

# Lo spermatozoo

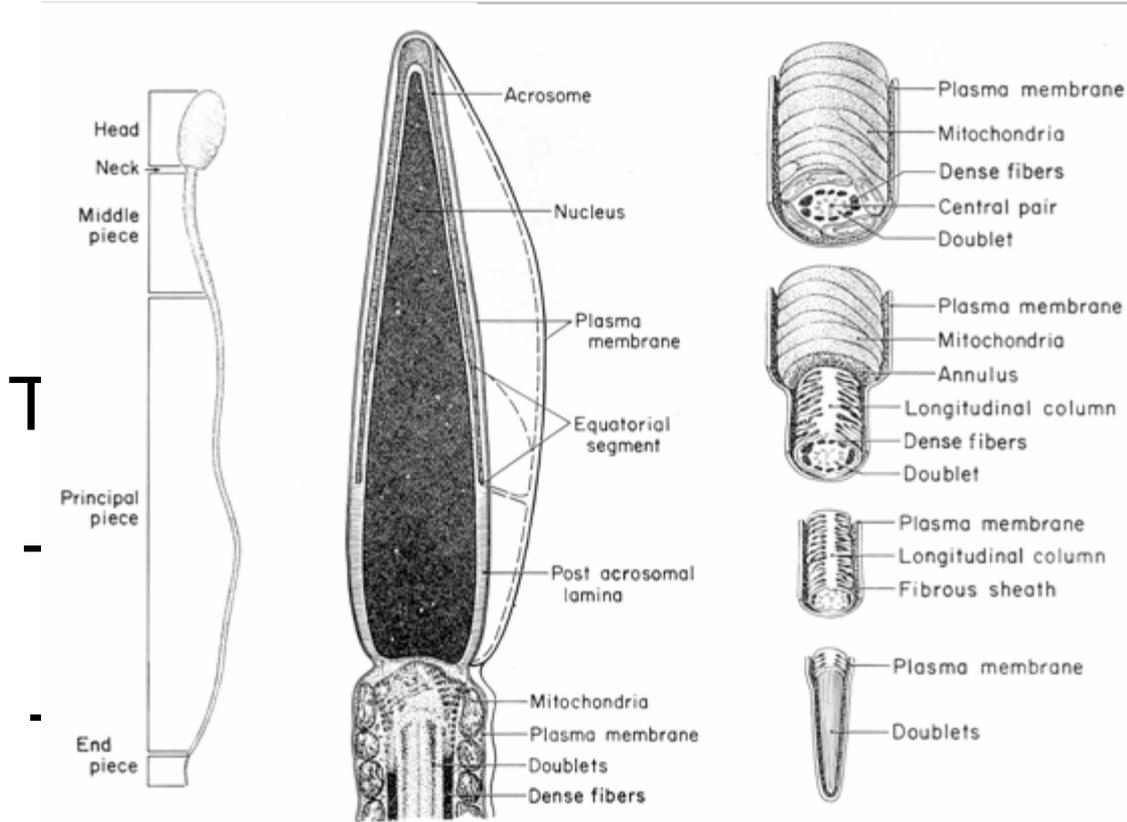
Gamete maschile

Cellula altamente specializzata

Corredo cromosomico aploide ( $n$ )

# Lo spermatozoo

## Struttura dello spermatozoo



## Struttura dello spermatozoo

Nucleo altamente condensato

Strutture microtubulari

St. fibrose

St. di membrana

## Struttura dello spermatozoo

### Strutture microtubulari e fibrose

Doppiette dell'assonema

Fibre dense

Guaina fibrosa del tratto intermedio e principale

Fondamentali per il movimento

Strutture di membrana

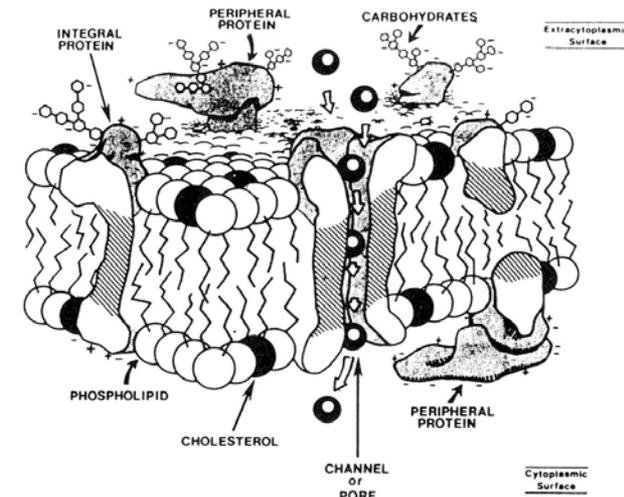
Risentono del raffreddamento

## Membrana plasmatica

- Avvolge l'intero spermatozoo
- Rappresenta il componente più esterno
- Regioni differenti, con funzioni differenti

## Membrana plasmatica

- Doppio strato lipidico
- Composto da fosfolipidi polari
- Prevalentemente fosfolipidi e colesterolo
- Proteine inframezzate ai lipidi (50% del peso)
- integrali (canali o pori)



## Membrana plasmatica

- Composizione del doppio strato lipidico varia con la specie
  - Stallone
  - Rapporto colesterolo-fosfolipidi 0.36
  - Valore intermedio fra suino e bovino

## Membrana plasmatica

- Fosfolipidi
  - colina
  - etanolamina
  - sfingomielina
- Nelle specie domestiche la localizzazione e la natura variano

## Membrana plasmatica

- Possibilità di movimento dei fosfolipidi
- Condizione possibile per la fluidità a  $T^\circ$  ambiente
- Fluidità determinata da rapporto colesterolo-fosfolipidi e dalla loro natura
- In alcune condizioni, cambiamento di stato

## Membrana plasmatica

- Aree di ancoraggio
  - anello caudale
  - annulus
  - tratto principale

## Membrana plasmatica

- M.P. sull'anello caudale caratterizzata da
  - - banda striata di particelle intramembranarie
  - - fusione della membrana con l'anello posteriore

- Membrana plasmatica
- M.P. sull'annulus
  - - banda di particelle compatte
  - - probabilmente coinvolte nel suo ancoraggio

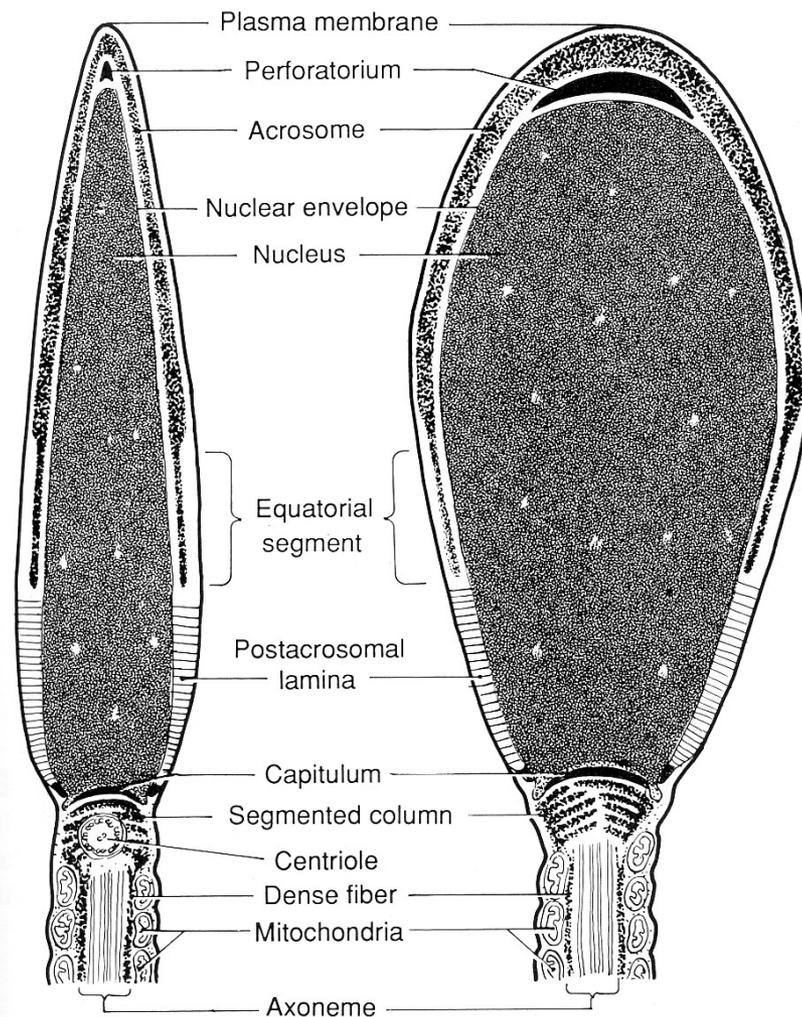
## Membrana plasmatica

- M.P. sul tratto principale
- - linea longitudinale di particelle (cerniera)
- - probabile funzione di ancoraggio
-

# Lo spermatozoo

Te

- Nucleo (con envelope)
- Acrosoma
- Lamina postacrosomial
- Membrana plasmatica
- 



## Testa

- Aspetto dipende dalla forma del nucleo
- Forma caratteristica per la specie
- Nucleo con DNA e protamine
- Avvolto da doppio strato lipidico (envelope)

## Testa

- Porzione rostrale coperta dall'acrosoma
- Delimitato da doppio strato lipidico
- A sua volta avvolto dalla membrana cellulare

## Acrosoma

- Contiene enzimi litici e glicoproteine
  - ialuronidasi
  - acrosina
  - lipasi
- Alcuni sono ancorati alla faccia interna della membrana acrosomiale

## Acrosoma

- Segmento equatoriale
- porzione caudale dell'acrosoma
- assottigliamento acrosomiale
- non contiene enzimi acrosomiali
- membrana plasmatica con potere fusogenico

## Lamina postacrosomiale

- Circonda la porzione caudale del nucleo
- Ruolo non chiaro
- Probabile ruolo nell'adesione all'oocita

## Piastra basale

- Inspessimento della membrana nucleare
- Funzione di collegamento con il collo
- Nel cavallo anche in posizione eccentrica

## Collo

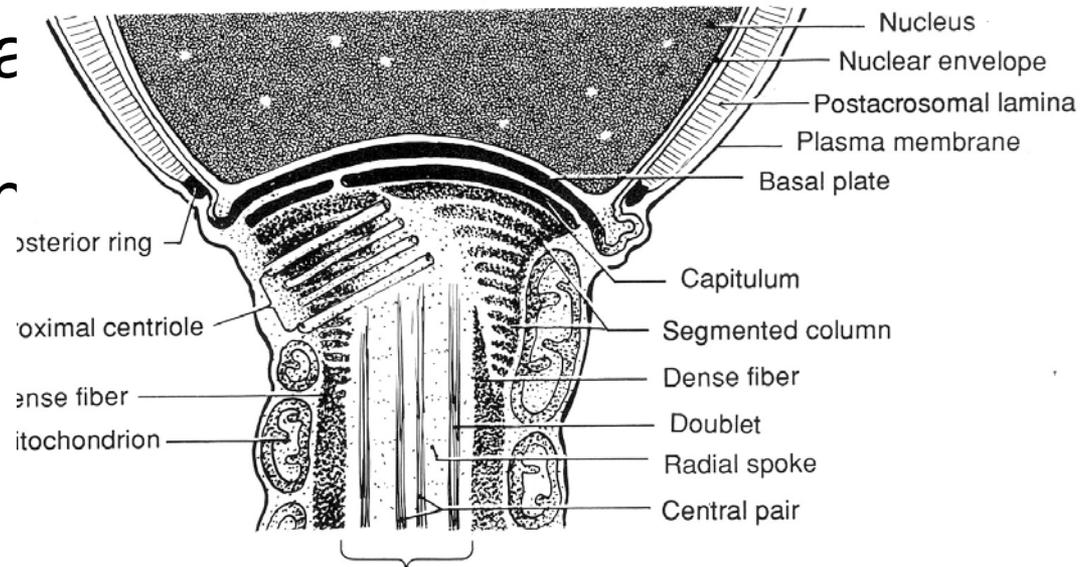
- **Contiene**

- tratto di connessione
- centriolo prossimale
- l'apparato mitocondriale
- circonvoluzioni dell'envelope

## Collo

- Tratto di connessione

- caratterizzato da
- colonne segmentarie
- capitulum



## Collo

- Colonne segmentate
  - n° di 9
  - serie di circa 15 strutture piastriformi sovrapposte
  - ognuna fusa con l'origine delle 9 fibre dense
  - 2 paia sono fuse formando due colonne segmentate maggiori

## Collo

- Colonne segmentate
  - n° di 9
  - serie di circa 15 strutture piastriformi sovrapposte
  - ognuna fusa con l'origine delle 9 fibre dense
  - 2 paia sono fuse formando due colonne segmentate maggiori
  - 5 sono dette c.s. minori

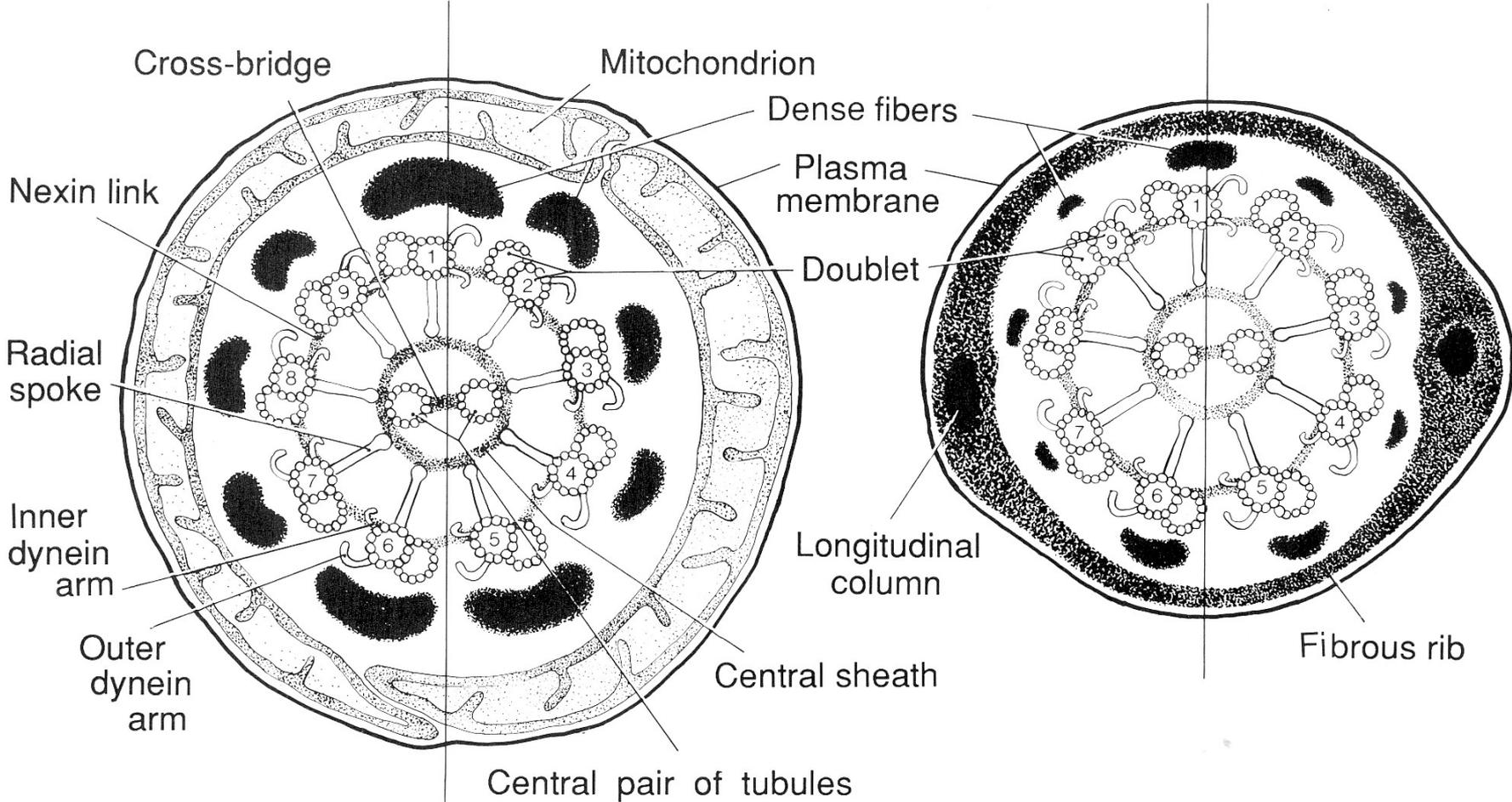
## Collo

- Centriolo prossimale
  - localizzato fra le colonne segmentate maggiori
  - caratteristica struttura a 9 fibrille
  - disposto a  $45-60^\circ$  rispetto all'asse flagellare
- Con il tratto di connessione sede del movimento

## Tratto intermedio

- Caratterizzato dai mitocondri
- Disposizione
  - a doppia elica
  - termino-terminale

# Lo spermatozoo



## Tratto intermedio

- Fibre dense

- n° di 9
- Al centro della doppia elica
- Struttura simil-keratinica
- Poggiano sulle colonne segmentate
- Fino alla porzione principale
- Non attività contrattile, limitano l'angolo di battito del flagello

## Assonema

- Architettura simile a strutture motili (cilia, microorganismi)
- Coppia centrale di microtubuli
- Nove paia di doppiette
- Ogni doppietta costituita da un microtubulo A (completo) e da un microtubulo B (incompleto)
- Microtubuli costituiti da tubulina in 9/10-13 protofilamenti (B-A)

## Assonema

- Microtubulo A provvisto di due file di bracci verso la successiva doppietta (dineina)
- Bracci di dineina ricchi in attività ATPasica
- Doppiette legate fra loro da nexina (elasticità)
- Nove raggi radiali di connessione alla coppia centrale (funzione strutturale)

## Annulus

- Anello elettrondenso fra l'ultimo giro di mitocondri e margine rostrale della guaina fibrosa della tratto principale
- Punto di ancoraggio della membrana plasmatica

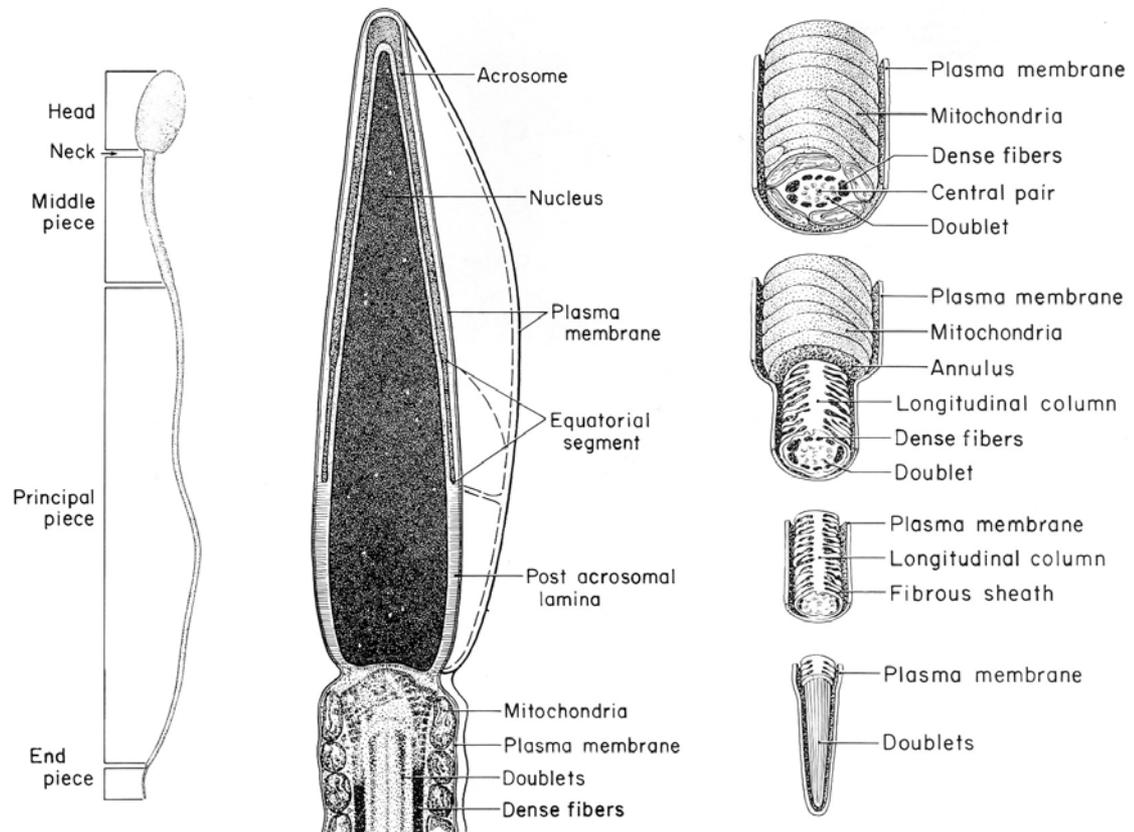
## Tratto principale

- Continuazione delle fibre dense e dell'assonema
- Nella porzione caudale le f.d. si assottigliano e scompaiono
- Guaina fibrosa (costole fibrose e colonne longitudinali)
- Probabile ruolo strutturale e di flessibilità

# Lo spermatozoo

## Tratto terminale

- Assottigliamento dell'assonema nelle porzioni caudali



## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

- Anteropulsione dovuta a piegamento del flagello
- Onde oscillatorie coordinate
- Origine nel collo

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

- Movimento oscillatorio per
- 1) Sistema di scivolamento delle doppiette
- 2) Sistema di controllo e coordinamento delle ondate oscillatorie

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

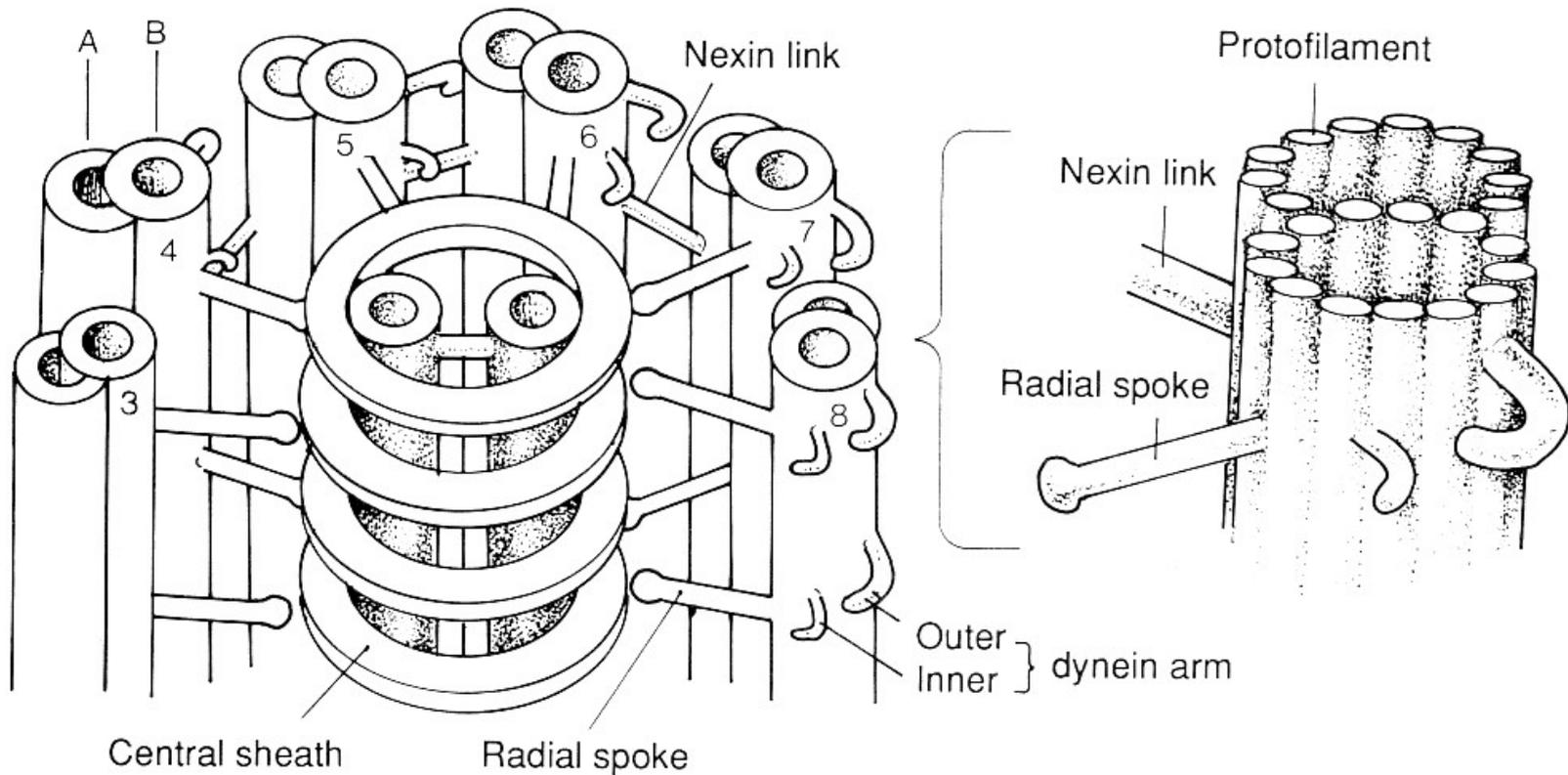
- Movimento oscillatorio per
- 1) Sistema di scivolamento delle doppiette
- 2) Sistema di controllo e coordinamento delle ondate oscillatorie

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

- Movimento oscillatorio per
- Azione di forze nella coda che agiscono contro le contrapposizioni dovute a
  - connessioni di nexina
  - raggi radiali
  - fibre dense e guaina fibrosa

# Lo spermatozoo

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi



## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

- Piegamento della coda come risultato delle forze trasversali generate dallo scorrimento delle doppiette
- Ruolo dei bracci di dineina
- Energia per lo scorrimento dall'ATP

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

- In condizioni di immobilità
- bracci di dineina da microtubulo A al B della doppietta adiacente
- legame con m. B transitorio
- In presenza di ATP, braccio di dineina rompe il legame con m. B e si accorcia

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

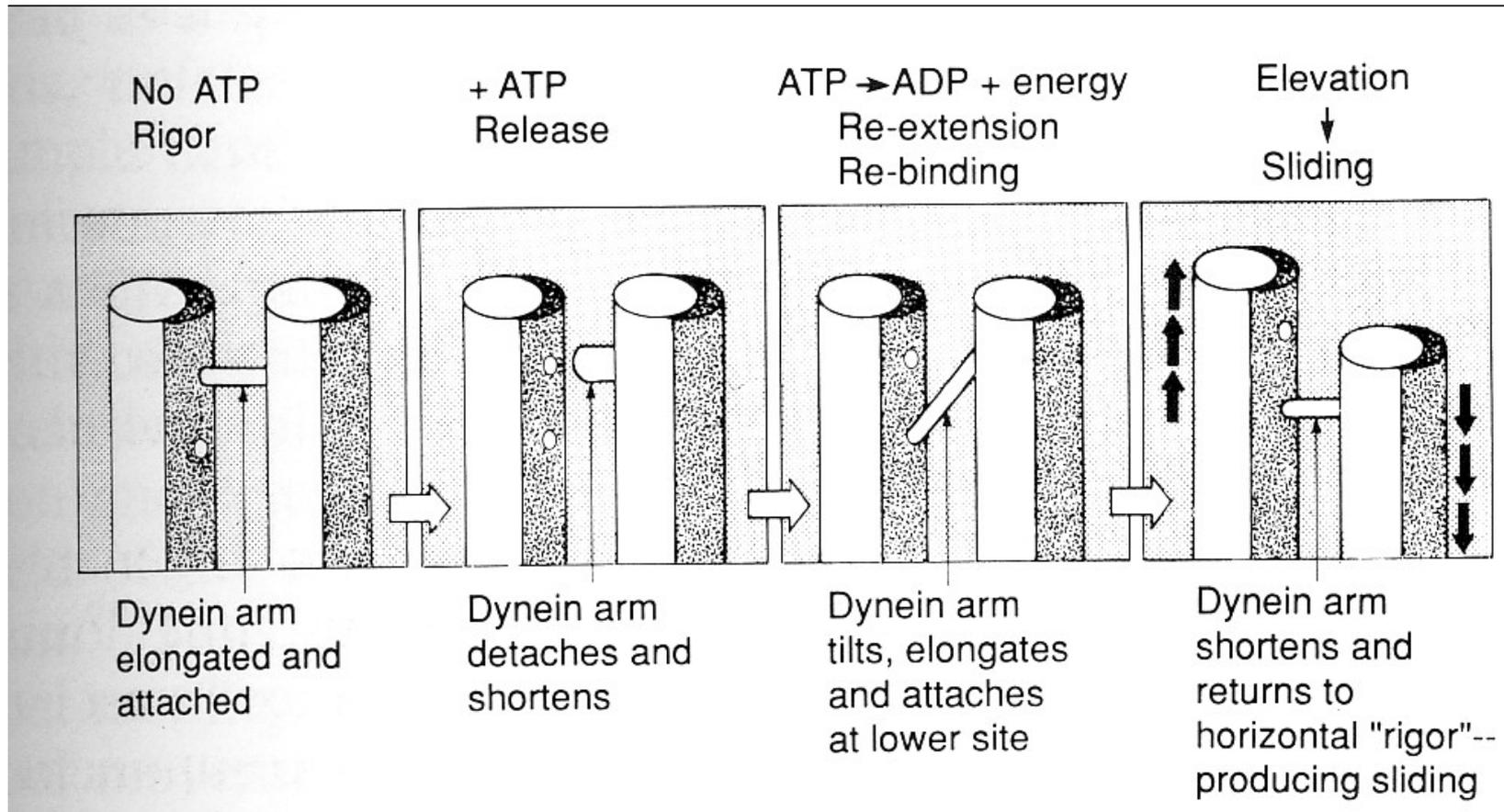
- Movimento di svicolamento

- braccio si inclina ( $40^\circ$ ) - necessita di ATP
- si allunga - necessita di ATP
- si lega al m. B in un nuovo sito

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

- Movimento di scivolamento
- braccio si contrae per tornare alla posizione angolare originale ( $90^\circ$ ) spostando fra loro le doppiette fino alla punta dell'assonema

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi



## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

- Semplice scorrimento non sufficiente a piegare il flagello
- Piegamento indotto da
  - ancoraggio delle doppiette e delle fibre dense nel collo
  - resistenza della nexina
  - alternanza nello scorrimento fra doppiette

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

- Movimento rotatorio del flagello si genera nel tratto principale?

## Meccanismo del movimento degli spermatozoi

- Sistemi di controllo
- AMPc (da ATP)
- $\text{Ca}^{++}$  via calmodulina (coordinamento doppiette)
- Adenosina
- Bicarbonato
- Sistema enzimatico della carbossimetilazione proteica

# Capacitazione

Immaturità funzionale degli spz epididimali

Necessario il passaggio nell'utero

perdita dei fattori decapacitanti (epididimo e plasma seminale)

cambiamenti della struttura ed architettura di membrana

modificazione della concentrazione ionica intracellulare

# Capacitazione

Allontanamento del plasma seminale e dei fattori decapacitanti

Diminuzione dell'attività Ca-ATPasica

Aumento della [Ca] intracellulare

Capacitazione

Aumento del Ca

Diminuzione dei sistemi di espulsione

Aumento dell'ingresso (canali volt dipendenti)

Rilascio delle riserve intracellulari

# Capacitazione

Modificazioni dell'architettura di membrana

Metabolismo del colesterolo

fuoriuscita del colesterolo aumenta la  
fluidità

Molecole accettori (albumine) favoriscono la  
capacitazione

# Capacitazione

Fosforilazione delle proteine di membrana

Aumento dell'AMPc

Modificazione del citoscheletro

# Reazione acrosomiale

Meccanismo di liberazione del contenuto  
acrosomiale

Necessario per la fecondazione dell'oocita

Processo innescato dalla capacitazione

Procede in maniera indipendente

# Reazione acrosomiale

Fusione delle membrane dell'acrosoma e dello spermatozoo in specifici punti

Legata alla liberazione di ioni calcio

Modificazione della distribuzione di particelle di membrana

# Reazione acrosomiale

Indotta dal contatto con la zona pellucida  
dell'oocita

Legame con la ZP3

Ruolo del P4 di origine follicolare

# Reazione acrosomiale

Fusione della membrana acrosomiale con la membrana plasmatica

Allargamento lento degli spazi di fusione

Riversamento di enzimi acrosomiali all'esterno:  
ialuronidasi  
acrosina