

LA RIPRODUZIONE ANIMALE

2 PRINCIPALI MODALITA' DI RIPRODUZIONE:

1. RIPRODUZIONE ASSESUALE: LA > PARTE PER MITOSI

2. RIPRODUZIONE SESSUALE

GAMETI APLOIDI (MEIOSI)

GAMETE MASCHILE X GAMETE FEMMINILE  ZIGOTE DIPLOIDE

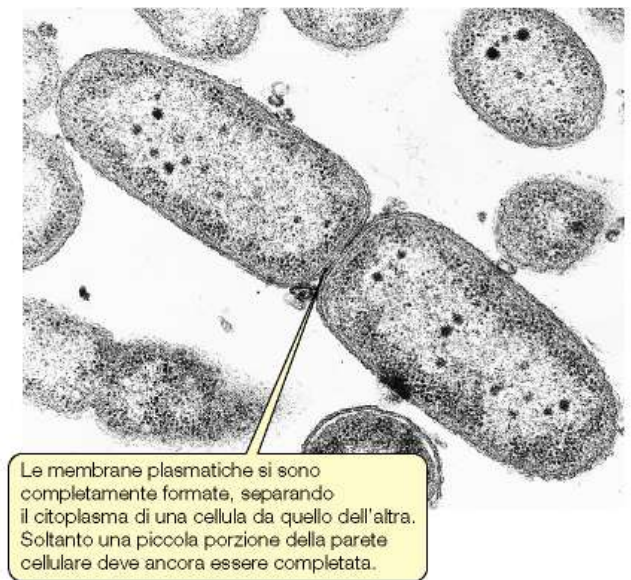
VANTAGGI:

MAGGIOR VARIABILITA' GENETICA

SUCCESSO RIPRODUTTIVO DEI GENITORI ANCHE IN CONDIZIONI AVVERSE
(PATOGENI – VARIAZIONI AMBIENTALI)

1. RIPRODUZIONE ASESSUALE

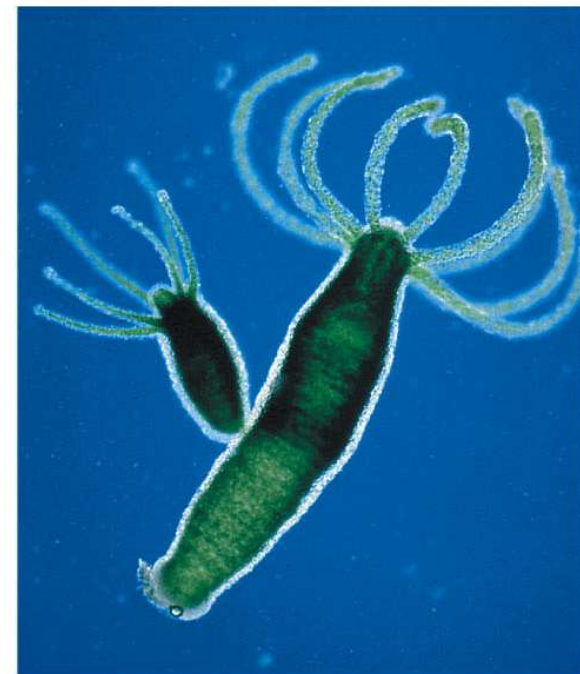
a. SCISSIONE: UN ORGANISMO SI DIVIDE IN 2



b. GEMMAZIONE: NUOVI INDIVIDUI SI ORIGINANO COME GEMME SUL CORPO DEL GENITORE (CNIDARI, TUNICATI)
PORIFERI → GEMMULE

(A) *Hydra* sp.

(Tunicati)



(Cnidari)

c. FRAMMENTAZIONE: IL CORPO DI UN INDIVIDUO SI FRAMMENTA, E OGNI FRAMMENTO DA' ORIGINE AD UN NUOVO INDIVIDUO

FRAMMENTAZIONE → RIGENERAZIONE : RICRESCITA DELLE PARTI CORPOREE PERDUTE (ECHINODERMI, PORIFERI, CNIDARI, ANELLIDI POLICHETI, TUNICATI)

(B) *Fromia* sp.



CICLI RIPRODUTTIVI CONTROLLATI DA COMBINAZIONE DI FATTORI ORMONALI E AMBIENTALI (temperatura, regime delle piogge, lunghezza del fotoperiodo, cicli lunari)

Riproduzione asessuale soprattutto tra invertebrati. Caratteristica di specie sessili o di sp. i cui individui vivono distanti, per cui incontro molto difficile. Di solito vivono in ambienti stabili, la variabilità genetica non essenziale per la loro sopravvivenza

CERTI ANIMALI

SOLO RIPRODUZIONE ASESSUALE
SOLO RIPRODUZIONE SESSUALE

ALTRI → ALTERNANZA DELLE DUE MODALITA'

RIPRODUZIONE ASESSUATA PER PARTENOGENESI (d) (SVILUPPO DI UOVA NON FECONDATE) La partenogenesi può determinare il sesso della prole

RIPRODUZIONE ASESSUATA → IN CONDIZIONI AMBIENTALI FAVOREVOLI
RIPRODUZIONE SESSUATA → IN PERIODI DI STRESS AMBIENTALI

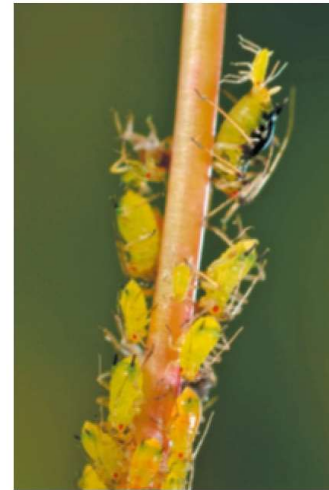
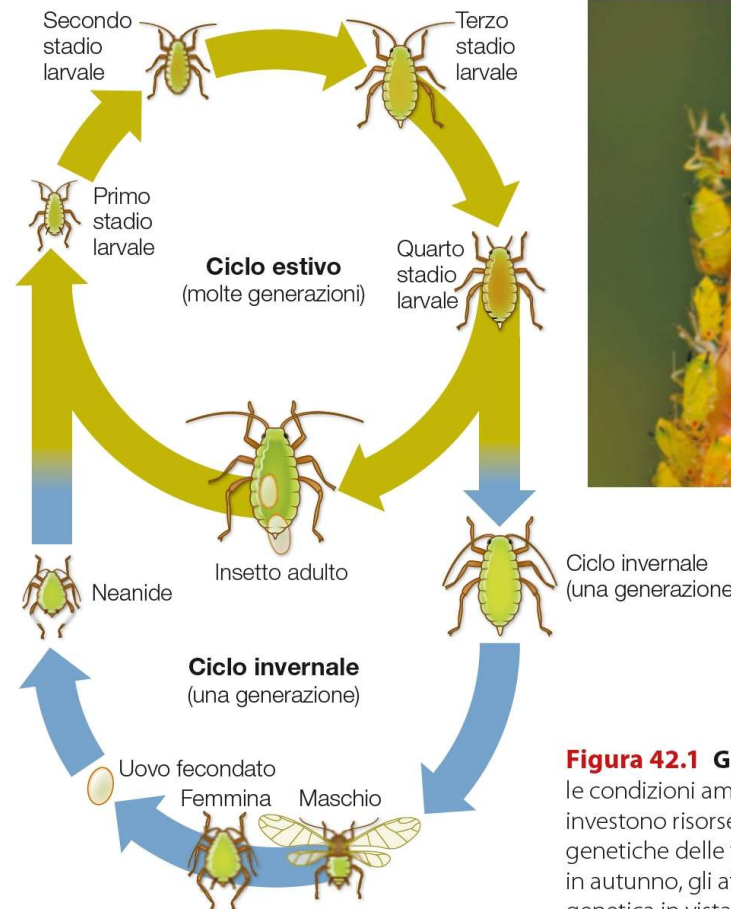


Figura 42.1 Gli afidi si riproducono sia sessualmente sia asessualmente. Quando le condizioni ambientali sono favorevoli, come in un cespuglio di rose in estate, gli afidi investono risorse riproducendosi rapidamente per via asessuata, producendo quindi copie genetiche delle femmine. Ma quando le condizioni ambientali diventano incerte, come in autunno, gli afidi si riproducono per via sessuata, incrementando quindi la loro diversità genetica in vista di condizioni ambientali mutevoli e incerte.

PARTENOGENESI → IMPORTANTE NELL'ORGANIZZAZIONE
SOCIALE IN API, VESPE, FORMICHE

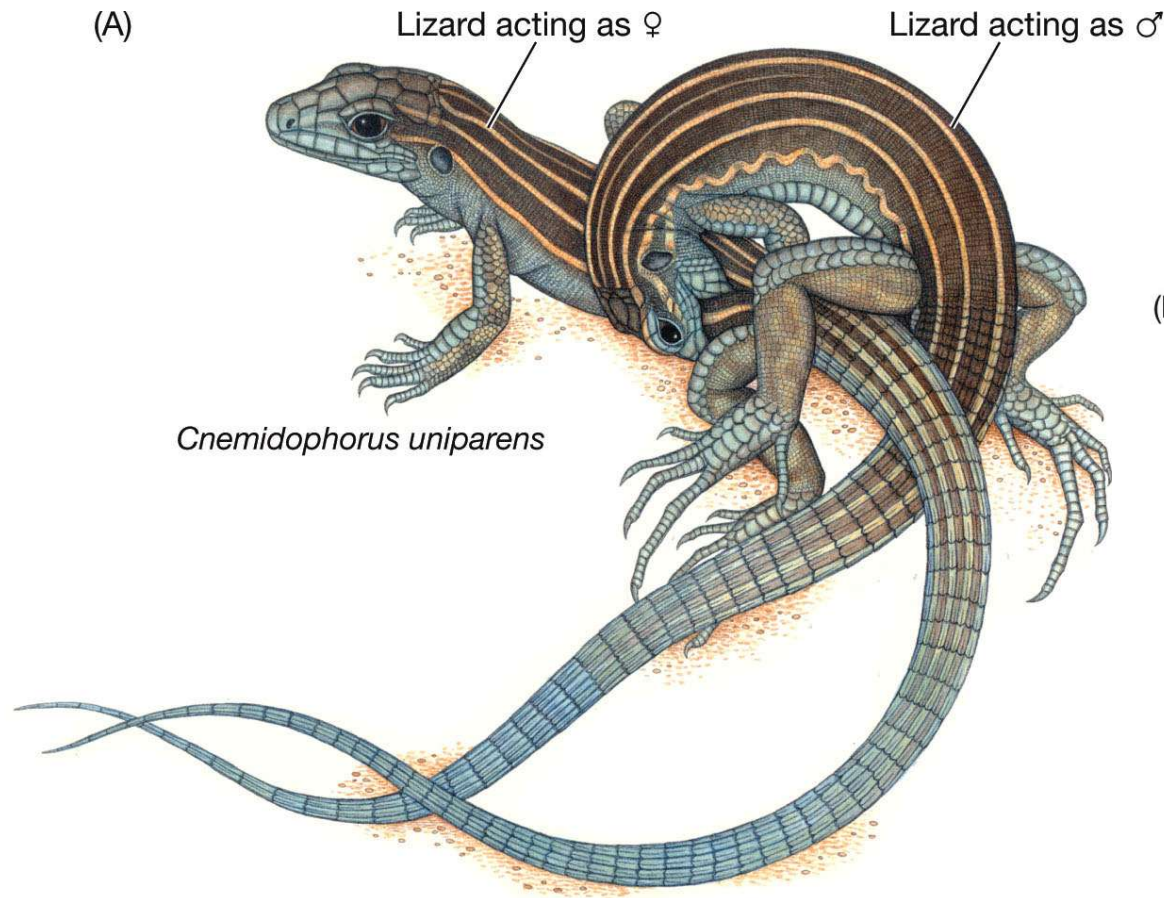
NELLE API IL SESSO DETERMINATO DAL GRADO DI PLOIDIA DELLE UOVA

- UOVA DIPLOIDI (FECONDATE) → FEMMINE
- UOVA APLOIDI (NON FECONDATE) → MASCHI

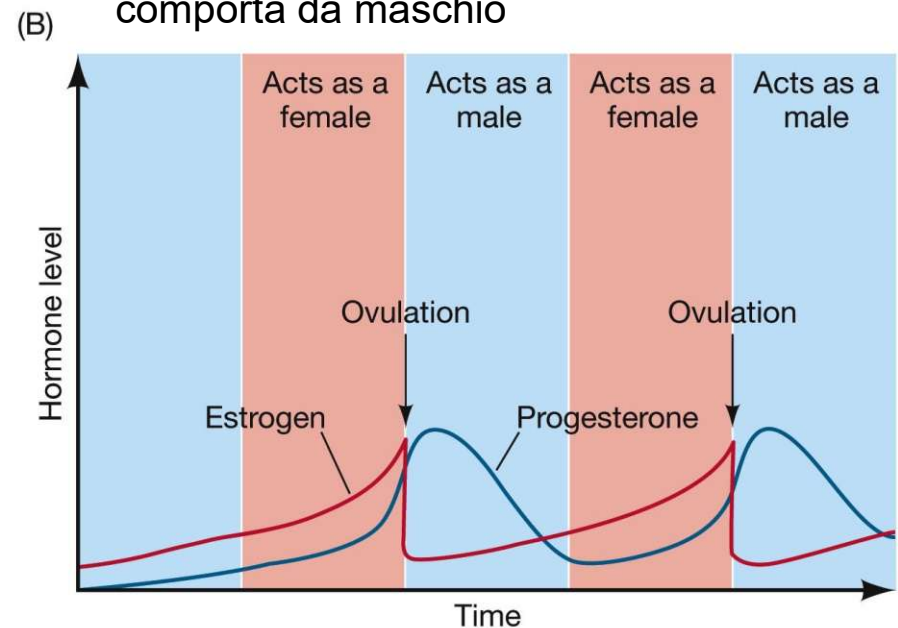
NEI VERTEBRATI → NUMEROSI GENERI DI PESCI, ANFIBI E
RETTILI LACERTILI → RIPRODUZIONE PER
PARTENOGENESI (con duplicazione dei cromosomi dopo la meiosi per dare zigoti
diploidi non fecondati)

In alcune specie, le femmine possono comportarsi da maschi in dipendenza delle condizioni ormonali cicliche di estrogeno e progesterone.

Es. nel Texas le lucertole dalla coda a frusta, genere *Cnemidophorus*, sono tutte femmine partenogenetiche, ma a turno possono mettere in atto il comportamento sessuale tipico del maschio durante l'accoppiamento



Quando livello di estrogeno alto, la lucertola si comporta da femmina, quando livello di progesterone alto, la lucertola si comporta da maschio



e. ERMAFRODITISMO: (RIPRODUZIONE SESSUALE) CIASCUNO DEI 2 PARTNER E' PROVVISORIO DI APPARATO RIPRODUTTORE MASCHILE E FEMMINILE ANCHE SE OGNI INDIVIDUO SI INCROCIA **CON ALTRI** DELLA STESSA SPECIE

RARA L'AUTOFECONDAZIONE

IN ANIMALI CON DIFFICOLTA' A TROVARE INDIVIDUI DI SESSO OPPOSTO (es.: organismi sessili, fossori come i lombrichi o parassiti come la tenia)

SCAMBIO RECIPROCO DI SPERMATOZOI → NUMERO DI FIGLI PRODOTTO DOPPIO

ERMAFRODITISMO SEQUENZIALE: INDIVIDUO VA INCONTRO A INVERSIONE SESSUALE DURANTE IL CORSO DELLA SUA VITA:

- PROTEROGINO (SE LA FASE FEMMINILE E' LA PRIMA)
- PROTERANDRO (SE LA FASE MASCHILE PRECEDE QUELLA FEMMINILE)



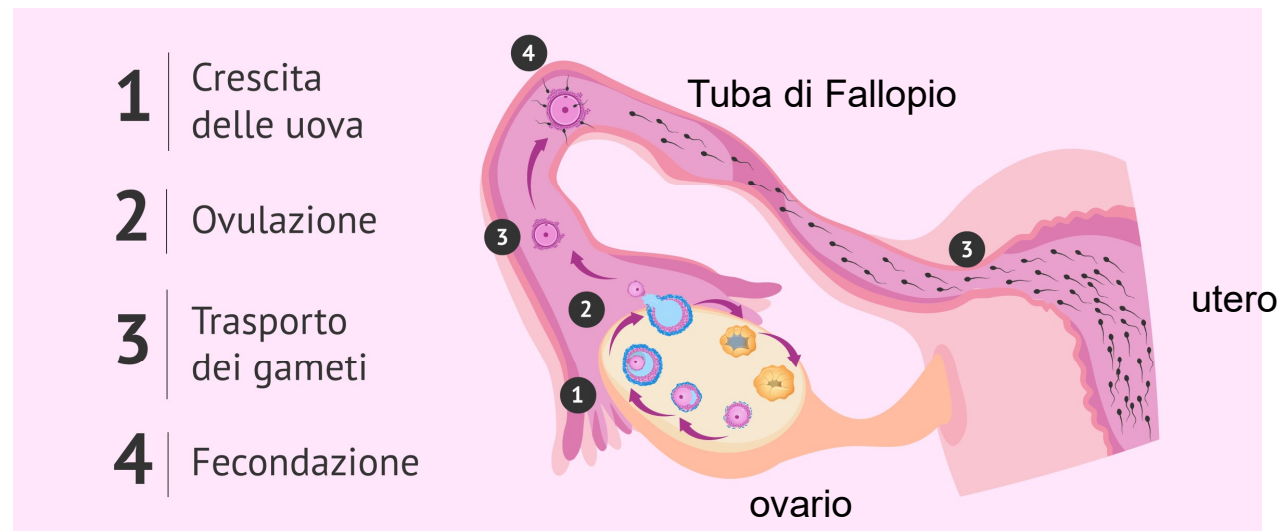
LA RIPRODUZIONE SESSUATA

La riproduzione sessuata prevede l'incontro del gamete maschile con quello femminile attraverso il processo della **fecondazione**.

Alcune specie praticano la **fecondazione esterna**, le uova rilasciate dalla femmina nell'ambiente esterno e successivamente fecondate dal maschio

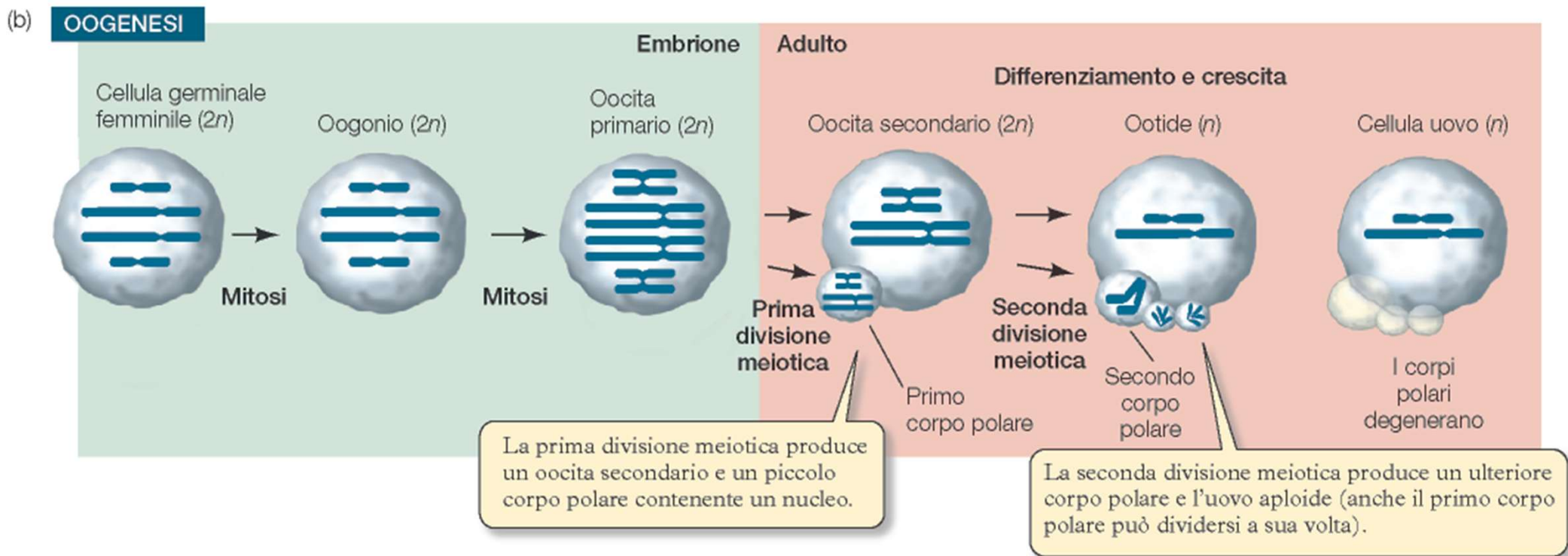


Altre specie praticano la **fecondazione interna** in quanto gli spermatozoi sono emessi in prossimità o all'interno delle vie genitali femminili e la fecondazione avviene all'interno di queste



GAMETOGENESI

Le cellule germinali maschili e femminili proliferano per mitosi e producono rispettivamente spermatogoni e oogoni diploidi. Questi si trasformano in spermatociti e ovociti primari prima di iniziare la meiosi

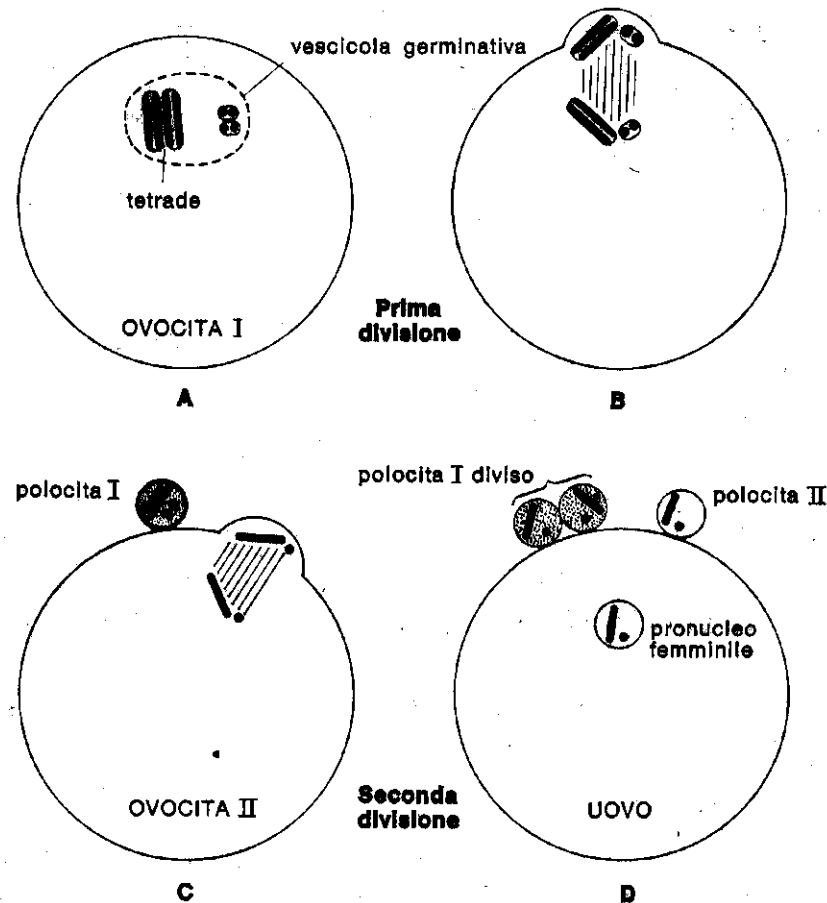


In molte sp. Uomo compreso gli oogoni cessano di moltiplicarsi già nella fase embrionale e gli oociti primari che si formano restano bloccati nella profase della prima divisione meiotica fino al momento dell'ovulazione e fecondazione. Ogni oocita produce uno solo ootide che matura trasformandosi in cellula uovo

Nel corso dell'ovogenesi, la meiosi comporta processi di citodieresi ineguali che distribuiscono la quasi totalità del citoplasma in un'unica cellula uovo

OVOGENESI

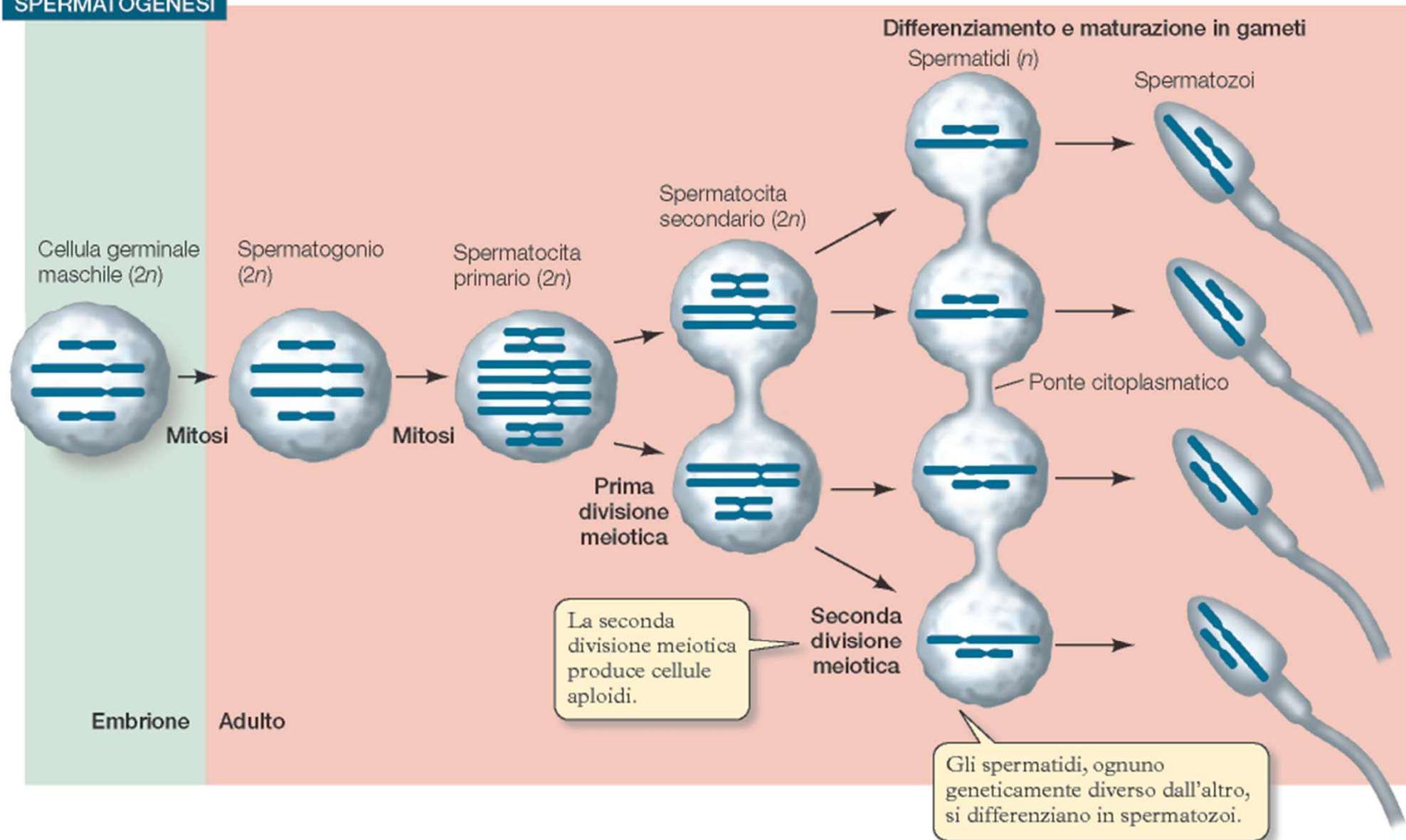
33



Schema di maturazione di gamete femminile ($n = 2$). A, diacinesi, con le due tetradi nella vescicola germinativa. B, anafase ed emissione del primo globulo polare. C, emissione del secondo globulo polare. D, fine della maturazione; il secondo polocita è stato emesso mentre il primo si è diviso in due.

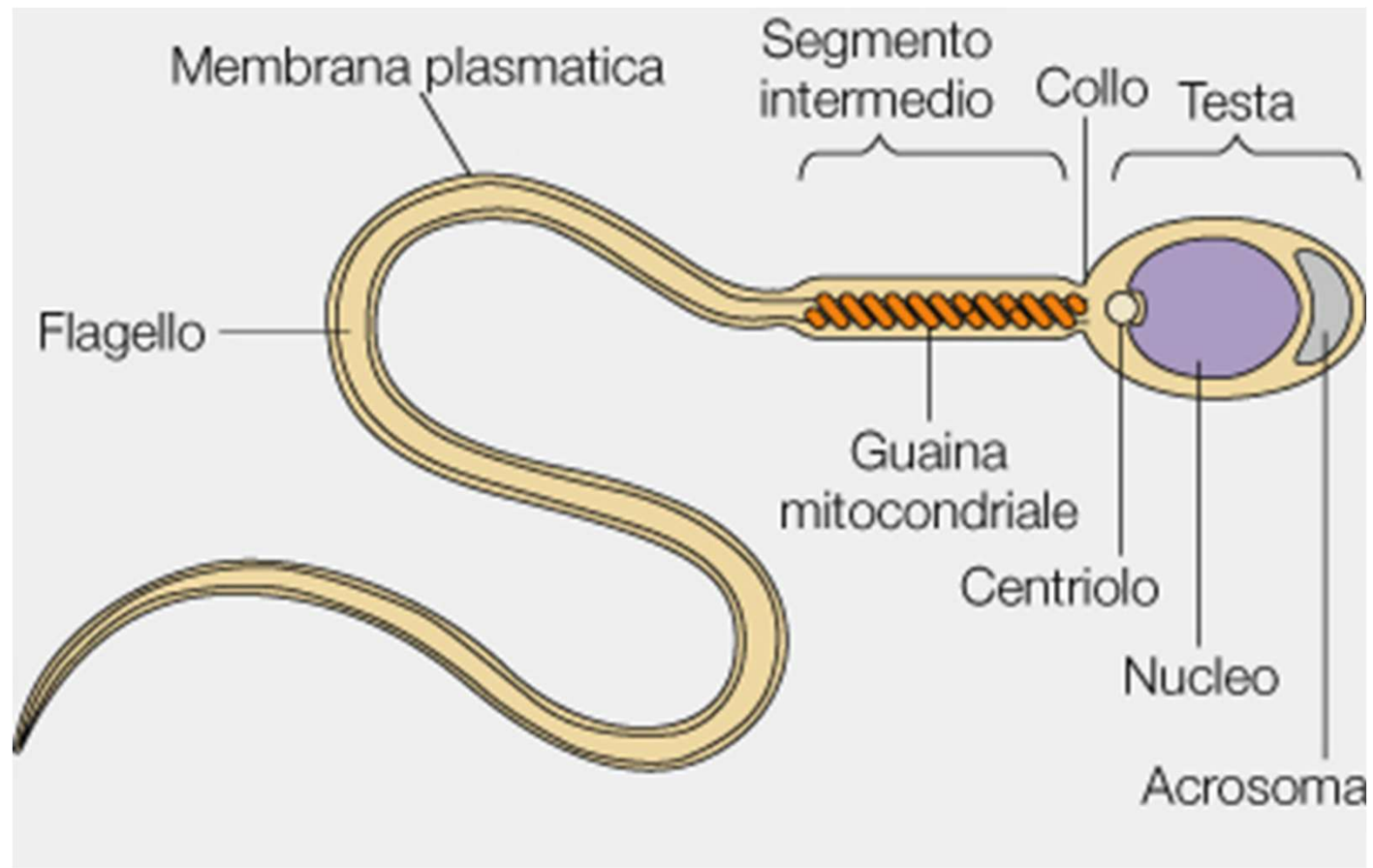
Fig. 19

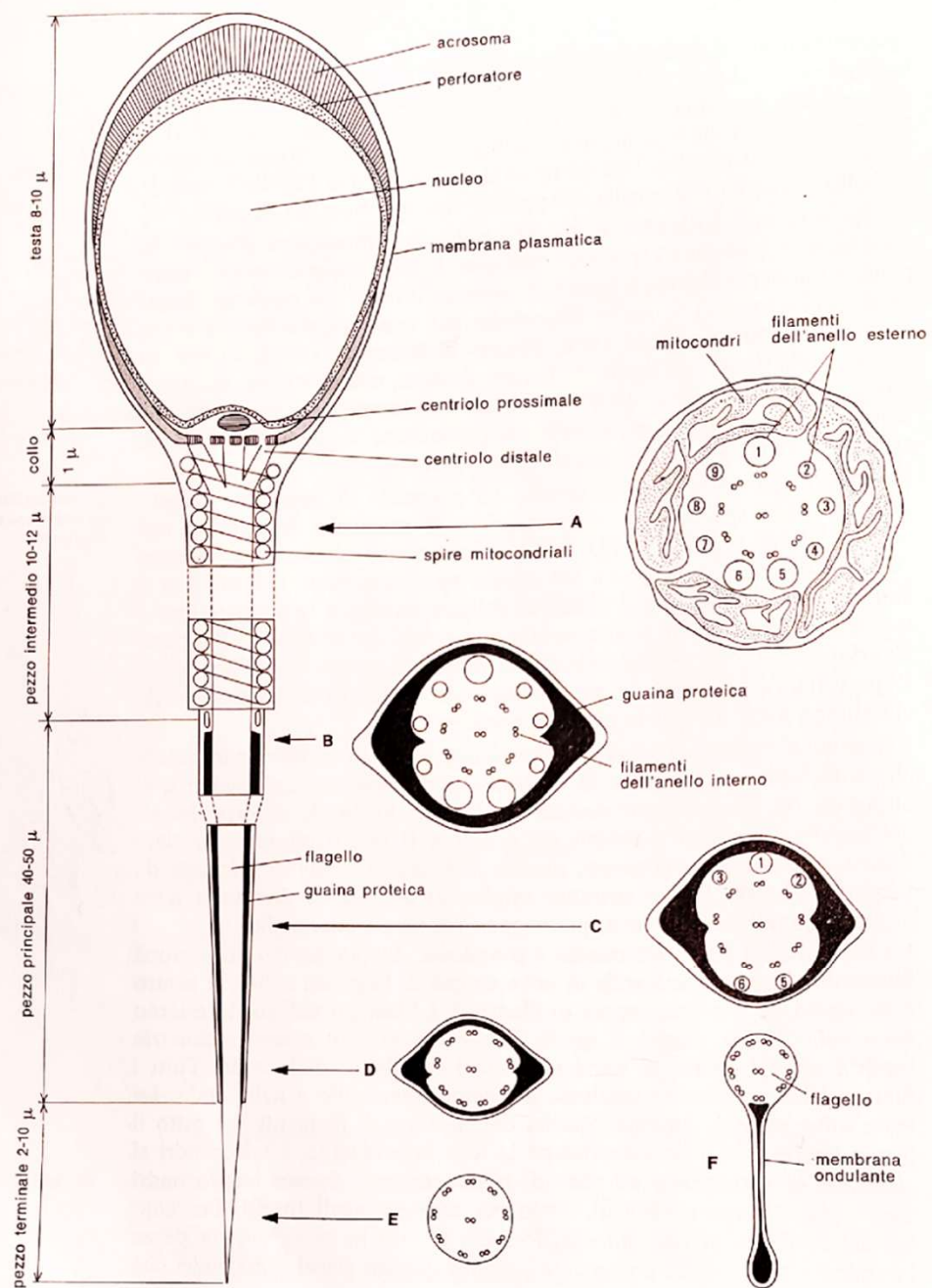
(a)

SPERMATOGENESI

Gli spermatogoni continuano a moltiplicarsi per mitosi anche nell'adulto, producendo una costante riserva di spermatociti che per meiosi danno origine a spermatidi aploidi, dai quali si formano spermatozoi maturi

Lo spermatozoo





Schema d'insieme

Sezioni trasversali

La spermiogenesi

18

GENERALITÀ

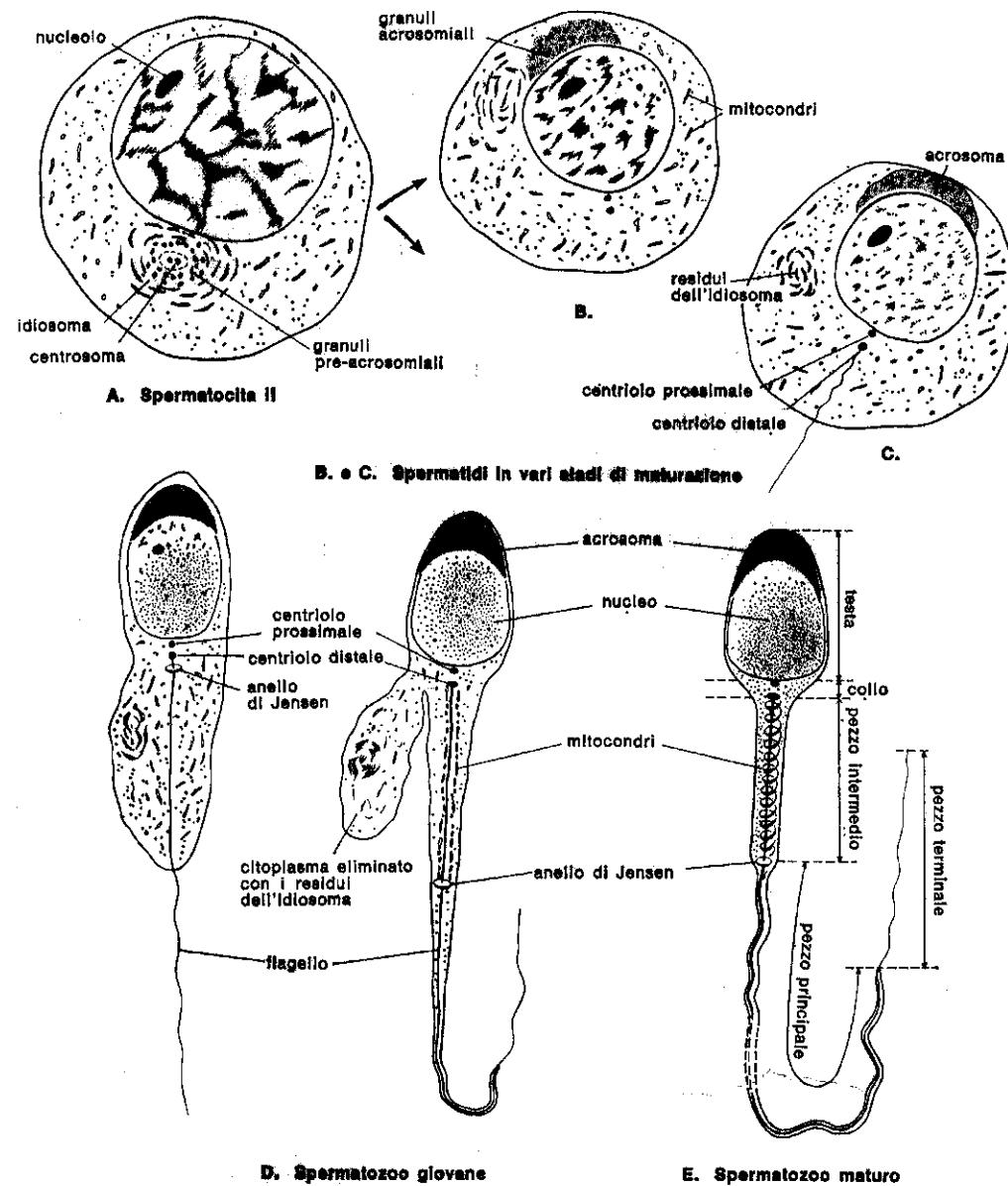
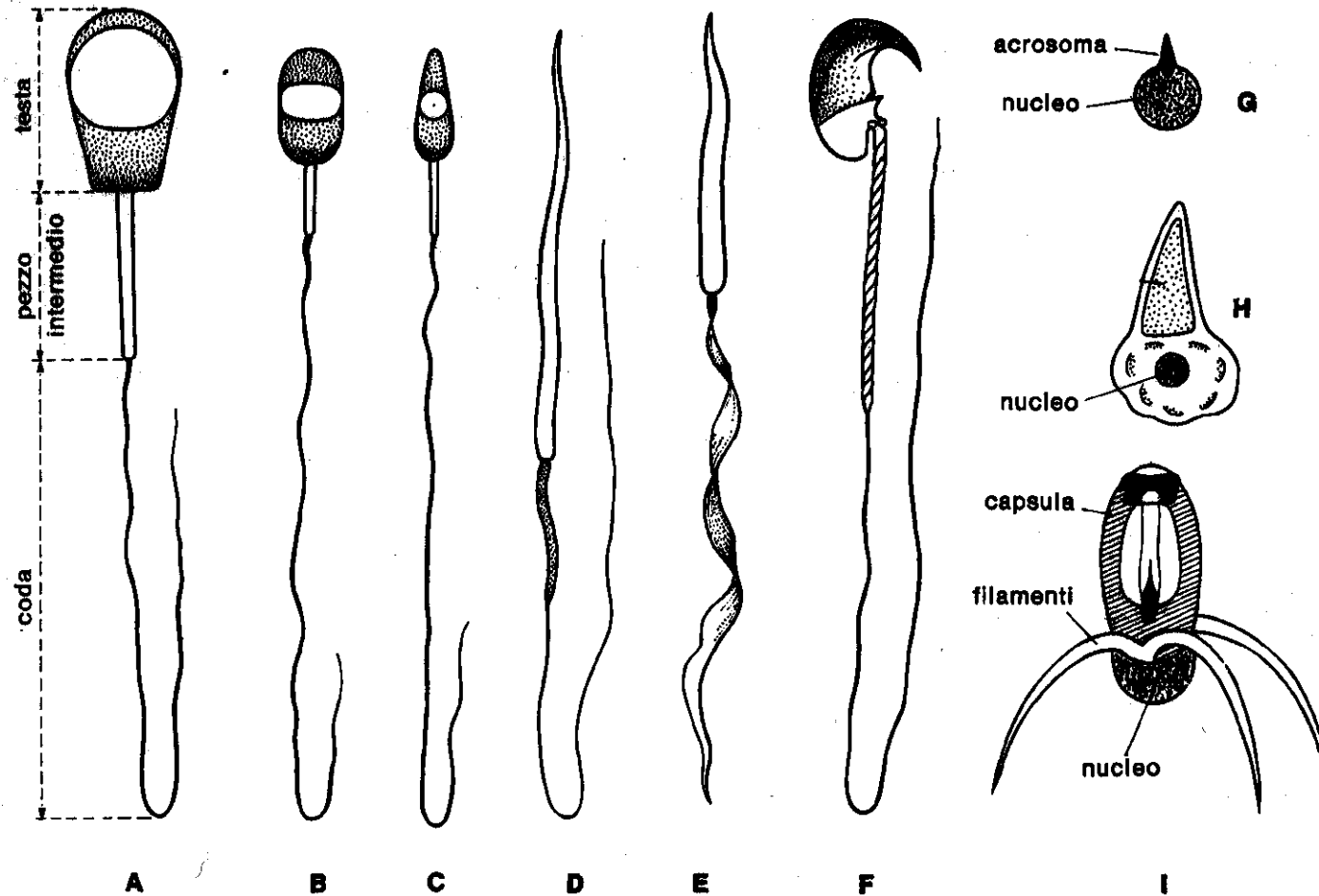


Fig. 11 Schema della spermiogenesi in un Mammifero. A, spermatocita II con voluminoso idiosoma. B, uno dei due spermatidi derivati dallo spermatocita II. C, spermatide nel quale inizia la formazione del flagello. D, due tappe della spermiogenesi: il citoplasma si raccoglie alla base del flagello e viene successivamente eliminato. E, schema di spermatozoo maturo.

I vari tipi di spermatozoi in specie diverse



Disegno schematico di vari spermatozoi. A, toro (testa: lunghezza 8 μ ; larghezza 4 μ ; spessore 1 μ . Pezzo intermedio: lunghezza 10 μ ; diametro 1,5 μ . Coda: lunghezza 5 μ ; diametro 0,8 μ). B e C, uomo (visto di faccia e di fianco). D, rana. E, rospo. F, topo. G, termite. H, Ascaris. I, Homarus (Crostaceo decapode).

Fig. 13

Differenze tra ovogenesi e spermatogenesi:

1. CITODIERESI UGUALE PER GLI SPERMATOZOI, DISEGUALE PER LE CELLULE UOVO (GLOBULI POLARI)
2. SPERMATOGONI CONTINUANO A DIVIDERSI PER TUTTA LA VITA DEL MASCHIO, LA FEMMINA ALLA NASCITA CONTIENE NELL'OVARIO TUTTI I GAMETI DELLA SUA RISERVA (ANCHE SE IMMATURI)
3. NELL' OOGENESI LUNGO PERIODO DI STASI PRIMA CHE IL PROCESSO DELLA MEIOSI SI COMPLETI, NELLA SPERMATOGENESI GAMETI PRODOTTI IN SEQUENZA ININTERROTTA

Gli organi deputati alla produzione dei gameti sono le gonadi: femminili o **ovari** e maschili o **testicoli**

Le gonadi nei vertebrati compaiono in uno stadio di sviluppo embrionale piuttosto avanzato. I primordi dei tessuti gonadici: le **pieghe genitali**

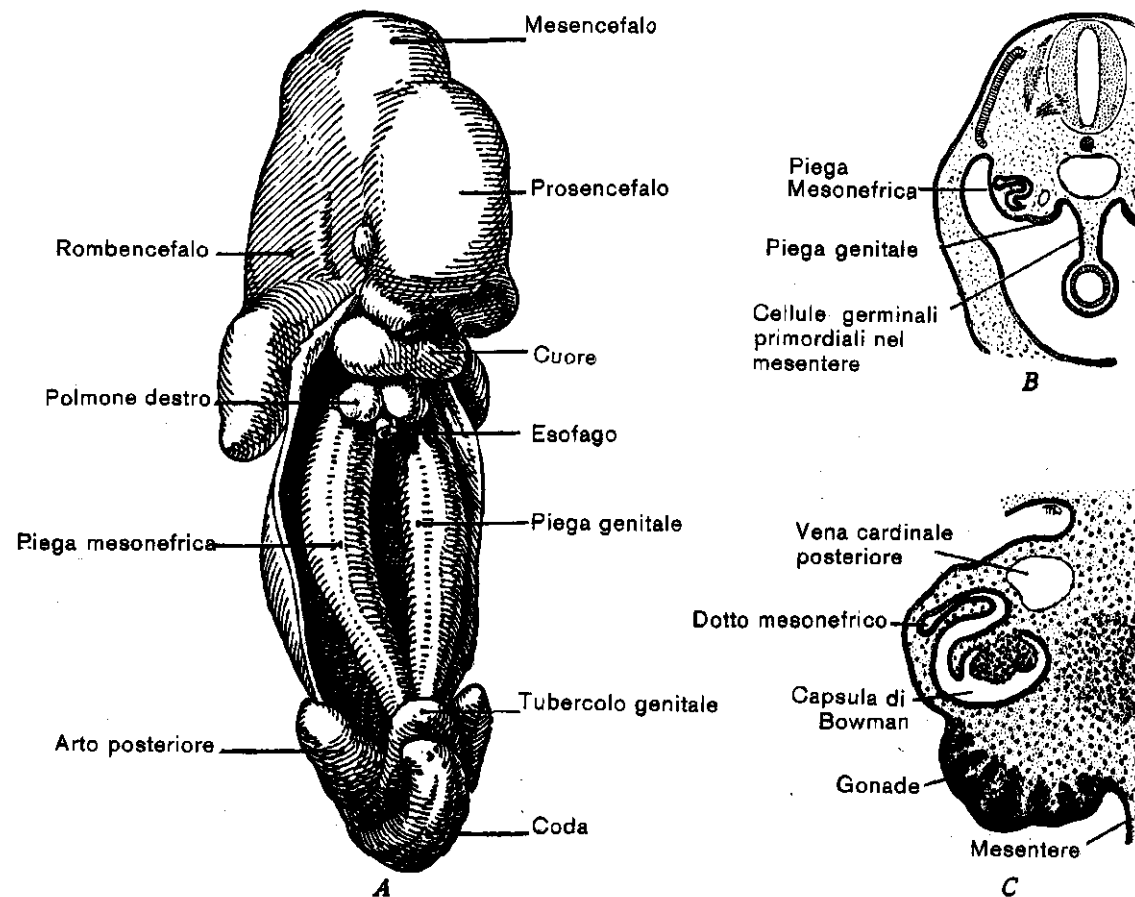
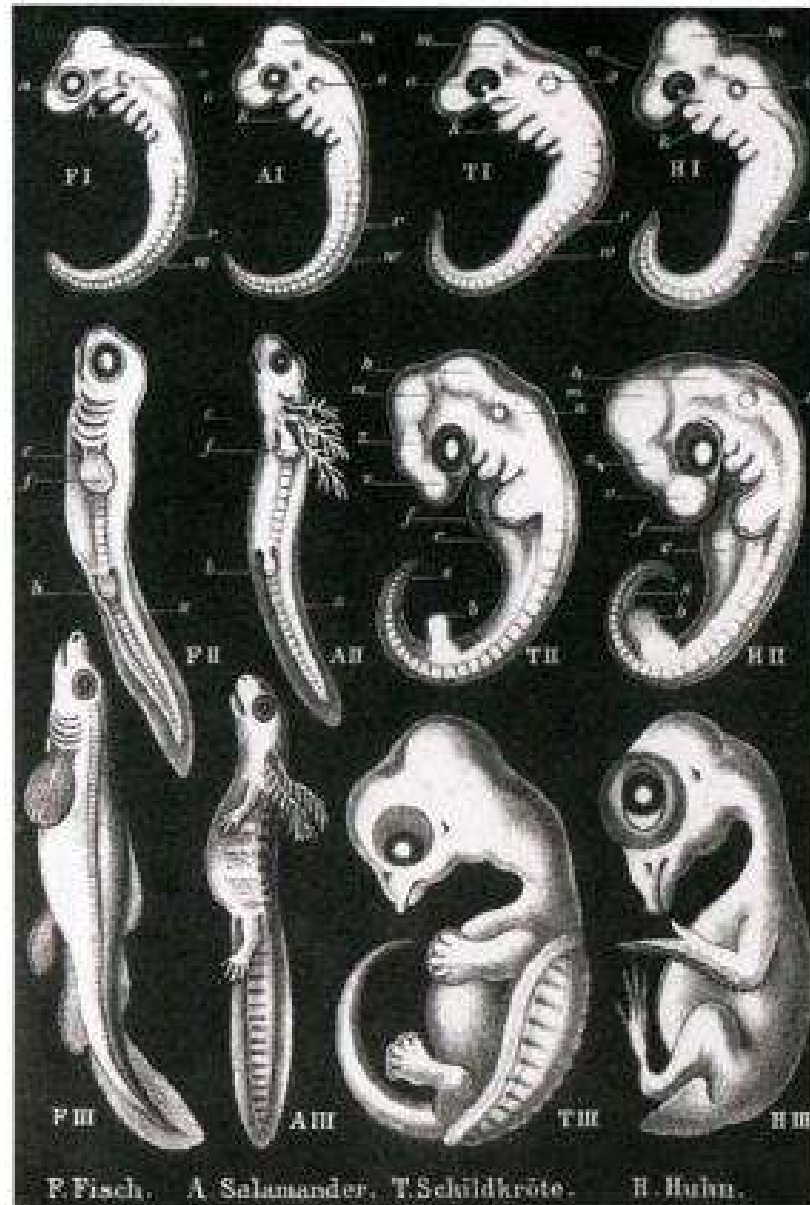


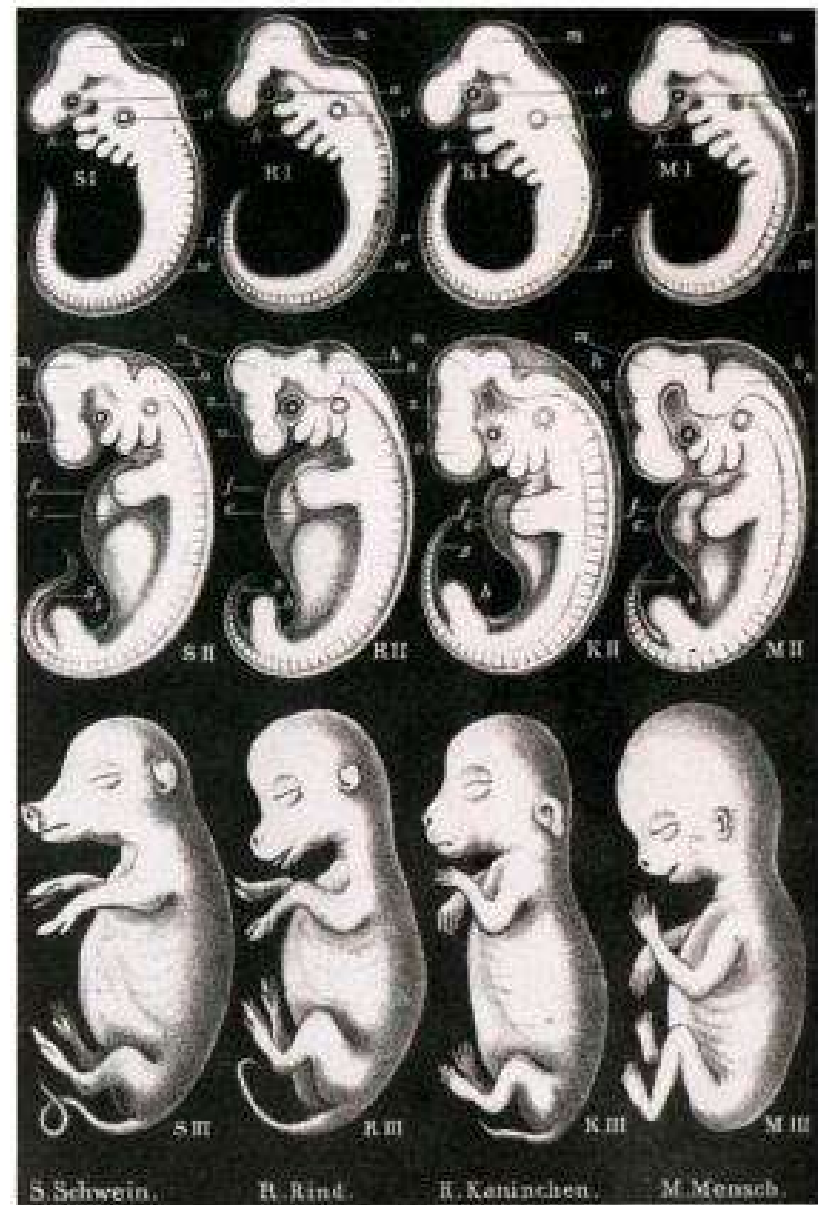
Figura 284. A, Embrione umano di 9 mm di cui è stata asportata la parete ventrale con l'apparato digerente, per mostrare le pieghe genitali e il rene (pieghe mesonefriche) che sporgono nella cavità celomatica (aperta). B, Sezione trasversale di un embrione di uno stadio precedente (7 mm); in C, sezione di uno stadio leggermente più avanzato (10 mm). In quest'ultimo i cordoni sessuali primari si stanno formando nella gonade indifferenziata; nei tubuli renali si vanno differenziando capsule e glomeruli. (Da Arey).

L'ontogenesi (l'insieme degli stadi di sviluppo attraverso i quali un organismo passa dallo stato iniziale di ovocellula o di germe a quello di individuo completo) **ricapitola la filogenesi** (storia dell'evoluzione di una specie animale o vegetale)

Evoluzione dei Vertebrati



Pesce, Salamandra, Tartaruga, Pollo,



Maiale, Vitello, Coniglio, Uomo

L'epitelio germinativo, l'elemento strutturale più importante della gonade.

Il mesenchima sottostante darà origine al tessuto interstiziale della gonade.

Prima della fine del periodo indifferenziato le gonadi diventano strutture compatte.

Le cellule germinali hanno origine extragonadica, derivano da tessuti endodermici (parete intestinale). Giungono all'epitelio celomatico che riveste le gonadi o attraverso movimenti ameboidi o attraverso il circolo sanguigno

Dall'epitelio germinativo che copre la superficie si formano come digitazioni: i cordoni sessuali primari che contengono le cellule germinali

Nella femmina degenerano i cordoni sessuali I, si formano i II dai quali si sviluppano le uova

Nei maschi i cordoni sessuali I si suddividono in numerose strutture cave

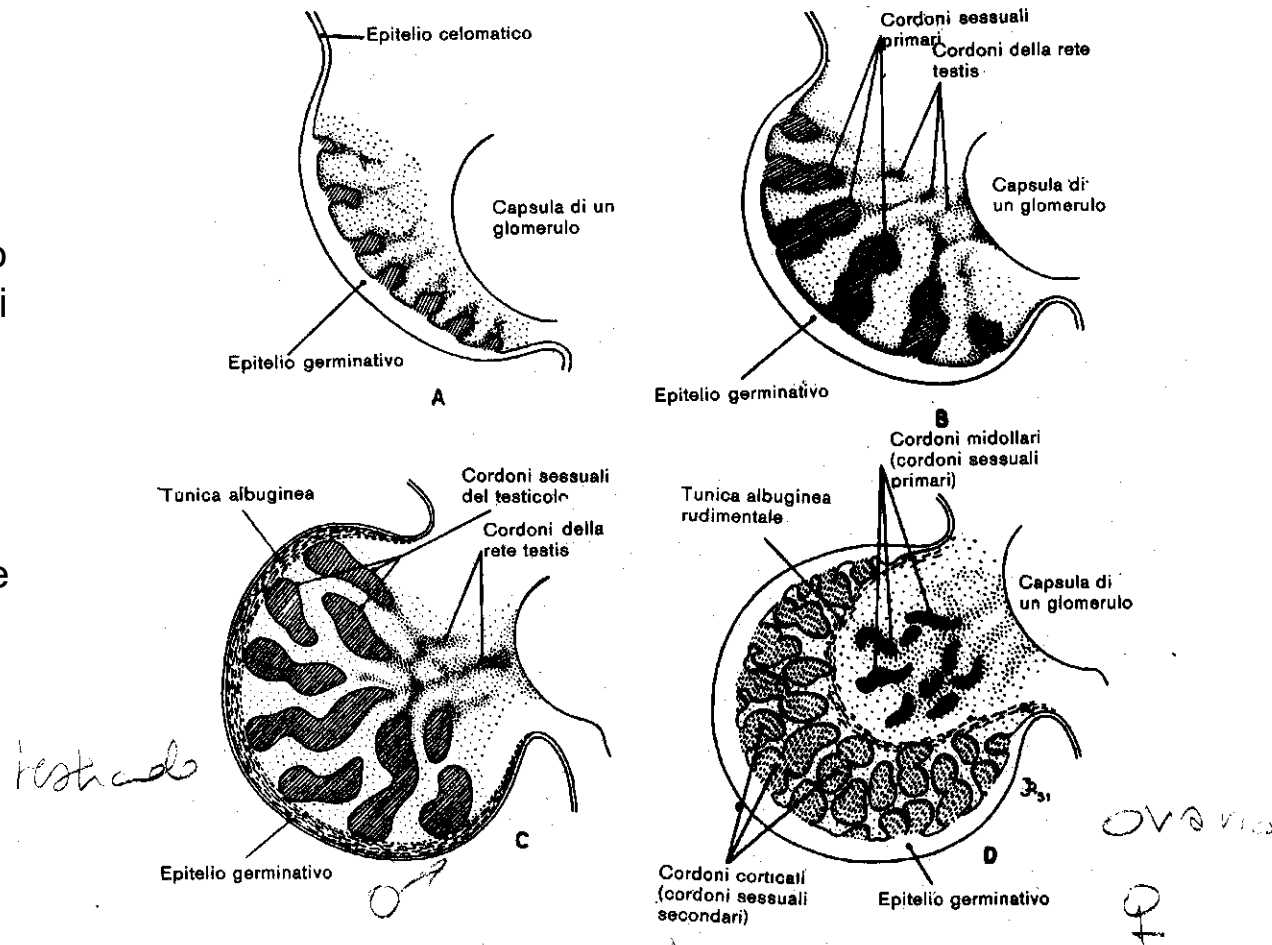
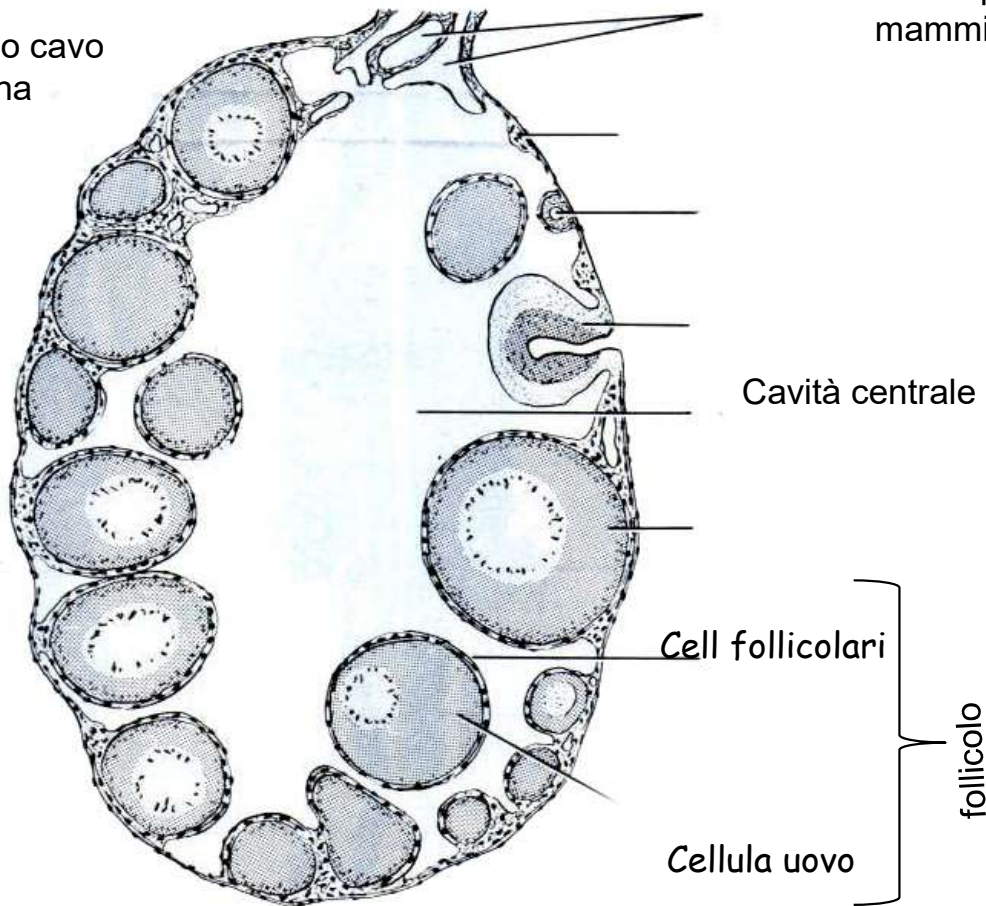


Figura 286. Sviluppo dell'ovario e del testicolo in un mammifero. A, Piega genitale, con i cordoni sessuali primari che iniziano ad accrescersi dall'epitelio germinativo verso l'interno; lo stadio è leggermente precedente a quello della Fig. 285. B, Gonade ancora nello stadio indifferenziato; i cordoni sessuali primari sono ben sviluppati e si stanno formando dei cordoni che daranno origine alla rete testis nel caso del differenziamento in testicolo. C, Sviluppo del testicolo; l'epitelio germinativo degenera ed è sostituito da una lamina che circonda il testicolo (albuginea); i tubuli testicolari e la rete si accrescono ulteriormente. D, Sviluppo dell'ovario, caratterizzato dalla riduzione dei cordoni sessuali primari e dei rudimenti della rete da un lato, e dall'altro dal grande accrescimento dei cordoni sessuali secondari nei quali si sviluppano le uova. (Da Burns, in Willier, Weiss e Hamburger, Analysis of Development).

La gonade femminile: l'ovario

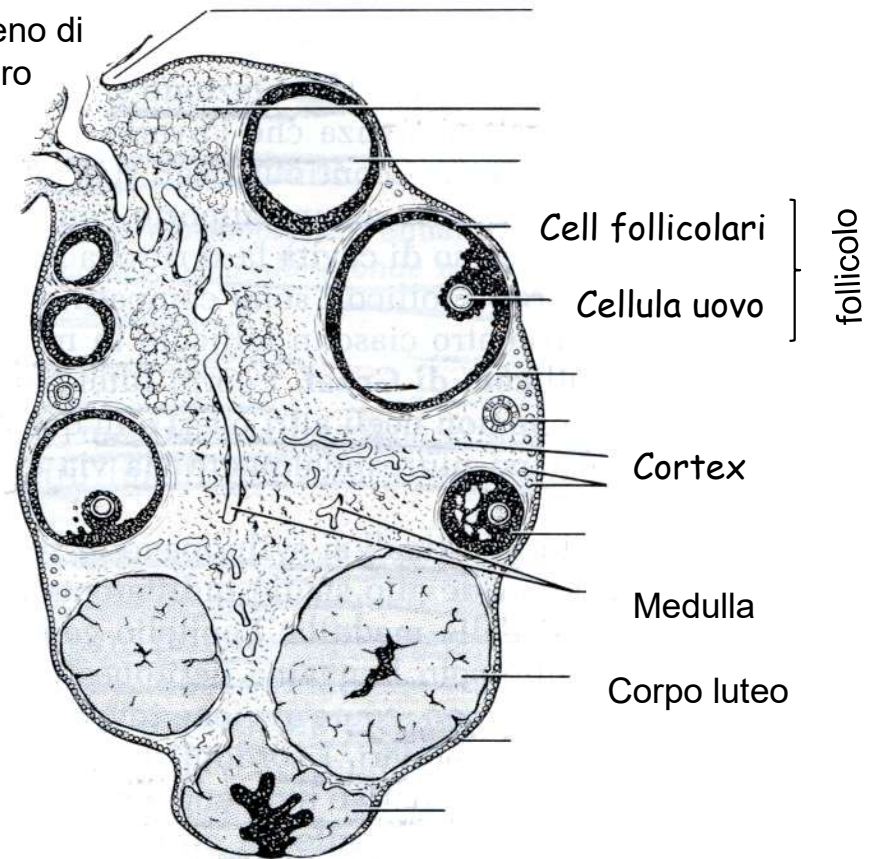
Le cellule principali contenute: cellule uovo prodotte attraverso l'ovogenesi e le cellule follicolari derivate dai cordoni sessuali primari. Cellula uovo circondata dalle cell. follicolari costituisce il **follicolo**. Cell. foll. forniscono nutrimento e producono gli ormoni estrogeni

ovario cavo
di rana



Ovario cavo: con parete sottile e una cavità centrale ripiena di linfa (anamni)

ovario pieno di
mammifero



Ovario pieno: la parte centrale (la medulla) costituita da tessuto connettivo. Cellule uovo e follicoli costituiscono la corteccia (amnioti)

Ovario di anfibio

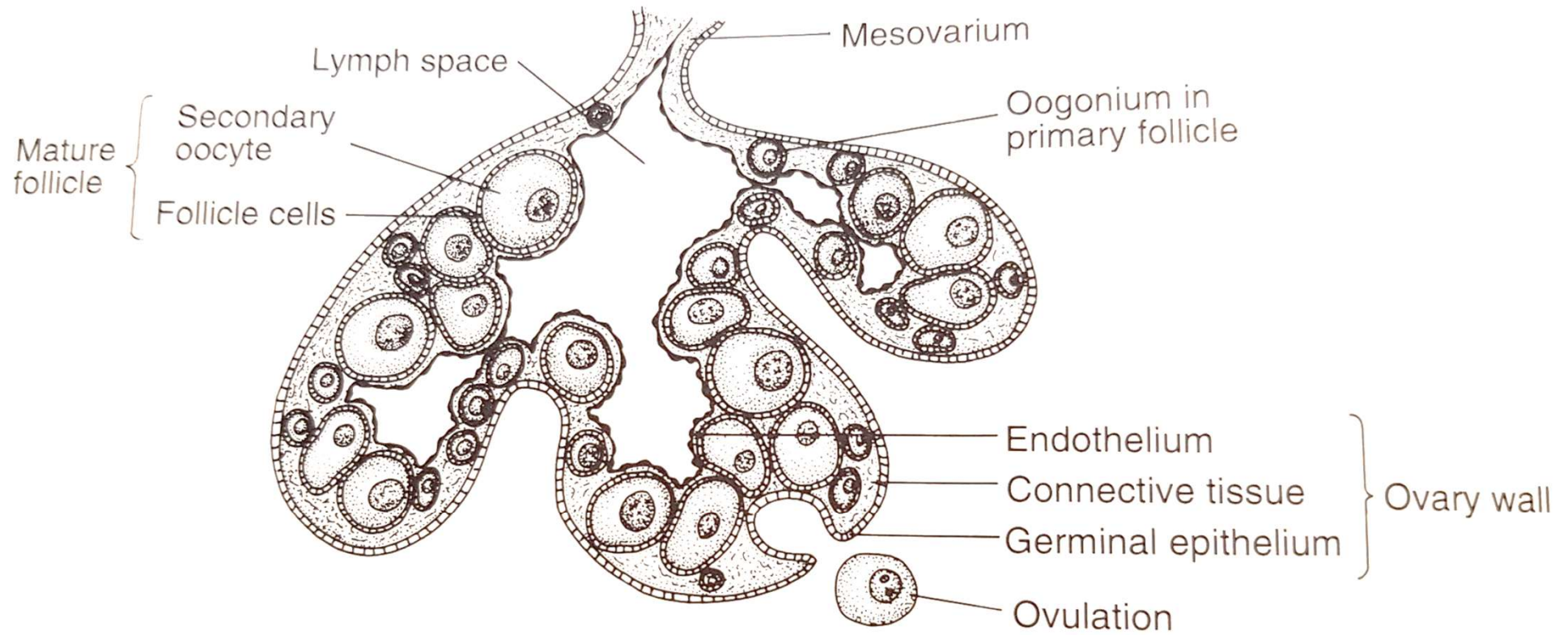


FIGURE 21–10 A section through an amphibian ovary.

(A) Cambiamenti nell'ovaia durante il ciclo ovarico

1 Circa una volta al mese, dalla pubertà fino alla menopausa, 6-12 oociti primari iniziano a maturare. Il follicolo è costituito dall'oocita primario e dalle cellule che lo circondano.

2 Durante lo sviluppo, l'oocita è nutrito dalle cellule follicolari che lo circondano, che rilasciano estrogeno.

3 Dopo 1 settimana, di norma solamente un oocita primario continua a svilupparsi. L'oocita secondario (n) è generato per divisione meiotica appena prima dell'ovulazione.

4 Al momento dell'ovulazione, il follicolo si rompe e libera l'oocita.

5 Le rimanenti cellule follicolari formano il **corpo luteo** che produce progesterone ed estrogeno.

6 Se non si instaura la gravidanza, il corpo luteo degenera.

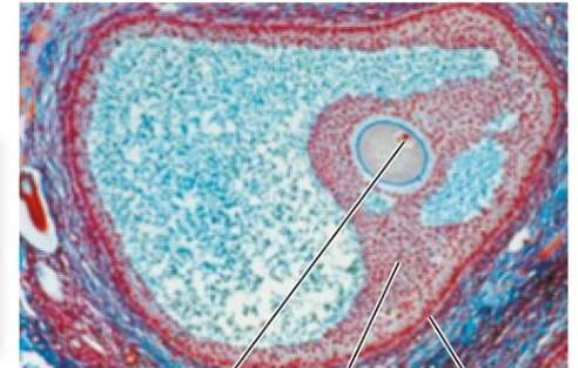
Oociti primari ($2n$)

Legamento
(mantiene
l'ovaia in sede
addominale)

Ovaia

Rottura
del follicolo

Follicolo maturo di mammifero



Oocita
primario

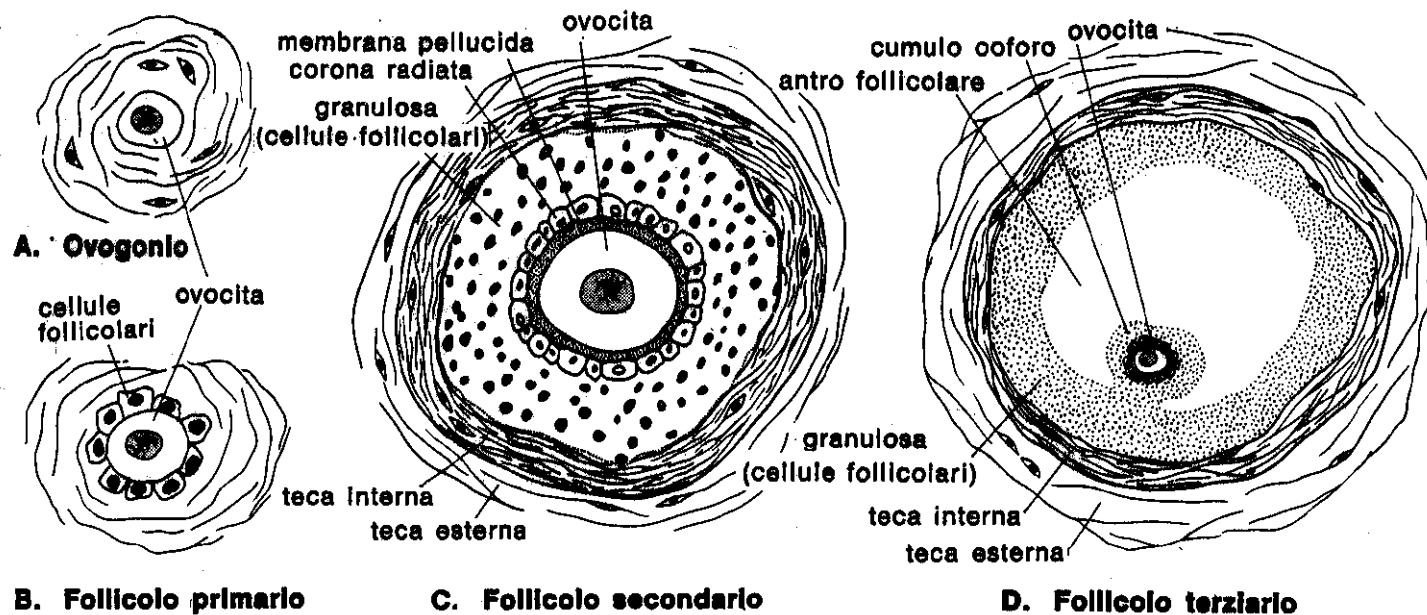
Cellule
della
granulosa

Cellule
della
teca

Follicolo di Graaf in mammiferi. È il follicolo maturo che scoppia e libera la cellula uovo (ovulazione). Nei mammiferi il follicolo persiste dopo l'espulsione (corpo luteo) e produce progesterone (prepara la mucosa uterina ad accogliere l'uovo)

OVOGENESI

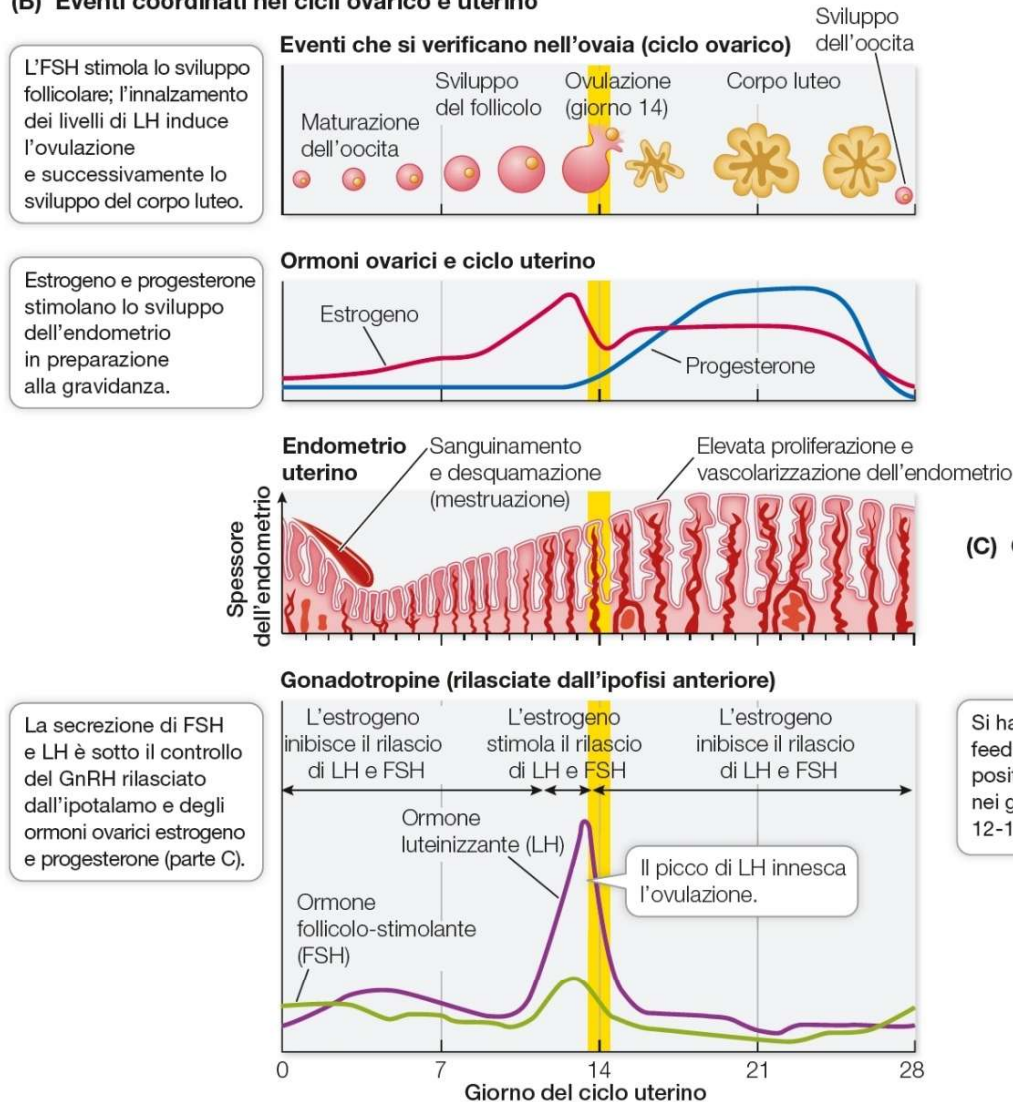
27



Sviluppo del follicolo di Graaf. A, ovogonio incluso nel tessuto connettivo ovarico. B, follicolo primario: l'ovogonio è circondato da uno strato di cellule follicolari. C, follicolo secondario: formazione della granulosa (ad opera delle cellule follicolari) e delle teca (di origine connettivale). D, follicolo terziario: formazione della cavità follicolare.

Fig. 15

(B) Eventi coordinati nei cicli ovarico e uterino



GnRH= ormone di rilascio delle gonadotropine

Gonadotropine:
FSH= ormone follicolo stimolante
LH= ormone luteinizzante

(C) Controllo ormonale dei cicli ovarico e uterino

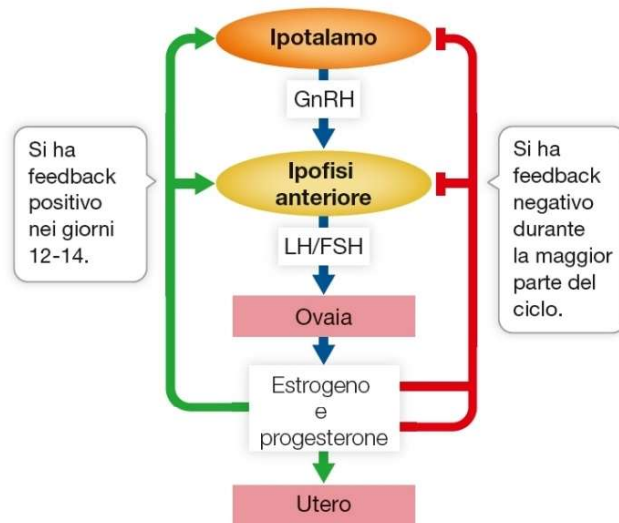


Figura chiave 42.13 Il ciclo ovarico e il ciclo uterino

(A) Il ciclo ovarico comprende le fasi dello sviluppo di un follicolo, dell'ovulazione e dello sviluppo e della degenerazione del corpo luteo. La microfotografia illustra un follicolo maturo di mammifero con l'oocita situato al centro. (B) Nella donna, nel corso dei cicli ovarico e uterino avvengono cambiamenti coordinati che riguardano lo sviluppo del follicolo ovarico, il rilascio di ormoni steroidi sessuali e il rivestimento endometriale dell'utero. il GnRH stimola il rilascio di LH e FSH da parte dell'ipofisi, ormoni che controllano lo sviluppo del follicolo e quindi l'ovulazione. I cicli

iniziano al momento delle mestruazioni; l'ovulazione ha luogo a metà ciclo (barra gialla). (C) Il ciclo ovarico e quello uterino si trovano sotto il controllo di una complessa serie di meccanismi di *feedback* positivo e negativo che coinvolgono numerosi ormoni.

? La pillola contraccettiva ormonale contiene estrogeno e progesterone. Quale parte del ciclo ovarico stimola e in che modo previene l'ovulazione?

▶ Animazione 42.2 Il ciclo ovarico e il ciclo uterino
The Ovarian and Uterine Cycles

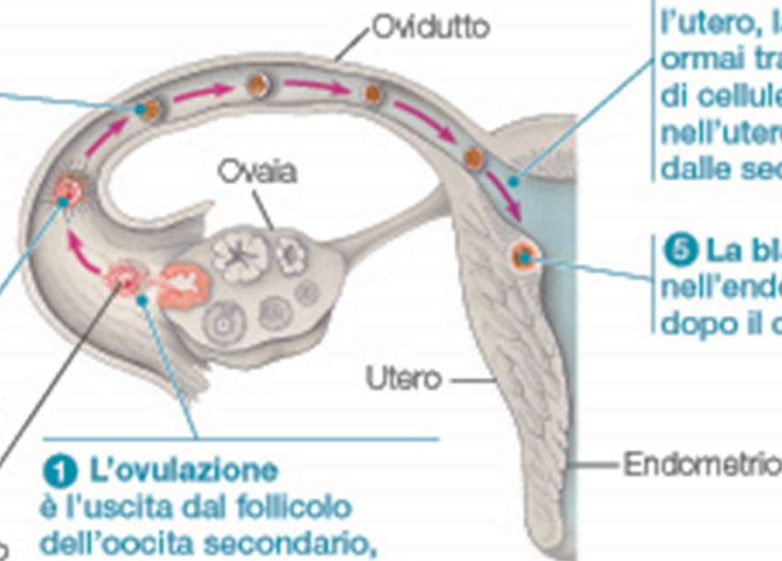
3 La segmentazione (per divisioni cellulari) comincia nell'ovidutto mentre l'embrione sta scendendo verso l'utero grazie ai movimenti peristaltici e all'epitelio ciliato.

2 Fecondazione. L'ingresso di uno spermatozoo induce l'oocita a completare la meiosi e a terminare la maturazione. La fecondazione avviene quando il nucleo dell'uovo e quello dello spermatozoo si fondono, producendo lo zigote.

Dall'ovulazione all'impianto

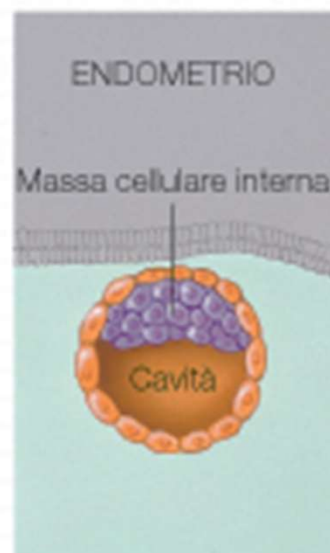
Oocita
secondario

1 L'ovulazione è l'uscita dal follicolo dell'oocita secondario, che entra poi nell'ovidutto.



4 La segmentazione continua. Quando l'embrione raggiunge l'utero, la segmentazione lo ha ormai trasformato in un ammasso di cellule. L'embrione galleggia nell'utero per alcuni giorni, nutrito dalle secrezioni dell'endometrio.

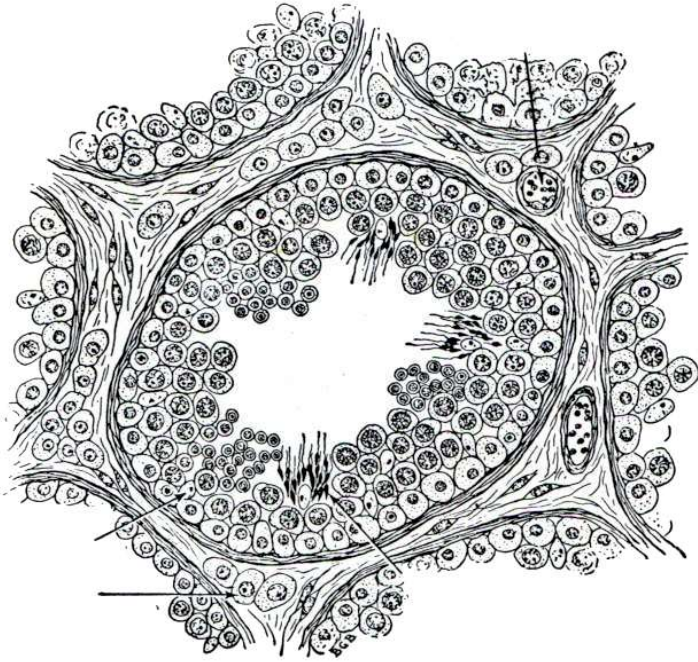
5 La blastocisti si impianta nell'endometrio circa 7 giorni dopo il concepimento.



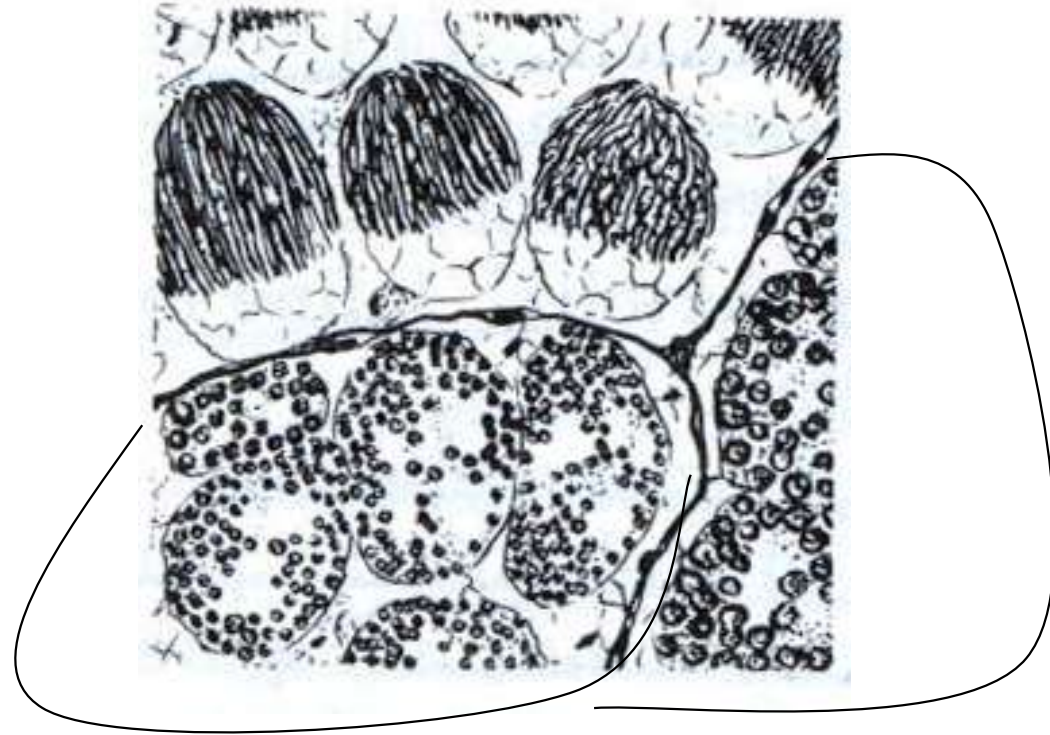
Blastocisti

Le gonadi maschili: i testicoli

Le cellule principali contenute sono i gameti e le cellule di Sertoli



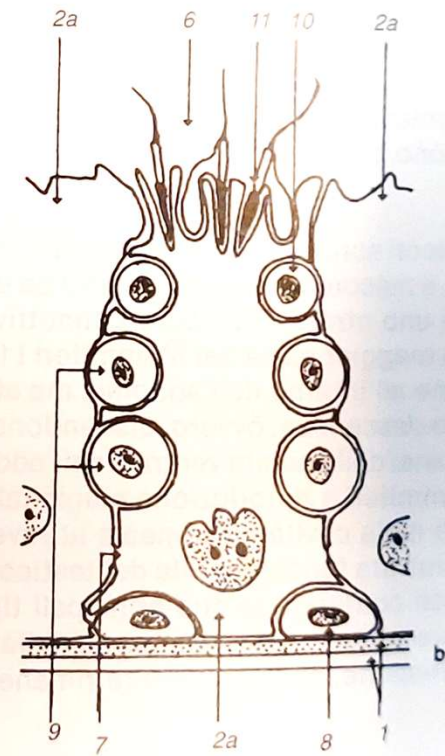
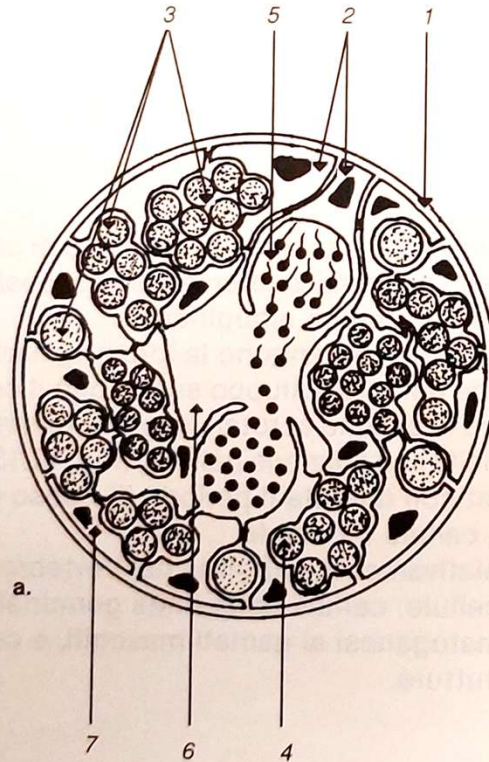
In amnioti si organizzano in tubuli seminiferi. Sono compatte costituite da **strutture cave** (i tubuli) circondate da tessuto connettivo e cellule interstiziali produttrici di ormoni (testosterone), le cell di Leydig. i tubuli sono delimitati da epitelio formato sia da cellule che danno origine agli spermatozoi sia alle cellule di sostegno: le **cellule di Sertoli**. All'interno avviene la spermatogenesi. La maturazione è di tipo centripeto



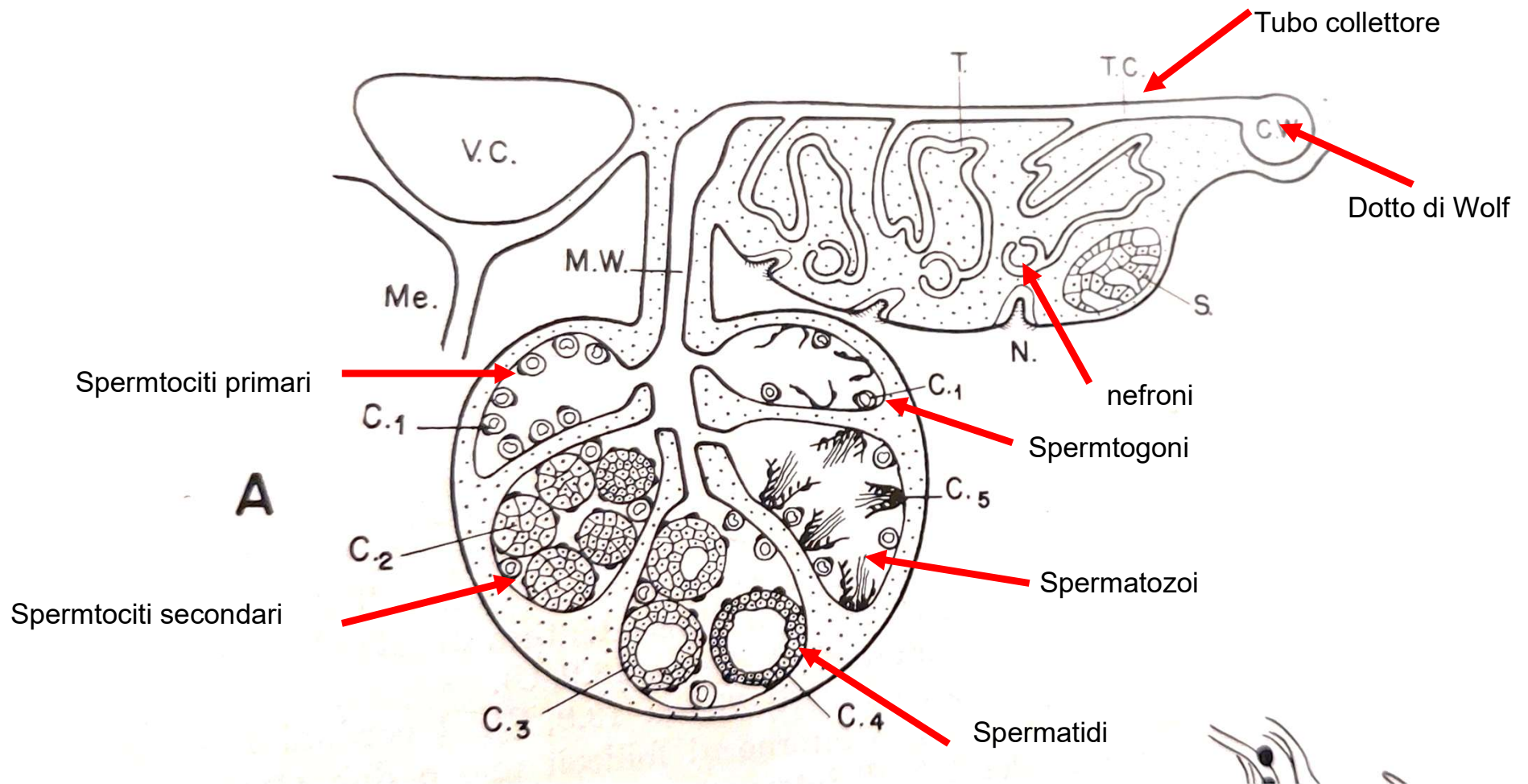
Nei pesci e anfibii (anamni) sono costituite da ampolle spermatiche o cisti che corrispondono alle cellule di Sertoli più o meno sferiche. Ogni ampolla contiene uno stadio diverso della spermatogenesi (un clone) formatisi a partire da un unico spermatogonio

Figura 12.1

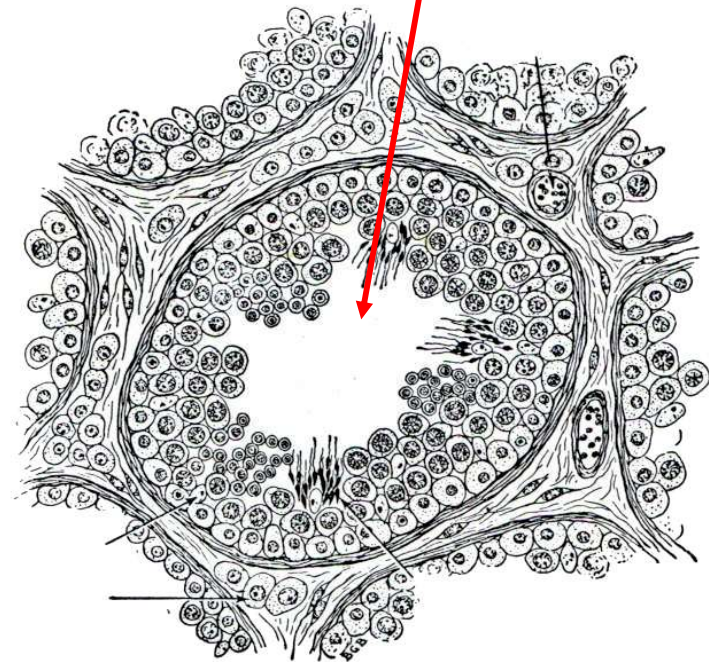
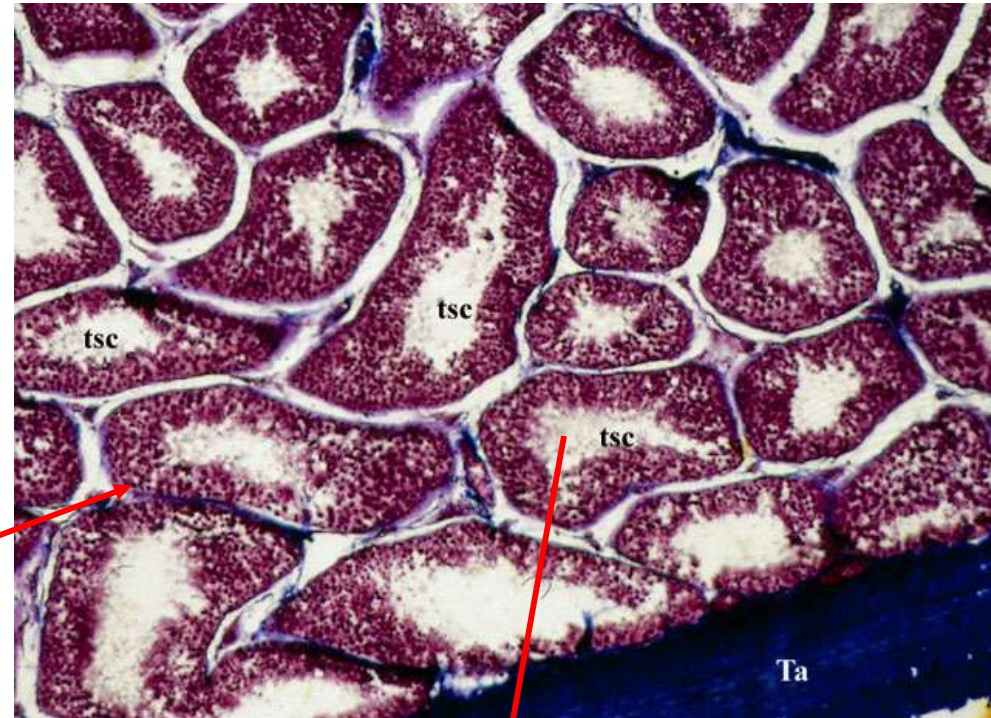
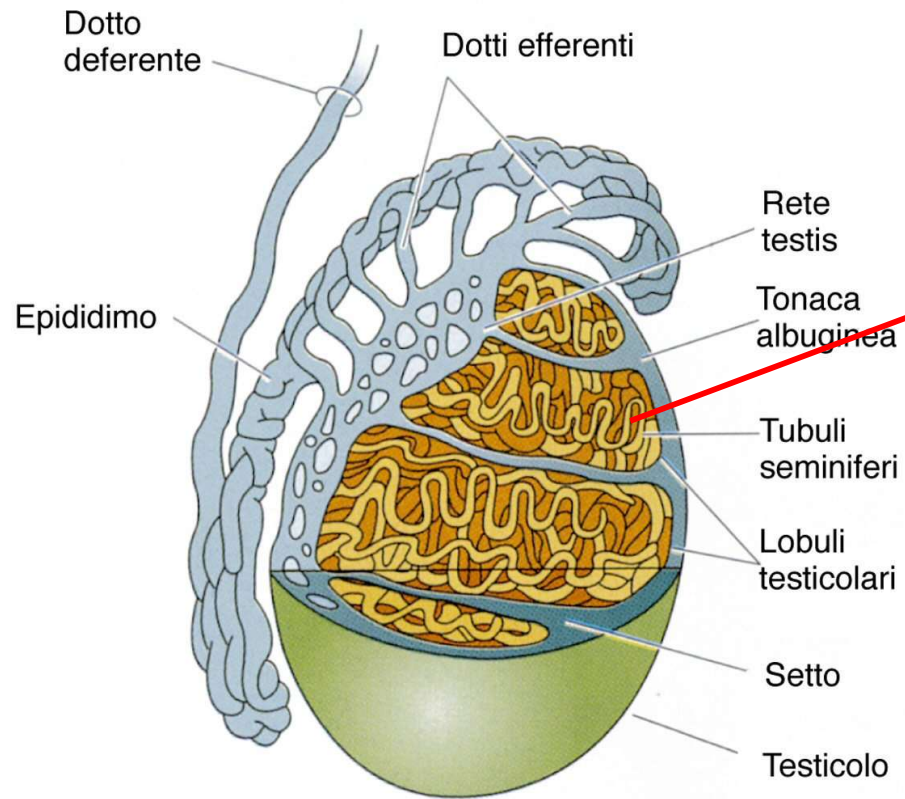
Relazioni spaziali tra le cellule della linea germinale maschile e le cellule cistiche e del Sertoli. **a.** Sezione trasversale di un tubulo seminifero di un Teleosteo. **b.** Sezione longitudinale di un tubulo seminifero di Mammifero. 1 parete del tubulo; 2 cellula cistica; 2a cellula del Sertoli; 3 cellule della linea germinale a diversi stadi di differenziamento; 4 spermatici; 5 spermatozoi; 6 lume del tubulo; 7 giunzioni cellulari; 8 spermatogonio; 9 spermatociti; 10 spermatidio in stadio iniziale di differenziamento; 11 spermatidio.

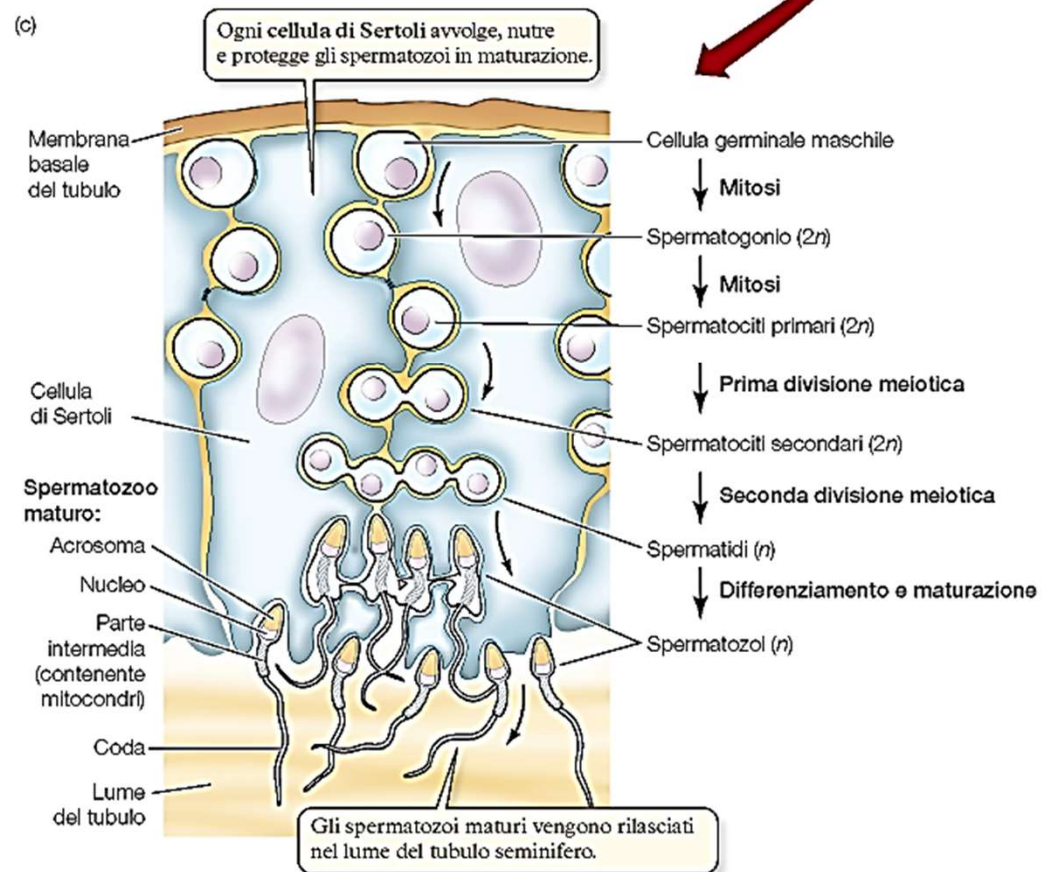
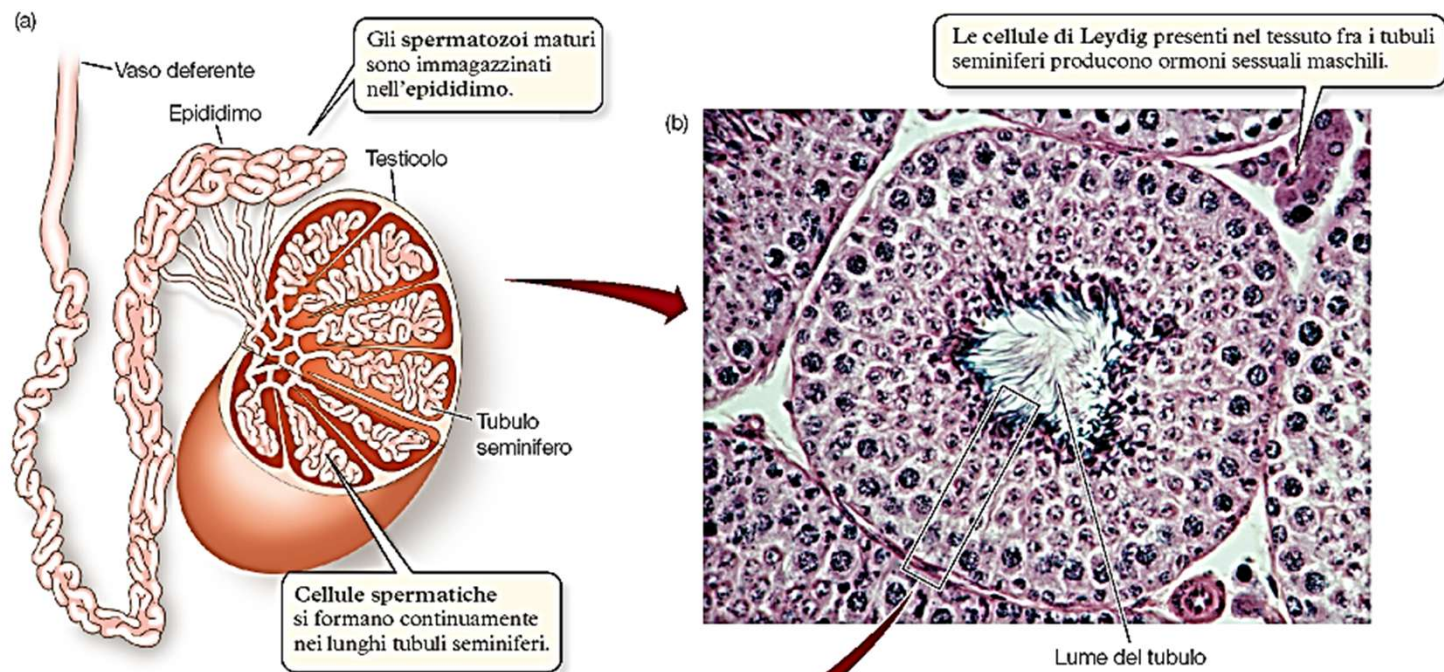


Testicolo cistico di vertebrati anamni: in ogni cisti sono presenti gametociti allo stesso stadio di sviluppo. Il testicolo sbocca nella regione anteriore dell'opisthonefro (rene sessuale) che convoglia gli spermatozoi verso il dotto di Wolf (uretere primario)

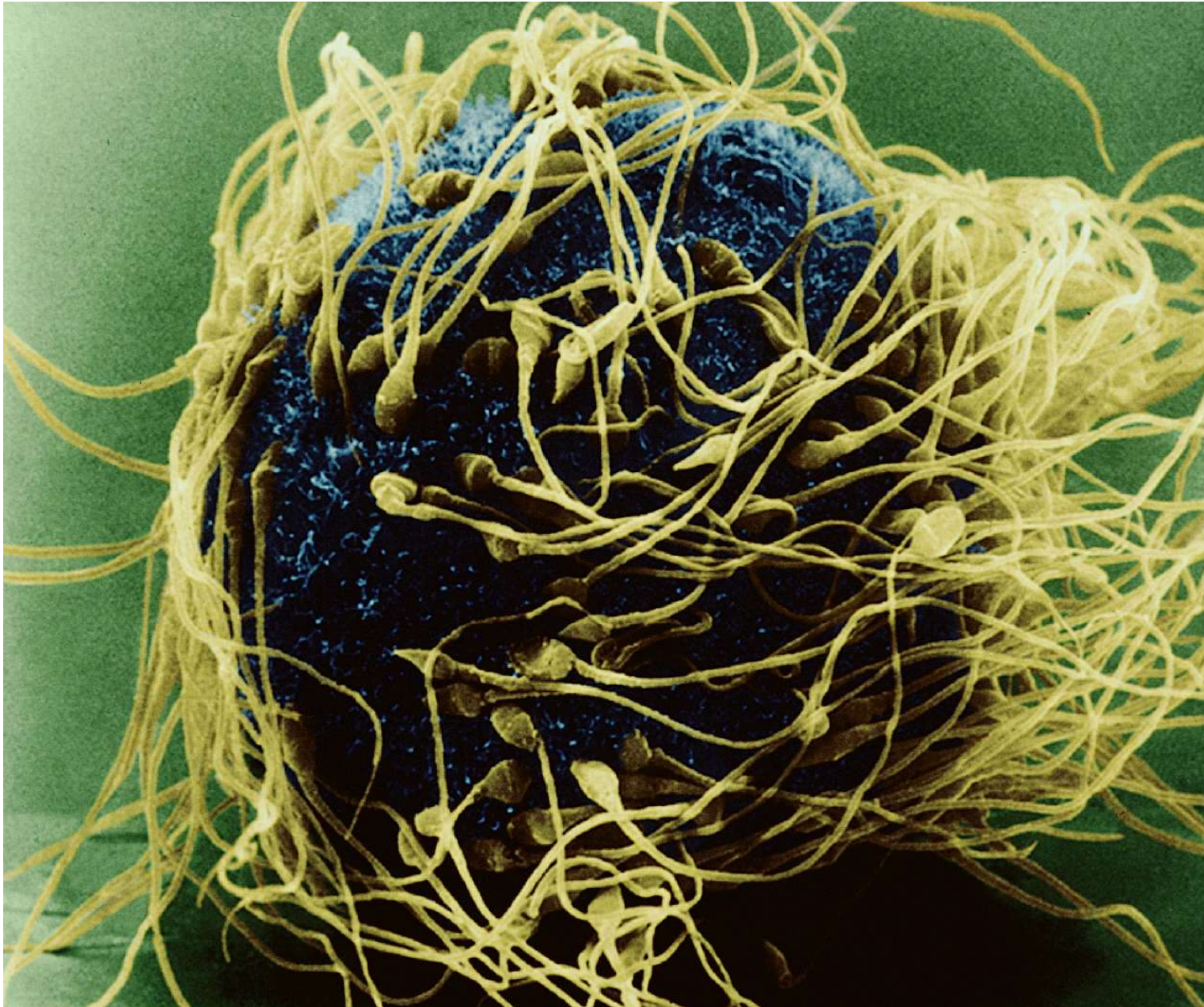


Testicolo tubulare



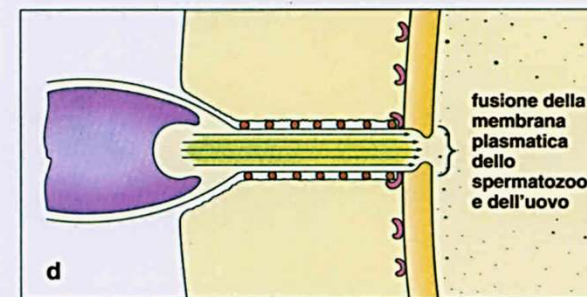
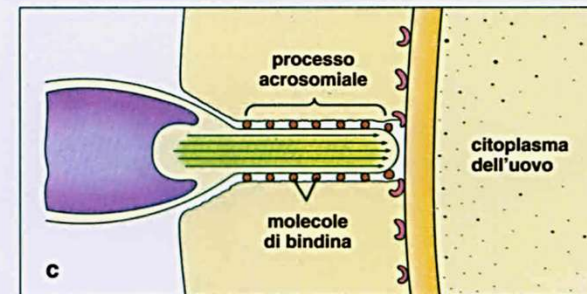
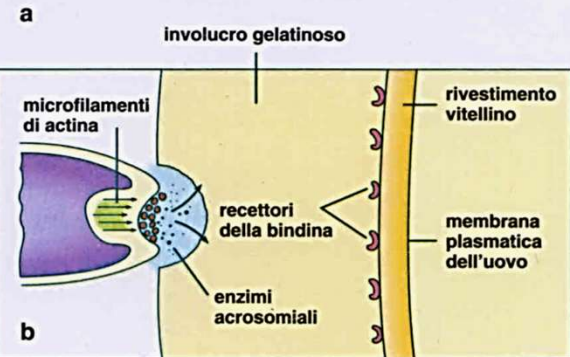
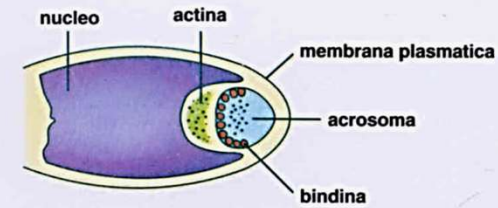
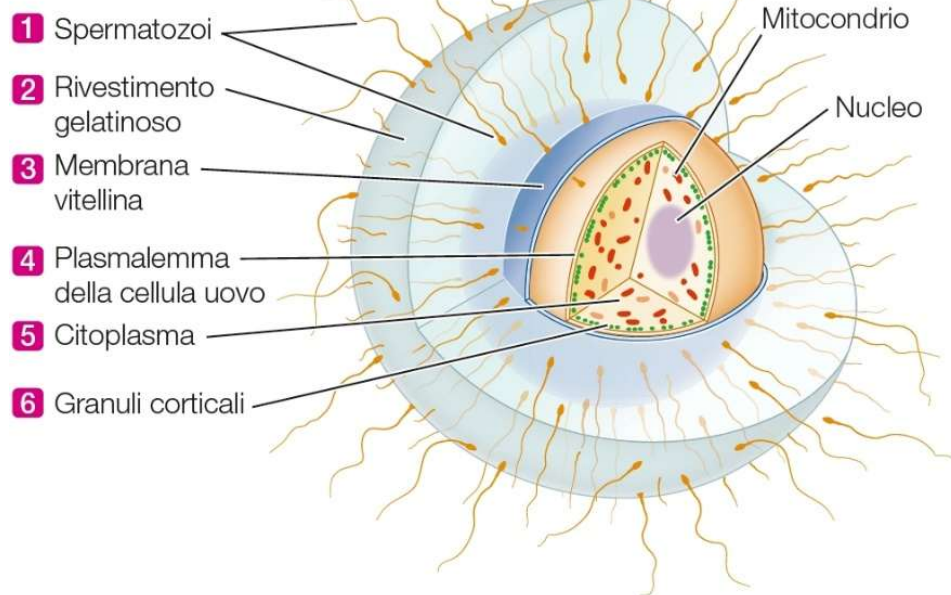


Le dimensioni degli spermatozoi e delle cellule uovo sono estremamente diverse



La fecondazione nel riccio di mare

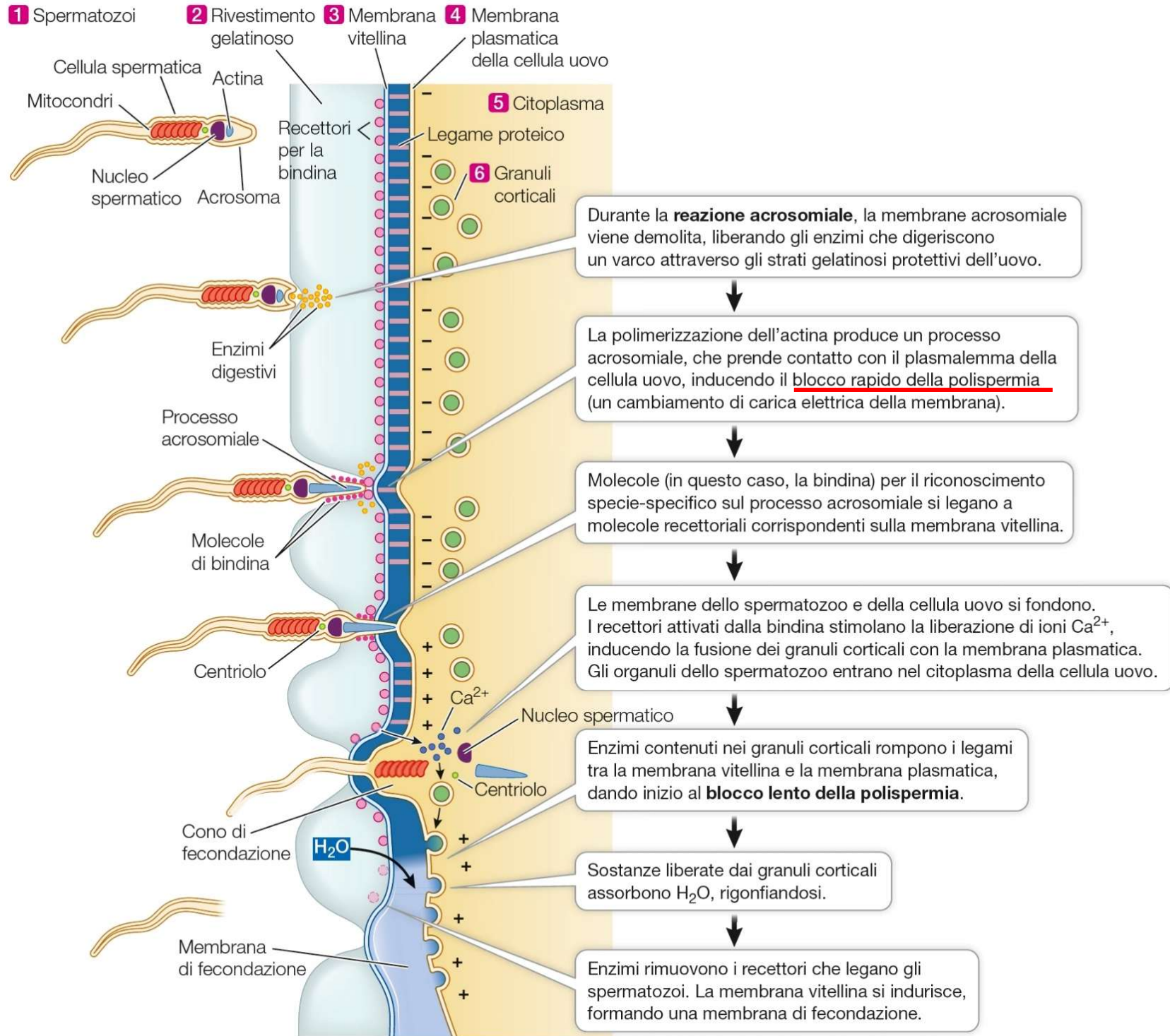
(A) Uovo di riccio di mare



Ruolo del filamento acrosomiale e della bindina nella fecondazione in riccio di mare

WOLFE, *Biologia molecolare e cellulare* - EdiSES

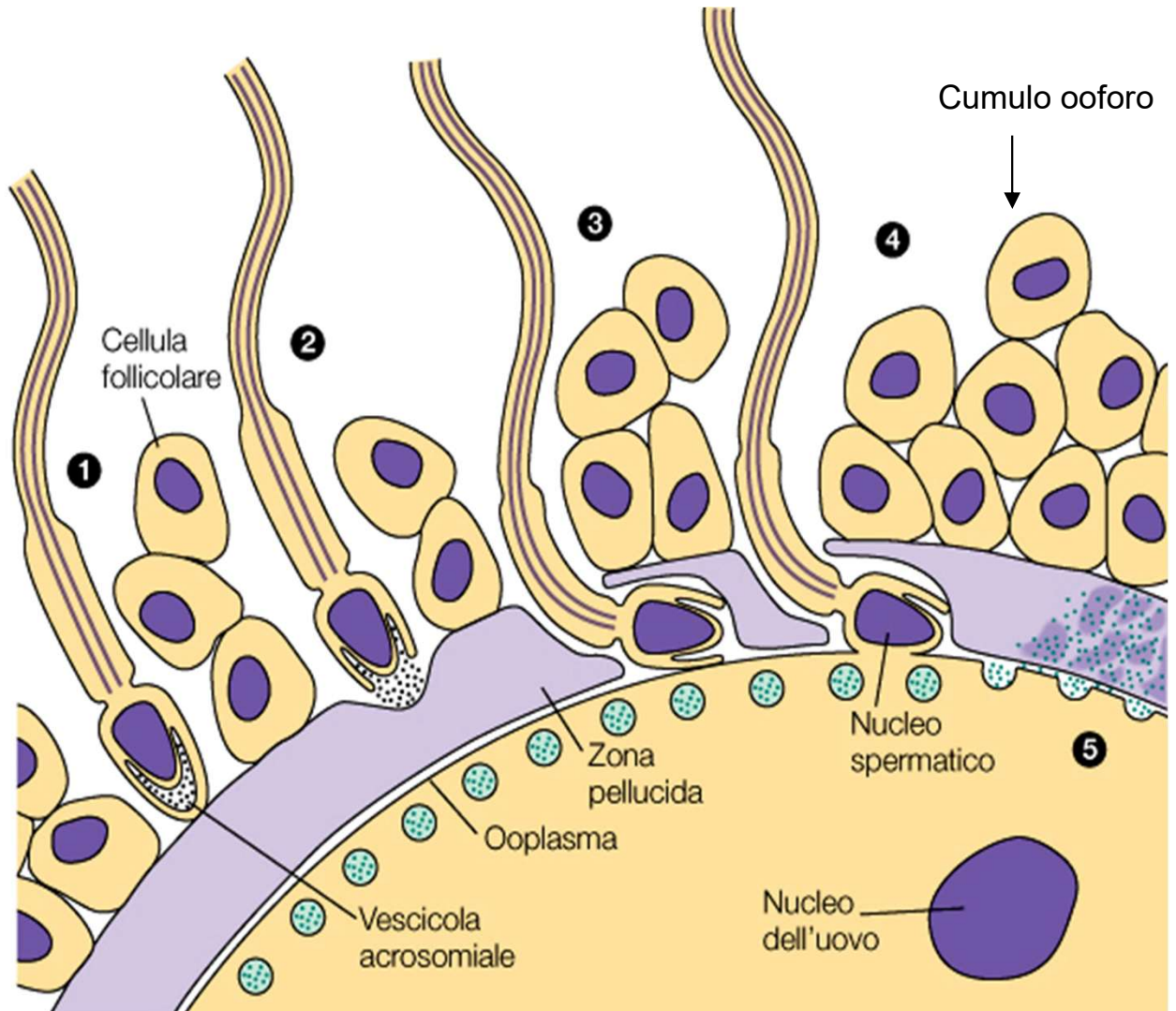
(B) Fecondazione di un uovo di riccio di mare



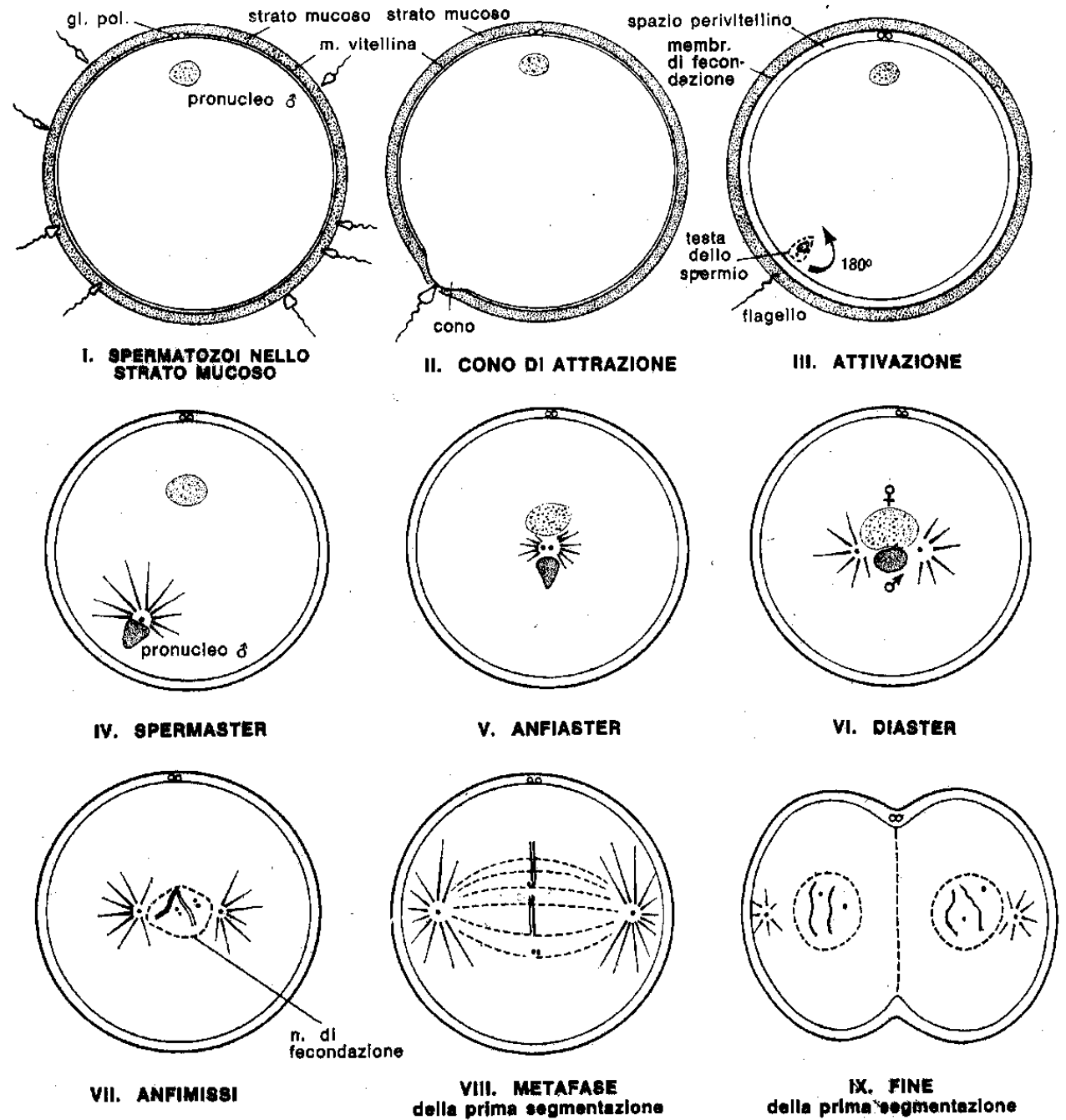
Fecondazione nei mammiferi

Con fecondazione interna, riconoscimento specie specifico legato al comportamento sessuale. Cellula uovo circondata da **zona pellucida** immersa nel **cumulo ooforo**. Gli spermatozoi si attivano quando risalgono le vie genitali femminili. Se attivati attraversano il CO e interagiscono con la ZP. Il CO non induce reazione acrosomiale, ma a contatto con ZP reazione specie specifica tra recettori presenti sulla sua superficie e la testa dello spermatozoo. Tale legame induce la reazione acrosomiale

Non si ha reazione di blocco rapido con variazione del potenziale di membrana ma ioni Ca^{2+} vengono rilasciati nel citoplasma. L'aumento del Ca^{2+} induce la fusione dei granuli corticali con il plasmalemma. Non si forma una membrana di fecondazione ma gli enzimi dei granuli corticali demoliscono molecole che legano gli spermatozoi alla zona pellucida. L'aumento di ioni Ca^{2+} induce il gamete femminile a completare la meiosi



Fecondazione, fusione dei pronucleo maschile con il pronucleo femminile e inizio della segmentazione



Disegno schematico delle tappe della fecondazione dell'uovo di riccio di mare. Fig. 28
Lo strato mucoso è rappresentato soltanto nelle prime tre figure.