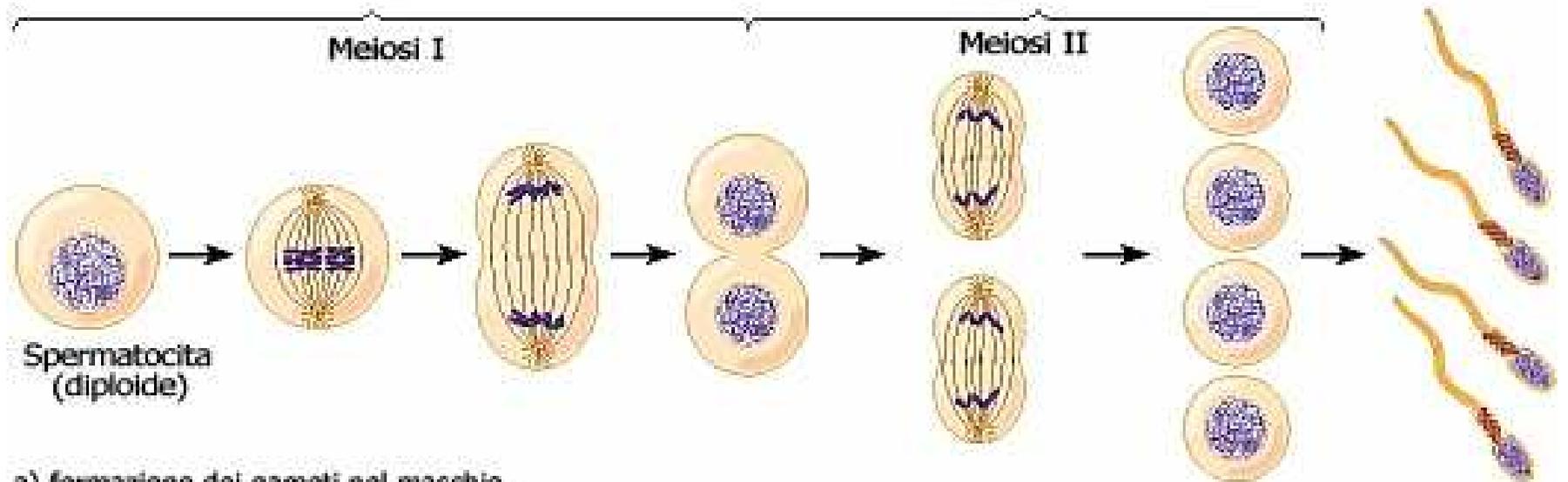


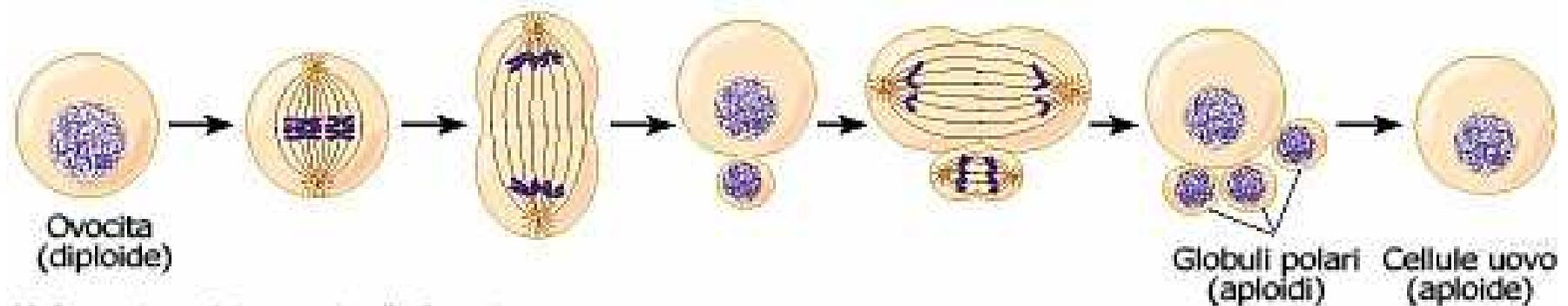
# **SISTEMA RIPRODUTTORE UMANO**

realizzato da Irene Valorosi sulla base  
testuale di "Invito alla Biologia" ed.  
Zanichelli

# GAMETOGENESI

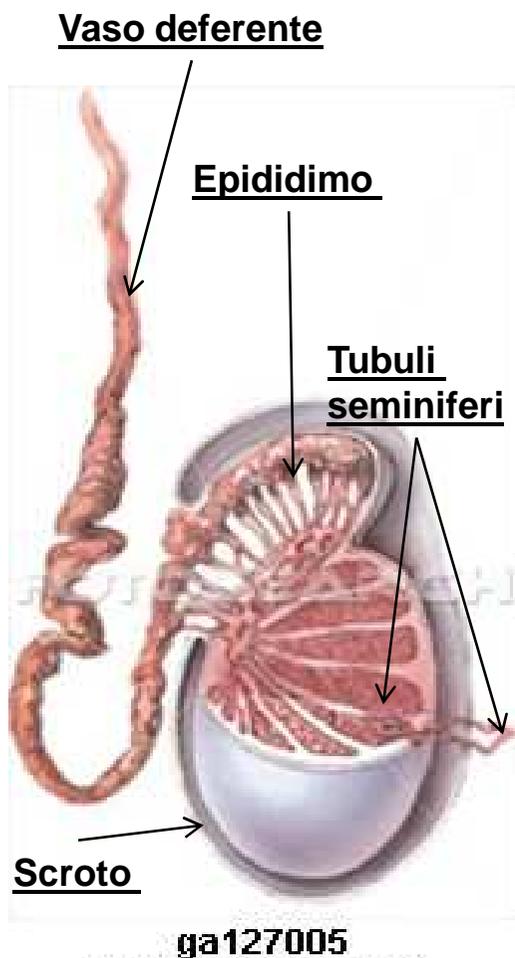


a) formazione dei gameti nel maschio



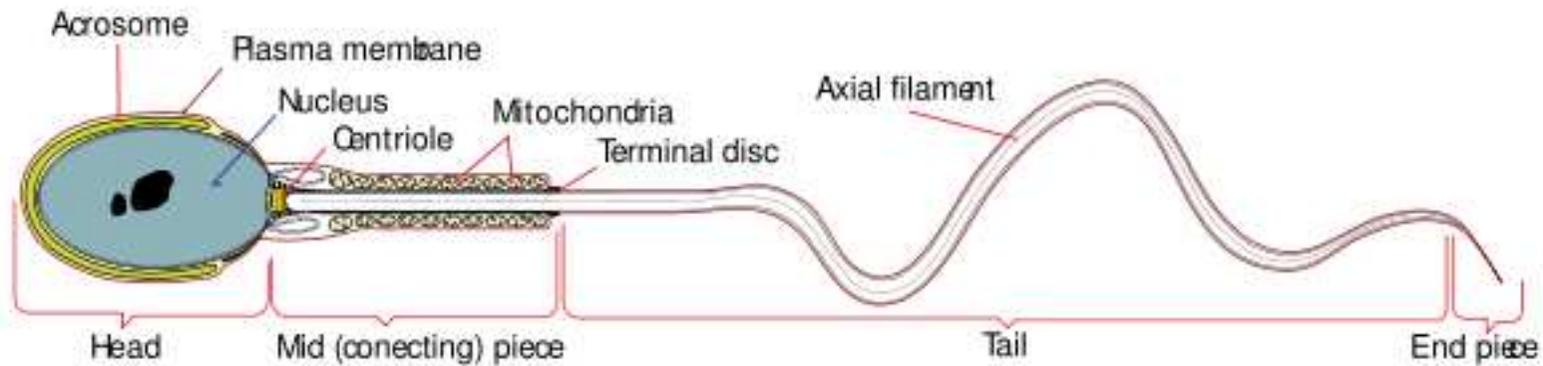
b) formazione dei gameti nella femmina

# SPERMATOGENESI



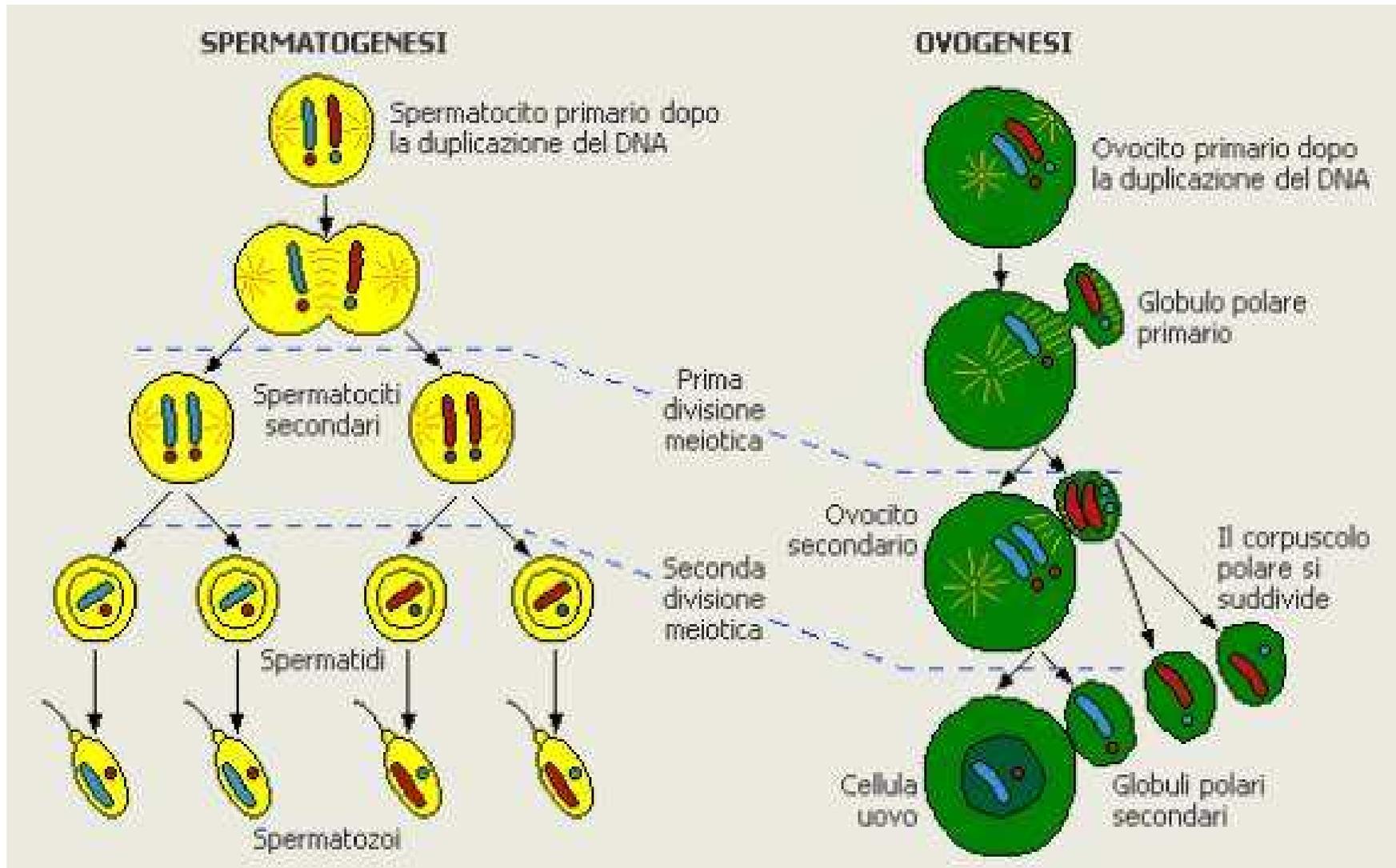
A partire dall'adolescenza, e fino alla vecchiaia, il maschio della specie umana produce, nei **testicoli** dell'apparato riproduttore maschile, parecchie centinaia di milioni di spermatozoi (gameti maschili) ogni giorno. I testicoli si sviluppano nella cavità addominale dell'embrione maschile e poi scendono in una sacca esterna, lo **scroto**, questo perché la produzione degli spermatozoi può avvenire solo a una temperatura leggermente inferiore a quella corporea, che ne garantisce la giusta motilità e quindi la fertilità dell'individuo. Ogni testicolo è suddiviso in circa 250 compartimenti, ognuno dei quali è costituito da **tubuli seminiferi** strettamente raggomitolati, all'interno dei quali vengono prodotti gli spermatozoi. Le cellule spermatogenetiche passano attraverso vari stadi di differenziamento. Il processo ha inizio da cellule diploidi, gli

**spermatogoni**, che rivestono internamente la membrana basale di ogni tubulo seminifero e che effettuano continue **divisioni mitotiche**. Alcune di queste cellule si allontanano dalla membrana basale e iniziano a differenziarsi, dando origine agli **spermatociti primari**, cellule diploidi che effettuando la meiosi producono ognuna quattro cellule aploidi, gli **spermatidi** che si differenzieranno poi in spermatozoi.



Gli spermatozoi sono costituiti dalla **testa**, dalla **regione intermedia** e dalla **coda**. La testa contiene il nucleo con il DNA ed è sormontata dall'**acrosoma**, un lisosoma ricco di enzimi litici. La regione intermedia contiene una serie di mitocondri, mentre la coda è un flagello che consente allo spermatozoo di muoversi. Durante la spermatogenesi ( 8 - 9 settimane) le cellule in via di maturazione ricevono il nutrimento dalle **cellule del Sertoli**, contenute nei tubuli seminiferi.

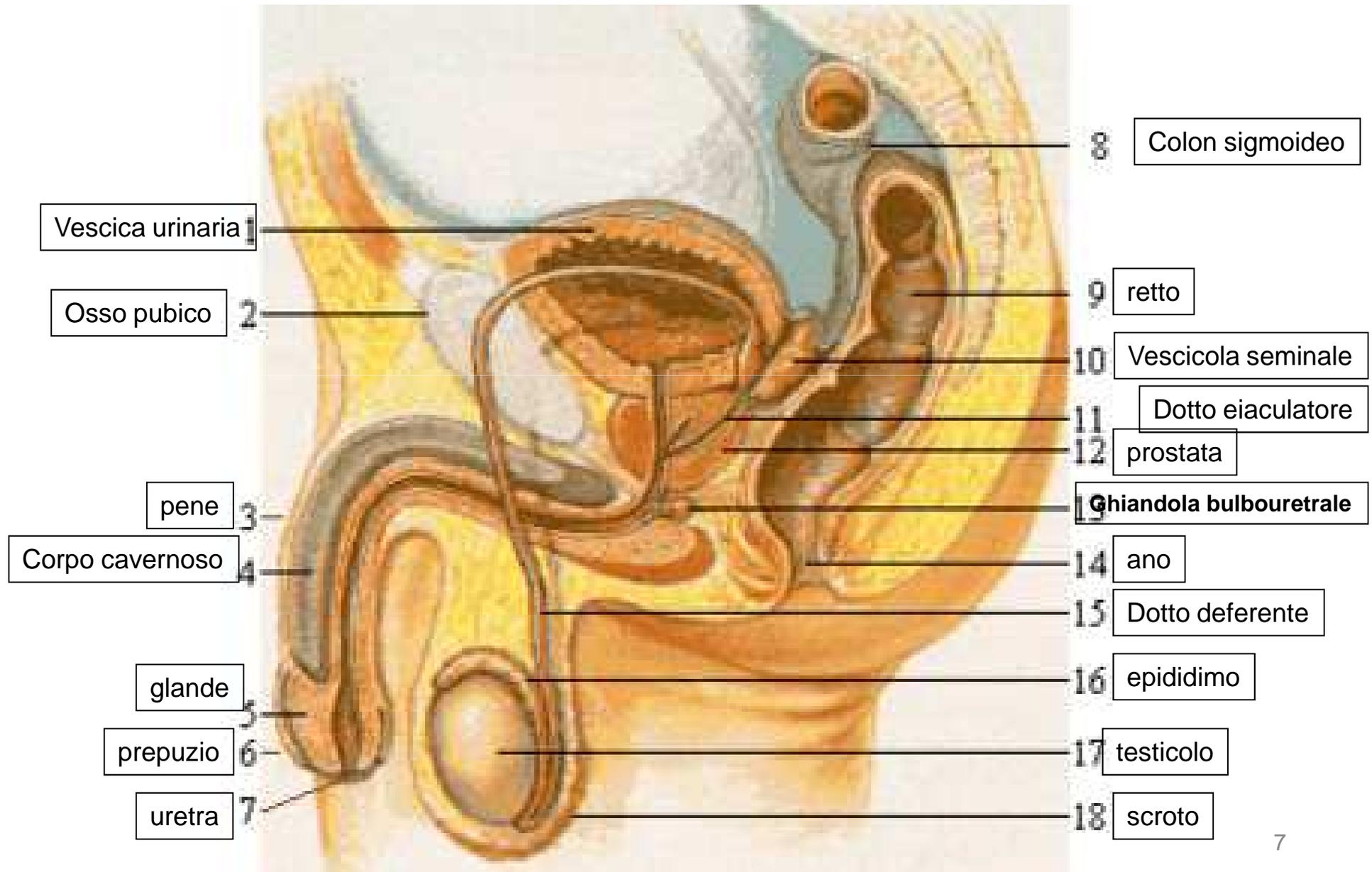
# OOGENESI



Nelle donne gli **oociti primari** cominciano a formarsi verso il terzo mese dello sviluppo fetale. Al momento della nascita le due ovaie contengono circa due milioni di oociti primari che hanno raggiunto la *profase della prima divisione meiotica* e che permangono in tale stadio fino alla maturazione sessuale dell'individuo. Poi, sotto l'influenza degli ormoni, riprende in questi oociti la prima divisione meiotica.

Degli oociti primari originari, solo 300 – 400 raggiungono la maturità, generalmente uno ogni 28 giorni per tutto il periodo che va dalla pubertà alla menopausa, che avviene in genere tra i 45 e i 55 anni di età. Quando un oocita primario è pronto a completare la meiosi, la sua membrana nucleare scompare e i cromosomi si portano verso la superficie della cellula. Nel momento in cui il nucleo si divide, il citoplasma dell'oocita forma una protuberanza, che darà poi origine a una piccola cellula, il primo **corpuscolo polare**. Il resto della cellula forma il grosso **oocita secondario**. La prima divisione meiotica si completa poche ore prima dell'**ovulazione** (la liberazione dell'oocita da parte dell'ovaia), mentre la seconda divisione meiotica ha luogo solo subito dopo la **fecondazione** e porta alla formazione dell'ovulo e di un altro corpuscolo polare. Tutti i corpuscoli polari, inutilizzabili, alla fine muoiono. La maturazione dell'oocita prevede un notevole aumento delle sue dimensioni dovuto all'accumulo di sostanze nutritive e di molecole coinvolte nei processi metabolici, come l'mRNA e gli enzimi necessari ai primi stadi di sviluppo dell'embrione. Come conseguenza della disuguale divisione cellulare che si verifica nella meiosi, gran parte del materiale di riserva dell'oocita viene trasmesso all'unico ovulo; questa cellula è molto grande (circa 100 micrometri).

# SISTEMA RIPRODUTTORE MASCHILE

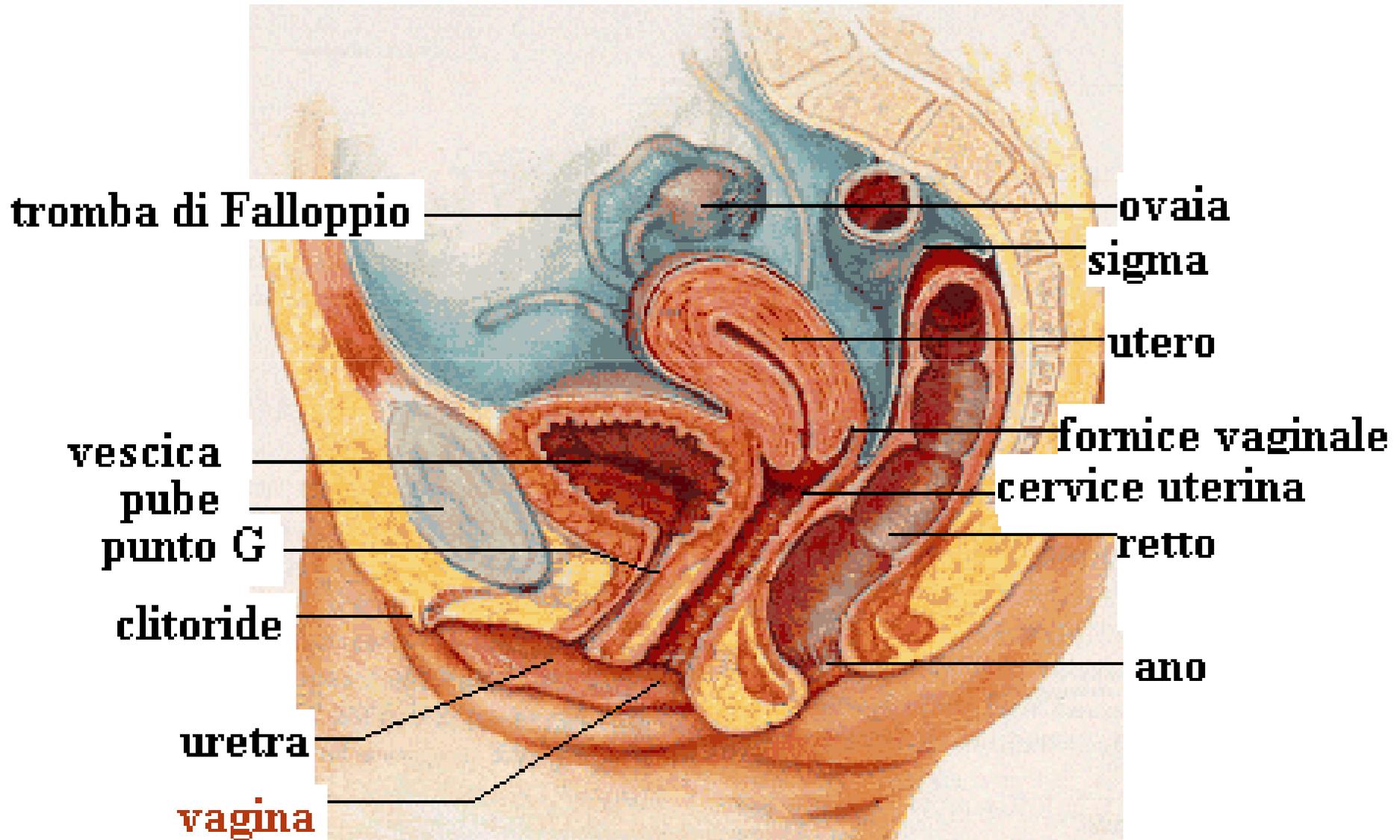


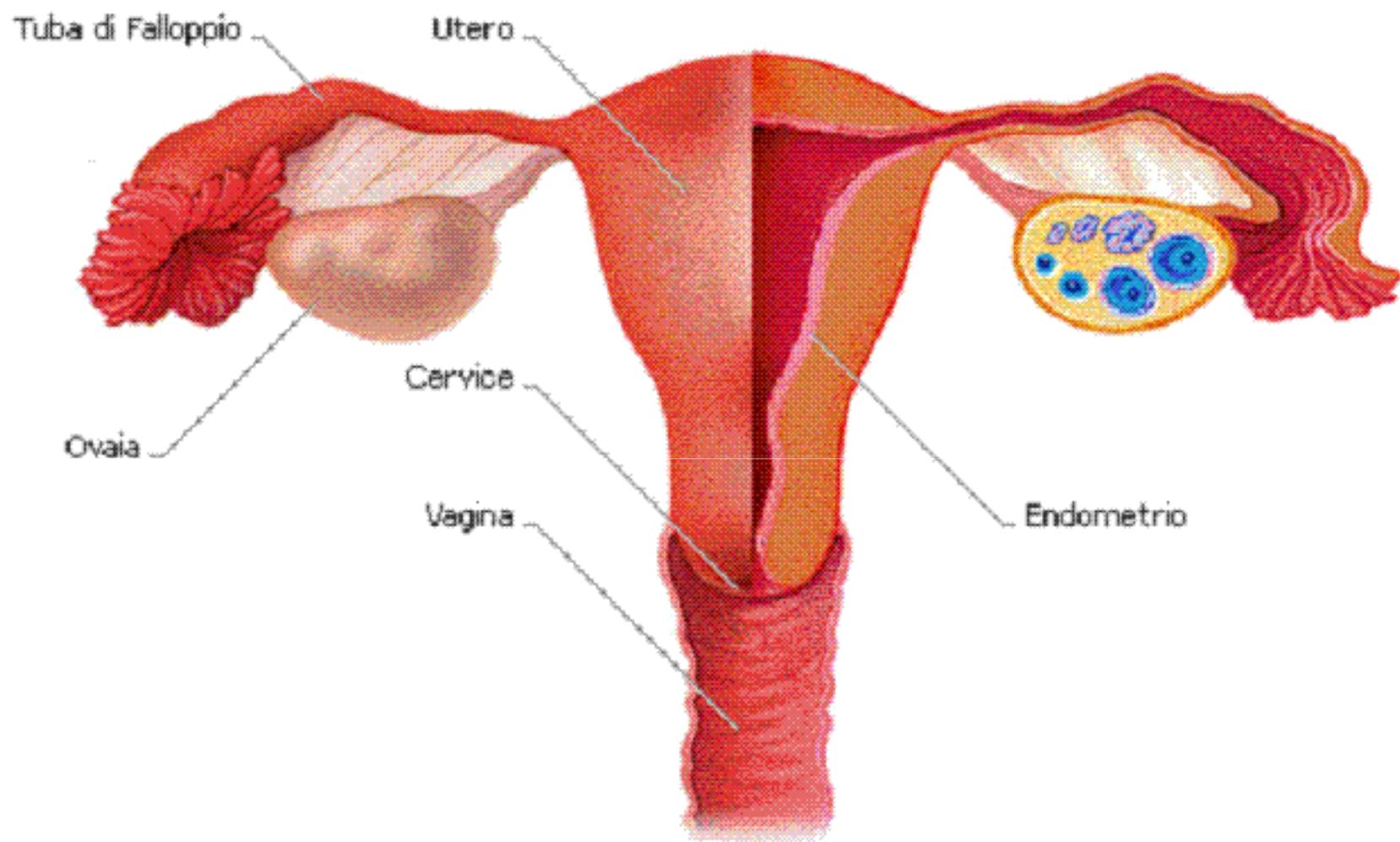
L'apparato riproduttore maschile può essere illustrato descrivendo il percorso degli spermatozoi all'interno del corpo. Dal testicolo essi passano nell' **epididimo**, che è costituito da un lungo tubulo posto sopra il testicolo. Gli spermatozoi che entrano in questa struttura non sono ancora mobili, lo diventeranno solo dopo un periodo di permanenza di circa 12 giorni. Da qui passano nel **vaso deferente**, dove si accumulano. Il vaso deferente risale da ogni testicolo verso la cavità addominale, essi sono ricoperti da tre strati di tessuto muscolare liscio, le cui contrazioni spingono avanti gli spermatozoi. Nella parte posteriore della cavità addominale i deferenti girano intorno alla vescica dove si uniscono ai dotti delle **vescicole seminali**, ognuno di essi entra quindi separatamente nella **prostata** dove confluiscono nell'**uretra**, in essa confluisce il dotto escretore della **ghiandola bulbouretrale**, e si estende per tutta la lunghezza del **pene**. Negli uomini l'uretra è un condotto che serve sia per l'escrezione dell'urina sia per la fuoriuscita degli spermatozoi, o **eiaculazione**, processi che non avvengono mai contemporaneamente. Le ghiandole annesse producono il liquido in cui sono sospesi gli spermatozoi, insieme ai quali costituiscono lo **sperma** che, essendo leggermente basico, neutralizza l'ambiente acido della vagina, proteggendo gli spermatozoi e aumentandone la motilità. Le due **vescicole seminali** producono un liquido denso contenente fruttosio, che fornisce agli spermatozoi l'energia loro necessaria, e **prostaglandine** che stimolano la contrazione dell'apparato riproduttore femminile facilitando la risalita degli spermatozoi. Le 2 **ghiandole bulbouretrali** secernono un liquido alcalino che neutralizza l'acidità delle tracce di urina eventualmente presenti nell'uretra. La **prostata** produce un fluido acquoso che nutre ulteriormente gli spermatozoi. Il **pene** è un organo cilindrico di volume variabile; la sua parte terminale si chiama **glande** ed è ricoperta da una piega cutanea detta **prepuzio**. L'erezione del pene avviene in seguito all'aumento del flusso sanguigno che riempie i tessuti spugnosi erettili del pene; questo è controllato da fibre nervose, collegate alle arterie che irrorano i tessuti erettili. Via via che i tessuti iniziano a dilatarsi, comprimono le vene impedendo al sangue di refluire.

# REGOLAZIONE DELLA PRODUZIONE ORMONALE

I testicoli producono gli ormoni **androgeni**, in particolare il **testosterone** nelle **cellule interstiziali**, cellule situate intorno ai tubuli seminiferi del testicolo. Nelle prime fasi dello sviluppo embrionale questi ormoni steroidei hanno il compito di sviluppare il feto maschile in modo che abbia le caratteristiche proprie del suo sesso. Dopo la nascita la produzione continua a livello molto basso fino ai 10 anni di età, quindi si verifica una nuova forte produzione di testosterone, che dà origine alla produzione di sperma (inizio della **pubertà**) accompagnata da ingrossamento e dalla maturazione del pene, dei testicoli e degli organi annessi e dalla comparsa dei **caratteri sessuali secondari** (ingrossamento della laringe e abbassamento della voce, sviluppo dello scheletro e dei muscoli, caratteristica distribuzione dei peli sul corpo). La produzione di testosterone è regolata da un sistema a feedback negativo. L'ormone gonadotropo **LH (ormone luteinizzante)**, prodotto dall'ipofisi sotto l'influenza del *fattore di rilascio* ipotalamico, stimola a livello del tessuto interstiziale, la produzione di testosterone. Man mano che aumenta il livello di quest'ormone nel sangue, la liberazione di LH da parte dell'ipofisi rallenta. L'**FSH (ormone follicolo stimolante)**, prodotto anch'esso dall'ipofisi, agisce sulle cellule del Sertoli promuovendo così lo sviluppo degli spermatozoi. Queste cellule producono un ormone proteico, **inibina**, che inibisce appunto la produzione di FSH.

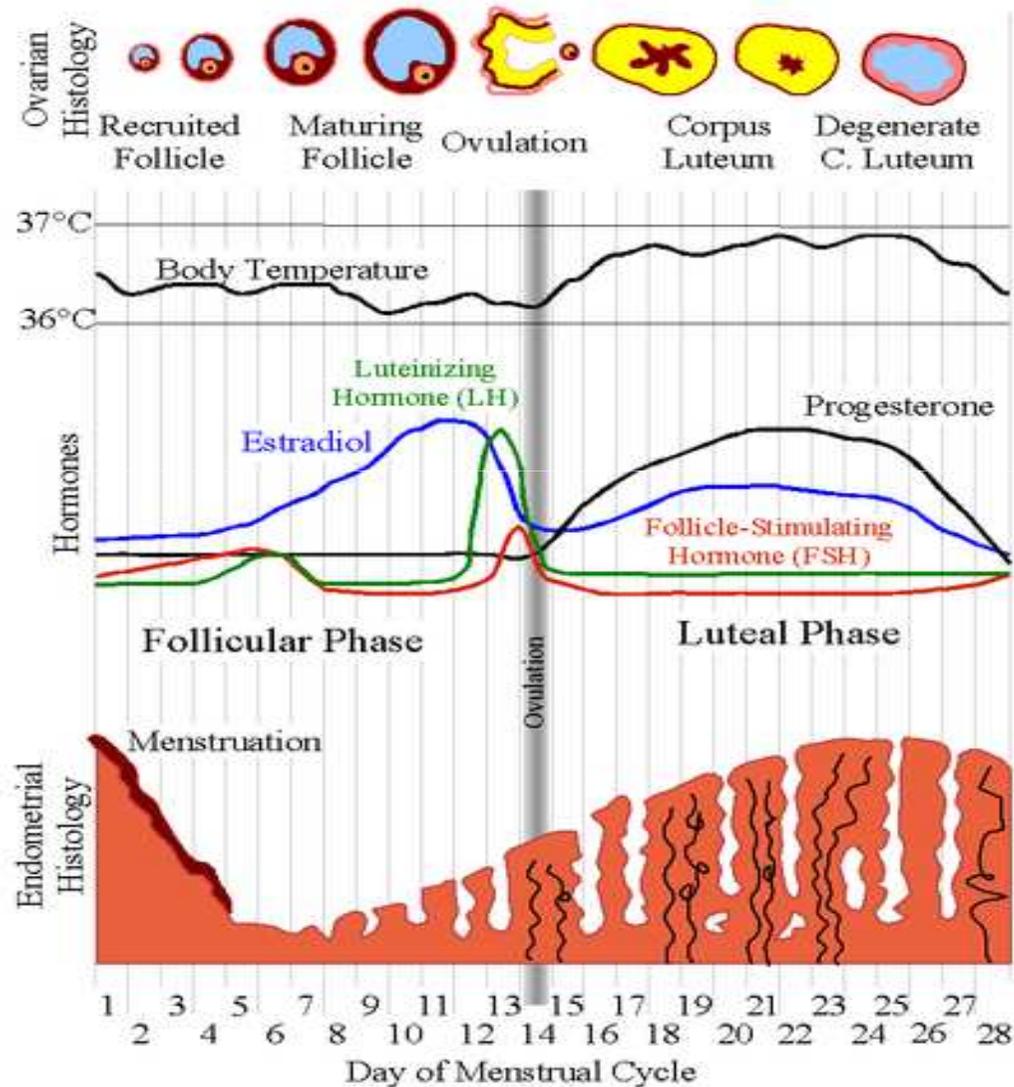
# SISTEMA RIPRODUTTORE FEMMINILE





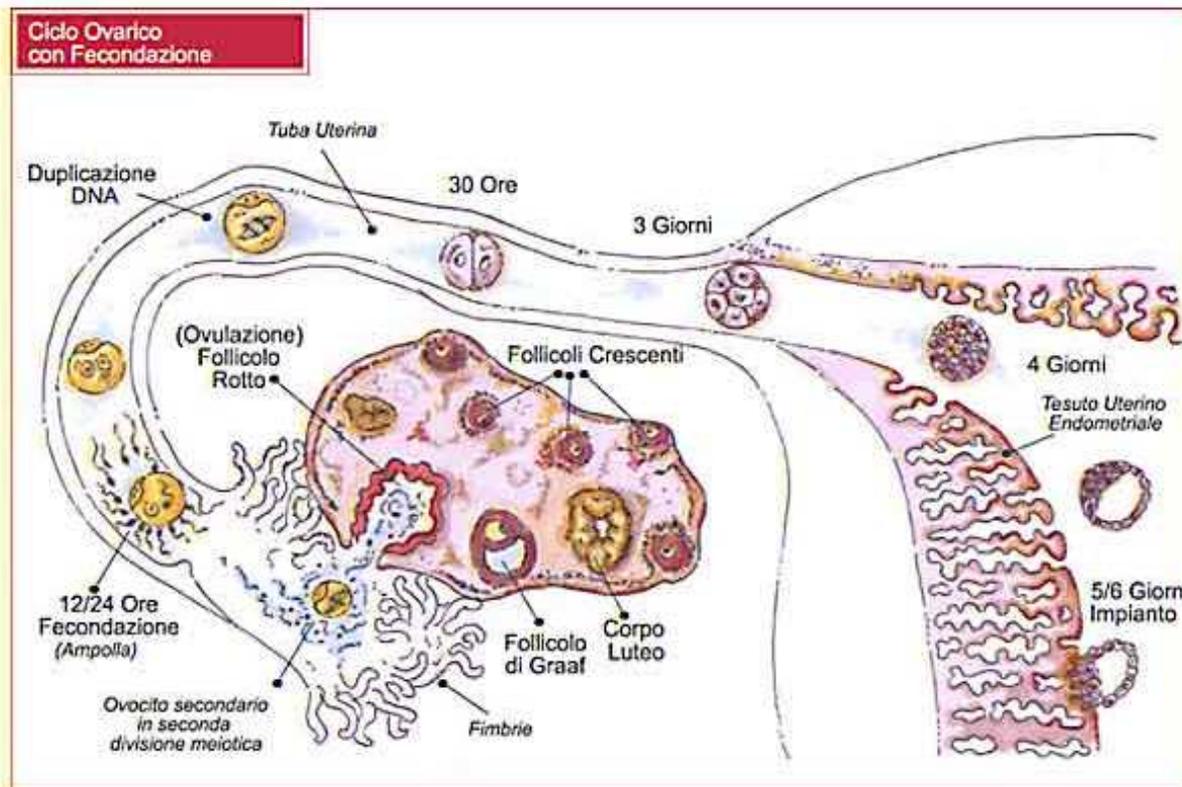
Il sistema riproduttore femminile è costituito dalle **ovaie**, due organi di circa 3 cm di lunghezza sospesi nella cavità addominale per mezzo di strisce di tessuto connettivo. Gli **oociti**, dai quali si sviluppano le cellule uovo, si trovano nello strato esterno delle ovaie. Vicino ad ognuna di esse si trova l'apertura dell'**ovidotto**, detto anche **tuba di Falloppio**, la cui apertura assomiglia ad un imbuto sfrangiato con estroflessioni digitiformi. L'**utero** è un organo muscolare cavo posto quasi orizzontalmente nella cavità addominale, sopra alla vescica. Esso è rivestito internamente dall'**endometrio**, uno strato mucoso costituito da due parti principali, una delle quali si sfalda durante la mestruazione e l'altra rigenera lo strato eliminato, e possiede una spessa parete muscolare. Il muscolo circolare liscio che circonda l'apertura dell'utero è la **cervice o collo**. La **vagina** è un tubo muscolare che va dalla cervice all'esterno del corpo, essa si apre all'esterno tra l'uretra e l'ano. Una sottile membrana, l'**imene**, riduce l'apertura vaginale, essa si lacera al primo rapporto sessuale ed, essendo abbondantemente vascolarizzata, tende a sanguinare. L'entità di tale fenomeno è molto varia. Gli organi genitali esterni della femmina sono detti complessivamente **vulva**, costituita, nella parte anteriore dal **clitoride**, struttura omologa al pene maschile costituita da tessuto erettile, due pieghe cutanee denominate **grandi labbra** (esterne) e **piccole labbra** (interne). Accanto all'apertura della vagina si trovano le **ghiandole del Bartolini** secernenti muco.

# REGOLAZIONE ORMONALE NELLA DONNA: IL CICLO MESTRUALE



*(Average values. Durations and values may differ between different females or different cycles.)*

- La produzione di oociti nella donna è ciclica, essa comporta l'interazione di certi ormoni, cambiamenti nelle cellule follicolari e un ricambio del rivestimento interno dell'utero. Questa serie di eventi viene denominata **ciclo mestruale**. All'inizio del ciclo ( primo giorno del **flusso mestruale**) i livelli ematici degli ormoni coinvolti ( FSH, LH, fattore di rilascio delle gonadotropine – GnRH, estrogeni e progesterone) sono bassi. Al termine della **mestruazione** ( la cui durata varia tra i 3 e i 5 giorni) inizia lo sviluppo di un oocita primario, in prossimità della superficie dell'ovaia. Esso, insieme alle cellule specializzate che lo circondano, costituisce il **follicolo ovarico**. Le cellule del follicolo forniscono le



sostanze nutritive all'oocita e secernono **estrogeni**. Durante gli stadi finali della sua maturazione il follicolo produce una piccola protuberanza che alla fine si spacca, liberando l'oocita (**ovulazione**). Questa prima fase, della durata media di 14 giorni, è regolata dall'azione degli ormoni LH e FSH, prodotti dall'ipofisi in seguito alla stimolazione del fattore ipotalamico, che determinano la maturazione del follicolo e la produzione degli ormoni ovarici.

Ingrossandosi, il follicolo secerne quantità crescenti di estrogeni fino a raggiungere un valore massimo in corrispondenza del quale si determina un controllo a feedback positivo sull'ipotalamo che induce l'ipofisi a produrre immediatamente grandi quantità di FSH ed LH. L'LH induce il completamento della meiosi I dell'oocita primario, che si trasforma così in oocita secondario, e fa sì che appositi enzimi rompano il follicolo provocando l'ovulazione, inoltre induce la formazione del **corpo luteo**, struttura endocrina che produce estrogeni e **progesterone**. Gli elevati livelli ematici degli ormoni ovarici che seguono l'ovulazione hanno un' importante influenza sia sulle ovaie che sull'utero. La combinazione dei due ormoni esercita un controllo a feedback negativo sull'ipotalamo e sull'ipofisi, determinando la caduta dei livelli di FSH ed LH. Ciò impedisce che in questa fase possano avvenire lo sviluppo di altri follicoli e un'altra ovulazione. La caduta del picco di LH inoltre determina la graduale degenerazione del corpo luteo. Il **ciclo mestruale** è invece controllato direttamente dagli ormoni ovarici, estrogeni e progesterone. A partire dal 5° giorno del ciclo, l'endometrio diventa più spesso in risposta all'aumento dei livelli di estrogeni e, successivamente, di progesterone. Quando i livelli di questi ormoni crollano, l'endometrio comincia a sfaldarsi dando luogo all'emorragia che caratterizza la mestruazione. Nel caso in cui abbia luogo la fecondazione e la gravidanza, l'embrione in via di sviluppo impiantato nell'endometrio secerne un ormone (HCG – gonadotropina corionica) che agisce in maniera simile all'LH, mantenendo attivo il corpo luteo che impedisce lo sfaldamento dell'endometrio.

L'inizio dei cicli mestruali ha luogo solitamente tra i 12 e i 15 anni, con la prima mestruazione, chiamata **menarca**, che segna l'inizio della pubertà nella donna; l'aumentata produzione di ormoni femminili che precede la pubertà determina lo sviluppo dei caratteri sessuali secondari.

# CONTRACCZIONE

La contraccezione è la prevenzione di una gravidanza non desiderata, per una maternità e paternità consapevole. L'efficacia dei metodi contraccettivi dipende molto dal loro uso corretto; inoltre, è importante sottolineare che il profilattico è l'unico mezzo che, oltre a prevenire gravidanze indesiderate, protegge anche dalle **malattie a trasmissione sessuale**. I metodi contraccettivi si basano su uno dei seguenti principi:

1. **Impediscono la liberazione dei gameti dalle gonadi**
2. **Impediscono la fecondazione**
3. **Impediscono l'impianto dell'embrione.**

l'astinenza temporanea dai rapporti, chiamata **metodo ritmico**, o metodo naturale, consiste nell'evitare i rapporti sessuali nei giorni immediatamente precedenti e successivi all'ovulazione. Il periodo fertile può essere individuato misurando la **temperatura basale** ( che si innalza di qualche decimo di grado al momento dell'ovulazione), oppure valutando l'aspetto del muco cervicale che, in prossimità dell'ovulazione, è trasparente e filamentoso. Attualmente sono in commercio anche apparecchi di semplice utilizzo in grado di segnalare i giorni fertili. Questo metodo è affidabile solo se applicato sempre correttamente. Totalmente inaffidabile è invece il metodo del **coito interrotto**, che consiste nell'estrazione del pene dalla vagina immediatamente prima dell'eiaculazione ( alcuni spermatozoi possono essere già fuoriusciti). I **metodi meccanici** comportano la presenza di barriere fisiche che impediscono l'incontro tra la cellula uovo e lo spermatozoo. I **profilattici** sono sottili guaine da applicare sul pene; il **diaframma** è un cappuccio di gomma che va applicato nella vagina fino a ricoprire la cervice uterina, esso va applicato insieme a

creme o gel spermicide che uccidono gli spermatozoi. Il metodo contraccettivo più efficace è quello che impedisce la liberazione dei gameti grazie al rilascio di ormoni. La **pillola** è costituito dalla combinazione di diversi ormoni, la più usata attualmente contiene estrogeni sintetici e progestinici che impediscono l'ovulazione e lo sviluppo dei follicoli. Contraccettivi ormonali sono disponibili anche sottoforma di cerotti a rilascio graduale da applicare sulla pelle.

Alcuni farmaci e dispositivi intrauterini agiscono impedendo l'impianto dell'ovocita fecondato nell'utero. La **spirale (IUD)** viene inserita nella cavità uterina dal medico e controllata periodicamente, perché un suo spostamento può provocare emorragie, infezioni e perforazioni dell'utero. La **pillola del giorno dopo** è un farmaco che contiene una combinazione di estrogeni e progesterone ad alto dosaggio; se assunta entro tre giorni dal rapporto non protetto, ha circa il 75 % di probabilità di essere efficace, ma va utilizzata solo in situazioni di emergenza e sotto controllo medico, perché può avere seri effetti collaterali.

La **sterilizzazione** è un intervento chirurgico il cui esito può essere irreversibile. Nell'uomo, la **vasectomia** consiste nell'asportazione di una piccola porzione dei vasi deferenti; nella donna, la **legatura delle tube** consiste nell'asportazione di un piccolo tratto degli ovidotti e nella legatura delle estremità. La sterilizzazione è sicura e priva di effetti collaterali.



Anello intravaginale



Spirale o IUD

metodo contraccettivo, la percentuale di insuccessi (indice di Pearl su 100 donne).	
Rischio di gravidanza nel corso del primo anno di utilizzo	
Sistema contraccettivo utilizzato per un anno da 100 donne	<b>Indice di Pearl: gravidanze indesiderate in %</b>
Sterilizzazione maschile	0.1
Sterilizzazione femminile	0.2-0.4
Pillola del giorno dopo	1,1
Spirale (IUD) al progesterone	< 1
Minipillola	< 1
Pillola (estroprogestinici orali)	< 1 (0.15)
Spirale (IUD)	1-2
Diaframma vaginale (associato ad una <a href="#">crema spermicida</a> )	2-4
Preservativo (condom)	12-14
Metodi naturali	14-40
Nessuna precauzione	60-85

# Fecondazione e sviluppo embrionale

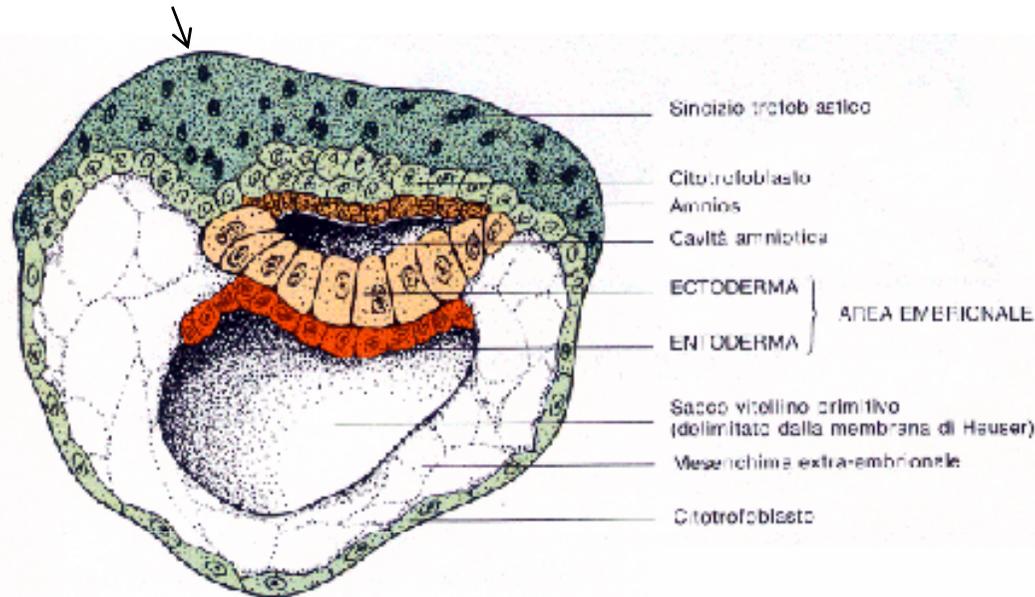
Quando lo spermatozoo raggiunge la cellula uovo, gli enzimi rilasciati dall'acrosoma sciolgono gli strati gelatinosi dell'ovulo, creando un passaggio attraverso il quale lo spermatozoo può entrare. La **fecondazione** porta almeno 4 conseguenze:

1. Immediatamente dopo il contatto con lo spermatozoo sulla membrana cellulare della cellula uovo si verifica una serie di reazioni che non la rendono più ricettiva agli attacchi di altri spermatozoi.
2. Attivazione metabolica dell'uovo: aumento della sintesi proteica e del consumo di ossigeno.
3. Fusione del pronucleo maschile ( aploide) con il pronucleo femminile ( aploide) che dà vita al nucleo diploide dello zigote.
4. L'uovo comincia a dividersi per mitosi attivando così la catena dei processi di sviluppo.

Lo **sviluppo embrionale** passa attraverso 3 fasi:

1. **Segmentazione**
2. **Gastrulazione**
3. **Organogenesi**

## Blastocisti

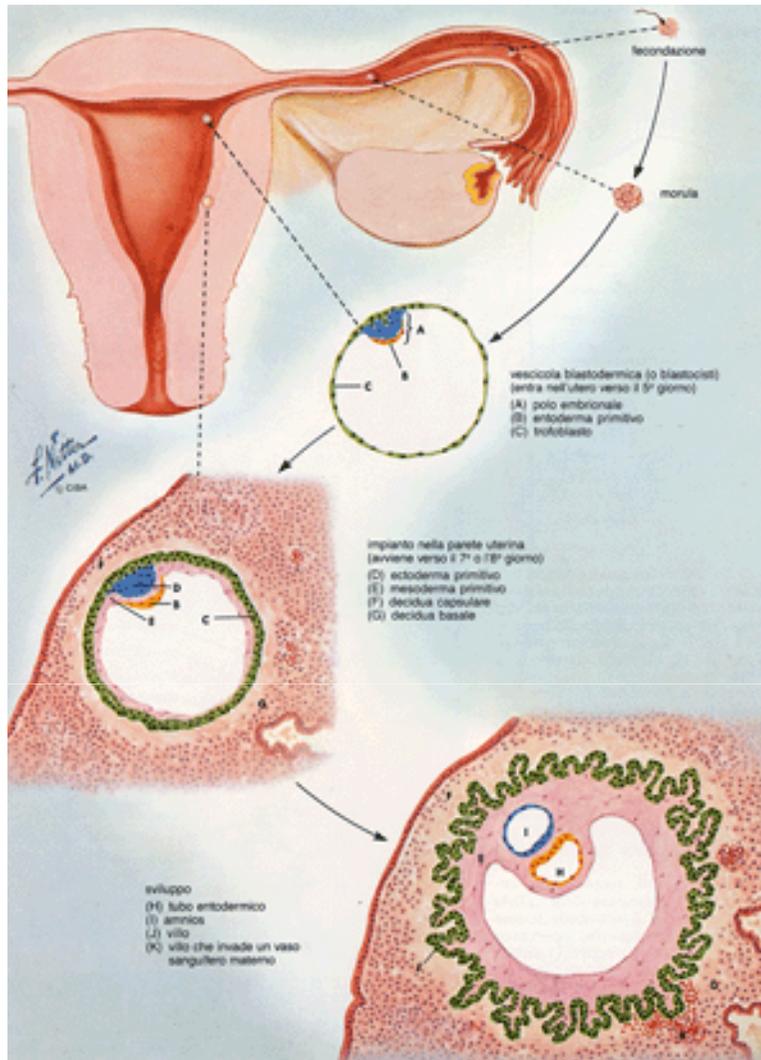


Lo zigote si divide circa una volta ogni ora per 10 ore: **segmentazione**. Durante questo processo ioni sodio vengono pompati negli spazi extracellulari, seguiti da un flusso osmotico di acqua che determina la formazione, al centro dell'embrione, di una cavità piena di liquido detta **blastocoele**. In questo stadio

l'embrione è una sfera piena di liquido costituita da un unico strato di cellule detto **blastula** (o blastocisti). Segue quindi la **gastrulazione**, processo che consiste nella formazione di un'apertura, il **blastoporo**, a partire dal quale si forma una nuova cavità, l'**archenteron**, che darà origine al canale digerente mentre il blastoporo diventerà l'ano. I movimenti delle cellule che avvengono durante la gastrulazione danno origine a 3 strati di tessuto embrionale: l'**ectoderma**, esterno, da cui si origina l'epidermide e il sistema nervoso; il **mesoderma**, mediano da cui derivano la notocorda, i muscoli, le ossa e la cartilagine, il cuore e i vasi sanguigni, l'apparato escretore e le gonadi, apparato digerente; l'**endoderma**, più interno da cui si formano i polmoni, le ghiandole salivari, il pancreas, il fegato e la parete interna del canale digerente.

## L'IMPIANTO

Dopo circa 36 ore dalla fecondazione lo zigote si divide formando due cellule (blastomeri); dopo 60 ore se ne formano 4, dopo 3 giorni si passa alla divisione in 8 cellule, quindi il ritmo delle divisioni accelera e, in questa prima fase, le cellule sono tutte uguali e l'embrione è autonomo. Dopo circa 5 giorni la blastocisti è costituita da circa 120 cellule. Sei giorni dopo la fecondazione (l'embrione ha raggiunto l'utero da 3 giorni), lo strato di cellule che circonda l'embrione, il **trofoblasto**, prende contatto con l'endometrio e rilascia la **gonadotropina corionica**, che protegge la gravidanza stimolando il corpo luteo a produrre estrogeni e progesterone, evitando così la mestruazione. Quando l'embrione penetra nei tessuti dell'endometrio, **impianto**, viene circondato dai vasi sanguigni rotti e dal sangue



ricco di sostanze nutritive che esce da essi. Il trofoblasto si ispessisce e produce delle estroflessioni digitiformi, i **villi coriali**, che invadono la superficie interna dell'utero. A questo punto cominciano a differenziarsi le 4 membrane extraembrionali: **sacco vitellino**; **allantoide** che originerà il cordone ombelicale, **l'amnios** che racchiude uno spazio pieno di liquido in cui è sospeso l'embrione.

La membrana più esterna, il **corion**, si specializza nella produzione di parte della **placenta**, struttura grazie alla quale l'embrione riceve il nutrimento e che si forma dall'interazione tra il tessuto materno, l'endometrio, e la membrana extraembrionale, il corion, e riceve un ricco rifornimento sanguigno da entrambi. Tuttavia i sistemi circolatori embrionale e materno non sono direttamente connessi, per cui le cellule ematiche della madre e dell'embrione non si mescolano. Quando la placenta matura comincia a produrre estrogeni e progesterone in grande quantità, rimpiazzando completamente il corpo luteo, nella loro produzione, alla fine del terzo mese di gravidanza. La gonadotropina non viene più prodotta dal corion e il corpo luteo degenera. Durante il secondo trimestre di gravidanza continua lo sviluppo dei sistemi e durante l'ultimo trimestre vi è un notevole aumento del peso del feto. La nascita avviene, in media, 266 giorni dopo il concepimento. Il parto prevede 3 fasi: il **travaglio** o fase di dilatazione, il cui avvio è determinato dalla produzione da parte del feto di prostaglandine e dalla produzione di ossitocina da parte della madre; la **fase espulsiva**, inizia quando la cervice è completamente dilatata e compare la testa del bambino; il **secondamento**, inizia immediatamente dopo la nascita, comporta nuove contrazioni uterine e l'espulsione di liquido, sangue e della placenta cui è attaccato il cordone ombelicale.

