

Radiolari

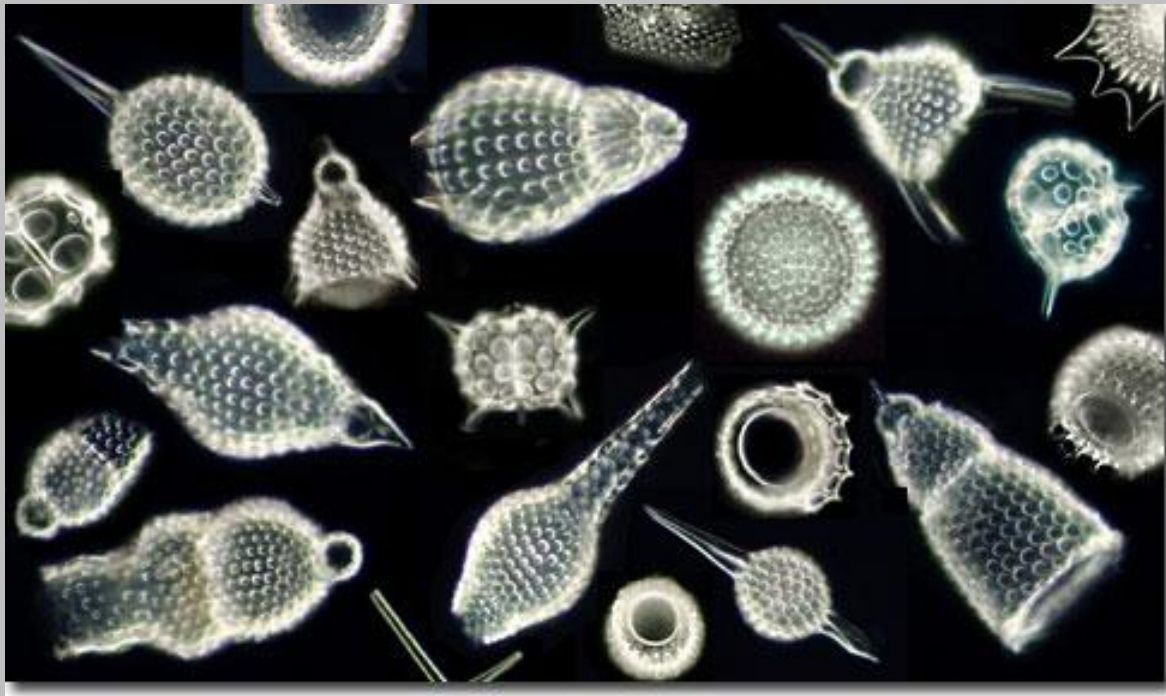
Che cosa sono

I radiolari sono **Protisti**, tra i principali componenti del plankton.

Sono noti dal **Cambriano** e sono abbondanti ancora oggi.

Organismi unicellulari **marini** con uno scheletro di **silice**.

Le **dimensioni** sono di norma comprese tra 50 e 200 μm .



Introduzione

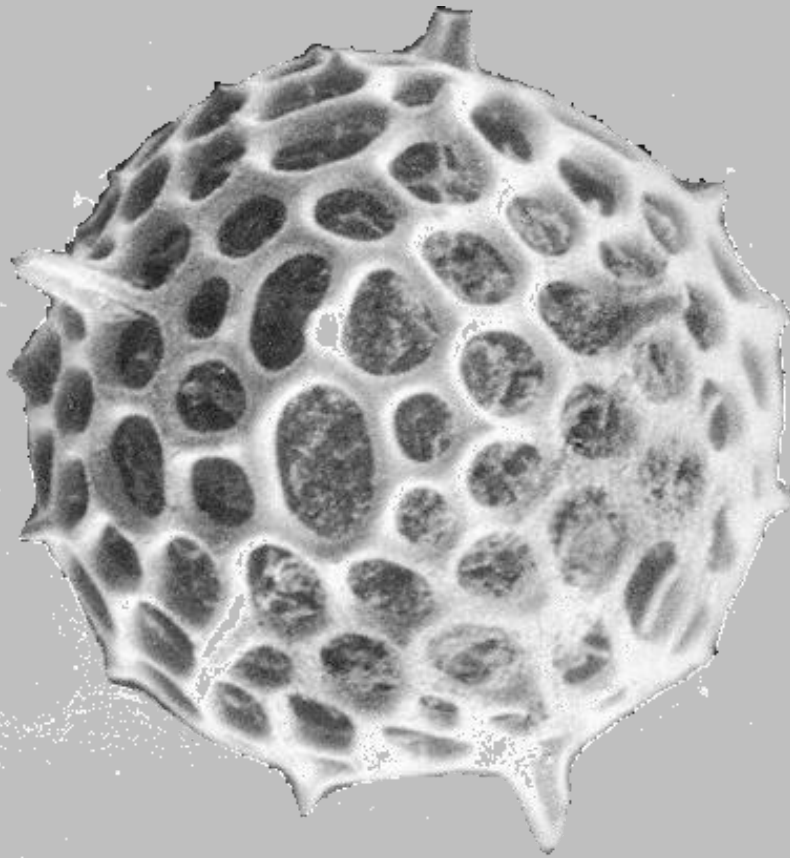
I radiolari sono protisti, presenti dal Paleozoico all'Attuale, che consistono di una massa di protoplasma con uno scheletro interno siliceo.

Un gruppo molto affine, gli Acantharia, costruisce il proprio scheletro con solfato di stronzio, mentre i Phaeodaria hanno scheletro organico e quindi una testimonianza fossile nulla.

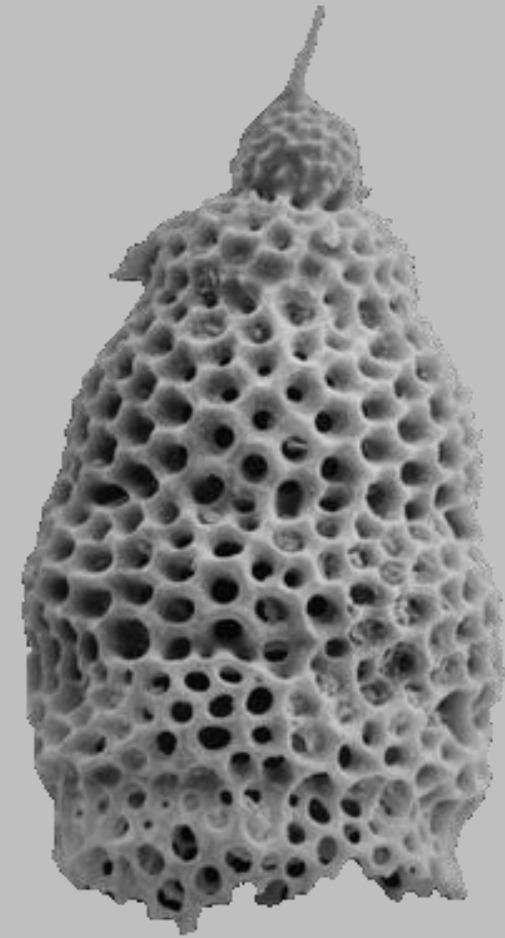
Cavalier-Smith (1987) ha istituito il **Phylum Radiozoa**, includendo tre classi: Polycistinea, Acantharia e Phaeodaria.

Tra questi gruppi i Polycistinea (i radiolari propriamente detti) sono gli unici abbondanti come fossili.

I Radiolaria sono divisi in due ordini: Nassellaria e Spumellaria.



Spumellaria



Nasellaria

I radiolari hanno dimensioni che variano da 60 a 200 μm .

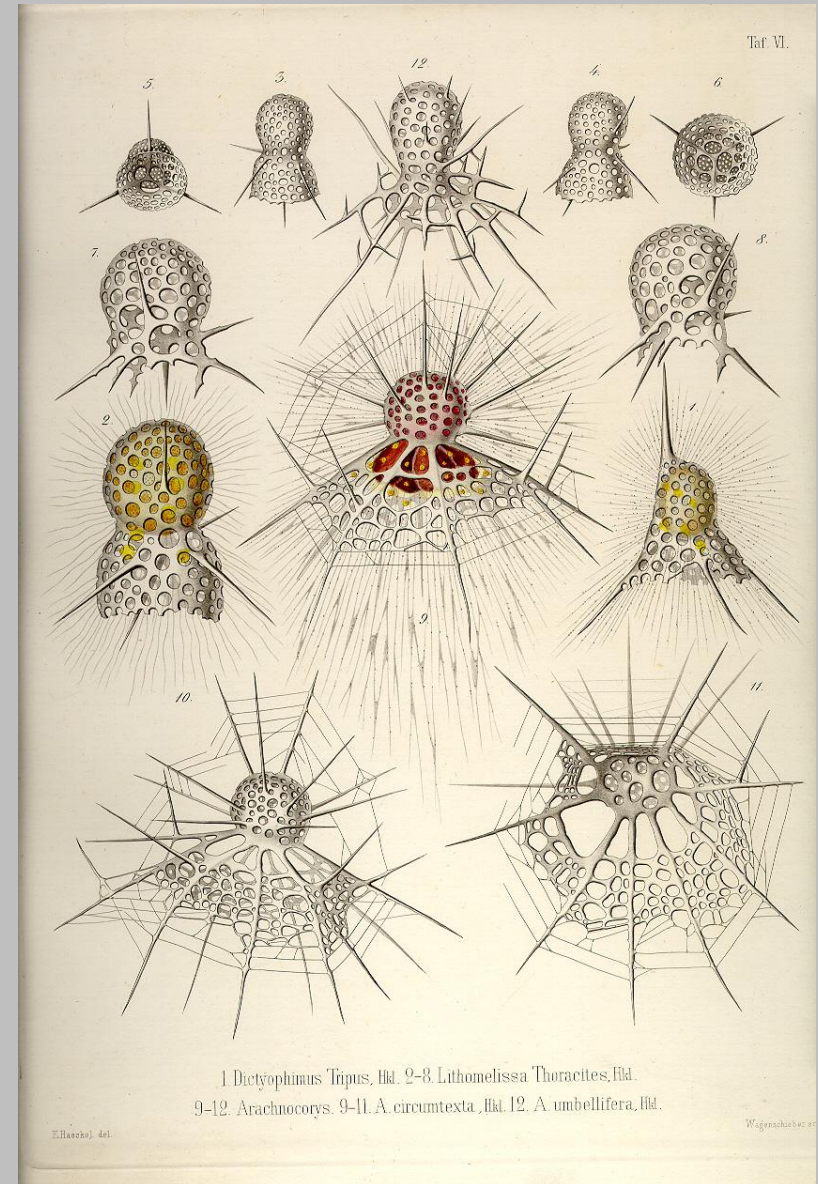
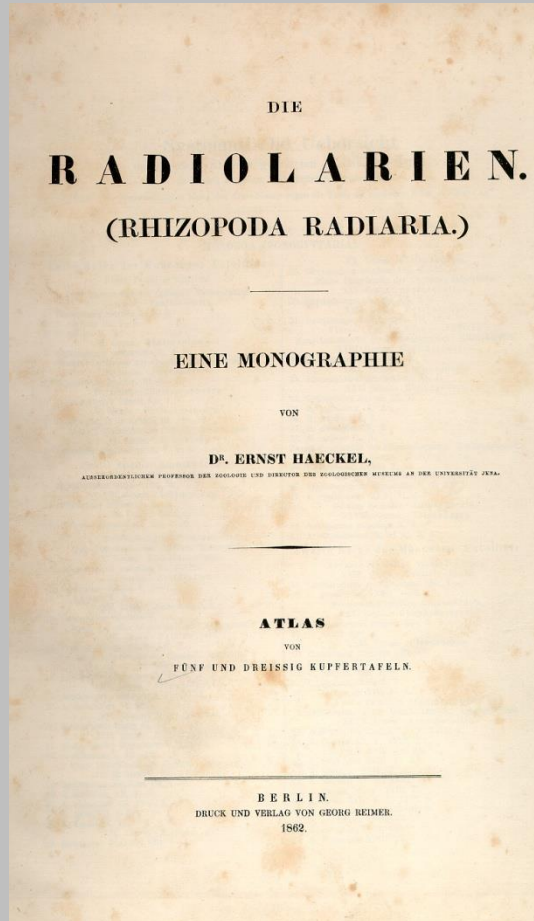
Di norma vivono isolati, ma si conoscono associazioni coloniali di Spumellaria che possono raggiungere la lunghezza di 25 cm.

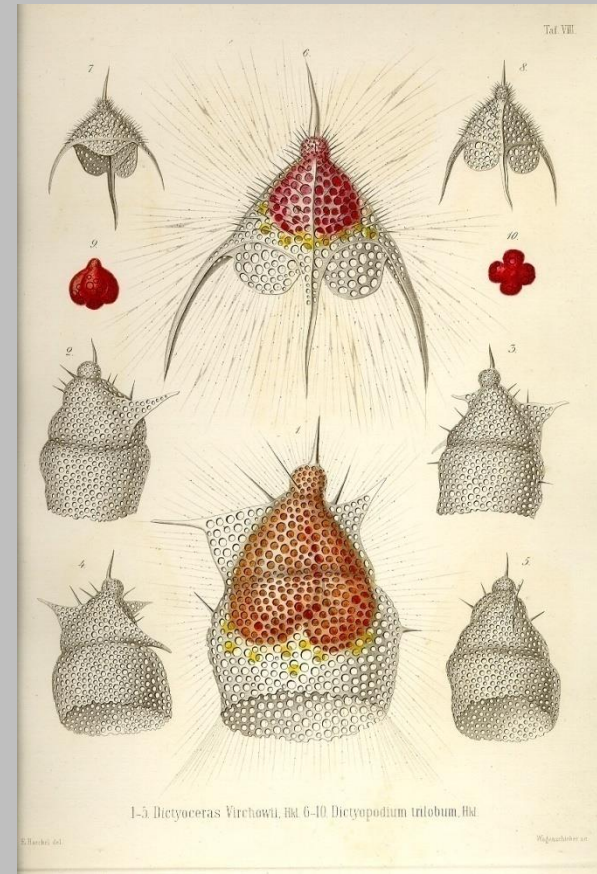
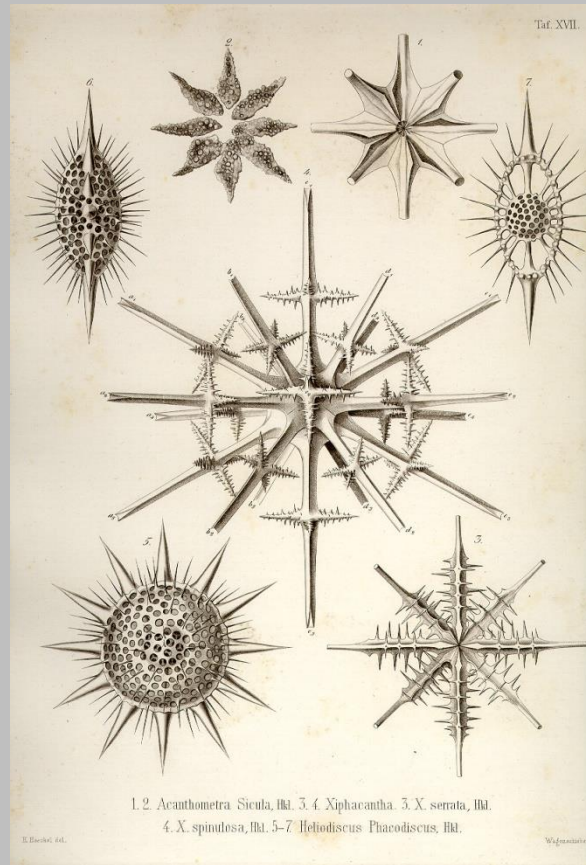
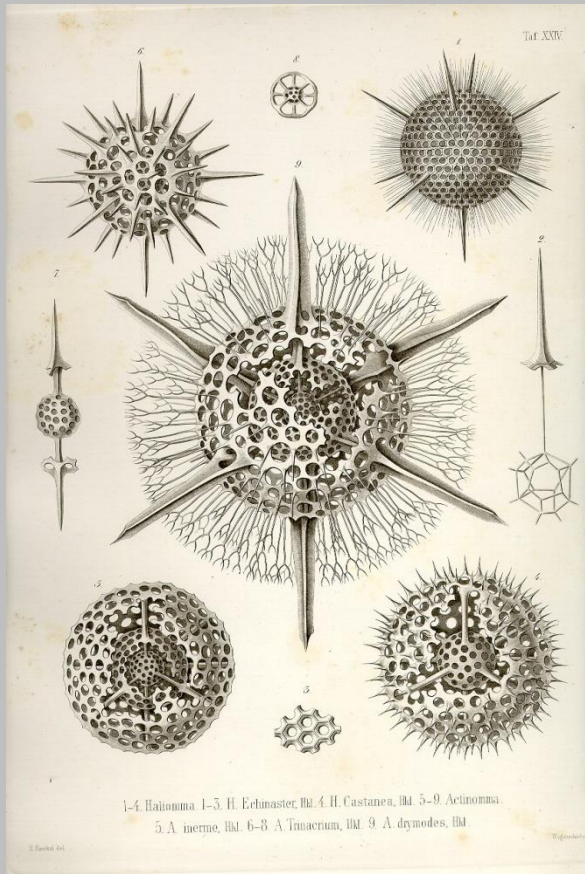
Vivono nel **plancton marino** (non sono note forme bentoniche) **in ogni zona climatica**, dai poli all'equatore, e a ogni profondità, dalla zona fotica alle piane abissali.

I radiolari sono molto sensibili a differenze nella **temperatura** e nel **chimismo dell'acqua**, quindi rappresentano degli ottimi indicatori paleoceanografici.

La loro evoluzione fu molto rapida, e conseguentemente hanno un ruolo importante nello studio dei sedimenti oceanici, soprattutto quelli artici ed antartici, molto ricchi in silice e poveri in calcite.

Il primo lavoro scientifico sui radiolari risale al 1862.







Biologia

Si conosce molto poco riguardo la biologia dei radiolari.

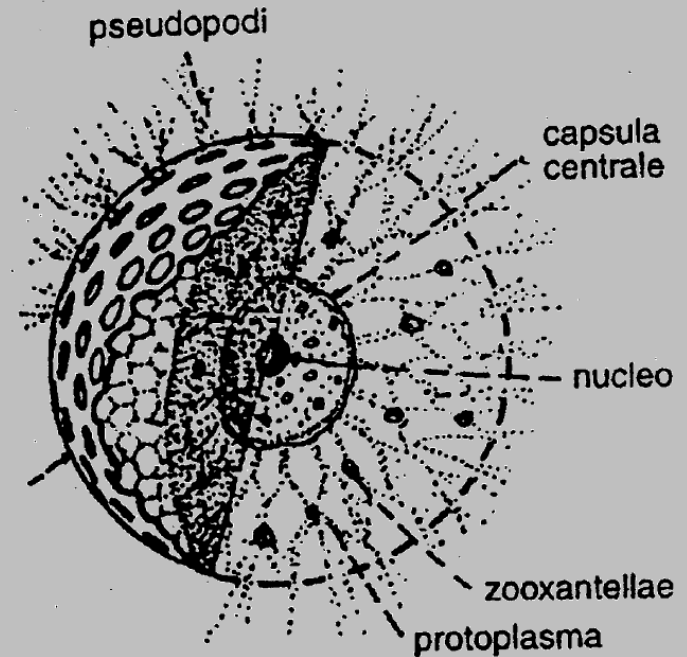
Come altri organismi planctonici, essi sono molto difficili da coltivare in laboratorio, ed anche solo da mantenere vivi dopo la loro cattura.

L'ontogenia dei radiolari è praticamente quasi sconosciuta.

Finora è stato impossibile farli riprodurre.

I radiolari sono protozoi microscopici provvisti di uno scheletro siliceo.

Essi si distinguono dagli altri protisti per avere il protoplasma suddiviso in due parti: un **endoplasma** interno ed un **ectoplasma** esterno separati da una membrana organica perforata, detta capsula centrale.



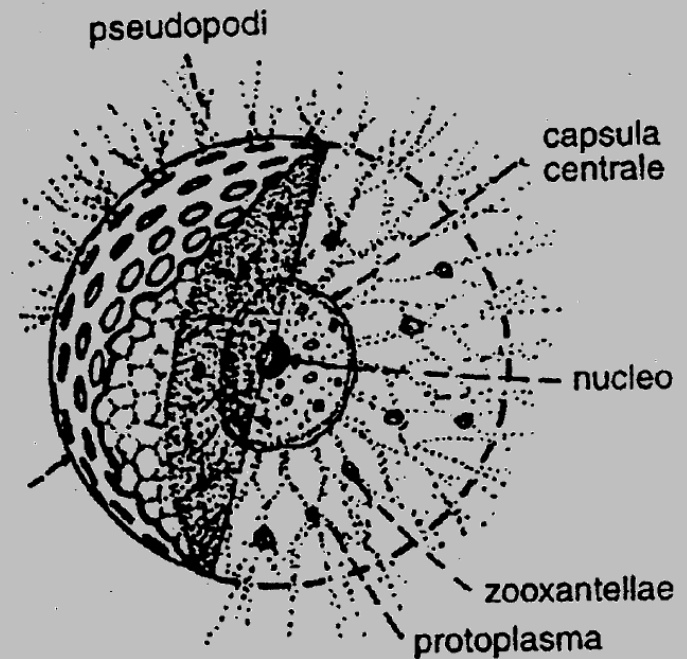
L'**endoplasma** contiene al suo interno uno o più nuclei.

I nuclei dei radiolari sono contraddistinti dalla presenza di un gran numero di cromosomi (in alcuni esemplari ne sono stati contati fino a 1500). All'interno dell'endoplasma sono poi presenti vacuoli, gocce di lipidi di composizione varia, che si presume rappresentino delle proteine.

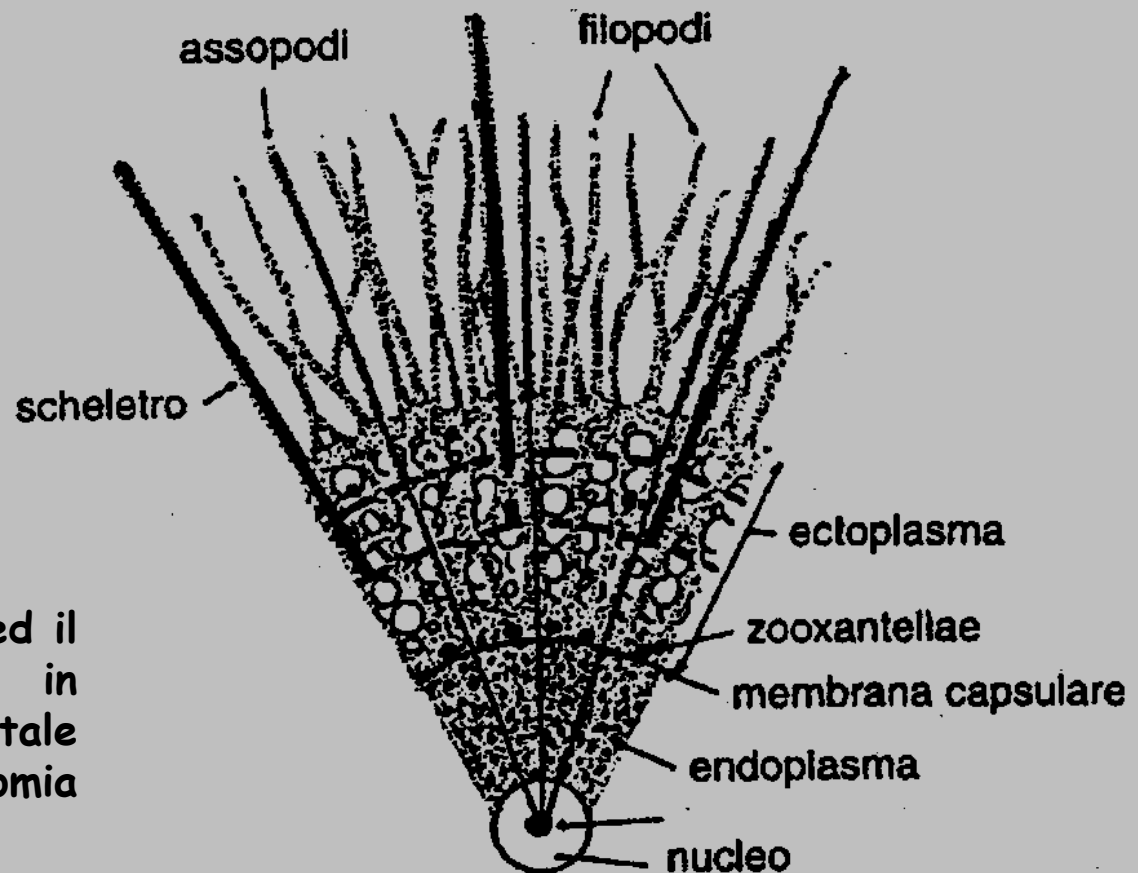
L'**ectoplasma** presenta al suo interno gli alveoli, strutture ellissoidali difficilmente visibili, disposte in una massa concentrica, detta **calimna**, alla periferia esterna della cellula.

Gli alveoli molto probabilmente agiscono come regolatori idrostatici.

Il calimna può ospitare anche alghe simbiotici.



Gli **pseudopodi** si irradiano verso l'esterno della capsula centrale sotto forma di robusti **assopodi**, dotati di un sostegno centrale di fibre (assoplasto) e rafforzati da caratteristici filamenti assiali che si estendono attraverso l'ectoplasma e la membrana capsulare fino all'interno dell'endoplasma, o di sottili **filopodi** che si proiettano oltre la membrana esterna come semplici estensioni del citoplasma periferico.



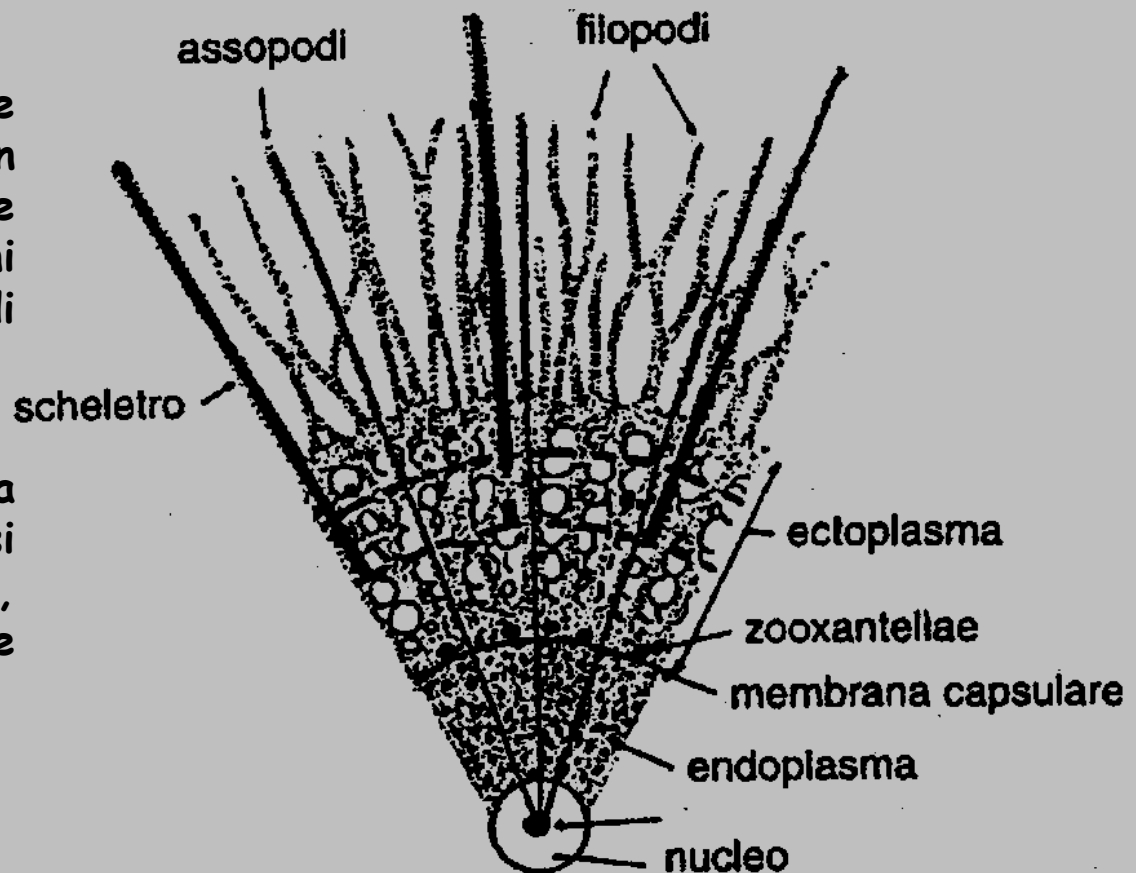
Lo sviluppo degli assopodi ed il complesso assoplastico in generale è di fondamentale importanza nella tassonomia dei radiolari.

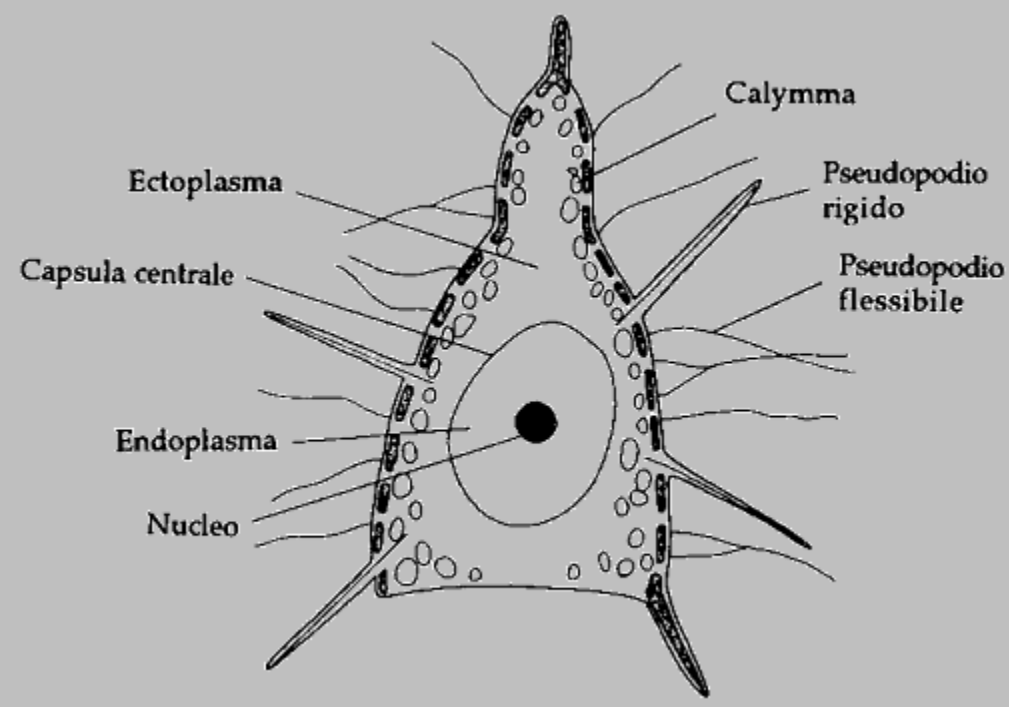
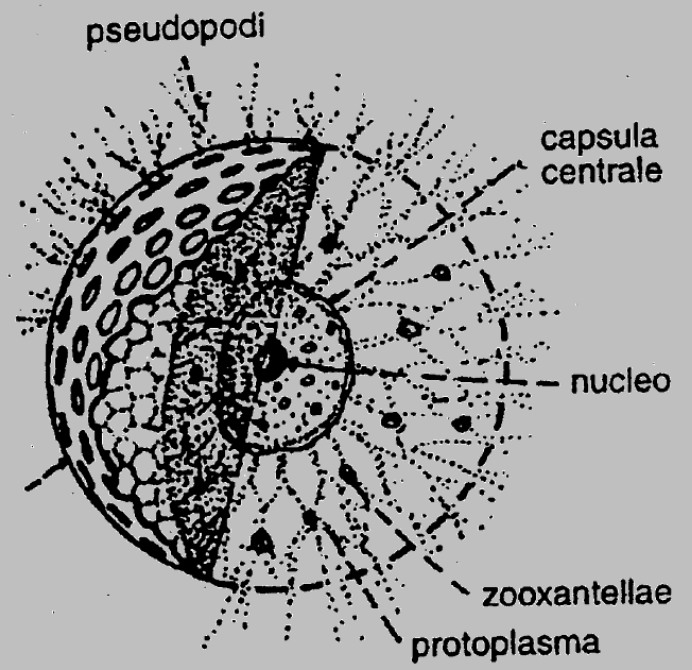
Gli assopodi sono collosi e vengono utilizzati per intrappolare particelle di cibo (prevalentemente coccolitoforidi, diatomee, batteri, ed altro microscopico plancton).

Una volta intrappolato, il cibo è ingerito dagli alveoli entro il calimna, ed eventualmente trasferito all'endoplasma attraverso la capsula centrale, dove viene digerito.

I filopodi possono essere ramificati, soprattutto in prossimità della loro base, e se presentano biforcazioni prendono il nome di rizopodi.

Si pensa che, durante la cattura della preda, essi possano aderire tra loro, creando complesse trame reticolate.





Riproduzione

La riproduzione avviene in modo asessuato per **fissione binaria**. In alcuni casi sono state osservate anche gemmazione e fissione multipla.

Lo scheletro del genitore può essere utilizzato da una delle cellule figlie, oppure entrambe possono crearne uno nuovo ed in questo caso lo scheletro del genitore si depone sul fondo.

La riproduzione sessuata è stata ipotizzata, ma non ancora confermata, sulla base della presenza di sottili cellule flagellate, chiamate "**swarmers**", che potrebbero rappresentare i gameti.

Altri autori preferiscono considerare queste cellule flagellate come "**isospore**" prodotte attraverso un probabile processo di sporulazione (riproduzione asessuata multipla), anche se finora non è mai stato osservato lo sviluppo successivo di queste isospore. È interessante notare che le isospore contengono inclusioni di SrSO_4 .

Il forte dimorfismo negli scheletri di alcune specie potrebbe suggerire che esista un'alternanza di generazioni nel ciclo vitale dei radiolari, analogamente a quanto avviene in altri gruppi planctonici.

La durata della vita dei radiolari è al massimo di pochi mesi.

Nelle colture di laboratorio, essi formano le cellule flagellate dopo un paio di settimane e successivamente muoiono.

Esperimenti condotti su esemplari viventi hanno mostrato una durata variabile da pochi giorni a pochi mesi; la maggior parte di essi viveva all'incirca due settimane.

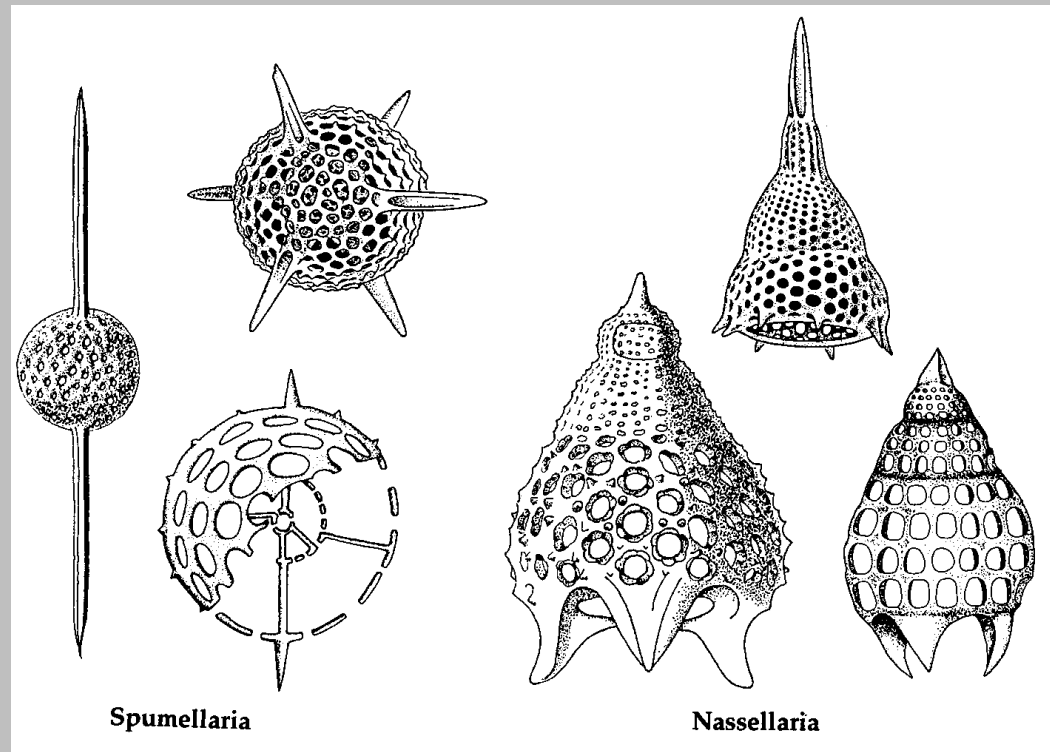
Classificazione

Classe **Phaeodaria**: di scarso valore paleontologico in quanto il guscio è in gran parte di sostanza organica, vivono in prossimità della costa.

Classe **Achantaria**: con guscio di solfato di Stronzio.

Classe **Polycystina**: con guscio siliceo, di mare aperto.

I Polycystina sono divisi in due ordini (**Spumellaria** e **Nassellaria**) in base alla morfologia dello scheletro



Scheletro

Solamente poche specie di radiolari sono prive di parti dure.

Lo scheletro racchiude al suo interno la capsula centrale e l'endoplasma ma solamente la parte più interna dell'ectoplasma e calimna, per cui lo scheletro è **completamente inserito nel citoplasma** (a differenza dello scheletro esterno di molti organismi microplanctonici).

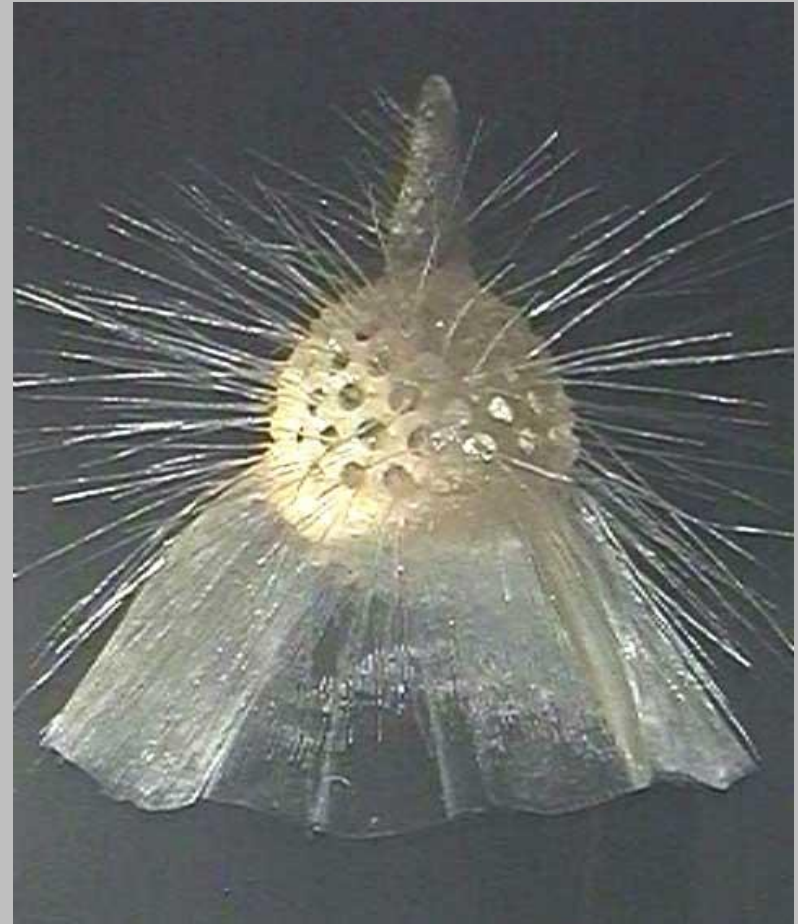
Di conseguenza lo scheletro non è mai a diretto contatto con l'acqua marina e quindi non è sottoposto alla dissoluzione innescata dall'ambiente acquatico.

Le parti più interne dello scheletro possono essere racchiuse nell'endoplasma entro la capsula centrale.

Lo scheletro dei radiolari attuali è costituito di **silice amorfa** (opalina) ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), e la composizione silicea si è mantenuta per tutta la loro storia.

Nelle forme viventi ed in quelle fossili ben preservate la silice appare chiara, trasparente ed isotropa con aspetto generale vetroso a luce trasmessa.

Questo permette l'osservazione delle strutture interne dell'esemplare mettendo a fuoco a diverse altezze l'esemplare studiato.

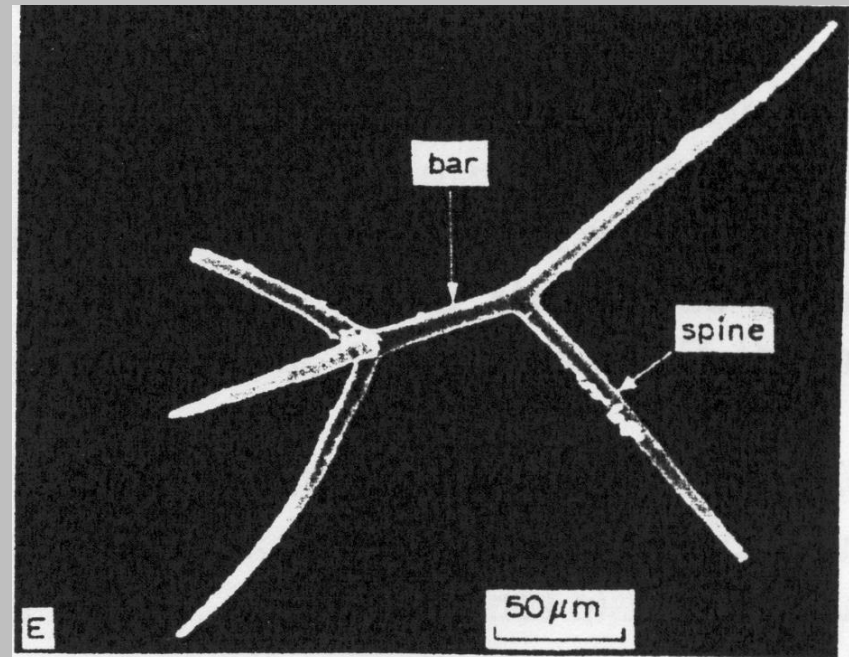


Gli scheletri fossili di radiolari appartengono quasi esclusivamente ai Polycystina, tuttora viventi. Essi, anche i più complessi, sono costituiti essenzialmente dalla combinazione di tre soli elementi piuttosto semplici: **barre**, **spine** e **spicole**.

Una **barra** è un elemento subcilindrico, corto o lungo, dritto o curvo, connesso alle sue due estremità con altri elementi.

Una **spina** è un elemento aghiforme di dimensioni estremamente variabile attaccato ad una sola delle sue due estremità.

Una **spicola** è una grossa barra portante alle sue due estremità spine ben sviluppate. Una singola spicola costituisce l'intero scheletro di alcuni Polycystina.

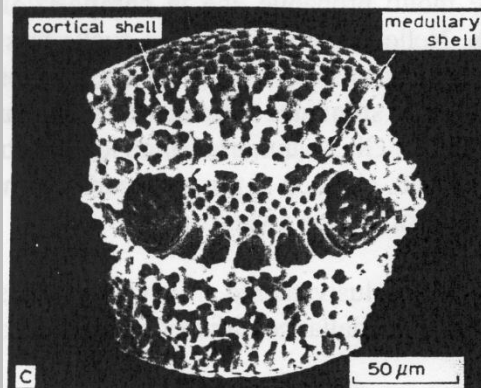
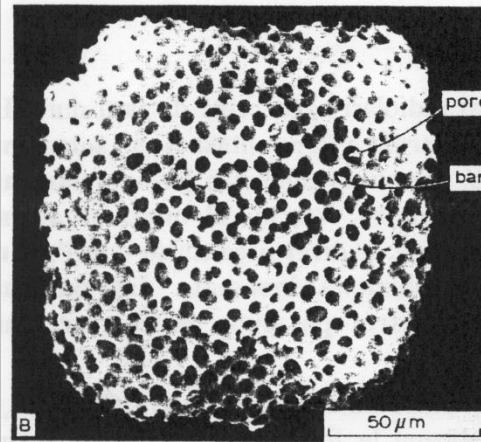
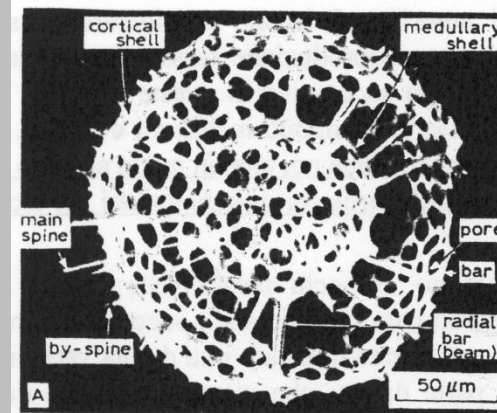


L'intreccio di più barre dà origine a una struttura (= tessuto) dello scheletro poroso.

Le strutture scheletriche porose più comuni tra i Polycystina sono la struttura a graticcio e la struttura spugnosa.

Nella struttura a graticcio, le maglie sono larghe e comunemente a contorno subesagonale o subcircolare, con pori ampi e ravvicinati (A); nella struttura spugnosa le maglie sono fitte, irregolarmente intricate, con pori molto piccoli (B).

Un'altra struttura parietale è costituita dalla parete planare perforata, rappresentata da una sottile parete solida attraversata da pori relativamente ben spaziati tra loro (D).



Elementi scheletrici dei radiolari e tipi di parete.

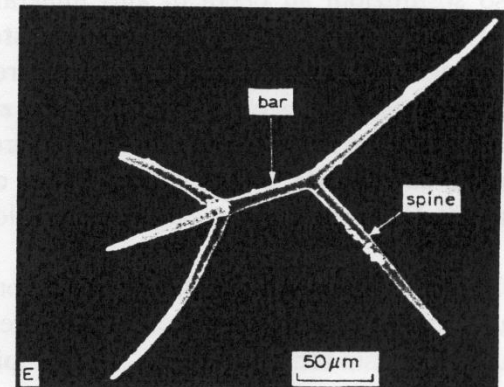
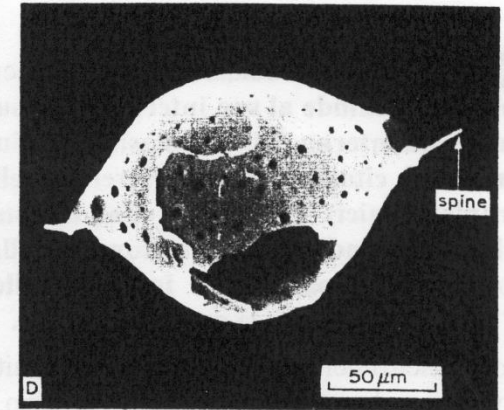
A: a graticcio.

B: spugnosa.

C: guscio corticale a parete spugnosa e guscio medullare a parete perforata.

D: planare perforata.

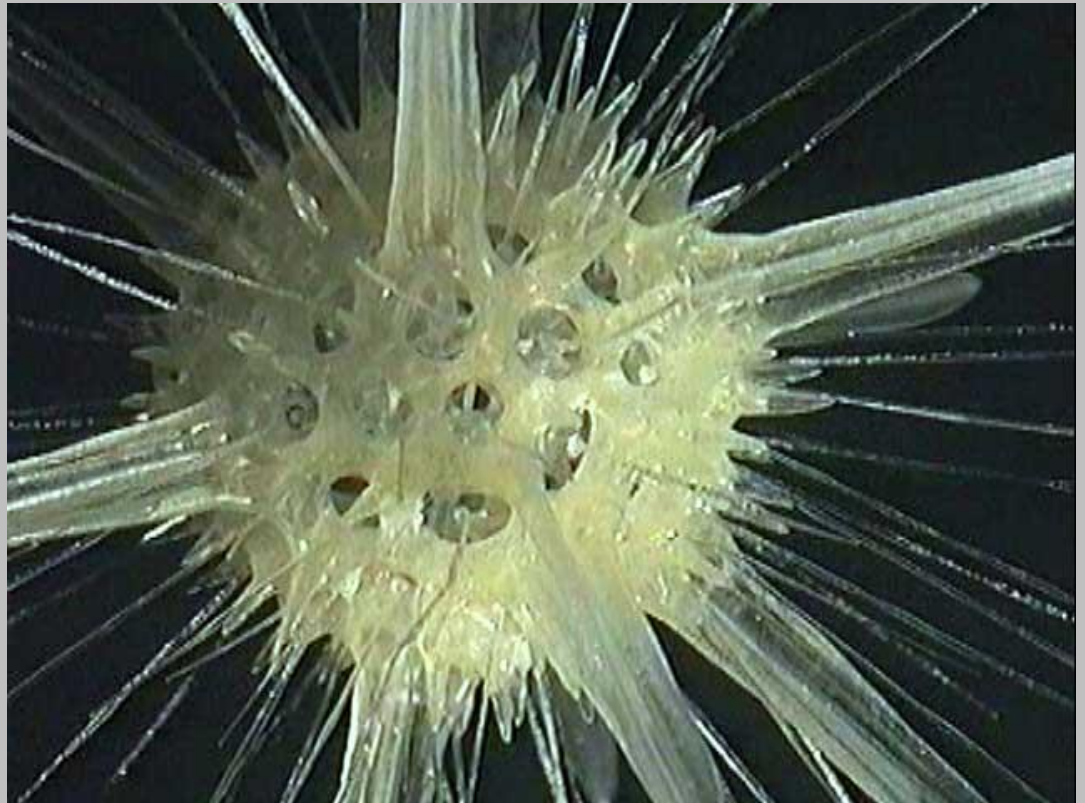
E: spicola.



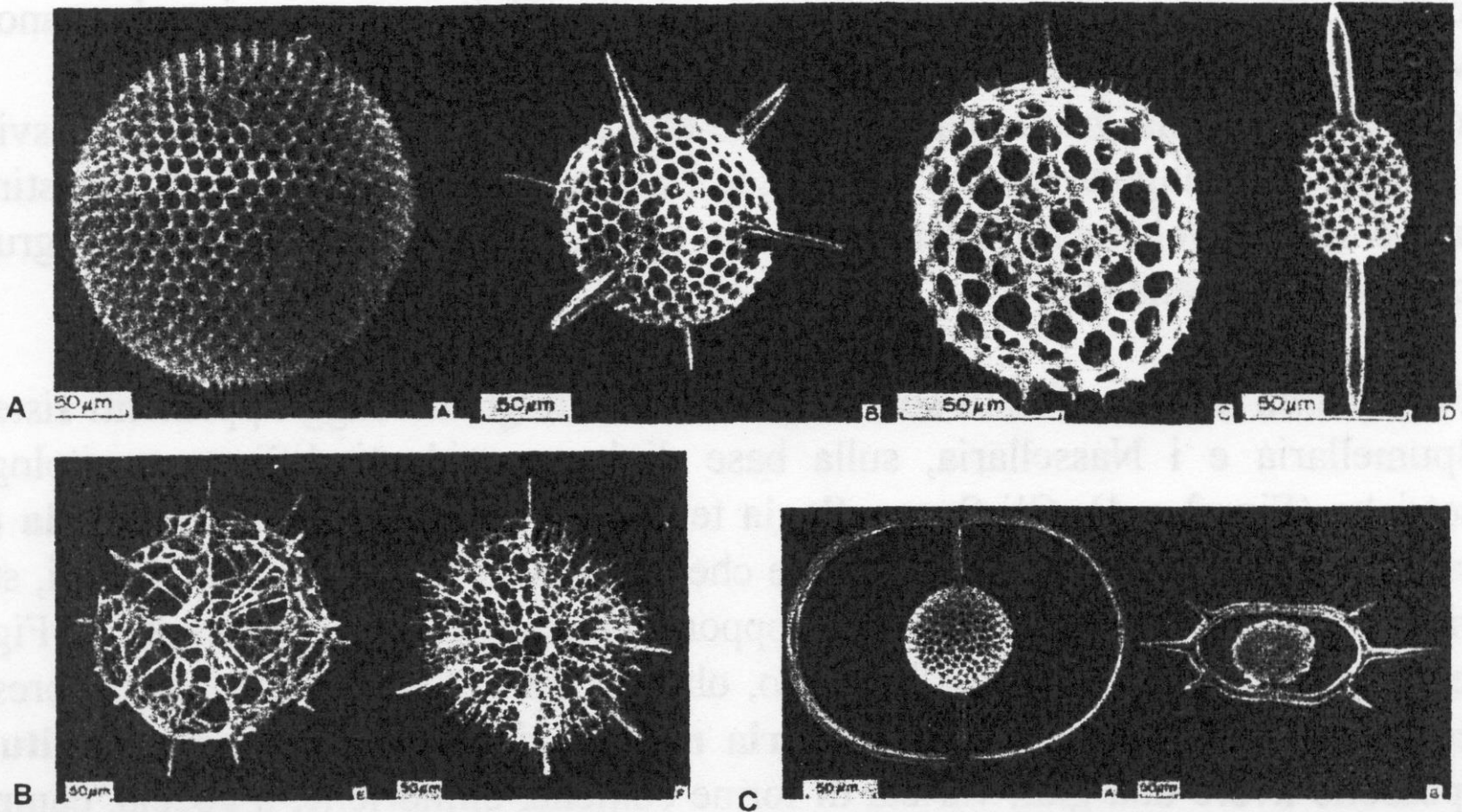
Si distinguono **due tipi di spine**: sottili e corte e massicce e bene sviluppate.

Le spine del primo tipo, sottili e corte, sono responsabili della spinosità diffusa che molti scheletri di Polycystina presentano sulla loro superficie esterna.

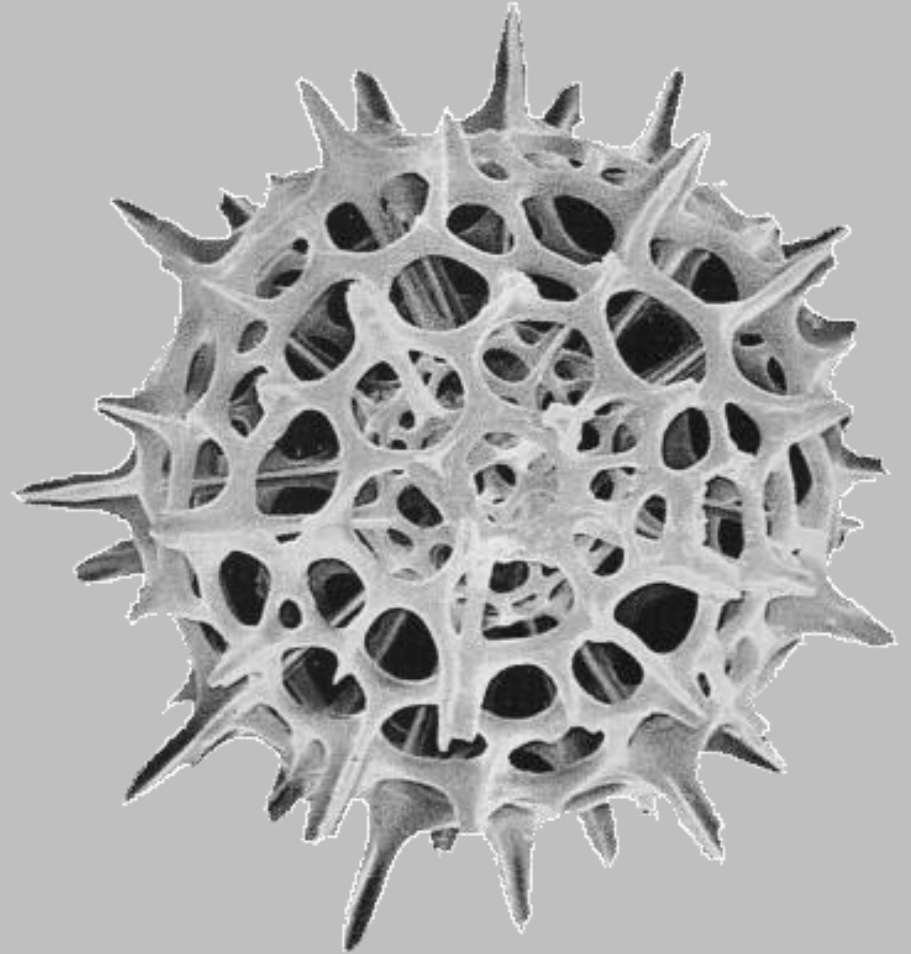
Le spine del secondo tipo, grosse e lunghe, sono gli elementi portanti dell'architettura di molti Polycystina. Sono presenti sempre in numero molto ridotto e spesso si prolungano, anche notevolmente, all'esterno della superficie scheletrica periferica.



Gli **Spumellaria** tendono a sviluppare una simmetria radiale attorno ad un punto centrale con forme che variano da sfere a dischi, cilindri, stelle ed addirittura globi con un anello attorno (opportunamente definite "saturnalini"). Spine radiali si estendono verso l'esterno, oltre le sfere stesse.

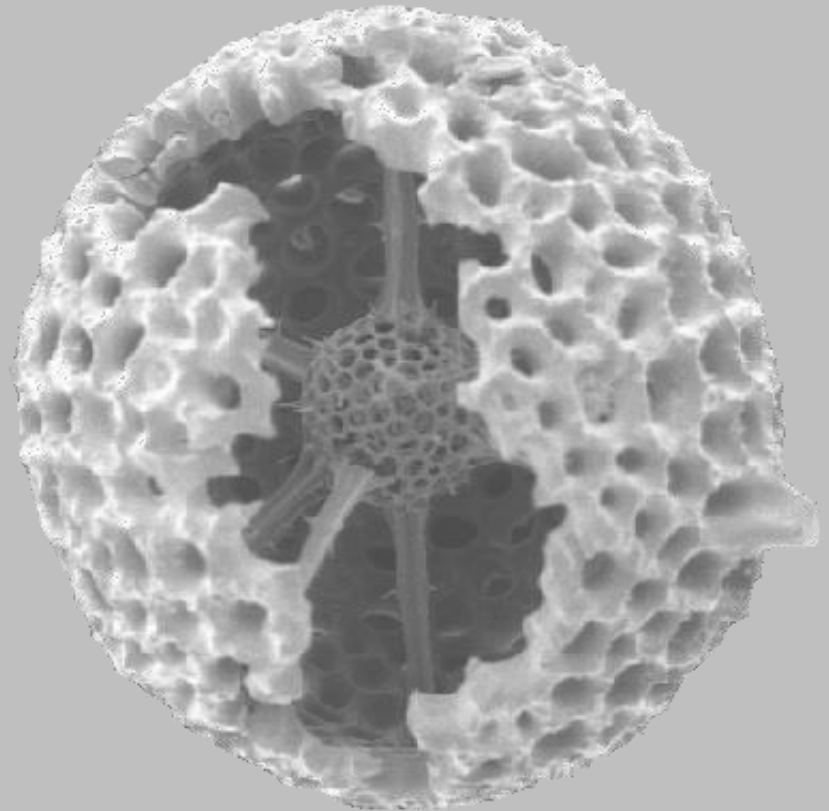


Lo scheletro degli Spumellaria ha esternamente una forma, in genere, sferica (simmetria raggiata) o derivata da una sfera (discoidale, lenticolare, ellissoidale) per accorciamento o allungamento di uno o più assi di accrescimento; esso presenta una struttura per lo più a graticcio o spugnosa. Spesso dalla sua superficie si proiettano verso l'esterno alcune spine radiali, lunghe e massicce, associate o meno a una spinosità minuta e uniformemente diffusa.



L'architettura scheletrica degli Spumellaria è costituita il più delle volte, oltre che da uno scheletro esterno, da uno o più scheletri interni, in genere di forma sferica, concentrici e riuniti tra loro da grosse spine. In questi casi, lo scheletro più esterno è detto scheletro o guscio corticale e gli altri (uno o più) scheletri o gusci medullari.

Il più interno dei gusci medullari si può trovare dentro la capsula centrale. La struttura dei gusci medullari può essere a graticcio o spugnosa, in modo indipendente dalla struttura del guscio corticale.



I **Nassellaria** presentano invece morfologie coniche, con simmetria radiale rispetto ad un asse longitudinale. Essi possono avere una gran varietà di forme coniche, cilindriche, a goccia, campana ed elmetto.

L'architettura scheletrica dei **Nassellaria** presenta uno scheletro esterno e uno scheletro interno.

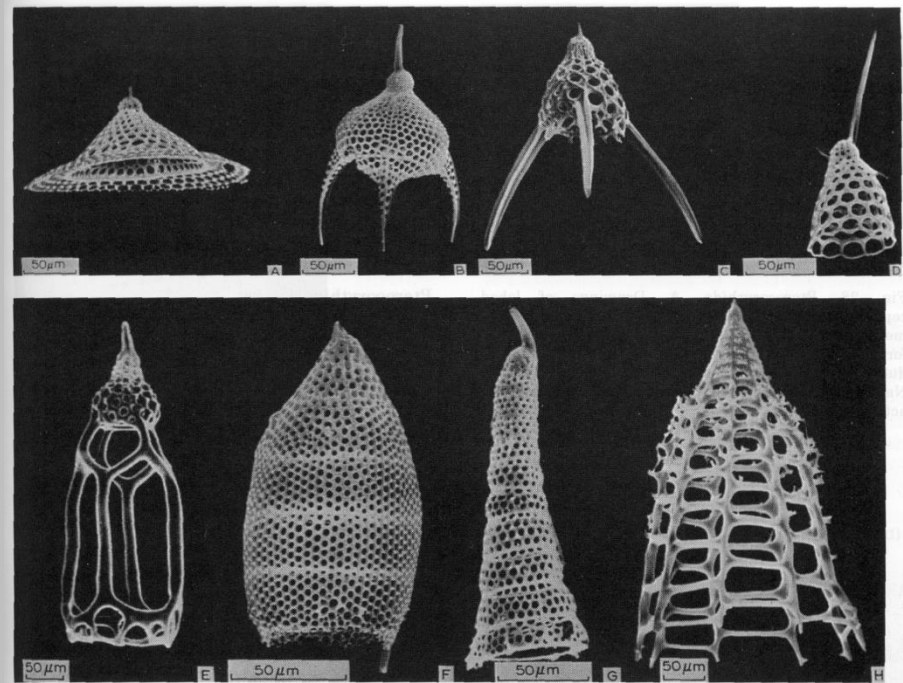


Fig. 26. Theoperids.

Theoperids (Fig. 26)

S: Small spherical cephalis and one or more post-cephalic chambers.

DF: Cephalis usually poreless or sparsely perforate.

R: Cephalis contains reduced internal spicule homologous with that of plagoniids; a large, probably polyphyletic group containing majority of ordinary cap- or helmet-shaped nassellarians.

GR: Triassic to Recent.

Carpocaniids (Fig. 27)

S: Small cephalis merging with thorax.

DF: Cephalis nearly indistinguishable from thorax, often reduced to a few bars that are homologous with spicule in other groups.

GR: Eocene to Recent.

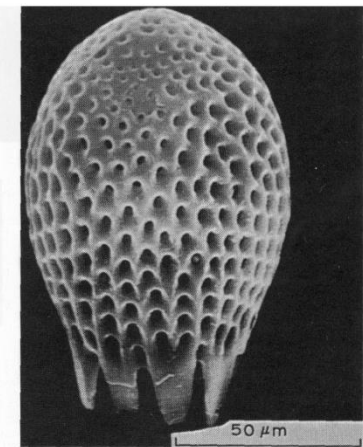


Fig. 27. Carpoconiid.

Lo scheletro esterno ha una forma allungata più o meno subconica (simmetria assiale). È costituito da uno o più segmenti (= camere) disposti in linea retta dall'apice alla base del cono.

Il primo segmento (cephalis) è conico o emisferico, ed in molti Nassellaria è l'unico segmento presente, i successivi segmenti (thorax, abdomen, postabdomina) hanno forma anulare.

La struttura dello scheletro esterno è, in genere, a graticcio o liscia, ornamentata solo da alcune grosse spine (apicali e basali).

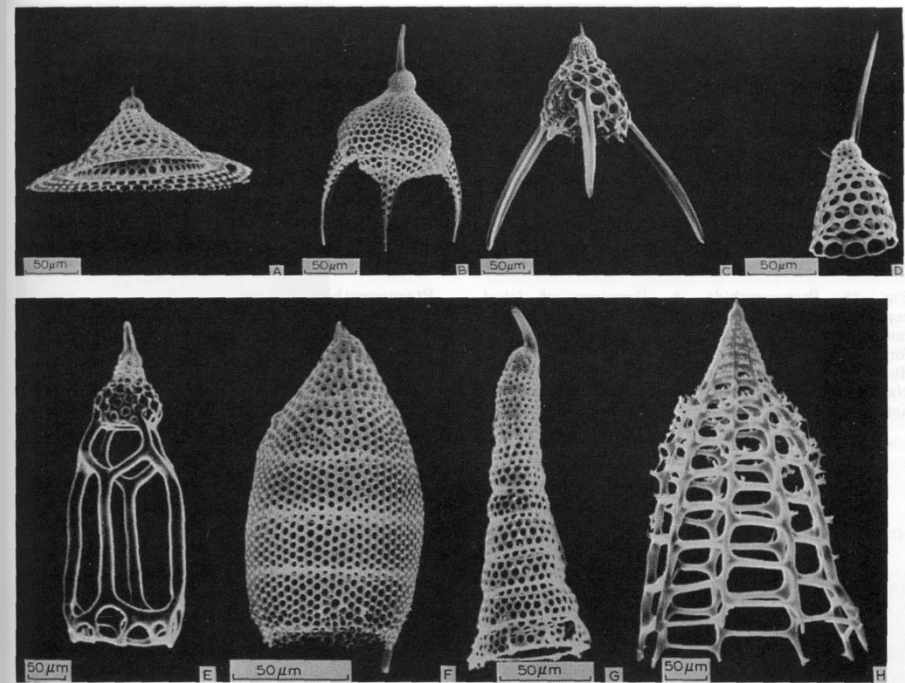


Fig. 26. Theoperids.

Theoperids (Fig. 26)

S: Small spherical cephalis and one or more post-cephalic chambers.

DF: Cephalis usually poreless or sparsely perforate.

R: Cephalis contains reduced internal spicule homologous with that of plagoniids; a large, probably polyphyletic group containing majority of ordinary cap- or helmet-shaped nassellarians.

GR: Triassic to Recent.

Carpocaniids (Fig. 27)

S: Small cephalis merging with thorax.

DF: Cephalis nearly indistinguishable from thorax, often reduced to a few bars that are homologous with spicule in other groups.

GR: Eocene to Recent.

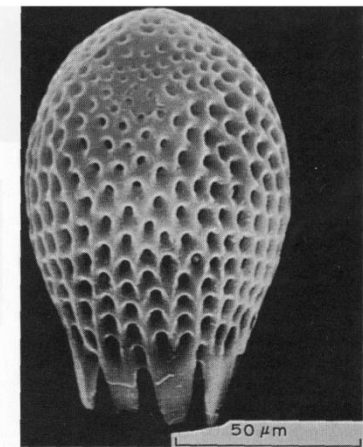


Fig. 27. Carpoconiid.

Plagoniids (Fig. 24)

S: Simple nassellarian spicule or single latticed chamber (cephalis).

DF: Basic spicule without post-cephalic chambers.

R: Wide variety of forms developed from accessory spines and branches, including latticed chamber surrounding spicule; probably a polyphyletic group subject to future subdivision.

GR: Cretaceous to Recent.

Acanthodesmiids (Fig. 25)

S: D-shaped ring or latticed, bilobed chamber with D-shaped sagittal ring.

DF: D-shaped ring always conspicuous externally.

R: Forms range from simple rings to latticed chambers consisting of lobes developed on either side of the D-ring; family has been revised by Goll (1968, 1969) under name Trissocyclidae.

GR: Cenozoic.

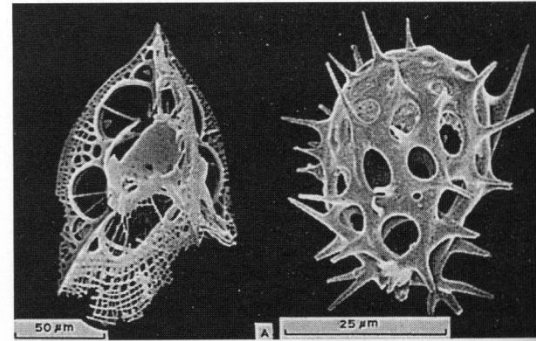


Fig. 24. Plagoniids.

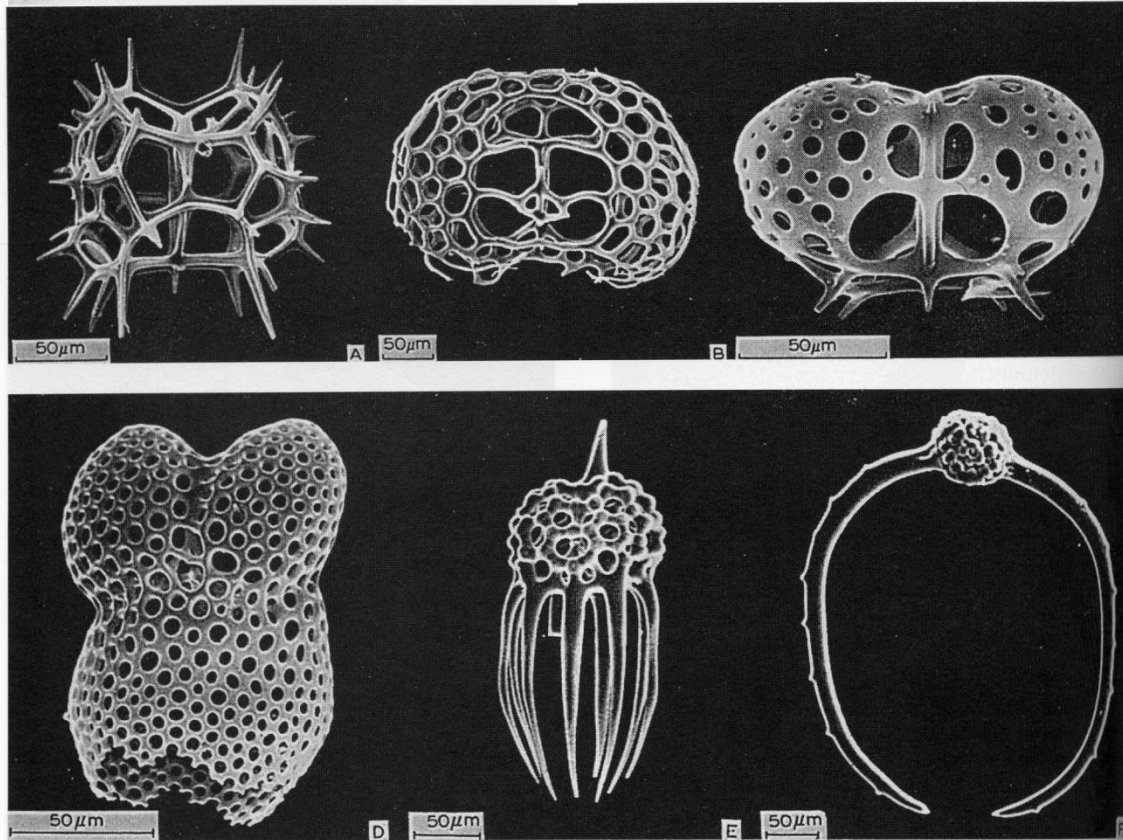


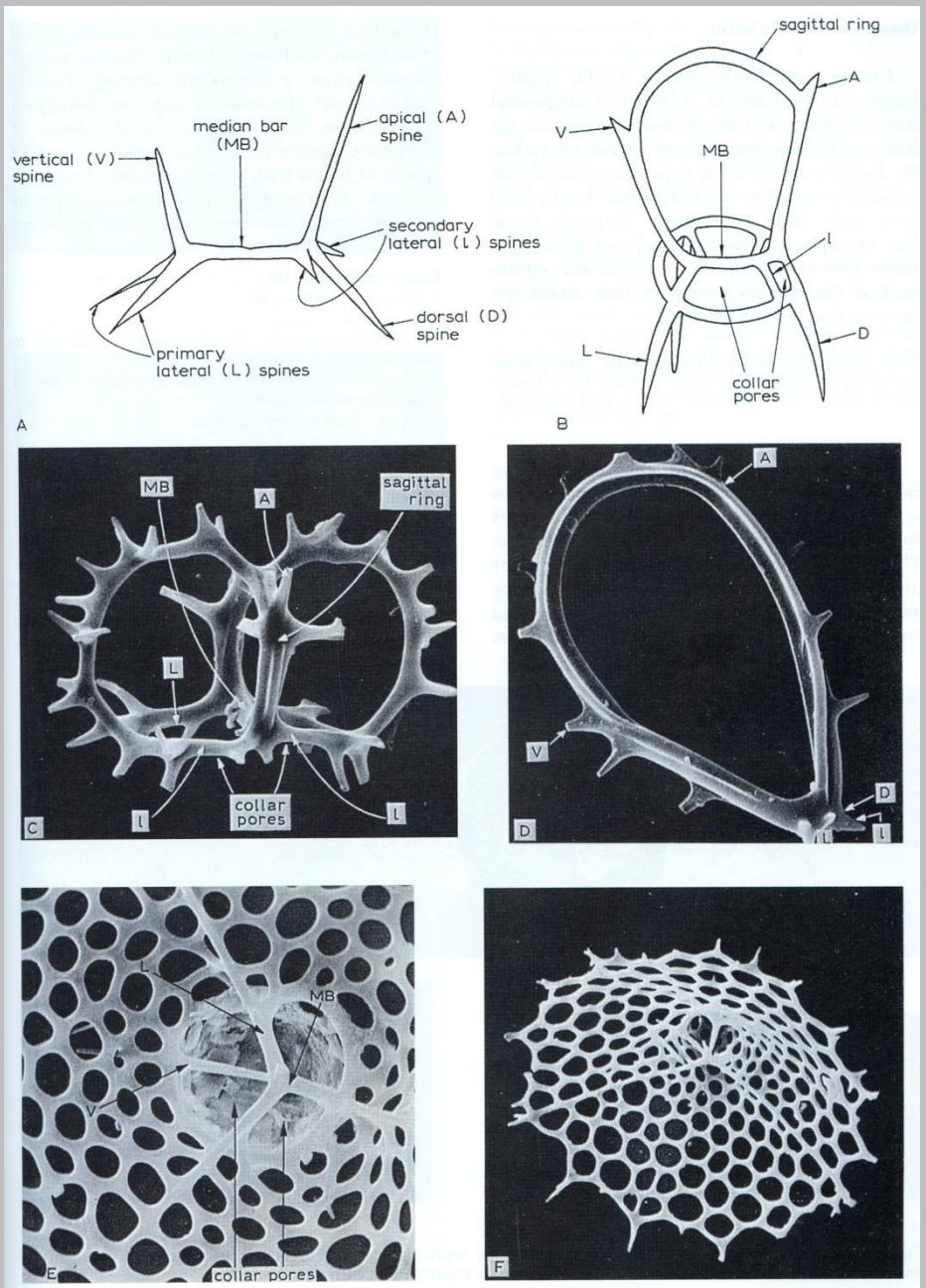
Fig. 25. Acanthodesmiids.

Lo scheletro interno è costituito essenzialmente da una spicola (il tripode), situata sempre all'interno del cephalis. È caratterizzato da tre spine (= raggi) ad una estremità e da quattro spine all'altra estremità, in parte dirette verso l'alto e in parte verso il basso.

Queste spine si prolungano spesso al di fuori dello scheletro esterno.

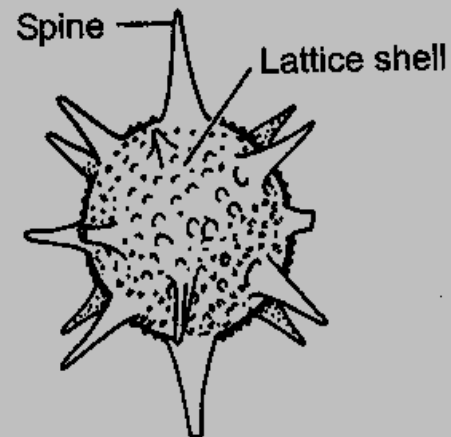
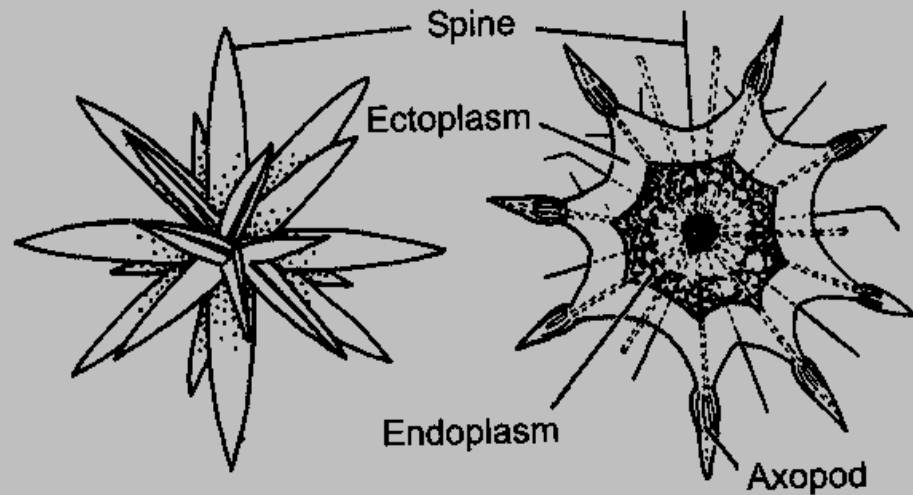
La barra mediana della spicola e delle spine si raccordano fra loro a formare degli archi, il principale dei quali è l'arco o anello sagittale.

- A: elementi base e terminologia;
- B: interconnessioni tra gli elementi a formare la forma D (anello sagittale e collar pores);
- C, D: elementi base in forme semplici;
- E, F: elementi base in forme più complesse.



Gli **Acantharia** hanno lo scheletro costituito da celestite, un particolare solfato di stronzio, che non si preserva però mai nei sedimenti.

Essi sono costruiti su di un modello di alta simmetria a venti spine.



Ecologia

Organismi esclusivamente marini planctonici, i radiolari vivono in genere isolati.

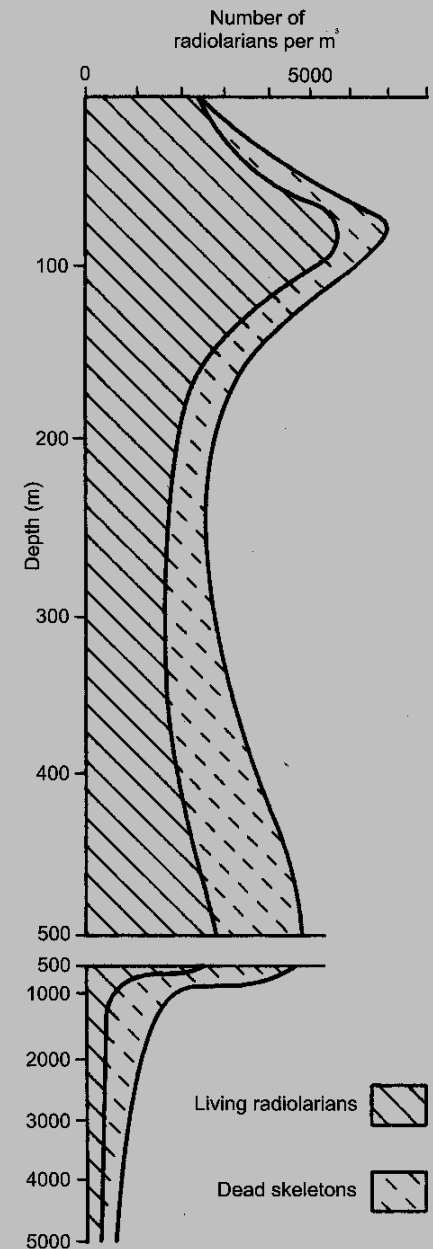
Alcuni gruppi formano colonie macroscopiche nelle quali centinaia di esemplari sono immersi in una massa gelatinosa translucida.

Sono protozoi planctonici ampiamente diffusi in mare aperto, dalla superficie fino a parecchie centinaia di metri di profondità.

Nelle acque superficiali dominano gli Spumellaria gradualmente sostituiti con la profondità dai Nassellaria e dai Phaeodaria.

Hanno la possibilità di fissarsi ad oggetti galleggianti: in cattività possono esplorare le pareti dell'acquario senza apparenti difficoltà.

Non sono note forme bentoniche.



Distribuzione geografica

I radiolari hanno una ampia distribuzione geografica, dall'equatore ai poli.

Biocenosi ricche di specie di radiolari sono presenti nelle regioni delle correnti equatoriali e in corrispondenza dei grandi circuiti oceanici delle medie e basse latitudini che determinano l'arricchimento di sostanze nutritive nelle acque superficiali.

I radiolari sono assenti o scarsamente rappresentati nelle regioni centro oceaniche.

Alle alte latitudini le associazioni a radiolari sono relativamente povere di specie ma ricche di individui. Le specie presenti alle alte latitudini sono assenti o rare alle basse latitudini.

È stato notato occasionalmente, durante fasi di intensa attività vulcanica sottomarina, un arricchimento di silice disciolta nelle acque circostanti, associato a una fioritura di forme a guscio siliceo.

Si tratta, tuttavia, di episodi di limitata estensione sia spaziale sia temporale e in ogni caso non paragonabili con la produttività di organismi silicei legata ai grandi circuiti oceanici.

La presenza relativamente limitata di radiolari nei sedimenti contrasta con la loro diffusione e la loro abbondanza nei mari attuali.

Le acque del mare non sono sature di silice e tendono a dissolvere i gusci di silice idrata dei radiolari, in particolare i gusci più delicati. Una grande parte dei gusci vuoti dei radiolari si dissolve con la profondità.

Nei sedimenti superficiali (fino a 10 - 20 cm di profondità) la dissoluzione è continua ad opera delle acque interstiziali e dell'azione bioturbatrice degli organismi bentonici. Ne risulta una concentrazione delle forme a guscio più robusto. Si tratta quasi esclusivamente di scheletri di *Polycystina*. Resti di *Phaeodaria* sono eccezionalmente preservati in condizioni di accumulo particolarmente rapido di sedimenti e di alto contenuto di silice.

Sedimenti ricchi di radiolari sono tipici di aree caratterizzate da ricche biocenosi. In queste regioni, i radiolari sono associati nei sedimenti alle diatomee. Queste ultime sono molto più abbondanti nelle regioni polari.

Nelle regioni centro-oceaniche i gusci di radiolari sono presenti nei sedimenti solo dove la velocità di sedimentazione è localmente particolarmente elevata per apporto di materiale piroclastico o di materiale torbido da isole oceaniche e dai rilievi sottomarini.

I radiolari sono in genere assenti o rari nei sedimenti dei margini continentali dove sono diluiti dal notevole apporto di materiale terrigeno. Possono, tuttavia, essere localmente anche abbondanti in bacini peri-continentali relativamente poco profondi dove le condizioni chimiche siano particolarmente favorevoli alla loro preservazione e l'apporto terrigeno sia relativamente molto basso (es. bacino di S. Barbara, in California, coste occidentali della Norvegia e del N. America).

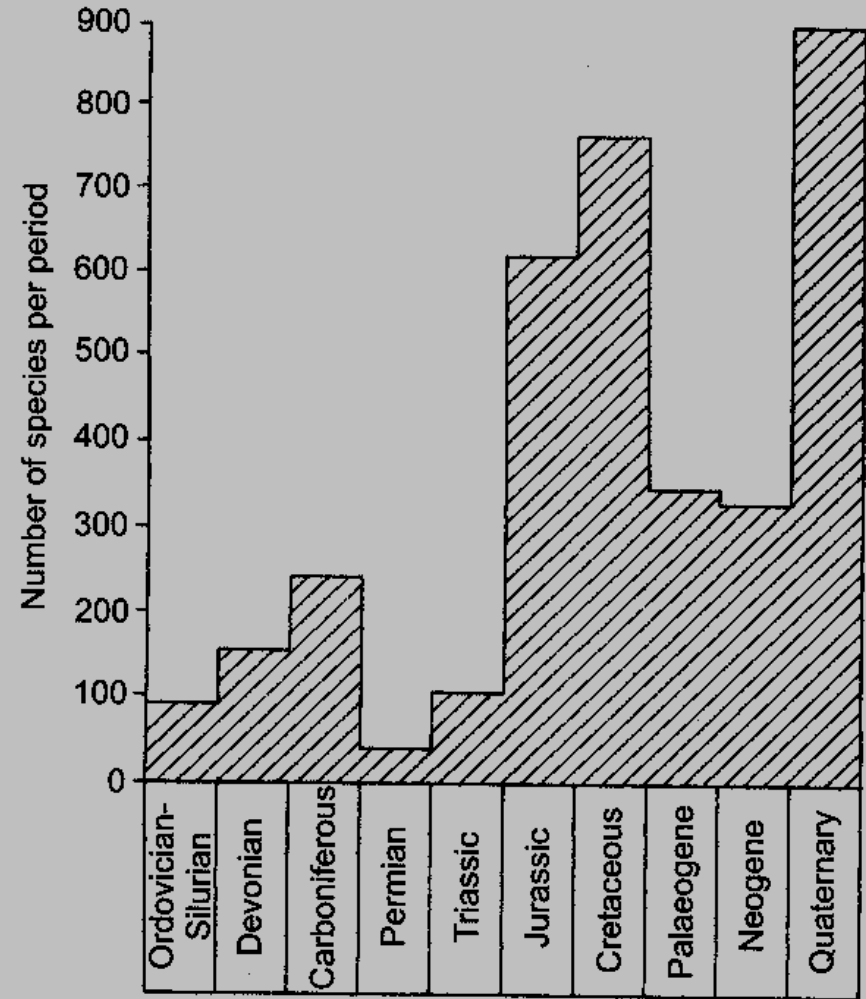
Distribuzione stratigrafica

I Radiolari sono comparsi nel Cambriano (circa 530 Ma) e sono considerati uno dei primi gruppi ad avere adottato un modo di vita flottante.

La loro storia è caratterizzata da alcuni momenti di crisi. I principali sono:

- Permiano-Triassico, dovuto alla chiusura di molti bacini equatoriali
- Paleogene, per la concorrenza con i foraminiferi planctonici.

I dati possono però essere inficiati dalla mancanza di documentazione fossile degli Achantaria e dei radiolari non mineralizzati



Applicazioni

Stratigrafia

Sono utilizzati dal Paleocene all'Attuale, anche se la loro risoluzione è molto inferiore a quella di altri organismi (es. Foraminiferi). Sono utili soprattutto in ambienti che hanno provocato la dissoluzione dei carbonati.

Indicatori ambientali

La loro importanza è in continuo aumento come indicatori di profondità, paleoclima e paleotemperature.

Paleogeografia

Sono stati usati per riconoscere variazioni geografiche nei fondali oceanici (es. Panama).

"Radiolarian Art"

