



Το Ambulocetus ήταν ένας συγγενής 49 εκατομμυρίων ετών των σημερινών φαλαινών και δελφινιών. Εξελίχθηκε από χερσαία θηλαστικά και είχε ακόμα άκρα.

Η Φάλαινα και ο Ιός

Πώς οι επιστήμονες μελετούν την εξέλιξη

Εκπαιδευτικοί Στόχοι

- Να καθορίσετε τη βιολογική εξέλιξη.
- Να γράψετε τρεις ερωτήσεις που η βιολογική εξέλιξη μπορεί να απαντήσει.
- Χρησιμοποιώντας ευρήματα από απολιθώματα φαλαινών, να εξηγήσετε τον τρόπο με τον οποίο οι γενεαλογικές γραμμές αλλάζουν στο χρόνο.
- Να καταγράψετε τα χαρακτηριστικά των ιών που δυσχεραίνουν τον έλεγχο τους.
- Να περιγράψετε τρία διαφορετικά είδη αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για να κατανοήσουν την εξέλιξη.
- Να ορίσετε τη φυσική επιλογή και να εξηγήσετε το λόγο που είναι σημαντική για την εξέλιξη.

Η γαλάζια φάλαινα, το μεγαλύτερο ζώο στη γη, μπορεί να φτάσει σε μήκος περισσότερο από 30 μέτρα και σε βάρος άνω των 100.000 κιλών – ίσο με το βάρος των κατοίκων μιας πόλης άνω των χιλίων ανθρώπων. Για να αναπτυχθούν σε αυτό το εκπληκτικό μέγεθος, οι γαλάζιες φάλαινες αναζητούν σμήνη κριλ και άλλα μικρά ζώα. Όταν ανοίγουν τα κάτω σαγόνια τους, ορμά μέσα νερό που είναι αρκετό για να γεμίσουν δύο σχολικά λεωφορεία. Ταλαντεύοντας το στόμα τους κλειστό, οι φάλαινες κινούν την γλώσσα τους προς τα εμπρός, εξαναγκάζοντας το νερό να στραγγίζεται μέσα από τις σειρές ελασμάτων κερατίνης (που βρίσκονται μέσα στο στόμα όλων των φαλαινών και αποτελούν συστηματικό χαρακτηριστικό της υπόταξης των Μυστακοκητών) που ονομάζονται μπαλένες ή «φαλαίνια» και σχηματίζουν ένα είδος φίλτρου, που επιτρέπει στο νερό της θάλασσας να εξέρχεται από το στόμα, συγκρατώντας το κριλ και άλλα ζώα. Μόλις φύγει όλο το νερό, οι φάλαινες καταπίνουν το φαγητό τους. Σε μια μόνο βύθιση, οι επιστήμονες υπολογίζουν, ότι μια γαλάζια φάλαινα μπορεί να συγκεντρώσει μισό εκατομμύριο θερμίδες (Goldbogen et al., 2010). Θα χρειαστεί να φάτε χίλια χάμπουργκερ για να πάρετε την ίδια ποσότητα ενέργειας – και θα πρέπει να τα φάτε όλα μαζί.

Οι γαλάζιες φάλαινες είναι αξιοπρόσεκτες όχι μόνο λόγω του μεγέθους τους ή λόγω των τεράστιων βλωμών τους. Αν και έχουν σώματα παρόμοια με ψάρι κατάλληλα για να κολυμπούν, δεν μπορούν να επιβιώσουν μια ώρα υποβρύχια, πρέπει περιοδικά να αναδύονται στην επιφάνεια του ωκεανού για να αναπνεύσουν, ανοίγοντας ένα φουσητήρα για να τραβήξει αέρα στους πνεύμονές τους. Οι φάλαινες δεν έχουν τα βράγχια που χρησιμοποιούν οι καρχαρίες και τα άλλα ψά-

ρια για να αντλούν οξυγόνο από το νερό. Αντί για αυγά, όπως τα περισσότερα είδη ψαριών, οι φάλαινες γεννούν ζωντανά μικρά, τα μωρά πρέπει να ταξιδεύουν με τις μητέρες τους για χρόνια και να πίνουν γάλα αντί να αναζητούν μόνα τους τροφή.

Στο άλλο άκρο του φάσματος της ζωής είναι οι ιοί. Είναι μικροσκοπικοί, τυπικού μεγέθους περίπου 100 νανομέτρων, που είναι περίπου χίλιες φορές μικρότερο από το πλάτος μιας ανθρώπινης τρίχας και περισσότερο από 10 δισεκατομμύρια φορές μικρότερο από μια γαλάζια φάλαινα. Αντίθετα με τα ζώα, οι ιοί μπορούν να είναι εξαιρετικά απλοί. Εμείς έχουμε περίπου 20.000 γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες, ενώ για παράδειγμα, ο ιός της γρίπης έχει μόνο 13 (Jagger et al., 2012).

Οι ιοί μπορεί να είναι μικροί και απλοί, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν είναι εξαιρετικά σημαντικοί. Καθώς εξαπλώνονται μέσω των ξενιστών τους, προκαλούν ένα ευρύ φάσμα ασθενειών, μερικές από τις οποίες είναι καταστροφικές. Μόνο το 2016, για παράδειγμα, ο ιός της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV) σκότωσε 1 εκατομμύριο ανθρώπους (UNAIDS 2017). Οι ιοί μολύνουν σχεδόν όλα τα είδη ζώων, φυτών, μυκήτων, πρωτόζωων και βακτηρίων στη γη. Μπορούν ακόμη να μολύνουν και τις γαλάζιες φάλαινες. Σε μία σταγόνα θαλασσινού νερού, μπορεί να υπάρχουν εκατομμύρια ιοί, στον ωκεανό του πλανήτη, υπάρχουν περίπου 1031 από αυτούς – ισοδύναμο βάρους με 75 εκατομμύρια γαλάζιες φάλαινες (Simmonds et al., 2017).

Όσο διαφορετικά μπορεί να είναι οι γαλάζιες φάλαινες και οι ιοί, μια και μόνη εξήγηση μπορεί να ληφθεί υπόψη τόσο για αυτά τα δύο, όσο και για όλα τα άλλα είδη που μοιράζονται τον πλανήτη : όλα είναι προϊόντα της εξέλιξης (**Εικόνα 1.1**).

Το 1973, ο βιολόγος Theodosius Dobzhansky έγραψε έναν από τους πιο εκφραστικούς απολογισμούς για τη θέση της εξέλιξης στη μελέτη της ζωής στο δοκίμιό του με τίτλο, “Τίποτα στη Βιολογία δεν έχει Νόημα Εκτός Εάν Ειδωθεί Υπό το Φως της Εξέλιξης” (“Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution” (Dobzhansky 1973). “Θεωρούμενη υπό το φως της εξέλιξης, η βιολογία είναι, ίσως, διανοητικά η πιο πλήρης και εμπνευσμένη επιστήμη”, έγραψε. “Χωρίς αυτό το φως, γίνεται ένας σωρός από διάφορα γεγονότα – μερικά από αυτά είναι ενδιαφέροντα ή περίεργα αλλά χωρίς να δημιουργούν καμία ουσιαστική εικόνα στο σύνολό τους.”

Με την κατανόηση της εξέλιξης, εξήγησε ο Dobzhansky, μπορούμε να καταλάβουμε γιατί ο φυσικός κόσμος υπάρχει με την μορφή που υπάρχει. Μπορούμε να κατανοήσουμε τις ομοιότητες, όπως και τις διαφορές μεταξύ διαφορετικών ειδών. Μπορούμε να καταλάβουμε γιατί ορισμένα είδη υπάρχουν σε ορισμένα μέρη του κόσμου και όχι σε άλλα. Μπορούμε να κατανοήσουμε τις προσαρμογές κάθε ζωντανού οργανισμού, καθώς και τις αδυναμίες του.

Οι γνώσεις που παίρνουμε από τη μελέτη της εξέλιξης μπορούν να οδηγήσουν σε πρακτικές εφαρμογές. Μελετώντας την εξέλιξη, μπορούμε να βρούμε νέους τρόπους για να καταπολεμήσουμε τους

ιούς και τα βακτηρίδια που μας προκαλούν νόσους. Μπορούμε να κατανοήσουμε πώς τα έντομα αποκτούν ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα που εφαρμόζουν οι αγρότες στα χωράφια τους. Μεταβάλλουμε το περιβάλλον σε πλανητική κλίμακα εισάγοντας χωροκατακτητικά είδη σε νέους οικοτόπους, εξαπλώνοντας την ρύπανση και προκαλώντας την αλλαγή του κλίματος. Παγκόσμια, παρατηρούμε ένα κύμα εξαφανίσεων ίσως τέτοιο που στη Γη δεν είχαμε δει για δεκάδες εκατομμύρια χρόνια.

Μελετώντας την ιστορία της εξέλιξης, μπορούμε να μάθουμε συγκρίνοντας τις σημερινές εξαφανίσεις με εκείνες του παρελθόντος, αποκομίζοντας την δυνατότητα προβλέψεων σχετικά με τον εντοπισμό των υπάρχοντων πληθυσμών που θα εξαφανιστούν και να σχεδιάσουμε στρατηγικές για την επιβράδυνση της κατάπτωσης τους.

Αλλά η εξέλιξη είναι επίσης χρήσιμη με ακόμη πιο βαθυστόχαστο τρόπο: μας βοηθά να βρούμε απαντήσεις σε μερικά

από τα μεγαλύτερα ερωτήματα που θέτουμε για την ύπαρξη μας. Πώς φτάσαμε ως εδώ; πώς αποκτήσαμε τη δύναμη της λογικής και τη γλώσσα; Για να αντιμετωπίσουμε πλήρως αυτά τα ερωτήματα, πρέπει πρώτα να εκτιμήσουμε τον τρόπο και τον λόγο για τον οποίο οι πληθυσμοί αλλάζουν με την πάροδο



ΕΙΚΟΝΑ 1.1

Ο παλαιοντολόγος Hans Thewissen ανακάλυψε το πρώτο απολίθωμα του *Ambulocetus* το 1993.

(Φωτογραφία από J. G. M. Thewissen, NEOMED)

του χρόνου. Πρέπει να κατανοήσουμε τις βασικές αρχές της **βιολογικής εξέλιξης**.

Το βιβλίο αυτό είναι μια εισαγωγή στην εξελικτική βιολογία—τη μελέτη τόσο των διαδικασιών με τις οποίες εξελίσσεται η ζωή όσο και των προτύπων που έχουν δημιουργήσει αυτές οι διαδικασίες τα τελευταία 4 δισεκατομμύρια χρόνια. Επίσης πραγματεύεται το πώς οι επιστήμονες μελετούν την εξέλιξη. Όταν ο Κάρολος Δαρβίνος μελέτησε την εξέλιξη στα μέσα του 1800, το πιο εξελιγμένο εργαλείο που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει ήταν ένα απλοϊκό μικροσκόπιο λευκού φωτός.

Σήμερα, οι επιστήμονες μελετούν την εξέλιξη χρησιμοποιώντας τεχνολογίες αλληλούχισης υψηλής απόδοσης για να αναλύσουν το DNA. Διερευνούν τα μόρια των αρχαίων πετρωμάτων για να καθορίσουν την ηλικία των **απολιθωμάτων**. Χρησιμοποιούν ισχυρούς υπολογιστές για να εφαρμόσουν νέες στατιστικές εξισώσεις στην ποικιλομορφία της ζωής. Παρατηρούν την εξέλιξη που αναλύεται στα εργαστήρια τους, και συνθέτουν αυτές τις διαφορετικές σειρές αποδεικτικών στοιχείων σε μια ενοποιημένη αντίληψη για το πώς έχει εξελιχθεί η ζωή.

Ως εισαγωγή στο βιβλίο αυτό, και γενικά στην εξελικτική βιολογία, ας επιστρέψουμε σε αυτά τους αξιοπρόσεκτους ακραίους οργανισμούς, τις φάλαινες και τους ιούς.

Η **βιολογική εξέλιξη** είναι οποιαδήποτε αλλαγή στα κληρονομικά χαρακτηριστικά ενός πληθυσμού που εμφανίζεται από τη μία γενιά στην άλλη (δηλαδή, σε μια χρονική περίοδο μεγαλύτερη από τη διάρκεια ζωής ενός ατόμου του πληθυσμού).

Ένα **απολίθωμα** είναι ένα διατηρημένο αποδεικτικό στοιχείο της ζωής σε μια παρελθούσα γεωλογική περίοδο όπου συμπεριλαμβάνονται αποτυπώματα και ανόργανα υπολείμματα οργανισμών ενσωματωμένων στα πετρώματα.

Βασικές Έννοιες

Κατανώντας την εξέλιξη, μπορούμε να κατανοήσουμε γιατί ο φυσικός κόσμος είναι έτσι όπως είναι.

1.1. Φάλαινες: Τα θηλαστικά Πήγαν στη Θάλασσα

Οι φάλαινες, τα δελφίνια και οι φώκιες είναι συνολικά γνωστά ως κητώδη (επειδή είναι μέλη της τάξης των Κητωδών, Cetacea, **Εικόνα 1.2**). Υπάρχουν 92 είδη κητωδών που ζουν σήμερα, και όλα μοιράζονται έναν αριθμό χαρακτηριστικών (Perrin 2017).



ΕΙΚΟΝΑ 1.2

Τα κητώδη που ζουν τώρα μοιράζονται όλα έναν αριθμό χαρακτηριστικών, όπως φυσητήρες και οριζόντια πτερυγία ουράς. Σε αυτήν την ομάδα ειδών, υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι κητωδών. Μερικά είδη έχουν στο στόμα τους αναπτύξεις τύπου φίλτρου που ονομάζονται μπαλένες και χρησιμοποιούνται για να κοσκινίζουν μικρά ζώα από το θαλασσινό νερό (αριστερά) Άλλα είδη, όπως τα δελφίνια (δεξιά), έχουν δόντια σχήματος γομφίου που χρησιμοποιούνται για να γραπώνουν μεγαλύτερα θηράματα, όπως φώκιες και ψάρια.

(Αριστερά: James Michael Dorsey / Shutterstock; δεξιά: Styve Reineck / Shutterstock)



ΕΙΚΟΝΑ 1.3

Οι φάλαινες γεννούν ζωντανά μικρά, τα οποία επιβιώνουν με το γάλα από τις μητέρες τους για μήνες. Με άλλα λόγια, διατηρούν αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά θηλαστικών μετά την επιστροφή τους στον ωκεανό πριν από περισσότερα από 40 εκατομμύρια χρόνια.

(Westend61 / Getty Images)

Έχουν σώματα που μοιάζουν με των ψαριών – γλυπτά με τις ίδιες κομψές καμπύλες που μπορείτε να βρείτε στον τόνο και τους καρχαρίες – τα οποία τους επιτρέπουν να χρησιμοποιούν σχετικά λίγη ενέργεια για να κινηθούν μέσα στο νερό. Οι ουρές τους στενεύουν στο τελικό άκρο και στη συνέχεια επεκτείνονται σε οριζοντίως πεπλατυσμένους λοβούς. Τα κητώδη ανυψώνουν και χαμηλώνουν τις ουρές τους για να δημιουργούν ώθηση, όπως οι καρχαρίες και ο τόνος δημιουργούν ώθηση μετακινώντας την ουρά τους από τη μία πλευρά στην άλλη. Είναι ξεκάθαρο ότι τα κητώδη έχουν μια εξωτερική ομοιότητα με τα ψάρια, αλλά διαθέτουν και πολλά γνωρίσματα που απαντώνται μόνο στα θηλαστικά. Τα έμβρυα των κητωδών αναπτύσσονται σε μήτρα, σχηματίζοντας έναν πλακούντα για παροχή θρεπτικών ουσιών από τις μητέρες τους. Γεννιούνται ζωντανά και στη συνέχεια πίνουν γάλα που παράγεται από τις μητέρες τους μέχρι να είναι αρκετά μεγάλα για να τραφούν με στερεά τροφή (Εικόνα 1.3). Ακόμη οι φάλαινες και τα δελφίνια έχουν μικροσκοπικά οστά ενσωματωμένα στη σάρκα τους, ακριβώς εκεί όπου στα χερσαία θηλαστικά βρίσκονται οι γοφοί.

Η Εξέλιξη ως Σταδιακή Διαδικασία

Στο βιβλίο του *Η καταγωγή των ειδών* (*The Origin of Species*), το 1859, ο Δαρβίνος πρότεινε μια σαφή εξήγηση για αυτό το αινιγματικό πρότυπο ομοιοτήτων και διαφορών. Τα κητώδη προέρχονται από θηλαστικά που ζούσαν στην ξηρά και η **γενεαλογική** τους **γραμμή** βαθμιαία εξελίχθηκε σε θαλάσσια θηλαστικά μέσω μιας διαδικασίας που την ονόμασε **φυσική επιλογή**. (Δείτε το Κεφάλαιο 2 για μια λεπτομερή εξερεύνηση της γενικής θεωρίας του Δαρβίνου.) Οι πρόγονοι των σύγχρονων φαλαινών έχασαν τα πίσω άκρα τους, και τα μπροστινά πόδια τους διαμορφώθηκαν σαν πτερύγια. Ωστόσο, οι φάλαινες διατηρούν ορισμένα χαρακτηριστικά των θηλαστικών από τους προγόνους τους, όπως οι πνεύμονες και οι μαστικοί αδένες. Οι μαστικοί αδένες των φαλαινών και των χερσαίων θηλαστικών είναι παραδείγματα ομολογίας-δομικών χαρακτήρων που τα μοιράζονται επειδή τα έχουν κληρονομήσει από έναν κοινό πρόγονο.

Ο Δαρβίνος πρότεινε ότι η εξέλιξη ήταν μια σταδιακή διαδικασία. Εάν αυτό ήταν αλήθεια, τότε ενδιάμεσα είδη κητωδών θα πρέπει να υπήρχαν στο παρελθόν με σώματα εξειδικευμένα για τη ζωή στην ξηρά. Την εποχή του Δαρβίνου, οι παλαιοντολόγοι μόλις αρχίζουν να βρίσκουν απολιθώματα που θα μπορούσαν να φωτίσουν το παρελθόν και δεν γνώριζαν την ύπαρξη τέτοιων ενδιάμε-

Η **γενεαλογική γραμμή** αναφέρεται σε μια αλυσίδα προγόνων και των απογόνων τους. Μια γενεαλογική γραμμή μπορεί να είναι οι διαδοχικές γενεές οργανισμών σε ένα μόνο πληθυσμό, τα μέλη ενός είδους ολόκληρου κατά τη διάρκεια ενός γεωλογικού χρονικού διαστήματος ή μια ομάδα σχετιζόμενων ειδών με καταγωγή από έναν κοινό πρόγονο.

Η **φυσική επιλογή** είναι ένας μηχανισμός που μπορεί να οδηγήσει σε εξέλιξη, με αποτέλεσμα οι διαφορές στην επιβίωση και στην αναπαραγωγή των ατόμων να προκαλέσουν ορισμένους γενετικούς τύπους που να αντικαθιστούν (υπερνικούν) άλλους.