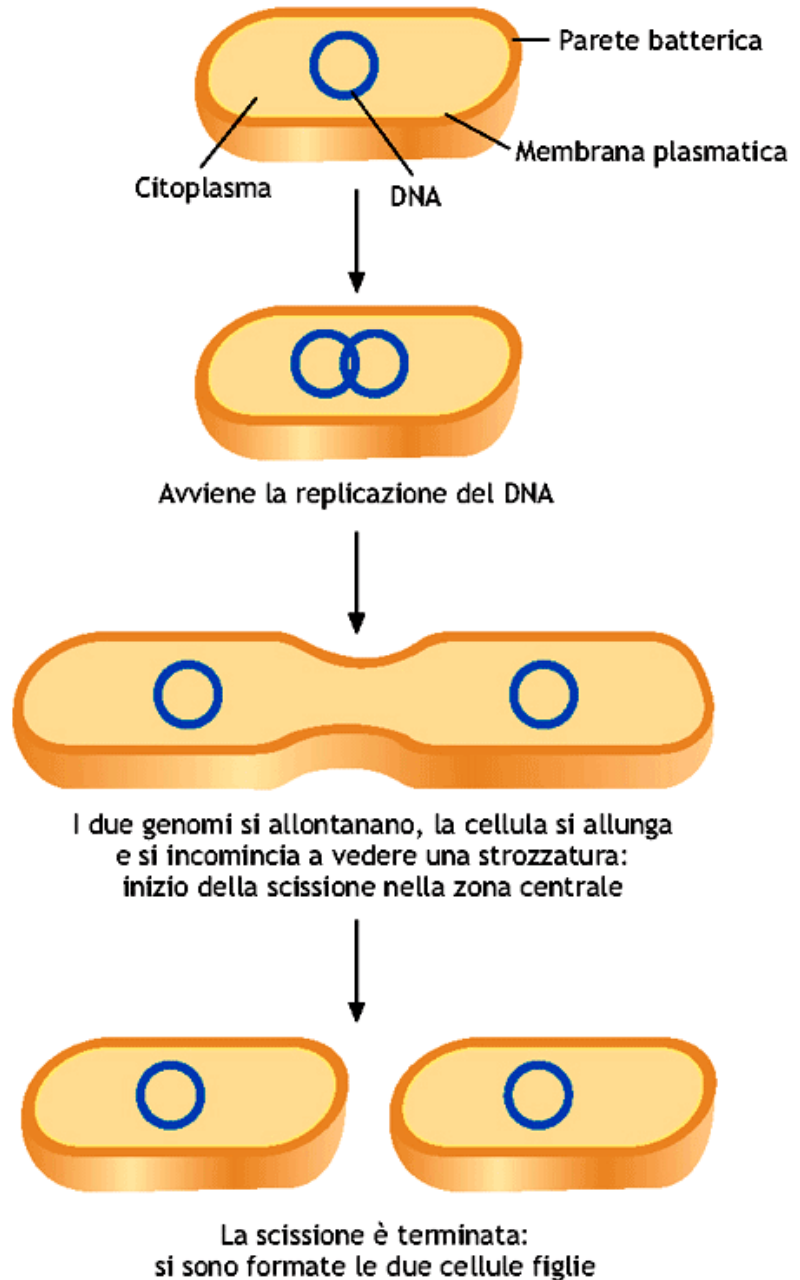


RIPRODUZIONE E CICLO CELLULARE

Divisione cellulare

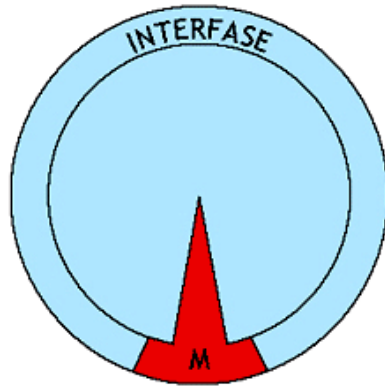
Nei procarioti



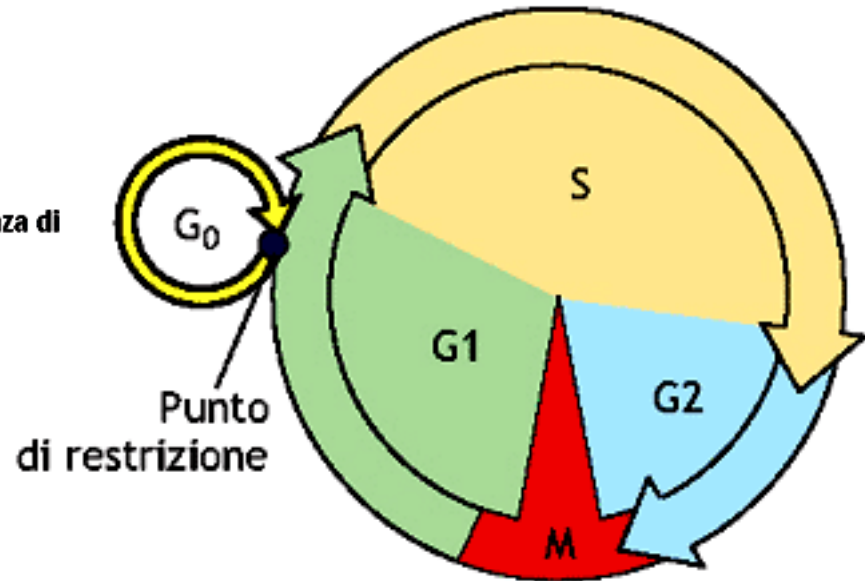
■ **Figura 7.1** Divisione per scissione di un batterio.

Ciclo cellulare

Negli eucarioti



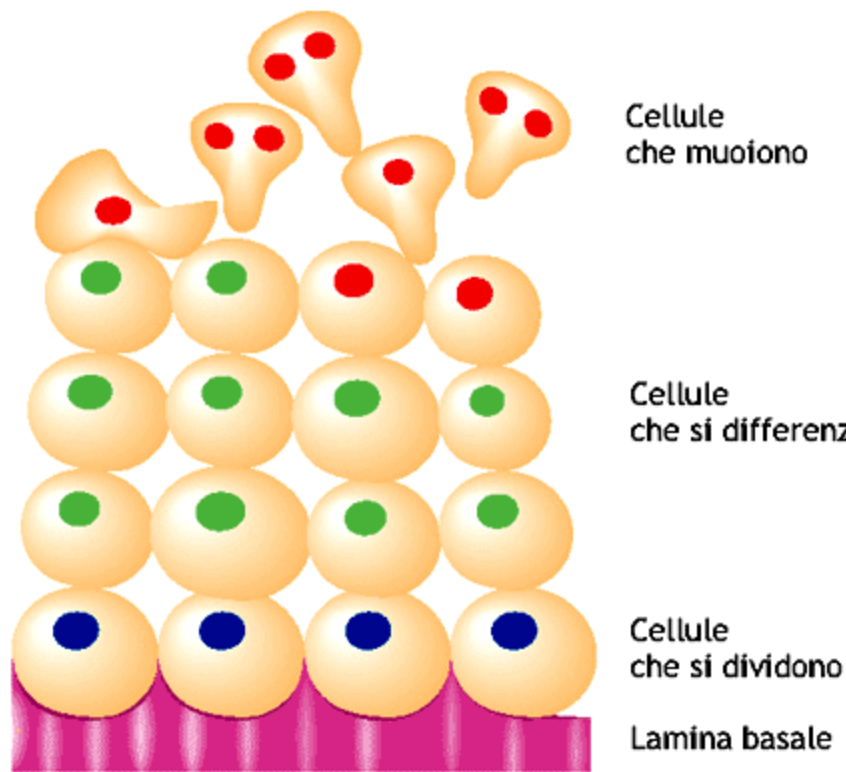
■ **Figura 7.2** Il ciclo cellulare rappresentato come un'alternanza di mitosi ed interfase.



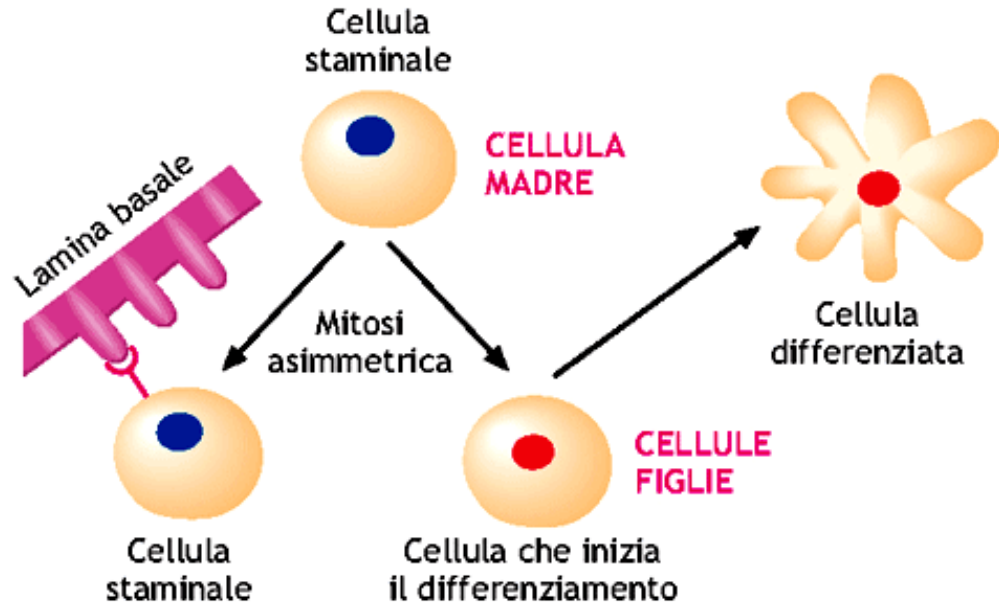
■ **Figura 7.3** **Le diverse fasi del ciclo cellulare.** Alla fase G₁ segue la fase S di sintesi del DNA, alla quale succede la fase G₂. Il ciclo termina con la mitosi e la separazione in due della cellula (citodieresi). Il punto di restrizione in G₁ o START, nel lievito, è un momento decisionale molto importante prima del quale la cellula "sceglie" se dividersi ed entrare in fase S oppure se uscire dal ciclo per entrare in uno stato di non proliferazione denominato fase G₀ del ciclo cellulare o quiescenza.

Ciclo cellulare

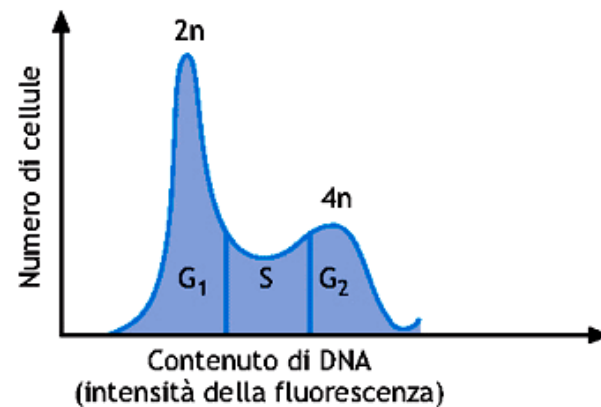
Negli eucarioti



■ **Figura 7.4** Esempio di un tessuto ad elevato ricambio come, ad esempio, la nostra pelle. Cellule nello strato più a contatto con la lamina basale sono in attiva proliferazione e si dividono continuamente. Negli strati superiori si consolida il programma differenziale, mentre negli strati apicali le cellule infarcite di cheratina e proteine accessorie svolgono un'azione protettiva che terminerà con la loro morte ed il distacco.



■ **Figura 7.5** Esempio di mitosi asimmetrica in una cellula staminale.



■ **Figura 7.6** Analisi della quantità (n) di DNA in una popolazione cellulare mediante citofluorimetria dopo colorazione con propidio di ioduro. In ascissa è rappresentato il contenuto di DNA, mentre in ordinata il numero di cellule. Nella fase G_1 la quantità di DNA è pari a $2n$, in G_2 è pari a $4n$, mentre in S è eterogenea variando da $2n$ a $4n$.

Ciclo cellulare

Regolazione

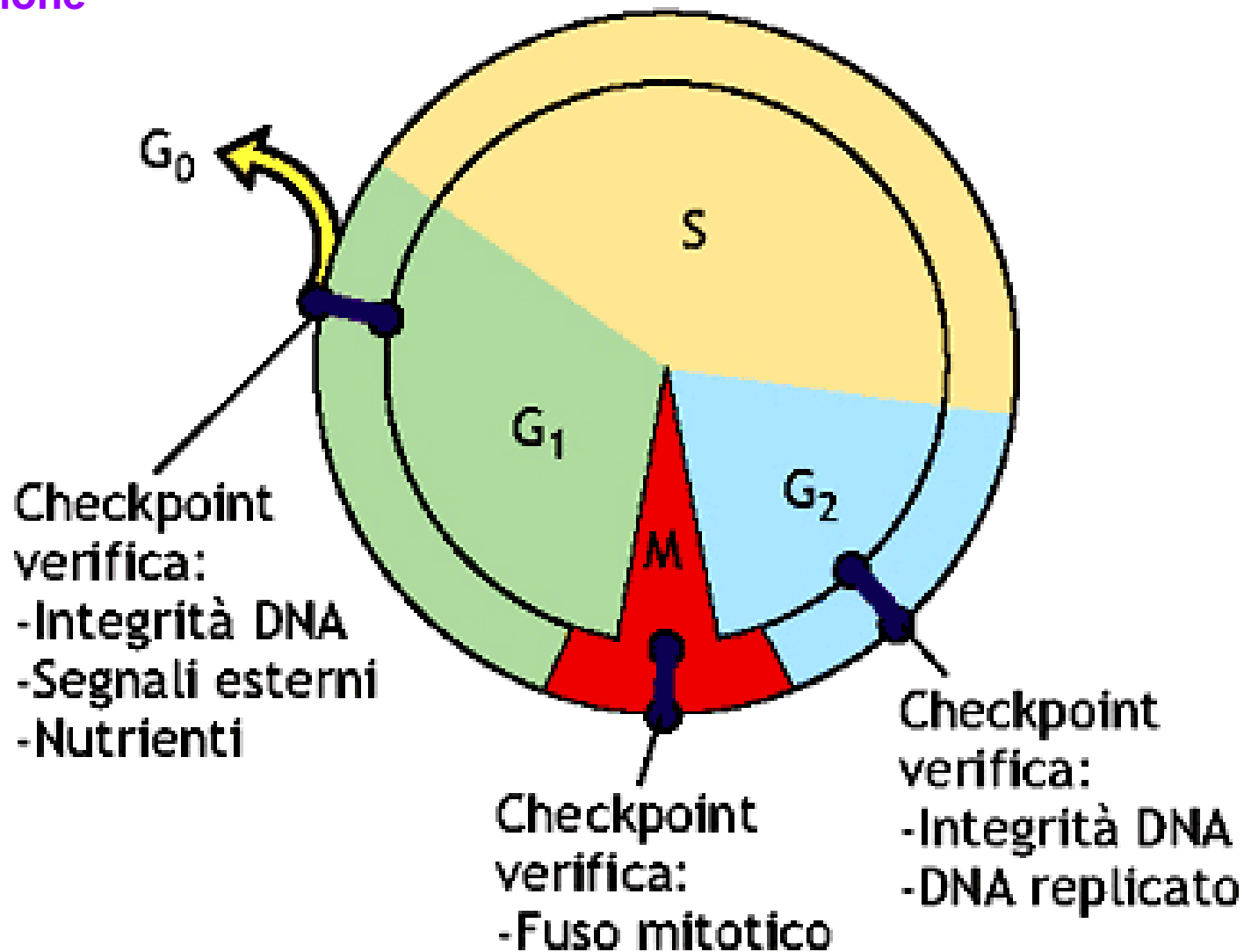
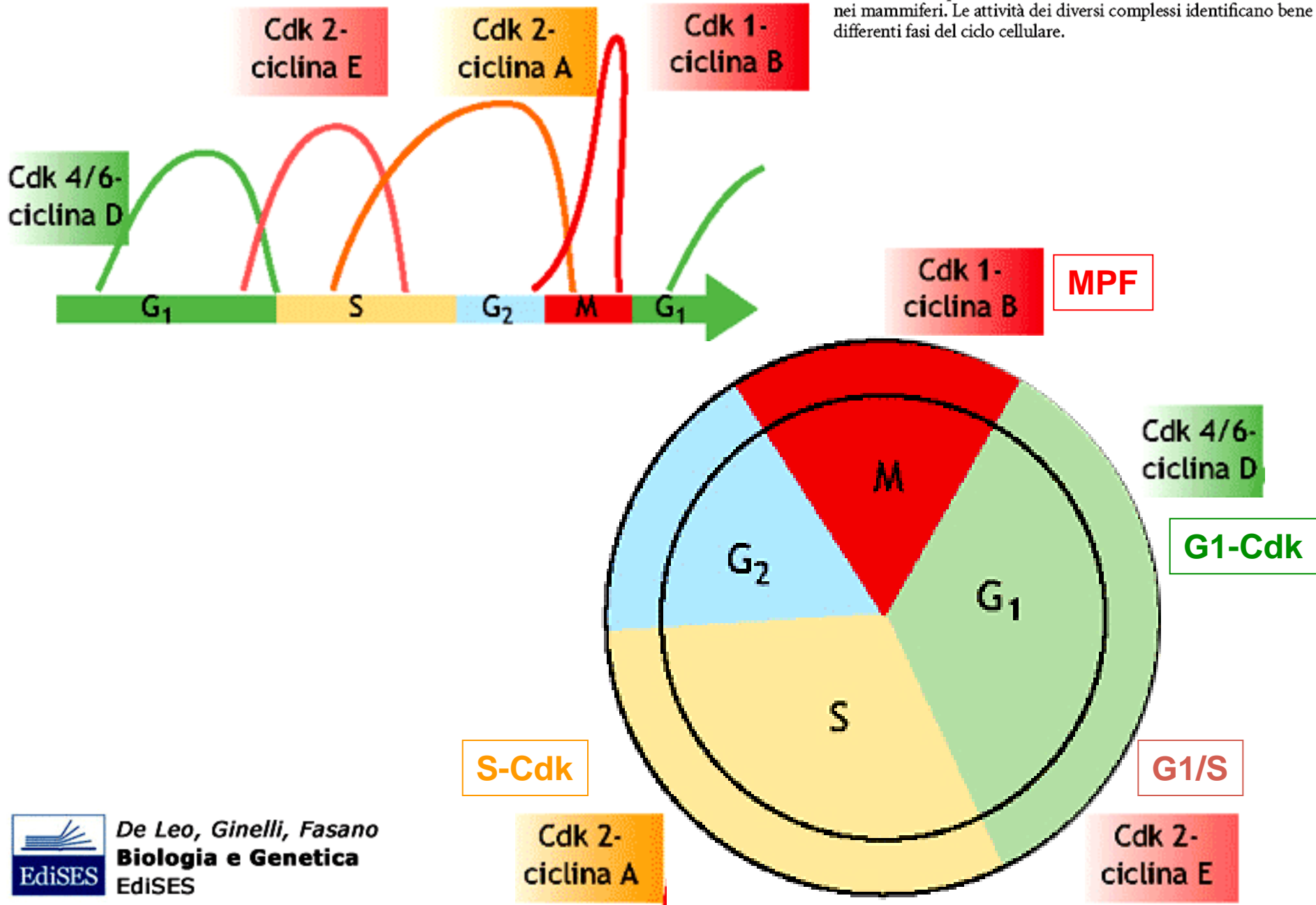


Figura 7.7 I diversi checkpoint (punti di controllo) che agiscono durante il ciclo cellulare.

Ciclo cellulare

Regolazione nei mammiferi

■ **Figura 7.16** Espressione delle diverse cicline durante le diverse fasi del ciclo cellulare. Le linee colorate indicano l'attività chinastica dei diversi complessi Cdk-ciclina durante le differenti fasi del ciclo nei mammiferi. Le attività dei diversi complessi identificano bene le differenti fasi del ciclo cellulare.



Ciclo cellulare

Regolazione nei mammiferi

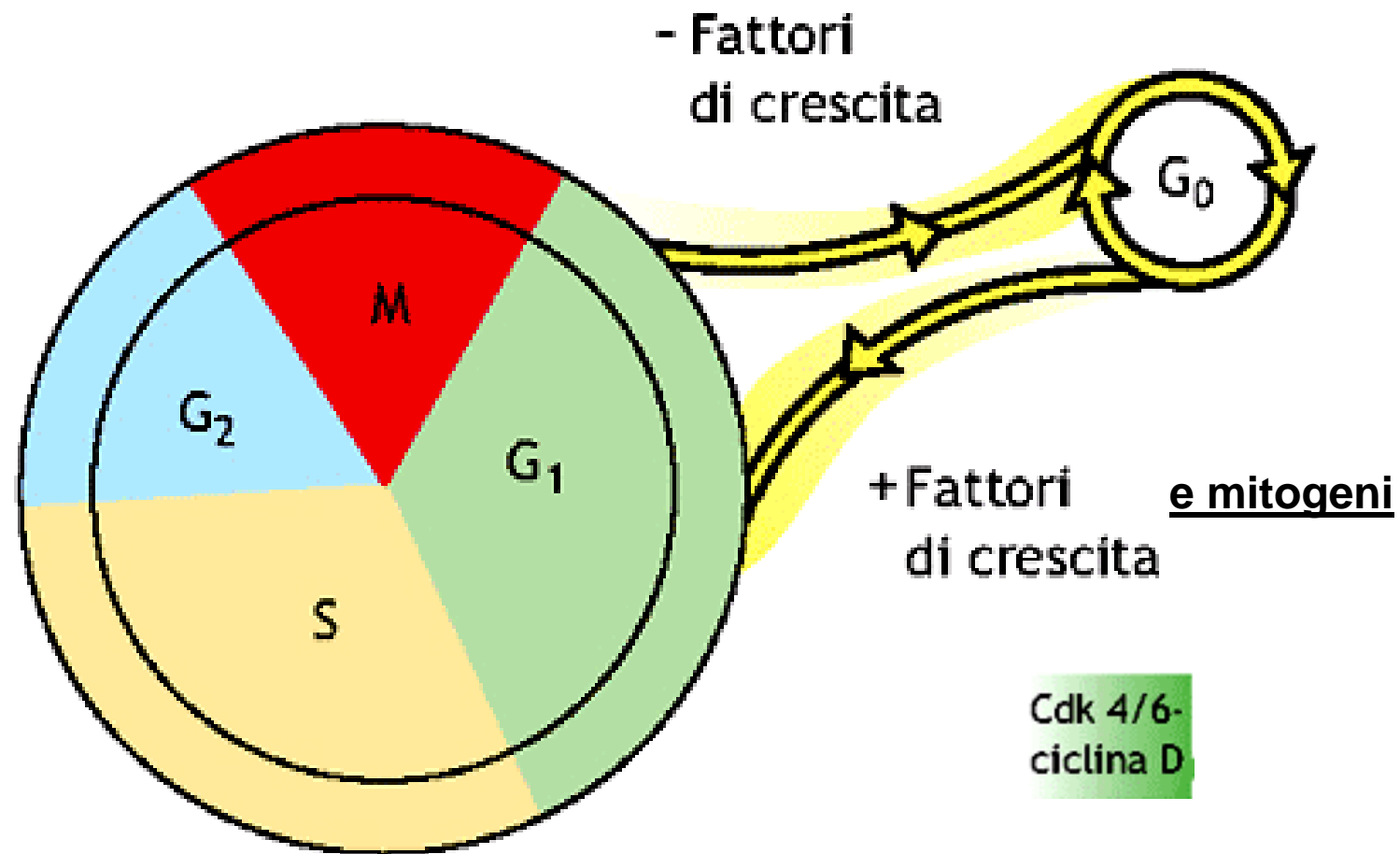
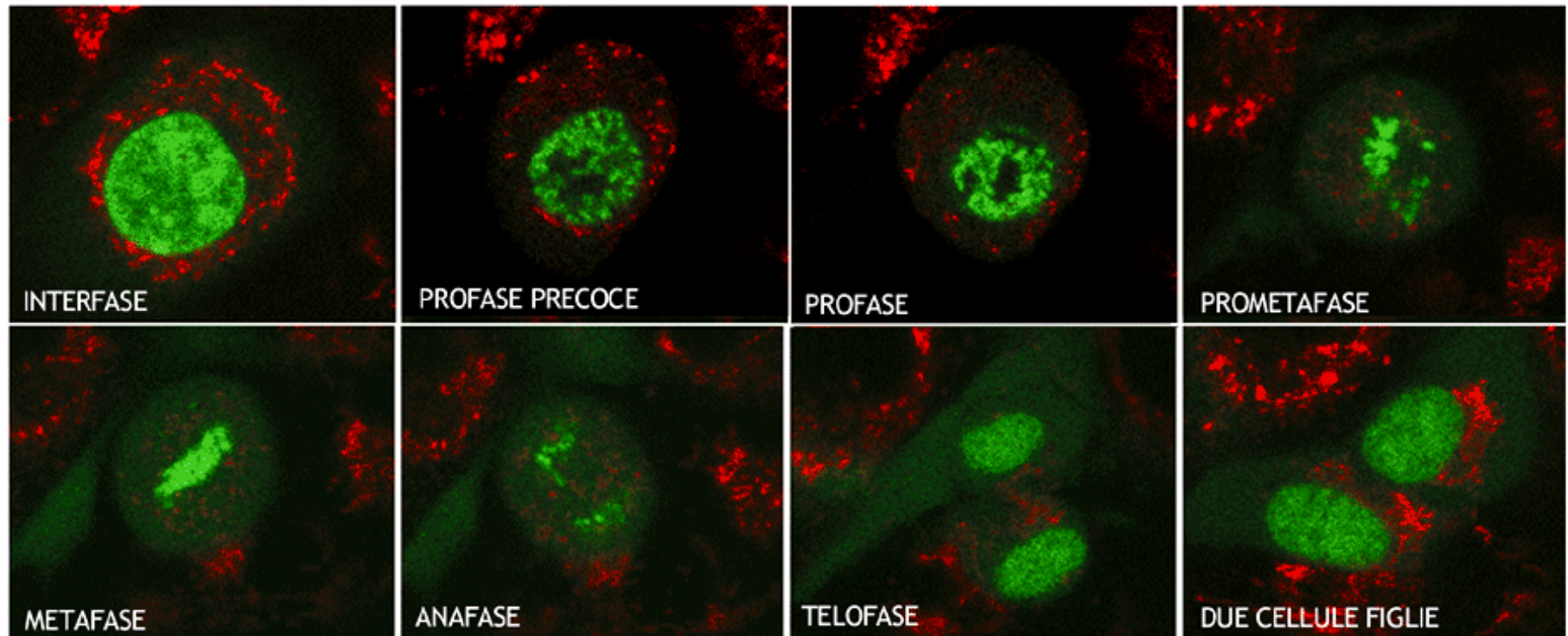


Figura 7.18 L'assenza di fattori di crescita provoca l'uscita dal ciclo cellulare e l'entrata nella fase G₀.

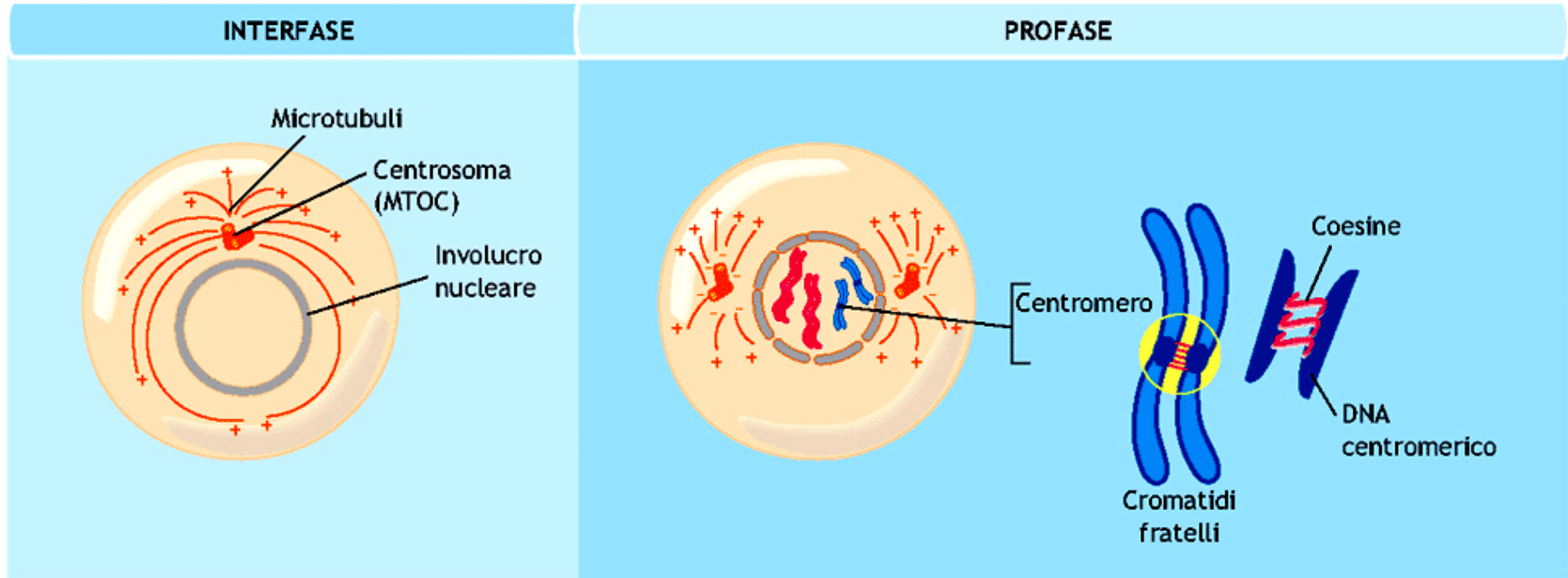
Ciclo cellulare



■ **Figura 7.23 La microscopia confocale a fluorescenza.** La tecnica del time-lapse permette di registrare l'evoluzione di un fenomeno biologico dal vivo, acquisendo ad intervalli regolari immagini dello stesso campione lungo un certo numero di ore ed ottenendo così una sequenza relativamente fluida del fenomeno studiato. In questo caso le immagini rappresentano una cellula esprime la proteina istonica H1 fusa alla GFP (Green Fluorescent Protein), una proteina fluorescente della medusa *Aequorea victoria* che emette una fluorescenza verde se eccitata ad una particolare lunghezza d'onda. La fusione viene eseguita a livello dei cDNA generando un nuovo gene chimerico. Il gene è clonato in un vettore idoneo per l'espressione in cellule di mammifero ed introdotto all'interno delle cellule con la tecnica della microiniezione nucleare. Questa strategia permette di evidenziare indirettamente il DNA delle cellule (colore verde dell'istone che si lega al DNA). In rosso, invece sono evidenziati i mitocondri con un colorante cationico, la tetra-metil-rodamina (TMRM), che si accumula specificatamente in questi organelli attratta dal potenziale di membrana ed emette fluorescenza rossa se eccitata ad una particolare lunghezza d'onda. Le diverse fasi della mitosi sono indicate. Si osservano: il compattamento dei cromosomi in profase, l'allineamento dei cromosomi in piastra in metafase ed il loro trascinarsi verso i poli nell'anafase.

Ciclo cellulare

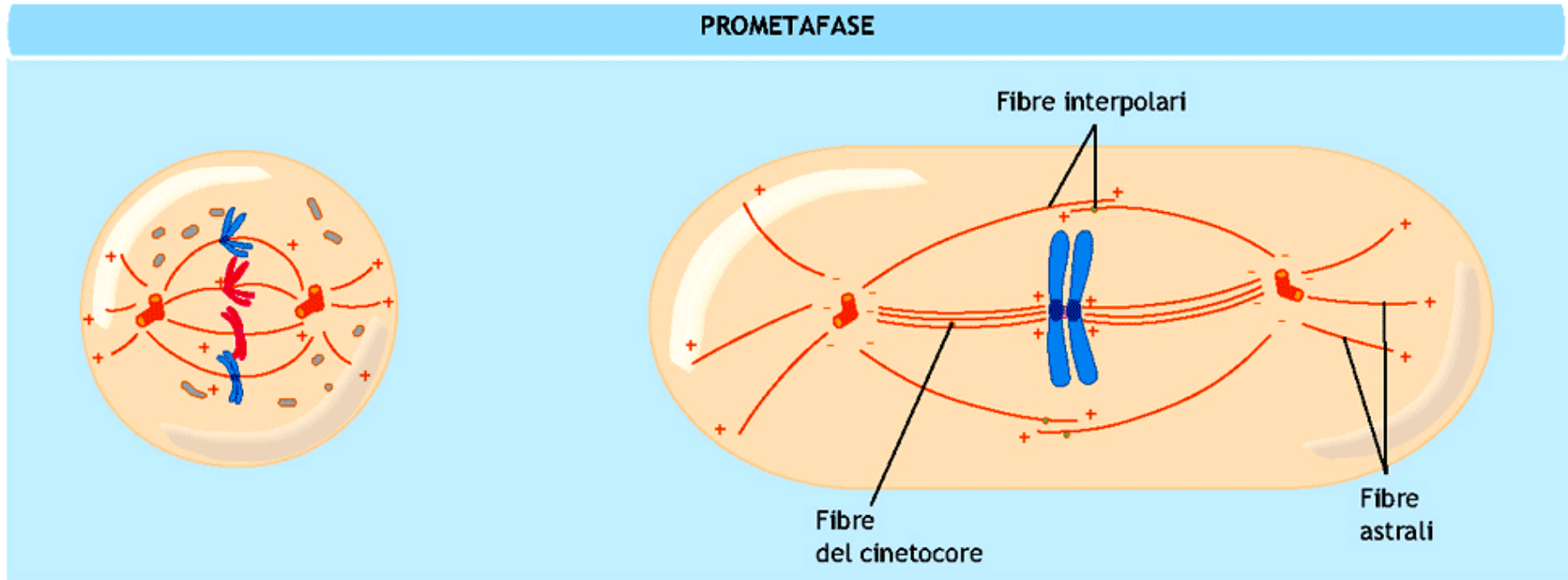
Profase



■ **Figura 7.24** Differenze tra una cellula in interfase ed una in profase nell'organizzazione dei cromosomi, dei centrioli, dei microtubuli e dell'involucro nucleare. Da ricordare la polarità dei microtubuli con la distribuzione ordinata delle estremità positive lontane dai centrioli. L'ingrandimento illustra l'interazione tra i cromatidi fratelli che si esplica a livello del centromero attraverso il coinvolgimento della coesina.

Ciclo cellulare

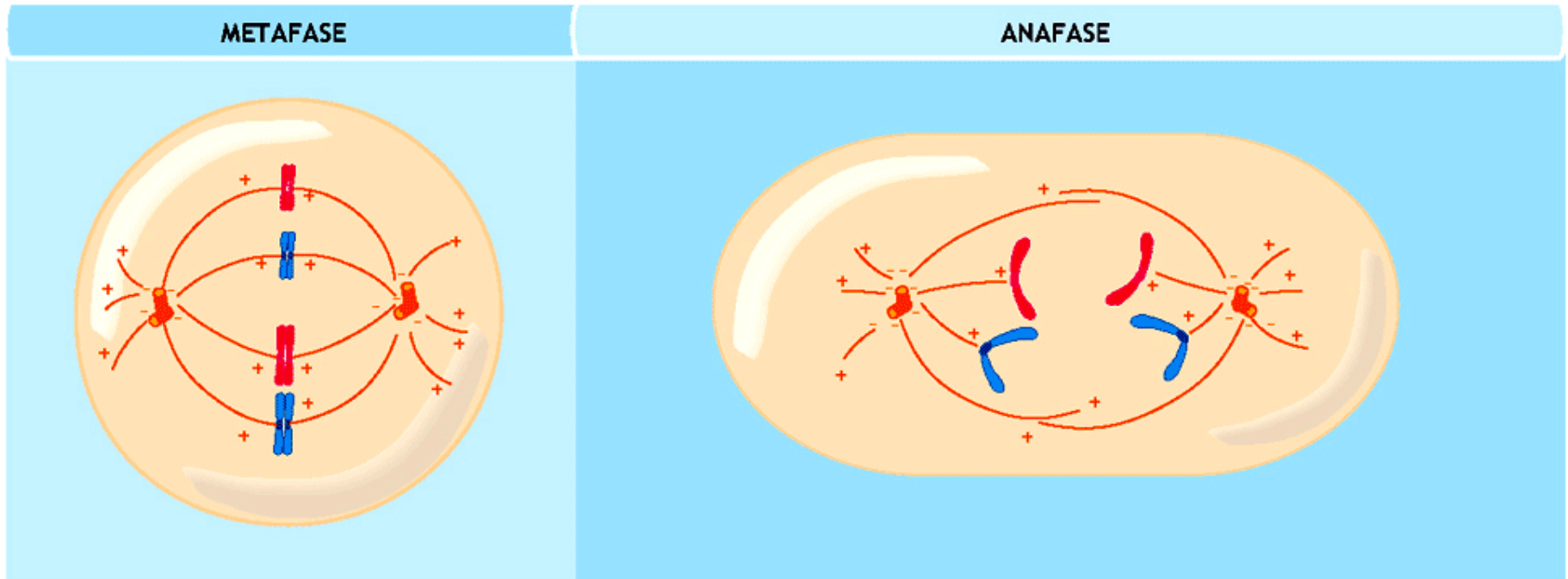
Prometafase



■ **Figura 7.25** Cambiamenti nell'organizzazione dei cromosomi e dei microtubuli nella cellula in prometafase. Viene evidenziato il fuso mitotico nelle sue diverse componenti. Dai poli del fuso, formati dai due centrioli si dipartono: le fibre del cinetocore, che entrano in contatto con i cromosomi a livello dei centromeri, le fibre astrali, che mediano i rapporti con il cortex cellulare, e le fibre interpolari, che stabiliscono contatti con i microtubuli provenienti dal polo opposto del fuso.

Ciclo cellulare

Metafase, Anafase



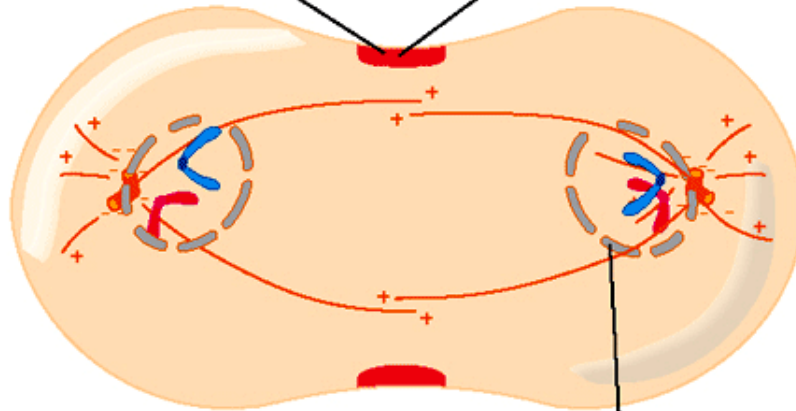
■ **Figura 7.26** Cambiamenti nella distribuzione dei cromosomi in metafase ed anafase. In metafase i cromatidi fratelli, ancora uniti dalla coesina, sono posizionati in piastra metafasica. Con l'anafase ha inizio la corsa dei cromatidi fratelli verso i poli opposti del fuso.

TELOFASE

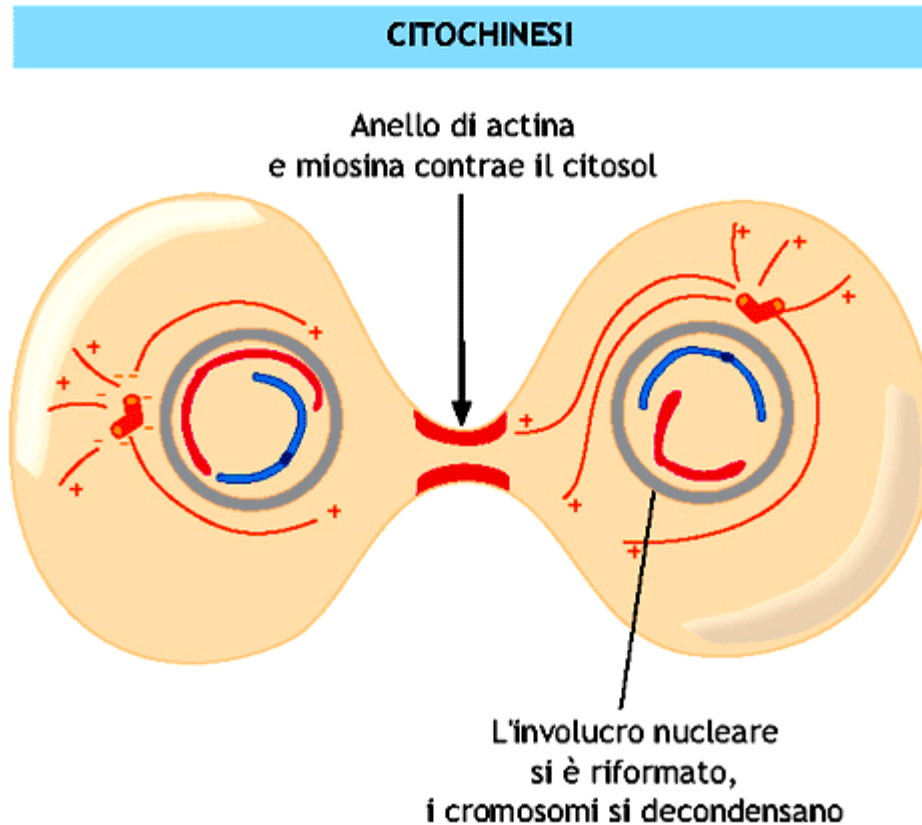
Invaginazione
della membrana
plasmatica

Inizia ad evidenziarsi
l'anello contrattile

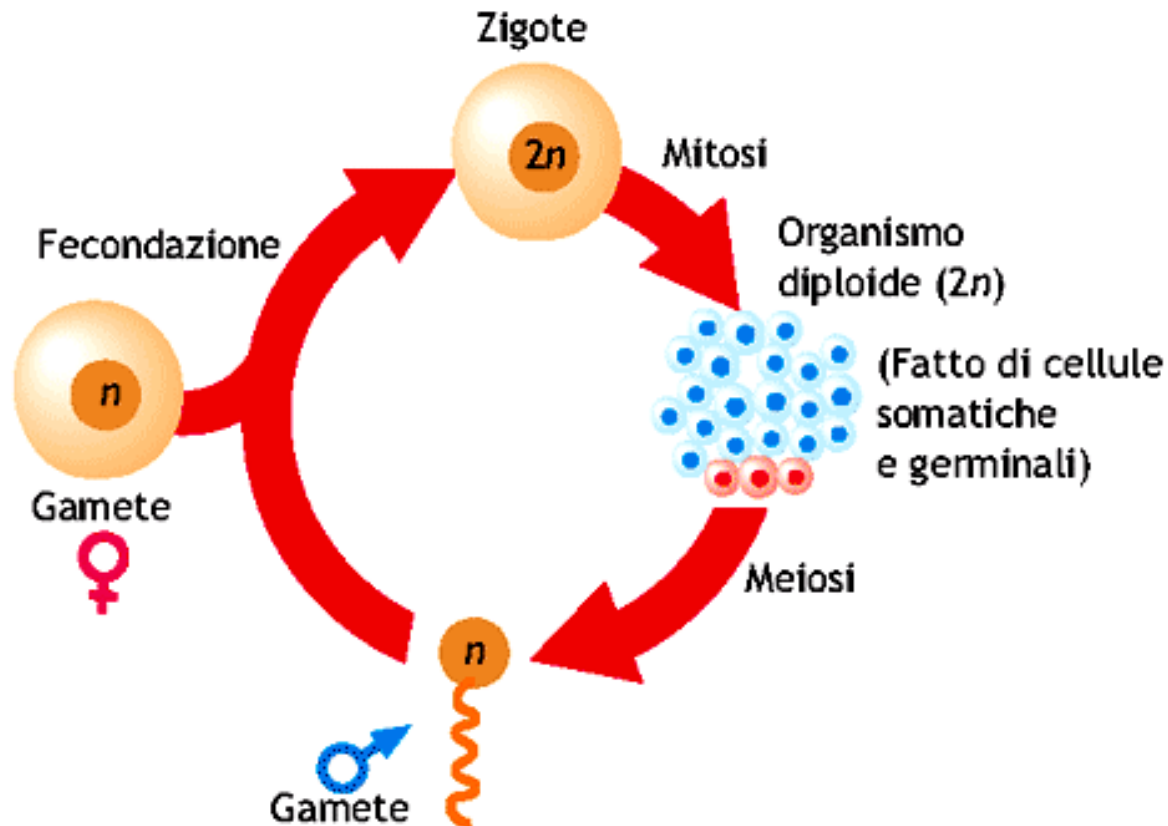
Si riorganizza
l'involucro
nucleare



■ **Figura 7.30 Cambiamenti della distribuzione dei cromosomi in telofase.** Presso un'invaginazione della membrana plasmatica, nella zona equatoriale, si incomincia ad organizzare l'anello contrattile.



■ **Figura 7.31** Nella citochinesi l'azione continua dell'anello contrattile provoca la separazione in due del citoplasma che fissa la formazione di due nuove cellule. Attorno ai due poli del fuso, dove sono giunti al termine della loro corsa i cromosomi, si riorganizza l'involucro nucleare.

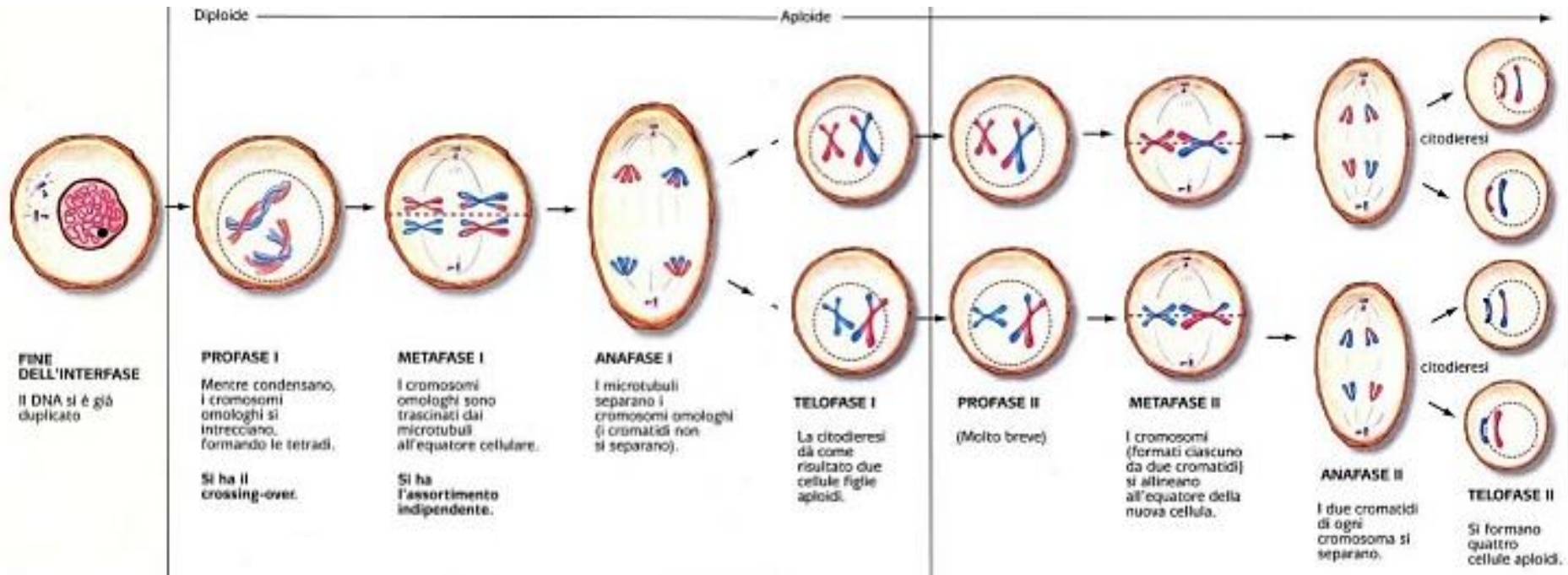


■ **Figura 7.32** La meiosi negli organismi pluricellulari svolge il suo ruolo alla fine del differenziamento delle cellule germinali per produrre i gameti (maschili o femminili) caratterizzati da un genoma aploide (n). Con la fecondazione, l'unione del gamete maschile con il gamete femminile ristabilisce una cellula (lo zigote) con un genoma diploide ($2n$). Scopo della meiosi è dimezzare il corredo cromosomico e generare variabilità genetica. Le cellule somatiche, invece, mantengono sempre un genoma diploide e si dividono per mitosi.

LA MEIOSI

MEIOSI I

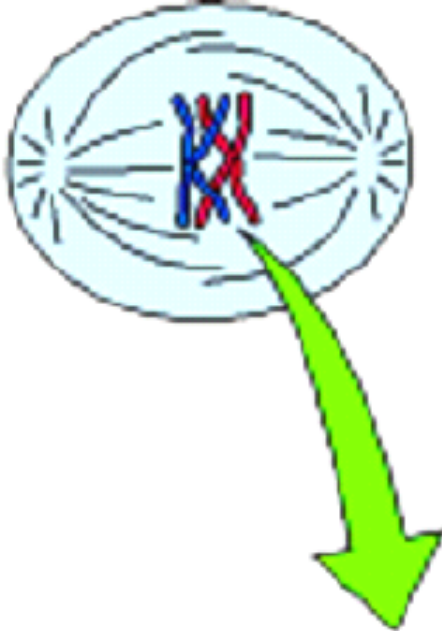
MEIOSI II



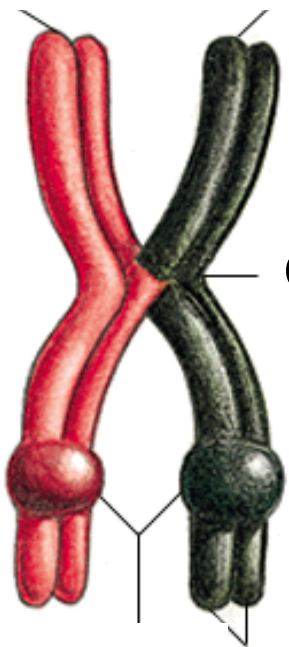
LA MEIOSI I

PROFASE I

E' la fase più lunga della meiosi. In questa fase avviene il crossing over.



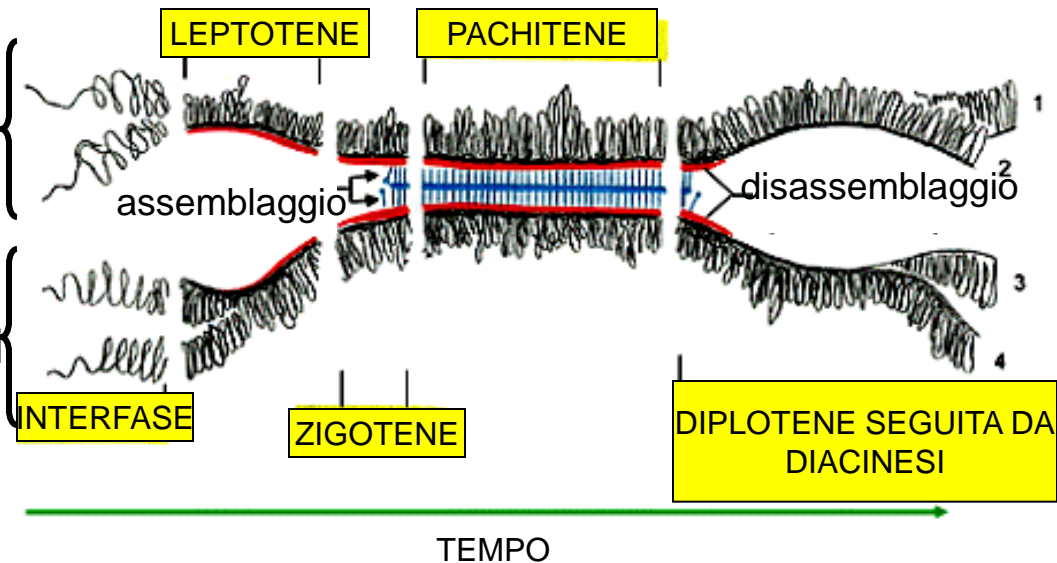
materno paterno



chiasma

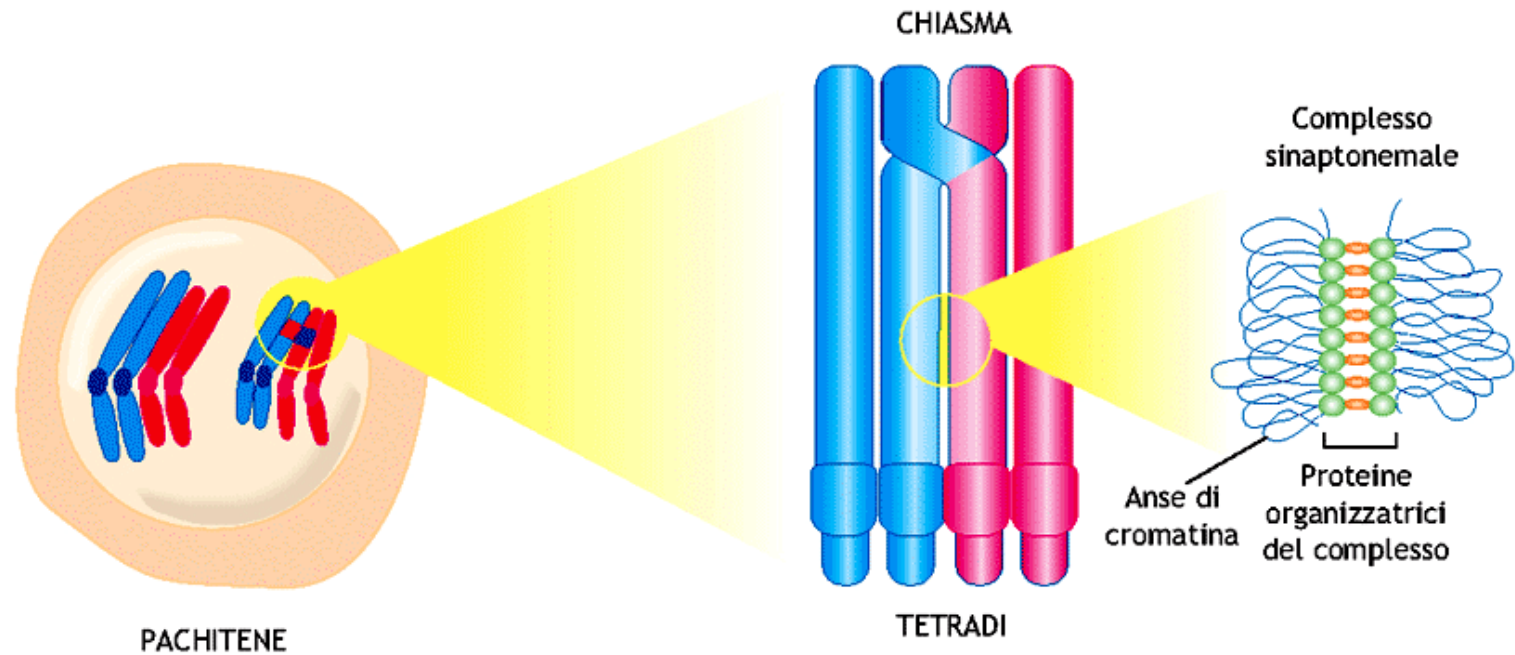
cromatidi fratelli paterni

cromatidi fratelli materni

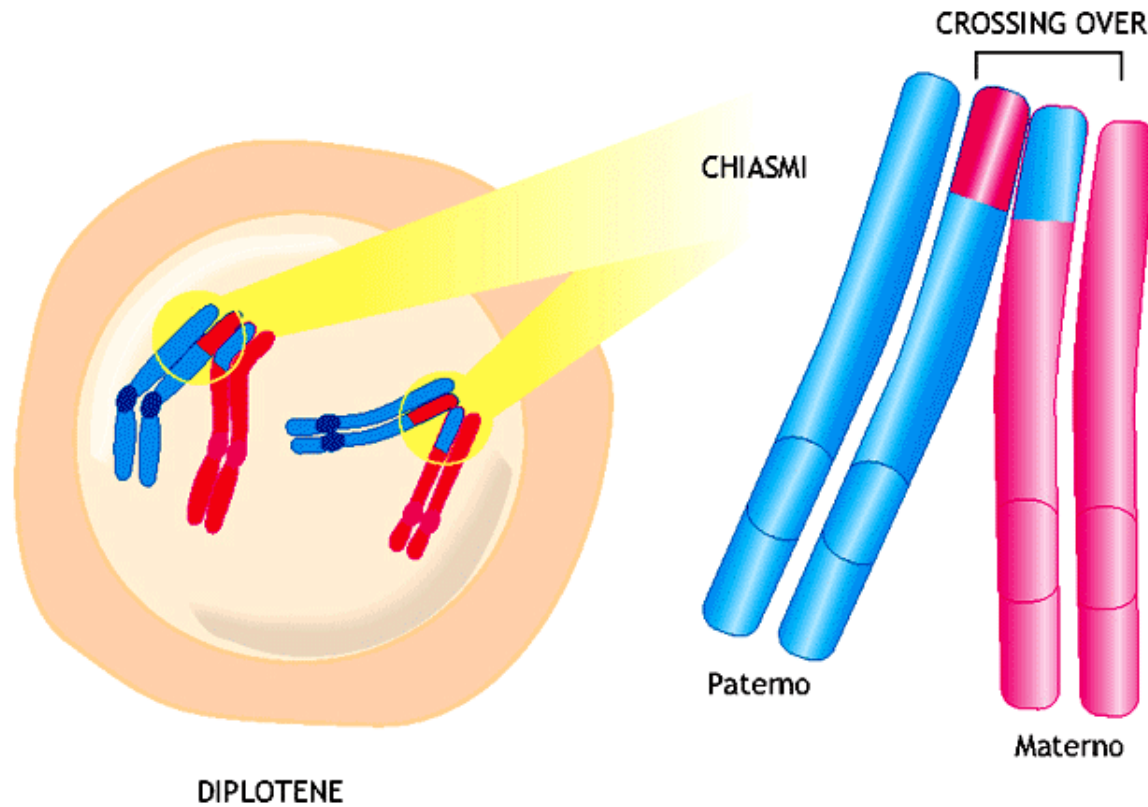


COMPLESSO SINAPTONEMICO

centromeri cromatidi fratelli

PROFASE I

■ **Figura 7.34** La cellula nel pachitene. Il primo ingrandimento permette di osservare una tetrade che sta formando un chiasma, punti dove avvengono gli scambi del materiale genetico. Il secondo ingrandimento rappresenta il complesso sinaptonemiale.

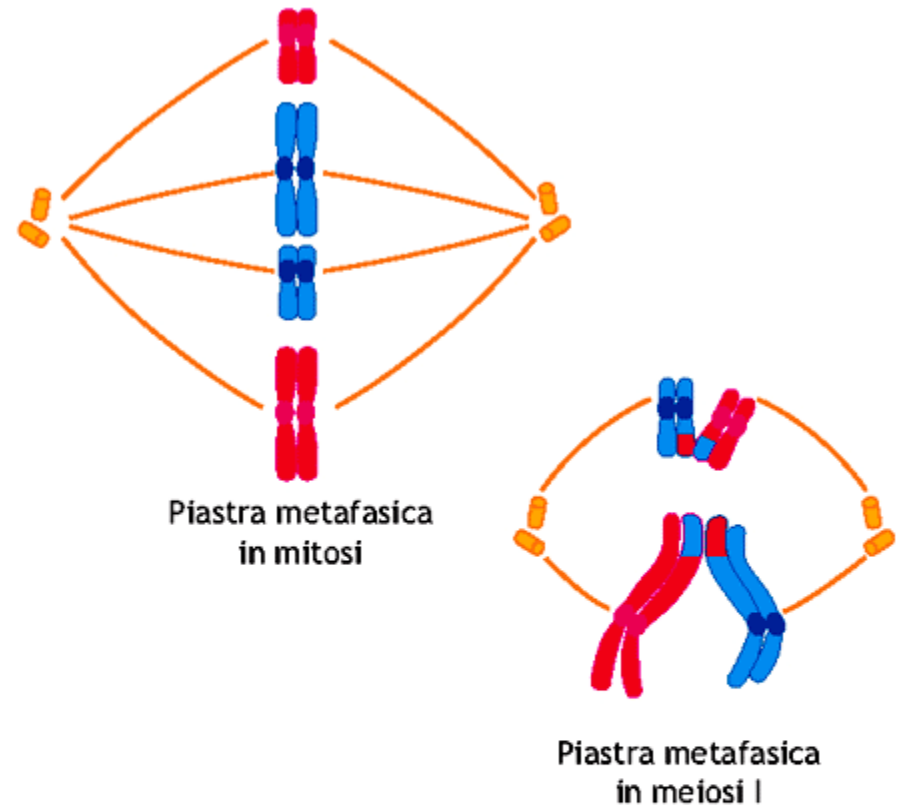
PROFASE I

DIPLOTENE

■ **Figura 7.35** La cellula in diplotene. Sono bene evidenti i chiasmi che sono i punti di contatto tra i quattro cromatidi. L'ingrandimento sottolinea il chiasma e lo scambio di materiale genetico avvenuto nel corso del crossing over.

METAFASE I

1. I 4 cromatidi sono uniti attraverso i chiasmi
2. Il cinetocore è solo su un centromero di un cromatidio fratello
3. Le coesine tra i centromeri non sono degradate

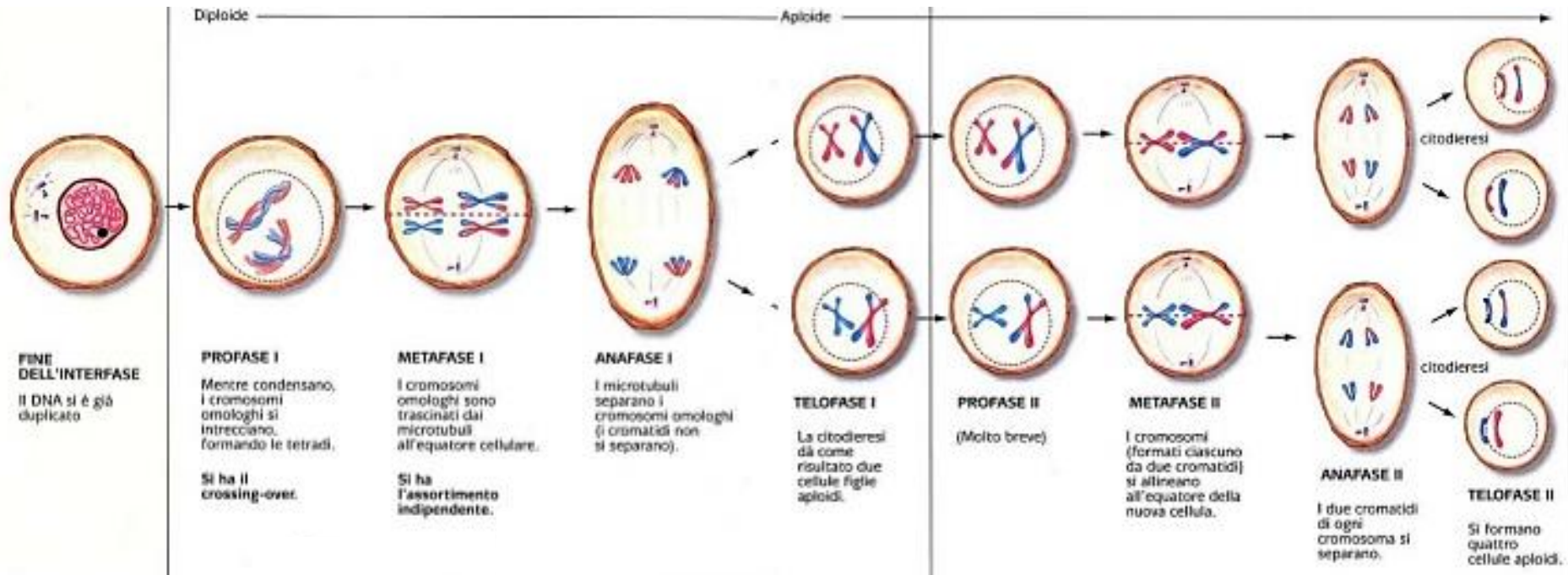


■ **Figura 7.36** Rappresentazione semplificata del posizionamento dei cromosomi in piastra metafase nella mitosi e nella meiosi I. In meiosi i chiasmi, mantenendo uniti i cromosomi omologhi, conducono al loro allineamento in piastra metafase; inoltre, solo un centromero, per ciascuna coppia di cromatidi fratelli, aggancia le fibre del cinetocore. Al contrario nella metafase mitotica non si verifica l'allineamento dei cromosomi omologhi ed entrambi i centromeri di ogni coppia di cromatidi fratelli ancorano le fibre del cinetocore.

LA MEIOSI

MEIOSI I

MEIOSI II



Riproduzione sessuata

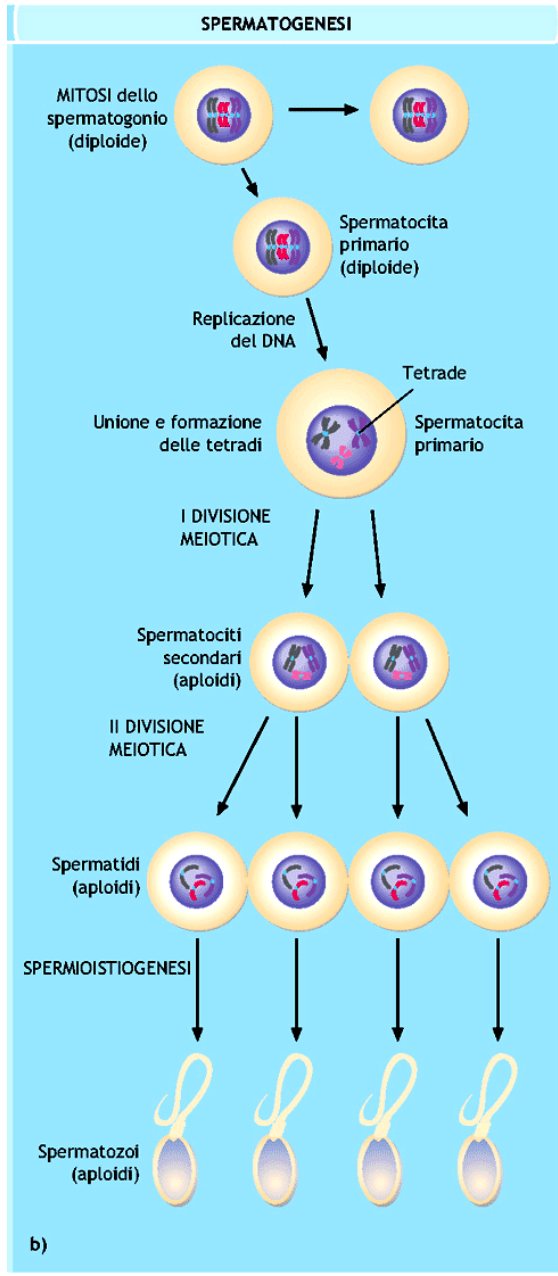
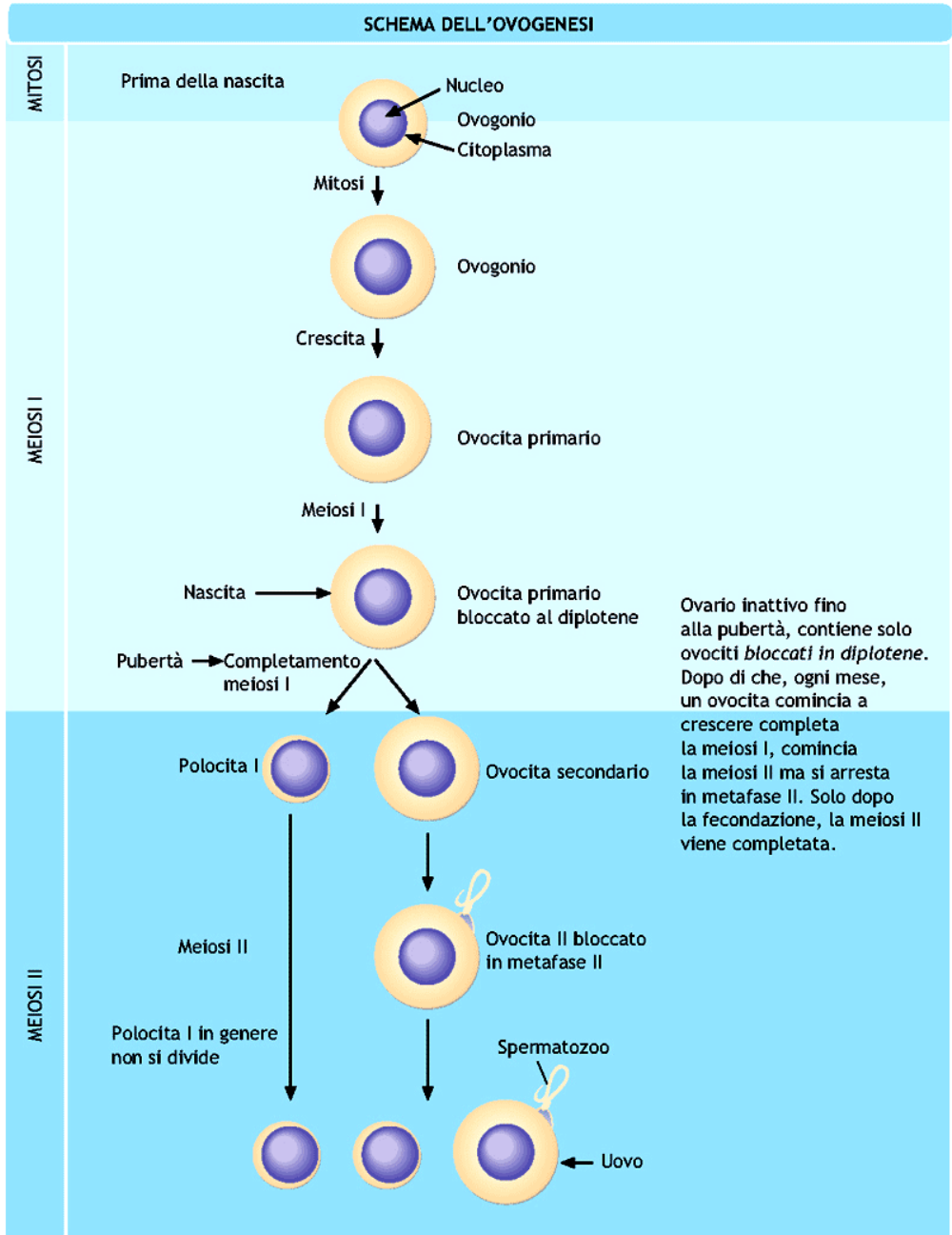


Figura 8.16 Schema della progressione dell'ovogenesi. Vedi il testo per la spiegazione.

ogeneri (b). Differenze sostanziali sono nel numero di gameti che deri- per la spiegazione).

Riproduzione sessuata

Spermatogenesi

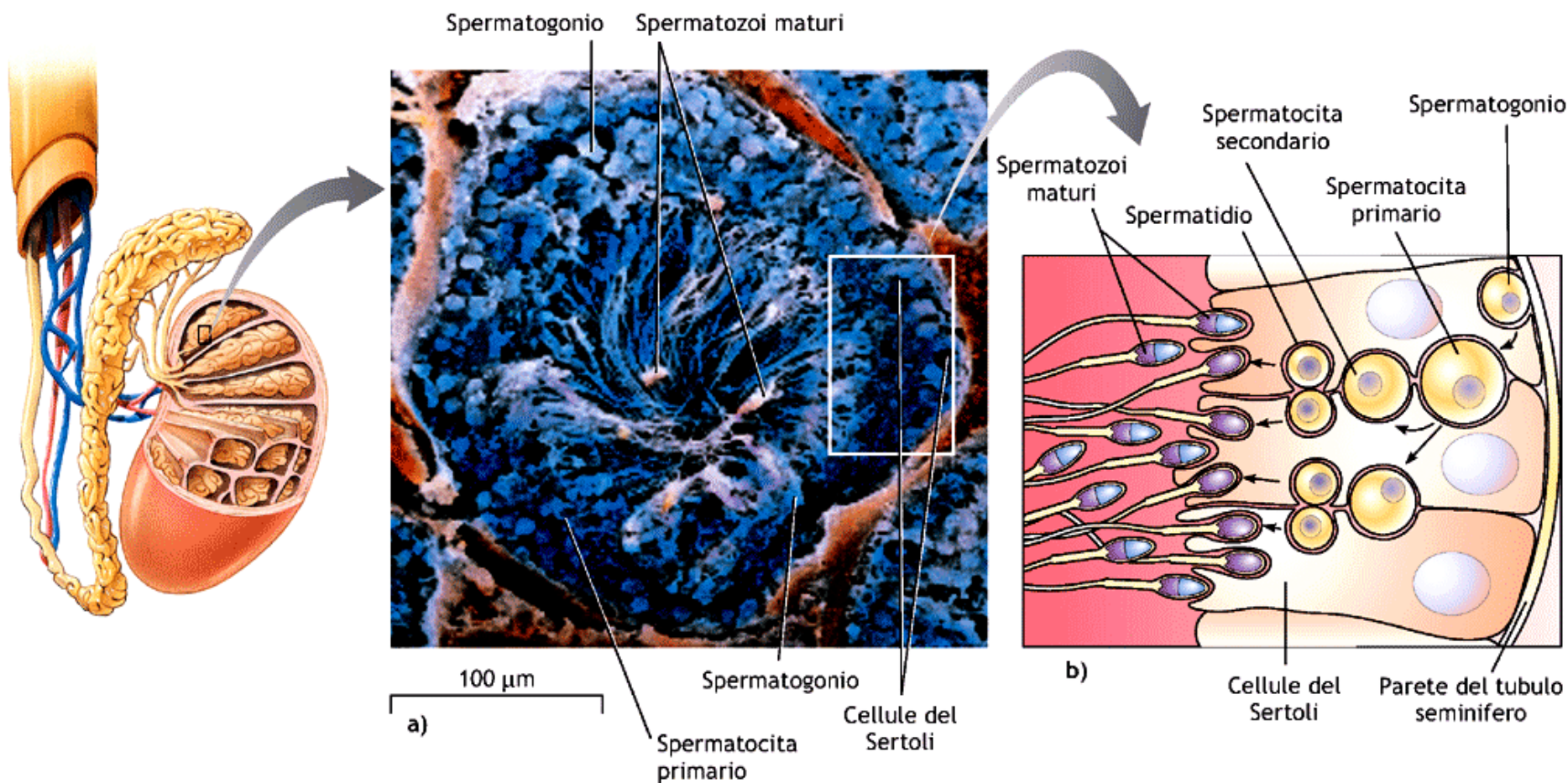
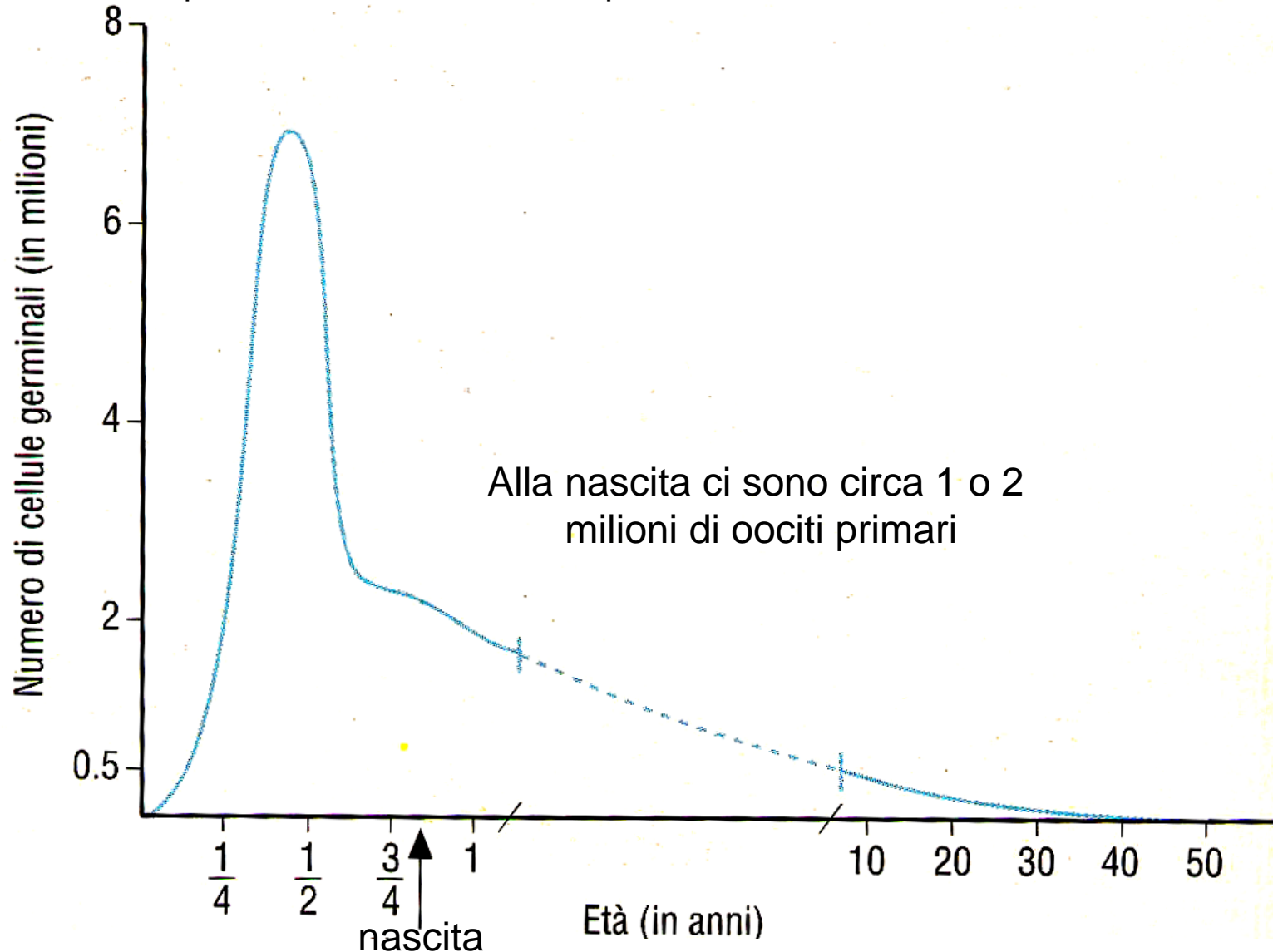


Figura 8.8 Struttura del testicolo. (a) Immagine al microscopio elettronico a scansione di una sezione trasversale di tubulo seminifero, sono indicati diversi stadi maturativi delle cellule germinali e cellule di Sertoli; (b) disegno che sottolinea lo stretto legame che esiste fra le cellule germinali e le cellule di Sertoli.

Oogenesi

Il numero delle cellule germinali durante la vita della donna. La proliferazione mitotica inizia a 25-30 giorni di sviluppo e il numero delle cellule germinali raggiunge un massimo a circa 5 mesi (6-7 milioni). Dal 5° mese in poi le divisioni mitotiche cessano e tutte le cellule entrano in meiosi I° e si bloccano allo stadio di profase fino all'arrivo della pubertà.



Riproduzione sessuata

Oogenesi

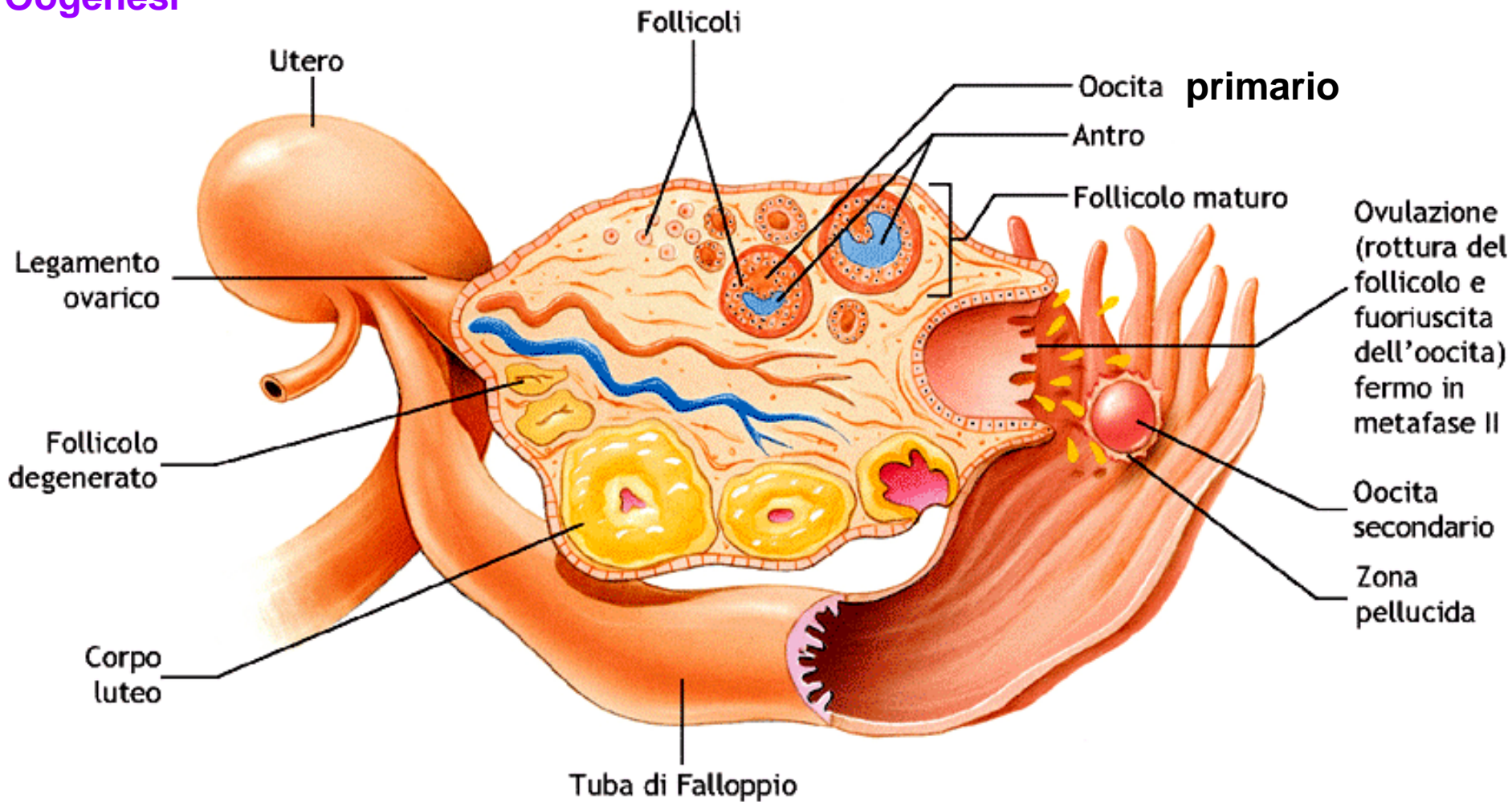
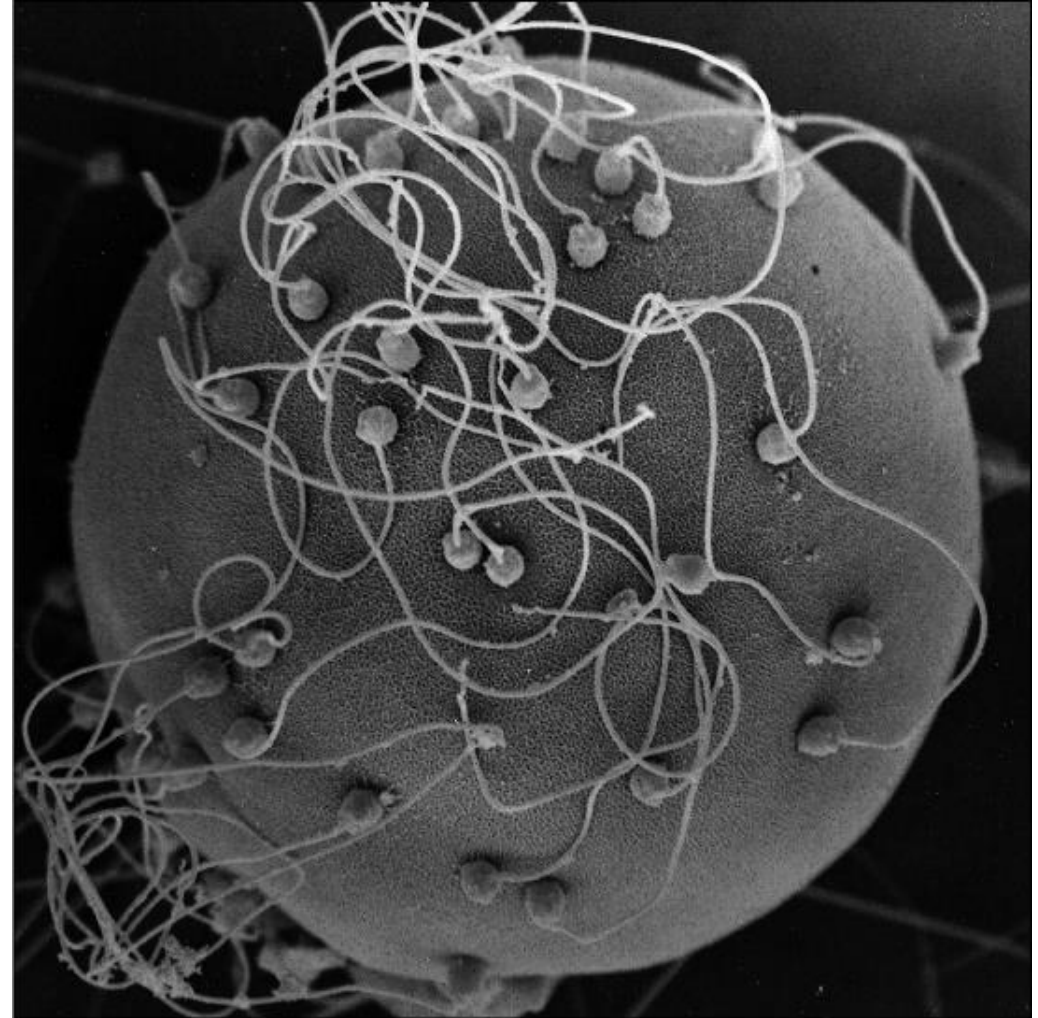
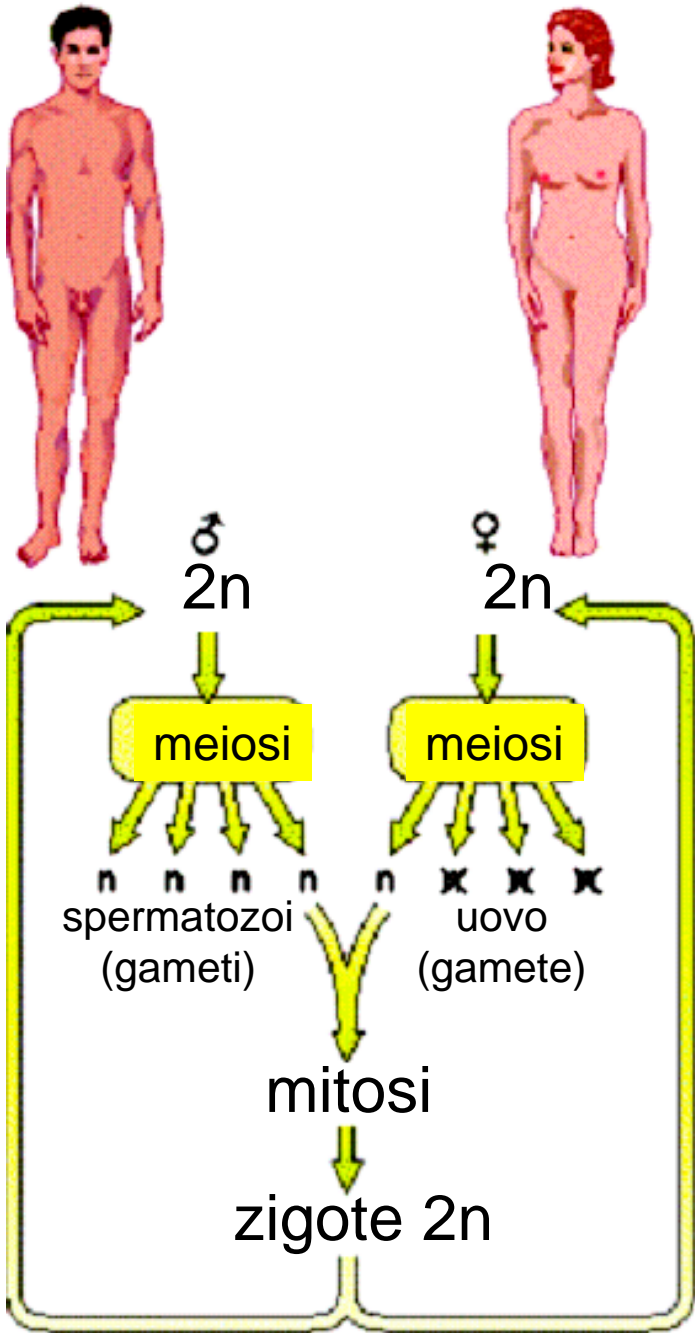
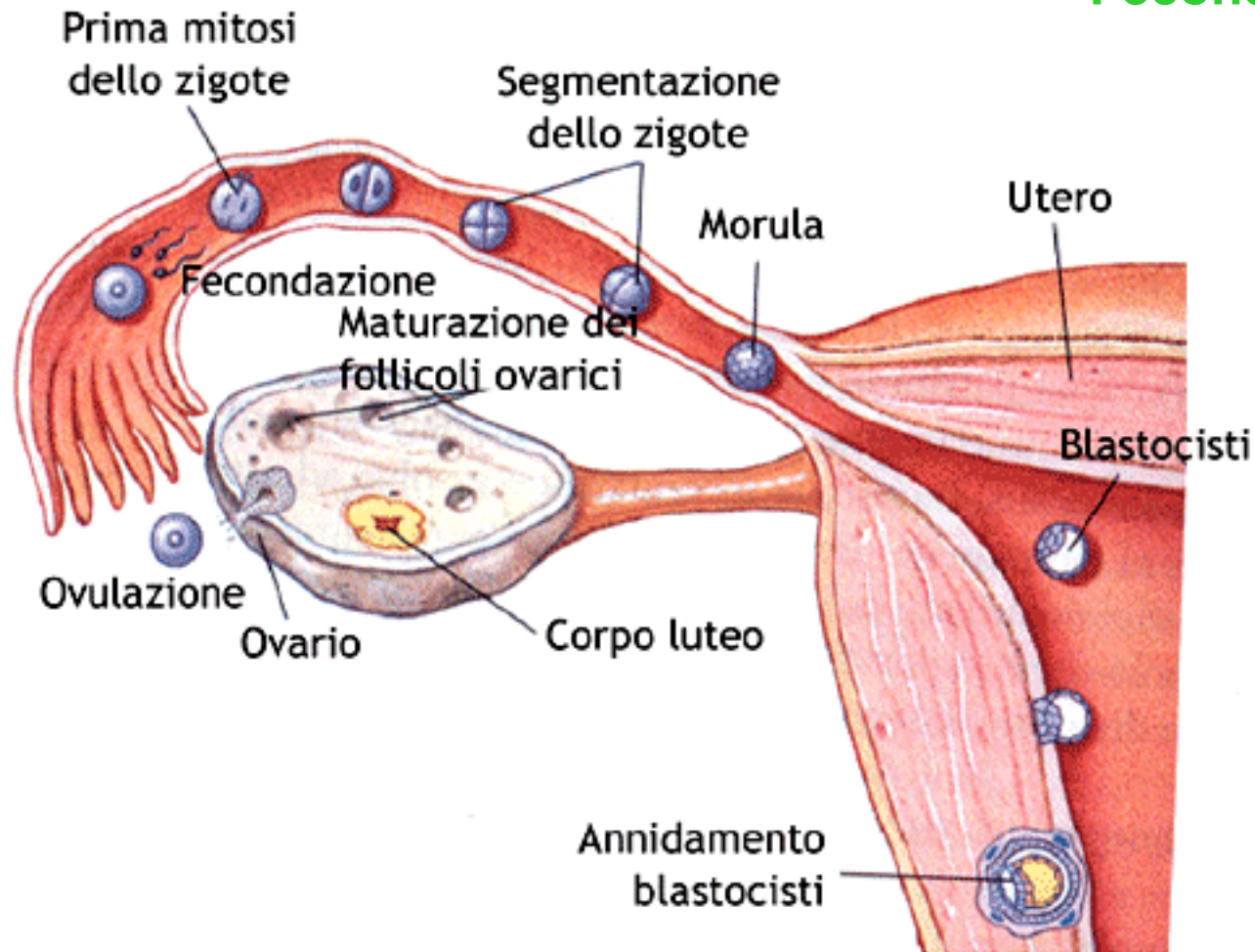


Figura 8.15 Follicoli a vari stadi di sviluppo all'interno dell'ovario. Il disegno rappresenta tutti gli stadi successivi della maturazione del follicolo ovarico fino al suo scoppio con la liberazione dell'ovocita. Tale situazione non corrisponde alla realtà perché non tutti gli stadi sono presenti contemporaneamente.

Fecondazione



50 μm



■ **Figura 8.28** Tuba di Falloppio e primi stadi di sviluppo dell'embrione fino all'annidamento. Rappresentazione schematica della tuba di Falloppio e di parte dell'utero umano. Sono mostrati i vari stadi della maturazione ovocitaria ed i primi stadi di sviluppo dell'embrione fino all'annidamento della blastocisti nello spessore della mucosa uterina.