

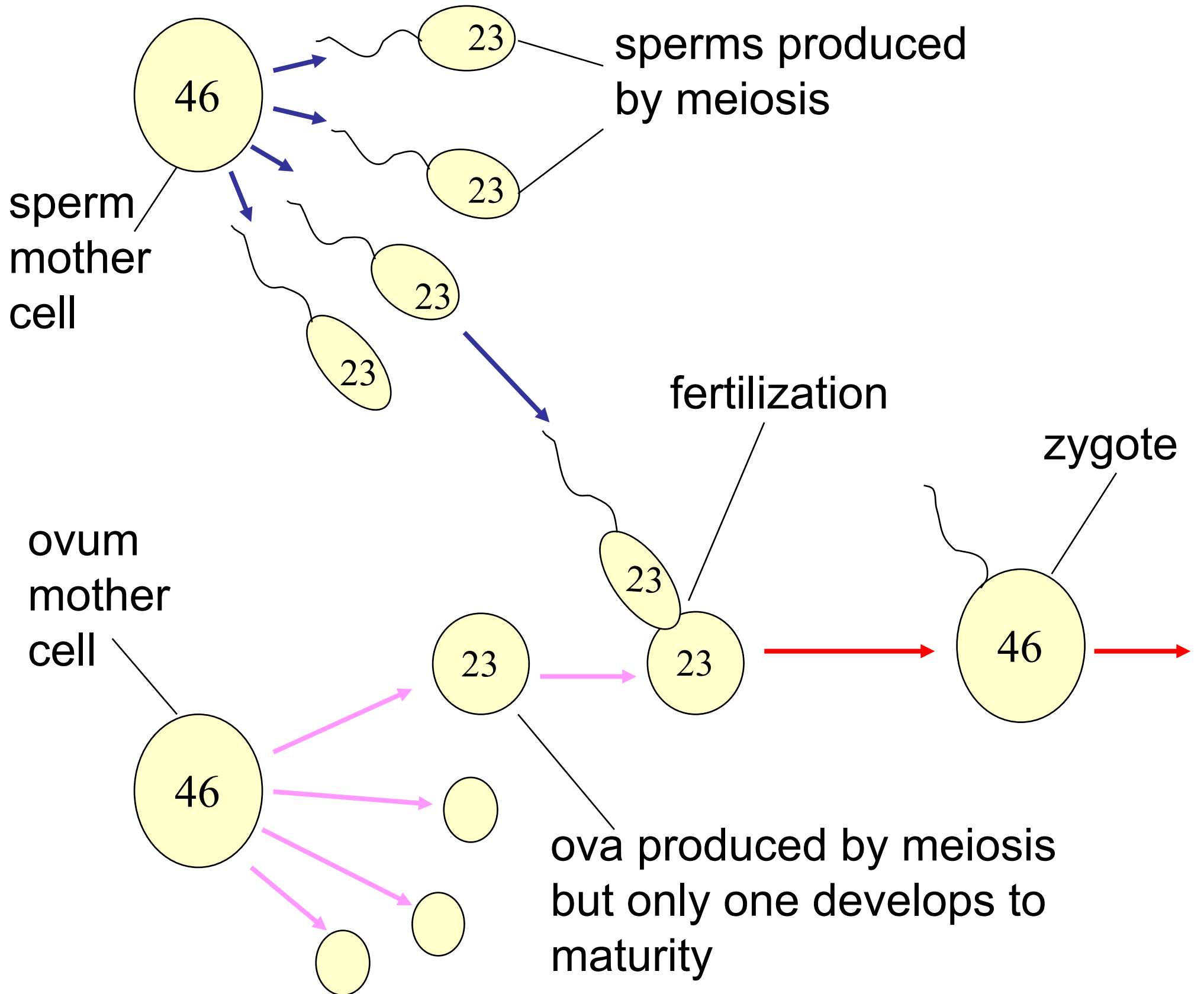
Fecondazione



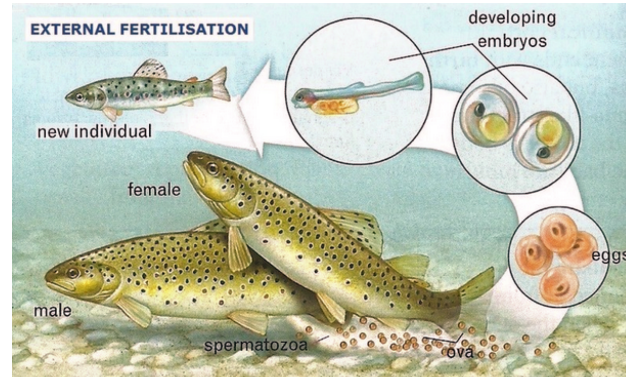
La fecondazione è quel processo per cui si attuano insieme la *sessualità* (l'unione dei geni dei genitori) e la *riproduzione* (l'origine di un nuovo individuo). Cellule aploidi specializzate, i *gameti*, si devono incontrare, fondere ed infine unire i loro genomi per dar luogo allo zigote o uovo fecondato, ristabilendo così il corredo diploide tipico della specie:

FUSIONE DEI NUCLEI DELLO SPERMATOZOO E DELLA CELLULA UOVO CON LA FORMAZIONE DELLO ZIGOTE

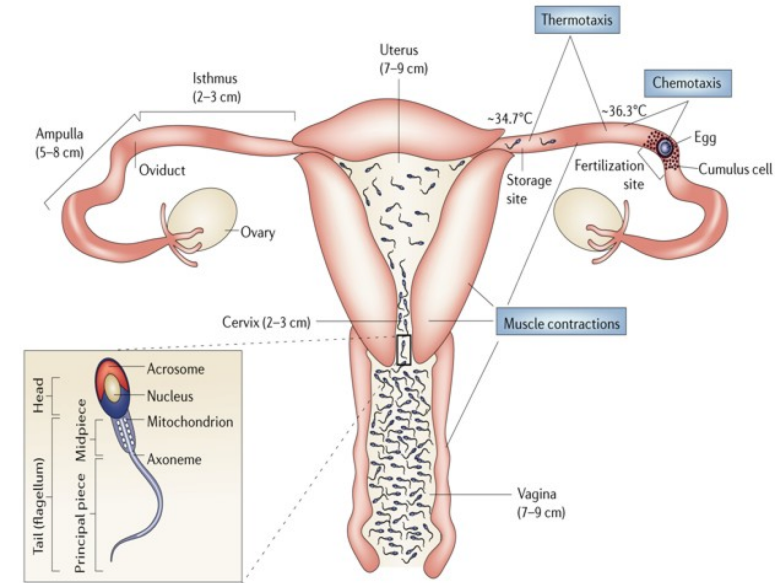
Fecondazione



Fecondazione



First, the female releases the unfertilised eggs (ova) into water and then the male releases sperm (full of spermatozoa) over them.



Esterna, coi gameti rilasciati in ambiente acquatico: senza copulazione, prevede la produzione di un gran numero di gameti; generalmente non vi sono cure parentali; tipica di molti invertebrati, pesci e anfibi.

Interna, nelle vie genitali femminili: prevede la copula e la produzione di un numero ridotto di gameti (soprattutto uova); generalmente sono presenti cure parentali; tipica di condroitti (squali e razze), rettili, uccelli e mammiferi, con alcune eccezioni tra gli invertebrati e gli anfibi.

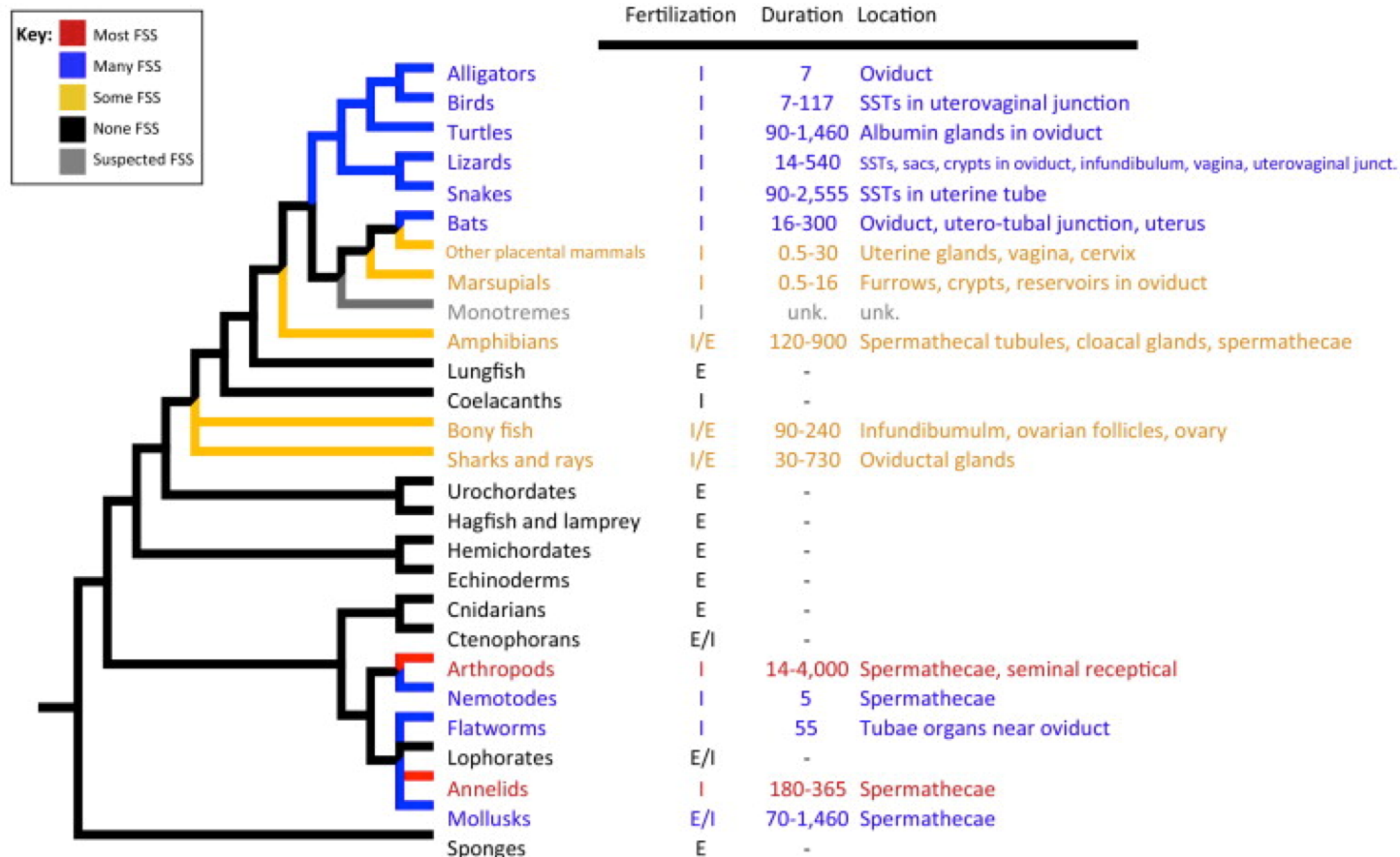
Fecondazione

Strategie riproduttive: sincronizzazione dei cicli riproduttivi, per cui i gameti maschili e femminili maturano in sincronia e gli zigoti hanno maggiori probabilità di svilupparsi.

Vi sono delle eccezioni:

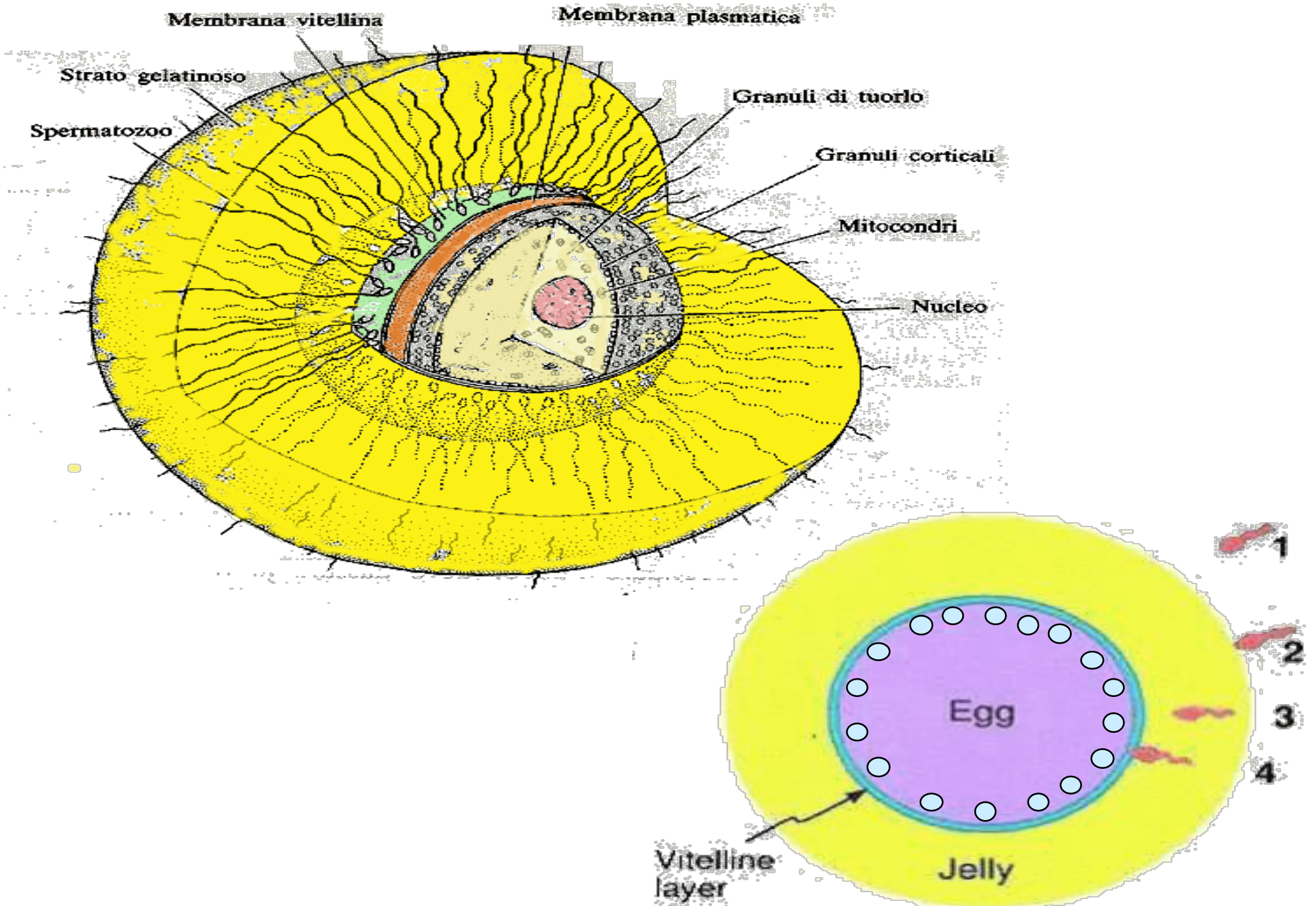
Pipistrello: gli spermatozoi sono conservati nell'utero per mesi

Ape: conserva gli spermatozoi per tutta la vita



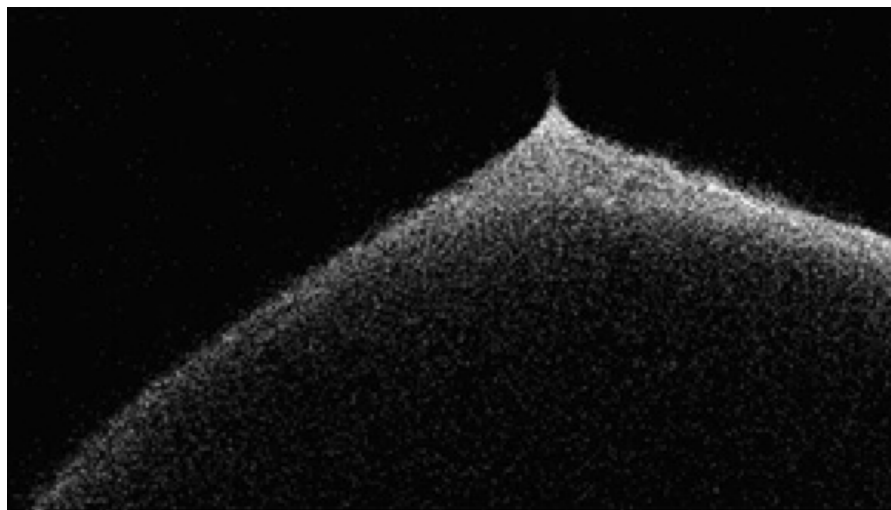
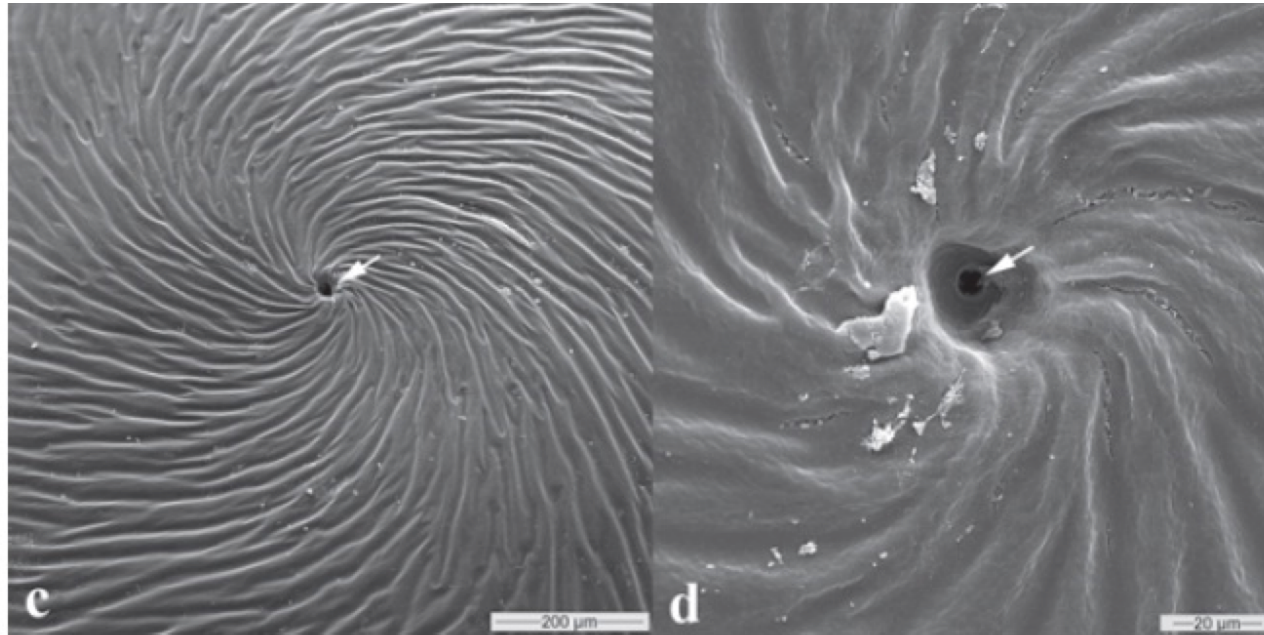
Fecondazione

L'ovocita è circondato da vari strati di materiale, che lo spermatozoo deve attraversare per poter arrivare alla membrana plasmatica.



Fecondazione

Strategie riproduttive: meccanismi chemiotattici che attraggono in maniera specie-specifica gli spermatozoi, guidandoli verso l'uovo. Vengono rilasciati dagli involucri ovulari sostanze chemioattrattanti per gli spermatozoi (la *fertilizina* nel riccio di mare studiata dal Lillie, 1912). L'esistenza di tali sostanze è stata ad es. ipotizzata per spiegare l'aggregazione degli spermatozoi vicino al micropilo del corion dei pesci.



Fecondazione

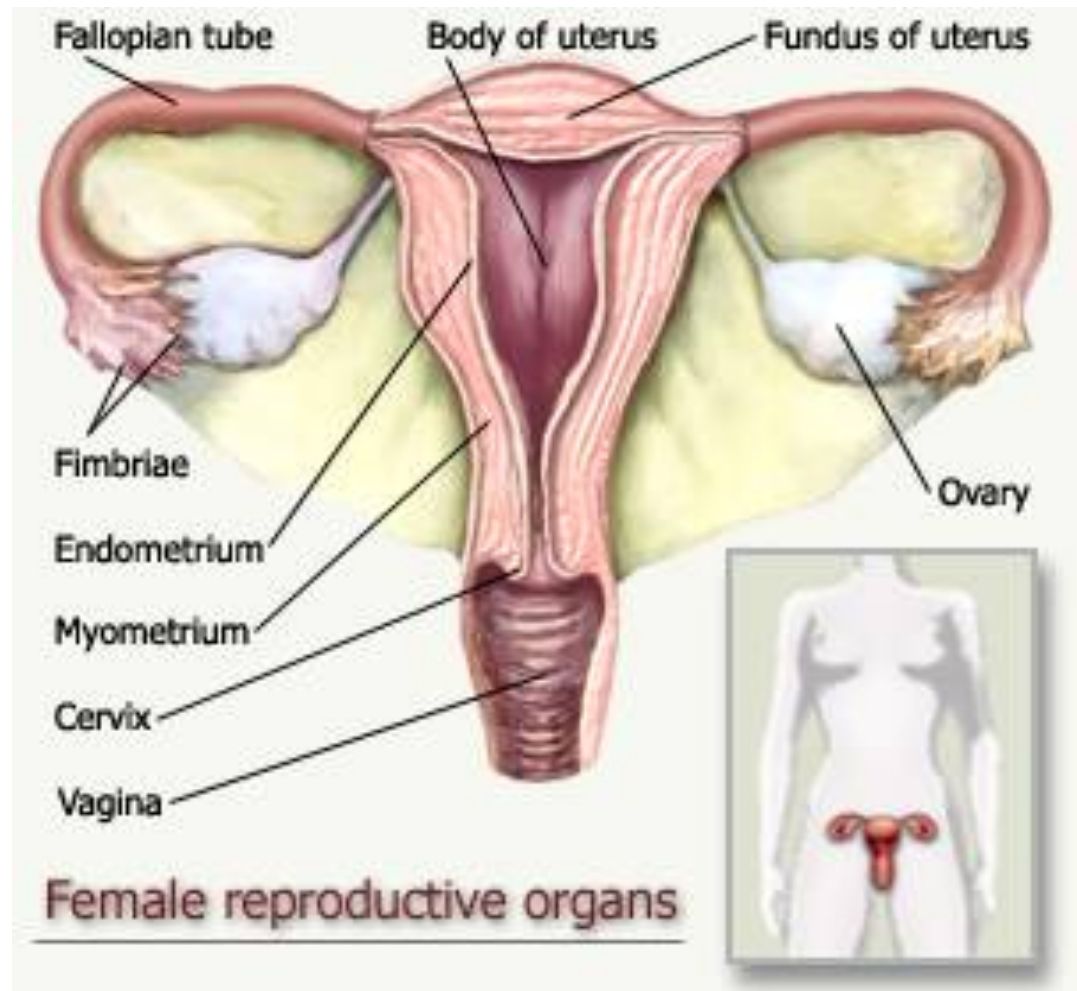
La fecondazione mette in atto tutte le strategie che permettono l'incontro di *gameti della stessa specie e non di specie diverse*. Gli ibridi interspecifici sono sterili.

Pur con differenze fra le varie specie, perché si attui con successo la fecondazione, devono avvenire diverse interazioni fra i gameti:

- 1) Avvicinamento dello spermatozoo all'uovo**
- 2) Attivazione e penetrazione dello spermatozoo attraverso gli involucri ovulari**
- 3) Contatto e fusione della membrana plasmatica dei due gameti**
- 4) Attivazione dell'uovo**

Fecondazione nella specie umana

- fertilization in mammals occurs in the oviduct
- The ova is viable for approximately 24 hours after ovulation



Fecondazione

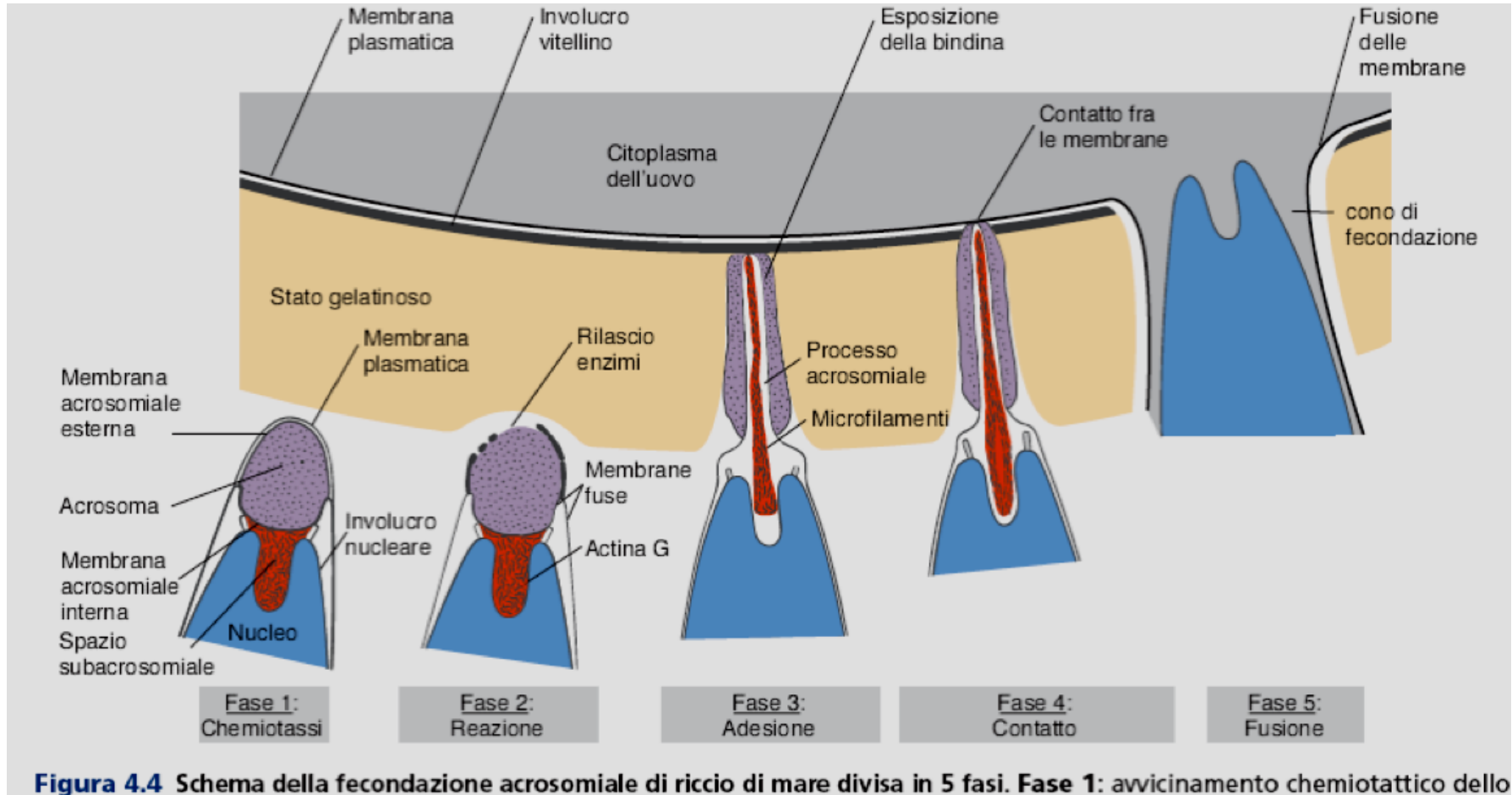
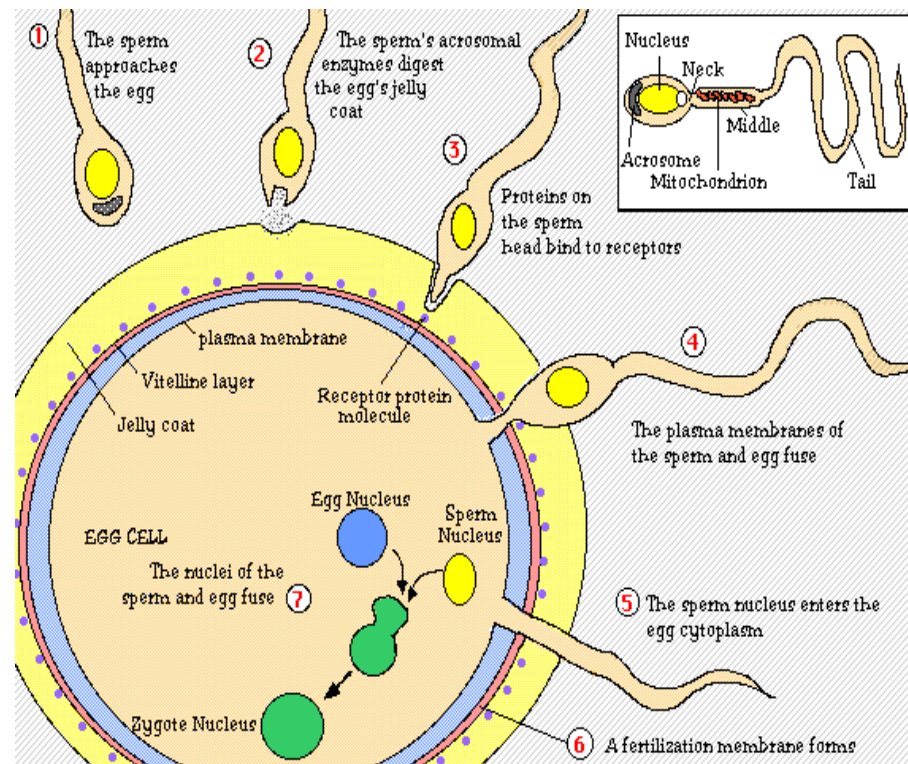
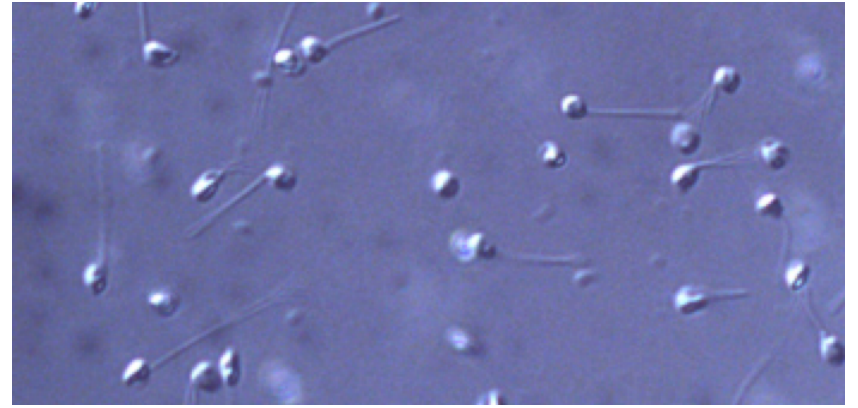


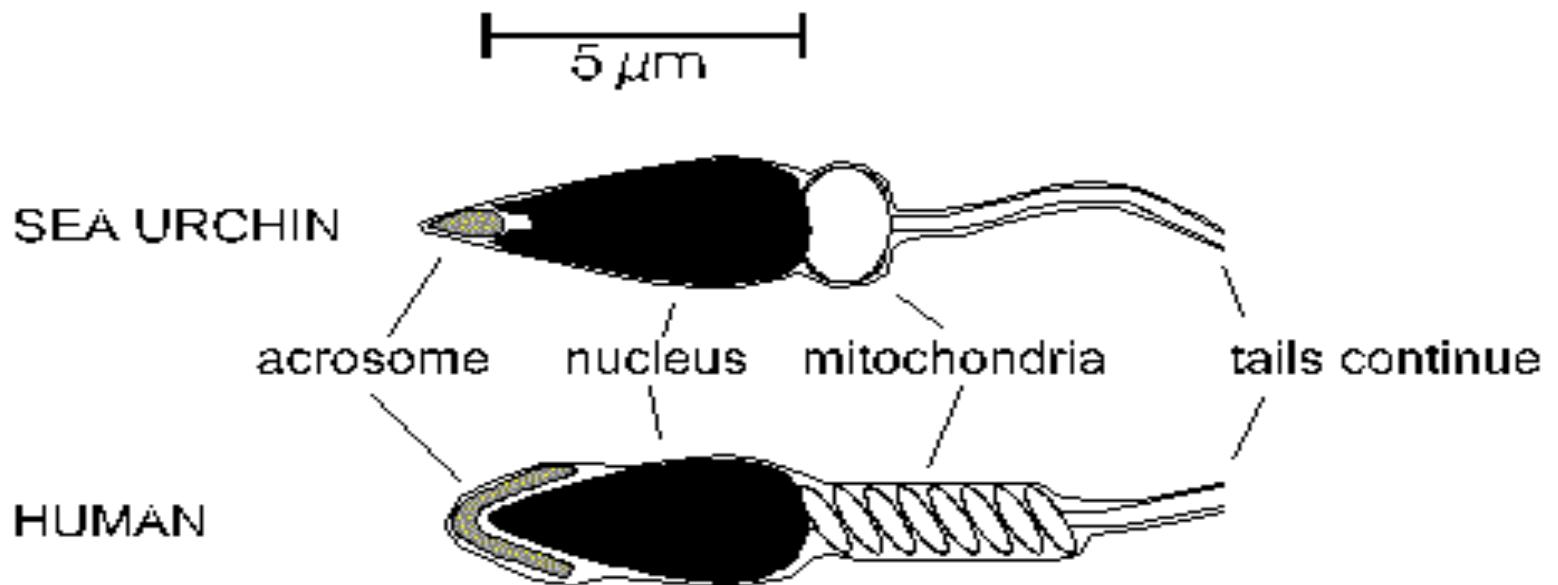
Figura 4.4 Schema della fecondazione acrosomiale di riccio di mare divisa in 5 fasi. Fase 1: avvicinamento chemiotattico dello



Fecondazione nel riccio di mare

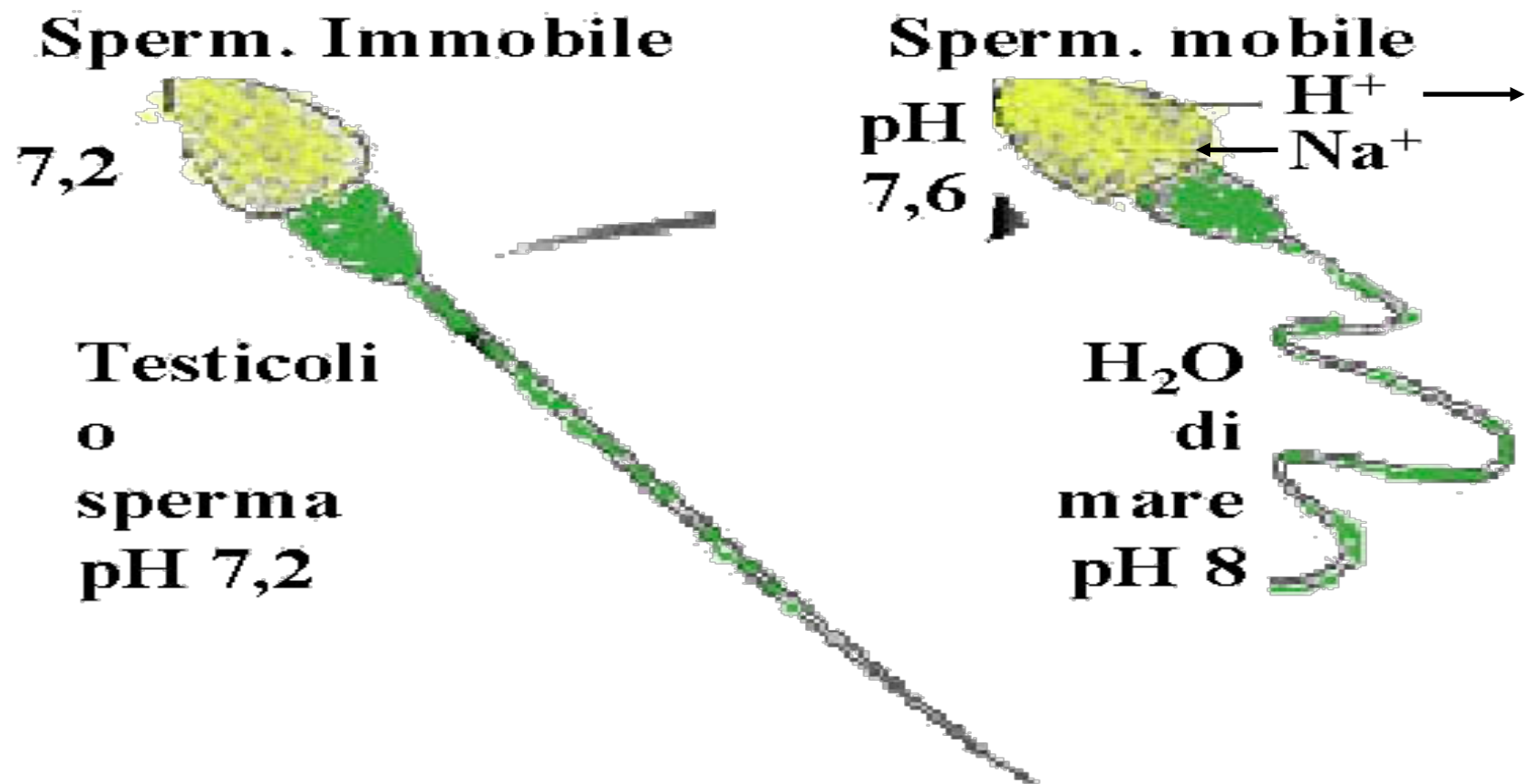


Lo spermatozoo



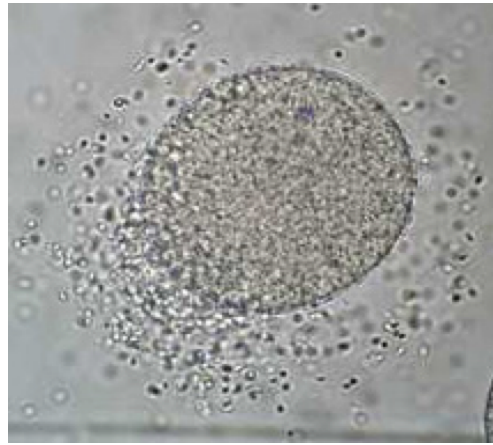
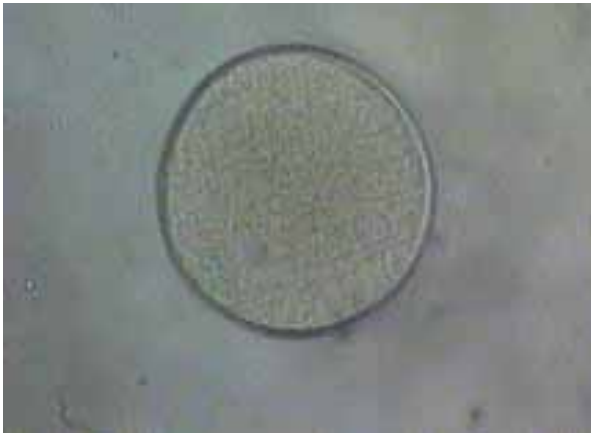
Gli spermatozoi degli invertebrati acquatici sono più semplici di quelli dei vertebrati. Nella testa presentano un piccolo acrosoma e sono forniti di un breve pezzo intermedio con pochi mitocondri sferoidali.

Fecondazione nel riccio di mare

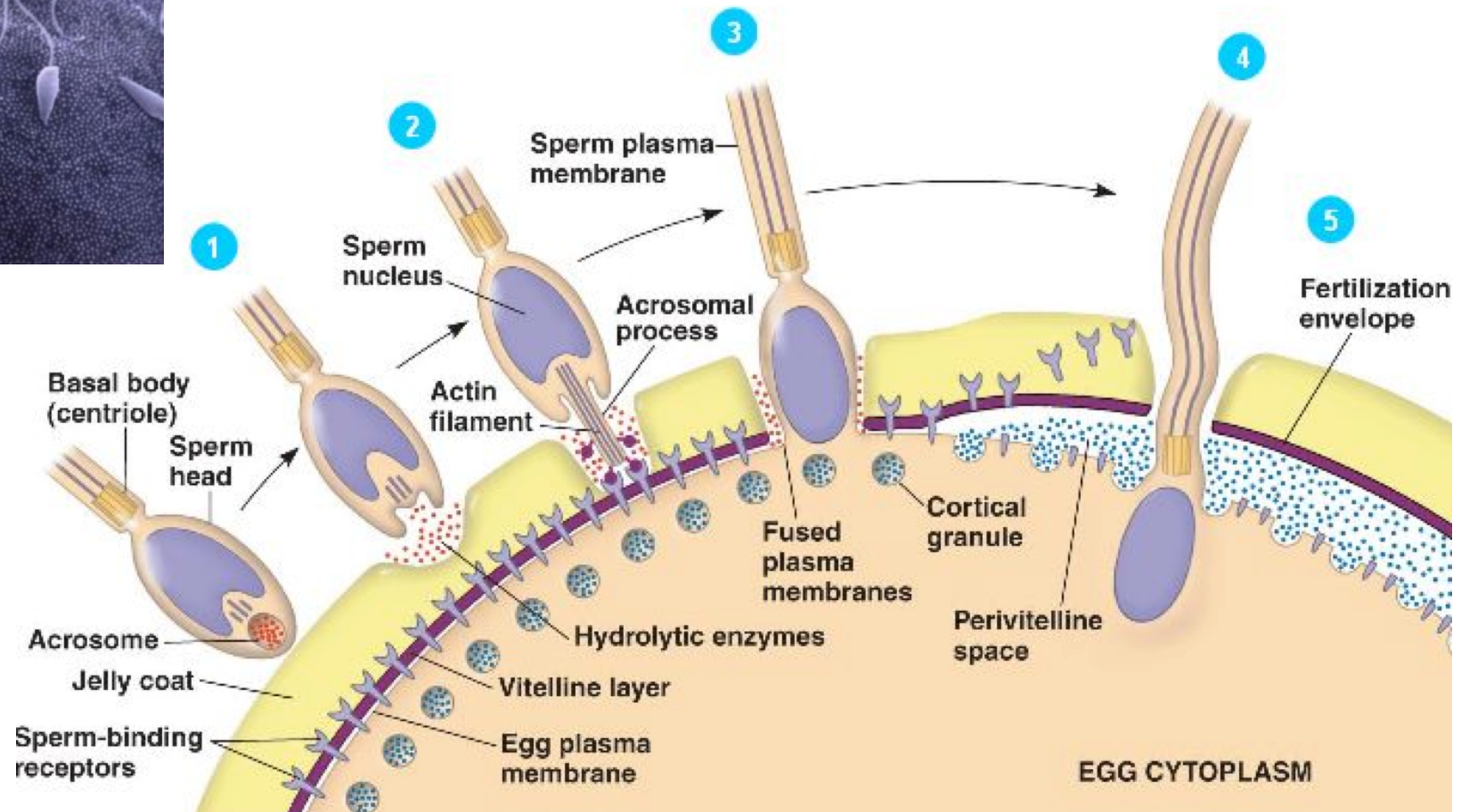


Lo spermatozoo degli echinodermi diventa mobile a contatto con l'acqua di mare per la penetrazione di Na^+ e contemporanea fuoriuscita di H^+ che fa aumentare il pH interno da 7,2 a 7,6, che a sua volta attiva l'attività ATPasica della dineina.

Fecondazione nel riccio di mare



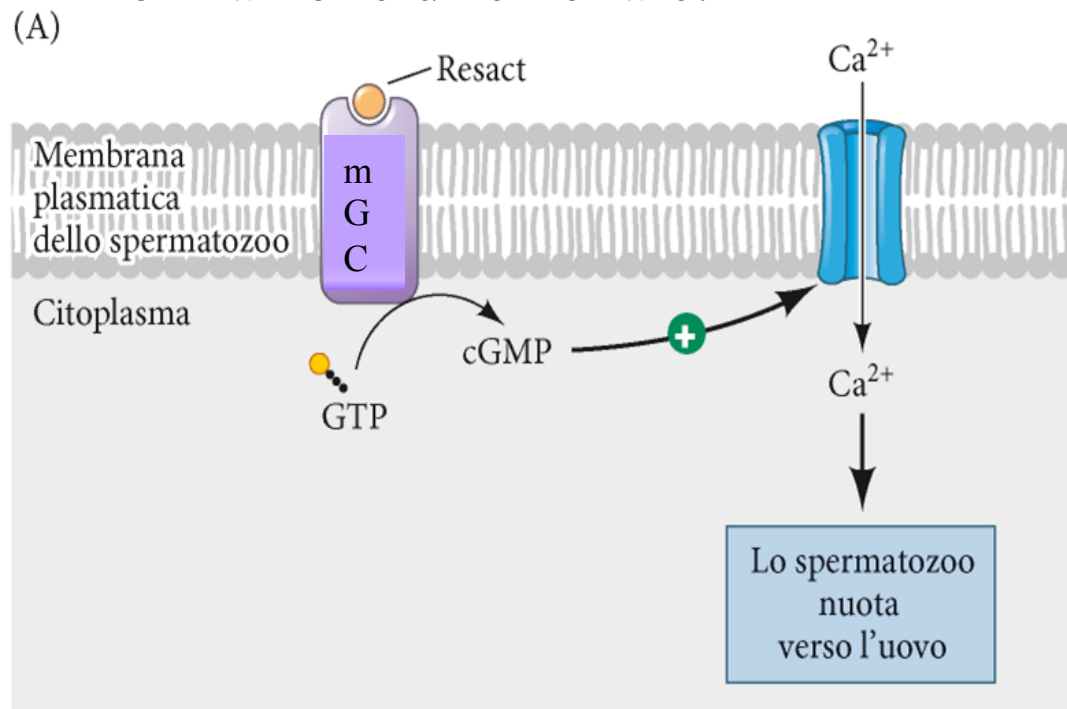
Fertilization in sea urchin.



Fecondazione nel riccio di mare

Attrazione specie-specifica degli spermatozoi

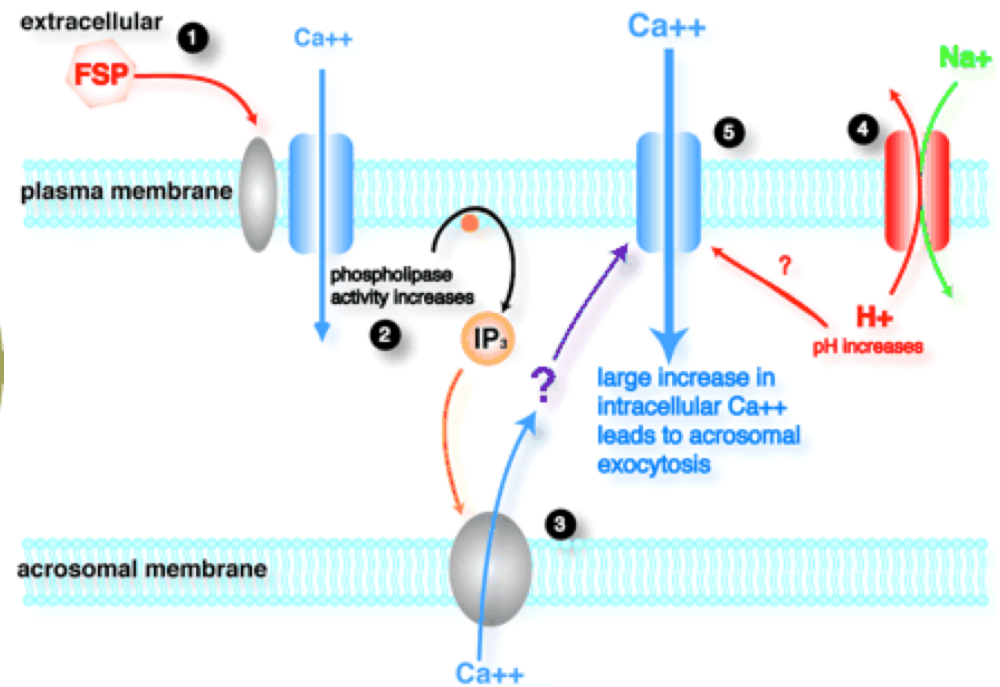
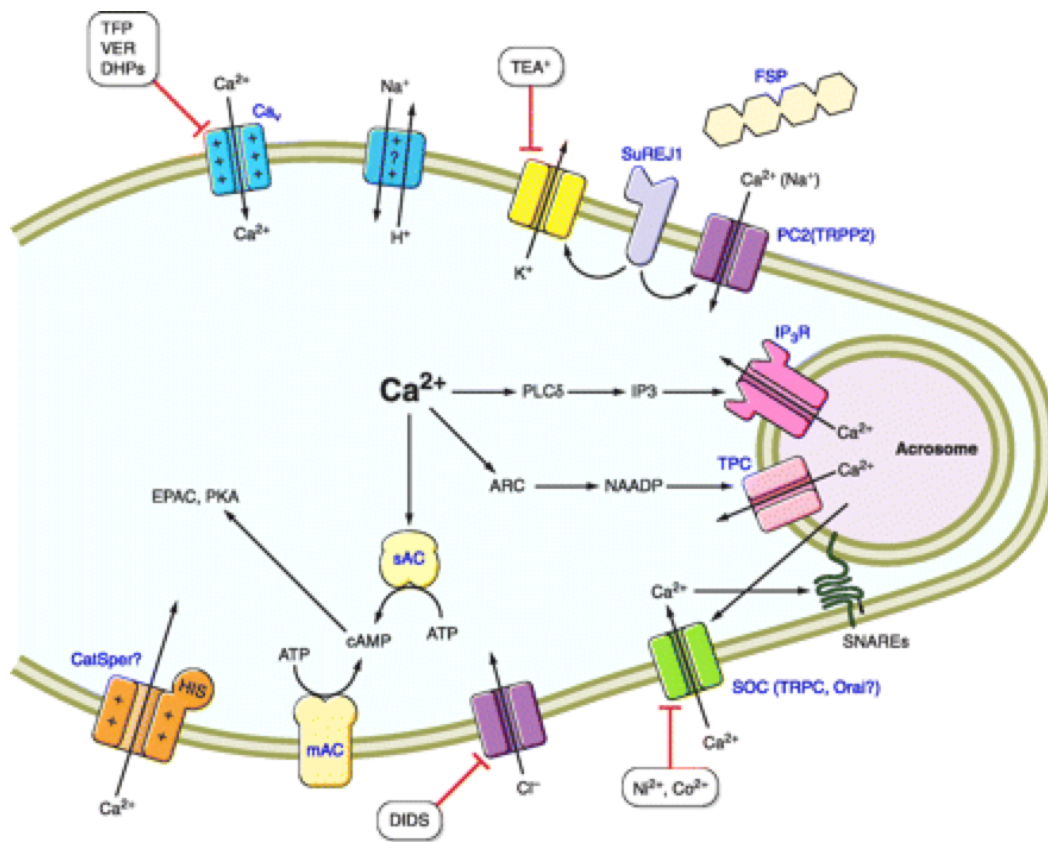
Il *resact*, un piccolo peptide di 14 aa., prodotto dall'involucro gelatinoso dell'uovo, agisce chemiotatticamente anche a concentrazioni bassissime per guidare gli spermatozoi alle uova del riccio di mare seguendo il suo gradiente di concentrazione. Il resact è specie-specifico in quanto attira solo gli spermatozoi di *Arbacia punctulata* e non quelli di altre specie di riccio. Altro piccolo peptide è lo *speract* che, come il resact, attiva gli spermatozoi utilizzando nucleotidi ciclici come II messaggeri. Infatti il recettore dello spermatozoo del riccio di mare presenta attività guanilil-ciclastasi (mGC) e lo speract tramite la mGC innalza i livelli di cGMP, il quale attiva un canale di Ca^{2+} permettendo un afflusso di tale ione dall'acqua di mare fornendo così allo spermatozoo un'informazione direzionale.



Fecondazione nel riccio di mare

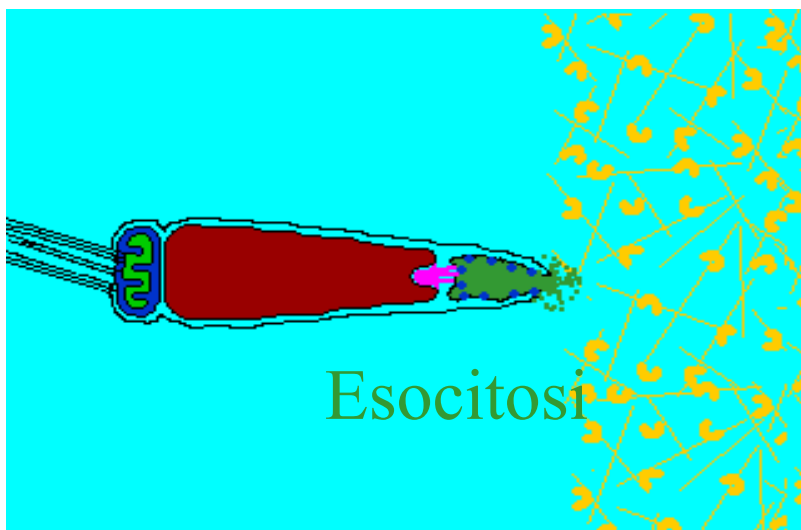
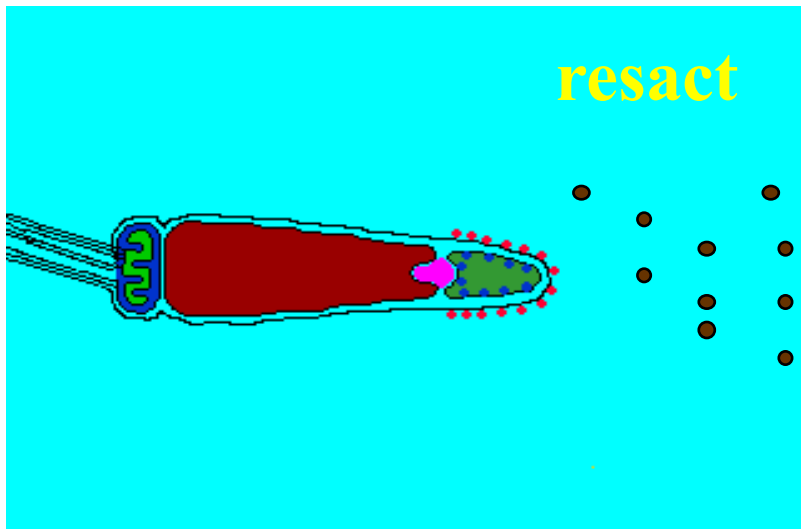
Attivazione degli spermatozoi: Reazione acrosomiale

Nel riccio di mare un polimero solforato del fucosio contenuto nell'involucro gelatinoso dell'uovo innesca la reazione acrosomiale, che consta di due fasi: *1-la fusione della membrana acrosomiale esterna con la conseguente esocitosi degli enzimi acrosomiali e l'esposizione di quella interna, 2-la protrusione del processo acrosomiale.*



Fecondazione nel riccio di mare

Gradiente di chemioattrattante che attira gli spermatozoi verso l'uovo



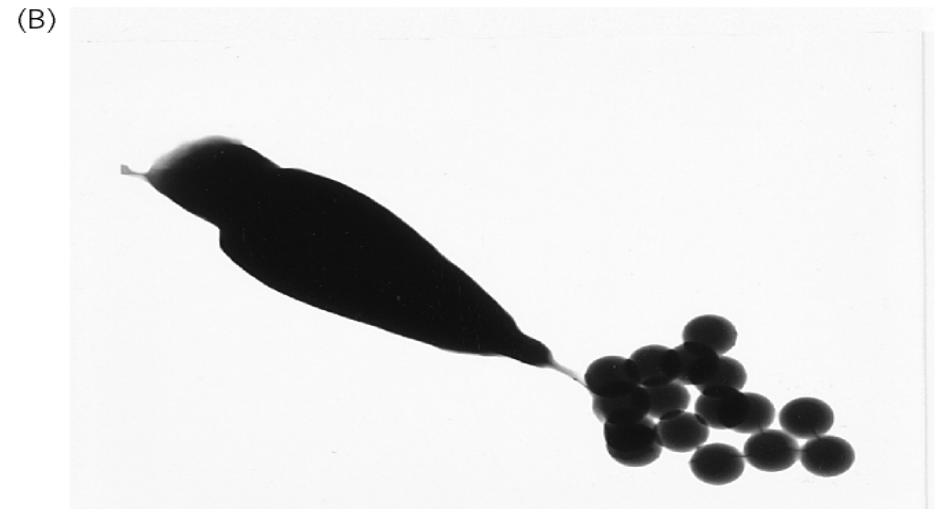
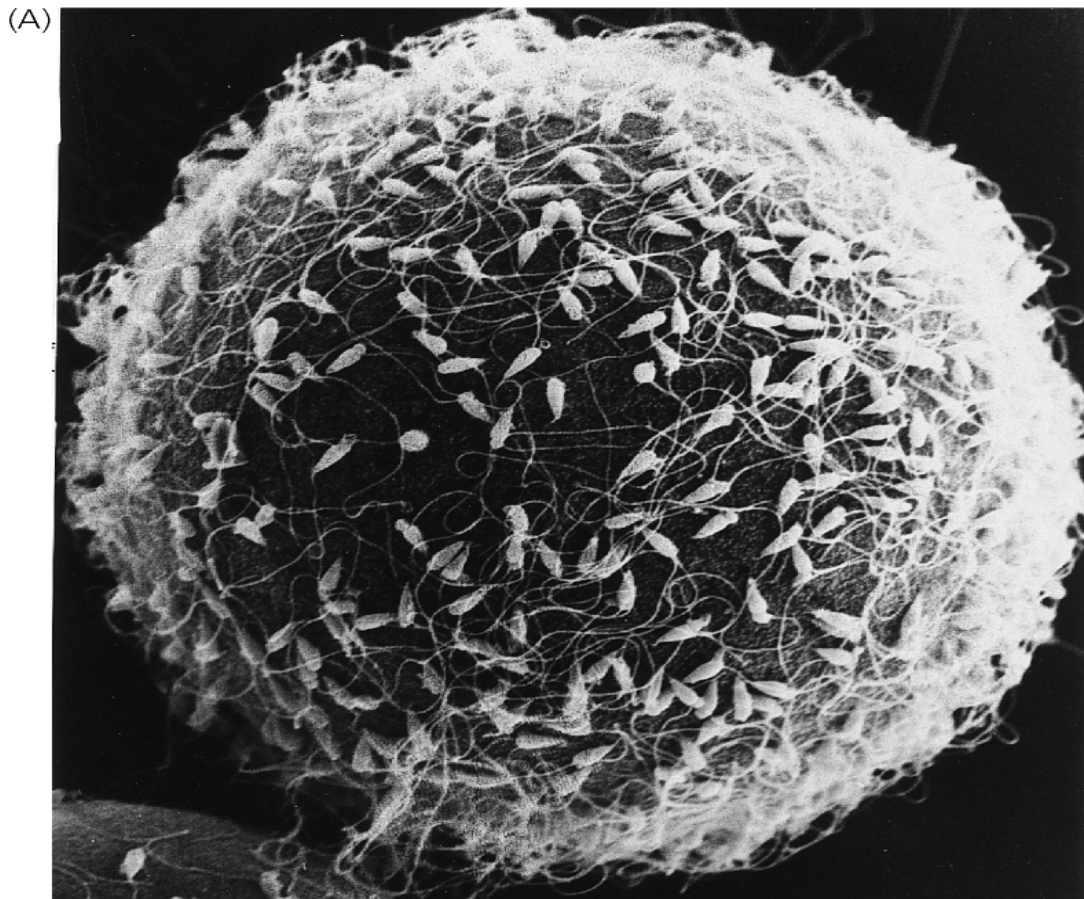
Involucro gelatinoso: nel momento in cui le molecole recettrici della membrana plasmatica dello spermatozoo reagiscono legandosi al polimero del fucosio del jelly coat, attivano:

- 1) un canale di trasporto del Ca^{+2} e si ha uno scambio ionico con entrata di Ca^{+2} e fuoriuscita di 2K^{+}
- 2) uno scambiatore $\text{Na}^{+}/\text{H}^{+}$
- 3) l'enzima fosfolipasi che produce IP_3 .

Ciò provoca l'esocitosi del contenuto acrosomico: gli enzimi acrosomiali digerendo il jelly coat permettono il passaggio dello spermatozoo

Fecondazione nel riccio di mare

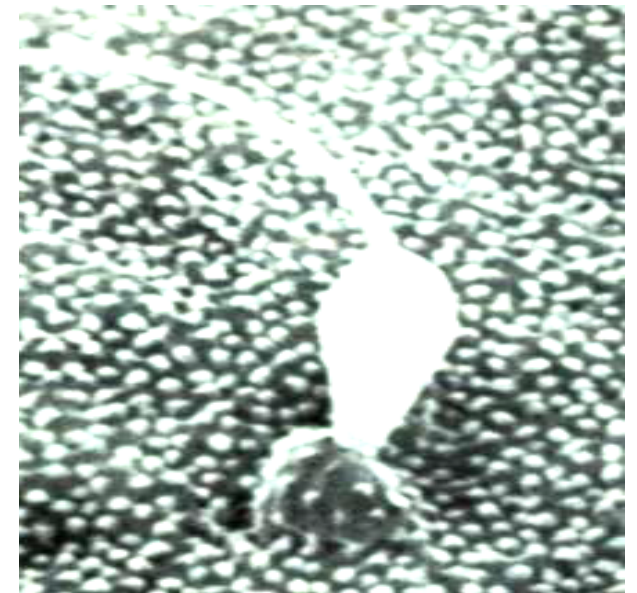
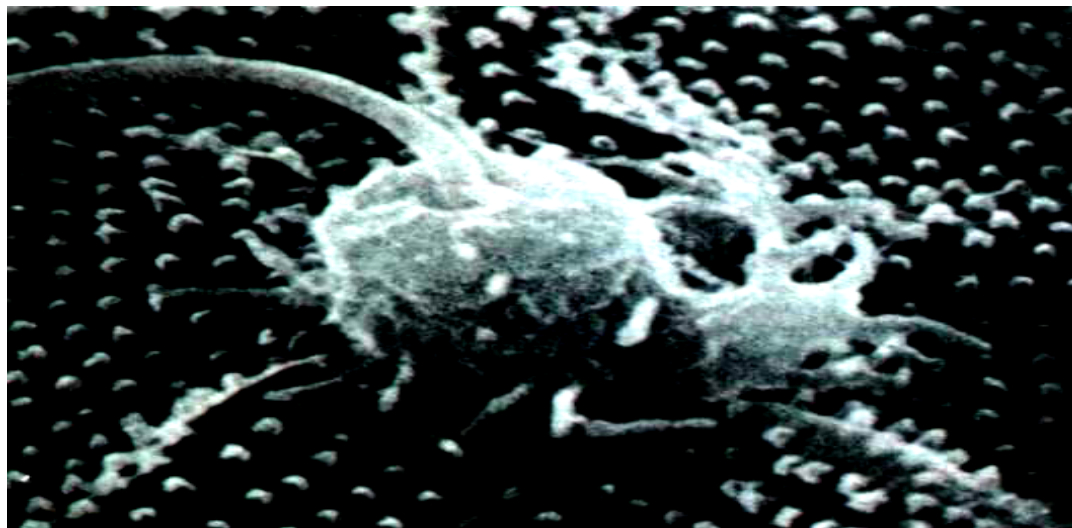
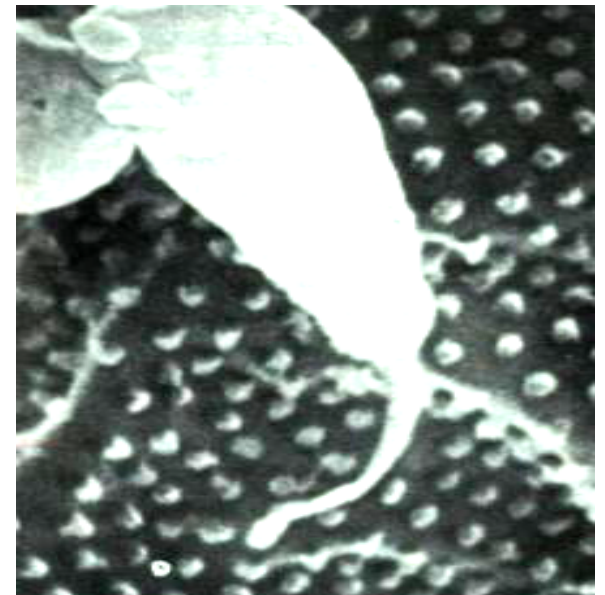
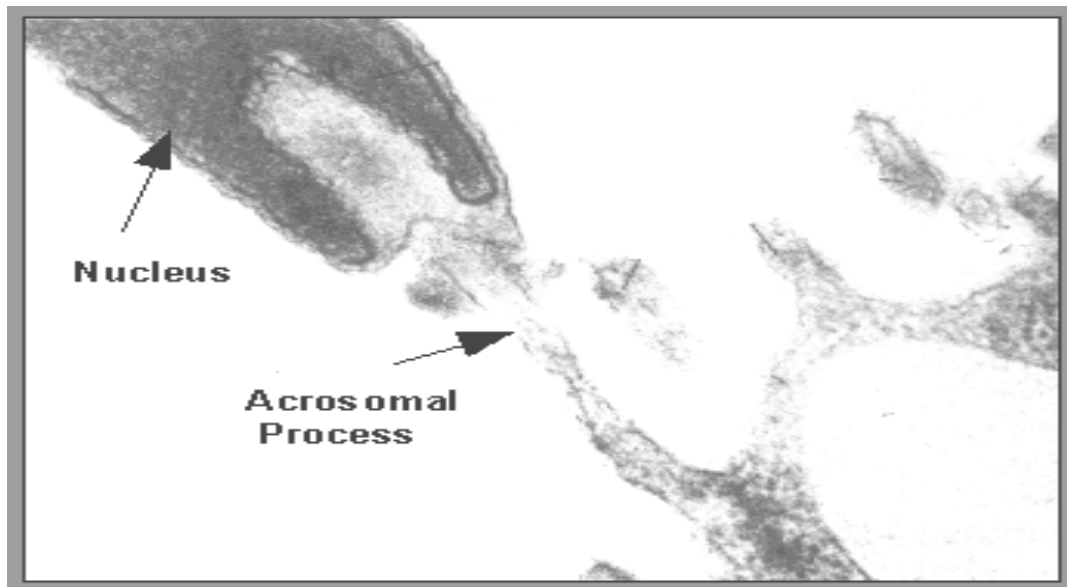
Legame dello spermatozoo all'involucro dell'uovo



Palline di polistirolo rivestite del possibile recettore della bindina a cui si lega lo spermatozoo

Fecondazione nel riccio di mare

Una volta avvenuto il legame specie-specifico comincia la fusione delle membrane dei gameti: la ligandina presenta un gruppo di aa idrofobici responsabili di causare la fusione di vescicole fosfolipidiche tra di loro. Generalmente l'intero spermatozoo entra nel citoplasma ovulare. La sua membrana plasmatica diventa parte della membrana plasmatica ovulare. Dopo che lo spermatozoo si fonde con l'uovo, un'estensione del citoplasma ovulare, il *cono di fecondazione*, avvolge la testa dello spermatozoo



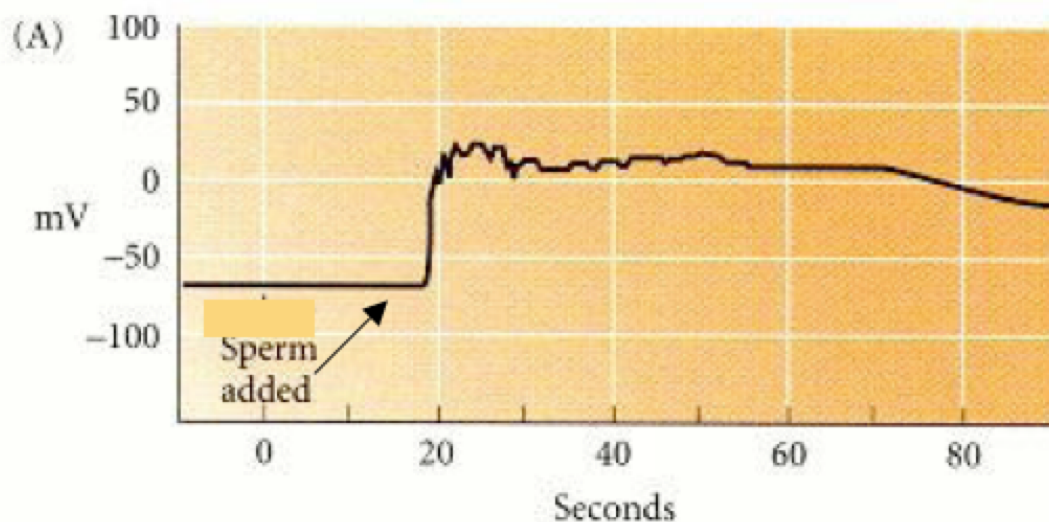
BLOCCO DELLA POLISPERMIA

Vi sono due meccanismi che bloccano la polispermia:

Il **blocco rapido**, dovuto ad un cambiamento del potenziale elettrico della membrana ovulare.

Il **blocco lento**, dovuto all'esocitosi dei granuli corticali e perciò detto *reazione corticale*

Blocco rapido della Polispermia



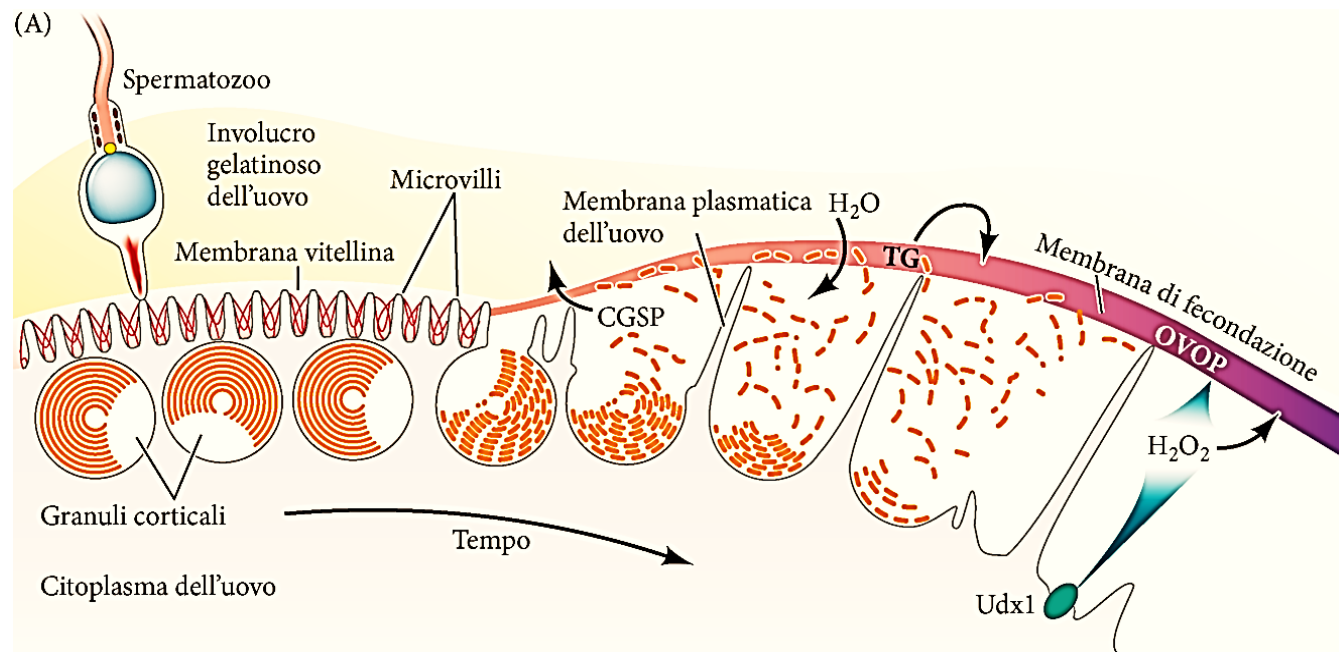
Na ⁺ (mM)	Percentage of polyspermic eggs
490	22
360	26
120	97
50	100

Entro pochi sec. dal 1° contatto dello spermatozoo con la superficie dell'uovo si ha depolarizzazione della membrana plasmatica ovulare per un piccolo afflusso di Na⁺. La membrana diventa positiva e nessuno spermatozoo si può più legare

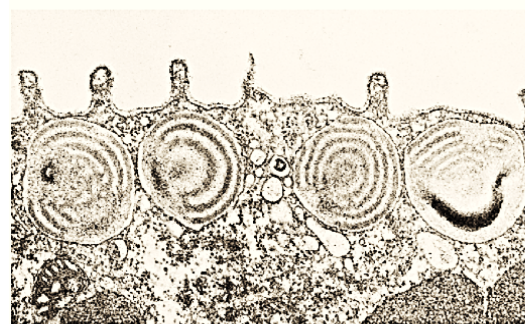
Blocco lento della Polispermia

Il Ca^{+2} rilasciato nel citoplasma ovulare provoca la fusione della membrane dei granuli corticali e di quella plasmatica col rilascio del contenuto dei granuli nello spazio compreso fra membrana vitellina e plasmatica, lo *spazio perivitellino*: qui *proteasi* degradano i recettori per la ligandina ed i pilastri che ancorano la membrana vitellina alla plasmatica. *Mucopolisaccaridi* per osmosi richiamano acqua nello spazio perivitellino e rigonfiandosi, **fanno sollevare la membrana vitellina che diviene membrana di fecondazione**. *Perossidasi* legano residui di tirosine di proteine della membrana di fecondazione indurendola. La *proteina ialina* infine forma un involucro intorno all'uovo.

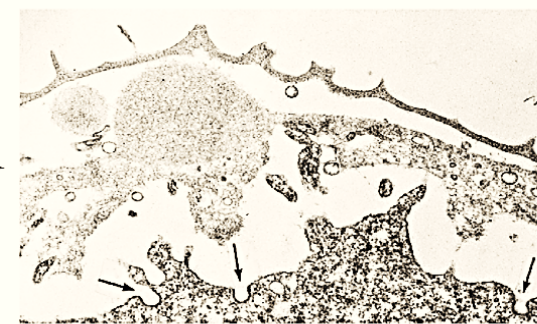
- | | |
|-----------------------|--|
| 1. Proteasi | a. Taglio delle proteine che connettono MV a MP
b. Taglio dei recettori della bindina |
| 2. Mucopolisaccaridi | Gradiente osmotico |
| 3. Enzima perossidasi | Rinforzo della MF mediante legame trasversale sui residui tirosinici |
| 4. Proteina ialina | Rivestimento interno dell'uovo |



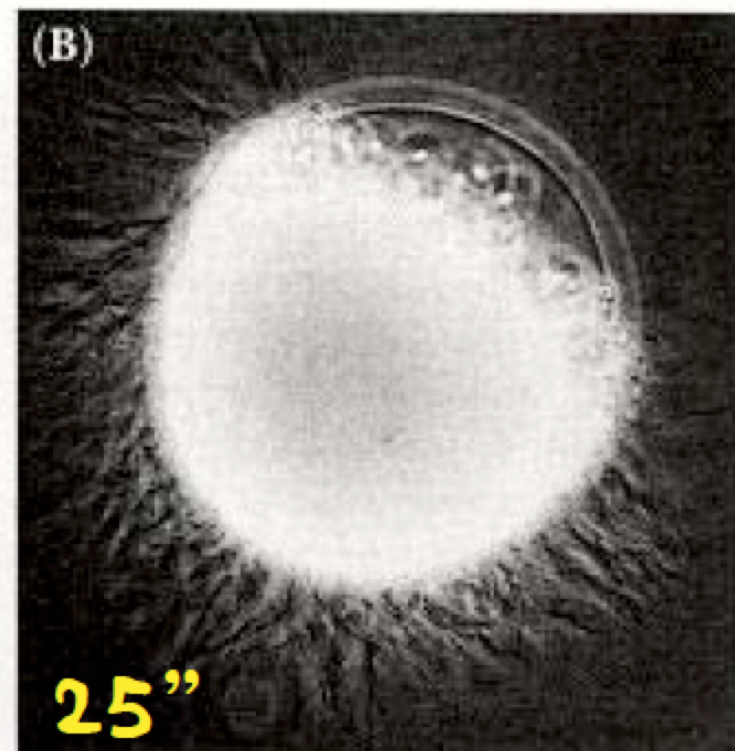
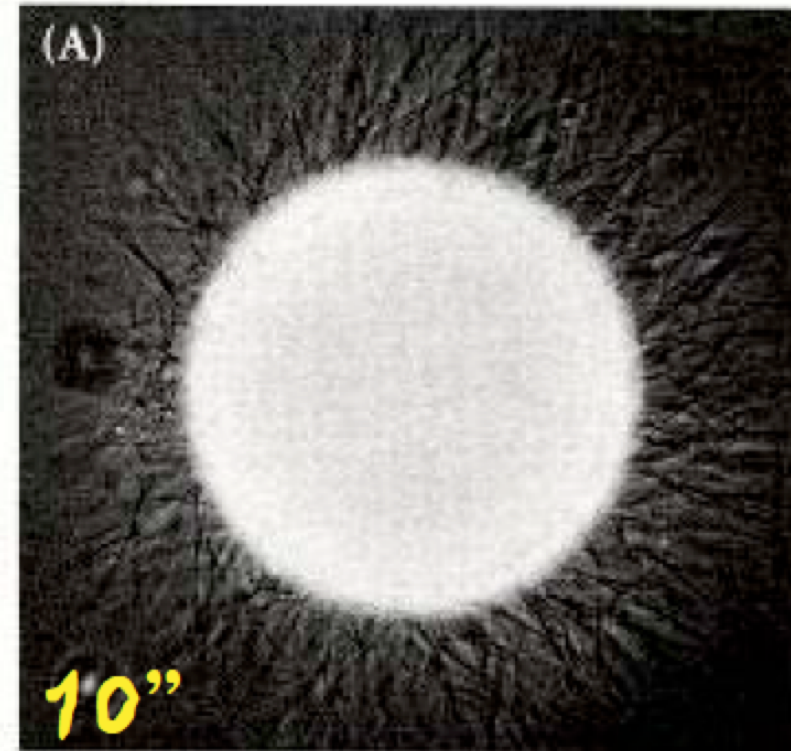
(B)



(C)

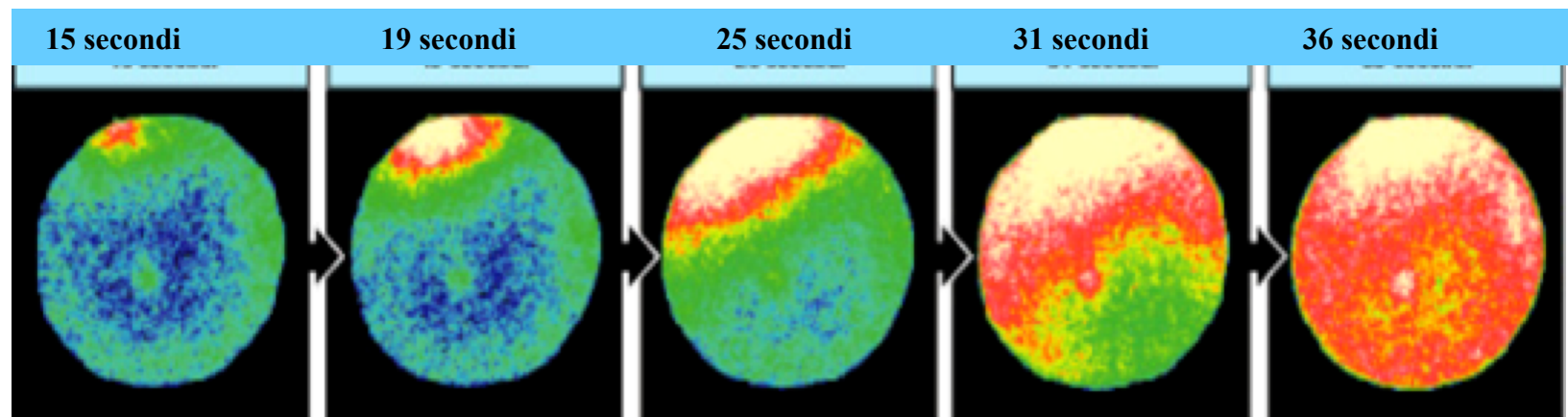


Formazione dell'involucro di fecondazione e rimozione dell'eccesso di sperma



Sollevamento della membrana di fecondazione

Il calcio libero nel citoplasma scatena l'esocitosi dei granuli corticali, che a loro volta contengono Ca^{+2} , innescando una reazione a cascata. Con l'equorina, un colorante fluorescente estratto dalle meduse, si può seguire l'onda del calcio che attraversa l'ovocita



ATTIVAZIONE DEL METABOLISMO DELL'UOVO

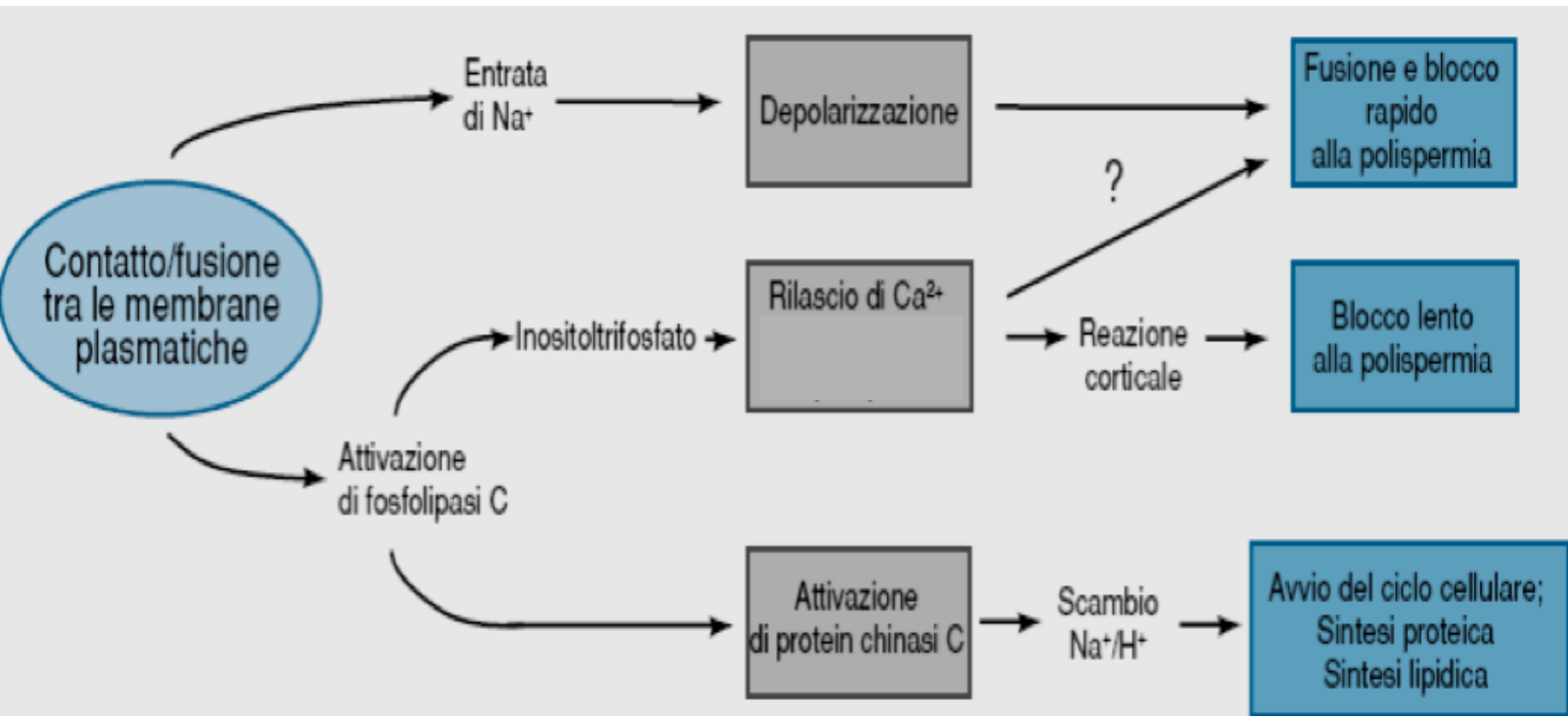
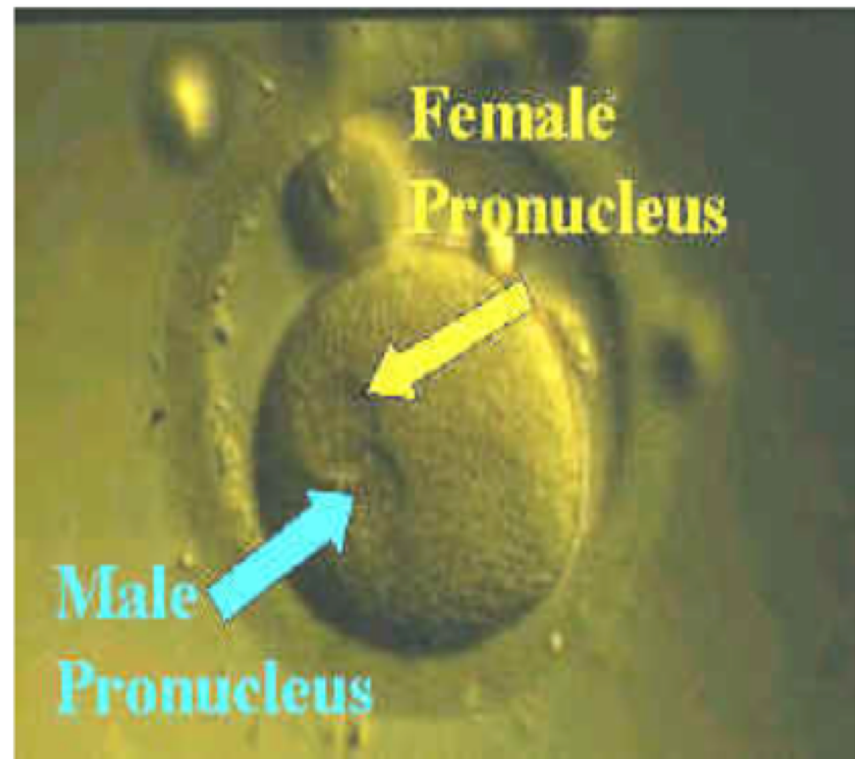
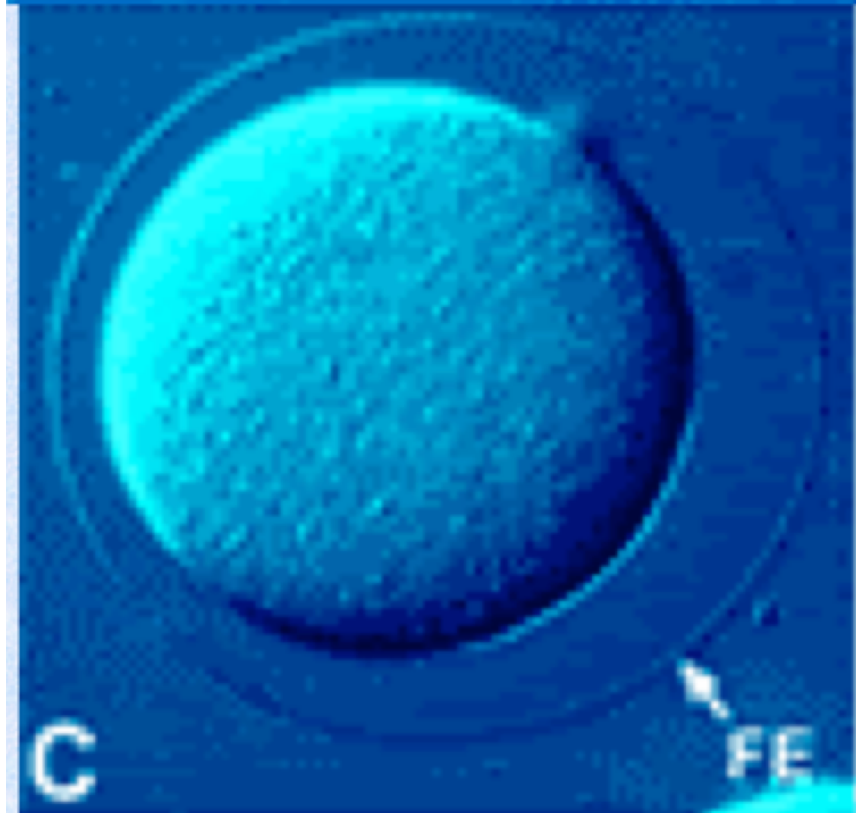
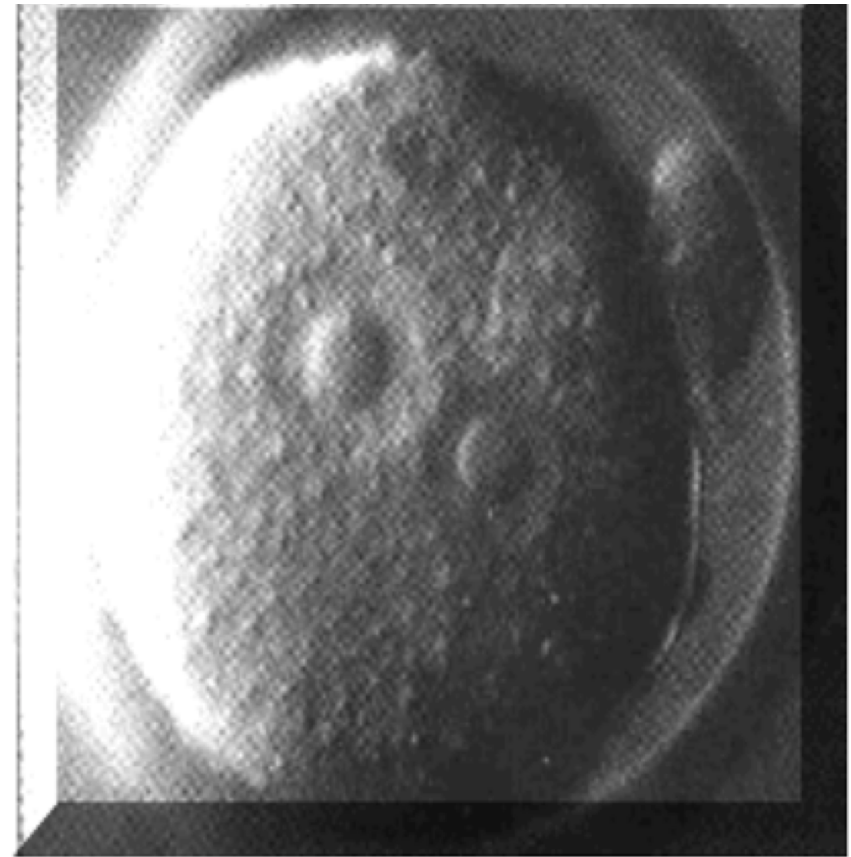
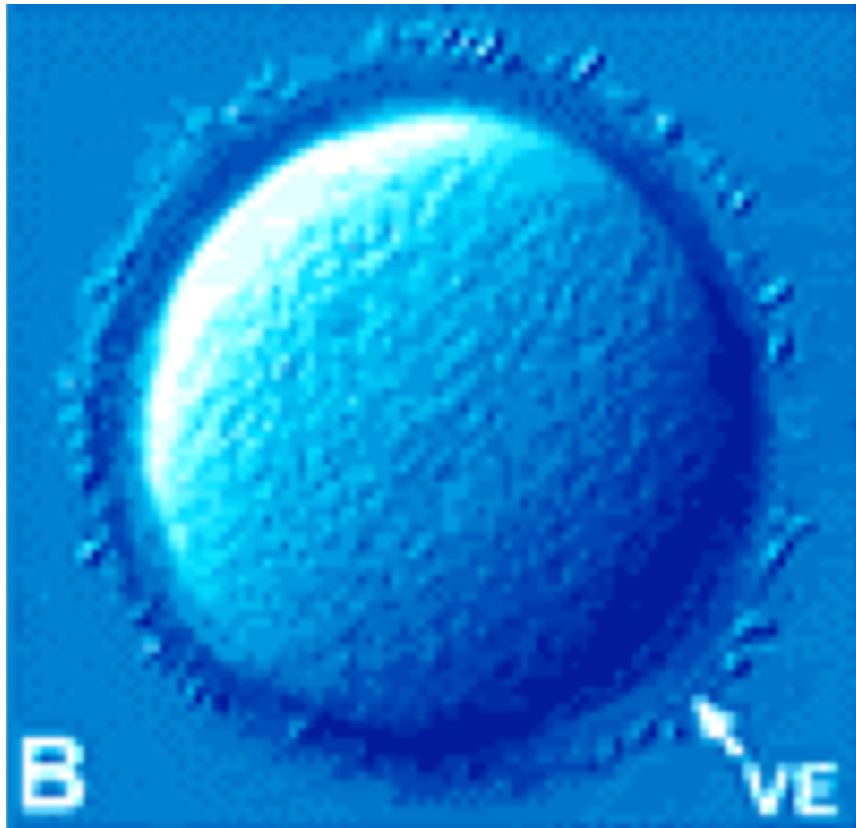


Figura 4.14 Temporizzazione schematica degli eventi chiave nell'attivazione dell'uovo di riccio di mare (vedi anche Tabella 4.1)

Sintesi di acidi nucleici e proteine a partire dall'mRNA materno

Globulo polare, membrana di fecondazione e pronuclei in riccio di mare



La fecondazione di riccio di mare e di mammifero

