοῦ ἀνθρώπινου ἐμβρύου, ἔτσι σήμερα εἶναι δύσκολο νὰ φανταστοῦμε ὅτι ἡ ἀνθρώπινη σκέψη, ἡ συμπεριφορά, «τὸ πνεῦμα» μὲ ἄλλα λόγια, θὰ μπορέσει ποτὲ νὰ ὑπόκειται καὶ σὲ βιολογικοὺς προσδιορισμούς.

Οἱ γνῶμες πάνω στὸ θέμα αὐτὸ διχάζονται, ὅμως ἵσως ἀξίζει νὰ θυμηθοῦμε πώς ἀπὸ τὴ σκοπιὰ τοῦ Ἀριστοτέλη ἡ βιολογία καὶ ἡ ψυχολογία δὲν ἦταν χωριστές ἐπιστῆμες. Πρέπει νὰ ὁμολογήσω ὅτι δὲν θὰ ἐκπλαγῷ ἐὰν ἡ βιολογία τοῦ αἵριο καὶ ὅχι τοῦ μεθαύριο δώσει ὁρισμένα σημαντικὰ κλειδιά ἐρμηνείας φαινομένων ποὺ δρίσκονται κοντὰ σὲ ὅ,τι ἀποκαλοῦμε «πνεῦμα».