

Σύγκρουση προσεγγίσεων

Δεν είναι λίγες οι έντονες συγκρούσεις που έχουν λάβει χώρα στην επιστήμη γενικότερα και στη βιολογία ειδικότερα. Στις δεκαετίες του 1930 και του 1940 δύο από τους σημαντικότερους βρετανούς βιολόγους, ο Τζ.Μπ.Σ. Χολντέιν και ο Ρ.Α. Φίσερ, είχαν τόσο εχθρικές σχέσεις ώστε σχεδόν δεν επέτρεπαν στους φοιτητές τους να συνομιλούν (όπως μου αφηγήθηκε ο Τζον Μέιναρντ Σμιθ). Κι όμως, η συμπεριφορά τους ήταν μάλλον πολιτισμένη, εάν συγκριθεί με τις διαβόητες αντιπαράθεσεις στο χώρο της συστηματικής βιολογίας μεταξύ των κλαδιστών –που είχαν κερδίσει τη φήμη ότι χρησιμοποιούσαν εξίσου επιδέξια ακατάληπτη ορολογία και ύβρεις– και των αντιπάλων τους. Αυτές οι διαμάχες περιορίζονταν λίγο πολύ εντός των ορίων των γνωστικών αντικειμένων, επειδή κυρίως αφορούσαν ζητήματα που δεν ενδιέφεραν κανέναν εκτός από τους συμμετέχοντες. Σχεδόν κανείς πέραν των συστηματιστών δεν ενδιαφερόταν για τις αρχές στις οποίες στηριζόταν η αναγνώριση της *Drosophila subobscura* ως έγκυρου είδους. Ωστόσο, κάποιες φορές οι διαφωνίες ξεπερνούσαν τα όρια της επιστημονικής κοινότητας. Ο Ρίτσαρντ Ντόκινς και ο Στίβεν Τζέι Γκουλντ είχαν διαφορετικές απόψεις σχετι-

κά με την εξέλιξη και ενεπλάκησαν, μαζί με τους υποστηρικτές τους, σε μια δημόσια και έντονα πολεμική αντιπαράθεση, η οποία, από τη μια μεριά τουλάχιστον, συνεχίζεται πλέον μέσω αντιπροσώπων. Ο Γκουλντ πέθανε το 2002, λίγο μετά την έκδοση του πολυσέλιδου έργου του *The Structure of Evolutionary Theory*.

Σε ένα πρώτο επίπεδο, η ένταση αυτής της αντιπαράθεσης μπορεί να ξαφνιάζει. Κι αυτό γιατί ο Ντόκινς και ο Γκουλντ συμφωνούσαν σε πολλά σημαντικά ζητήματα. Συμφωνούσαν ότι κάθε ζωντανός οργανισμός, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, εξελίχθηκε στη διάρκεια των τελευταίων 4 δισεκατομμυρίων χρόνων από έναν ή λίγους μόνο προγόνους και ότι οι πρώτοι ζωντανοί οργανισμοί έμοιαζαν πιθανόν, στα πιο βασικά τους σημεία, με τα σημερινά βακτήρια. Συμφωνούσαν επίσης ότι η εξέλιξη αυτή αποτελούσε μια φυσική διαδικασία· κανένα θεϊκό χέρι, κανέναν παρείσακτος δεν την επηρέασε με οποιονδήποτε τρόπο. Συμφωνούσαν ότι η τύχη έπαιξε κρίσιμο ρόλο στον καθορισμό της μορφής που πήρε το δρώμενο της ζωής. Πιο συγκεκριμένα, και οι δυο πίστευαν πως η εμφάνιση του ανθρώπινου είδους ή κάποιους είδους που θα έμοιαζε με τον άνθρωπο δεν ήταν καθόλου αναπόφευκτη· η μεγάλη μηχανή της εξέλιξης δεν είχε συγκεκριμένο στόχο ή προορισμό. Ταυτόχρονα όμως συμφωνούσαν ότι η εξέλιξη και η εξελικτική αλλαγή δεν είναι λοταρία, καθώς σημαντικό ρόλο παίζει επίσης η φυσική επιλογή. Οι πληθυσμοί κάθε ζωντανού οργανισμού χαρακτηρίζονται από ποικιλομορφία. Κάποιες παραλλαγές είναι καλύτερα προσαρμοσμένες στις επικρατούσες βιοτικές συνθήκες από ό,τι άλλες. Έτσι, έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να μεταδώσουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους στους απογόνους τους. Η φυσική επιλογή, όπως την πραγματεύτηκε ο Δαρβίνος στο έργο του *Η καταγωγή των ειδών* (1859), ήταν μια από τις μεγαλύτερες επιστημονικές ανακαλύψεις. Εάν οι

πληθυσμοί των οργανισμών χαρακτηρίζονται από ποικιλομορφία, εάν τα μέλη ενός πληθυσμού διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την προσαρμοστικότητά τους, με αποτέλεσμα κάποια να έχουν περισσότερες πιθανότητες από άλλα να αφήσουν απογόνους στην επόμενη γενιά, εάν οι διαφορές αυτές τείνουν να γίνουν κληρονομικές, έτσι ώστε οι απόγονοι του καλύτερα προσαρμοσμένου ή προσαρμοστικότερου (fittest) οργανισμού να έχουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προγόνων τους, τότε λέμε ότι ο πληθυσμός αυτός εξελίσσεται μέσω της φυσικής επιλογής.

Η Αυστραλία είναι φημισμένη για τα δηλητηριώδη φίδια της και το πιο θανατηφόρο από αυτά είναι το ταϊπάν. Ας δούμε το μηχανισμό μέσω του οποίου το ταϊπάν κατέληξε να αποκτήσει αυτό το εντυπωσιακό χαρακτηριστικό. Εάν τα μέλη του πληθυσμού των ταϊπάν διαφέρουν ως προς την τοξικότητα του δηλητηρίου τους και εάν τα πιο δηλητηριώδη φίδια επιβιώνουν και αναπαράγονται καλύτερα, τότε τα ταϊπάν, στο πέρασμα του χρόνου, θα εξελιχθούν ώστε να παράγουν πιο τοξικό δηλητήριο. Ο Γκουλντ και ο Ντόκινς συμφωνούν ότι πολύπλοκες ιδιότητες, όπως η ανθρώπινη όραση, ο ηχοεντοπισμός των νυχτερίδων ή η ικανότητα του φιδιού να δηλητηριάζει τη λεία του, εξελίσσονται μέσω της φυσικής επιλογής. Συμφωνούν επίσης ότι στο ανθρώπινο είδος η φυσική επιλογή λειτουργεί με αργούς ρυθμούς, σε βάθος πολλών γενεών. Τα βακτήρια και άλλοι μονοκύτταροι οργανισμοί μεταβάλλονται εξαιρετικά γρήγορα, από γενιά σε γενιά, γι' αυτό και αποκτούν ανθεκτικότητα στα φάρμακα, επιβάλλοντας τη δημιουργία νέων. Ωστόσο, χρειάζονται χιλιάδες χρόνια για να πραγματοποιηθούν σημαντικές αλλαγές σε μεγαλύτερους οργανισμούς, οι οποίοι αναπαράγονται με πιο αργούς ρυθμούς.

Η προσαρμοστική αλλαγή εξαρτάται από τη συσσωρευτική επιλογή. Κάθε γενιά διαφέρει ελάχιστα από την προηγούμενη. Κάποτε, η κυρίαρχη άποψη ήταν ότι ο ρυθμός των αλλαγών

έπρεπε να είναι πολύ αργός, καθώς η δράση της συμπροσαρμογής στη διαδικασία συγκρότησης των οργανισμών περιορίζει το βαθμό στον οποίο μπορεί να μεταβληθεί ένα όργανο χωρίς να προκληθούν συσχετιζόμενες αλλαγές σε άλλα. Η μεταβολή πρέπει να είναι σταδιακή, επειδή ο τρόπος με τον οποίο προσαρμόζονται μεταξύ τους τα μέρη ενός οργανισμού είναι εξαιρετικά εύθραυστος και ακριβής, κι έτσι σχεδόν όλες οι μεγάλες, τυχαίες αλλαγές είναι καταστροφικές. Η προσθήκη ενός κεράτου στο κεφάλι ενός αλόγου θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι το εξοπλίζει με ένα χρήσιμο αμυντικό εργαλείο. Εάν ωστόσο δεν αντισταθμιζόταν από αντίστοιχες αλλαγές στο κρανίο και το λαιμό του ζώου (έτσι ώστε να μπορούν να αντέξουν το επιπλέον βάρος), η αλλαγή αυτή δεν θα ήταν μόνο άχρηστη, αλλά και επιβλαβής. Σήμερα είναι κοινώς αποδεκτό ότι έχει υπερεκτιμηθεί η επίδραση αυτού του περιορισμού. Η παραπάνω γραμμή σκέψης παραβλέπει τη σημασία της φαινοτυπικής πλαστικότητας. Οι αναπτυξιακοί πόροι που κληρονομεί ένας οργανισμός δεν καθορίζουν την τελική του μορφή. Το αν οι άνθρωποι γεννιούνται στις ακτές ή στα ψηλά βουνά, κοντά στον ισημερινό ή στους πόλους, δεν είναι ασήμαντο. Καθώς μεγαλώνουμε, η φυσιολογία μας μας βοηθά να προσαρμοστούμε στο ιδιαίτερο περιβάλλον όπου ζούμε. Ένα παιδί που μεγαλώνει σε ζεστό κλίμα διαθέτει περισσότερους ιδρωτοποιούς αδένες από κάποιο που μεγαλώνει σε ψυχρό κλίμα. Τα παιδιά που τρέφονται και ασκούνται καλύτερα αναπτύσσουν μεγαλύτερη μυϊκή μάζα. Αντίστοιχα, αναπτύσσουν οστά και κυκλοφορικό σύστημα που μπορεί να υποστηρίξει αυτό το μυϊκό σύστημα. Στην ανάπτυξη, ένα σύστημα οργάνων ανταποκρίνεται σε σήματα που λαμβάνει από άλλα συστήματα: το ένα σύστημα προσαρμόζεται στο άλλο. Από αυτή την άποψη αποτελούμε τυπικά παραδείγματα ζώων. Έτσι λοιπόν, ένα άλογο με μια γενετική αλλαγή στο αμυντικό του σύστημα μπορεί να μη χρειάζεται

να περιμένει να αναπτυχθούν νέα γονίδια προκειμένου να αποκτήσει δυνατότερους μυς και οστά (ο Μαρκ Κίρσνερ και ο Τζον Γκέρχαρτ στο έργο τους *The Plausibility of Life* αναλύουν με θαυμάσιο τρόπο τη φαινοτυπική πλαστικότητα και τη σημασία της για την εξελικτική διαδικασία). Και πάλι, όμως, η ικανότητα που έχουν οι αναπτυξιακοί μηχανισμοί ενός οργανισμού να διαχειριστούν το αναπάντεχο είναι περιορισμένη. Μπορεί, σε κάποιες περιστάσεις, να εμφανιστεί μια σημαντική εξελικτική αλλαγή στο διάστημα μιας γενιάς ως αποτέλεσμα μιας μεγάλης μετάλλαξης. Τέτοια όμως περιστατικά είναι σπάνια. Μεγάλες αλλαγές που λαμβάνουν χώρα σε ένα και μόνο στάδιο –θα συμφωνούσαν ο Γκουλντ και ο Ντώκινς– είναι πολύ σπάνιες. Συνήθως μια νέα προσαρμογή προκύπτει από μια μακρά σειρά μικρών αλλαγών και όχι από μια βραχεία σειρά μεγάλων.

Κι όμως, παρότι συμφωνούσαν σε τόσα θεμελιώδη ζητήματα, ο Ντώκινς και ο Γκουλντ συγκρούστηκαν έντονα για τη φύση της εξέλιξης. Σε δύο πολύκροτα άρθρα του στο *New York Review of Books*, ο Γκουλντ άσκησε καυστική κριτική στο έργο του Ντάνιελ Ντένιτ, διανοητικού συμμάχου του Ντώκινς, *Darwins' Dangerous Idea*. Το 1997 ακολούθησε ένας πιο συγκρατημένος διάλογος, με εξίσου όμως επικριτικά σχόλια εκατέρωθεν, στο περιοδικό *Evolution*, μέσα από βιβλιοκριτικές που έγραψαν ο ένας για τα πρόσφατα έργα του άλλου. Ο Ντώκινς και ο Γκουλντ αντιπροσώπευαν δύο διαφορετικές διανοητικές και εθνικές παραδόσεις στην εξελικτική βιολογία. Ο πρώτος είχε εκπονήσει τη διατριβή του με επιβλέποντα καθηγητή τον Νίκο Τίνμπεργκεν, έναν από τους πατέρες της ηθολογίας. Στόχος της ηθολογίας είναι η κατανόηση της προσαρμοστικής σημασίας συγκεκριμένων συμπεριφορικών μοντέλων. Επομένως, εξαιτίας του επιστημονικού του υπόβαθρου, ο Ντώκινς ήταν ιδιαίτερα ευαίσθητοποιημένος στο ζήτημα της προσαρμογής, στον τρόπο με τον οποίο προσαρ-

μοστικές συμπεριφορές εξελίσσονται σε μια γενεαλογική γραμμή (lineage) και αναπτύσσονται σε μεμονωμένα μέλη της. Ο Γκουλντ από την άλλη ήταν παλαιοντολόγος και είχε δάσκαλό τον εξέχοντα αλλά δύστροπο Τζορτζ Γκέιλορντ Σίμπσον. Ο συσχετισμός, εάν υπάρχει, μεταξύ των ικανοτήτων ενός ζώου και των απαιτήσεων του περιβάλλοντός του δεν είναι τόσο προφανής στα απολιθώματα όσο είναι στους ζωντανούς οργανισμούς. Το απολιθώμα δίνει λιγότερες πληροφορίες για το ζώο και το περιβάλλον του. Οι παλαιοβιολόγοι είναι συχνά ιστορικοί του φαινομένου της ζωής: εκπαιδεύονται να διακρίνουν τις ομοιότητες μεταξύ των απολιθωμένων οργανισμών που μελετούν, οι οποίες τους βοηθούν να κατανοήσουν μοντέλα καταγωγής. Στο πλαίσιο αυτό θα μπορούσαμε να μπούμε στον πειρασμό να θεωρήσουμε ότι το πάθος αυτών των αντιπαραθέσεων δεν αντανακλά παρά τον ανταγωνισμό για μια μικρή θέση κάτω από το φως των προβολέων, ο οποίος έλαβε μεγαλύτερες διαστάσεις εξαιτίας της διαφορετικής ιστορίας και των διαφορετικών επιστημονικών καταβολών των δύο προσεγγίσεων. Θεωρώ πως μια τέτοια ερμηνεία θα ήταν λανθασμένη και σκοπεύω να εξηγήσω το γιατί στο παρόν βιβλίο. Παρότι πράγματι υπάρχουν σημαντικά σημεία στα οποία οι δύο προσεγγίσεις συναινούν, η σύγκρουσή τους αντανακλά δύο εξαιρετικά διαφορετικές οπτικές για την εξελικτική βιολογία. Οι ανταγωνιστικές αυτές οπτικές εξακολουθούν να παραμένουν επίμονα ζωντανές παρά το θάνατο του ενός συζητητή. Γι' αυτό και αξίζει να ξαναδούμε τα ζητήματα αυτά, σε αυτή τη δεύτερη έκδοση του βιβλίου, υπό το φως των πρόσφατων εξελίξεων στην εξελικτική βιολογία.

Για τον Ρίτσαρντ Ντόκινς, το συνταίριασμα μεταξύ οργανισμών και περιβάλλοντος –η προσαρμοστικότητα ή ο καλός σχεδιασμός– αποτελεί το κεντρικό ζήτημα που καλείται να διερευνησει η εξελικτική βιολογία. Εντυπωσιάζεται από το πρόβλημα

που έλυσε ο Δαρβίνος στην *Καταγωγή των ειδών*: σε έναν κόσμο δίχως κάποιο θεό-μηχανικό πώς είναι δυνατό να δημιουργηθούν πολύπλοκες προσαρμοστικές δομές; Κατά την άποψή του η φυσική επιλογή αποτελεί τη μόνη δυνατή απάντηση στο ερώτημα αυτό, καθώς είναι ο μόνος φυσικός μηχανισμός που μπορεί να παράγει πολύπλοκες, συμπροσαρμοσμένες δομές, οι οποίες είναι εξαιρετικά απίθανες. Έτσι, η φυσική επιλογή παίζει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην εξελικτική εξήγηση. Επιπλέον –κι αυτή είναι από τις πιο γνωστές θέσεις του– ο Ντόκινς υποστηρίζει ότι η ιστορία της εξέλιξης είναι ουσιαστικά η ιστορία των γενεαλογικών γραμμών των γονιδίων. Η μοριακή βιολογία των γονιδίων – οι χημικές λεπτομέρειες της δράσης, της αλληλεπίδρασης και της αναπαραγωγής τους– είναι εντυπωσιακά πολύπλοκη. Ωστόσο, ευτυχώς, ο Ντόκινς δεν επιμένει σε αυτές τις λεπτομέρειες κι εμείς μπορεί να ακολουθήσουμε το παράδειγμά του. Υποστηρίζει ότι οι κρίσιμοι παράγοντες του δρώμενου της ζωής πρέπει να είναι παρόντες για μεγάλες περιόδους *ακριβώς επειδή* ο καινοτόμος μηχανισμός της προσαρμογής απαιτεί μακρές σειρές μικρών αλλαγών. Έτσι, στόχοι της επιλογής είναι γενεαλογικές γραμμές που παραμένουν σταθερές για πολλές γενεές, στις οποίες κάθε κρίκος είναι πανομοιότυπος ή σχεδόν πανομοιότυπος με τους προηγούμενους. Οι γονιδιακές γενεαλογικές γραμμές και μόνον αυτές ικανοποιούν αυτή τη συνθήκη, καθώς τα γονίδια αντιγράφονται. Υπάρχουν μηχανισμοί που αντιγράφουν κάποια από τα γονιδιά μου στο γονιδίωμα της κόρης μου και οι ίδιοι αυτοί μηχανισμοί μπορούν να αντιγράφουν αυτά τα γονίδια από γενιά σε γενιά. Έτσι, τα γονίδια διαμορφώνουν γενεαλογικές γραμμές πανομοιότυπων αντιγράφων. Η ιστορία αυτών των γενεαλογικών γραμμών μπορεί να έχει μεγάλο βάθος. Έχουμε γονίδια κοινά με τη μαγιά και άλλους μονοκύτταρους οργανισμούς που εξελίσσονται αυτόνομα εδώ και δισεκατομμύρια χρόνια. Πάντως, με την

εξαίρεση ίσως των οργανισμών που κλωνοποιούν τους εαυτούς τους, δεν διαμορφώνονται γενεαλογικές γραμμές πανομοιότυπων αντιγράφων. Αναπαραγωγή δεν σημαίνει αντιγραφή. Η κόρη μου δεν αποτελεί αντίγραφο μου. Κάθε οργανισμός είναι μοναδικός και εφήμερος, γι' αυτό κι εξαφανίζεται όταν τελειώσει η ζωή του. Όμως δεν εξαφανίζονται απαραίτητως και τα γονίδιά του. Εάν ο ίδιος ή ένας συγγενικός του που μεταφέρει ένα παρόμοιο σύνολο γονιδίων αναπαραχθεί, τότε αντίγραφα των γονιδίων του θα συνεχίσουν να υπάρχουν. Κι αυτό μπορεί να συμβαίνει σε βάθος πολλών γενεών.

Επιπλέον, η πιθανότητα που έχει κάποιο γονίδιο να αντιγραφεί δεν είναι ανεξάρτητη από το χαρακτήρα του. Υπάρχουν πράγματι κάποια *σιωπηλά* γονίδια που μοιάζουν να είναι απλοί συνεπιβάτες στο ταξίδι της ζωής, ενώ συχνά τα ίδια τα γονίδια επηρεάζουν την πιθανότητα αντιγραφής τους και μάλιστα με εντελώς φανερό τρόπο, επιδρώντας στα εξωτερικά χαρακτηριστικά (το *φαινότυπο*) του οργανισμού που τα φέρει. Έτσι, τα γονίδια επηρεάζουν την ίδια τους την προοπτική αντιγραφής. Ο Ντόκινς αντιλαμβάνεται τον θεμελιώδη αγώνα της εξέλιξης ως αγώνα μεταξύ των γονιδίων μιας γενεαλογικής γραμμής να αντιγραφούν. Επιπλέον, η επιτυχία μιας γονιδιακής γενεαλογικής γραμμής δεν σημαίνει αποτυχία μιας άλλης. Οι αντίπαλοι του Ντόκινς συχνά τον παρουσιάζουν ως εμμονικό αναγωγιστή που υποστηρίζει ότι το μόνο που έχει σημασία στην ιστορία της εξέλιξης είναι τα γονίδια. Δεν πρεσβεύει όμως αυτό. Οι οργανισμοί παίζουν σημαντικό ρόλο, λειτουργούν όμως κατά κύριο λόγο ως όπλα στον αγώνα μεταξύ των γενεαλογικών γραμμών των γονιδίων, οι οποίες συνήθως ανταγωνίζονται με άλλες, διαμορφώνοντας συμμαχίες. Αντίπαλες συμμαχίες δημιουργούν αντίπαλους οργανισμούς. Οι οργανισμοί που αποδεικνύονται επιτυχημένοι αντιγράφουν τις γονιδιακές συμμαχίες που τους διαμόρφωσαν.

Για παράδειγμα, τα γονίδια που διαμόρφωσαν τους παπαγάλους μακάο ώστε να είναι κατάλληλα προσαρμοσμένοι στις συνθήκες που καλούνται να αντιμετωπίσουν γίνονται ολοένα και πιο κοινά με το πέρασμα του χρόνου. Η σύγκρουση μεταξύ δύο παπαγάλων μακάο για τη διεκδίκηση ενός ασφαλούς σημείου για να φωλιάσουν επηρεάζει την εξέλιξη, καθορίζοντας ποιες από τις γενεαλογικές γραμμές των γονιδίων που τους διαμορφώνουν θα επικρατήσουν στην επόμενη γενιά και σε ποιον αριθμό. Η οικολογική πάλη των οργανισμών για την επιβίωση και την αναπαραγωγή τους μεταφράζεται σε διαφορετικούς βαθμούς αντιγραφής των γονιδίων που τους δομούν.

Με λίγα λόγια, για τον Ντόκινς η ιστορία της ζωής είναι η ιστορία ενός πολέμου μεταξύ γονιδιακών γενεαλογικών γραμμών. Οι υπέροχοι βιολογικοί μηχανισμοί που βλέπουμε σε τόσα ντοκιμαντέρ φυσικής ιστορίας αποτελούν τα ορατά προϊόντα αυτού του πολέμου, τα όπλα του. Οι αντίπαλες γονιδιακές συμμαχίες εμπλέκονται σε έναν διαρκή αγώνα εξοπλισμών, όπως αυτός των ανθρώπων που οδηγεί στη βελτίωση των όπλων στο πέρασμα του χρόνου. Το ίδιο συμβαίνει και με τα βιολογικά όπλα, αν και κάποτε τις βελτιώσεις διακόπτουν απρόβλεπτες καταστροφικές αλλαγές στο πεδίο της μάχης, όπως επεισόδια μαζικής εξαφάνισης ειδών. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να προκαλούνται από την ίδια τη γεωλογία της Γης, καθώς ήπειροι διαχωρίζονται, ηφαίστεια εκρήγνυνται, θάλασσες και παγετώνες επεκτείνονται ή υποχωρούν, αλλά και από εξωγενείς δυνάμεις, όπως είναι η πρόσκρουση κάποιου μετεωρίτη ή οι μεταβολές της ηλιακής συμπεριφοράς. Στο μεσοδιάστημα όμως αυτών των επεισοδίων είναι πάντα παρούσα και ενεργή η φυσική επιλογή, μετατοπίζοντας γονιδιακές ομάδες και επιφέροντας προσαρμοστικές βελτιώσεις στους οργανισμούς που, σύμφωνα με τη διατύπωση του Ντόκινς, αποτελούν τα *οχήματά* τους.