



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Εξέλιξη του Έμβριου κόσμου-

Παλαιοντολογία

Ενότητα 12: Εχινόδερμα-Χορδωτά

Δρ. Ηλιόπουλος Γεώργιος

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας

Σκοποί ενότητας

Σκοπός της ενότητας αυτής είναι:

- η εξοικείωση με την φυσιολογία των Εχινοδέρμων και των Χορδωτών, τα οποία συναντώνται ως απολιθώματα, ώστε αυτά να μπορούν να περιγραφούν επιστημονικά,
- η παράθεση της βασικής τους οικολογίας με σκοπό την αναπαράσταση του παλαιοπεριβάλλοντος των σχηματισμών στους οποίους βρίσκονται τα αντίστοιχα απολιθώματα
- και η αναφορά ιστορικών απολιθωμένων ευρημάτων



Περιεχόμενα ενότητας

Εχινόδερμα-Ταξινόμηση-Εχινοειδή-Κανονικοί αχινοί-Η κάψα-Μορφολογικά χαρακτηριστικά κάψας-Στοματική επιφάνεια-Λύχνος του Αριστοτέλη-Μαλακά μέρη- Ανατομία αχινού-Άκανθες-Προσανατολισμός-Αρίθμηση- Ακανόνιστοι αχινοί-Προασαντολισμός και αρίθμηση- Αστερόζωα-Κρινοειδή-Βλαστοειδή-Χορδωτά- Ημιχορδωτά-Γραπτόλιθοι- Άγναθα-Κωνόδοντα- Γναθόστομα-Ακανθόδιοι- Πλακόδερμα-Χονδριχθύες-Οστεϊχθύες- Ακτινοπτερύγιοι-Σαρκοπτερύγιοι-Κροσσοπτερύγιοι- Τελεόστεοι-Τι κοιτάμε στα ψάρια-Σκελετικό σύστημα τελεόστεων.



ΕΧΙΝΟΔΕΡΜΑ



ΕΧΙΝΟΔΕΡΜΑ 1

- Εξάπλωση: Κάμβριο – Σήμερα
- Διαφορετικά σχεδόν από κάθε άλλη ομάδα ασπόνδυλων.
- Χαρακτηρίζονται από εσωτερικό μεσοδερματικό σκελετό από πορώδεις ασβεστιτικές πλάκες, συνήθως με άκανθες και καλύπτονται εξωτερικά από λεπτό πρωτοπλασμικό δέρμα.
- Οι σκελετοί τους συχνά έχουν πεντακτινωτή (ή πενταμερή) συμμετρία. Σε κάποιες απολιθωμένες μορφές αυτό δεν ισχύει και σε κάποιους σύγχρονους και απολιθωμένους αχινούς η αμφίπλευρη συμμετρία υπερισχύει του ακτινωτού σχεδίου.



ΕΧΙΝΟΔΕΡΜΑ 2

- Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη του υδροφορικού συστήματος, μιας εσωτερικής συσκευής από σωλήνες και κύστες που περιέχουν υγρό.
- Αυτό προβάλλει έξω με προεξοχές τους βαδιστικούς ποδίσκους, που χρησιμοποιούνται για μετακίνηση, αναπνοή και διατροφή.
- Εξαιτίας του ασβεστιτικού σκελετού είναι άφθονα ως απολιθώματα.
- Είναι εξ ολοκλήρου θαλάσσια ζώα και αντέχουν μόνο σε κανονικές αλατότητες.
- Μεγαλύτερη ανάπτυξη σε επίπεδο ομοταξίας το Ορδοβίσιο ενώ σε επίπεδο γένους στο Λιθανθρακοφόρο



Ταξινόμηση 1

- Υποφύλλο Ελευθερόζωα:
 - Ομοταξία 1. Εχινοειδή (Ορδοβίσιο - Σήμερα)
 - Ομοταξία 2. Ολοθουροειδή (Ορδοβίσιο - Σήμερα)
 - Ομοταξία 3. Εδριοαστεροειδή (Κ. Κάμβριο - Λιθανθρακοφόρο)Πολλές άλλες εξαφανισμένες ομοταξίες
- Υποφύλλο Αστερόζωα:
 - Ομοταξία 1. Αστεροειδή (Ορδοβίσιο - Σήμερα)
 - Ομοταξία 2. Οφιουροειδή (Ορδοβίσιο - Σήμερα)
 - Ομοταξία 3. Σομαστεροειδή (Ορδοβίσιο - Σήμερα)



Ταξινόμηση 2

- Υποφύλλο Πεлмаτόζωα:
Ομοταξία Κρινοειδή (Μ. Κάμβριο - Σήμερα)
Ομοταξίες Διπλοπόριτα και Ρομβίφερα
(? Κάμβριο - Δεβόνιο): εξαφανισμένα
Ομοταξία Κυστοειδή (? Κάμβριο - Δεβόνιο):
εξαφανισμένα
Ομοταξία Βλαστοειδή (Σιλούριο - Πέρμιο):
εξαφανισμένα
Ομοταξία Ηωκρινοειδή (Κ. Κάμβριο - Σιλούριο)
- Υποφύλλο Ομαλόζωα (Ορδοβίσιο): Σπάνιοι οργανισμοί
χωρίς επίπεδα συμμετρίας.



Εχινοειδή (Ορδοβίσιο - Σήμερα)

- Ο σκελετός των εχινοειδών ονομάζεται **κάψα**
- Σφαιρική, δισκοειδής, καρδιόσχημη
- Αποτελείται από πολλές στενά συρραμμένες πλάκες που καλύπτονται από δέρμα, άρα ενδοσκελετός.
- Εξωτερικά, άκανθες για προστασία, μετακίνηση, και σκάψιμο.
- Βενθονικά, επιβιόντα και ενδοβιόντα, σε ρηχά θαλάσσια περιβάλλοντα.



Κανονικοί αχινοί

- Στην πάνω (**αντιστοματική**), επιφάνεια υπάρχει ένας κεντρικός αντιστοματικός δίσκος (**αντιστοματικό σύστημα**), ένα διπλό δακτυλίδι από πλάκες που περικλείουν μια κεντρική τρύπα γύρω από την έδρα, την **περίπρωκτο**.
- Ο αντιστοματικός δίσκος σχηματίζεται από:
 1. Τις μεγαλύτερες **γενετικές πλάκες**
 2. Τις μικρότερες **μεσογενετικές πλάκες** έξω από το δακτύλιο των γενετικών.
- Η καθεμιά τους φέρει οπή.
- Οι γενετικές οπές είναι οι έξοδοι των γονάδων ενώ οι μεσογενετικές ανήκουν στο υδροφορικό σύστημα.
- Μία γενετική πλάκα (**η μητροπόρος**) είναι μεγαλύτερη από τις άλλες και έχει μικρές διατρήσεις που οδηγούν στο υδροφορικό σύστημα.
- Η έδρα βρίσκεται στο κέντρο ενός αριθμού μικροσκοπικών πλακών που προσαρτούνται σε μια εύκαμπτη μεμβράνη που σχηματίζουν την περίπρωκτο.

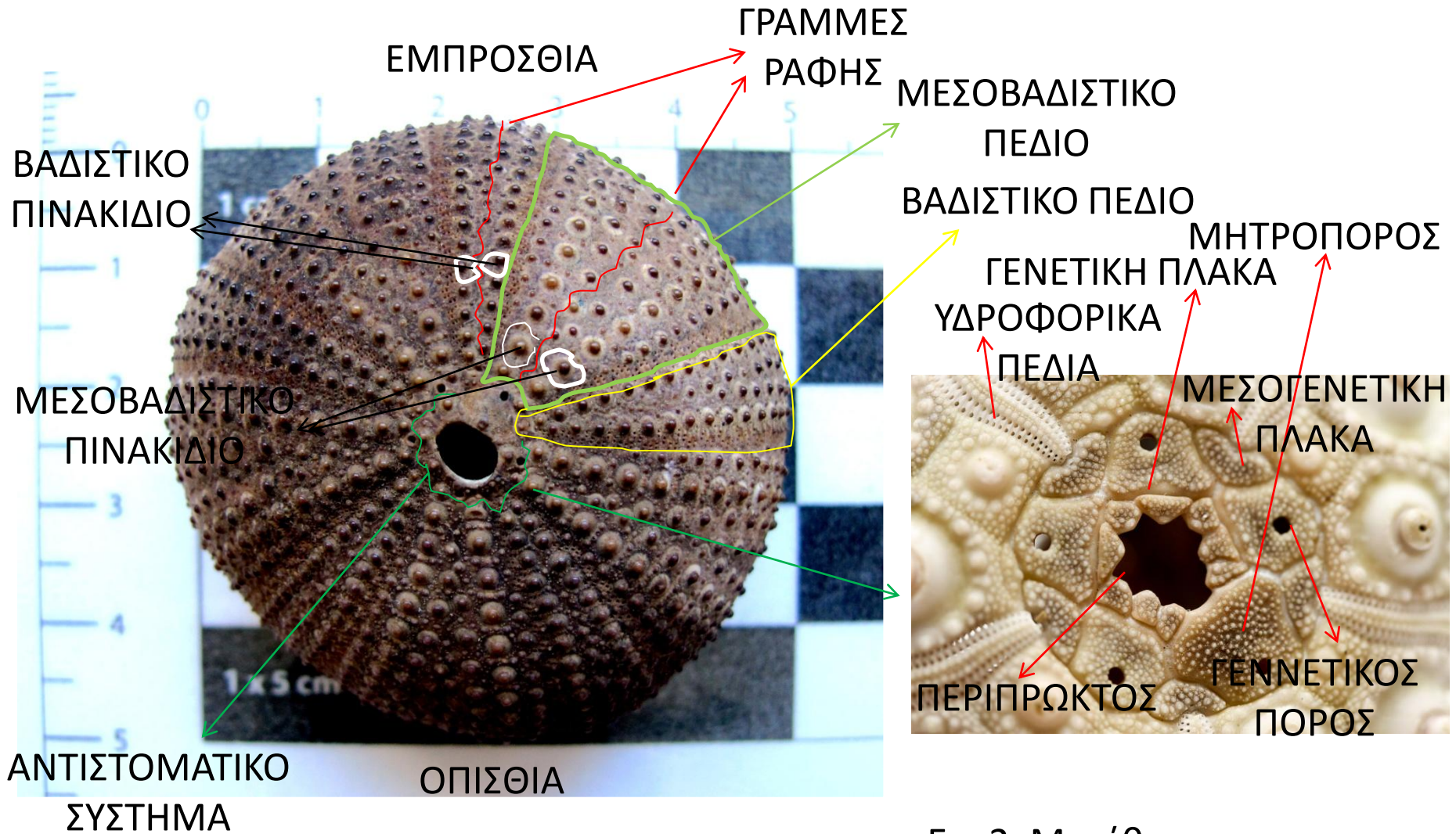


Η κάψα

- Χωρίζεται σε 10 ακτινωτά τμήματα που αναπτύσσονται από τον αντιστοματικό δίσκο μέχρι το **περιστόμιο** που περικλείει το στόμα στην κάτω (**στοματική**) πλευρά.
- Τα πέντε στενότερα είναι τα **βαδιστικά πινακίδια** που ενώνονται με τις μεσογεννητικές πλάκες, ενώ τα πλατύτερα **μεσοβαδιστικά πινακίδια** σταματούν στις γενετικές πλάκες.
- Και τα δύο αποτελούνται από διπλές στήλες επιμηκυσμένων πλακών που ενώνονται με μία κεντρική γραμμή ραφής.
- Τα μεσοβαδιστικά πινακίδια είναι μεγάλα και φυματοειδή, χωρίς διατρήσεις, ενώ τα βαδιστικά έχουν τρεις σειρές **ζευγάρια οπών** στο εξωτερικό τμήμα του πλακιδίου.
- Αυτές οι οπές είναι τα μέρη όπου βγαίνουν οι ποδίσκοι από την κάψα και επικοινωνούν με το υδροφορικό σύστημα. Το σύνολο των οπών σε κάθε βαδιστικό τμήμα ονομάζονται υδροφορικά πεδία.



Μορφολογικά χαρακτηριστικά κάψας



Εικ.1: Κάψα κανονικού αχινού

Εικ.2: Μεγέθυνση αντιστοματικού συστήματος

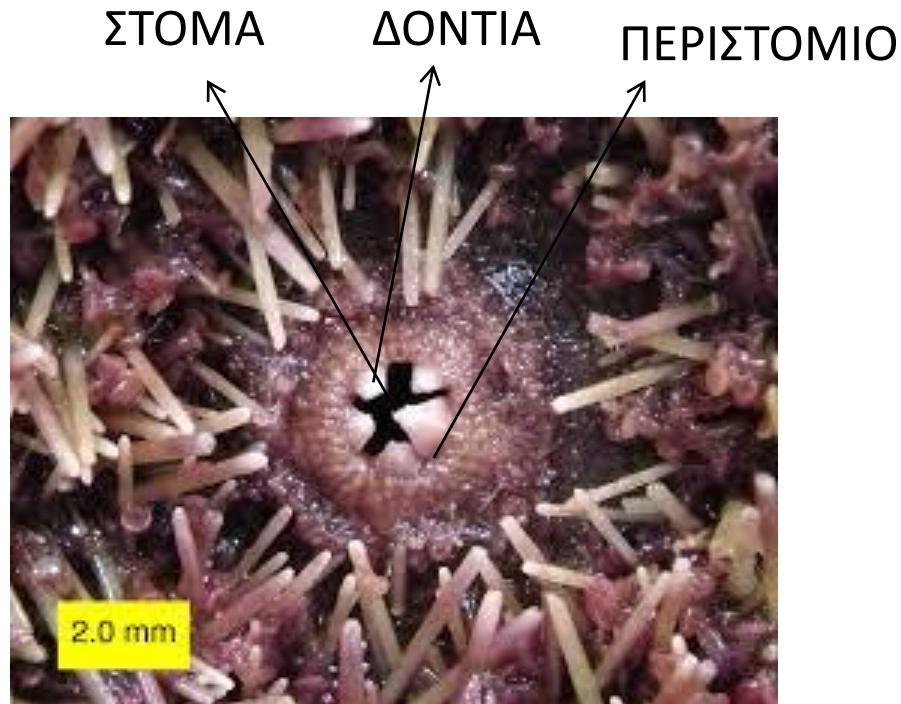


Στοματική επιφάνεια

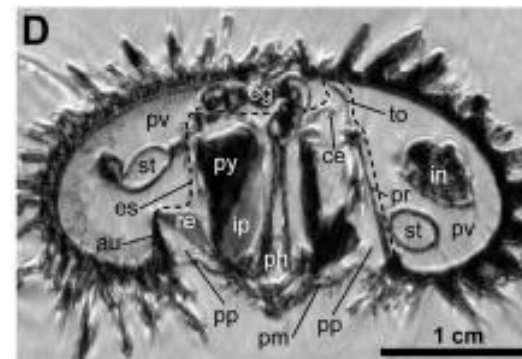
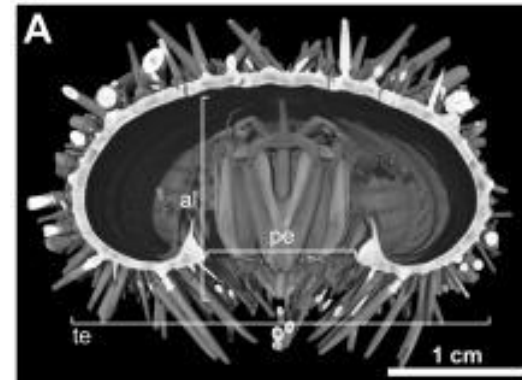
- Το περιστόμιο είναι η περιοχή γύρω από το στόμα, που καλύπτεται από μία εύκαμπτη μεμβράνη που καλύπτεται από πλάκες και περιέχει το στόμα κεντρικά.
- Στα απολιθώματα η μεμβράνη συνήθως λείπει, αφήνοντας μία μεγάλη κοιλότητα.
- Πέντε ζευγάρια εγκοπών βραγχίων βρίσκονται στην άκρη του περιστομίου (σε μεσοβαδιστικά πινακίδια).
- Η περιγναθική ζώνη με μύες και συνδέσμους συγκρατεί την μασητική συσκευή των εχινοειδών, τον **λύχνο του Αριστοτέλη**, που αποτελείται από 5 σιαγόνες που περιέχουν (η καθεμία) ασβεστιτικά δόντια.
- Τα δόντια αποξάνουν οργανική ύλη από τον πυθμένα και την στέλνουν στο στομάχι.



Λύχνος του Αριστοτέλη



Εικ.3: Λύχνος του Αριστοτέλη σε αρτίγανο αχινό.



Εικ.4: Εγκάρσια απεικόνιση της λύχνου του Αριστοτέλη σε τρισδιάστατο μοντέλο.

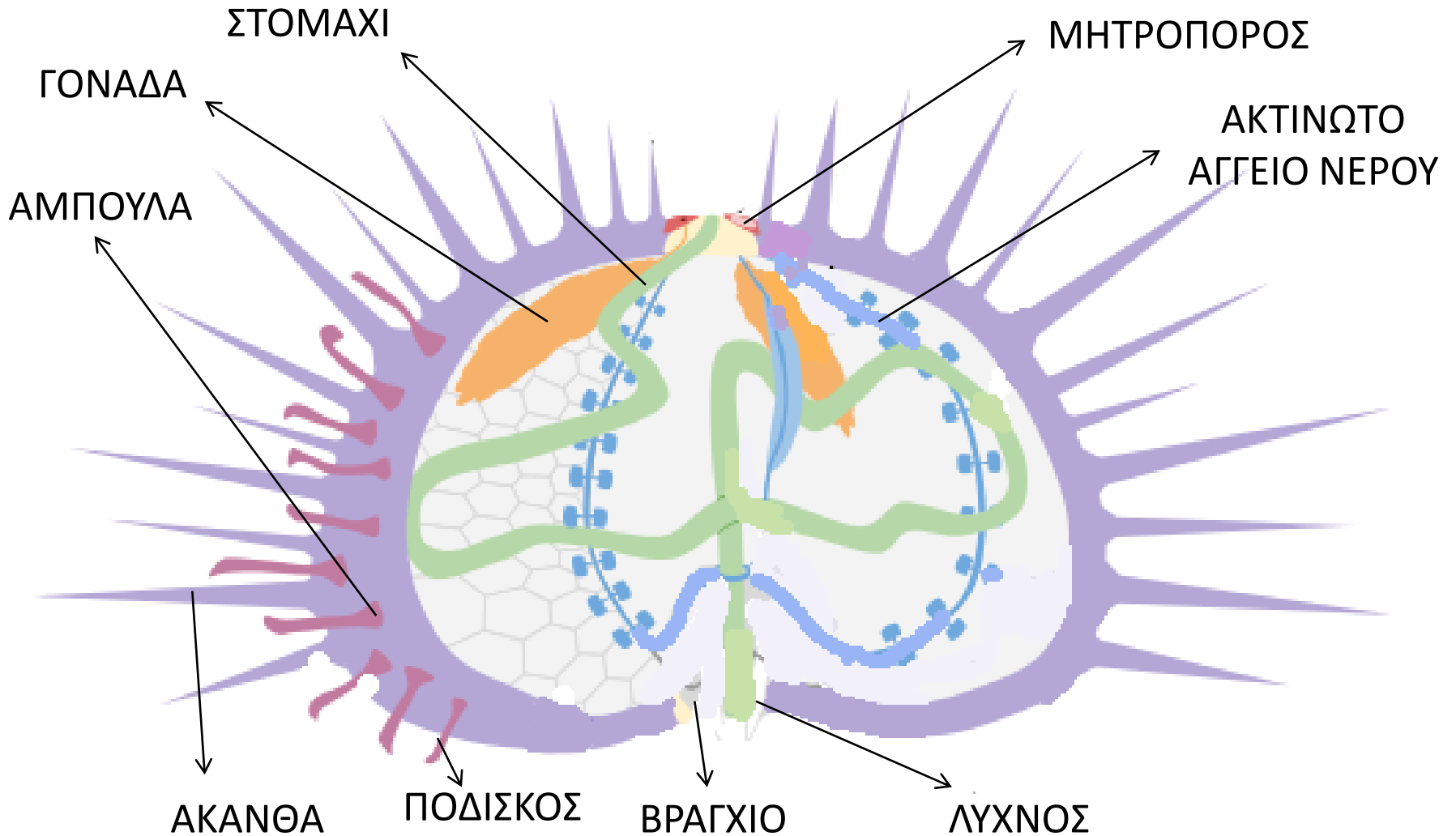


Μαλακά μέρη

- Μέσα στην κάψα υπάρχει ένα λεπτό στρώμα πρωτοπλάσματος.
- Το στομάχι ένας απλός σωλήνας που ελίσσεται σπειροειδώς γύρω από το εσωτερικό τοίχωμα από το στόμα προς την έδρα.
- Σε μεγάλο βαθμό ο χώρος της κάψας είναι άδειος.
- Το υδροφορικό σύστημα μοναδικό σε όλο το ζωικό βασίλειο
- Μοναδική έξοδος του η μητροπόρος



Ανατομία αχινού

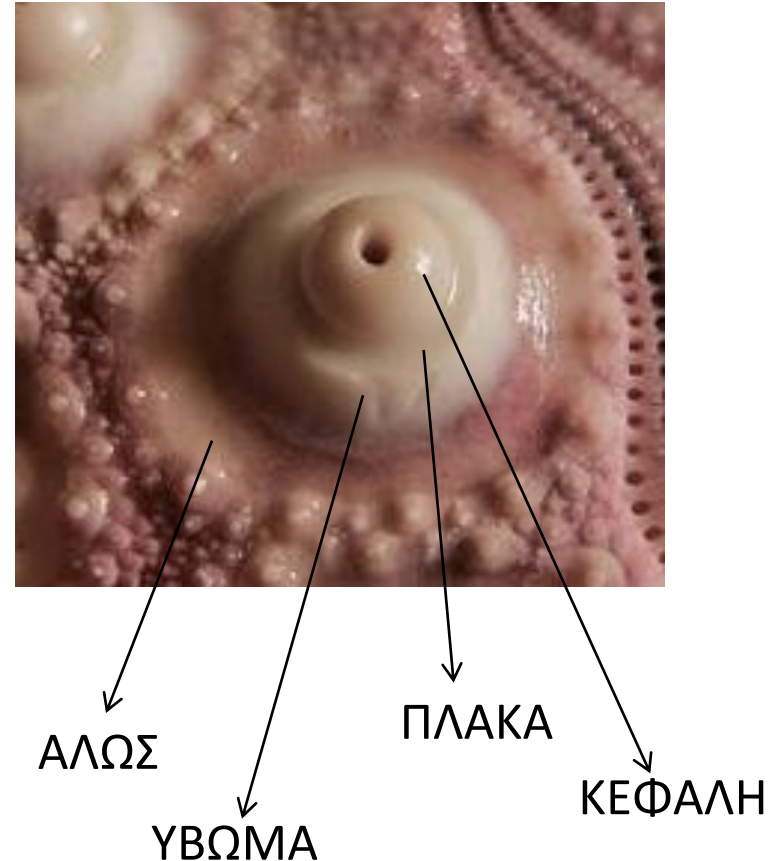


Εικ.5:Βασικά ανατομικά χαρακτηριστικά των αχινών



Άκανθες 1

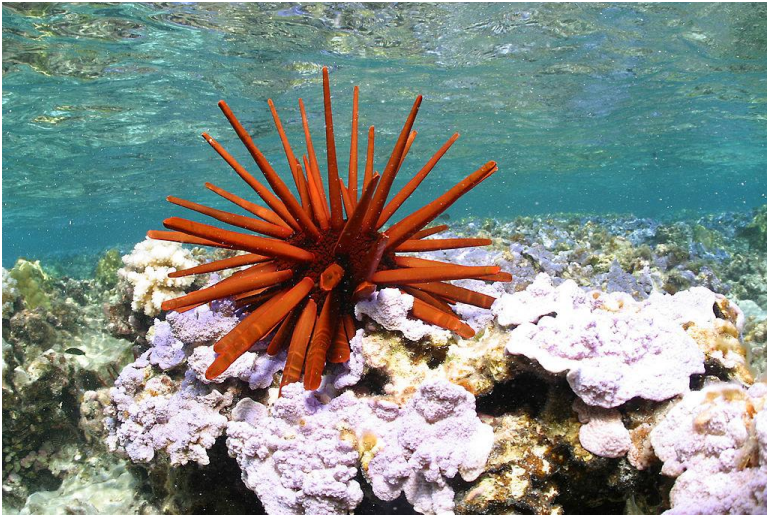
- Τα μεσοβαδιστικά πινακίδια καλύπτονται από **φύματα**
- Εν ζωή σε αυτά προσαρμόζονται κινητές άκανθες που συγκρατούνται από **μύες**.
- Πολύ σπάνια διατηρούνται στην θέση τους
- Το φύμα αποτελείται από μία ρηχή προεξοχή, το **ύβωμα**, που συνεχίζει με μία επίπεδη περιοχή, την **πλάκα**, η οποία καταλήγει σε ένα έπαρμα, την **κεφαλή**, και όλα μαζί περιτριγυρίζονται από μία αύλακα, την **άλω**.



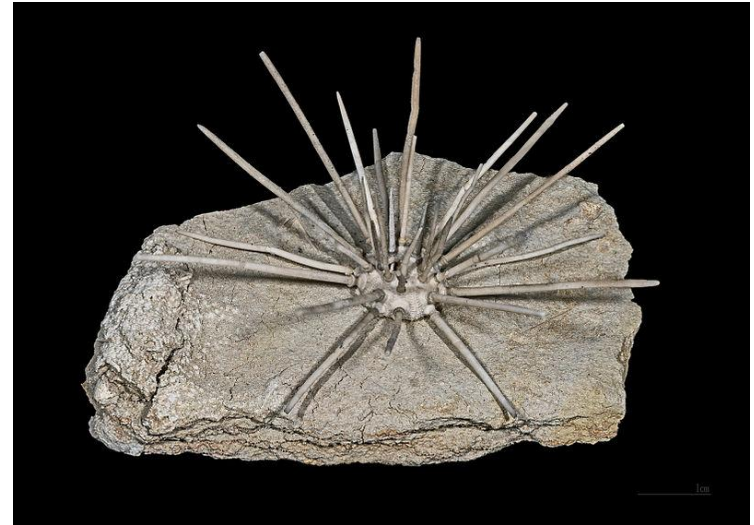
Εικ.6:Φύμα αχινού σε μεγέθυνση.



Άκανθες 2



Εικ.7: Αχινός με χαρακτηριστικές
άκανθες



Εικ.8: Απολιθωμένος αχινός με
ακόμα στερεωμένα αγκάθια



Προσανατολισμός

- Απεικόνιση με βάση συμβατικό προσανατολισμό
- Η μητροπόρος πάντα απεικονίζεται στο δεξιό εμπρόσθιο τμήμα και μαζί με το συνδεδεμένο μεσοβαδιστικό πεδίο αριθμούνται ως 2.
- Η αρίθμηση γίνεται αριστερόστροφα έτσι ώστε το μεσοβαδιστικό πεδίο (και γενετική πλάκα) 5 να είναι το οπίσθιο.
- Λατινικοί αριθμοί χρησιμοποιούνται ομοίως για τα βαδιστικά πεδία και τις μεσογεννετικές πλάκες ξεκινώντας από τα δεξιά των μεσοβαδιστικών. Το III υποδεικνύει το εμπρόσθιο.
- Το ίδιο σύστημα ακολουθείται και στους ακανόνιστους.

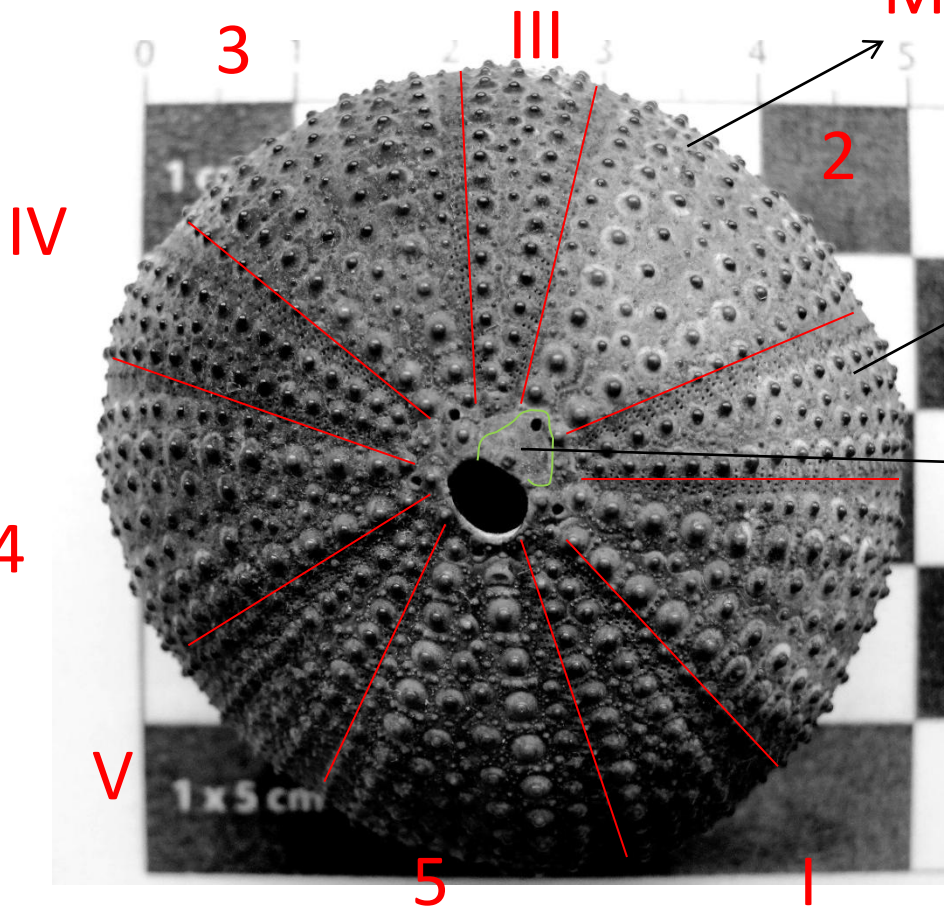


ΑΡΙΘΜΗΣΗ & ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

ΑΝΤΙΣΤΟΜΑΤΙΚΗ
ΟΨΗ

ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ

ΜΕΣΟΒΑΔΙΣΤΙΚΟ
ΠΕΔΙΟ



ΒΑΔΙΣΤΙΚΟ
ΠΕΔΙΟ

II

ΜΗΤΡΟΠΟΡΟΣ

1

ΟΠΙΣΘΙΑ

Εικ.9: Προσανατολισμός κανονικού αχινού



Ακανόνιστοι αχινοί

- Αμφίπλευρη συμμετρία
- Η κάψα καλύπτεται από κοντές άκανθες
- Στην αντιστοματική πλευρά υπάρχει επιμηκυσμένος κορυφαίος δίσκος από όπου η περίπρωκτος απουσιάζει, και η οποία βρίσκεται είτε στην οπίσθια πλευρά της κάψας είτε στην οπίσθια πλευρά της στοματικής πλευράς.
- Το μοναδικό ανόμοιο βαδιστικό πεδίο, αποτελεί το εμπρόσθιο τμήμα (δηλαδή το III).
- Τα αλλά βαδιστικά πεδία σχηματίζουν ζευγάρια (II + IV, I + V).
- Τα υδροφορικά πεδία αναπτύσσονται μόνο στην αντιστοματική πλευρά και σχηματίζουν «πέταλα». Ενώ οι πλάκες των βαδιστικών πεδίων συνεχίζουν προς την στοματική πλευρά.
- Δεν υπάρχει λίχνος

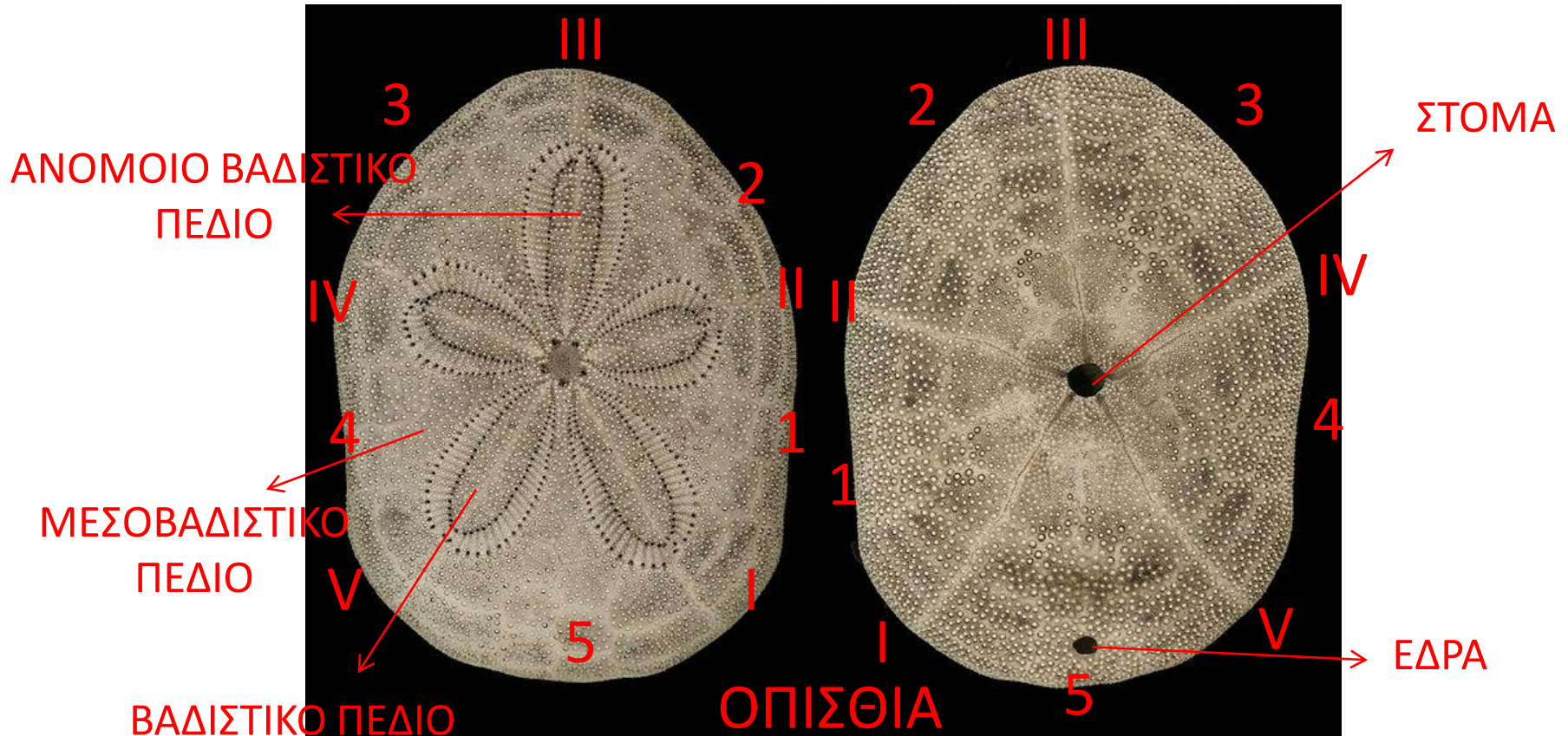


ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ & ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΩΝ ΑΧΙΝΩΝ

ΑΝΤΙΣΤΟΜΑΤΙΚΗ
ΟΨΗ

ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ

ΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΟΨΗ



Εικ.10: Προσανατολισμός ακανόνιστου αχινού (*Clypeaster reticulatus*)



Αστερόζωα

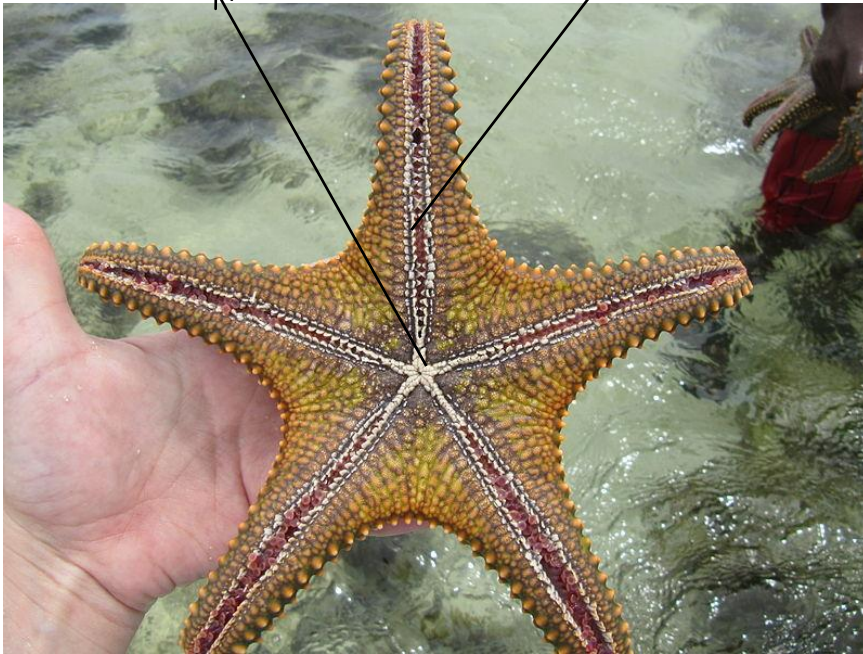
- Είναι σχετικά σπάνια ως απολιθώματα καθώς σπάνε και διασκορπίζονται πολύ εύκολα μετά θάνατον.
- Σε όλα τα αστερόζωα το κεντρικό τμήμα του σώματος (ο δίσκος) προεκτείνεται σε 5 ή περισσότερους βραχίονες. Το στόμα προς τα κάτω και η έδρα αντιστοματική.
- Το υδροφορικό τους σύστημα μοιάζει με των κρινοειδών και είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που δείχνει την σχέση τους με τα κρινοειδή και όχι με τα εχινοειδή.



Αστερίες & Οφίουροι

ΣΤΟΜΑ

ΒΑΔΙΣΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ



Εικ.11: Αστερίας

ΒΡΑΓΧΙΟΝΑΣ

ΣΩΜΑ

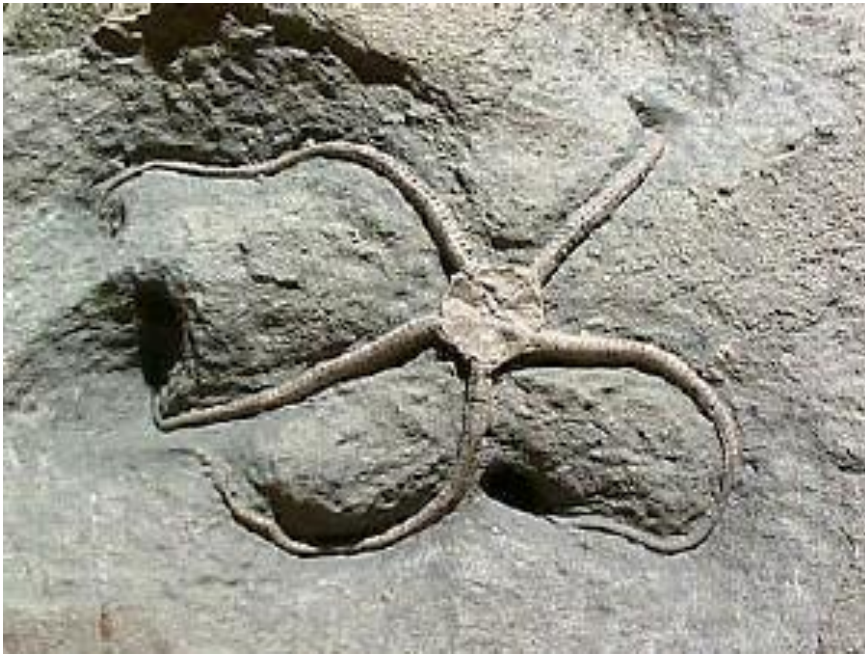
ΣΤΟΜΑ



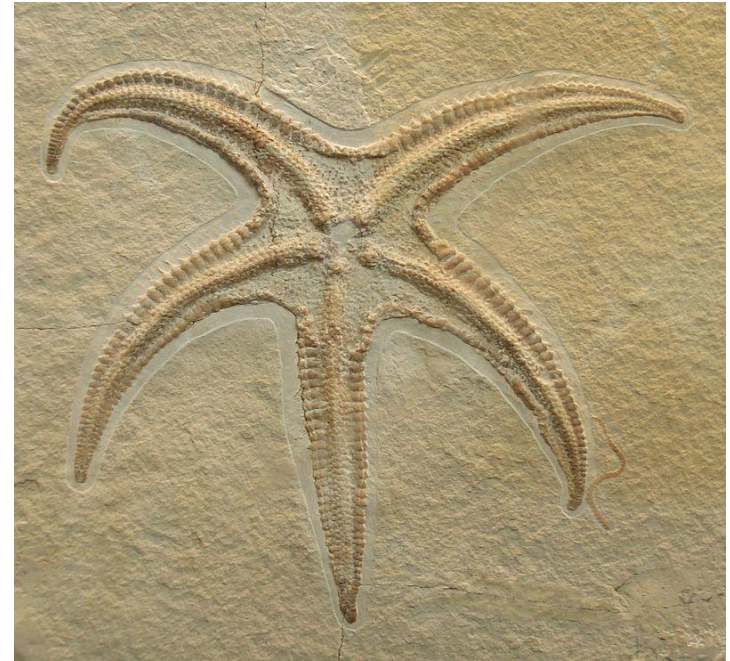
Εικ.12: Οφίουροειδές



Απολιθωμένοι Αστερίες & Οφίουροι



Εικ.13: Απολιθωμένος οφίουρος,
Palaeoscoma egertoni, Ιουρασικό



Εικ.14: Απολιθωμένος αστερίας,
Riedaster reicheli, Ιουρασικό



Κρινοειδή 1

- Πρωτόγονα πελματοζωα με μακριούς βραχίονες και χωρίς πολύπλοκες αναπνευστικές δομές. (αν και κάποια έχασαν το πέλμα τους και έγιναν ελευθερόζωα).
- Τα κρινοειδή είναι ποικιλόμορφες και σημαντικές Παλαιοζωικές πανίδες, τα υπολείμματα των οποίων συνέδραμαν σημαντικά στους Παλαιοζωικούς ασβεστόλιθους. Σπάνια διατηρούνται ολόκληρα.
- Σήμερα η αφθονία τους μικρή. 25 γένη πελματοζώων και 90 ελευθεροζώων.

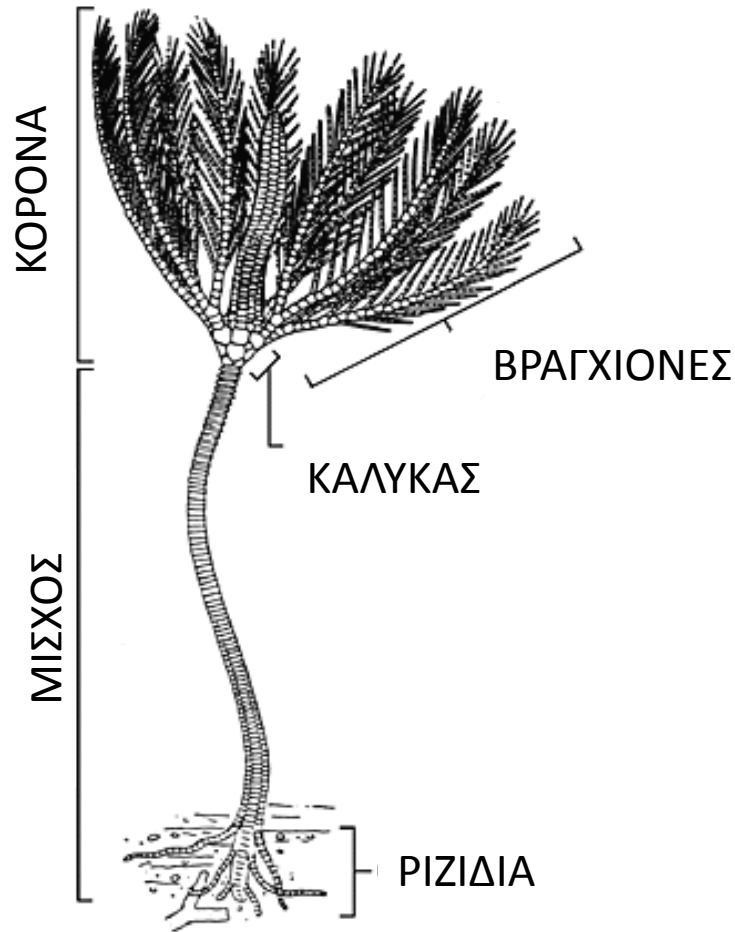


Κρινοειδή 2

- Έχουν πεντακτινωτή συμμετρία
- Το άνω τμήμα αποτελείται από τον **κάλυκα** από το οποίο εκφύονται 5 **βραχίονες** που αποτελούνται από επιμηκυσμένες πλάκες (ασβεστιτικές).
- Το στέμα συνδέεται με τα «**ριζίδια**» με τα οποία προσκολλάται στο υπόστρωμα, με **μίσχο** που αποτελείται από στηλοειδείς πλάκες και αρθρώνεται ελεύθερα. Οι πλάκες είναι δισκοειδείς ή αστεροειδείς με τρύπα στην μέση για τα μαλακά μέρη.
- Δεν υπάρχει μητροπόρος που αντικαθίσταται από βλεφαριδοφόρες χοάνες.



Κρινοειδή 3



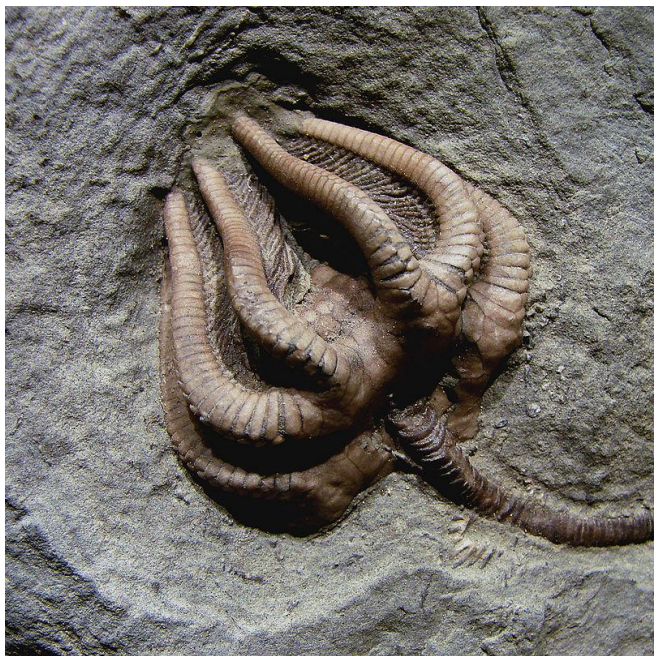
Εικ.15: Μορφολογία Κρινοειδών



Εικ.16: Αρτίγονο Κρινοειδές



Απολιθωμένα Κρινοειδή



Εικ.17: *Agaricocrinus americanus*,
απολιθωμένο Κρινοειδές



Εικ.18: Απολιθωμένες ασβεστιτικές
πλάκες του μίσχου Κρινοειδών



Βλαστοειδή



Εικ.19: Απολιθωμένα βλαστοειδή.



ΧΟΡΔΩΤΑ



Φύλο Ημιχορδωτά (ελλ. χορδή)

- Ομοταξία Πτεροβράγχια
- Ομοταξία Εντερόπνευστα
- Ομοταξία Γραπτόλιθοι



Ομοταξία Γραπτόλιθοι

- Στρωματογραφική εξάπλωση:

Μέσο Κάμβριο – Μέσο Λιθανθρακοφόρο

- Πελαγικοί οργανισμοί επιπλέοντες
- Χαρακτηριστικά του Κ. Παλαιοζωικού
- Εξωσκελετός από χιτίνη
- Σχηματίζουν αποικίες οι οποίες αποτελούνται από 1, 2 ή περισσότερους **κλάδους**
- Διατήρηση σε λεπτόκοκκα ιζήματα



Παραδείγματα γραπτόλιθων



Εικόνα 20: *Didymograptus murchisoni*,
Γραπτόλιθος, Ορδοβίσιο



Εικόνα 21: *Leptograptus*,
Γραπτόλιθος, Ορδοβίσιο



Φύλο Χορδωτά (ελλ. χορδή) 1

- Υπόφυλο Ουροχορδωτά
- Υπόφυλο Κεφαλοχορδωτά
- Υπόφυλο Σπονδυλόζωα



Φύλο Χορδωτά (ελλ. χορδή) 2

- Ανήκει στον κλάδο των **Δευτεροστομίων** που περιλαμβάνει επίσης τα φύλα:
 - Εχινόδερμα
 - Ημιχορδωτά
- Κάποιες Βιολογικές Καινοτομίες
 - I. Ενδοσκελετός
 - II. Διάτρητος φάρυγγας
 - III. Διατροφή με θήρευση
 - IV. Ζεύγη εξαρτημάτων

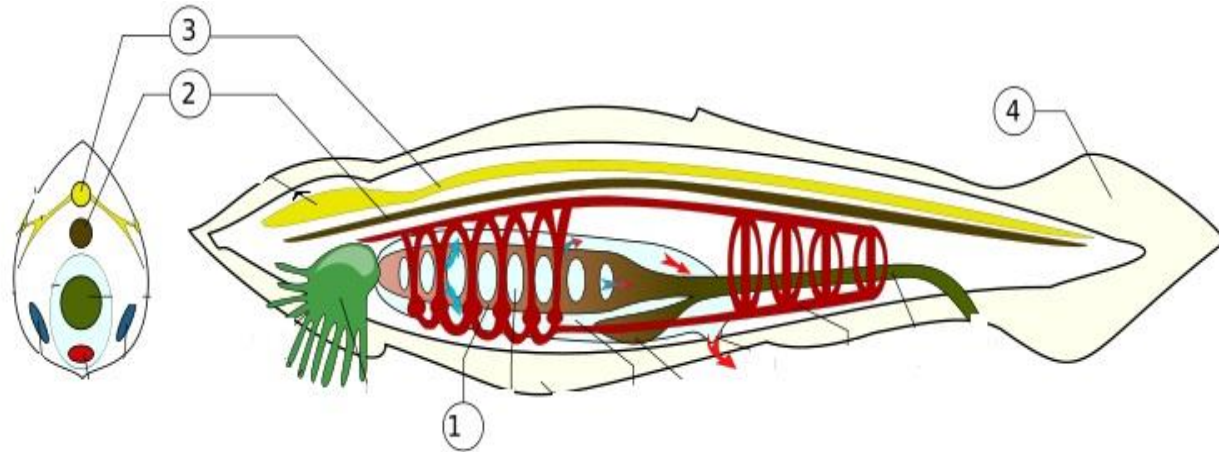


Τα 4 Βασικά Χαρακτηριστικά των Χορδωτών

- i. **Νωτιαία Χορδή** :Επιμήκης χορδή η οποία αποτελείται από κύτταρα και εγκλείεται σε ένα περίβλημα. Σχηματίζει τον πρωτογενή αξονικό σκελετό των εμβρύων των Χορδωτών και των ενηλίκων Κεφαλοχορδωτών.
- ii. **Ραχιαίο Σωληνοειδές Νευρικό Σχοινίο**:Στα Σπονδυλόζωα το νευρικό σχοινίο είναι ραχιαίο σε σχέση με τον πεπτικό σωλήνα και είναι ένας σωλήνας. Το πρόσθιο άκρο του διευρύνεται και σχηματίζει τον εγκέφαλο. Παράγεται στο έμβρυο από μία αναδίπλωση των εξωδερμικών κυττάρων.
- iii. **Φαρυγγικοί Θύλακες και Σχισμές**:Σε κάποιο στάδιο της ζωής τους σχηματίζουν φαρυγγικούς θύλακες που στα υδρόβια Χορδωτά μετατρέπονται σε φαρυγγικές σχισμές. Οι φαρυγγικές σχισμές σχηματίζονται από μία προς τα έσω αναδίπλωση του εξωδέρματος και την προς τα έξω αναδίπλωση του ενδοδέρματος που επενδύει το φάρυγγα.
- iv. **Μεταεδρική Ουρά**: Η ουρά ως εξάρτημα προστέθηκε πίσω από το τέλος του πεπτικού σωλήνα και εξελίχθηκε για την προώθηση του σώματος στο νερό.



Τα 4 Βασικά Χαρακτηριστικά των Χορδωτών-Σχήμα



Εικόνα 22: *Branchiostoma lanceolatum* (Κεφαλοχορδωτό)
1. Φάρυγγικοί θύκαλες και σχισμές, 2. Νωτιαία χορδή, 3. Ραχιαίο σωληνοειδές νευρικό σχοινίο, 4. Μεταεδρική ουρά,



Γενικά χαρακτηριστικά των Χορδωτών

- **Αμφίπλευρα** συμμετρικά ζώα. **Τριπλοβλαστικά, δευτεροστόμια** με καλά ανεπτυγμένο κοίλωμα (εντεροκοιλωματικά) και **διακριτές σωματικές περιοχές**.
- Παρουσία **νωτιαίας χορδής** σε κάποια τουλάχιστο στάδια του κύκλου ζωής.
- **Επίνευρα** που συνήθως φέρουν **εγκεφαλικά κυστίδια ή εγκέφαλο**.
- Παρουσία **μεταεδρικής ουράς** σε κάποια τουλάχιστο στάδια του κύκλου ζωής.
- Παρουσία **φαρυγγικών σχισμών** σε κάποια τουλάχιστο στάδια του κύκλου ζωής.
- **Μεταμέρια μυών** αλλά όχι και κορμού.
- **Κλειστό κυκλοφορικό** με κοιλιακή καρδιά, νωτιαία και κοιλιακά αγγεία.
- **Πλήρες πεπτικό σύστημα**.
- **Ακτινωτή ακαθόριστη αυλάκωση**.
- Το δέρμα αποτελείται από **μονόστιβη επιδερμίδα**



Εξειδικεύσεις των σπονδυλωτών

- **Καλά ανεπτυγμένο κοίλωμα** που περιέχει τα κοιλιακά συστήματα. Σώμα αποτελούμενο από **κεφαλή, κορμό και ουρά**. Παρουσία **εξαρτημάτων** στον κορμό (εκτός από τα άγναθα).
- Τα ενήλικα φέρουν ανεπτυγμένο **διακριτό ενδοσκελετό**, χόνδρινο ή οστέινο. Ο **εγκέφαλος περιβάλλεται από κρανίο**. Η νωτοχορδή μπορεί να διατηρείται εν. μέρει ή και εξ. ολοκλήρου.
- Υψηλή διαφοροποίηση εγκεφάλου με **10-12 ζεύγη κρανιακών νεύρων**. Παρουσία **αυτόνομου νευρικού συστήματος**.
- **Δίχωρη, τρίχωρη ή τετράχωρη καρδιά**. Λευκά και ερυθρά αιμοσφαίρια.
- Από δύο πολύστιβα στρώματα, την **επιδερμίδα** (εξωδερμικής προέλευσης) και τη **δερμίδα** (μεσοδερμικής προέλευσης). Φέρει διαφόρους τύπους δερμικών παραγώγων (αδένες, λέπια, δόντια, νύχια, κέρατα, τρίχες, φτερά).
- **Βραγχιακή ή πνευμονική αναπνοή**.
- ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗ ΣΤΗΛΗ



Το παλαιότερο χορδωτό & το παλαιότερο ψάρι

- Το παλαιότερο χορδωτό:

Cathaymyrus diadexus (535 εκ. έτη)

Άλλα πρωτόγονα χορδωτά (Γιουνανόζωα)

Yunnanozoon and Haikouella

- Τα παλαιότερα ψάρια:

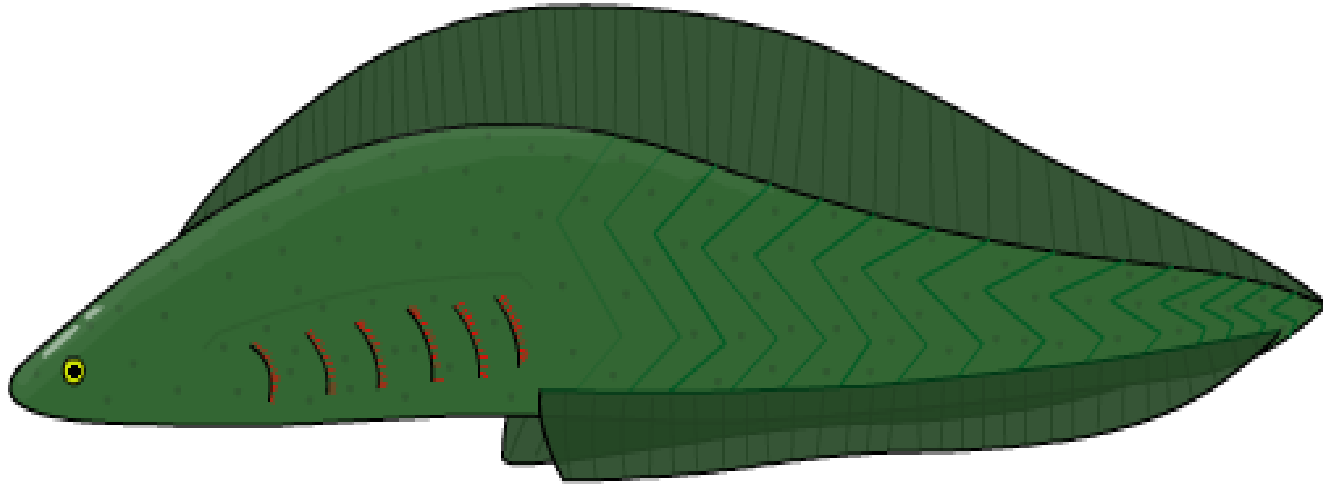
Myllokunmingia fengjiaoa (535 εκ. έτη)

Haikouichthys ercaicunensis

Zhongjianichthys rostratus



Myllokunmingia



Εικ.23:Απεικόνιση του παλαιότερου ψαριού.



Τα πρώτα ψάρια με σκληρούς ιστούς

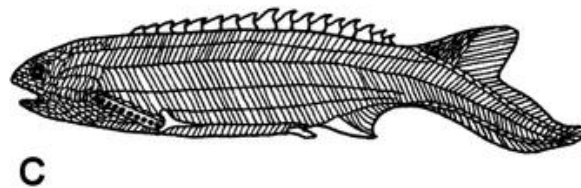
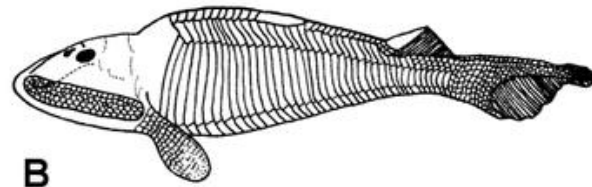
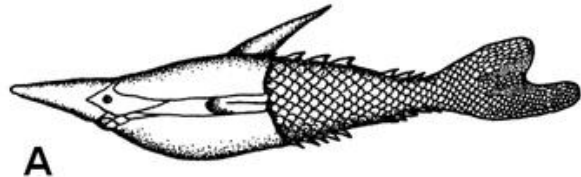
- Οδοντικά στοιχεία και τμήματα δερματικών πλακών από απατίτη από το Ανώτερο Κάμβριο σύστημα.
- Ο απατίτης βιορυκτό που χαρακτηρίζει τα σπονδυλόζωα
- Τα οδοντικά στοιχεία ανήκουν σε κωνόδοντα, οι δερματικές πλάκες στο *Anatolepis heintzi*, ένα ετερόστρακο άγναθο ψάρι

Άγναθα (υπερομοταξία)

- Τα πρώτα ψάρια
- Μέγιστη ανάπτυξη και ποικιλομορφία μεταξύ Σιλούριου και Δεβονίου.
- Οι κύριες απολιθωμένες ομάδες
 - Κωνόδοντα
 - Αραντάσπιδα
 - Αστράσπιδα
 - Ανάσπιδα
 - Ετερόστρακοι
 - Θηλοδόντια
 - Γκαλεάσπιδα
 - Οστεόστρακοι
- Ζώντα
 - Μυξίνοι
 - Πετρομυζωτά



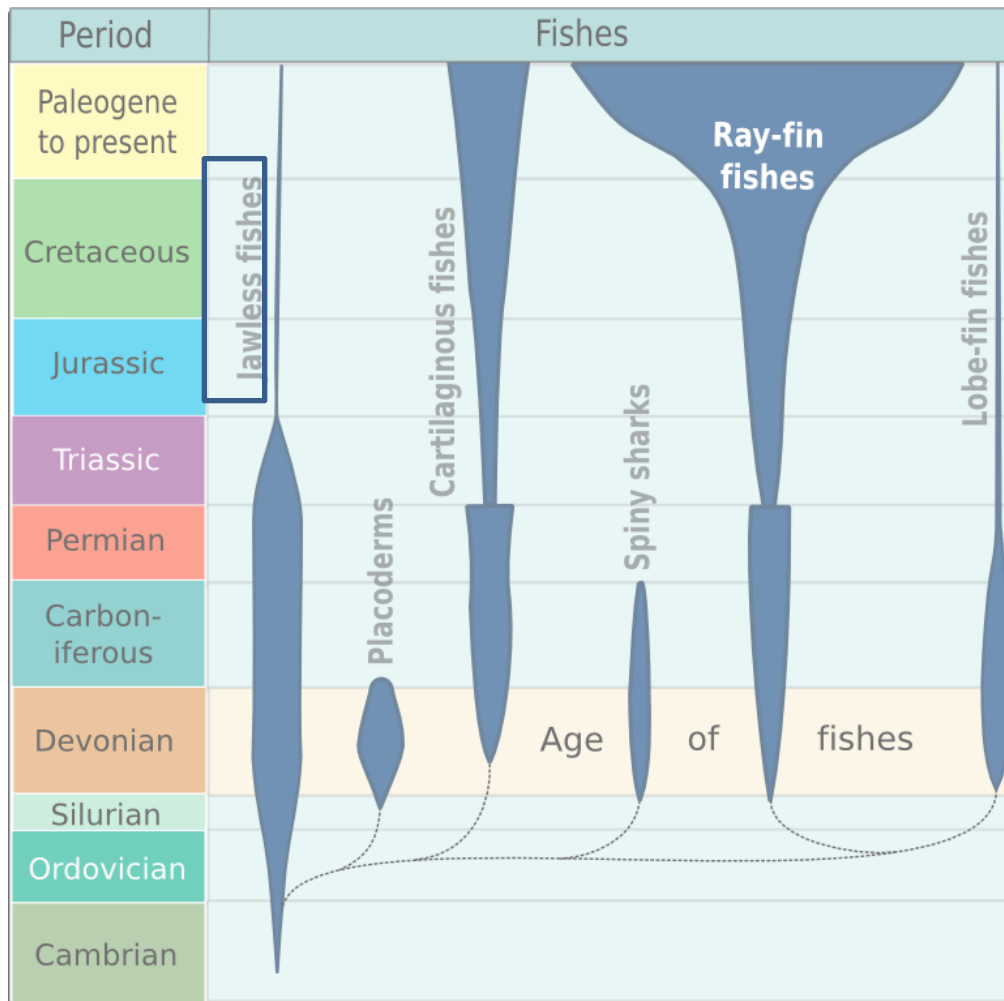
Άγναθα ψάρια



Εικόνα 24: A.Pterapsis, B.Hemicyclaspis, C. Pterygolepis



Η εξέλιξη των ψαριών



Εικόνα 25: Στρωματογραφική εξάπλωση ψαριών.

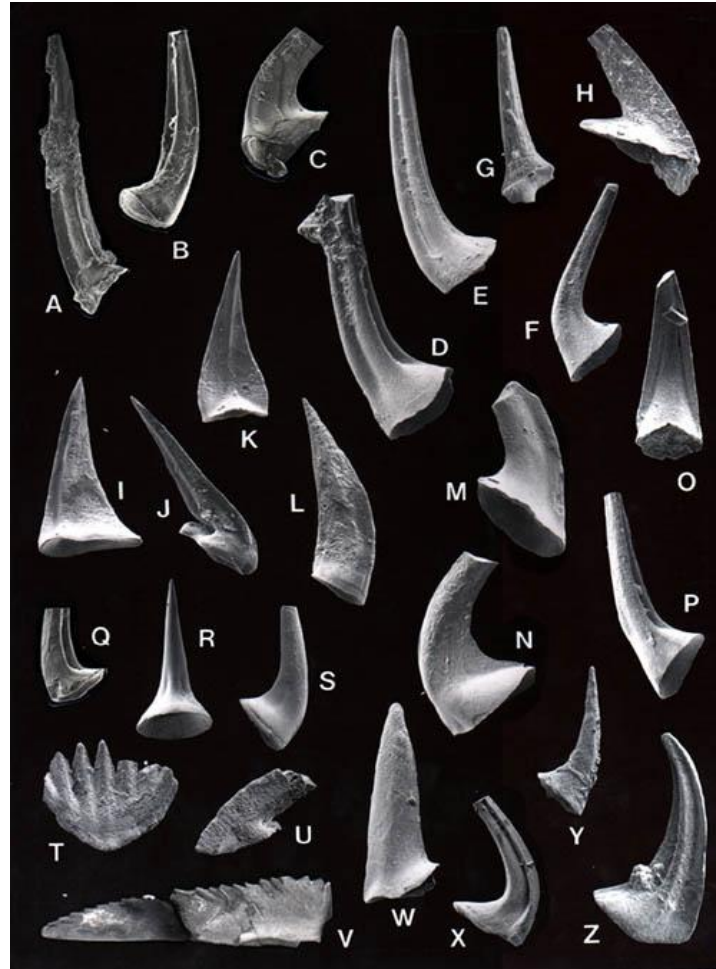


Κωνόδοντα

- Γνωστά από το 1856
- Πρόσφατα αναγνωρίστηκαν ως ψάρια
- Δομές σαν δόντια από απατίτη
- Άφθονα και συχνά σε θαλάσσια ιζήματα από το Αν. Κάμβριο μέχρι το Αν. Τριαδικό.
- Σημαντικά και χρήσιμα για βιοστρωματογραφικούς προσδιορισμούς



Παραδείγματα οδοντικών στοιχείων κωνόδοντων



Εικόνα 26: Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου οδοντικών στοιχείων κωνόδοντων από το Missouri, Canada.



Το αίνιγμα των κωνόδοντων 1

- Διαφορετικές ερμηνείες, έχουν προσδιοριστεί ως μέλη τριών διαφορετικών βασιλείων και σχεδόν ως κάθε κύρια ζωϊκή ομάδα.
 - a. Σαγόνια σκωλήκων
 - b. Σαγόνια πολύχαιτων
 - c. Σαγόνια μαλακίων
 - d. Χαιτόγναθοι
 - e. Βασικά χορδωτά
 - f. Κεφαλοχορδωτά
 - g. Ακόμα και ως **φυτά!!!**



Το αίνιγμα των κωνόδοντων 2

- Το πρώτο ολόκληρο ζώο (*Clydagnathus*) από το Κατ. Λιθανθρακοφόρο του Εδιμβούργου (Briggs *et al.*, 1983)
- Θεωρούταν ξεχωριστό φύλλο με ομοιότητες με τα χορδωτά.
- Σαν χέλι με κεφάλι με μάτια, νωτιαία χορδή, μυομερή
- Εννέα επιπλέον δείγματα και στοιχεία για κεφάλι με μεγάλα μάτια και άλλα χαρακτηριστικά των σπονδυλοζώων οδήγησαν τους Aldridge *et al.* (1993) να προσδιορίσουν τα κωνόδοντα ως σπονδυλόζωα.
- Μέγεθος 3-10cm, και μέχρι 30cm
- Ιστολογικές αναλύσεις των οδοντικών στοιχείων έδειξαν οδοντικούς ιστούς όπως τα άλλα σπονδυλόζωα, με κρυστάλλους απατίτη, αδαμαντίνη, οδοντίνη και ασβεστοποιημένους χόνδρους.



Γναθόστομα (υπερομοταξία)

- Ομοταξία Ακανθόδιοι
- Ομοταξία Πλακόδερμοι
- Ομοταξία Χονδριχθύες
- Ομοταξία Ακτινοπτερύγιοι
- Ομοταξία Σαρκοπτερύγιοι
- Ομοταξία Αμφίβια
- Ομοταξία Ερπετά
- Ομοταξία Πτηνά
- Ομοταξία Θηλαστικά



Η εξέλιξη των σιαγώνων (Γναθόστομα)

- Τα πρώτα ψάρια με σιαγώνες εμφανίζονται σε μη θαλάσσια πετρώματα (ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις) στο Αν. Σιλούριο.
- Η ανάπτυξη σιαγώνων επέκτεινε το προσαρμοστικό φάσμα των σπονδυλοζώων.
- Χρησίμευαν τόσο για να κρατούν/αρπάζουν όσο και για να δαγκώνουν.
- Οδήγησαν σε πιο ποικίλους και ενεργούς τρόπους διαβίωσης, και σε νέες πηγές τροφής.



Η εξέλιξη των σιαγώνων

- Προέλευση των σιαγώνων:
 - Τροποποίηση του μπροστινού ζευγαριού οστών ή χόνδρου που στηρίζει τα βράγχια.
 - Η πιο πρόσφατη υπόθεση: Τροποποίηση του Βέλουμ, μιας δομής που χρησιμοποιείται στην αναπνοή και την τροφοληψία των προνυμφών των λάμπραινων.
- Και οι δύο υποθέσεις βασίζονται στην ανατομία και την εμβρυολογία των ζώντων ψαριών.



Ομοταξία Ακανθόδιοι

- Τα «αγκαθωτά» ψάρια.
- Τα πρώτα ψάρια με σιαγώνες.
- *Ηλικία*: Σιλούριο – Πέρμιο. Μεγαλύτερη ανάπτυξη κατά το Δεβόνιο.
- *Τρόπος ζωής*: Νηκτονικά, όχι θαλάσσια, μόνο γλυκών νερών.



Ομοταξία Πλακόδερμοι



- Ψάρια με χαρακτηριστικές εξωτερικές πλάκες για προστασία, και σιαγώνες.
- *Ηλικία*: Αν. Σιλούριο – Αν. Δεβόνιο.
- *Τρόπος ζωής*: Νηκτονικά. Μερικά ήταν μεγάλοι σαρκοφάγοι θηρευτές σαν τον *Dunkleosteus*, που έφτανε τα 9 m μήκος.

Εικόνα 27: *Dunkleosteus*, Δεβόνιο



Ομοταξία Χονριχθύες

- Σκελετός από χόνδρο που σπάνια διατηρείται. Συνήθως εντοπίζονται ως απολιθώματα τα μοναδικά σκληρά μέρη που έχουν, τα δόντια.
- Εμφανίστηκαν στο Αν. Σιλούριο (ή Κατ. Δεβόνιο).
- Τρόπος ζωής: Νηκτονικά. Θαλάσσια εκτός από ένα γένος γλυκών νερών του Αν. Λιθανθρακοφόρου.
- Το γένος *Cladoselache*, εντοπίζεται σε Δεβόνιους σχιστόλιθους στην νότια ακτή της λίμνης Ήρι (Β. Αμερική).



Υπερομοταξία Οστεϊχθύες

- **Οστέινος σκελετός.**
- *Γεωλογική ηλικία: Αν. Σιλούριο – Σήμερα*
- Νηκτονικοί. Θαλάσσιοι και γλυκών νερών. Οι πρώτοι ήταν γλυκών νερών.
- Τα περισσότερα, πιο ποικιλόμορφα, και επιτυχημένα από όλα τα υδρόβια σπονδυλόζωα.
- **Έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των τετράποδων.**
- Δύο κύριες ομάδες:
 - **Ομοταξία Ακτινοπτερύγιοι**
 - **Ομοταξία Σαρκοπτερύγιοι**



Ομοταξία Ακτινοπτερύγιοι

- Δεν υπάρχει βάση από μύες στα ζεύγη πτερυγίων.
- Πτερύγια από ακτινωτά οστά.
- Πρωτοεμφανίστηκαν στο Αν. Σιλούριο
- Σε λίμνες και ρυάκια και στην συνέχεια εξαπλώθηκαν στις θάλασσες.



Ομοταξία Ακτινοπτερύγιοι

- 2 Υφομοταξίες
- Υφομοταξία Χονδρόστεοι: Πολύπτεροι, Πολυόδοντες, Οξύρρυγχοι
- Υφομοταξία Νεοπτερύγιοι: Λεπιόστεοι, Τοξοπτερύγιοι, **Τελεόστεοι**



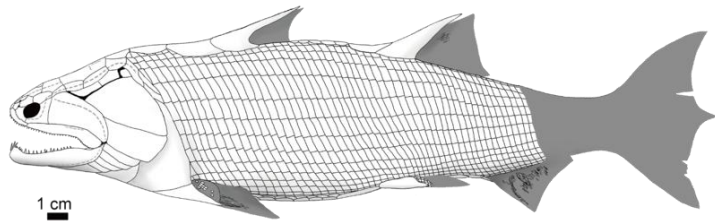
Zhu et al., Μάρτιος 2009

Guiyu oneiros

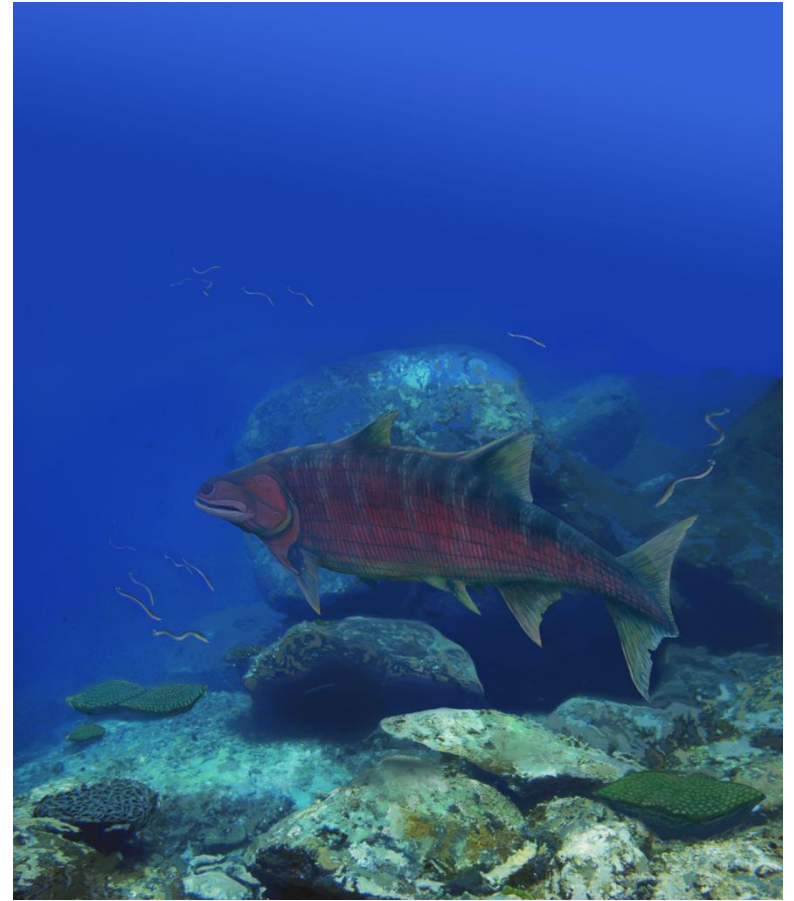
- Το παλαιότερο εύρημα αρθρωμένου σαρκοπτερύγιου
- Μας δίνει πληροφορίες για την προέλευση και την αρχική απόκλιση των οστειχθύων
- Δείχνει ότι η ελάχιστη ηλικία για τον διαχωρισμό ακτινοπτερυγίων – σαρκοπτερυγίων όχι αργότερα από το Ανώτερο Σιλούριο (419 εκ. έτη)
- Εμφάνιση τους 50 εκ. έτη πριν από ότι θεωρούσαμε



Guiyu oneiros



Εικόνα 28: Σχηματική απεικόνιση του *Guiyu oneiros*



Εικόνα 29: Αναπαράσταση του *Guiyu oneiros*

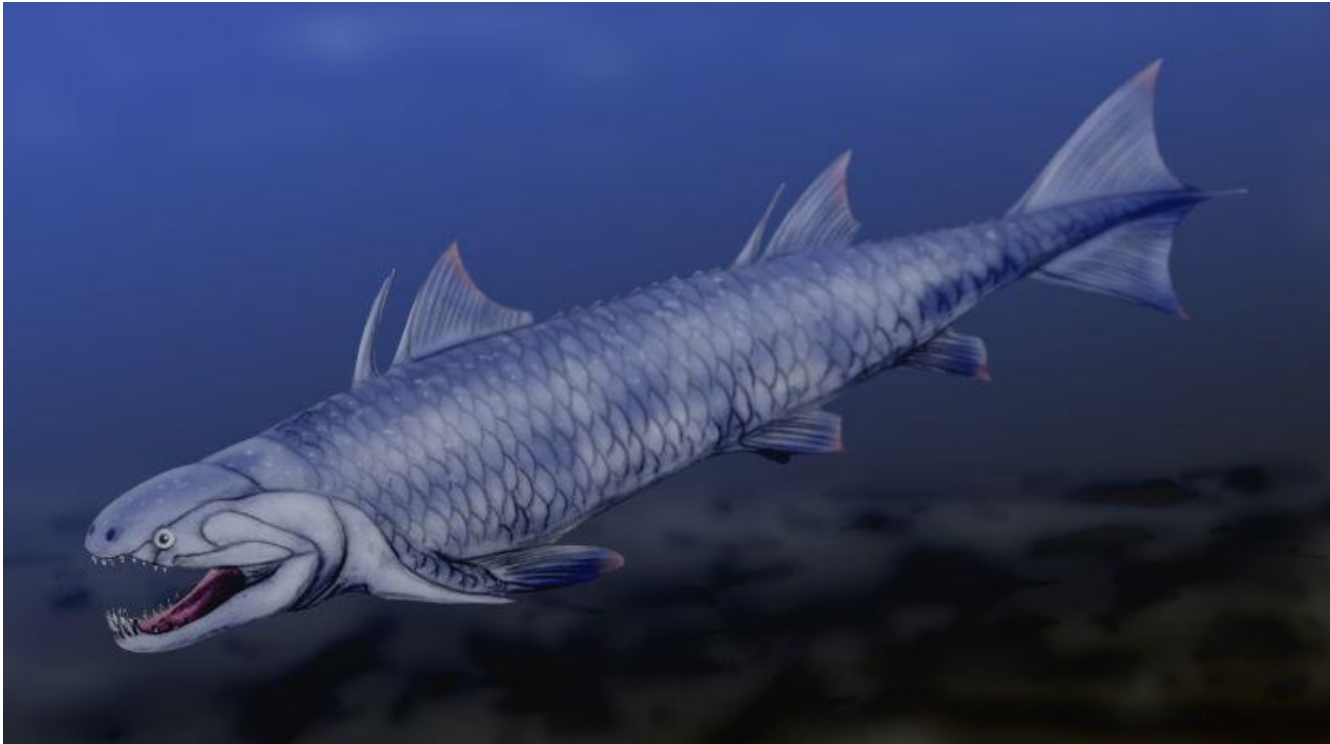


Σαρκοπτερύγιοι

- **Λοβόμορφα πτερύγια σαν πόδια:**
Πτερύγια με μύες που χρησιμοποιήθηκαν για να μετακινούνται στους πυθμένες μικρών λιμνών και ρυακιών.
- **Πνευμόνια:**
Ένα ζεύγος ανοιγμάτων στην οροφή του στόματος εξελίχθηκαν σε ρουθούνια.
Έτσι όταν το νερό γινόταν θολό ή στάσιμο μπορούσε να αναδύεται στην επιφάνεια και να αναπνέει με την βοήθεια πνευμόνων.
Αρκετά είχαν και πνευμόνια και βράγχια (Δίπνοοι).
- **Γεωλογική ηλικία:** Αν. Σιλούριο – Σήμερα
 - **Δίπνοοι** (την ξηρή εποχή με πνεύμονες, και κρύβονται στην λάσπη)
 - **Κροσσοπτερύγιοι**



Psarolepis romeri



Εικόνα 30: *Psarolepis romeri*, Κίνα, Α. Δεβόνειο-Σιλούριο



Κροσσοπτερύγιοι

- Κοντά, μυώδη ζεύγη πτερυγίων.
- Στα εμπρός πτερύγια ένα οστό, τον βραχίονα που ακολουθείται από κερκίδα και ωλένη. Στα πίσω αντίστοιχα μηρός και κνήμη και περόνη.
- Η προσαρμογή αυτή έδωσε την δυνατότητα κίνησης σε ρηχά νερά και μετακίνησης τους από στάσιμα ή εξατμιζόμενα νερά σε άλλα σώματα νερών.
- Θεωρούνται πρόγονοι των αμφιβίων λόγω της διάταξης των οστών στα πτερύγια τους, το σχήμα των οστών του κρανίου και την δομή των δοντιών.

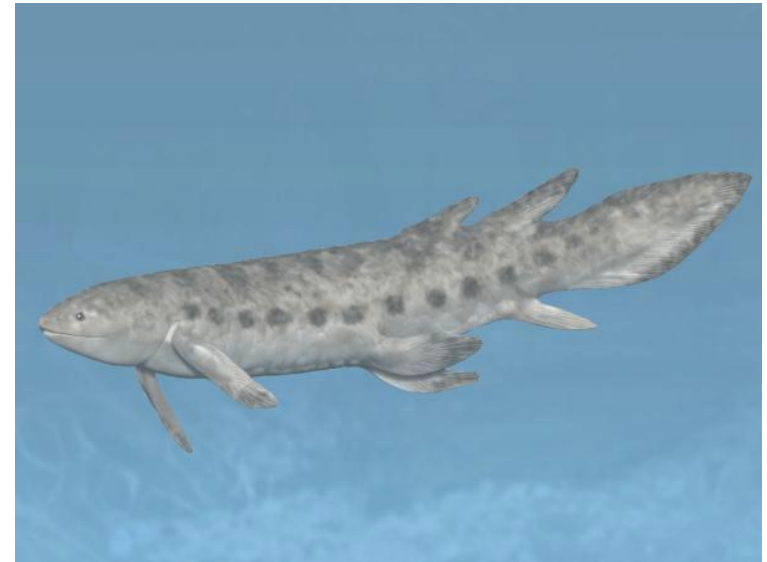


Dipterus

Ένα πνευμονοφόρο ψάρι του Δεβονίου



Εικόνα 31: *Dipterus valenciennensis*,
Museum fur Naturkunde Berlin



Εικόνα 32: Αναπαράσταση
Dipterus



Eusthenopteron

Κροσσοπτερύγιος (Δεβόνιο)



Εικόνα 33: *Eusthenopteron foordi*



Εικόνα 34: Αναπαράσταση
Eusthenopteron



Ομάδες Κροσσοπτερύγιων

1. **Ριπιδίστια** – Η ομάδα που οδήγησε στα αμφίβια
2. **Κοιλάκανθοι** – Κροσσοπτερύγιοι που εισέβαλαν στην θάλασσα οδήγησαν στους κοιλάκανθους. Οι κοιλάκανθοι θεωρούνταν εξαφανισμένοι και σήμερα θεωρούνται ζωντανά απολιθώματα μετά την αλίευση ενός το 1938 στα ανοικτά της Μαδαγασκάρης.



Latimeria



Εικόνα 35: Αναπαράσταση Latimeria, Πρόκειται για σύγχρονο
κοιλάκανθο. Η ουρά είναι ίδια με αυτή του Eusthenopteron

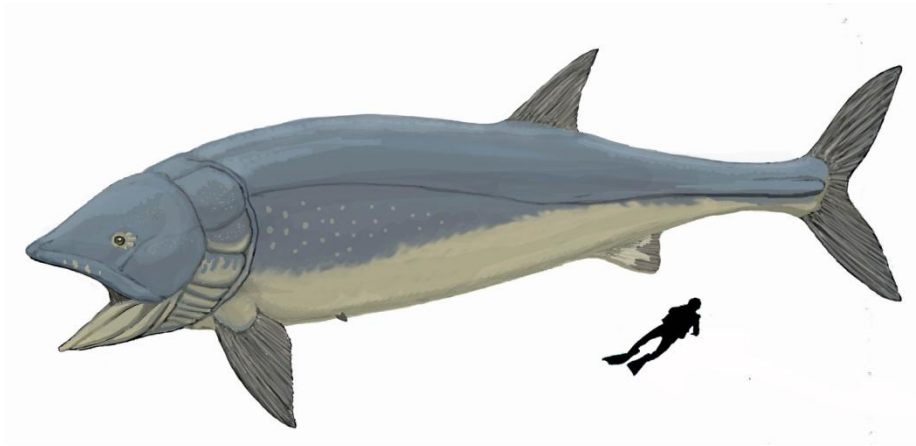


Τελεόστεοι

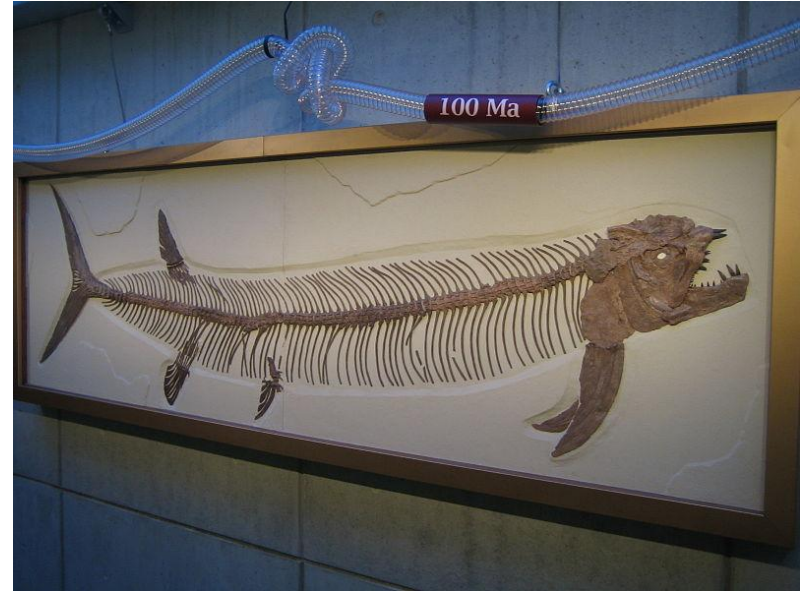
- Εμφανίστηκαν στο Κρητιδικό.
- Τα κυρίαρχα ψάρια στον κόσμο σήμερα.
- Χαρακτηρίζονται από:
 - Στρογγυλεμένα λέπια
 - Συμμετρικές ουρές
 - Εξειδικευμένα πτερύγια
 - Κοντές σιαγώνες προσαρμοσμένες για ειδικές κατηγορίες τροφής
 - Νηκτική κύστη



Τα μεγαλύτερα ψάρια



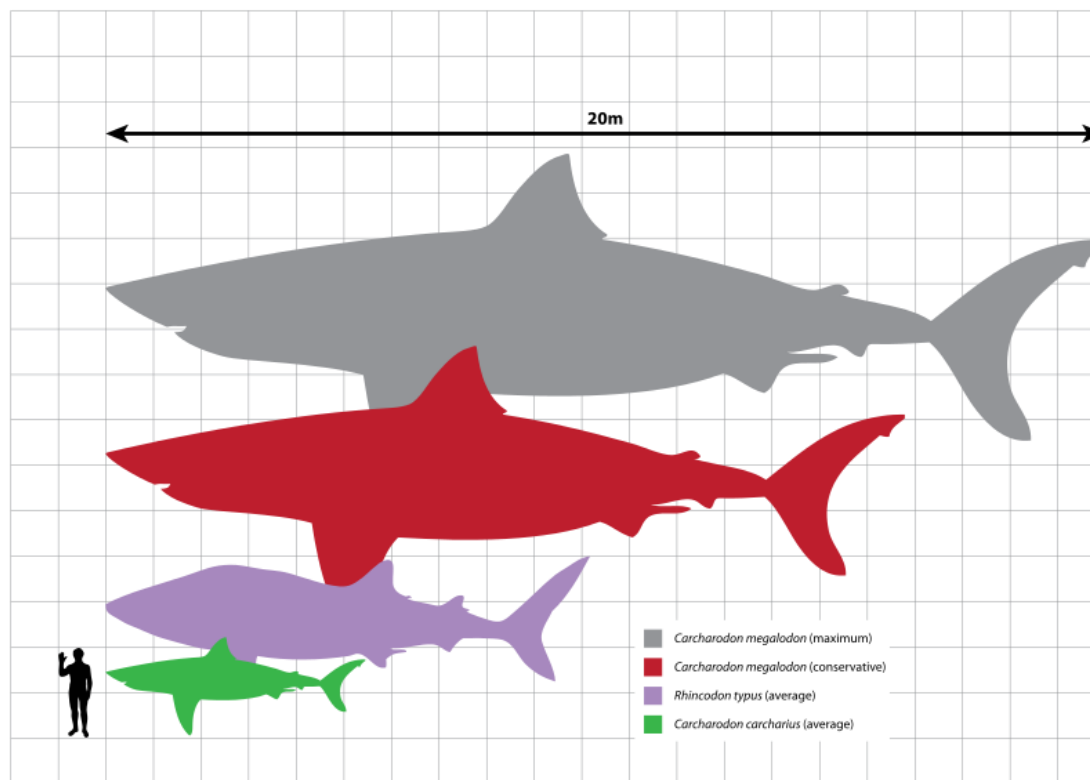
Εικόνα 36: *Leedsichthys*, (μπορεί να έφτανε τα 15-16 μέτρα σε μήκος)



Εικόνα 37: *Xiphactinus audax*, τελεόστεος που έφτανε σε μήκος τα 6-7 μέτρα.



Charcharodon megalodon



Εικόνα 38: Ο Megalodon σε σύγκριση με έναν φαλινοκαρχαρία, έναν μεγάλο λευκό καρχαρία και τον άνθρωπο.



Τι κοιτάμε στα απολιθωμένα ψάρια

- Σχήμα σώματος (για παράδειγμα τύπος ουραίου μίσχου)
- Τύπος λεπιών
- Σκελετικά στοιχεία
 - i. Ωτόλιθοι
 - ii. Τύπος και αριθμός σπονδύλων
 - iii. Τύπος και αριθμός πτερυγίων

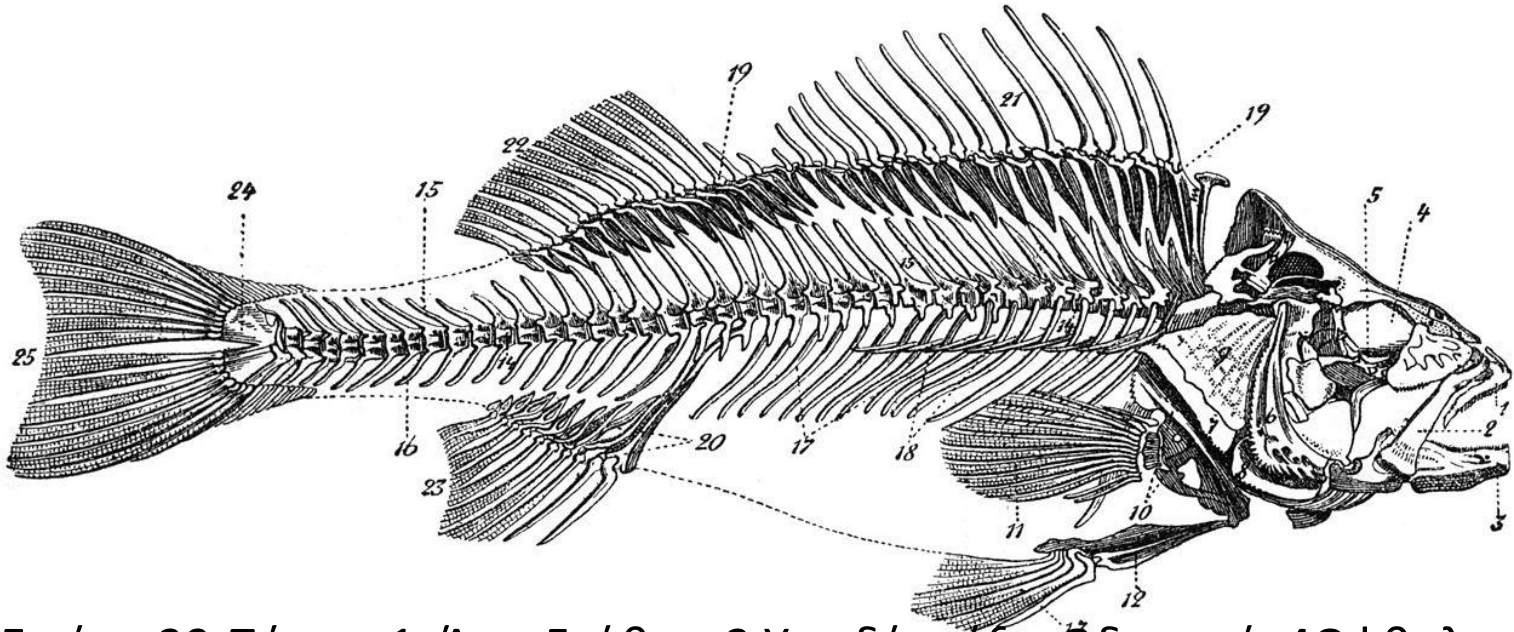


Σκελετικό σύστημα τελεόστεου ιχθύος

- Κρανιακός σκελετός
 - Μετακρανιακός σκελετός
 - Αξονικός σκελετός
 - Σκελετός των άκρων
 - Ωμική ζώνη
 - Πυελική ζώνη
- Ραχιαία και κοιλιακά πτερύγια



Σκελετικό σύστημα τελεόστεου ιχθύος



Εικόνα 39: Πέρκα, 1. Άνω Γνάθος, 2 Υοειδές τόξο, 3 Οδοντικό, 4 Οφθαλμική κόγχη, 5 οφθαλμικό οστό, 6 προβραγχιακό, 7 υποβραγχιακό, 8 ενδοβραγχιακό, 9, βραγχιακό επικάλυμμα 10 οστά της ωμικής ζώνης, 11 θωρακικό πτερύγιο, 12 οστά της πυελικής ζώνης, 13 κοιλιακό πτερύγιο, 14 σπονδυλική στήλη, 15 άνω απόφυση σπονδύλων, 16 κάτω απόφυση σπονδύλων, 17 κοιλιακές πλευρές, 18 ραχιαίες πλευρές, 19 πτερυγιοφόρα ραχιαίου πτερυγίου, 20 πτερυγιοφόρα εδρικού πτερυγίου, 21 άκανθες ραχιαίου πτερυγίου, 22 ακτίνες ραχιαίου πτερυγίου, 24 Ουραία πλάκα, 25 Ουραίο πτερύγιο



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Ηλιόπουλος Γεώργιος, 2015. «Εξέλιξη του Έμβριου κόσμου-Παλαιοντολογία, Ενότητα 10: «Εχινόδερμα-Χορδωτά».
Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:<https://eclass.upatras.gr/courses/GEO326/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 2: https://en.wikipedia.org/wiki/Sea_urchin

Εικόνα 3: https://en.wikipedia.org/wiki/Sea_urchin

Εικόνα 4: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolution-of-a-Novel-Muscle-Design-in-Sea-Urchins-\(Echinodermata-Echinoidea\)-pone.0037520.g001.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolution-of-a-Novel-Muscle-Design-in-Sea-Urchins-(Echinodermata-Echinoidea)-pone.0037520.g001.jpg)

Εικόνα 5:

https://en.wikipedia.org/wiki/Sea_urchin#/media/File:Sea_Urchin_Anatomy.svg

Εικόνα 6:

https://en.wikipedia.org/wiki/Phyllacanthus_imperialis#/media/File:Phyllacanthus_imperialis_test.JPG

Εικ.7: https://en.wikipedia.org/wiki/Heterocentrotus_mamillatus

Εικ.8:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/Sea_urchin#/media/File:Acrosalenia_hemicidaroides var. Bradfordensis Landaville le bas \(88\) Bathonin inf%C3%A9rieur.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Sea_urchin#/media/File:Acrosalenia_hemicidaroides_var._Bradfordensis_Landaville_le_bas_(88)_Bathonin_inf%C3%A9rieur.jpg)

Εικόνα

10: https://en.wikipedia.org/wiki/Clypeaster#/media/File:Clypeaster_reticulatus_both_sides.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 11: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starfish_bottom_side_2.JPG

Εικόνα 12: <https://www.flickr.com/photos/liamq/6019948411/>

Εικόνα 13:

https://en.wikipedia.org/wiki/User:Kaarel/sandbox/Brittle_star#/media/File:Fossil_Brittle_Star_Palaeocoma.jpg

Εικόνα 14: https://en.wikipedia.org/wiki/Starfish#/media/File:Riedaster_reicheli.JPG

Εικόνα 15: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crinoid_anatomy-it.gif

Εικόνα 16:

https://en.wikipedia.org/wiki/Crinoid#/media/File:Crinoid_on_the_reef_of_Batu_Moncho_Island.JPG

Εικόνα 17:

https://en.wikipedia.org/wiki/Crinoid#/media/File:Agaricocrinus_americanus_Carboniferous_Indiana.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 18: <https://en.wikipedia.org/wiki/Crinoid#/media/File:JurassicCrinoidsIsrael.JPG>

Εικόνα 19: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blastoids.jpg>

Εικόνα 20:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Didymograptus_murchisoni_small.jpg

Εικόνα 21:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leptograptus_fossil_graptolites %28Viola Fo rmation, Ordovician; Murray County, Oklahoma, USA%29 %2817391415055%29.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leptograptus_fossil_graptolites_%28Viola_Fo rmation, Ordovician; Murray County, Oklahoma, USA%29_%2817391415055%29.jpg)

Εικόνα 22:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BranchiostomaLanceolatum_PioM.svg

Εικόνα 23: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myllokunmingia.png>

Εικόνα 24: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FossilFish.png>

Εικόνα 25: https://en.wikipedia.org/wiki/Fish_jaw#/media/File:Fish_evolution.png

Εικόνα 26: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conodonts00.jpg>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 27: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dunkleosteus_profile.jpg

Εικόνα 28: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guiyu_oneiros.png

Εικόνα 29:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Life_restoration_of_Guiyu_oneiros.png

Εικόνα 30: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Psarolepis_BW.jpg

Εικόνα 31: <https://de.wikipedia.org/wiki/Dipterus>

Εικόνα 32: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dipterus_NT.jpg

Εικόνα 33: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eusthenopteron_foordi_1.jpg

Εικόνα 34: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eusthenopteron_model.jpg

Εικόνα 35: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Latimeria_model_01.JPG



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 36: <https://simple.wikipedia.org/wiki/Leedsichthys>

Εικόνα 37:

https://en.wikipedia.org/wiki/Xiphactinus#/media/File:Xiphactinus_audax_fossil.jpg

Εικόνα 38: <https://en.wikipedia.org/wiki/Megalodon>]

Εικόνα 39: https://en.wikipedia.org/wiki/Fish_anatomy#/media/File:Fischskelett-drawing.jpg

Οι εικόνες για τις οποίες δεν περιλαμβάνεται αναφορά είναι ιδιοκτησία του συγγραφέα.

