

1. Πέντε λέξεις

Κάποιοι άνθρωποι ανακαλύπτουν το έργο της ζωής τους μέσα σ' ένα εργαστήριο ή στο πεδίο. Εγώ ανακάλυψα το δικό μου σε μια διαφάνεια.

Στην αρχή των μεταπτυχιακών μου σπουδών, παρακολούθησα το μάθημα ενός καταξιωμένου επιστήμονα σχετικά με τα σπουδαιότερα γεγονότα στην ιστορία της ζωής. Ήταν ένα αστραπιαίο πέρασμα απ' τα μεγάλα αινίγματα της εξέλιξης. Κάθε βδομάδα συζητούσαμε και για έναν διαφορετικό εξελικτικό μετασχηματισμό. Σε μια απ' τις πρώτες παραδόσεις, ο καθηγητής έδειξε μία εικόνα όπου απεικονίζονταν στοιχειωδώς όσα γνωρίζαμε μέχρι εκείνη την εποχή, το 1986, για τη μετάβαση από τα ψάρια στα ζώα της στεριάς. Στο πάνω μέρος της υπήρχε ένα ψάρι, ενώ στο κάτω ένα από τα πρώτα απολιθώματα αμφιβίων. Ένα βέλος κατευθυνόταν από το ψάρι προς το αμφίβιο. Την προσοχή μου τράβηξε το βέλος κι όχι το ψάρι. Κοίταξα το σχέδιο κι έξυσα το κεφάλι μου. Ψάρι που βαδίζει στη στεριά: πώς θα συνέβαινε κάτι τέτοιο; Έμοιαζε με πρώτης γραμμής επιστημονικό γρίφο, άξιο για να του αφιερωθώ. Ήταν έρωτας κεραυνοβόλος. Ξεκίνησαν έτσι τέσσερις δεκαετίες ερευνητικών αποστολών στους δύο Πόλους, και σε διαφορετικές ηπείρους,

ψάχνοντας απολιθώματα που θα έδειχναν πώς έγινε η μετάβαση.

Ωστόσο, όταν προσπαθούσα να εξηγήσω την αναζήτησή μου σε συγγενείς και φίλους, συνήθως με κοιτούσαν συμπονετικά, κάνοντάς μου ερωτήσεις μόνο από ευγένεια. Ο μετασχηματισμός ενός ψαριού σε ζώο της στεριάς απαιτούσε την ανάπτυξη ενός νέου είδους σκελετού, με άκρα για βάδιση αντί πτερυγίων για κολύμβηση. Επιπλέον, έπρεπε να προκύψει ένας νέος τρόπος αναπνοής, με πνεύμονες αντί για βράγχια. Έπρεπε επίσης να αλλάξει η διατροφή και η αναπαραγωγή — άλλο να τρέφεσαι και να γεννάς αβγά στο νερό, κι άλλο στη στεριά. Σχεδόν όλα τα συστήματα του σώματος όφειλαν να μετασχηματιστούν ταυτόχρονα. Ποιο το νόημα ένα ζώο, στη στεριά, να έχει άκρα για να βαδίζει αν δεν μπορεί να αναπνεύσει, να τραφεί ή να αναπαραχθεί; Η ζωή στη στεριά δεν απαιτεί μία μόνο «εφεύρεση» αλλά εκατοντάδες. Η ίδια δυσκολία παρουσιάζεται σε κάθε μία από τις χιλιάδες μεταβάσεις στην ιστορία της ζωής: από την προέλευση της πτήσης και της δίποδης βάδισης, έως εκείνη των σωμάτων και της ίδιας της ζωής. Εξαρχής η αναζήτησή μου έμοιαζε χαμένη από χέρι.

Τη λύση του προβλήματος μπορεί κανείς να τη βρει σε ένα περίφημο απόφθεγμα της θεατρικής συγγραφέως Λίλλιαν Χέλμαν. Περιγράφοντας τη ζωή της — απ' την αναγραφή της στη μαύρη λίστα της Επιτροπής Αντιαμερικανικών Δραστηριοτήτων του Λευκού Οίκου, τη δεκαετία του '50, μέχρι τις κακουχίες που πέρασε — είπε κάποτε: «Τίποτα, φυσικά, δεν ξεκινά τη στιγμή που νομίζεις ότι ξεκίνησε». Εξέφρασε έτσι, άθελά της, μιαν από τις πιο θεμελιώδεις ιδέες της ιστορίας της ζωής, χάρη στην οποία εξηγείται η προέλευση των περισσότερων

οργάνων, ιστών και τμημάτων του DNA όλων των πλασμάτων στη Γη.

Ο πυρήνας της ιδέας αυτής στη βιολογία ανάγεται στη δουλειά ενός από τους πιο αυτοκαταστροφικούς επιστήμονες στην ιστορία, ο οποίος άλλαξε την επιστήμη—όπως γίνεται πάντα— από ένα λάθος.



Για να καταλάβουμε τη σημασία των πρόσφατων ανακαλύψεων σχετικά με το γονιδίωμα, πρέπει να γυρίσουμε πίσω, σε μια παλαιότερη εποχή εξερευνήσεων. Η Αγγλία κατά τη Βικτωριανή εποχή ήταν ένα χωνευτήρι ιδεών και ανακαλύψεων. Έχει κάτι ποιητικό η σκέψη ότι η γνώση μας για το πώς συμβάλλει το DNA στην ιστορία της ζωής βασίζεται σε ιδέες που αναπτύχθηκαν όταν ακόμα δεν γνωρίζαμε καν την ύπαρξη των γονιδίων.

Ο Σαιντ Τζωρτζ Τζάκσον Μιβάρτ (1827-1900) γεννήθηκε στο Λονδίνο και ήταν παιδί φανατικών Ευαγγελιστών. Ο πατέρας του ξεκίνησε ως μπάτλερ, κατέληξε όμως ιδιοκτήτης ενός από τα μεγαλύτερα ξενοδοχεία της πόλης. Η θέση του αυτή έδωσε στον γιο του την ευκαιρία να ανελιχθεί κοινωνικά—έγινε ευγενής—, μα και το προνόμιο να επιλέξει ο ίδιος τη σταδιοδρομία του. Όπως ο σύγχρονός του Κάρολος Δαρβίνος, ο Μιβάρτ γεννήθηκε μ' έναν έρωτα για τη φύση. Ως παιδί, συνέλεγε έντομα, φυτά και ορυκτά, καταγράφοντας συχνά τις παρατηρήσεις του απ' το πεδίο, σκαρώνοντας μάλιστα τα δικά του συστήματα ταξινόμησης. Ο Μιβάρτ φαινόταν προορισμένος για μια λαμπρή καριέρα στη φυσική ιστορία.

Ωστόσο, το κεντρικό «μοτίβο» της προσωπικής του ζωής ήταν η αντίδρασή του στην εξουσία, που έμελλε να παίξει σημαντικό ρόλο στην πορεία του. Στην προεφηβική



Ο Σαιντ Τζωρτζ Τζάκσον Μιβάρτ που κατάφερε να θίξει όλες τις πλευρές της διαμάχης για την εξέλιξη.

του ηλικία, ο Μιβάρτ άρχισε να νιώθει άβολα με την αγγλικανική πίστη της οικογένειάς του. Προς έκπληξη και ταραχή των δικών του, μεταστράφηκε, στα δεκάξι του, στον Ρωμαιοκαθολικισμό — κίνηση αρκετά τολμηρή, με συνέπειες απροσδόκητες. Εξαιτίας της νεοαποκτηθείσας πίστης του, ο Μιβάρτ δεν μπορούσε να εισαχθεί στο Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης ή του Καίμπριτζ, καθώς εκείνη την περίοδο δεν επιτρεπόταν στους Καθολικούς να μπουν στα αγγλικά πανεπιστήμια. Αποκλεισμένος από όλα τα προγράμματα φυσικής ιστορίας, ακολούθησε τον μοναδικό δρόμο που του απέμενε: να σπουδάσει στη Νομική Σχολή, όπου οι θρησκευτικές πεποιθήσεις δεν αποτελούσαν εμπόδιο. Έτσι, ο Μιβάρτ έγινε δικηγόρος.

Δεν γνωρίζουμε αν άσκησε ποτέ το επάγγελμα, όμως η φυσική ιστορία παρέμεινε το μεγάλο του πάθος. Εκμεταλλευόμενος τον τίτλο του ευγενούς, έγινε μέλος της

υψηλής κοινωνίας της επιστήμης, συνδεδεμένος με κρίσιμες μορφές της εποχής, ιδιαιτέρως με τον Τόμας Χένρυ Χάξλεϋ (1825-1895), ο οποίος σύντομα θα γινόταν ο κατεξοχήν υποστηρικτής των ιδεών του Δαρβίνου στη δημόσια σφαίρα. Ο Χάξλεϋ ήταν καταξιωμένος στον χώρο της συγκριτικής ανατομίας, έχοντας πίσω του ένα επιτελείο από ενθουσιώδεις μαθητευόμενους. Ο Μιβάρτ ανέπτυξε στενές σχέσεις μαζί του, δουλεύοντας στο εργαστήριό του, πηγαίνοντας μάλιστα και στις οικογενειακές του συγκεντρώσεις. Υπό την εποπτεία του Χάξλεϋ, το έργο του Μιβάρτ στη συγκριτική ανατομία των Πρωτευόντων αποδείχτηκε γόνιμο, παρότι κυρίως περιγραφικό. Οι λεπτομερείς εκθέσεις του για τον σκελετό παραμένουν χρήσιμες μέχρι σήμερα. Όταν ο Δαρβίνος δημοσίευσε την πρώτη έκδοση της *Καταγωγής των ειδών* (*On the Origin of Species*) το 1859, ο Μιβάρτ κατέτασε τον εαυτό του στους υποστηρικτές της νέας ιδέας, βαθιά επηρεασμένος, πιθανότατα, από τον ζήλο του Χάξλεϋ.

Όπως συνέβη όμως και με την αγγλικανική πίστη στα νιάτα του, άρχισε σιγά σιγά να αμφιβάλλει για τις δαρβινικές αντιλήψεις, προβάλλοντας και αντιρρήσεις σε θεωρητικό επίπεδο ως προς την ιδέα της σταδιακής μεταβολής. Ξεκίνησε να διατυπώνει τις απόψεις του δημόσια, στην αρχή δειλά κι αργότερα με περισσότερο ζήλο. Στοιχειοθετώντας αποδείξεις για την αντιγνωμία του, συνέταξε μια απάντηση στην *Καταγωγή των ειδών*. Αν του είχαν απομείνει έστω και λίγοι φίλοι στην κοινότητα της φυσικής ιστορίας, τους έχασε κι αυτούς παραλλάσσοντας μία και μόνο λέξη στον τίτλο του Δαρβίνου: *Η γένεση των ειδών*.

Στη συνέχεια ο Μιβάρτ συγκρούστηκε και με την Καθολική Εκκλησία. Έγραφε σε εκκλησιαστικά περιοδικά

ότι η άμωμος σύλληψη και το αλάνθαστο του εκκλησιαστικού δόγματος ήταν τόσο παράλογα όσο κι οι ιδέες του Δαρβίνου. Με τη δημοσίευση της *Γένεσης των ειδών*, ο Μιβάрт αποκλείστηκε από τον χώρο της επιστήμης. Λόγω των γραπτών του αφορίστηκε επίσημα κι από την Καθολική Εκκλησία, έξι εβδομάδες προτού πεθάνει, το 1900.

Η αμφισβήτηση του Δαρβίνου από τον Μιβάрт μάς εισάγει στις διανοητικές μάχες της Βικτωριανής Αγγλίας, εκφράζοντας προβληματισμούς που εξακολουθούν μέχρι και σήμερα να ορθώνονται σχετικά με τον Δαρβίνο. Ξεκίνησε την επίθεσή του αναφερόμενος στον εαυτό του σε τρίτο πρόσωπο, με σκοπό να διαβεβαιώσει πως είναι ανοιχτόμυαλος: «Αρχικά δεν είχε πρόθεση να απορρίψει τη συναρπαστική θεωρία του Δαρβίνου».

Ο Μιβάрт διαρθρώνει πρώτα πρώτα την επιχειρηματολογία του με ένα μακροσκελές κεφάλαιο στο οποίο περιγράφει το —κατ' αυτόν— μοιραίο ελάττωμα της θεωρίας του Δαρβίνου: την «ανικανότητα της φυσικής επιλογής να εξηγήσει τα αρχικά στάδια των χρήσιμων δομών». Ο τίτλος μπορεί να ακούγεται σαν γλωσσοδέτης, συγκεφαλαιώνει όμως ένα κρίσιμο ζήτημα. Ο Δαρβίνος θεωρούσε πως υπήρχαν αμέτρητα ενδιάμεσα στάδια μετάβασης από το ένα είδος στο άλλο: για να τελεσφορήσει η εξέλιξη, θα έπρεπε καθένα από τα ενδιάμεσα στάδια να προσαρμόζεται, αυξάνοντας την ικανότητα ενός ατόμου να ευδοκιμήσει. Για τον Μιβάрт, η υπόθεση αυτή δεν έστεκε. Πάρτε για παράδειγμα την προέλευση της πτήσης. Σε τι θα χρησίμευαν τα φτερά σε ένα πρωταρχικό στάδιο; Ο παλαιοντολόγος Στήβεν Τζέι Γκουλντ αποκάλεσε το όλο θέμα «πρόβλημα του 2% ενός φτερού»: ένα τόσο δα φτερό στον πρόγονο ενός πτηνού δεν μοιάζει να έχει απολύτως καμία χρησιμότητα. Κάποια στιγμή

θα έφτανε να έχει μέγεθος τέτοιο ώστε να βοηθά το ζώο ίσα ίσα να αιωρείται, όμως δεν θα εξυπηρετούσε κανενός είδους ενεργή πτήση.

Ο Μιβάρτ παρέθετε το ένα επιχείρημα μετά το άλλο, αρνούμενος την ύπαρξη ενδιάμεσων σταδίων. Οι γλώσσες έχουν τα δυο τους μάτια στην ίδια πλευρά του σώματός τους, οι καμηλοπαρδάλεις έχουν μακριούς λαιμούς, ορισμένες φάλαινες έχουν μπαλένες, πολλά έντομα μιμούνται τους κορμούς των δέντρων και ούτω καθεξής. Τι χρησιμότητα θα είχε η βαθμιαία μετατόπιση ματιών κι η επιμήκυνση λαιμών ή οι ελαφριές παραλλαγές στο χρώμα; Ή ένα σαγόκι με μία μόνο σειρά μπαλετών που θα έπρεπε να ταΐσει μια ολόκληρη φάλαινα; Η εξέλιξη θα συναντούσε αμέτρητα αδιέξοδα πριν από κάθε μεγάλη μετάβαση.

Ο Μιβάρτ ήταν ένας από τους πρώτους επιστήμονες που επισήμαναν ότι οι μείζονες μεταβάσεις στην εξέλιξη δεν αφορούν την αλλαγή ενός μόνο οργάνου. Αντιθέτως, θα πρέπει να αλλάξει ταυτόχρονα μια ολόκληρη σειρά χαρακτηριστικών σε ολόκληρο το σώμα. Σε τι θα χρησίμευε αν ένα ζώο αποκτούσε άκρα για βάδιση στη στεριά, αν δεν είχε και πνεύμονες για να αναπνέει στον αέρα; Ως παράδειγμα σκεφτείτε και πάλι την προέλευση της πτήσης: απαιτεί πολλές διαφορετικές «επινοήσεις» — φτερούγες, πτέρωμα, κοίλα οστά και υψηλό μεταβολισμό. Θα ήταν εντελώς άχρηστη η εξέλιξη των φτερών σε ένα πλάσμα με κόκαλα βαριά σαν του ελέφαντα ή μεταβολισμό αργό σαν της σαλαμάνδρας. Αν σε κάθε μεγάλο μετασχηματισμό θα πρέπει να αλλάζουν ολόκληρα τα σώματα και πολλά από τα χαρακτηριστικά τους, πώς θα μπορούσαν να συμβούν σταδιακά οι μείζονες μεταβάσεις;

Ενάμιση αιώνα μετά τη δημοσίευσή τους, οι ιδέες του Μιβάρτ αποτελούν ακόμα θεμέλιο λίθο πολλών κριτικών

της εξέλιξης. Ωστόσο, την εποχή εκείνη πυροδότησαν μια από τις σημαντικότερες δαρβινικές ιδέες.

Ο Δαρβίνος αναγνώρισε τη σημασία της κριτικής του Μιβάρτ. *Η καταγωγή των ειδών* εκδόθηκε το 1859, ενώ ο τόμος του Μιβάρτ το 1871. Στην έκτη και πλέον καθοριστική έκδοση της *Καταγωγής των ειδών*, δημοσιευμένης το 1872, ο Δαρβίνος πρόσθεσε ένα νέο κεφάλαιο απαντώντας στους επικριτές του, που είχαν επικεφαλής τους τον Μιβάρτ.

Ακολουθώντας το τυπικό των Βικτωριανών διαμαχών, ο Δαρβίνος ξεκίνησε γράφοντας: «Ένας διακεκριμένος ζωολόγος, ο κύριος Σαιντ Τζωρτζ Μιβάρτ, συνέλεξε πρόσφατα όλες τις αντιρρήσεις που έχουν διατυπωθεί, τόσο από εμένα όσο και από άλλους, ενάντια στη θεωρία της φυσικής επιλογής όπως την προτείναμε με τον κύριο Γουάλλας, διατυπώνοντάς τες με τέχνη αξιοθαύμαστη και με ρώμη». Και συνέχισε: «Έτσι συγκεντρωμένες, σχηματίζουν μια θαυμαστή συλλογή».

Υστερα κατέρριψε την κριτική του Μιβάρτ με μία και μόνο φράση, παραθέτοντας ακολούθως αμέτρηταδικά του παραδείγματα. «Όλες οι αντιρρήσεις του κυρίου Μιβάρτ θα εξεταστούν ή, μάλλον, έχουν ήδη εξεταστεί στον παρόντα τόμο. Το νέο σημείο που φαίνεται ότι εντυπωσίασε πολλούς αναγνώστες είναι ότι “η φυσική επιλογή αδυνατεί να εξηγήσει τα πρωταρχικά στάδια των χρήσιμων δομών”. Το ζήτημα αυτό συνδέεται στενά με τη βαθμιαία μετάβαση των χαρακτηριστικών, που συνοδεύεται συχνά από αλλαγή της λειτουργίας τους».

Ανεκτίμητη για την επιστήμη η σημασία των τελευταίων πέντε λέξεων. Περιέχουν εν σπέρματι τον νέο τρόπο θέασης των μεγάλων μεταβάσεων στην ιστορία της ζωής.

Πώς είναι δυνατόν αυτό; Όπως πάντα, ένα ψάρι δίνει τις απαντήσεις.

ΑΝΑΣΑ ΦΡΕΣΚΟΥ ΑΕΡΑ

Όταν ο Ναπολέον Βοναπάρτης εισέβαλε στην Αίγυπτο το 1798, δεν έφερε με τον στρατό του μόνο πλοία, στρατιώτες και όπλα. Θεωρώντας τον εαυτό του επιστήμονα, ήθελε να μεταμορφώσει την Αίγυπτο βοηθώντας την να ελέγξει τον Νείλο, να βελτιώσει το βιοτικό της επίπεδο και να κατανόσει την πολιτιστική και φυσική της ιστορία. Η ομάδα του περιλάμβανε κορυφαίους Γάλλους μηχανικούς και επιστήμονες. Μεταξύ αυτών και ο Ετιέν Ζοφρουά Σαιντ-Ιλέρ (1772-1844).

Στα 26 του χρόνια, ο Σαιντ-Ιλέρ ήταν παιδί-θαύμα της επιστήμης. Κατέχοντας ήδη έδρα Ζωολογίας στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Παρισιού, έμελλε να γίνει ένας από τους σπουδαιότερους ανατόμους όλων των εποχών. Από τα είκοσί του είχε διακριθεί για τις ανατομικές περιγραφές θηλαστικών και ψαριών. Ως μέλος της



Ο Ετιέν Ζοφρουά Σαιντ-Ιλέρ,
παιδί-θαύμα της επιστήμης.

συνοδείας ανέλαβε το συναρπαστικό καθήκον της ανατομής, ανάλυσης και ονοματοδοσίας πολυάριθμων ειδών που συνέλεξαν οι ομάδες του Ναπολέοντα από τα ρέματα, τις οάσεις και τα ποτάμια της Αιγύπτου. Ένα από αυτά ήταν και ένα ψάρι που, όπως είπε αργότερα ο διευθυντής του Μουσείου του Παρισιού, δικαίωσε το όλο εγχείρημα του Ναπολέοντα στην Αίγυπτο. Φυσικά, ο Ζαν-Φρανσουά Σαμπολιόν (1790-1832), ο οποίος μετέφρασε τα αιγυπτιακά ιερογλυφικά χρησιμοποιώντας τη στήλη της Ροζέτας, θα διαφωνούσε.

Με τα λέπια, τα πτερύγια και την ουρά του, το πλάσμα αυτό έμοιαζε εξωτερικά με κοινό ψάρι. Οι περιγραφές στα χρόνια του Σαιντ-Ιλέρ περιλάμβαναν περίτεχνες ανατομές, συχνά με τη συνεργασία ομάδων καλλιτεχνών, για να αποτυπωθούν με κάθε λεπτομέρεια σε πανέμορφες πολύχρωμες λιθογραφίες. Στο πίσω μέρος της κορυφής του κρανίου του εν λόγω ψαριού, κοντά στο οστό της κλείδας, υπήρχαν δύο τρύπες — φαινόμενο αρκετά περίεργο. Αλλά η πραγματική έκπληξη κρυβόταν στον οισοφάγο. Κατά την ανατομή ενός κοινού ψαριού, εύκολα εντοπίζει κανείς τον οισοφάγο: πρόκειται για έναν απλό σωλήνα που ενώνει το στόμα με το στομάχι. Εκείνος όμως διέφερε: σε κάθε πλευρά του υπήρχε από ένας αεροφόρος σάκος.

Τέτοιοι σάκοι —νηκτικές κύστεις, καθώς ονομάζονται— ήταν γνωστοί τότε, κι είχαν παρατηρηθεί σε αρκετά είδη ψαριών. Μέχρι και ο Γκαίτε, ο Γερμανός ποιητής και φιλόσοφος, τις αναφέρει. Τις φέρουν τόσο τα ψάρια της θάλασσας όσο και των γλυκών νερών. Γεμίζουν αέρα και ξεφουσκώνουν, προσφέροντας, ενώ το ψάρι κολυμπάει σε διαφορετικά βάθη, ουδέτερη πλευστότητα. Όπως ένα υποβρύχιο αποβάλλει αέρα με την εντολή «κατάδυση, κατάδυση, κατάδυση», έτσι αλλάζει και μες στη νηκτική

κύστη η συγκέντρωση του αέρα, βοηθώντας το ζώο να μετακινηθεί σε ποικίλα βάθη και συνθήκες πίεσης νερού.

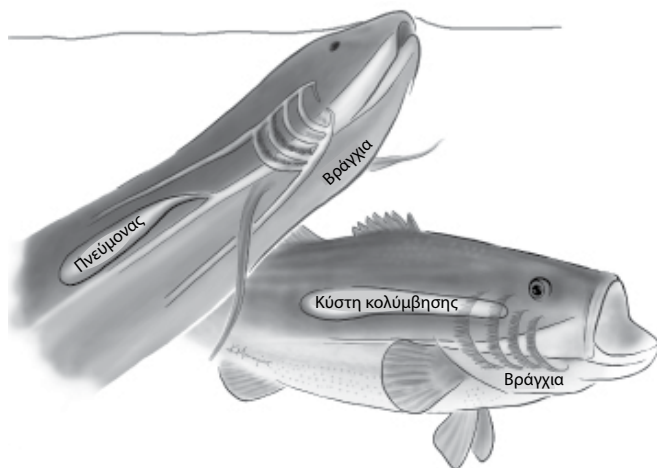
Η συνέχεια της ανατομής αποκάλυψε την πραγματική έκπληξη: οι αεροφόροι σάκοι ενώνονταν με τον οισοφάγο μέσω ενός πόρου. Ο μικρός αυτός πόρος, η ελάχιστη τούτη διασύνδεση αεροφόρου σάκου και οισοφάγου, επέδρασε καταλυτικά στη σκέψη του Σαιντ-Ιλέρ.

Η παρατήρηση των ψαριών αυτών στη φύση επιβεβαίωσε τα συμπεράσματα που είχε εξαγάγει από την ανατομία τους. Κατάπιναν αέρα, ρουφώντας τον από τις τρύπες στο πίσω μέρος του κεφαλιού τους, πολλές φορές μάλιστα συγχρονισμένα: ρουθούνιζαν ταυτόχρονα κατά σμήνη. Οι ομάδες αυτές των ψαριών, γνωστών ως Πολύπτερων, συχνά παρήγαγαν κι άλλους ήχους με τον αέρα που κατάπιναν, σαν γδούπους ή στεναγμούς, πιθανότατα για να βρουν ταίρι.

Τα ψάρια εκείνα έκαναν και κάτι άλλο απρόσμενο: ανέπνεαν. Οι σάκοι τους ήταν γεμάτοι αιμοφόρα αγγεία, άρα τους χρησιμοποιούσαν για να εισάγουν οξυγόνο στην κυκλοφορία του αίματος. Ακόμα πιο σημαντικό: ανέπνεαν μέσα από τις τρύπες στην κορφή του κεφαλιού τους, γεμίζοντας τους σάκους με αέρα, ενώ το σώμα τους παρέμενε στο νερό.

Να λοιπόν ένα ψάρι που είχε και βράγχια και ένα όργανο για να αναπνέει — περιττό, φυσικά, να πούμε ότι αποτέλεσε αντικείμενο διαμάχης.

Λίγες δεκαετίες μετά την ανακάλυψη στην Αίγυπτο, μια ομάδα από την Αυστρία στάλθηκε σε αποστολή στον Αμαζόνιο, με αφορμή τον εορτασμό του γάμου μιας Αυστριακής πριγκίπισσας. Συνέλεξαν έντομα, βατράχια και φυτά: νέα είδη που θα ονοματοδοτούνταν προς τιμήν της βασιλικής οικογένειας. Μεταξύ των ευρημάτων κι ένα



Οι Δίπνοοι έχουν και πνεύμονες και βράγχια. Χρησιμοποιούν τους πνεύμονές τους, όπως κι εμείς, για να εισπνέουν αέρα όταν το οξυγόνο του νερού δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες τους. Άλλα ψάρια έχουν νηκτικές κύστες που βοηθούν στην πλευστότητά τους.

φαινομενικά κοινό ψάρι με βράγχια και πτερύγια, που όμως στο εσωτερικό του διακρινόταν ολοφάνερα μια αγγειακή αντλία: όχι ένας απλός αεροφόρος σάκος, αλλά ένα όργανο με λοβούς, παροχή αίματος και ιστούς όμοιους με ανθρώπινων πνευμόνων. Επρόκειτο για ένα πλάσμα που γεφύρωνε δύο μεγάλες μορφές ζωής: τα ψάρια και τα αμφίβια. Για να δείξουν το παράδοξο, οι εξερευνητές το ονόμασαν *Lepidosiren paradoxa* — δηλαδή «παράδοξη λεπιδωτή σαλαμάνδρα» στα λατινικά.

Πείτε τα όπως θέλετε — ψάρια, αμφίβια ή κάτι ενδιάμεσο— τα πλάσματα εκείνα είχαν πτερύγια και βράγχια για να ζουν στο νερό, αλλά και πνεύμονες για να αναπνέουν. Και δεν ήταν τα μοναδικά. Το 1860 ένα ακόμη ψάρι με πνεύμονες ανακαλύφθηκε στο Κουίνσλαντ της

Αυστραλίας. Είχε επίσης πολύ χαρακτηριστικά δόντια —με σχήμα που θύμιζε μαγειρικές φόρμες για μπισκότα—, ήδη γνωστά από το αρχείο των απολιθωμάτων, και μάλιστα από ένα είδος για χρόνια εξαφανισμένο: το ζώο με το όνομα *Κερατόδους* (*Ceratodus*) που είχε βρεθεί σε πετρώματα ηλικίας 200 εκατομμυρίων και παραπάνω ετών. Ήταν σαφές: ψάρια που ανέπνεαν, με πνεύμονες, βρίσκονταν σε ολόκληρο τον κόσμο και ζούσαν στη Γη για εκατοστάδες εκατομμύρια χρόνια.

Μια ασυνήθιστη παρατήρηση μπορεί να φέρει τα πάνω κάτω στον τρόπο που βλέπουμε τον κόσμο. Μια ολόκληρη γενιά επιστημόνων στράφηκε στην εξερεύνηση της ιστορίας της ζωής εξαιτίας των πνευμόνων και των νηκτικών κύστεων των ψαριών, λαμβάνοντας υπόψη τόσο απολιθώματα όσο και ζωντανά πλάσματα. Τα απολιθώματα δείχνουν πώς έμοιαζε η ζωή στο μακρινό παρελθόν, ενώ οι οργανισμοί αποκαλύπτουν τη λειτουργία των ανατομικών δομών, αλλά και πώς αναπτύσσονται τα όργανα από το ωάριο μέχρι το ώριμο άτομο. Όπως θα δούμε, η διπλή αυτή προσέγγιση αποδεικνύεται ισχυρότατη.

Η σύνδεση της μελέτης των απολιθωμάτων με εκείνη των εμβρύων ήταν καρποφόρα ιδέα για τους φυσικούς επιστήμονες που διαδέχθηκαν τον Δαρβίνο. Ο Μπιάσφορντ Ντην (1867-1928) ήταν εξέχουσα μορφή στους επιστημονικούς κύκλους — μόνο αυτός κατείχε θέση εφόρου τόσο στο Μητροπολιτικό Μουσείο Τέχνης (MET) όσο και στο Αμερικανικό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, ακριβώς απέναντι από το Σέντραλ Παρκ. Είχε δύο μεγάλα πάθη: τα απολιθωμένα ψάρια και τις πανοπλίες. Έτσι, ίδρυσε τη συλλογή και έκθεση πανοπλίας στο MET και αντίστοιχα τη συλλογή ψαριών στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας. Όπως συνάδει σ' έναν άνθρωπο με τέτοια ενδιαφέροντα, είχε



Ο Μπάσφορντ Ντην, έφορος του Μητροπολιτικού Μουσείου Τέχνης και του Αμερικανικού Μουσείου Φυσικής Ιστορίας, αγαπούσε εξίσου τις πανοπλίες μάχης και τα ψάρια.

ιδιόρρυθμο χαρακτήρα. Σχεδίασε μια δική του πανοπλία, φορώντας τη μάλιστα και στους δρόμους του Μανχάταν.

Όταν δεν ντυνόταν με μεσαιωνικές πανοπλίες, μελετούσε αρχαία ψάρια. Πίστευε ότι κάπου μες στη διαδικασία μετασχηματισμού του εμβρύου σε ενήλικο άτομο βρίσκονταν κρυμμένες οι απαντήσεις για τα μυστήρια της ιστορίας και ο μηχανισμός προέλευσης των σύγχρονων ψαριών από τα προγονικά τους είδη. Συγκρίνοντας τα έμβρυα με τα απολιθώματα και εξετάζοντας τη δουλειά των εργαστηρίων ανατομίας της εποχής, ο Ντην είδε ότι, κατά

την ανάπτυξη, οι πνεύμονες φαίνονται στην ουσία όμοιοι με τις νηκτικές κύστεις. Και τα δύο όργανα εκφύονται από τον γαστρικό σωλήνα, σχηματίζοντας αεροφόρους σάκους. Η μεγαλύτερη διαφορά είναι ότι οι νηκτικές κύστεις αναπτύσσονται στην πάνω πλευρά του σωλήνα, κοντά στην σπονδυλική στήλη, ενώ οι πνεύμονες στην κάτω, προς την περιοχή της κοιλιάς. Εμβραθύνοντας, ο Ντην υποστήριξε ότι οι νηκτικές κύστεις και οι πνεύμονες αποτελούσαν διαφορετικές εκδοχές του ίδιου οργάνου που σχηματίζονταν από την ίδια αναπτυξιακή διεργασία. Πράγματι, κάποιου είδους αεροφόρος σάκος υπάρχει σχεδόν σε όλα τα είδη ψαριών, εξαιρουμένων των καρχαριών. Όπως συνήθως στην επιστήμη, η ιδέα του Ντην έχει πίσω της μακρά ιστορία, με τους προδρόμους της να εντοπίζονται στη δουλειά των Γερμανών ανατόμων του 19ου αιώνα.

Αλλά πώς σχετίζονται οι αεροφόροι σάκοι με την κριτική του Μιβάрт και την απάντηση του Δαρβίνου;

Είναι απρόσμενα μεγάλος ο αριθμός ψαριών που αναπνέουν μέσω του αέρα για μεγάλες χρονικές περιόδους. Ο λασπογοβιός μπορεί να βαδίζει πάνω στη λάσπη και να επιβιώσει για περισσότερες από είκοσι τέσσερις ώρες. Η αναρριχητική πέρκα —εύστοχη η ονομασία της—, σέρνεται από λιμνούλα σε λιμνούλα για όσο χρειάζεται, σκαρφαλώνοντας ακόμα και σε μεγαλύτερα ή μικρότερα κλαδιά. Η πέρκα αυτή όμως δεν είναι παρά ένα μόνο είδος. Χιλιάδες είδη μπορούν να ρουφούν αέρα όταν μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου στο νερό όπου κατοικούν. Πώς ακριβώς το καταφέρνουν;

Ορισμένα, όπως ο λασπογοβιός, απορροφούν οξυγόνο μέσω του δέρματός τους, ενώ κάποια έχουν ένα εξειδικευμένο όργανο ανταλλαγής αερίων πάνω από τα βράγχια τους. Μερικά γατόψαρα, καθώς και άλλα είδη, το

πετυχαίνουν μέσω του εντέρου τους, καταπίνοντας αέρα ενόσω τρώνε. Κάποια άλλα, έχουν ζεύγη πνευμόνων όμοιων με τους δικούς μας. Οι Δίπνοοι αναπνέουν κυρίως με τα βράγχια τους, ζώντας σε γλυκά νερά. Όταν όμως το οξυγόνο δεν επαρκεί για να στηρίξει τον μεταβολισμό τους, ανεβαίνουν στην επιφάνεια και ρουφούν αέρα στα πνευμόνια τους. Η αναπνοή δεν συνιστά παραξενιά ενός «εκκεντρικού» ψαριού — είναι συνήθης κατάσταση.

Πρόσφατα, επιστήμονες του Πανεπιστημίου Κορνέλ συνέκριναν εκ νέου νηκτικές κύστες και πνεύμονες, χρησιμοποιώντας νέες τεχνικές γενετικής. Το ερώτημά τους: ποια γονίδια είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία των νηκτικών κύστεων κατά την ανάπτυξη; Βρήκαν, εξετάζοντας τον κατάλογο των ενεργών γονιδίων στα έμβρυα των ψαριών, κάτι που θα ευχαριστούσε τόσο τον Ντην όσο και τον Δαρβίνο: επρόκειτο για τα γονίδια που ελέγχουν τον σχηματισμό των πνευμόνων, τόσο στα ψάρια όσο και στους ανθρώπους. Η ύπαρξη αεροφόρου σάκου είναι συνηθισμένη σε όλα σχεδόν τα ψάρια. Άλλα τον χρησιμοποιούν ως πνεύμονα και άλλα ως «συσκευή» πλευστότητας.

Εδώ λοιπόν φαίνεται πόσο διορατική ήταν η απάντηση του Δαρβίνου στον Μιβάρτ. Το DNA αποδεικνύει ότι οι Δίπνοοι, οι Πολύπτεροι του Σαιντ-Ιλέρ, καθώς και άλλα είδη με πνεύμονες, είναι τα συγγενέστερα ψάρια στα πλάσματα της στεριάς. Οι πνεύμονες δεν «επινοήθηκαν» απότομα όταν εξελίχθηκε η βάδιση. Τα ψάρια ανέπνεαν αέρα με τους πνεύμονές τους πολύ πριν τα ζώα πατήσουν το «πόδι» τους στη στεριά. Η μετάβαση των απογόνων των ψαριών στη χέρσο δεν δημιούργησε ένα νέο όργανο — άλλαξε τη λειτουργία ενός οργάνου που ήδη υπήρχε. Επιπλέον, σχεδόν όλα τα ψάρια έχουν κάποιου είδους αεροφόρο σάκο, είτε πνεύμονα είτε νηκτική κύστη. Οι

αεροφόροι σάκοι από εκεί που εξυπηρετούσαν τη ζωή στο νερό, επέτρεψαν στα ζώα να ζουν και να αναπνέουν στη στεριά. Η μετάβαση δεν έφερε τη γένεση ενός νέου οργάνου· αντιθέτως, όπως το έθεσε γενικότερα ο Δαρβίνος, ο μετασχηματισμός «συνοδεύτηκε από αλλαγή της λειτουργίας».

ΦΤΕΡΟΥΓΙΖΟΝΤΑΣ

Ο Μιβάρτ στην κριτική του στον Δαρβίνο δεν εστίασε στα ψάρια ή στα αμφίβια αλλά στα πουλιά. Την εποχή εκείνη, η προέλευση της πτήσης αποτελούσε κολοσσιαίο μυστήριο. Στην πρώτη έκδοση της *Καταγωγής των ειδών*, το 1859, ο Δαρβίνος διατύπωσε πολύ συγκεκριμένες υποθέσεις. Αν ίσχυε η θεωρία του περί κοινής καταγωγής της ζωής, θα έπρεπε στο αρχείο των απολιθωμάτων να υπάρχουν ενδιάμεσες μορφές, αντιπροσωπευτικές των μεταβάσεων — καμία τέτοια όμως δεν ήταν τότε γνωστή· πόσο μάλλον κάποια που να συνδέει τα πουλιά με τα χερσαία ζώα.

Ωστόσο, ο Δαρβίνος δεν χρειάστηκε να περιμένει πολύ. Το 1861, οι εργάτες ενός λατομείου ασβεστόλιθου στη Γερμανία ανακάλυψαν ένα αξιοθαύμαστο απολίθωμα. Ο λεπτόκοκκος ασβεστόλιθος του λατομείου αποτελούσε ιδανικό πέτρωμα για τις πλάκες που χρησιμοποιούνταν στη λιθογραφία (τυπογραφική τεχνική της εποχής): είχε σχηματιστεί στο ήπιο περιβάλλον μιας λίμνης, συνεπώς ό,τι αιχμαλωτιζόταν μέσα του παρέμενε ανέγγιχτο. Τέτοια πετρώματα είναι ιδανικά για τη διατήρηση απολιθωμάτων.

Η πλάκα περιείχε ένα περίεργο αποτύπωμα. Αναπαριστούσε κάτι μακρύ και πτεροειδές. Έμοιαζε με ένα τέλεια σχηματισμένο φτερό. Αλλά παρέμενε μυστήριο για ποιον λόγο βρέθηκε ένα φτερό μέσα σε αυτά τα πετρώματα.

Ο ασβεστόλιθος με το παράξενο εκείνο αποτύπωμα χρονολογούνταν από την Ιουρασική περίοδο. Δεκαετίες πριν από αυτή την ανακάλυψη, ο Γερμανός αριστοκράτης και φυσιολόγος Αλεξάντερ φον Χούμπολντ (1769-1859), παρατήρησε έναν ιδιαίτερο ασβεστόλιθο στην οροσειρά Γιούρα (στα σύνορα Γαλλίας και Ελβετίας), που σχημάτιζε ένα στρώμα εκτεινόμενο για μίλια. Ο φον Χούμπολντ το ονόμασε ιουρασικό, χάρη στα ιδιάζοντα χαρακτηριστικά του, υποδηλώνοντας την αντιστοιχία του με μια συγκεκριμένη εποχή της ιστορίας της Γης. Αρκετά σύντομα, κι άλλοι επιστήμονες παρατήρησαν ότι στο ιουρασικό στρώμα εντοπίζεται συχνά πλήθος απολιθωμάτων, όπως τα μεγάλα κουλουριασμένα οστρακοειδή, γνωστά ως αμμωνίτες. Παρόμοια απολιθώματα βρέθηκαν σε όλον τον κόσμο, οδηγώντας τους ερευνητές να ορίσουν την Ιουρασική ως διακριτή περίοδο σε κλίμακα παγκόσμια, όχι μόνο για τη Γαλλία και την Ελβετία.

Επίσης, στις αρχές του 19ου αιώνα, μεγάλα δόντια και γνάθοι είχαν βρεθεί στα ιουρασικά πετρώματα της Αγγλίας. Ποικίλες τέτοιες ανακαλύψεις ήρθαν στο φως. Σύντομα φάνηκε ότι κατά την Ιουρασική δεν έζησαν μόνο κουλουριασμένα οστρακοειδή αλλά και δεινόσαυροι. Το πτεροειδές αποτύπωμα αποκάλυψε ακόμα περισσότερα. Πετούσαν άραγε πουλιά πάνω απ' τους δεινόσαυρους κατά την Ιουρασική;

Το μεμονωμένο εκείνο απολίθωμα φτερού ήταν συναρπαστικό. Ανήκε σε κάποιο πτηνό της Ιουρασικής ή μήπως σε κάποια άγνωστη κατηγορία φτερωτών πλασμάτων; Αυτή η υπόθεση δεν μπορούσε να απορριφθεί.

Κάποια χρόνια μετά την ανακάλυψη του φτερού το 1861, ένας αγρότης αντάλλαξε ένα απολίθωμα για την ιατρική του περίθαλψη, το οποίο προερχόταν απ' τον ίδιο

αββεστόλιθο με το απολιθωμένο φτερό. Ο γιατρός που το αγόρασε ήταν ένας εκπαιδευμένος ανατόμος, παθιασμένος με τα απολιθώματα. Κατάλαβε, λοιπόν, με την πρώτη ματιά ότι δεν επρόκειτο για συνηθισμένη αββεστολιθική πλάκα. Το απολίθωμά της είχε αποτυπώματα φτερών που κάλυπταν το σώμα και την ουρά, προσαρτημένα σε έναν σχεδόν ακέραιο σκελετό με κοίλες φτερούγες και οστά. Αναγνωρίζοντας την αξία του ευρήματος, ο γιατρός ξεκίνησε μια μάχη πλειστηριασμού μεταξύ των διαφορετικών μουσείων που ήθελαν να το αποκτήσουν, αποσπώντας τελικά 750 λίρες από το Βρετανικό Μουσείο.

Τα δεκαπέντε επόμενα χρόνια ανακαλύφθηκαν ακόμα περισσότερα ανάλογα δείγματα. Στα μέσα της δεκαετίας του 1870 ο ιδιοκτήτης ενός λατομείου αγόρασε ένα τέτοιο απολίθωμα από έναν αγρότη με το όνομα Γιάκομπ Νιμάγιερ στην τιμή μιας αγελάδας. Ο ιδιοκτήτης του λατομείου, γνωρίζοντας τη φήμη του γιατρού —που είχε παζαρέψει το προηγούμενο απολίθωμα στο Λονδίνο— του πούλησε το νέο απολίθωμα το 1881. Ο σκελετός κόστισε χίλιες λίρες στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Βερολίνου. Μέχρι σήμερα έχουν ανακαλυφθεί επτά συνολικά τέτοια δείγματα.

Στο φτερωτό εκείνο πλάσμα, που ονομάστηκε *Αρχαιοπτέρυξ* (*Archaeopteryx*), παρατηρήθηκε ένα περίεργο «μείγμα» χαρακτηριστικών. Είχε φτερούγες και κοίλα οστά όπως όλα τα πτηνά. Σε αντίθεση όμως με οποιοδήποτε άλλο πτηνό, είχε δόντια σαρκοφάγου, επίπεδο στέρνο και τρία κοφτερά νύχια στην κορφή των οστών κάθε φτερούγας.

Η ανακάλυψη ήρθε την κατάλληλη στιγμή για τη θεωρία του Δαρβίνου. Εξετάζοντας προσεκτικά τα δόντια, τα άκρα και τα νύχια του Αρχαιοπτέρυγα, ο Τόμας Χένρυ

Χάξλεϊ είδε πως υπήρχε μεγάλη ομοιότητα μεταξύ αυτού και των ερπετών. Συνέκρινε τον Αρχαιοπτέρυγα με ένα άλλο πλάσμα που βρέθηκε στον ασβεστόλιθο της Ιουρασικής περιόδου, έναν μικρό δεινόσαυρο γνωστό ως *Κομφόγναθο* (*Compsognathus*). Με εξαίρεση τα φτερά, είχαν το ίδιο μέγεθος και παρόμοιο σκελετό. Ο Χάξλεϊ λοιπόν ανακήρυξε τον Αρχαιοπτέρυγα απόδειξη της δαρβινικής θεωρίας — επρόκειτο για ενδιάμεση μορφή μεταξύ ερπετών και πτηνών. Μέχρι και ο Δαρβίνος αναφέρθηκε στον Αρχαιοπτέρυγα στην τέταρτη έκδοση της *Καταγωγής των ειδών*: «Σχεδόν καμία ανακάλυψη μέχρι τώρα δεν φανερώνει με τόση σαφήνεια την άγνοιά μας για τους πρώην κατοίκους του πλανήτη μας».

Ανάλογες συγκρίσεις με του Χάξλεϊ πυροδότησαν ευρείας κλίμακας αντιπαραθέσεις. Αν ο Αρχαιοπτέρυγας αποτελούσε ένδειξη συγγένειας πτηνών και ερπετών, τότε ποια ερπετά ήταν οι πρόγονοι; Υπήρχαν διάφοροι προφανείς υποψήφιοι, καθένας με τους δικούς του υποστηρικτές. Κάποιοι πρότειναν ότι η μακριά ουρά του Αρχαιοπτέρυγα και το σχήμα του κρανίου του φανέρωναν πως οι πρόγονοι των πτηνών ήταν μικρά, σαρκοφάγα πλάσματα που έμοιαζαν με σάυρες. Μερικοί αντιπαρέβαλλαν τα πτηνά με μια άλλη ομάδα ιπτάμενων ερπετών της Ιουρασικής περιόδου, τους πτερόσαυρους. Το αδύναμο σημείο αυτής της θεωρίας ήταν ότι μολονότι οι πτερόσαυροι είχαν πτέρυγες και πετούσαν, τα οστά των πτερύγων τους διέφεραν αισθητά από εκείνα των πτηνών. Οι πτέρυγες των πτερόσαυρων στηρίζονταν στην επιμήκυνση του τέταρτου δακτύλου τους, ενώ οι φτερούγες των πτηνών υποστηρίζονται τόσο από φτερά όσο και από έναν συνδυασμό δακτύλων. Ορισμένοι, ωστόσο, εντυπωσιάστηκαν από τη σύγκριση του Αρχαιοπτέρυγα με μικρό δεινόσαυρο, που διατύπωσε ο Χάξλεϊ.