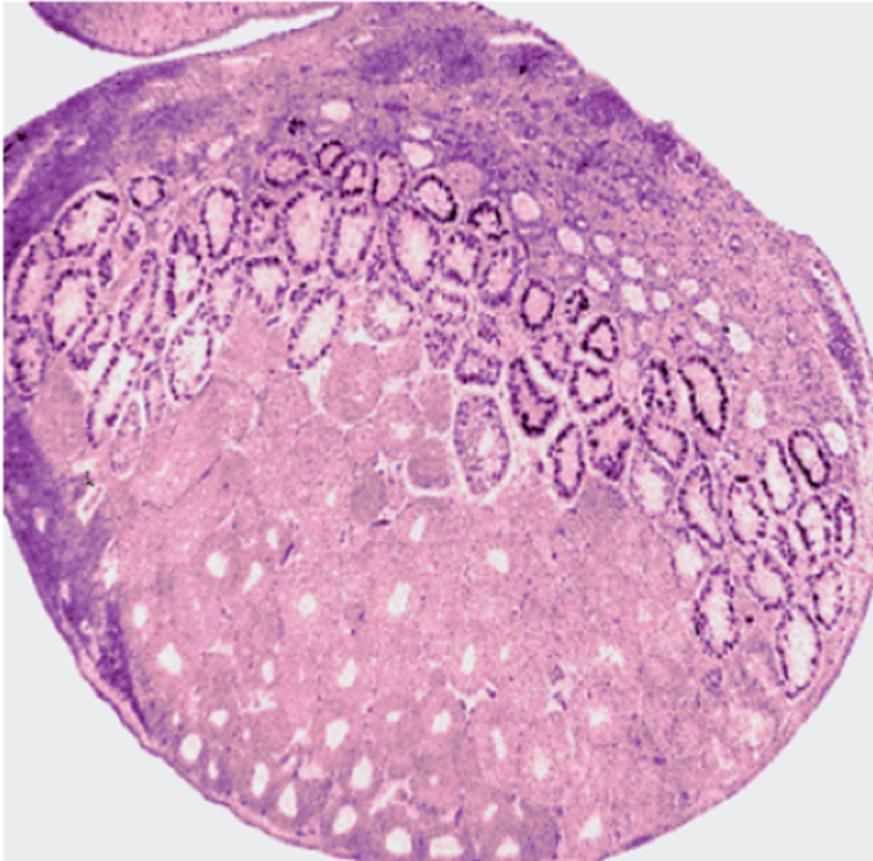


Spermatogenesi :

- ✓ Organizzazione della gonade maschile : il testicolo
- ✓ Stadi della spermioistogenesi
- ✓ Struttura e morfologia dello spermatozoo
- ✓ Fattori che provocano danni al processo della spermatogenesi
- ✓ Capacitazione dello spermatozoo
- ✓ Controllo della spermatogenesi

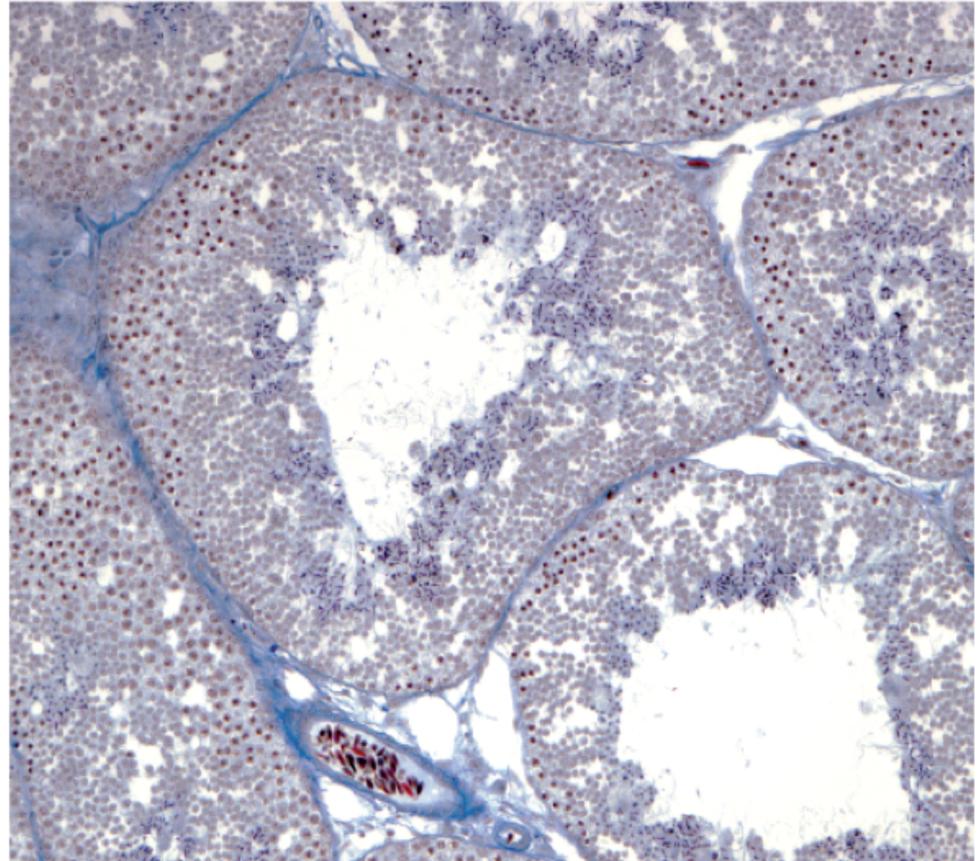
Organizzazione dei testicoli

Ampollare o Cistico



(a)

Tubulare



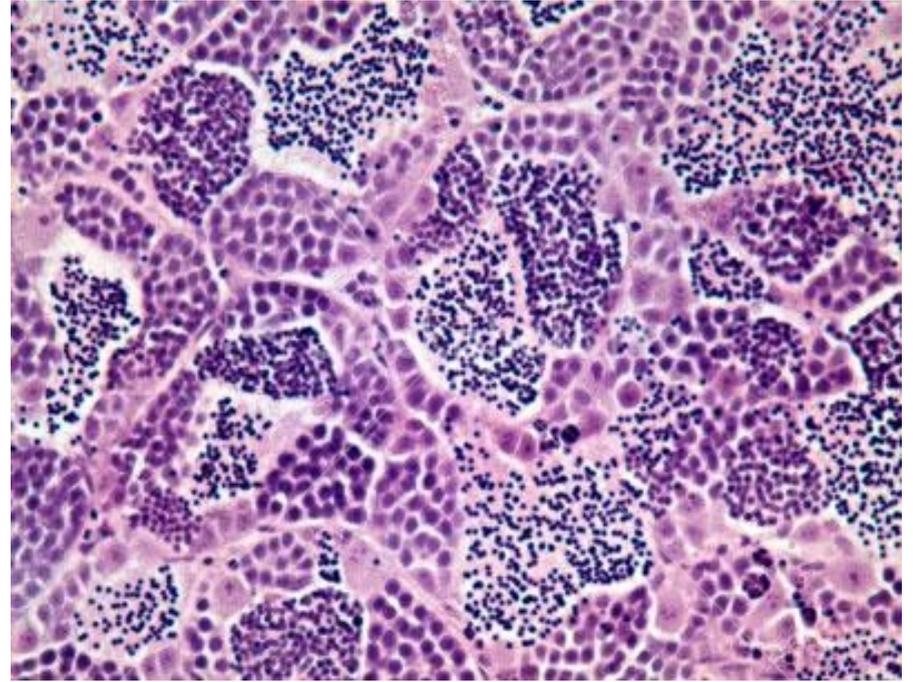
(b)

Figura 3.9 (a) Testicolo di tipo cistico del pesce cartilagineo *Torpedo marmorata*. Notare come le cellule germinali presenti all'interno di ogni ciste si trovino tutte allo stesso momento del loro differenziamento. (b) Testicolo di tipo tubulare di rettile in fase riproduttiva. In ogni tubulo, tagliato trasversalmente, sono evidenziabili i differenti stadi di differenziamento delle cellule germinali, da spermatogone a spermatozoo.

Organizzazione dei testicoli

V. Reproduction in Amphibians

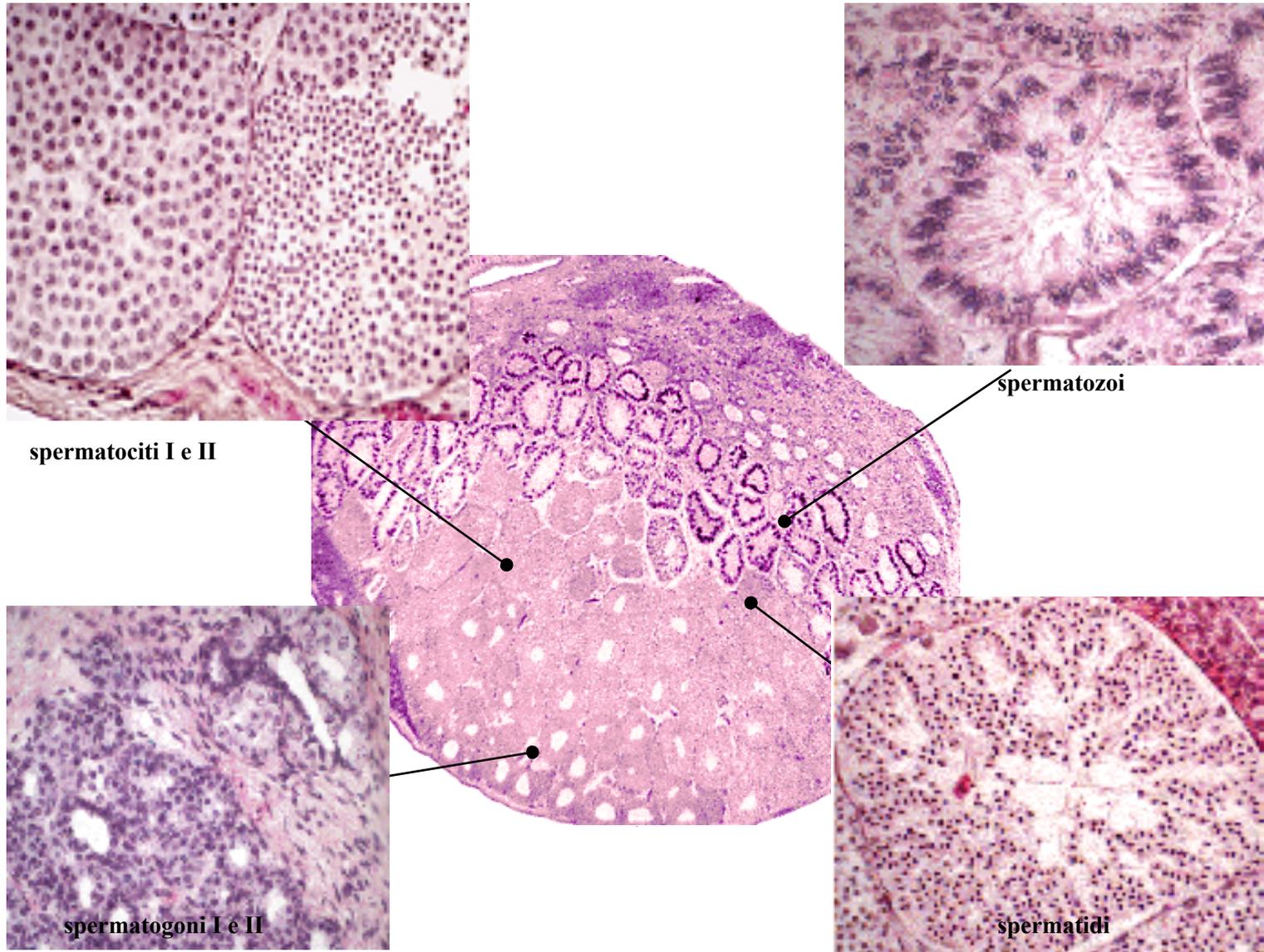
437



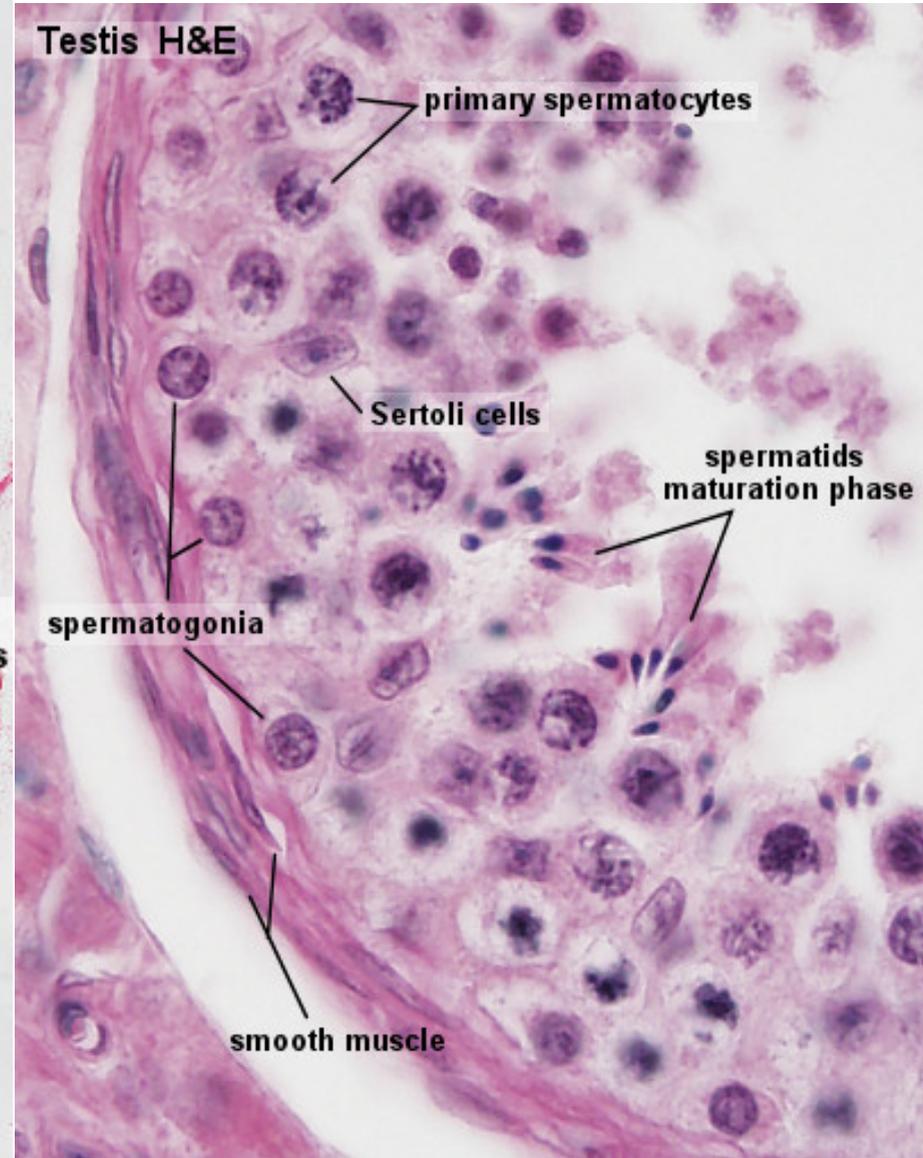
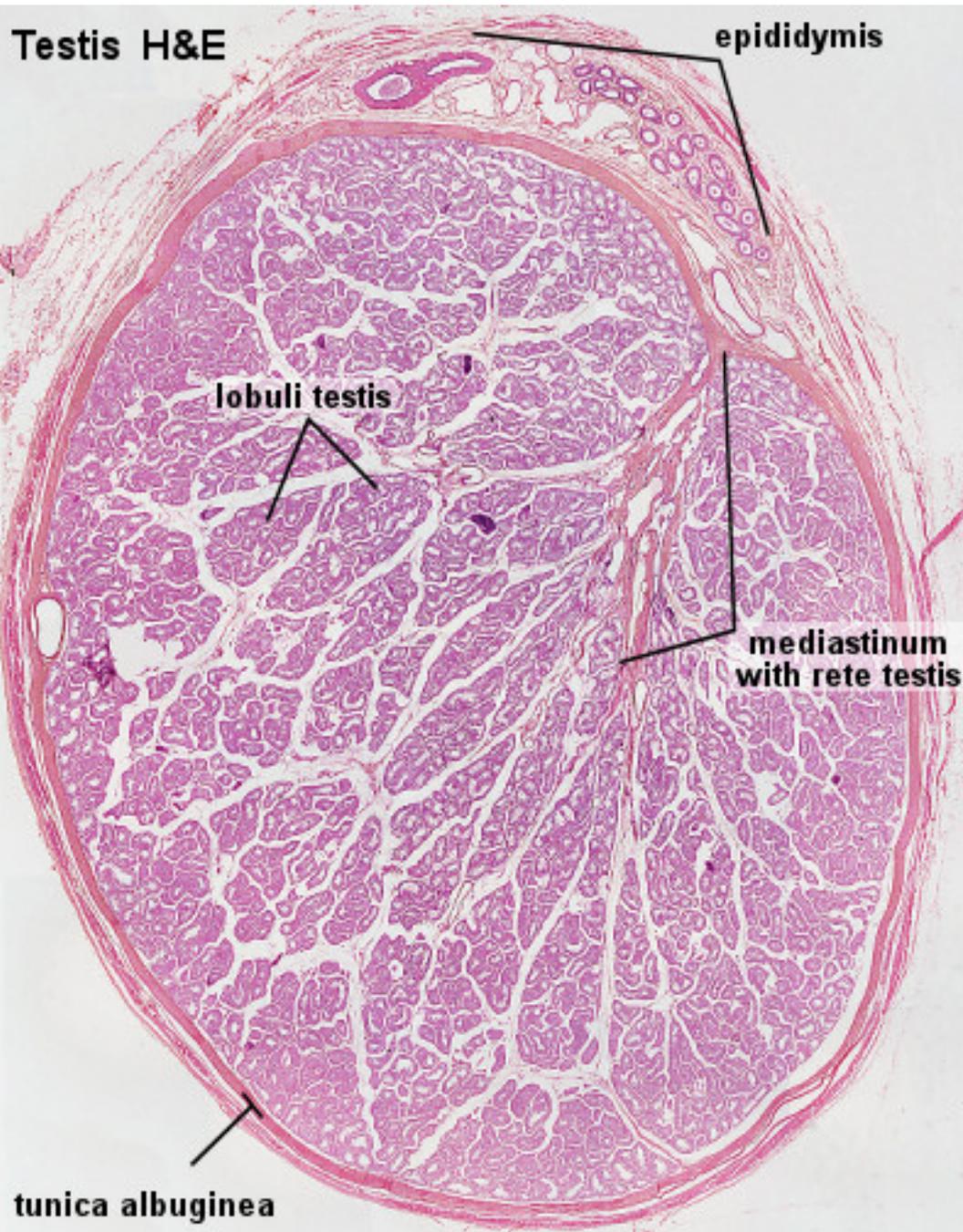
Nel testicolo cistico o ampollare (anfibi urodeli e molti pesci) ogni cisti è formata da cellule di sostegno (Sertoli) e da cellule germinali tutte allo stesso stadio differenziativo.

Nei tubuli seminiferi (mammiferi, uccelli, rettili e anfibi anuri) le cellule germinali maturano e si differenziano dal compartimento basale verso il lume. In molti vertebrati la produzione di androgeni è deputata alle cellule di Sertoli.

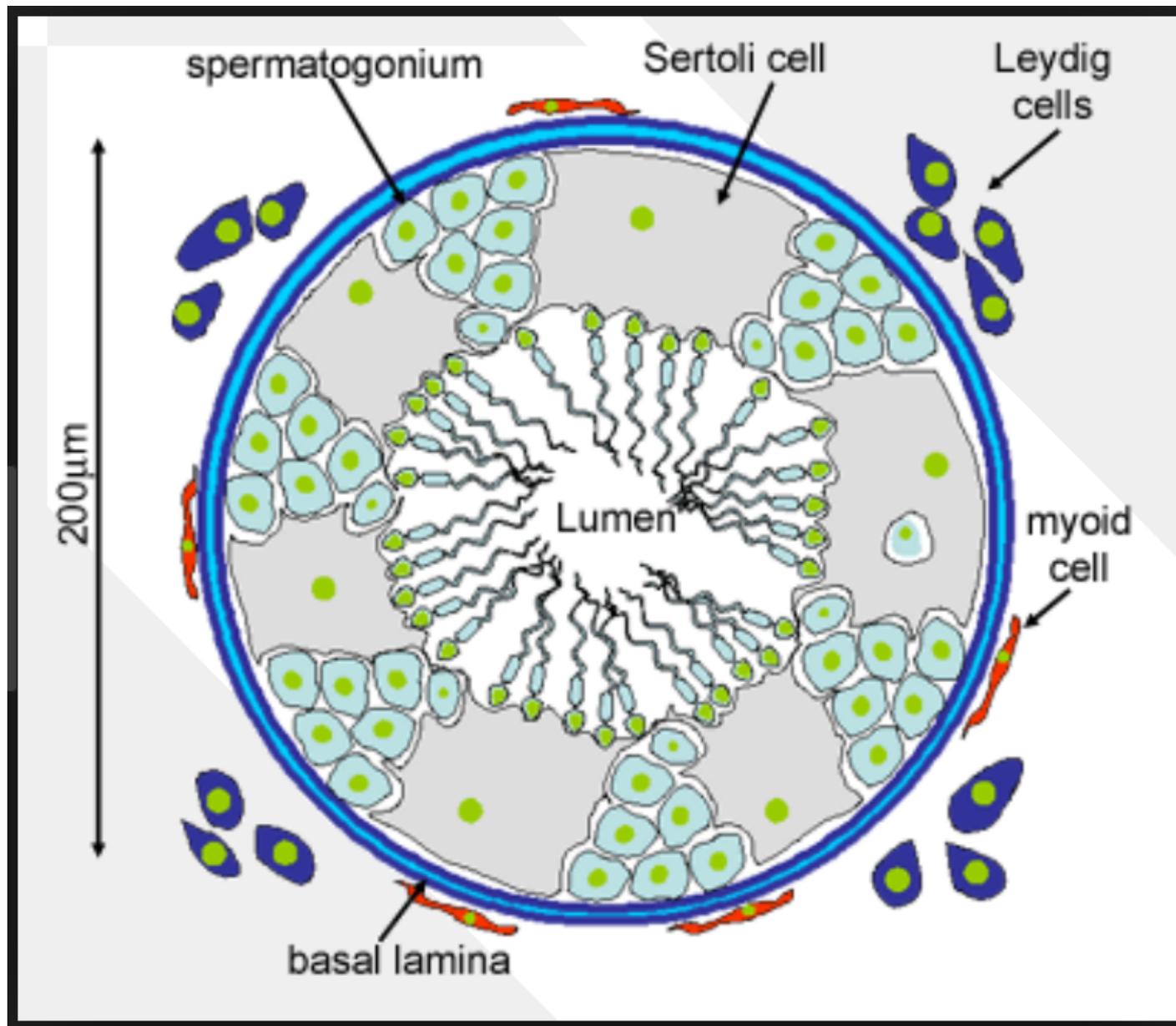
Organizzazione del testicolo cistico



Organizzazione dei testicoli tubulari



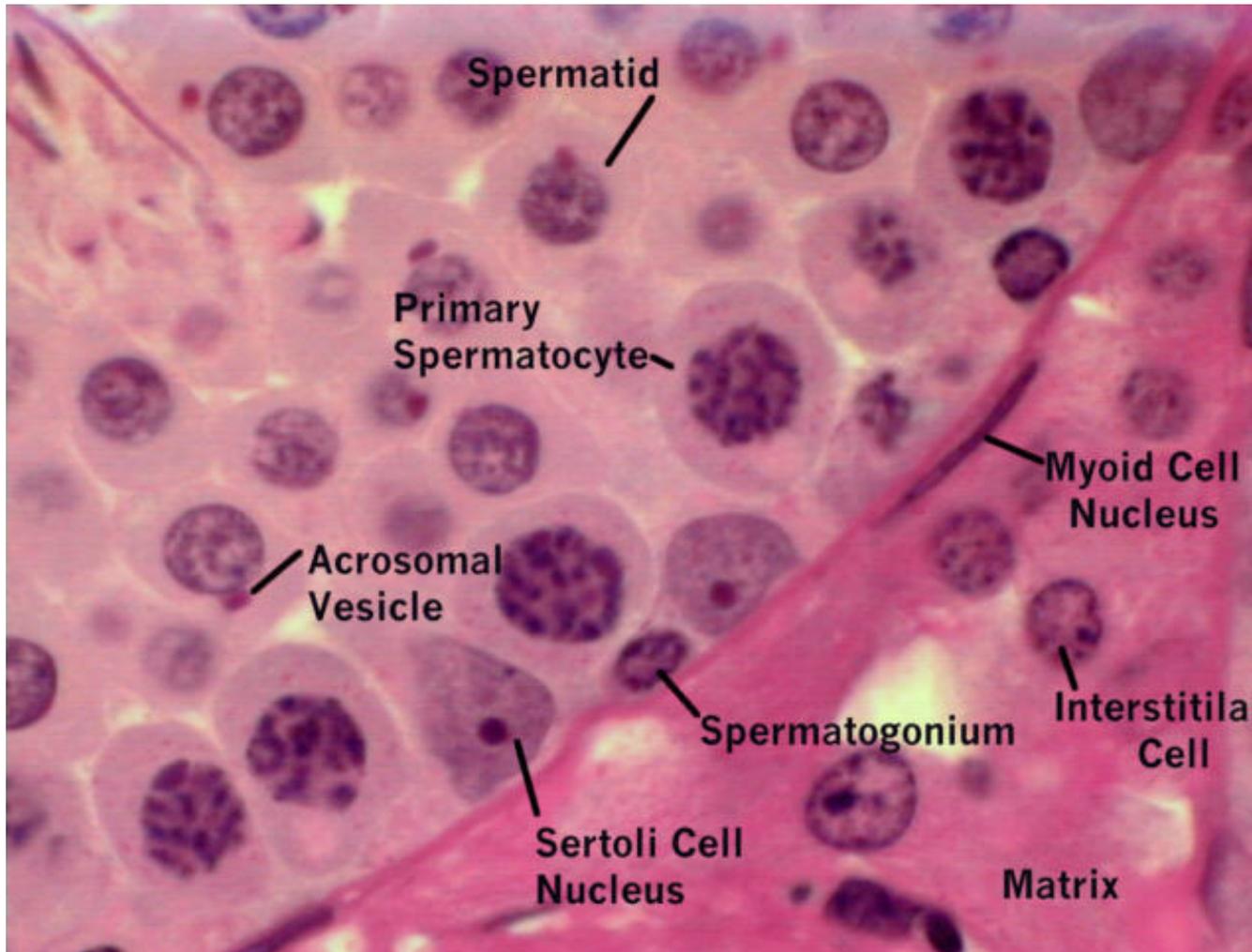
TUBULI SEMINIFERI: UN EPITELIO POLARIZZATO



EPITELIO PLURISTRATIFICATO: POLO BASALE E POLO APICALE



LA POLARITA' RISPECCHIA LE TAPPE DELLA MATURAZIONE DELLE CELLULE GERMINALI



Spermatozoi

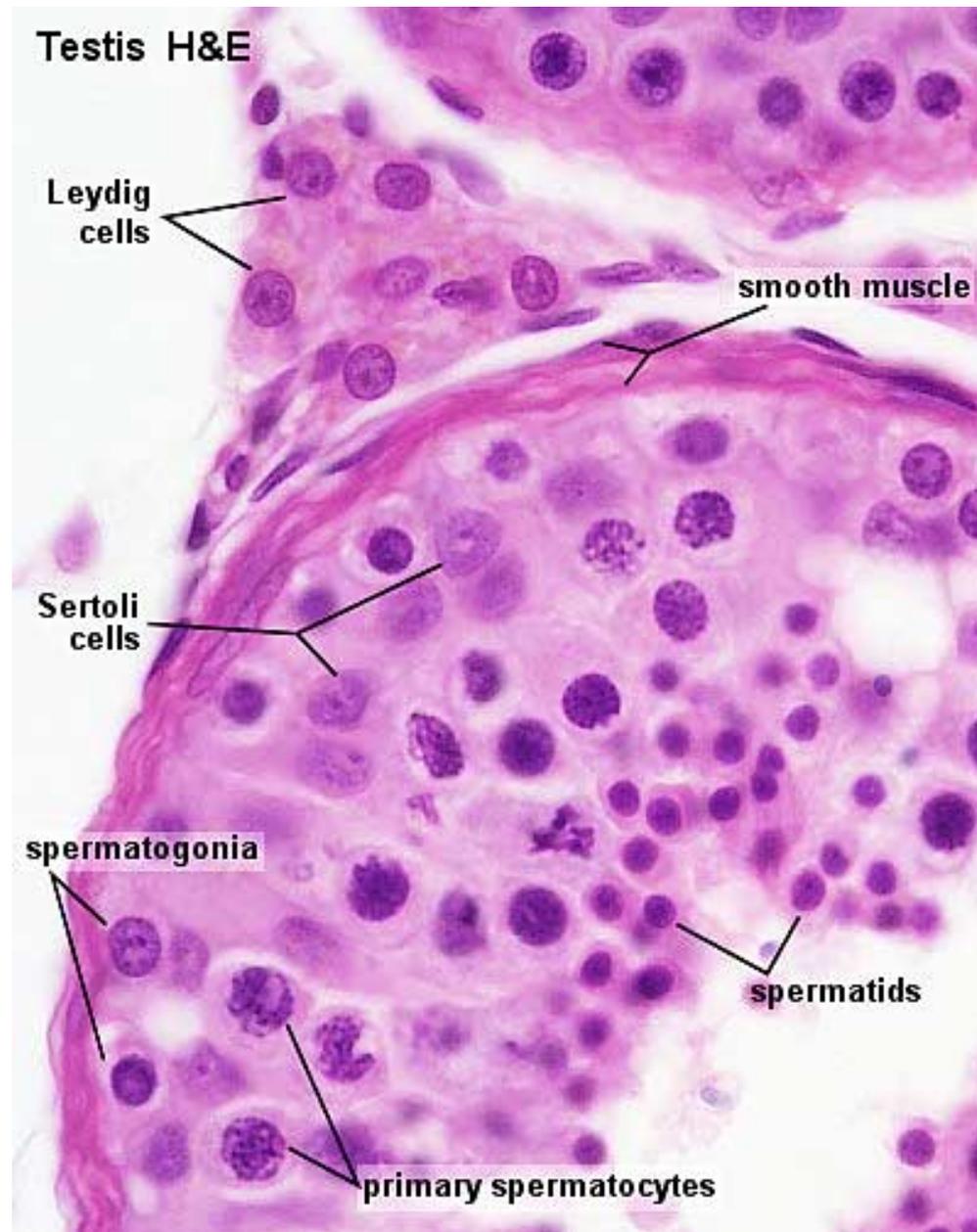
Spermatidi

Spermatociti II

spermatociti I

spermatogoni

LA MEMBRANA BASALE



Spermatogenesi :fase proliferativa

Presentano eterocromatina
Ritmo di divisione più lento rispetto agli spermatogoni danno origine a due cellule completamente separate
spermatogoni staminali

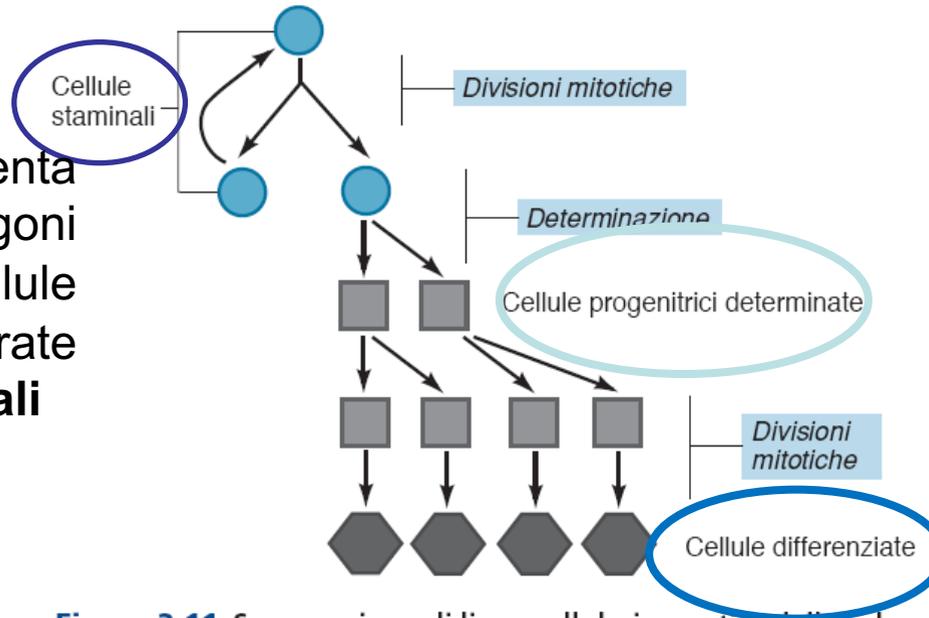
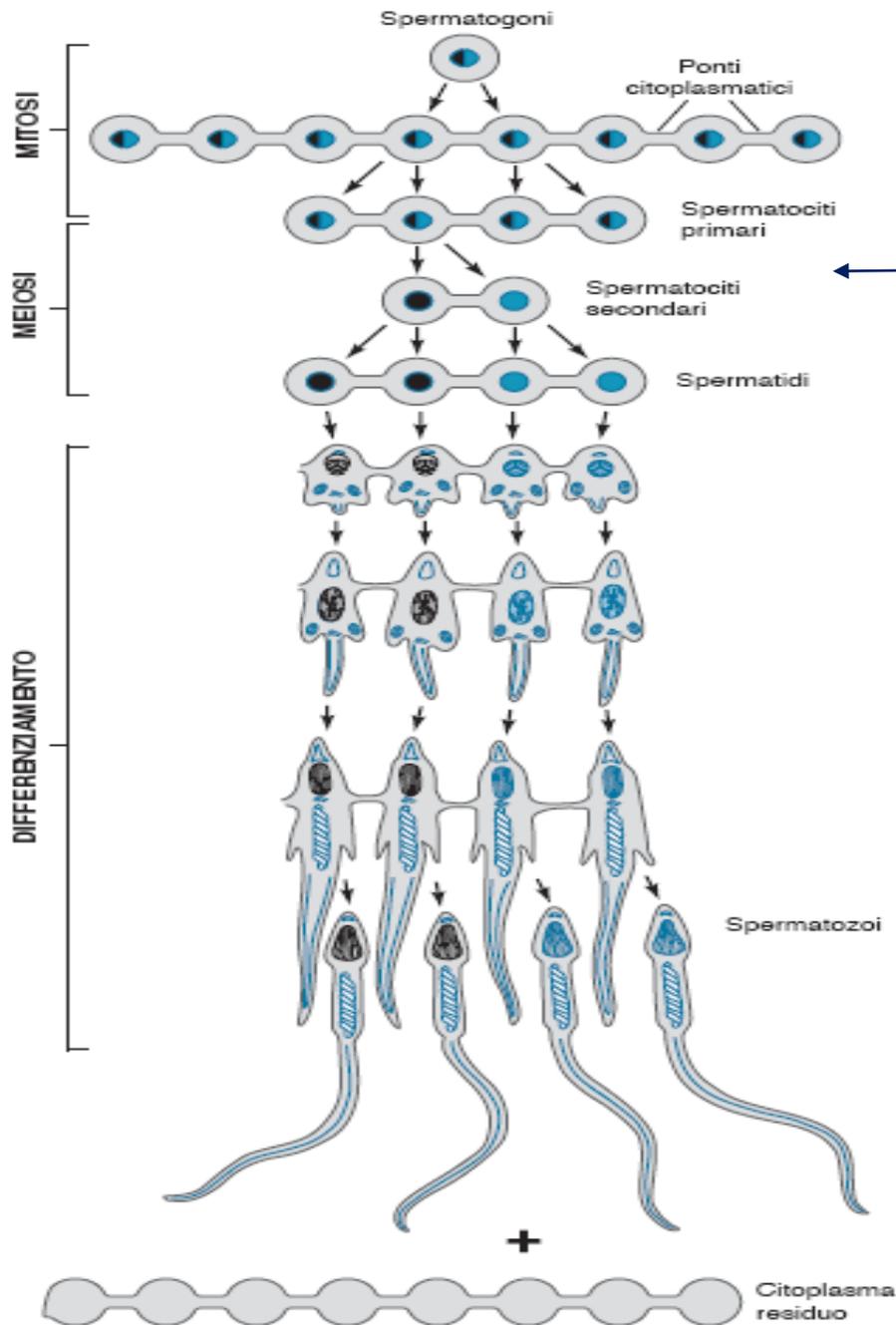


Figura 3.11 Segregazione di linee cellulari a partire dalle cellule staminali. Le staminali sono cellule in grado di dividersi numerose volte, anche nella fase adulta. Una volta divise, le cellule possono mantenere il carattere di cellule staminali e continuare a dividersi mitoticamente oppure possono iniziare a indirizzarsi verso una o più linee cellulari (*cellule determinate*), dopo una serie di divisioni mitotiche. Lo stesso avviene durante la spermatogenesi, in cui sono riconoscibili spermatogoni staminali, spermatogoni determinati e cellule differenziate (spermatociti-spermatozoi).

Spermatogoni determinanti: destinati a differenziarsi in spermatozoi. Nucleo eucromatico, si dividono più rapidamente e restano collegati da un ponte citoplasmatico.

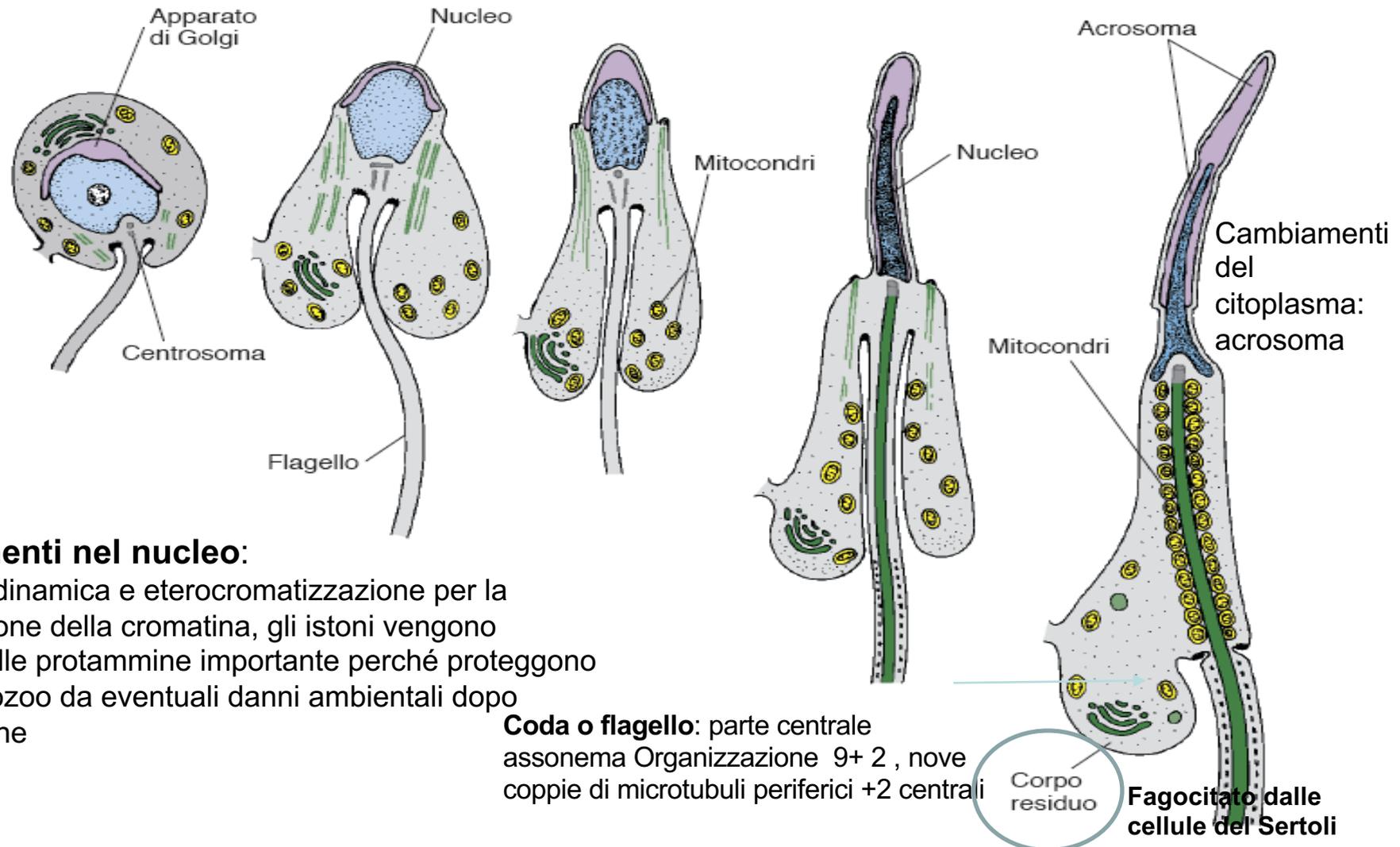
Spermatogenesi nei mammiferi



FSH
↓
Cellule del sertoli
↓
GDNF: fattore neutrofico derivato dalle cellule gliali

Figura 3.12 Spermatogenesi nei mammiferi. Gli spermatogoni, ormai determinati, subiscono una serie di divisioni mitotiche durante le quali rimangono collegati da ponti intercellulari. Dopo l'ultima divisione mitotica gli spermatogoni si trasformano in spermatociti I. Gli spermatociti I si dividono (prima divisione meiotica) e danno origine agli spermatociti II e questi (seconda divisione meiotica) agli spermatidi. Gli spermatidi inizieranno poi la fase di differenziamento (*spermiogenesi*) per cui si trasformeranno in spermatozoi. Notare come l'intera spermatogenesi sia caratterizzata dalla presenza di ponti intercellulari, che vengono persi solo alla fine di essa, quando gli spermatozoi vengono rilasciati nel lume del tubulo e il citoplasma residuo viene fagocitato dalle cellule di Sertoli. I nuclei sono colorati in blu e rosso per indicare la presenza del cromosoma Y e X.

Differenziamento: Spermatidi versus Spermatozoi



Cambiamenti nel nucleo:

Forma idrodinamica e eterocromatizzazione per la compattazione della cromatina, gli istoni vengono sostituiti dalle protammine importante perché proteggono lo spermatozoo da eventuali danni ambientali dopo l'eiaculazione

Coda o flagello: parte centrale assonema Organizzazione 9+ 2 , nove coppie di microtubuli periferici +2 centrali

Fagocitato dalle cellule del Sertoli

Figura 3.13 Rappresentazione schematica di stadi successivi della spermiogenesi nel porcellino d'India secondo quanto è osservabile al microscopio elettronico a trasmissione. Tra i cambiamenti più significativi si possono ricordare: la formazione dell'acrosoma, che si dispone sul nucleo a mo' di cappuccio; il nucleo che da rotondeggiante ed eucromatico diventa eterocromatico e allungato per azione della manchette, la formazione dell'assonema attorno al quale, nella regione più prossimale, si dispongono i mitocondri. Con il procedere del differenziamento la cellula, prima rotondeggiante, diventa progressivamente polarizzata e allungata, con il citoplasma che viene concentrato nella regione posteriore.

Organizzazione del tubulo seminifero. Epitelio pluristratificato; cellule germinali e cellule del Sertoli

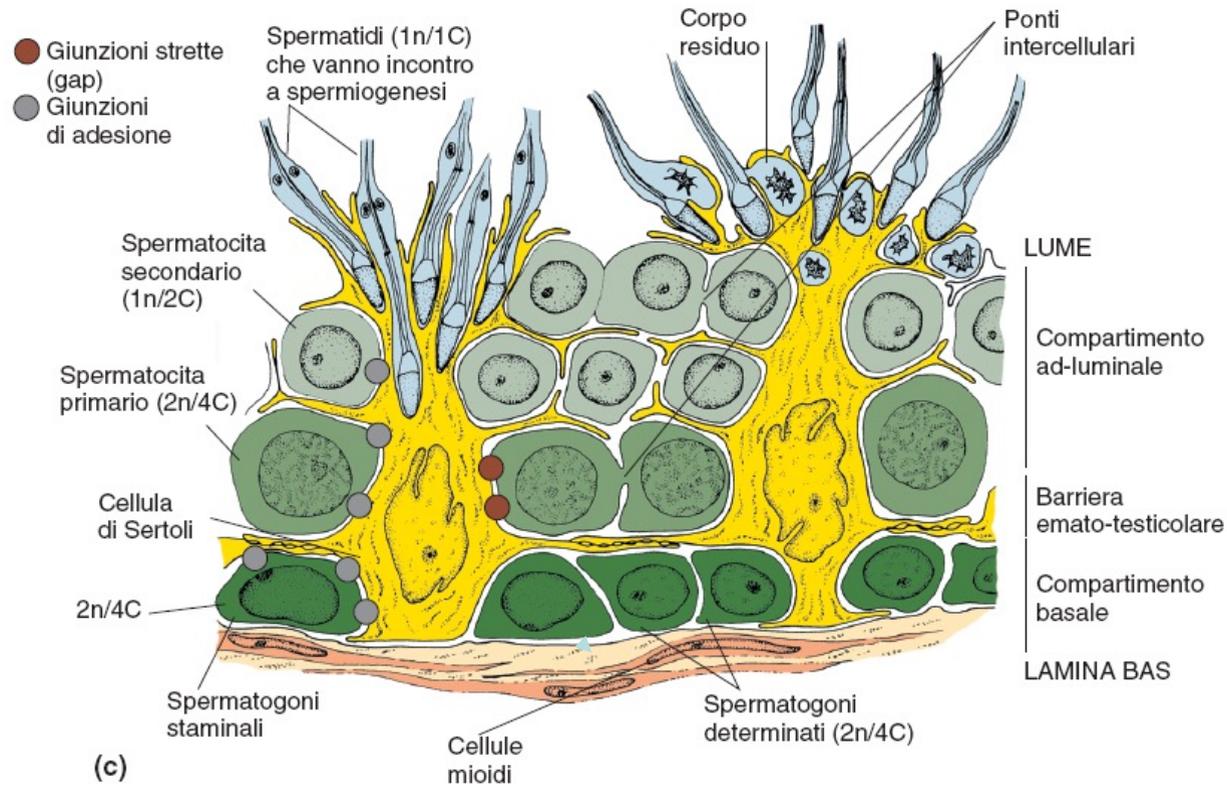
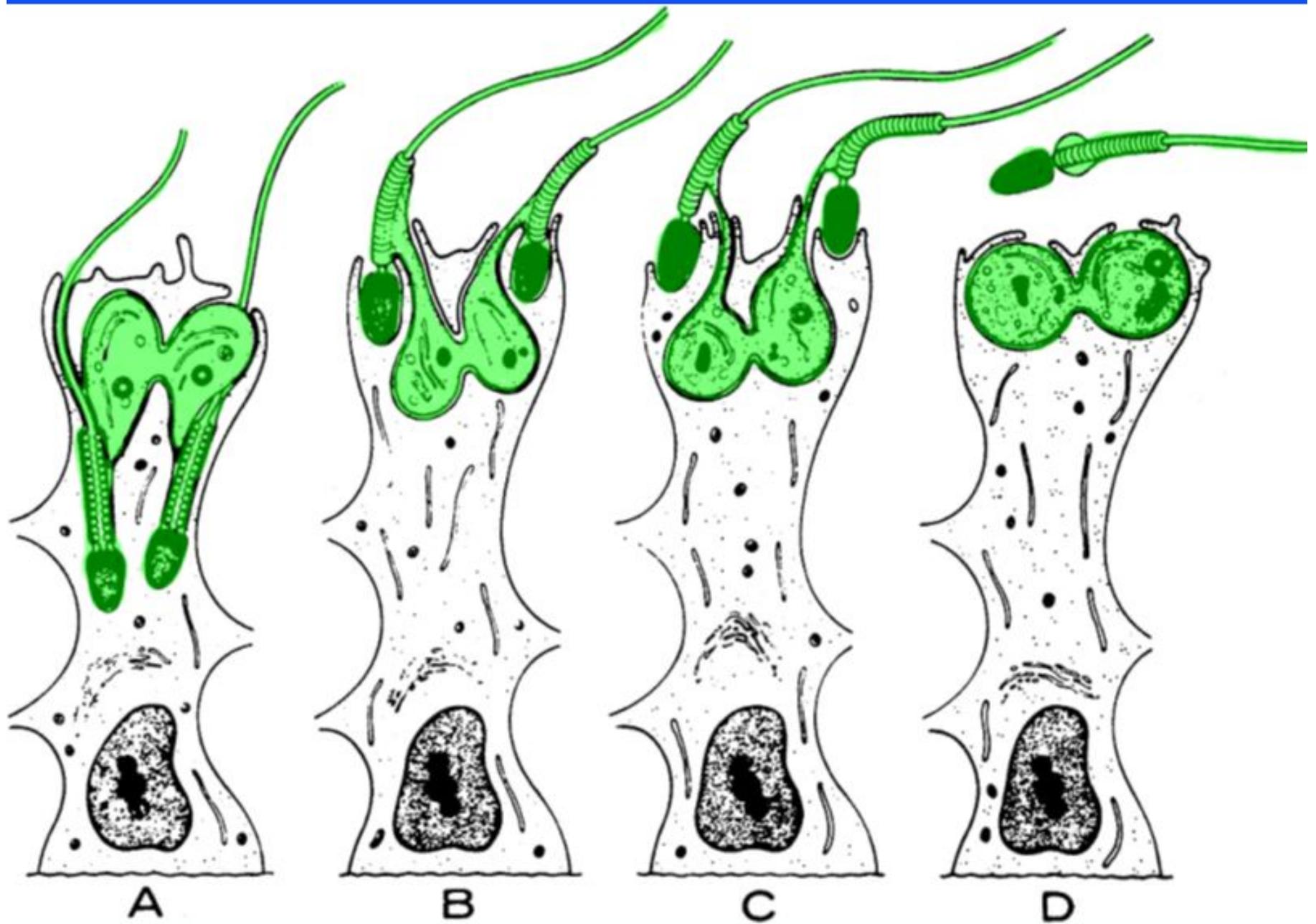


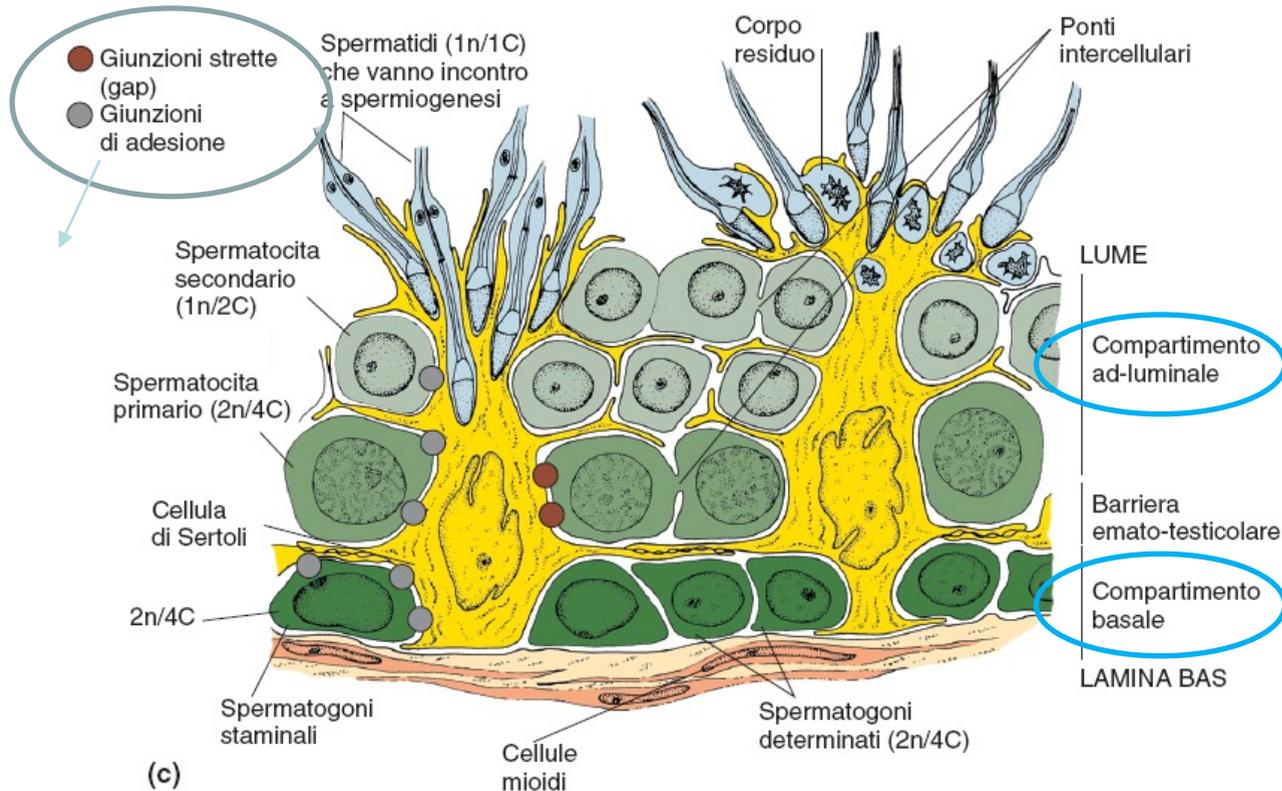
Figura 3.10 Tubuli seminiferi nel testicolo di mammiferi.

LA SPERMIOISTOGENESI



Barriera Emato-testicolare

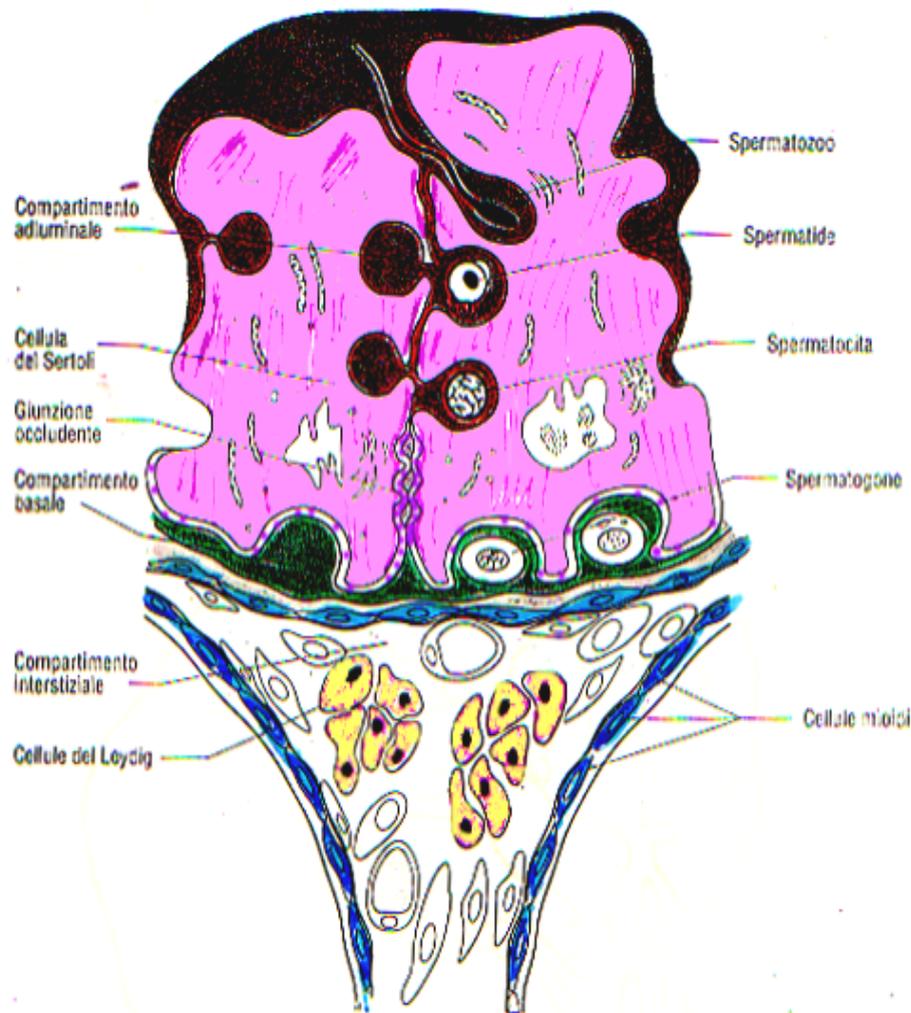
Le cellule del Sertoli oltre a garantire un'adesione meccanica tra le cellule sono coinvolte nella progressione e nel rilascio delle cellule germinali



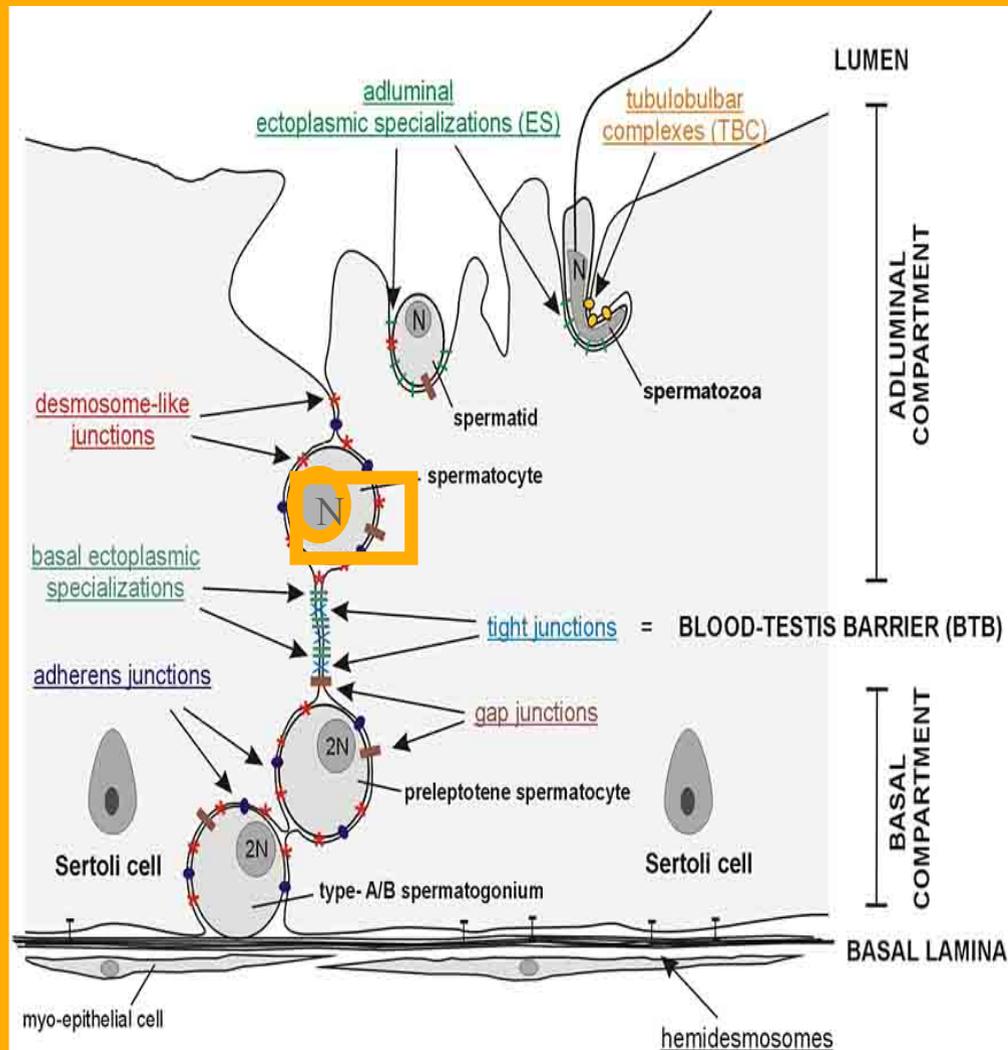
Si instaura al momento della pubertà
Importante per il corretto andamento della spermatogenesi
Impedisce al sistema immunitario di attaccare le cellule nel compartimento ad luminale.

Un cattivo funzionamento delle giunzioni potrebbe alterare il rilascio degli spermatozoi e quindi la fertilità.

Giunzioni Cellule del Sertoli



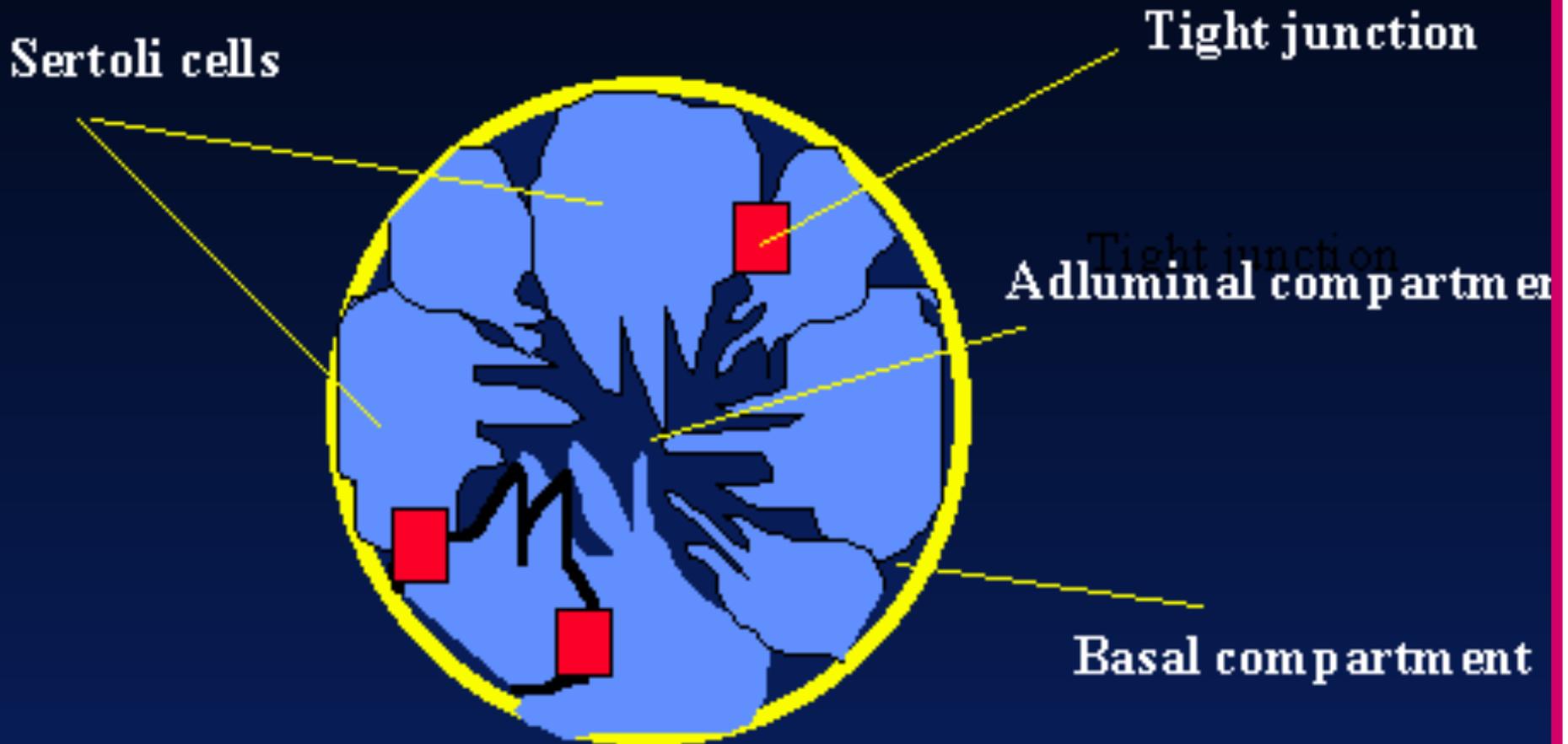
Sezione schematica di alcuni tubuli seminiferi. I tre compartimenti del testicolo (basale, adluminale e interstiziale) sono separati dalla barriera emato-testicolare e dalla parete del tubulo.



- I = adluminal ES: $\alpha 6 \beta 1$ integrin complex + NAP-complex (+ cadherin/catenin-complex?)
- II = basal ES: cadherin/catenin complex + NAP-complex (+ $\alpha 6 \beta 1$ integrin complex?)
- = adherens junctions: cadherin/catenin complex (+ NAP-complex?)
- = tubulobulbar complexes (TBC)
- * = desmosome-like junctions
- × = tight junction
- = gap junction

Barriera emato-testicolare

Blood-testis barrier



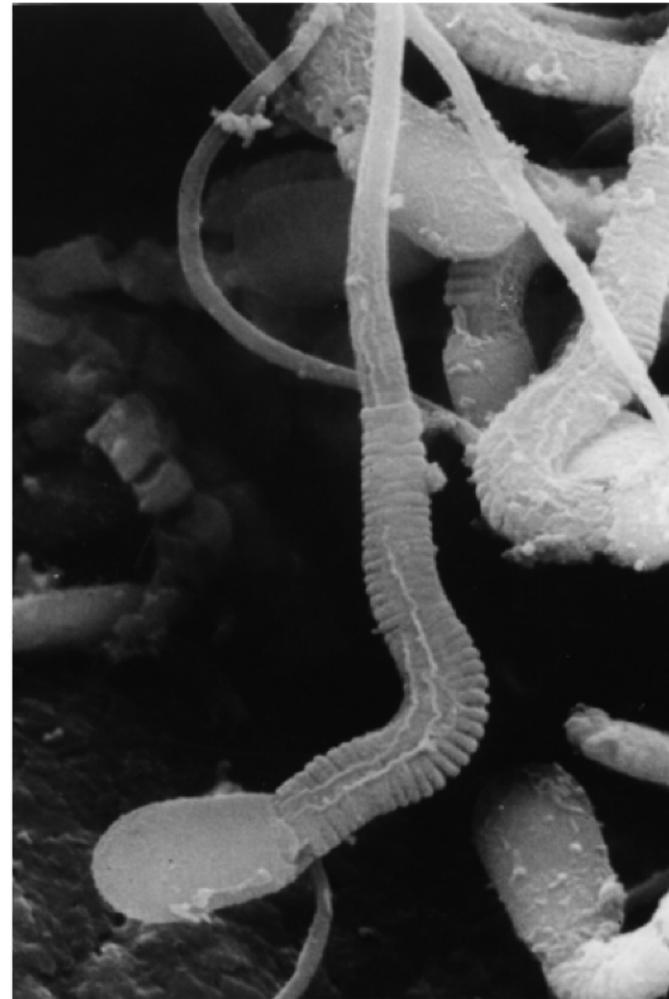
Spermatozoi

Gli spermatozoi liberati dal testicolo non hanno ancora la capacità di fecondare. Quando attraversano l'epididimo acquistano la capacità di muoversi e subiscono la maturazione. Una volta nelle vie genitali femminili subiscono la capacitazione e possono fecondare l'uovo.





(a)



(b)

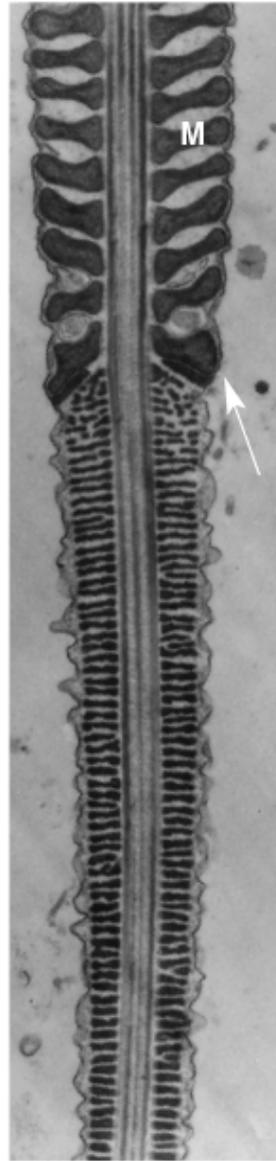
Figura 3.14 Immagini di spermatozoo flagellato al microscopio ottico (a) e al microscopio elettronico a scansione (b). Sono riconoscibili la testa, il collo e la coda, nella quale sono riconoscibili il segmento intermedio e il segmento principale.



(a)



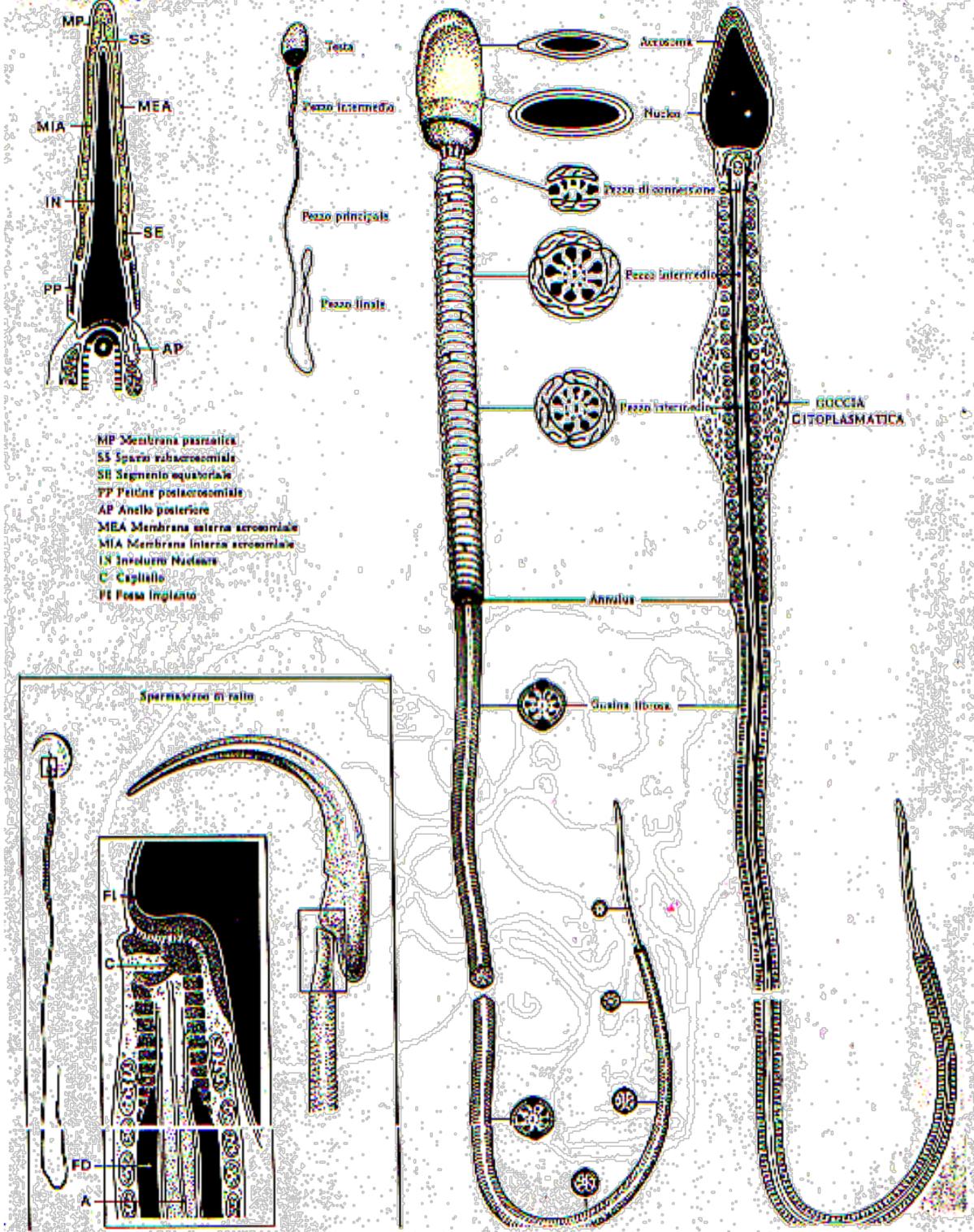
(b)



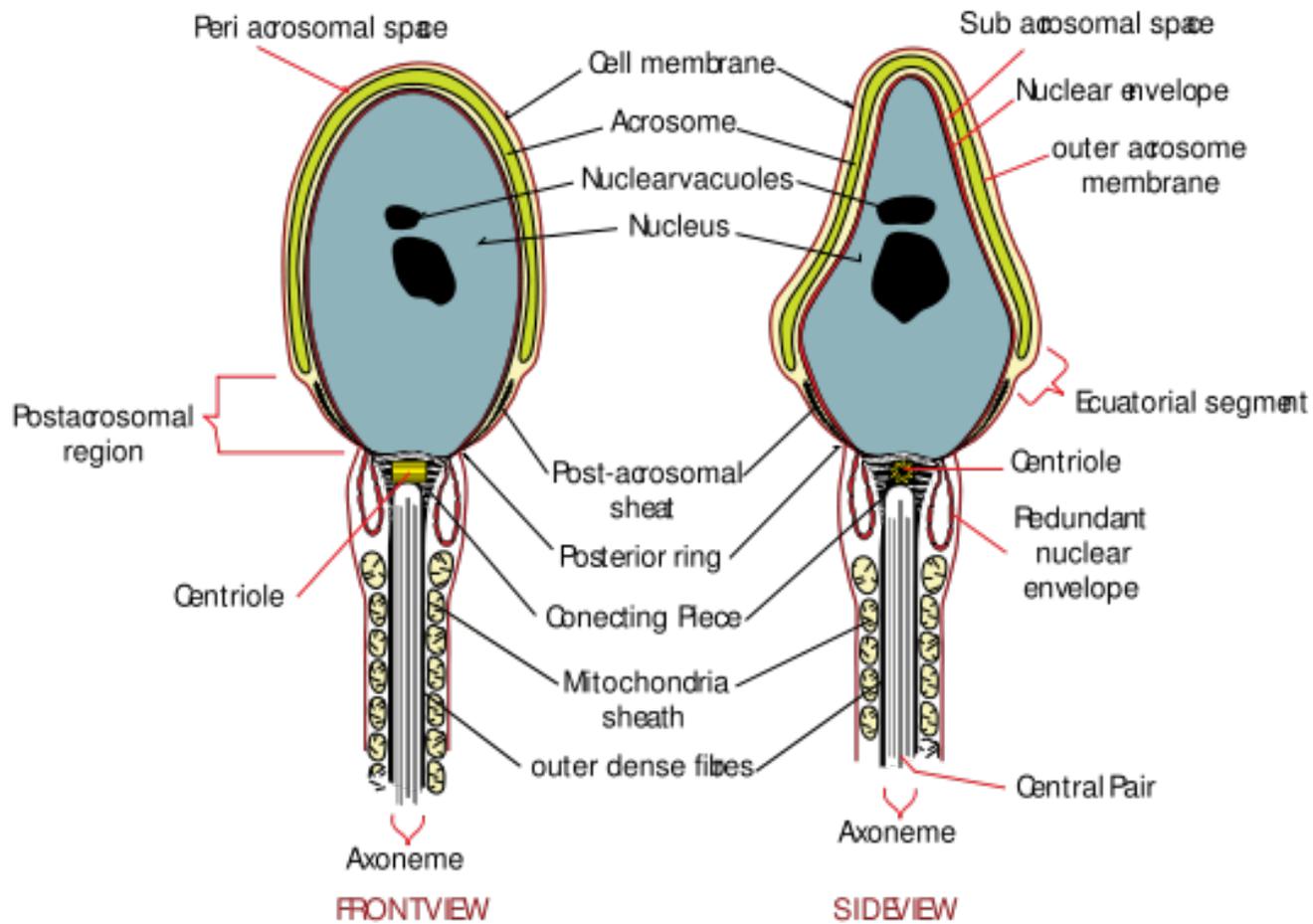
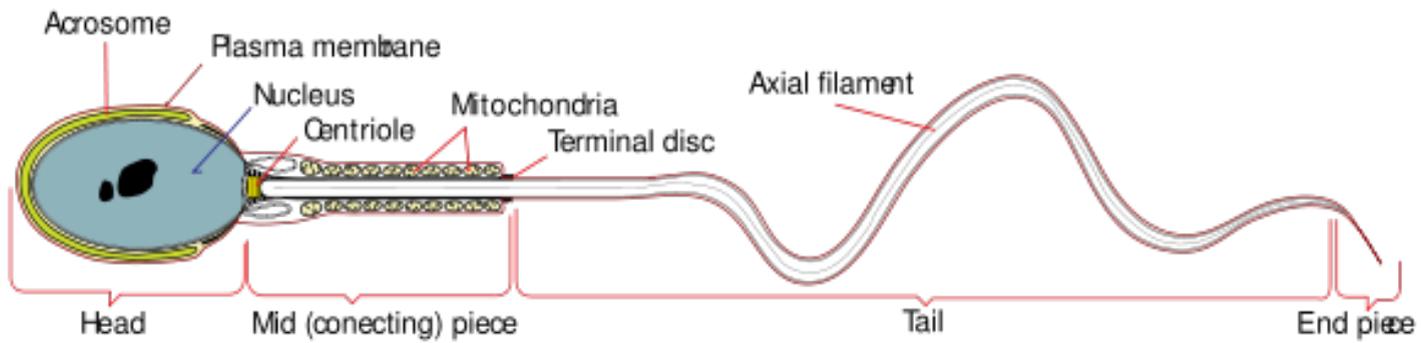
(c)

Figura 3.16 Sezioni sagittali e frontali dello stesso spermatozoo di Figura 3.15. **(a)** sezione sagittale a livello della testa, del collo e della parte iniziale del segmento intermedio; **(b)** sezione frontale della Figura 3.15 a; notare la regione del collo dove sono evidenti il materiale segmentato ed elementi dell'involucro nucleare (freccia). **(c)** sezione sagittale a livello della parte terminale del segmento intermedio e inizio del segmento principale; notare, oltre alla presenza dell'assonema posto centralmente, la presenza dei mitocondri (M), dell'annulus (freccia), che segna il passaggio dal segmento intermedio a quello principale, e infine l'organizzazione metamERICA della guaina fibrosa posta tra la membrana plasmatica esterna e l'assonema centrale.

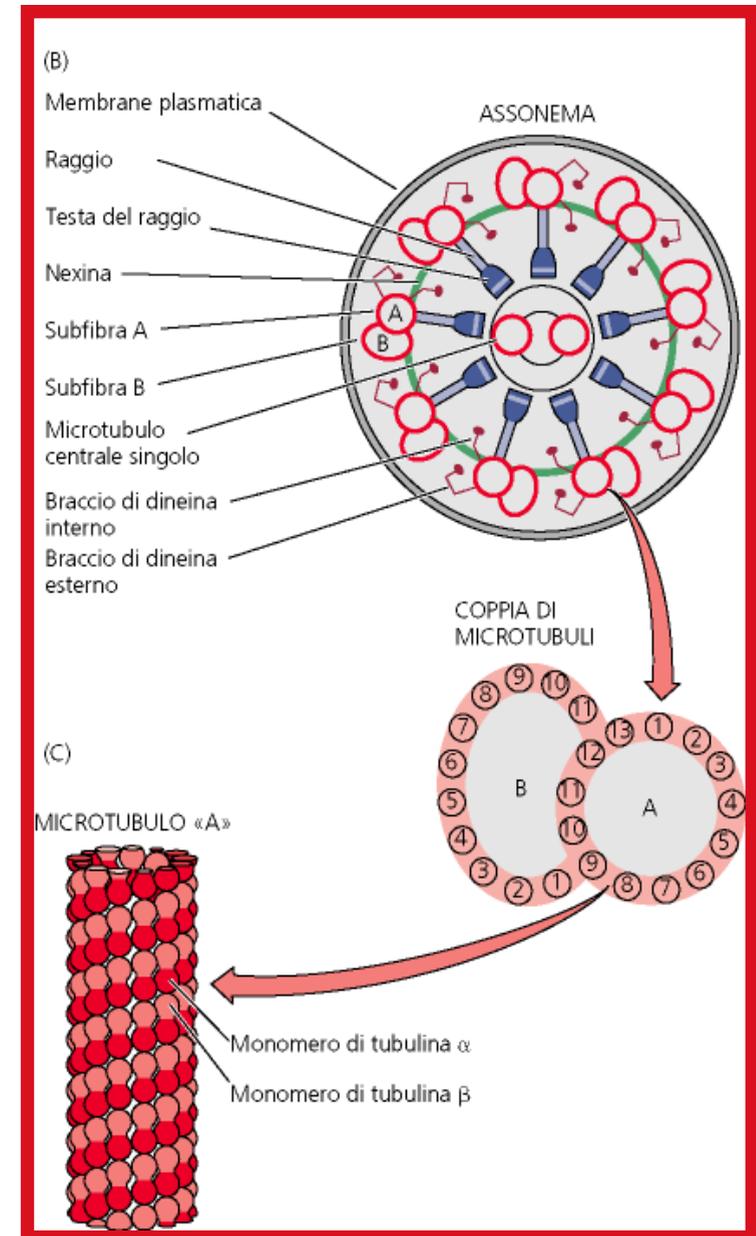
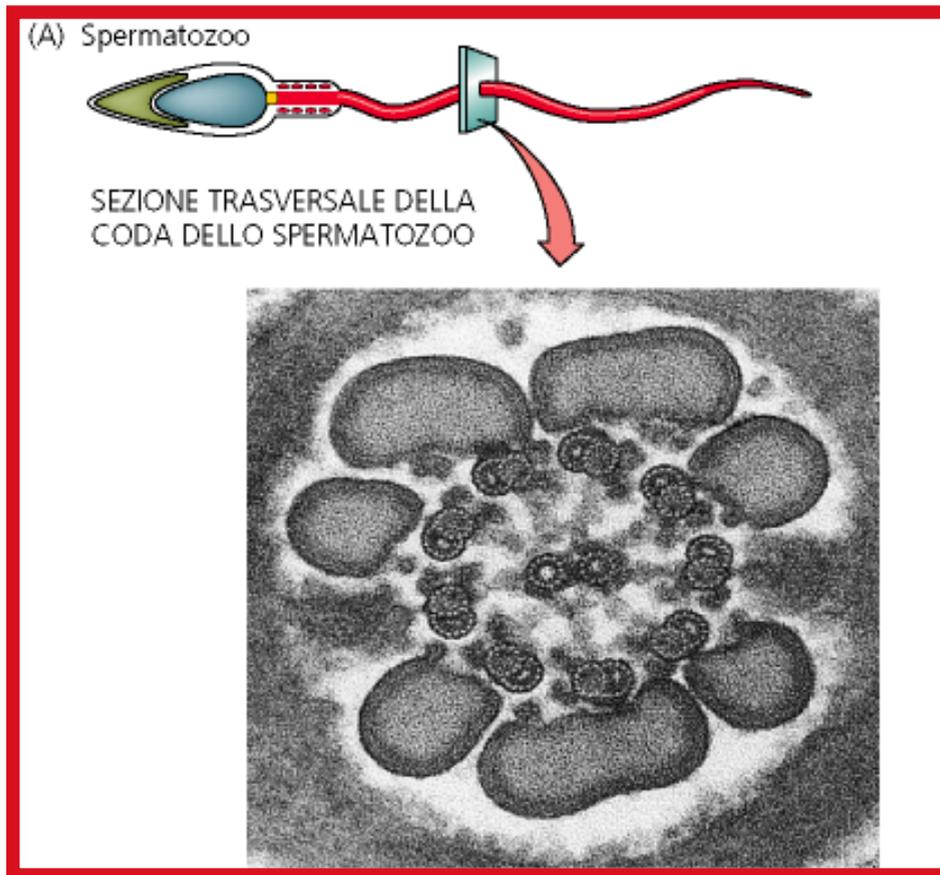
Schema della struttura dello spermatozoo



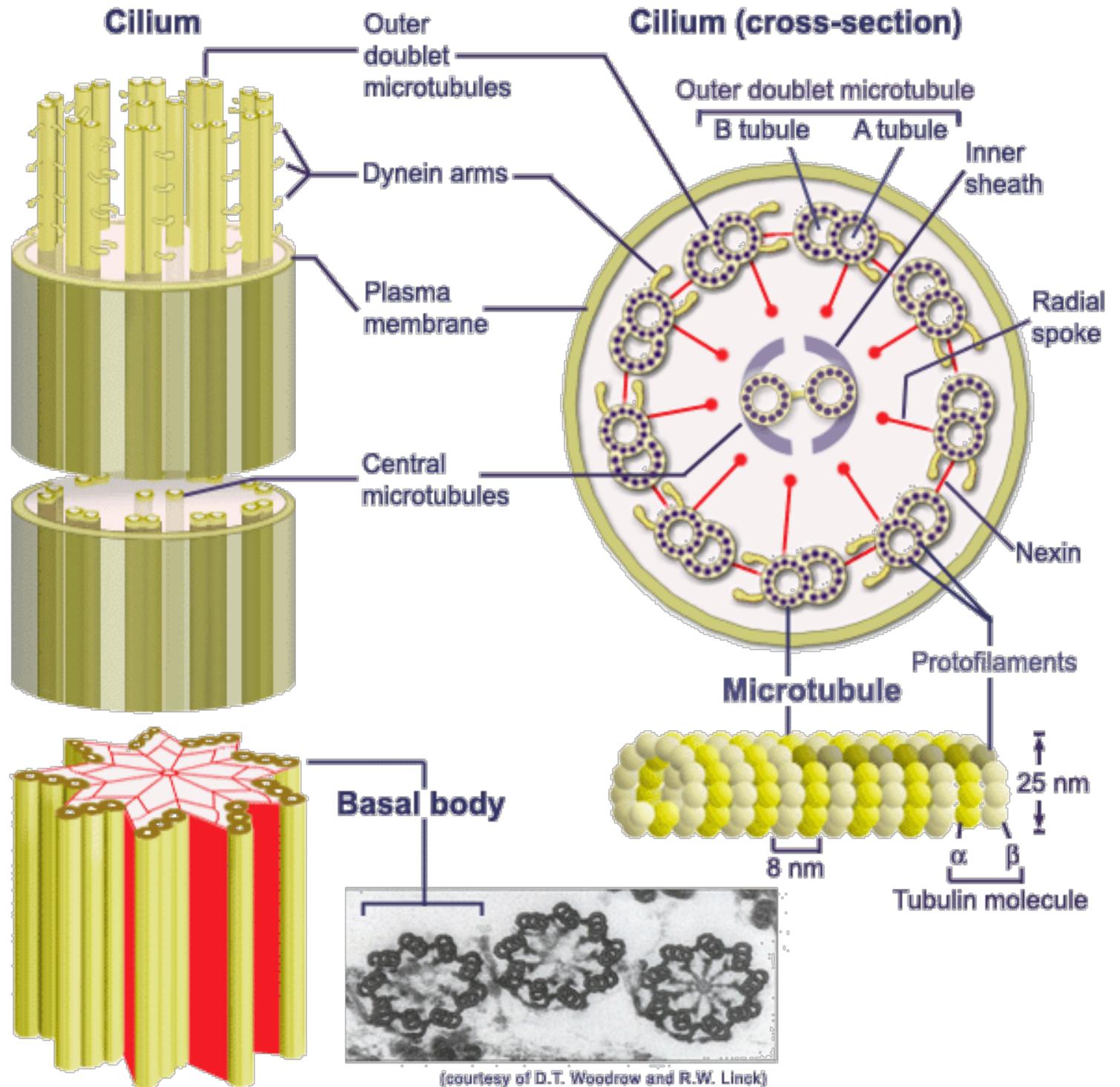
- MP Membrana pasmatica
- SS Spazio subsacroemiale
- SE Segmento equatoriale
- PP Peltina postscroemiale
- AP Anello posteriore
- MEA Membrana esterna scroemiale
- MIA Membrana interna scroemiale
- IN Involucri Nucleari
- C Capillio
- FI Fibrille



L'apparato di movimento dello spermatozoo



assonema



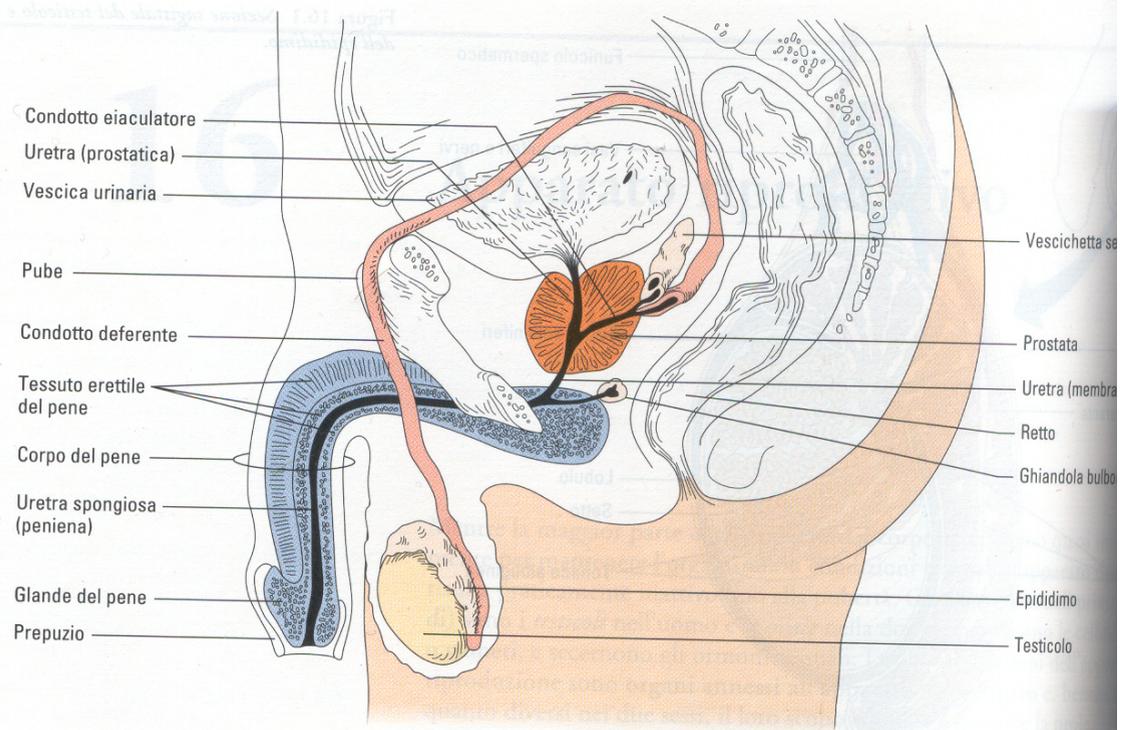


Figura 16.2. Apparato riproduttivo maschile.

Il ruolo del maschio nella riproduzione è di produrre spermatozoi, e di immeterli nelle vie genitali femminili.

Organizzazione del testicolo nei mammiferi:

Tunica albuginea che forma i setti verso l'interno e forma i lobuli in cui sono localizzati i tubuli

850 Capitolo 26

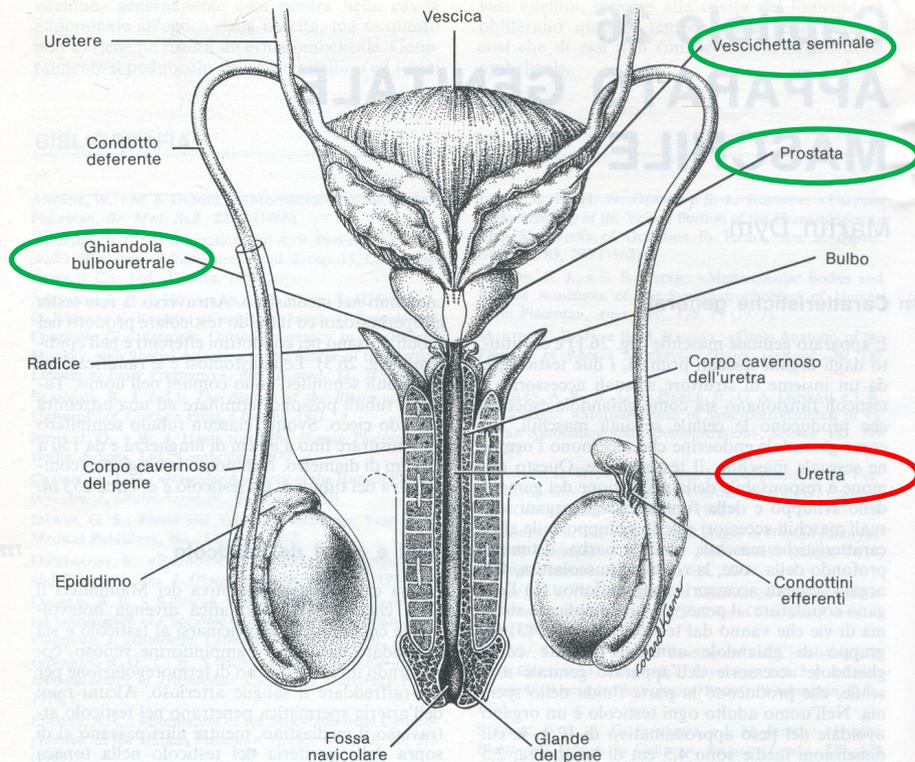


Figura 26.1. Apparato genitale maschile, visto dalla faccia posteriore.

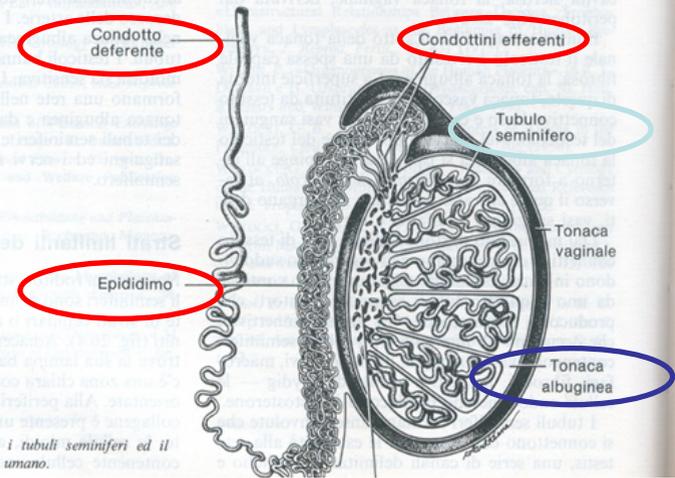


Figura 26.2. Schema che illustra i tubuli seminiferi ed il sistema di vie efferenti del testicolo umano.

Rete testis

Le estremità dei tubuli convergono verso l'ilo da cui prendono origine **le vie genitali maschili** dalla rete testis all' uretra.

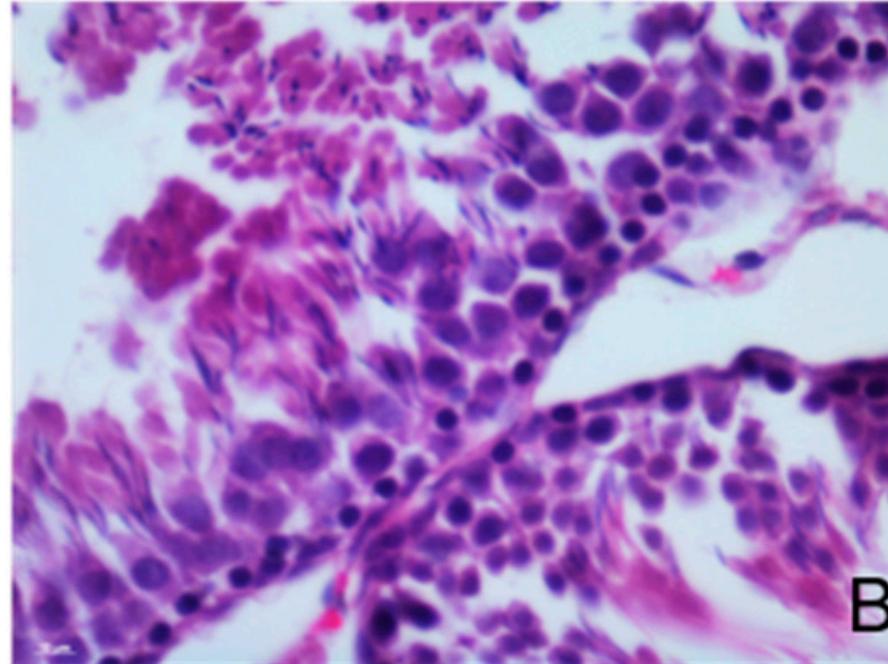
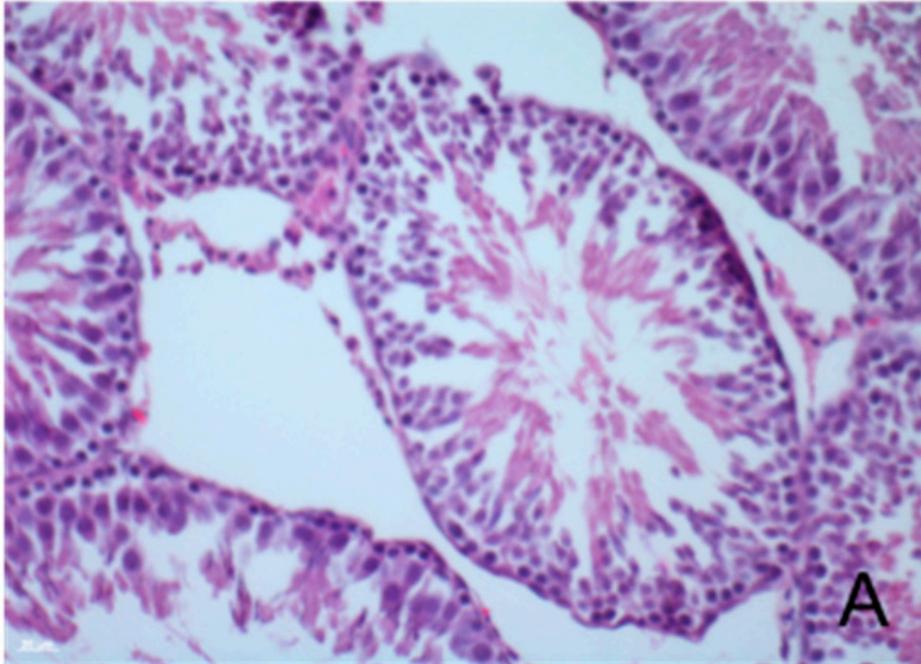
Lungo la vie genitali sono attive le **ghiandole** che sono responsabili della secrezione del liquido spermatico che con gli spermatozoi costituisce lo sperma.

Cosa danneggia la spermatogenesi?

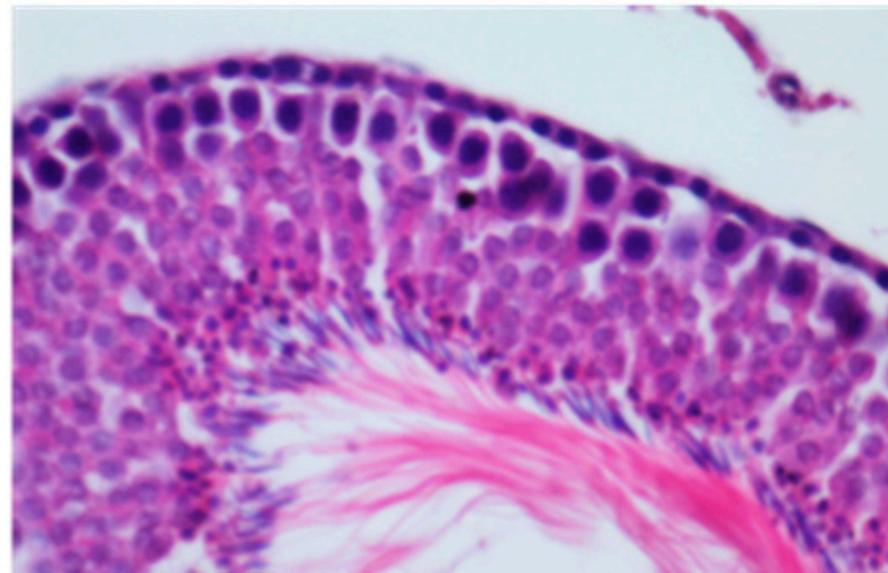
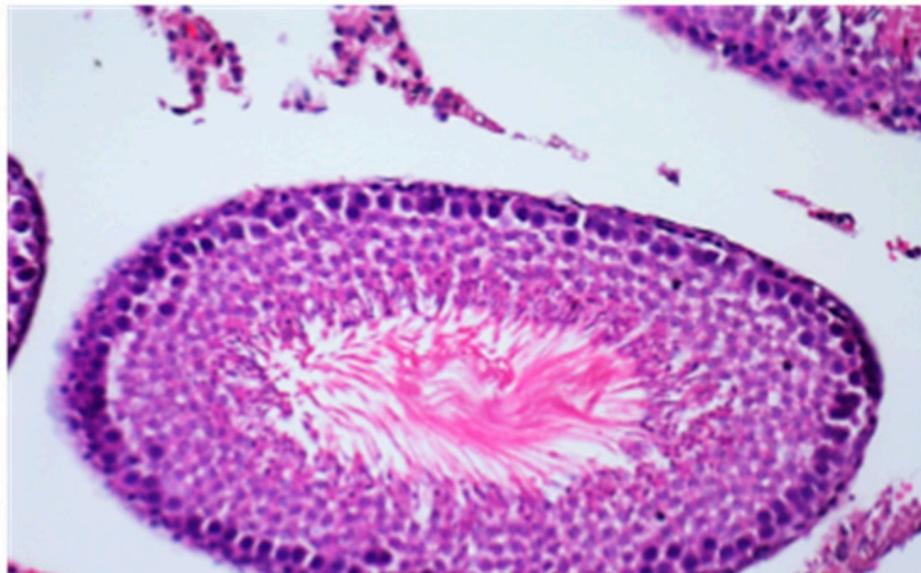
- ❖ La temperatura elevata (criptorchismo nell'uomo)
- ❖ L'avitaminosi, soprattutto carenza di vit. A ed E
- ❖ Le radiazioni ionizzanti. Piccole dosi provocano un arresto momentaneo della produzione di spermatozoi. Dosi elevate rendono sterili il soggetto
- ❖ Le radiazioni elettromagnetiche emesse dai tubi catodici.
- ❖ I pesticidi

Testicle exemplificative histological sections in normothermic and hypothermic irradiated rats

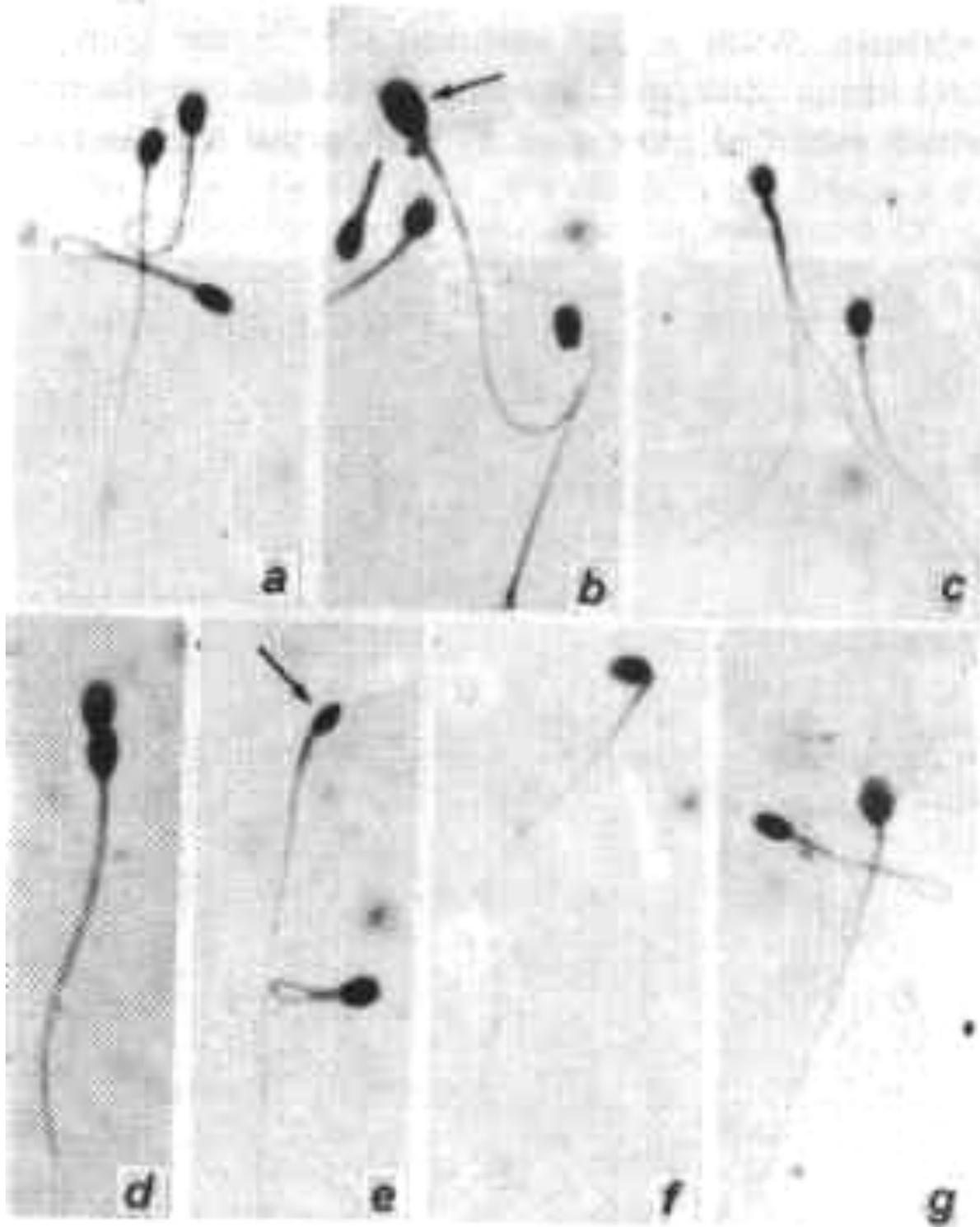
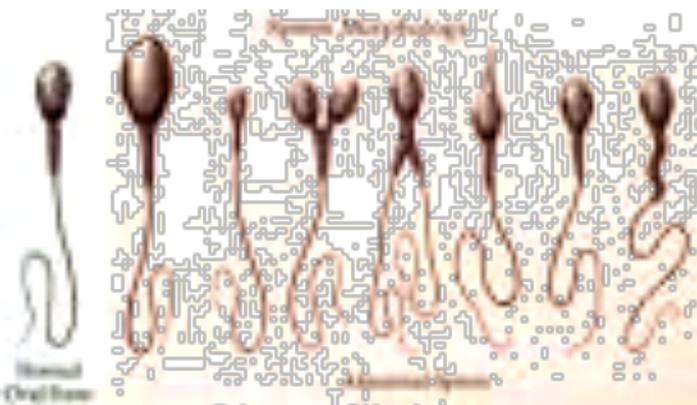
Normothermia



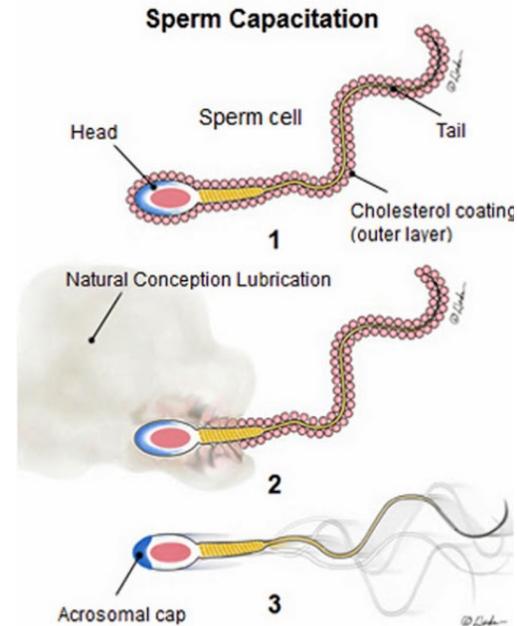
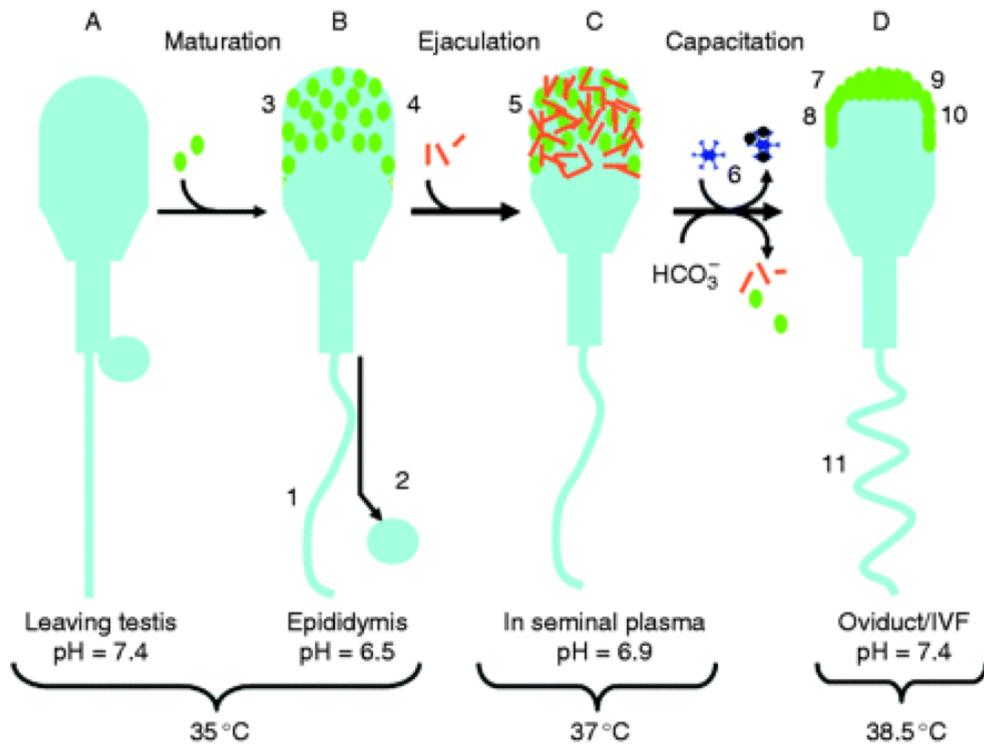
Synthetic Torpor



Spermatozoi difettosi



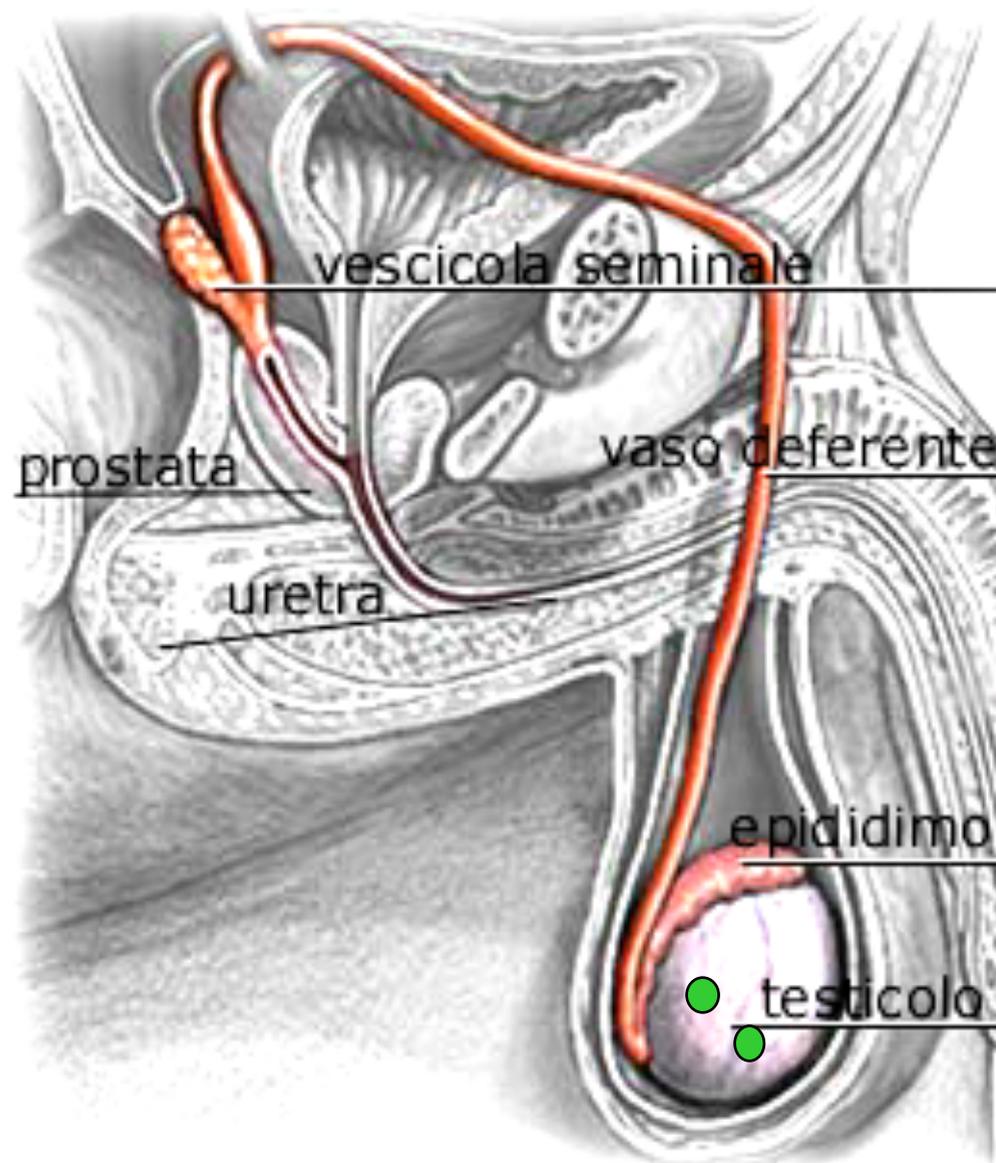
Capacitazione nei mammiferi



I cambiamenti che si verificano durante la capacitazione riguardano:

- l'organizzazione della superficie di membrana: le molecole di colesterolo vengono allontanate quindi le membrane sono più fluide, viene facilitata la reazione acrosomiale; le proteine presenti sulla superficie cellulare degli spermatozoi vengono allontanate, quindi si determina lo smascheramento di proteine che potranno interagire con la cellula uovo.
- il movimento: il cambiamento delle molecole di superficie determina un cambiamento della permeabilità degli ioni calcio, una maggiore concentrazione degli ioni calcio all'interno determina un aumento della motilità degli spermatozoi.

Nell'uomo, a 37°C, gli spermatozoi si muovono a 30-50µm/sec



Durata della spermatogenesi

Uomo 64gg

Ratto 48-53gg

Topo 34,5

Coniglio 43

Pecora 40

Uomo fase di quiescenza 16gg

mitosi 16

meiosi 24

Spermioistogenesi 24

- **200-400 milioni di spermatozoi in 2-4ml**
- **Se la concentrazione degli spermi è inferiore a 20 milioni/ml in genere l'individuo è sterile**