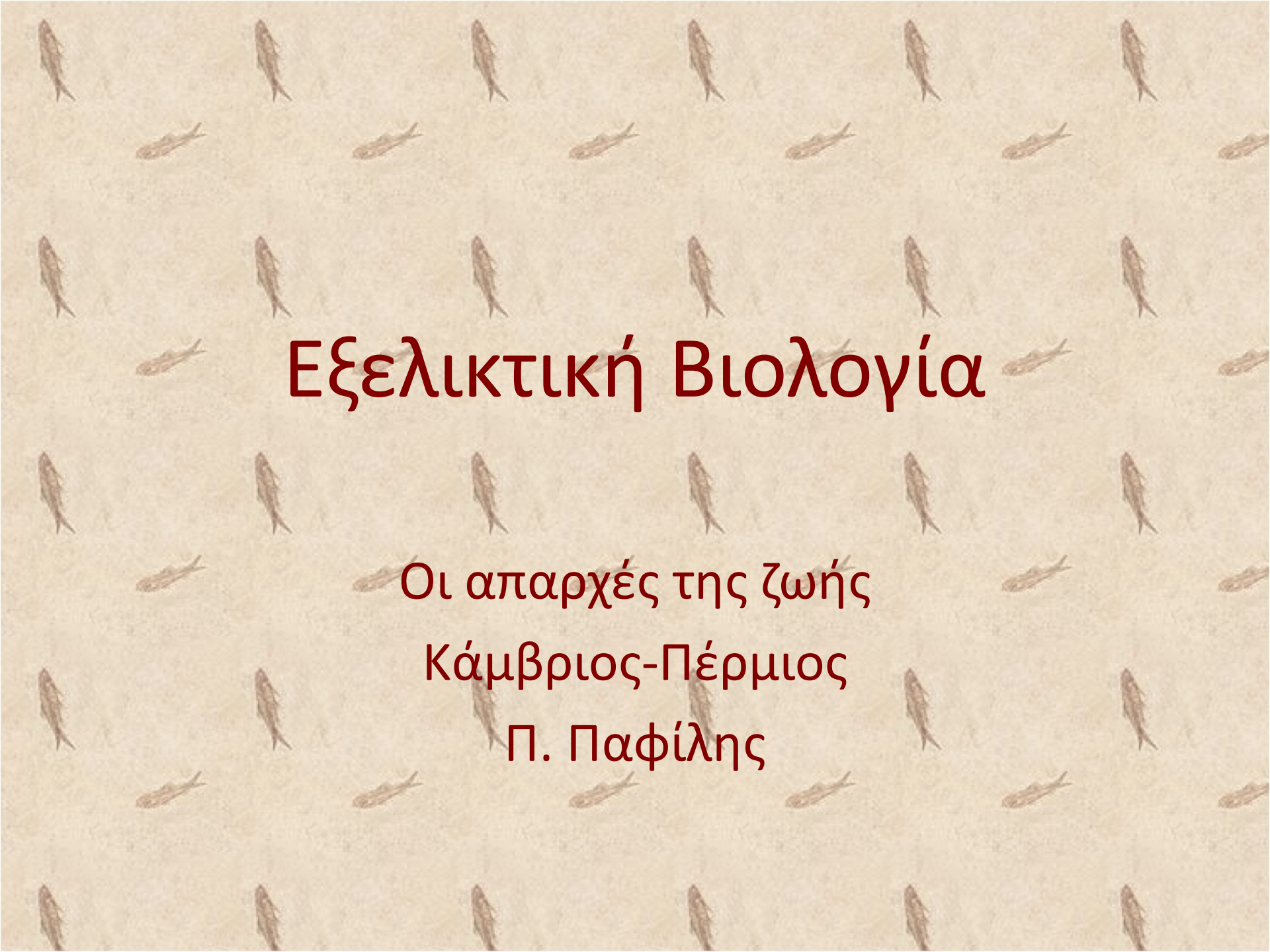




Εξελικτική Βιολογία

Οι απαρχές της ζωής

Κάμβριος-Πέρμιος

Π. Παφίλης

Τα βασικά εξελικτικά γεγονότα...

- Παρότι η χημική εξέλιξη ήταν σχετικά σύντομη και τα πρώτα κύτταρα εμφανίστηκαν νωρίς (...), η εμφάνιση πολυκύτταρων οργανισμών καθυστέρησε.
- Οι μηχανισμοί που οδήγησαν στη δημιουργία ζωής δεν είναι δυνατόν να τεκμηριωθούν από το αρχείο απολιθωμάτων.
- Κλασσικά πειράματα (Miller και Urey 1953; Oparin 1953) έχουν δείξει ότι οι δομικές μονάδες των μακρομορίων μπορούν να σχηματισθούν εάν υπάρχουν οι πρώτες ύλες (H_2 , CH_4 , NH_3 και H_2O) και προσφερθεί η απαιτούμενη ενέργεια σε αναγωγική ατμόσφαιρα.

- Τα μονομερή μπορούν να συγκεντρωθούν και να σχηματίσουν σταθερά πολυμερή.
- Τα πολυπεπτίδια (που προκύπτουν από την αυθόρμητη ένωση των αμινοξέων) μπορούν να συσσωρευθούν σε κολλοειδή σταγονίδια («πρωτοκύτταρα») μέσα στα οποία πραγματοποιείται σε κάποιο βαθμό αύξηση και αντιγραφή.
- Με την παρουσία RNA πολυμερασών αρχίζει η δημιουργία νουκλεϊκών οξέων τα οποία τελικά θέτουν τις βάσεις για τους μοριακούς μηχανισμούς.
- Εξωγήινη προέλευση της ζωής;;;!!!

- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα εκτιμάται ότι πρωτοσχηματίστηκαν πριν από 1,6 δισεκ. χρόνια (Ακριτάρχες).
- Οι πρώτοι πολυκύτταροι οργανισμοί χαρακτηρίζονταν από ακτινωτή συμμετρία (όπως τα αρτίγονα Ποροφόρα).
- Αρκετά αργότερα (Βένδιος) εμφανίστηκαν οργανισμοί με αμφίπλευρη συμμετρία.

Η ζωή στον πλανήτη εμφανίστηκε
μεταξύ 3.5 και 4 δισ.χ.

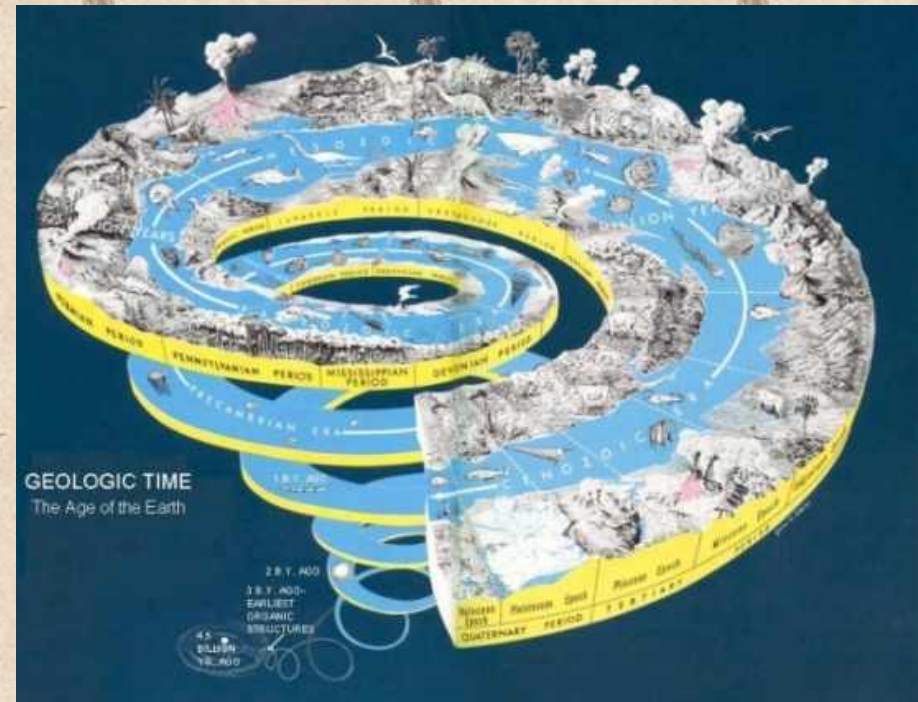
Εμφανίζονται οι προκαρυωτικοί
οργανισμοί (φωτοσυνθετικοί,
αυτότροφοι)

Το ατμοσφαιρικό οξυγόνο αυξάνεται
και η σύσταση της ατμόσφαιρας
αλλάζει

Οι πρώτοι ευκαρυωτικοί οργανισμοί
κάνουν την εμφάνισή τους
(Ακριτάρχεις) πριν από 1.6 δισ.χ. (ή
2.1 δισ.χ.)

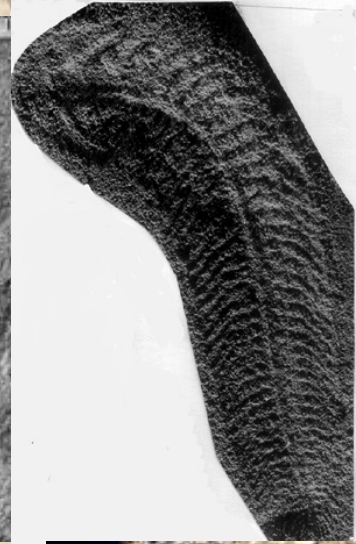
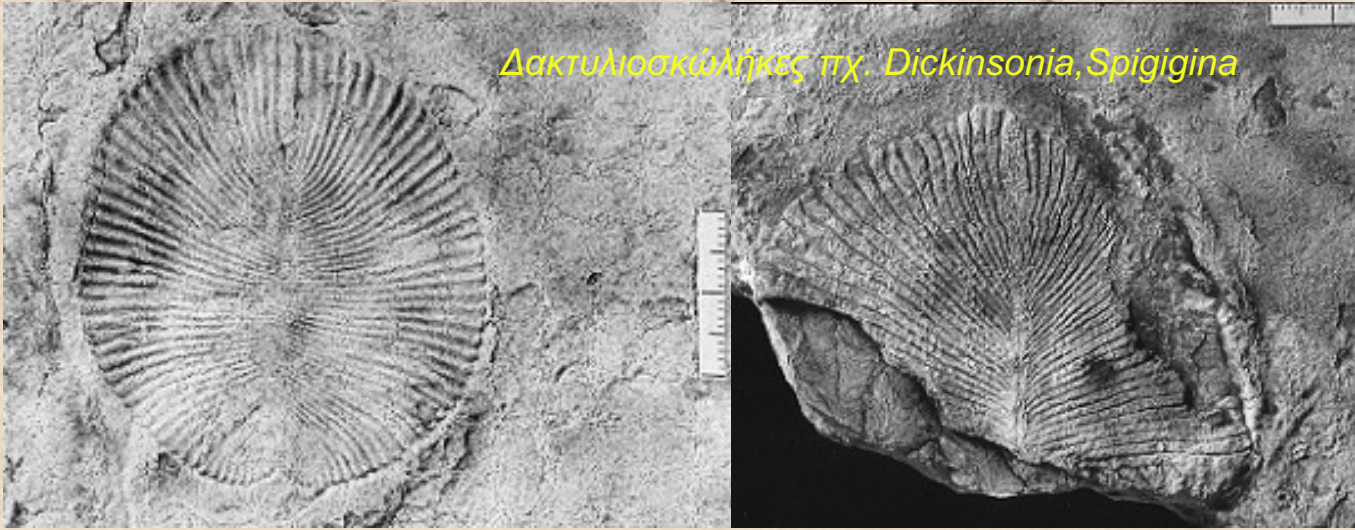
Σχηματίζονται οι πρώτοι
πολυκύτταροι οργανισμοί (640
εκ.χ.)

Τα πρώτα μετάζωα διαφοροποιούνται
πριν από 565 εκ.χ.



Εδιακαριανή πανίδα (600-545 Μγα)

Δακτυλοσκούληκες πχ. *Dickinsonia*, *Spigirina*



Kimperella (Μαλάκιο)



Μέδουσες



Cyclomedusa



Mawsonites

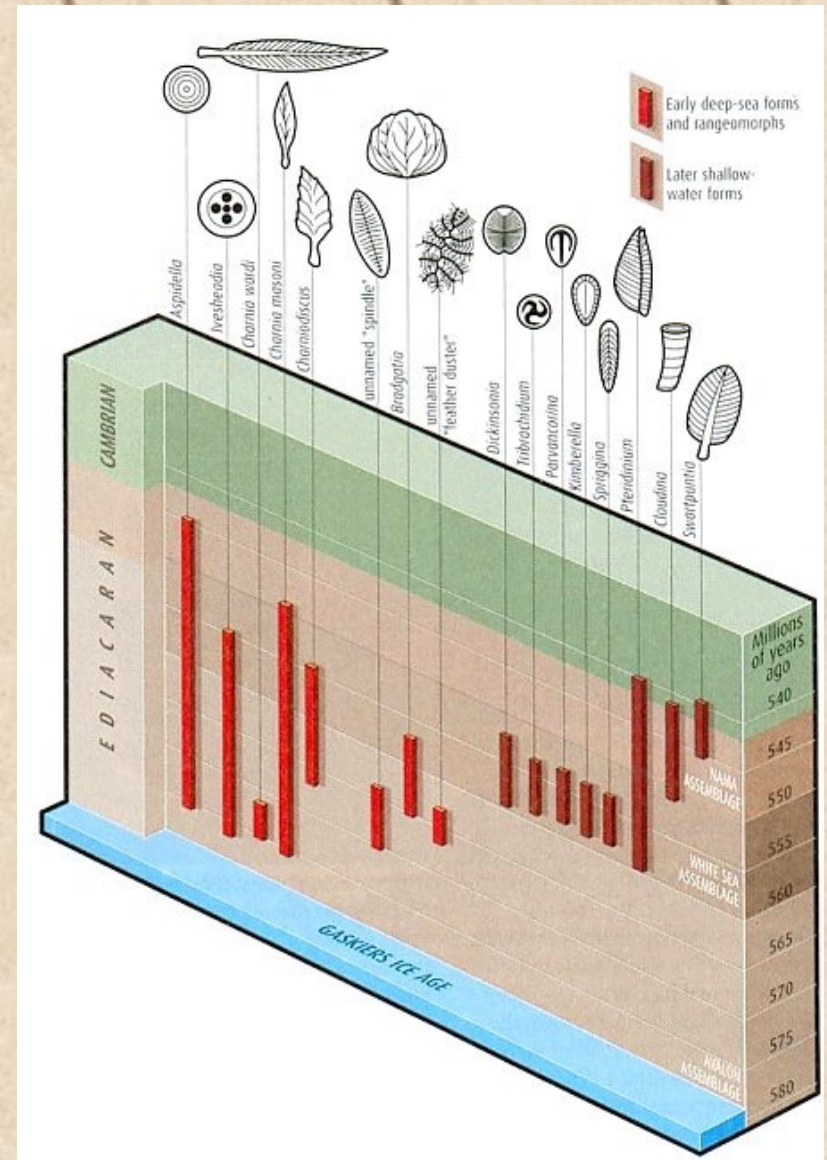


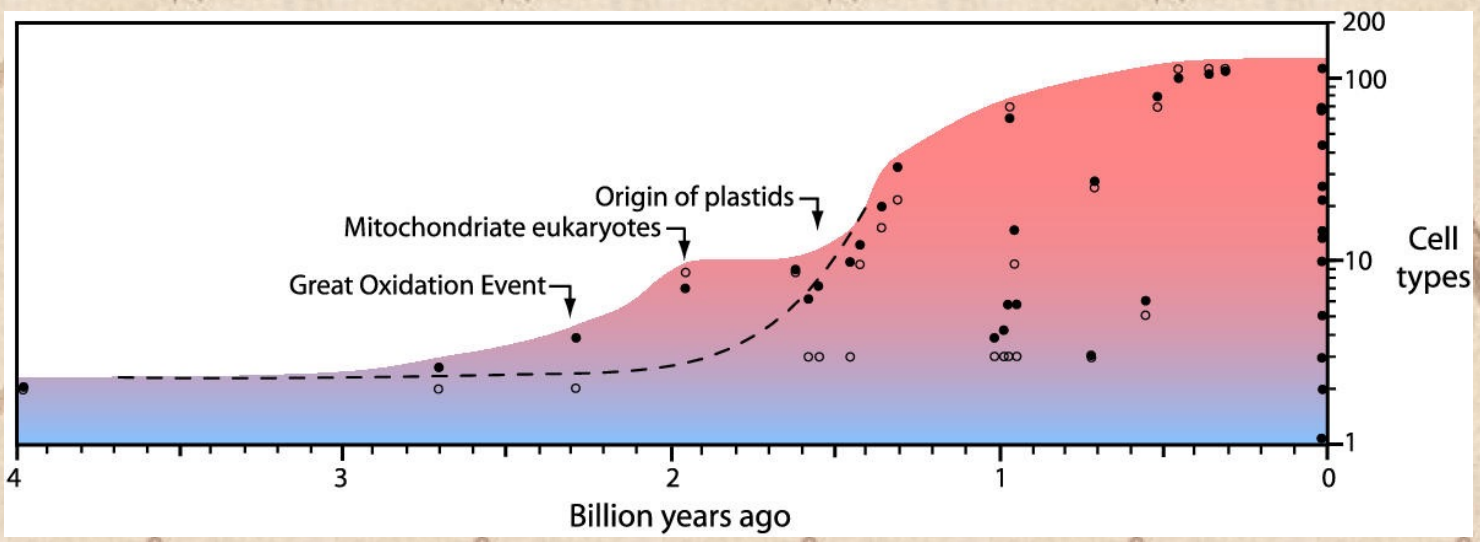
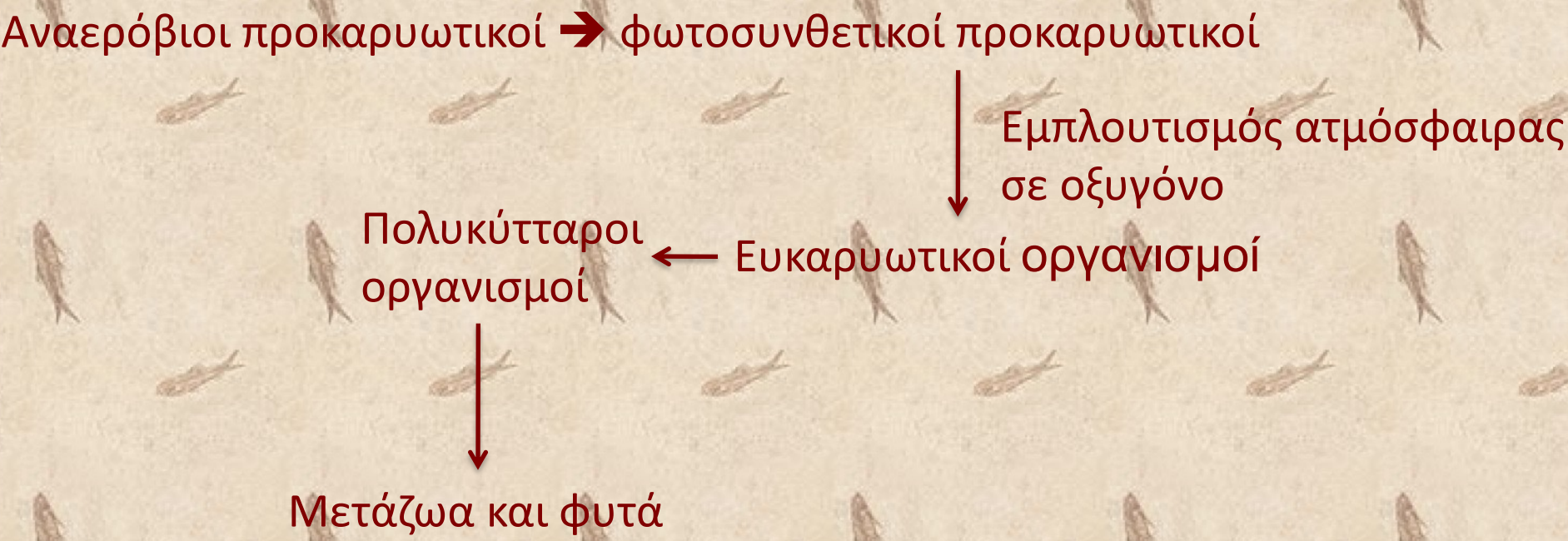
Τα Εδιακάρια αποτέλεσαν
τους πρόπομπους της
έκρηξης της Καμβρίας.

Η ποικιλία της ζωής ήταν
πολύ περιορισμένη μέχρι
τότε.

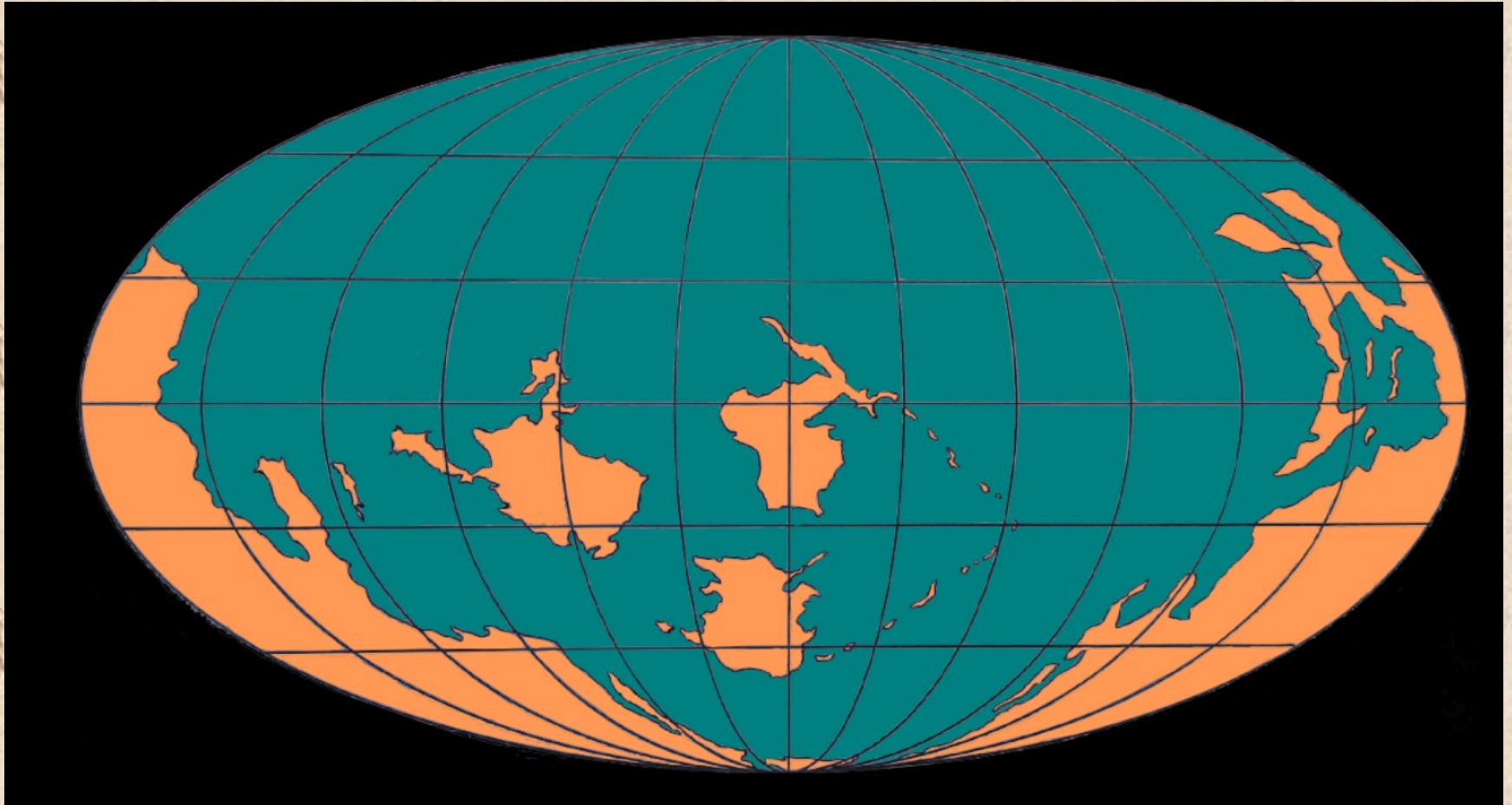
Τα Εδιακάρα και οι
Ακριτάρχεις ήταν
υδροβίοι οργανισμοί.

Οι πρώτοι έποικοι της
ξηράς ήταν τα
Αγγειόφυτα και κάποια
Αρθρόποδα.





Κάμβριος (538,8-485,4 εκ.χρ.)



Η έκρηξη της Καμβρίου περιόδου

- Μέσα σε 50 περίπου εκ.χ. εμφανίστηκαν τα φύλα που υπάρχουν στις μέρες μας (34 από τα 35).
- Το αρχείο των απολιθωμάτων από την Κάμβριο είναι ιδιαίτερα πλούσιο και υψηλής ποιότητας.
- Οι πλέον καλά μελετημένες πανίδες είναι του Burgess Shale (520-515 εκ.χ.) και του Chengjiang (525-520 εκ.χ.). Σε αυτές περιλαμβάνονται οι πρόγονοι βασικών σημερινών ομάδων καθώς και μορφές όπως οι Τριλοβίτες ή ο παλαιότερος πρόγονος των Χωρδωτών (Pikaia).

Πιστεύεται ότι πολλές ομάδες που θεωρούνταν νεότερες, εμφανίστηκαν στην πραγματικότητα πιο νωρίς στον εξελικτικό χρόνο.

Εάν πράγματι ισχύει αυτό το αρχείο των απολιθωμάτων δεν είναι πλήρες. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή:

1. Δεν έχουν ακόμη ανακαλυφθεί τα κατάλληλα δείγματα
2. Οι οργανισμοί αυτοί δεν άφησαν ίχνη
3. Τα απολιθώματα καταστράφηκαν



Βασικά χαρακτηριστικά

Εμφάνιση του σκελετού με όλα τα πλεονεκτήματα για τους οργανισμούς

Διπλοβλαστικοί



Τριπλοβλαστικοί



Ακοιλωματικοί

Αμφίπλευρη
συμμετρία



Κοιλωματικοί



Βασικές μορφές- Σώματα

- Η μετάβαση από το μονοκύτταρο επίπεδο οργάνωσης στο πολυκύτταρο ήταν μιά επανάσταση για τους οργανισμούς. Έτσι κατέστη δυνατή η εμφάνιση:
- Μεγαλύτερων μεγεθών σώματος
- Κίνησης
- Αισθητηρίων οργάνων – αισθήσεων
- Συντονισμού οργάνων και συστημάτων

Σώματα: Πότε; Πως; Γιατί;

- Πότε;

Οι πρώτοι πολυκύτταροι οργανισμοί εμφανίζονται στην Προκάμβριο, 600 εκ.χ. (Εδικαριανή πανίδα)

Συμμετρίες, δομές, κίνηση, ακεφαλία

Διαφοροποιημένοι ιστοί

- Πως;

Συνδετικές ουσίες ανάμεσα στα κύτταρα (π.χ. κολλαγόνο)

Επικοινωνία των κυττάρων

Αναγνώριση κυττάρων με ειδικούς μοριακούς «αρμούς» =
Αυτοδιοργάνωση

Πλακόζωα, η πιο απλή
ζωική μορφή με 4 είδη
κυττάρων που
παρουσιάζουν
εξειδίκευση

Σπόγγοι:
Αυτοδιοργάνωση, 2
μόρια κολλαγόνου,
συνδετικοί αρμοί



Γιατί καθυστέρησε η εμφάνιση σωμάτων;

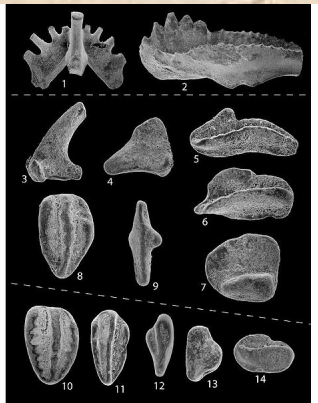
Πειράματα του Martin Boraas (1998): Η είσοδος ενός θηρευτή σε μια αποικία που προήλθε από ένα μονοκύτταρο φύκος μετά από 1000 γενιές, είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση συσσωμάτων που τελικά σταθεροποιήθηκαν στα 8 κύτταρα το καθένα

Πέραν των πλεονεκτημάτων που παρέχει το μεγαλύτερο σώμα (π.χ. ανεξαρτησία, τροφή) χρειάζεται και περισσότερη ενέργεια για να κατασκευαστεί και να συντηρηθεί. Σε περιβάλλοντα που είναι φτωχά σε οξυγόνο δεν είναι δυνατή ούτε η κατασκευή ούτε η διατήρηση πολυκύτταρων οργανισμών.

Βασικές μορφές

Εμφάνιση του σκελετού με όλα τα πλεονεκτήματα για τους οργανισμούς

Δόντια, η πρώτη απόπειρα- Η περίπτωση των Κωνόδοντων



Ανακάλυψη το 1930 για
χρόν



Δύο διαφορετικοί σκελετοί:
Εξωσκελετός / Ενδοσκελετός



Η κατασκευή των
δοντιών αποτελεί την
απαρχή ενός νέου
τρόπου σχηματισμού
οργάνων

«Hard bones arose not to protect animals but to eat them», *N. Shubin*

Τι προκάλεσε την έκρηξη της Καμβρίου;

- Όταν στην εξελικτική πορεία μιας ταξινομικής ομάδας προκύπτει μια μεγάλη διαφοροποίηση στη μορφολογία και την οικολογία μιλάμε για τη λεγόμενη αποκλίνουσα εξάπλωση.
- Οι νέες μορφές (ποικιλίες χαρακτηριστικών σε πληθυσμιακές ομάδες, πληθυσμοί, υποείδη και είδη) αποκλίνουν ολοένα και περισσότερο από τις αρχικές μορφές.
- Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποκλίνουσα εξέλιξη διακρίνονται σε περιβαλλοντικούς και γενετικούς.

Περιβαλλοντικοί παράγοντες

- Οι έντονες μεταβολές του κλίματος, η περιεκτικότητα σε ιχνοστοιχεία σε διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα, οι συνθήκες φωτισμού, υγρασίας και θερμοκρασίας μπορεί να επάγουν ταχείες προσαρμογές στους οργανισμούς.
- Ο σημαντικότερος παράγοντας που επιτάχυνε τον ειδογενετικό ρυθμό κατά την Κάμβριο ήταν ο εμπλουτισμός των ωκεανών σε οξυγόνο ως αποτέλεσμα της δράσης των φωτοσυνθετικών φυκών.
- Το οξυγόνο επέτρεψε την αύξηση του μεγέθους του σώματος καθώς και του μεταβολικού ρυθμού.

Ποιο το όφελος ενός μεγαλύτερου σώματος;

Η ανάπτυξη σκληρού εξωσκελετού σε συνδυασμό με το μεγαλύτερο μέγεθος συνέβαλαν στην αποτελεσματικότερη άμυνα των οργανισμών.

Η ανάγκη επιβίωσης «οδήγησε» τις μορφολογικές αλλαγές οι οποίες υποστηρίζονται από αντίστοιχες διαφοροποιήσεις του γενετικού υλικού.



Γενετικοί παράγοντες

- Η οντογενετική ιστορία του κάθε είδους εξαρτάται από την θέση και το χρόνο εμφάνισης των διαφόρων χαρακτηριστικών.
- Η συμμετρία, η μεταμέρεια, οι εσωτερικές κοιλότητες και η μορφολογία των οργανισμών ρυθμίζονται από τα ομοιοτικά γονίδια σε όλα τα μετάζωα (εξαιρέσει των Σπόγγων).
- Τα πιο σημαντικά ομοιοτικά γονίδια είναι τα HOM στα ασπόνδυλα και τα HOX στα σπονδυλωτά.
- Η δομή και η οργάνωση αυτών των γονιδίων αντικατοπτρίζουν ένα συγκεκριμένο πρότυπο δημιουργίας και είναι χαρακτηριστικές για την κάθε κατηγορία οργανισμών.

Η έκρηξη της Καμβρίου αποτέλεσε συνδυασμό της δράσης περιβαλλοντικών και γενετικών παραγόντων.

Νέα γονίδια υποστήριξαν ή «πρότειναν» γενετικά τις μεγάλες αλλαγές που σημειώθηκαν στη μορφολογία, την οικολογία και τη φυσιολογία των οργανισμών.

Οι αλλαγές αυτές «κλείδωσαν» χάρη

1. Στην απουσία ή εξουδετέρωση ανταγωνιστών
2. Στην διαθεσιμότητα τροφής
3. Στην ποικιλότητα σε συγκεκριμένους οικολογικούς θώκους

Η σημασία των συνδετικών κρίκων

Η καλύτερη προσέγγιση της υψηλής διαφοροποίησης της Καμβρίου, αλλά και τέτοιων συναφών φαινομένων, απαιτεί την ύπαρξη ενδιάμεσων μορφών που αφενός τεκμηριώνουν τις αρχαιότερες, απλούστερες μορφές και αφετέρου ρίχνουν φως στα βήματα που οδήγησαν στις νέες, πιο σύνθετες μορφές ζωής.



Archiornis

Το αρχείο απολιθωμάτων και η συγκριτική ανατομία προσφέρουν τέτοιες ενδείξεις.

Το πρόβλημα εντοπίζεται σε περιπτώσεις όπου η ανάπτυξη ενός νέου χαρακτηριστικού συνέβη τόσο γρήγορα που δεν «πρόλαβαν» να διατηρηθούν ενδιάμεσες μορφές από την αρχική κατάσταση.



Εάν οι ενδιάμεσες μορφές απορριφθούν ταχέως από την φυσική επιλογή, λιγοστεύουν οι πιθανότητες να εντοπίσουμε δείγματά τους...

Τα φτερά των εντόμων

- Το μονοπάτι που οδήγησε στη δημιουργία φτερών στα εξάποδα παραμένει ασαφές καθώς δεν υπάρχουν απολιθώματα ή άλλες ενδείξεις...
- Τα πρώτα έντομα εμφανίστηκαν στις αρχές της Δεβονίου (περίπου πριν από 409 εκ.χ.) και ήταν απτερυγωτά.
- Σύντομα έκαναν την εμφάνισή τους και τα πρώτα μέλη της ομοταξίας που έφεραν φτερά (περίπου 400 εκ.χ.)
- Στην προσπάθειά μας να καταλάβουμε πως προέκυψαν τα φτερά βασιζόμαστε σε δύο βασικές διαπιστώσεις:

- Τα πρώτα έντομα ζούσαν στο νερό και διέθεταν δύο ζεύγη ειδικών θωρακικών σχηματισμών εκ των οποίων το πρώτο μπορεί να αποτελούσε την αρχή των φτερών ενώ το δεύτερο κάλυπτε τα βράγχια



- Πολλά αρτίγονα έντομα φέρουν μικρά φτερά που δεν χρησιμεύουν στην πτήση αλλά τοποθετώντας τα κατάλληλα μπορούν να διευκολυνθούν στην κίνησή τους.



Έχουν διατυπωθεί δύο υποθέσεις για την προέλευση των φτερών στα έντομα

- Σύμφωνα με την πρώτη, οι θωρακικοί σχηματισμοί χρησίμευαν στην απορρόφηση ενέργειας από τον ήλιο (επιπλέον επιφάνεια). Η φυσική επιλογή ευνόησε την αύξηση του συγκεκριμένου χαρακτήρα ο οποίος δευτερογενώς απέκτησε άλλη λειτουργία (πτήση).
- Η δεύτερη υπόθεση υποστηρίζει ότι η τάση αύξησης των θωρακικών σχηματισμών δεν ενισχύθηκε ως θερμορυθμιστικός μηχανισμός αλλά προέκυψε σαν αποτέλεσμα της αυξημένης ανάγκης για αποτελεσματικότερη κίνηση.
- Οι δύο υποθέσεις δεν είναι ασύμβατες. Πιστεύεται ακόμη ότι τα φτερά μπορεί να έχουν προκύψει περισσότερες από μια φορές κατά τη διάρκεια της εξέλιξης.

Τα φτερά των πουλιών

Τα φτερά (ΠΡΟΣΟΧΗ, όχι οι πτέρυγες!) είναι μοναδικό χαρακτηριστικό των πτηνών.

Το αρχείο απολιθωμάτων σε αυτή την περίπτωση ήταν ιδιαίτερα αποκαλυπτικό. Ο *Archaeopteryx* (όψιμη Ιουρασική, 190 εκ.χ.) είναι ένα από τα αρχαιότερα πτηνά και αποτελεί τον κρίκο μεταξύ των πουλιών και των δεινοσαύρων που έφεραν φτερά.



Ο *Archaeopteryx* ήταν γνωστός από τον 19^ο αιώνα. Παρότι όμως από τα χρόνια του Huxley είχε προταθεί ότι οι δεινόσαυροι ήταν οι «πρόγονοι» των πτηνών, δεν είχαν βρεθεί τα κατάλληλα απολιθώματα.

Τις δεκαετίες του '90 και του 2000 όμως ανακαλύφθηκαν στην Κίνα (πετρώματα Yixian) 32 είδη δεινοσαύρων που έφεραν φτερά!

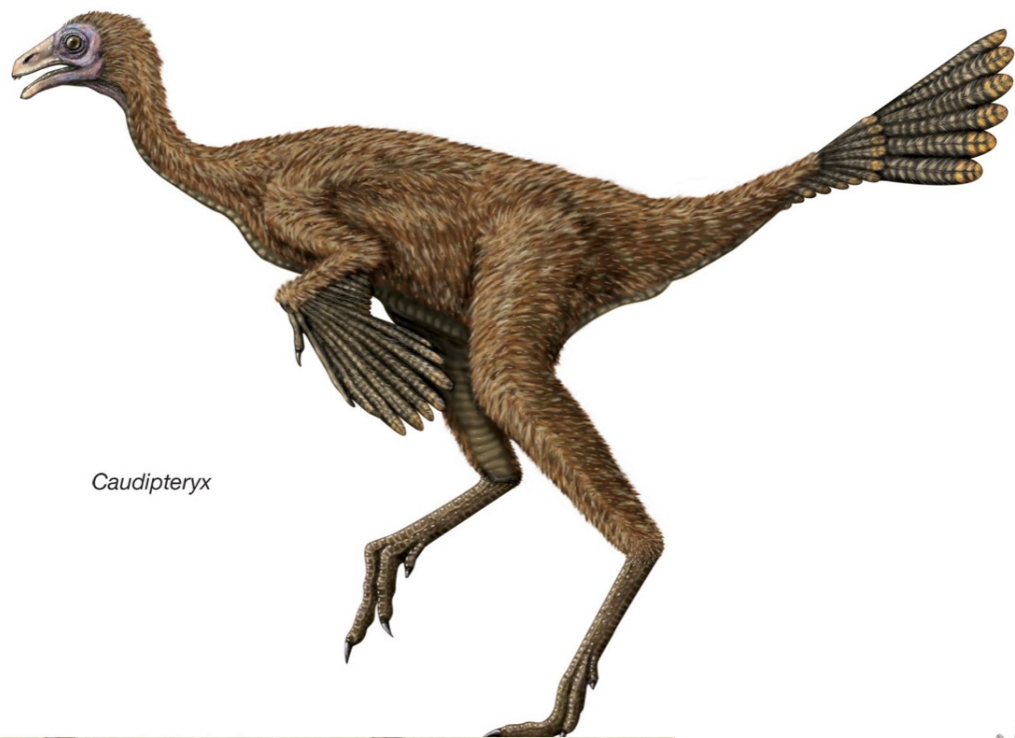
Έτσι τεκμηριώθηκε πέρα από κάθε αμφιβολία η προέλευση των πουλιών αλλά και των φτερών τους.



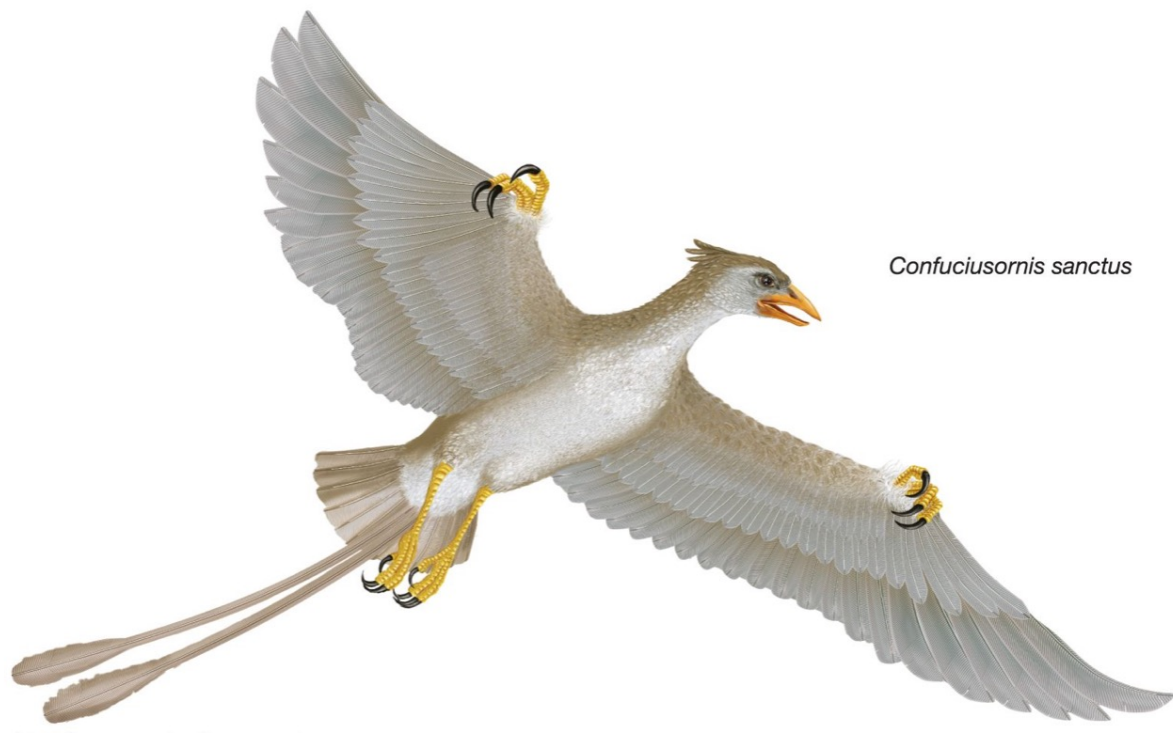
Sinornithosaurus millenii

- Οι νέες ανακαλύψεις μεταθέτουν τα χρονικά όρια.
- Το είδος *Aurornis xui* θεωρείται πλέον το αρχαιότερο είδος πτηνού με ηλικία 10 εκ. χρόνια μεγαλύτερη από εκείνη του αρχαιοπτέρυγα.





Caudipteryx



Confuciusornis sanctus

Τα φτερά έλκουν την καταγωγή τους από τις φολίδες των ερπετών. Στην αρχή ευνοήθηκαν διότι προσέφεραν πολύ αποτελεσματικότερη μόνωση. Στη συνέχεια υιοθετήθηκαν από μορφές δεινοσαύρων που έμοιαζαν πολύ στα σημερινά πτηνά (π.χ. μορφές ενδοθερμίας)

Εικάζεται ότι η εξέλιξη των ιδιαίτερων εκείνων σχηματισμών που απέκλιναν από τις φολίδες των ερπετών οδήγησε στην ανάπτυξη των φτερών και τελικά της πτήσης μέσα από τρεις διαδοχικές φάσεις.

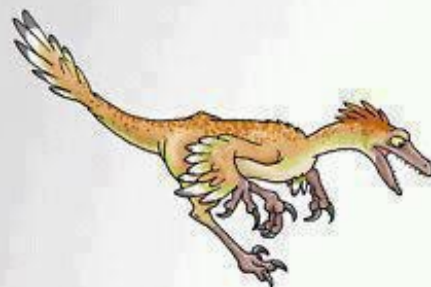


Στην πρώτη φάση αναπτύχθηκαν ειδικοί γαμψοειδείς σχηματισμοί στα πρόσθια άκρα που διευκόλυναν την αναρρίχηση στα δένδρα.

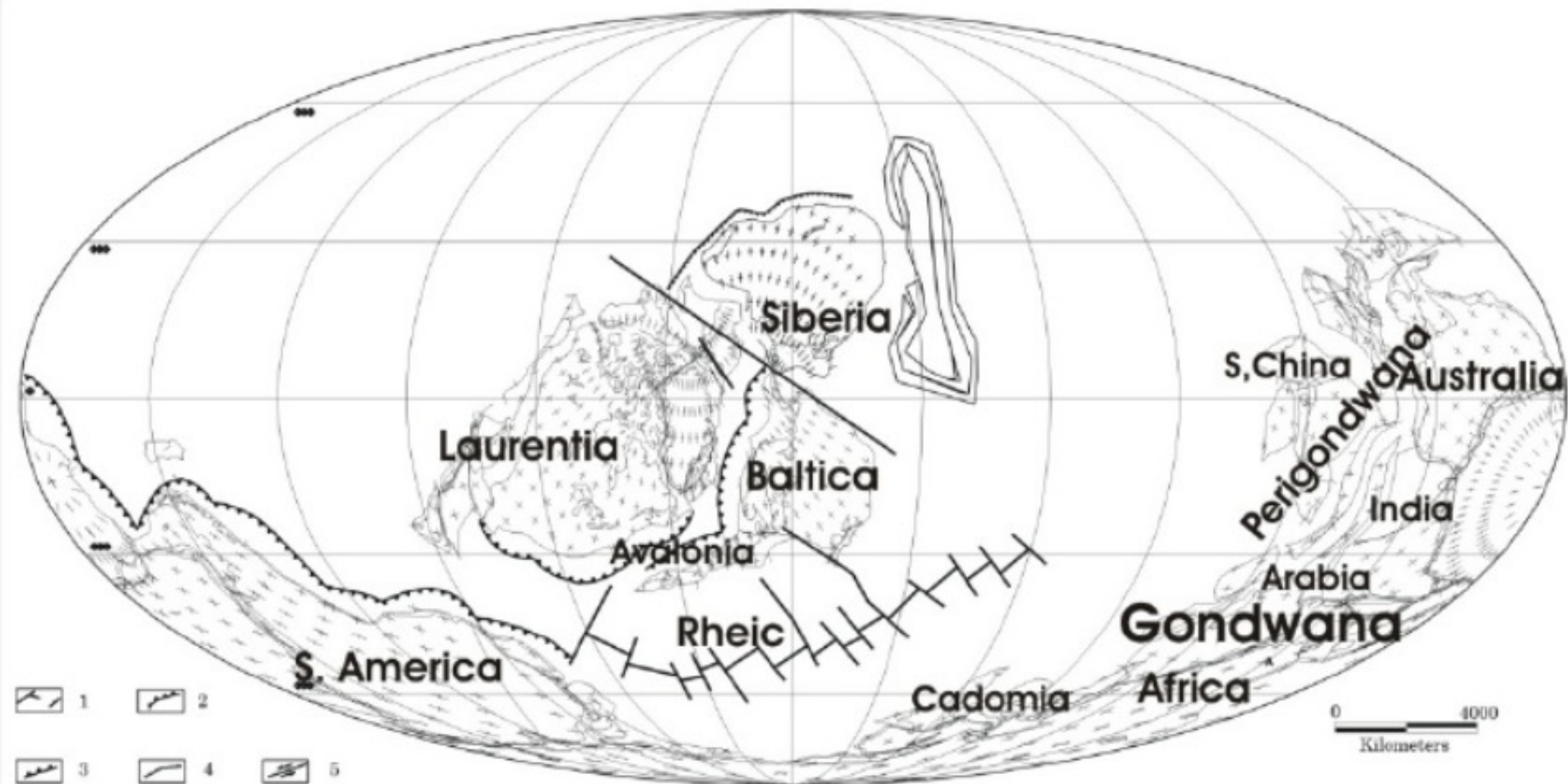
Σε δεύτερη φάση, πηδώντας από τα δένδρα, τα πουλιά μπορούσαν να εκτελούν ολισθαίνουσα πτήση

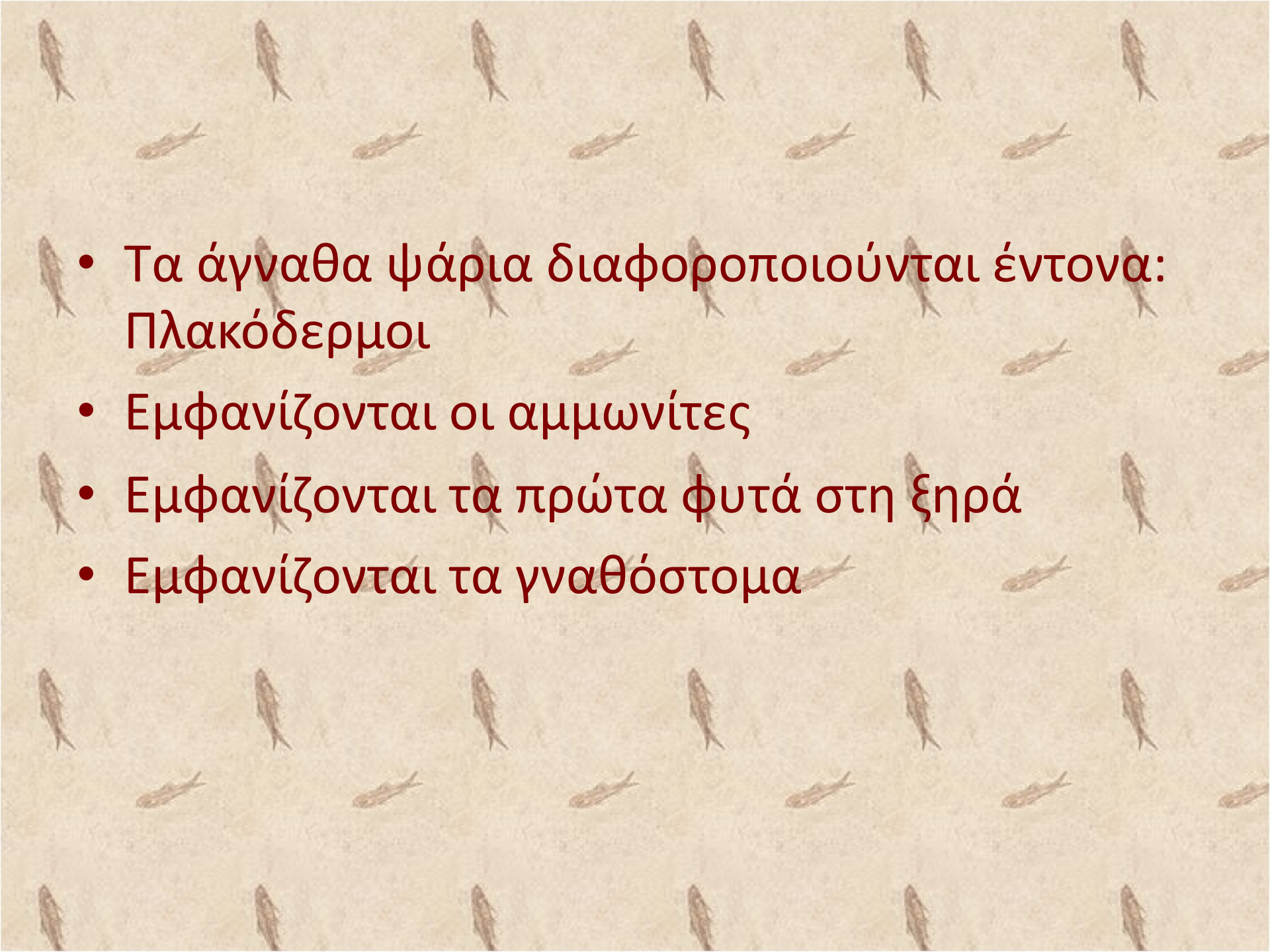


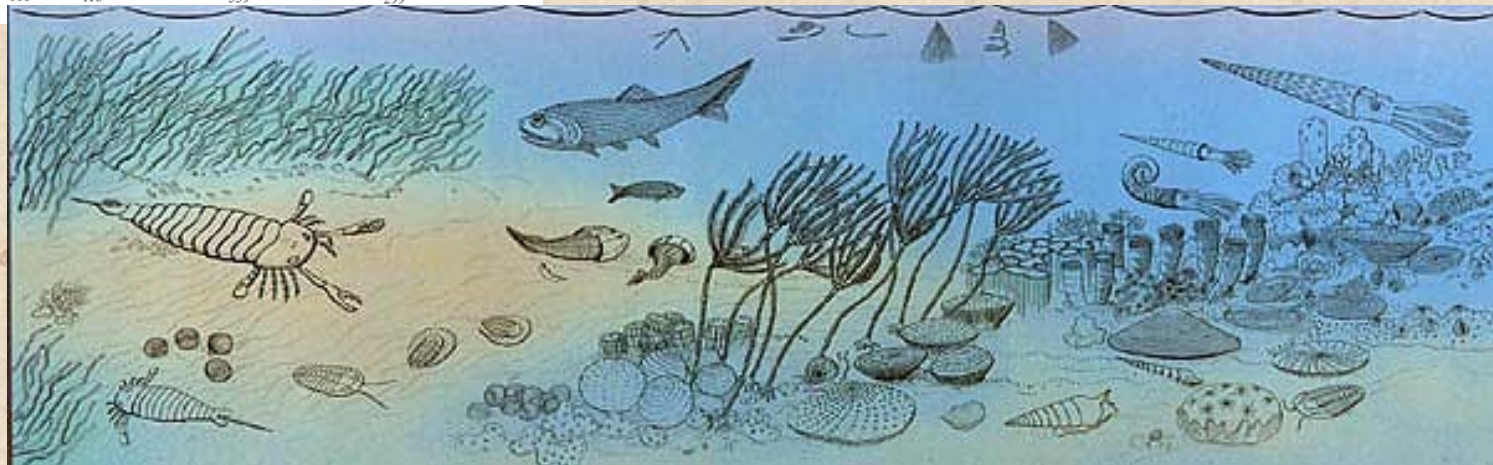
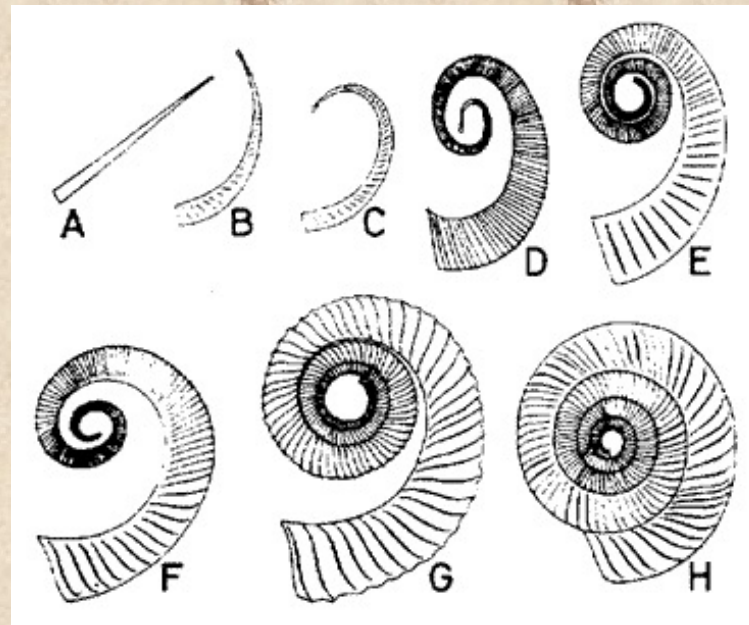
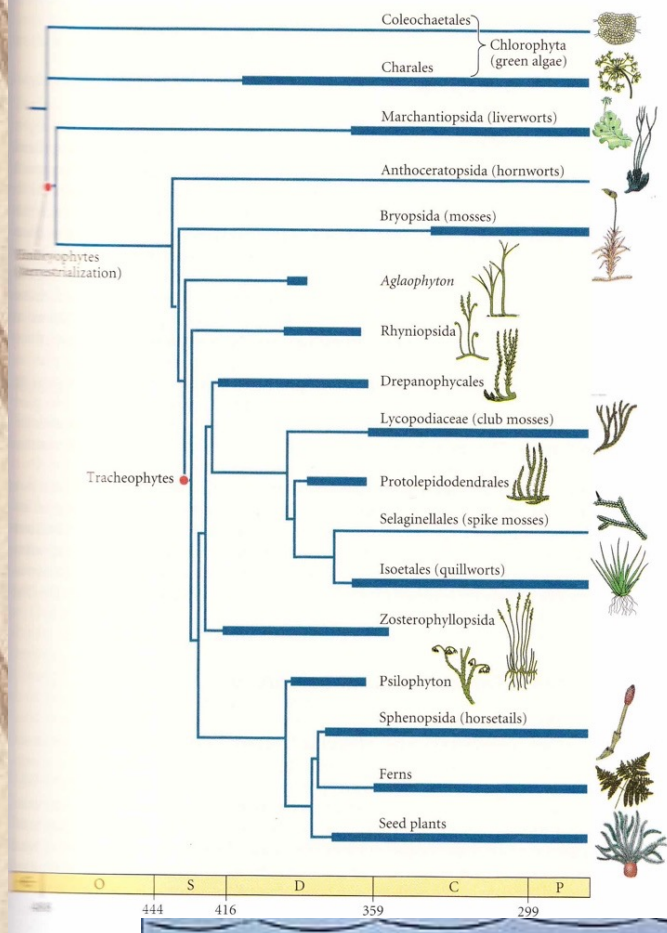
Αυτός ο τύπος μετακίνησης έδινε περισσότερες δυνατότητες κι έτσι, σταδιακά, τα μέλη μεγάλωσαν και η πτήση έγινε ενεργητική.



Παλαιοζωικός Αιώνας Σιλούριος (439 -409 εκ.χ.)



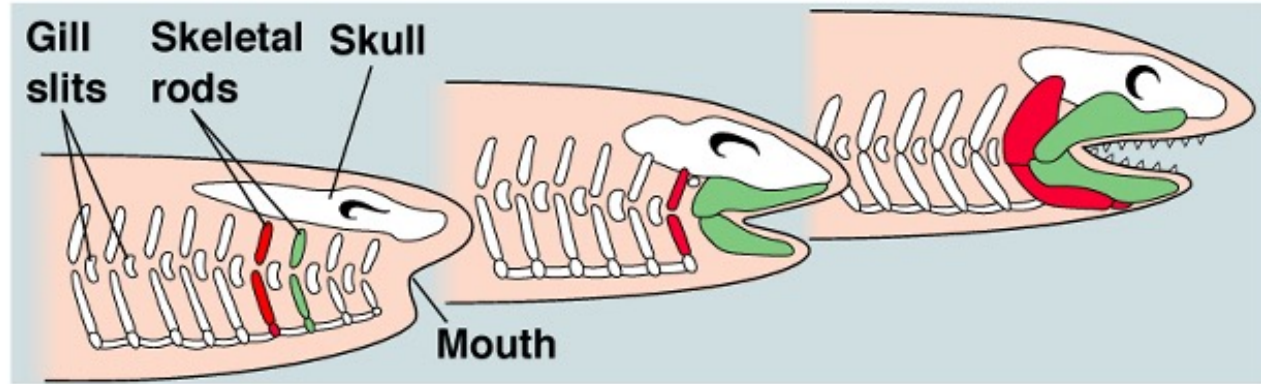
- 
- Τα άγναθα ψάρια διαφοροποιούνται έντονα:
Πλακόδερμοι
 - Εμφανίζονται οι αμμωνίτες
 - Εμφανίζονται τα πρώτα φυτά στη ξηρά
 - Εμφανίζονται τα γναθόστομα



Εμφάνιση γνάθων

Οι γνάθοι αποτελούν ένα βασικό γνώρισμα που άλλαξε την ιστορία των σπονδυλωτών

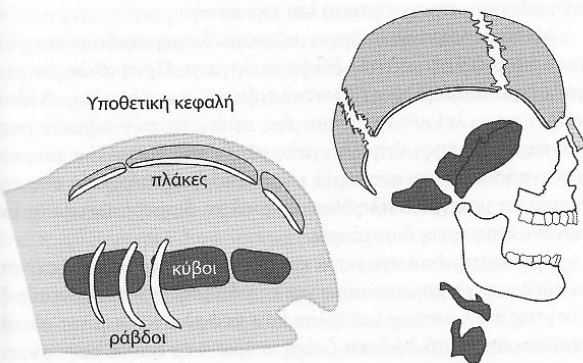
Μετατροπή των πρώτων βραγχιακών τόξων



©Addison Wesley Longman, Inc.

Κεφαλή ανθρώπου

Υποθετική κεφαλή



Πλάκες, κύβοι και ράβδοι: το θέμα βάσει του οποίου αναπτύσσονται τα κρανία. Η προέλευση κάθε οστού της κεφαλής ανάγεται σε μία από αυτές τις δομές.

Από τις φαρυγγικές σχισμές οδηγηθήκαμε, με κατάλληλη τροποποίηση των αορτικών τόξων, σταδιακά στην ανάπτυξη εσωτερικών βραγχίων και τελικά στις γνάθους.

Τρίδυμο και προσωπικό νεύρο: Πολύπλοκες διακλαδώσεις

- Από τα οστά της γνάθου προέκυψαν στην πορεία της εξέλιξης τα οστάρια του μέσου αυτιού των θηλαστικών
- Η προέλευση των γνάθων και των ζευγών εξαρτημάτων μπορεί να συνδέεται με διπλασιασμό τον Hox γονιδίων



Ποιά η σημασία των γνάθων;

- Αποτελεσματικότερη θήρευση
- Σύλληψη μεγαλύτερης λείας
- Καλύτερος χειρισμός της λείας
- Παροχή περισσότερης ενέργειας μέσω αυξημένου ρυθμού διατροφής
- Υψηλότερος μεταβολικός ρυθμός
- Ενεργειακά πλεονάσματα
- Πρώτο βήμα δημιουργίας φωνητική συσκευής

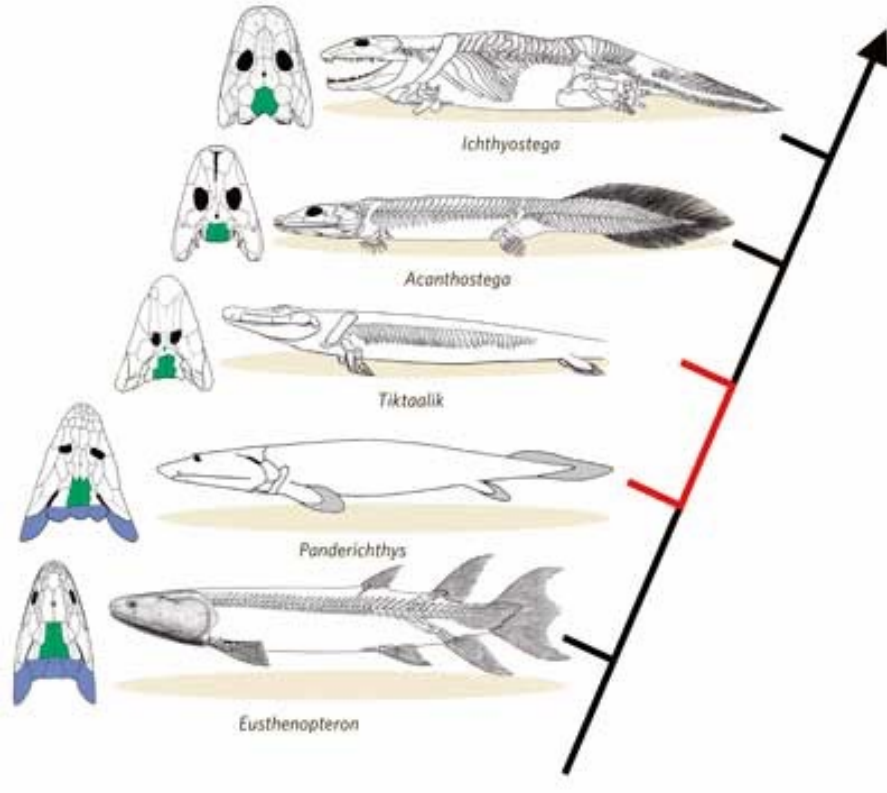
Παλαιοζωικός Αιώνας

Δεβόνιος (409-363 εκ.χ.)

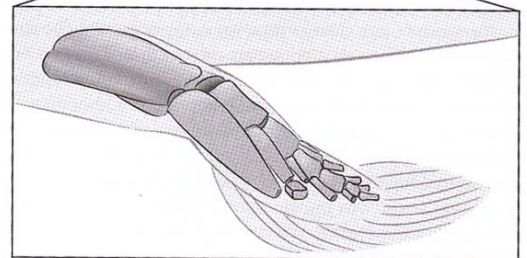
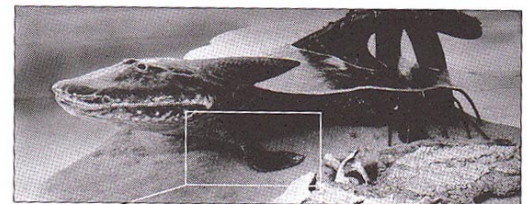
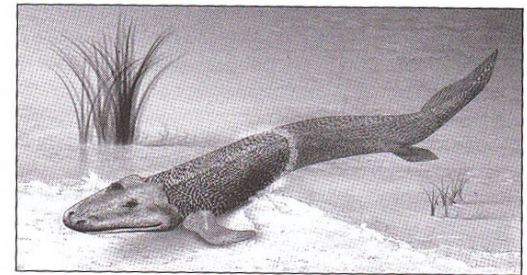
Late Devonian (~383–359 Ma)



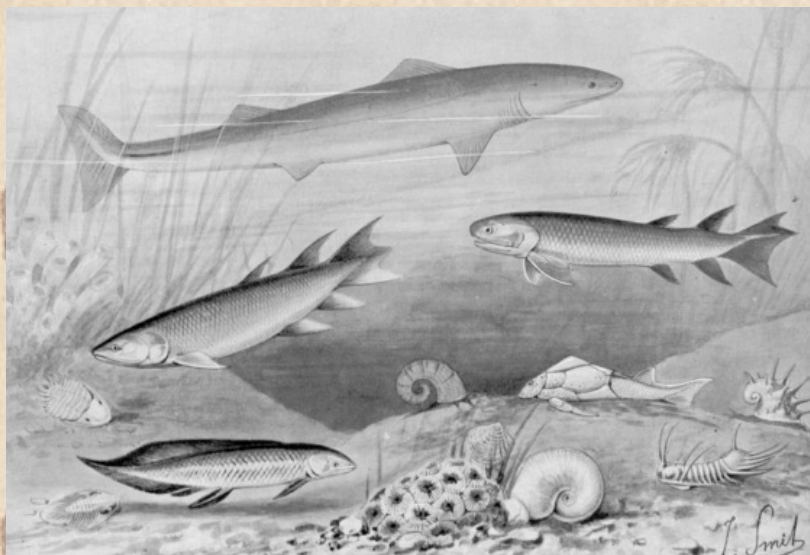
- Εμφανίζονται οι πρώτοι καρχαρίες και οι πρώτοι οστεϊχθύες. Αυτή η περίοδος αναφέρεται και ως η «εποχή των ψαριών».
- Ξεκινά η εποίκιση της ξηράς από τα Σπονδυλόζωα. «Αμφίβια» (λαβυρινθόδοντα) όπως η Ιχθυόστεγα διαθέτουν χαρακτήρες που τους επιτρέπουν την εκμετάλλευση του «νέου», «κενού» θώκου.
- Τα φυτά διαφοροποιούνται έντονα (Βρυόφυτα, Πτεριδόφυτα) και αποκτούν την ικανότητα να αναπαράγονται έξω από το νερό.



Tiktaalik roseae



Ένα μοντέλο του σώματος του *Tiktaalik* σε φυσική κλίμακα (πάνω και μέση) και μια απεικόνιση του πτερυγίου του (κάτω). Πρόκειται για πτερύγιο στο οποίο η ωμοπλάτη, ο αγκώνας και ένας πρωτόγονος καρπός μπορούσαν να εκτελούν μια μορφή κάμψης.



Το τέλος της εποχής των ψαριών - ιχθυόποδα

Late Devonian lobe-finned fish and amphibious tetrapods.

land

Tiktaalik

Ichthyostega

rivers,
swamps and
shallows

Panderichthys

Acanthostega

Eusthenopteron

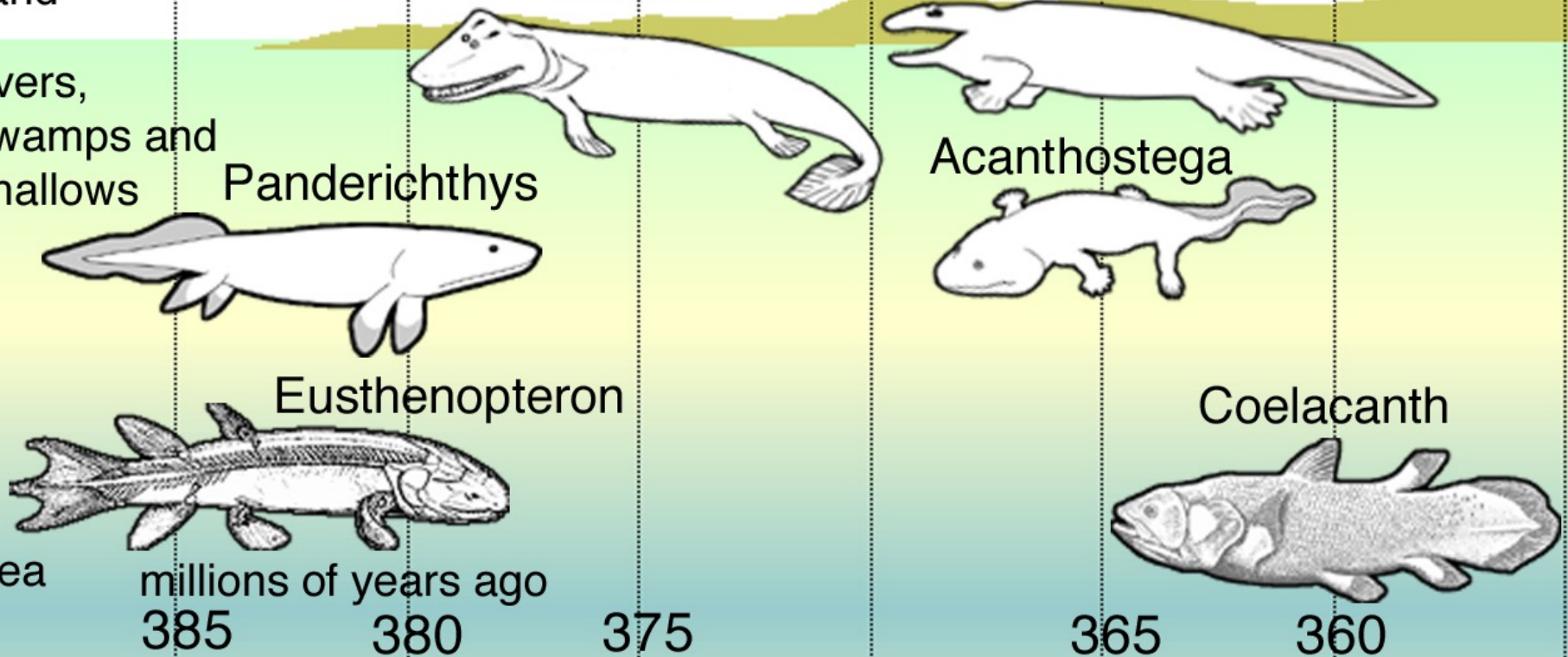
Coelacanth

sea

millions of years ago
385 380 375

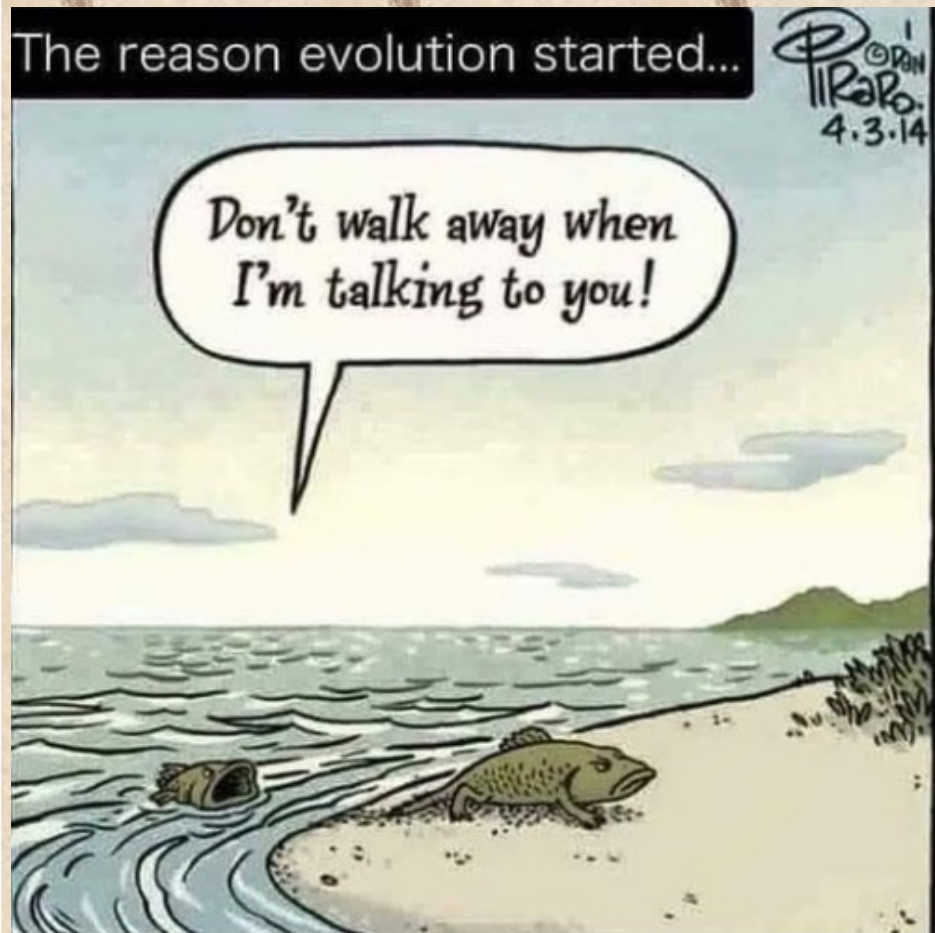
365

360



Οι χαμένοι κρίκοι βρίσκονται...

It's one of those things you can point to and say, 'I told you this would exist,' and there it is. (J.A. Clark)

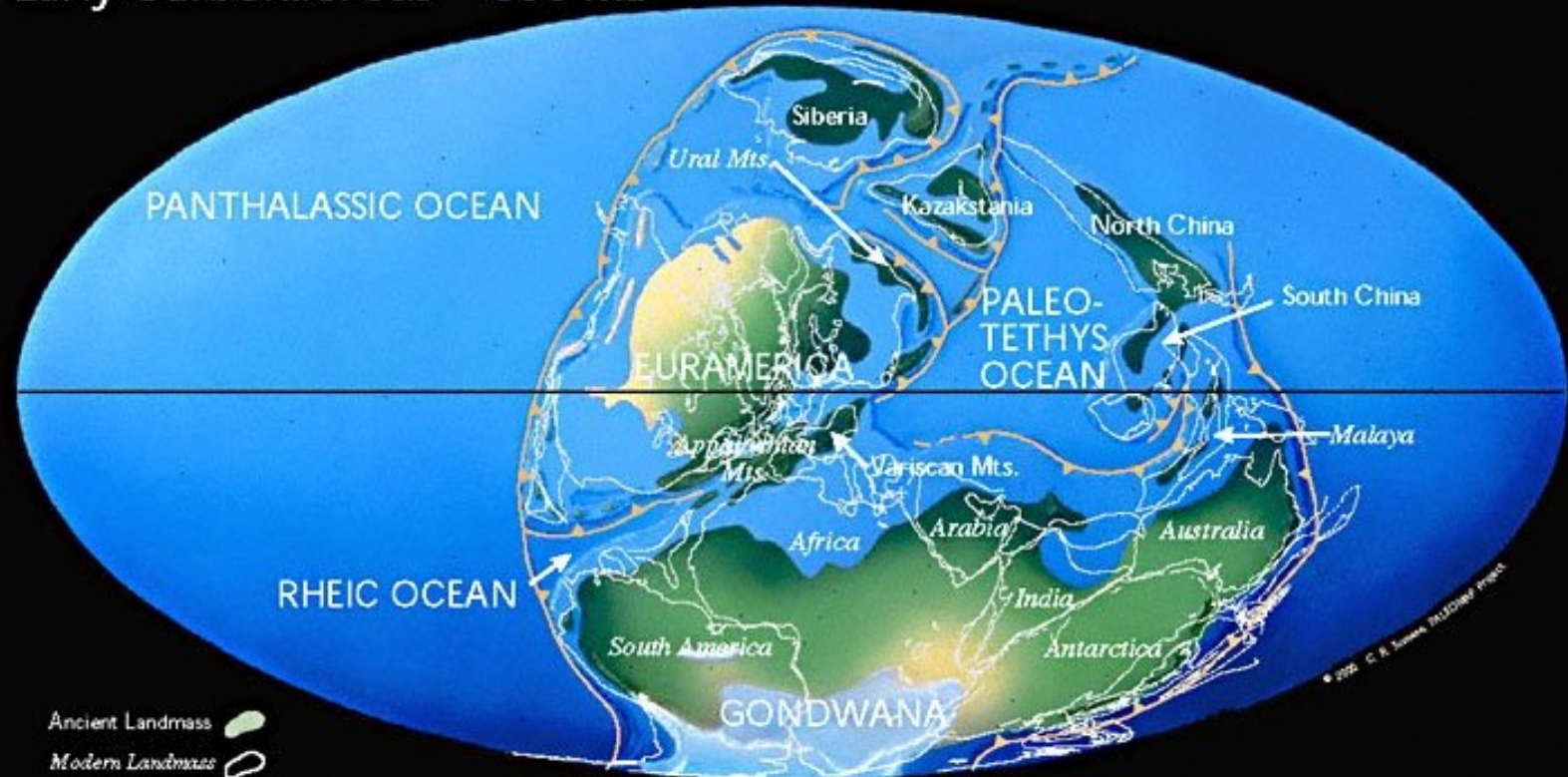


Chlamydoselachus anguineus



Παλαιοζωικός Αιώνας Λιθανθρακοφόρος (363-290 εκ.χ.)

Early Carboniferous 356 Ma



Ancient Landmass
Modern Landmass

Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)

Sea Floor Spreading Ridge

© 2000 C. R. Scotese, Paleogeographic Project

- Δημιουργία της Λαυρασίας και της Γκοντβάνας.
- Τα Κρινοειδή διαφοροποιούνται έντονα .
- Υπάρχουν μεγάλα ελώδη δάση με φυτά (Λυκοπόδια) που φτάνουν τα 50 μέτρα ύψος.
- Τα αμφίβια (που αποκτούν τα τυπικά χαρακτηριστικά τους) και τα έντομα επικρατούν σε αυτά τα δάση.
- Εμφανίζονται τα πρώτα ερπετά με αμνιωτικά αυγά.

Τα μεγαλύτερα αρθρόποδα στην ιστορία του πλανήτη

Arthropleura (2.6 μέτρα μήκος)



Copyright: Jörg Schneider (2007)
www.geology.cz/foto/14570

Meganeura (άνοιγμα φτερών
μέχρι 75 εκ.)



Αμνιωτικό αυγό

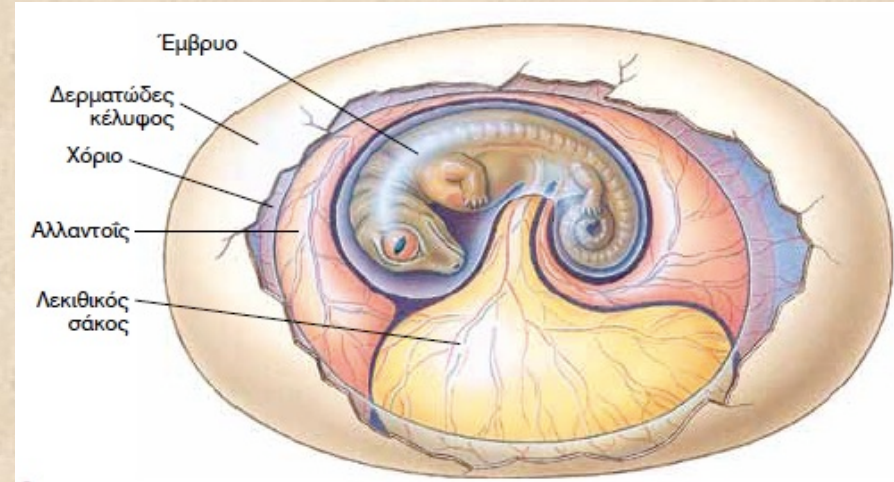
- Περιλαμβάνει 4 εξωεμβρυικές μεμβράνες:

Το **άμνιο**, που περικλείει το έμβρυο μέσα σε νερό παρέχοντας προστασία

Την **αλλαντοΐδα**, που χρησιμεύει ως θάλαμος για την αποθήκευση των απεκκριμάτων

Το **χόριο**, που έχει έντονη αγγείωση και μαζί με την αλ. αποτελούν το αναπνευστικό όργανο

Το **κέλυφος**, που παρέχει μηχανική υποστήριξη και επιτρέπει την δίοδο των αερίων ενώ περιορίζει την απώλεια νερού



Ο λεκιθικός σάκος φέρει θρεπτικά και έχει μεγαλύτερο μέγεθος από ότι στα αναμνιωτά. Στα θηλαστικά έχει τροποποιηθεί σε πλακούντα.

Το «αυγό της ξηράς»

- Αποτέλεσε το διαπιστεύτήριο για τον επιτυχή εποικισμό της χέρσου.
- Επίσης επέτρεψε την ανάπτυξη μεγαλύτερου και ταχύτερα αναπτυσσόμενου έμβριου
- Τα αναμνιωτικά αυγά περιβάλλονται από παχύ ζελατινώδες στρώμα που περιορίζει το μέγεθος και την είσοδο οξυγόνου.
- Στο αμνιωτικό αυγό η ζελατινώδης μάζα αντικαταστάθηκε από το κέλυφος που παρέχει αποτελεσματικότερη υποστήριξη και μεταφορά οξυγόνου. Επιπλέον το ασβέστιο που περιέχεται στο κέλυφος μπορεί να απορροφηθεί και να χρησιμοποιηθεί από το έμβρυο στην κατασκευή του σκελετού.
- Ο μεταβολικός ρυθμός αμνιωτικών εμβρύων είναι 3 φορές μεγαλύτερος από εκείνον των ισομεγέθων αναμνιωτικών .

Παλαιοζωικός Αιώνας Πέρμιος (290-250 εκ.χ.)

- Δημιουργία της Πανγαίας.
- Εμφανίζονται οι πρόγονοι των θηλαστικών. Τα θηλαστικά προέρχονται κατευθείαν από τα Πελυκοσαύρια.
- Από τα Πελυκοσαύρια, στο τέλος της Περμίου, προκύπτουν οι άμεσοι πρόγονοι των θηλαστικών, τα Θηραψίδια.

Τα Θηραψίδια ήταν σαρκοφάγα με διαφοροποιημένα δόντια , κρανίο που έμοιαζε με αυτό των θηλαστικών και ξεχωριστά ρινικά ανοίγματα.

