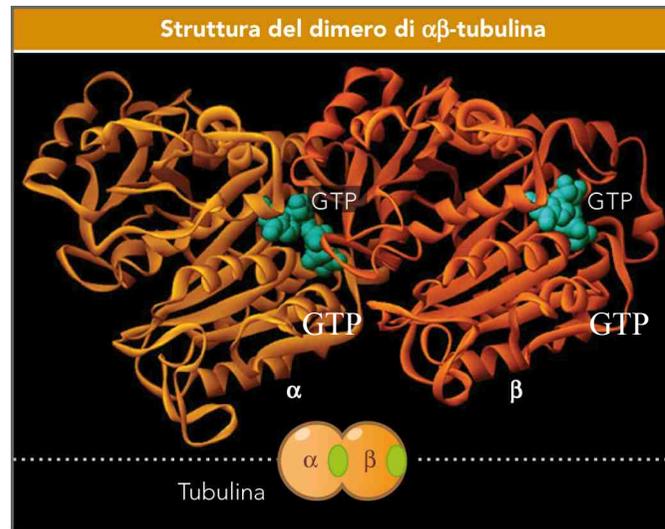


Citoscheletro

Microtubuli

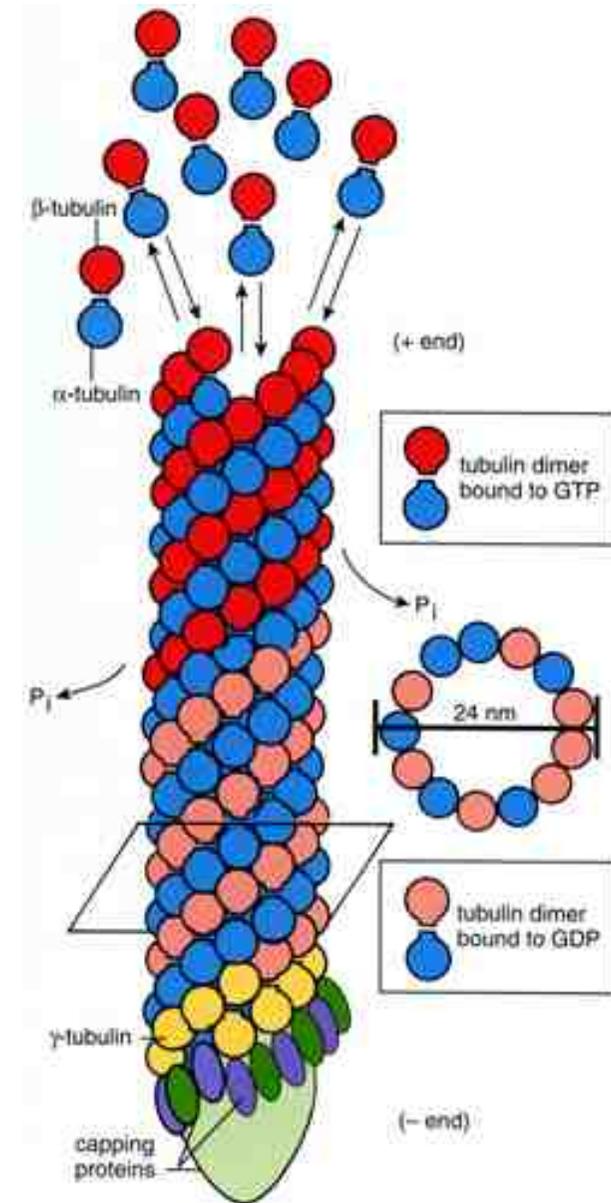
MICROTUBULI

- Presenti in tutte le cellule
- Strutture cilindriche cave con diametro di 25nm
- Parete del microtubulo è formata da una serie di subunità sferoidali: TUBULINA.

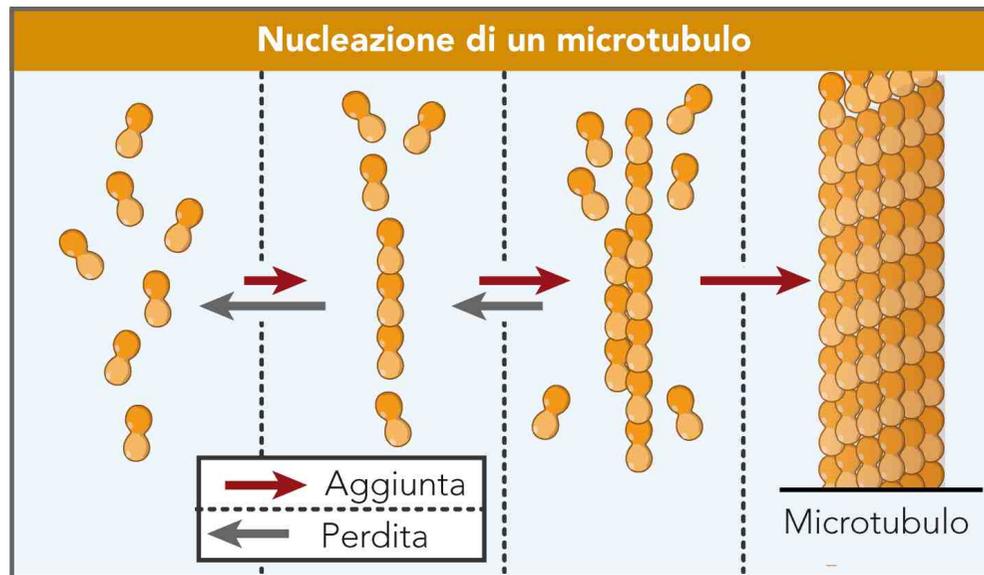
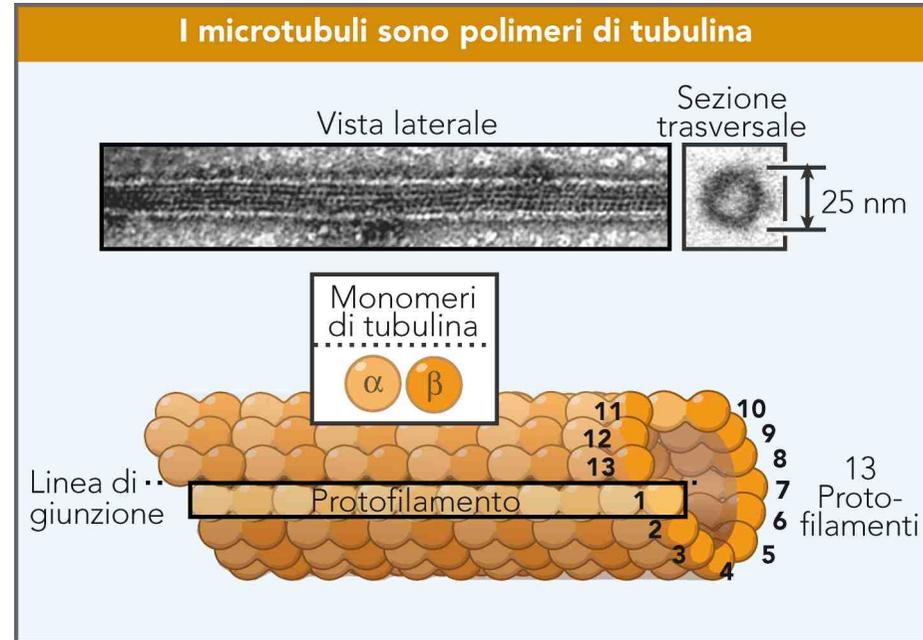


TUBULINA

- Proteina globulare
- Ne esistono due tipi principali: α -tubulina e β -tubulina
- Queste formano un eterodimero di tubulina α/β
- I dimeri polimerizzano in un modo dipendente dal GTP
- Il terzo tipo di tubulina (γ -tubulina) è importante per l'inizializzazione della polimerizzazione dei microtubuli

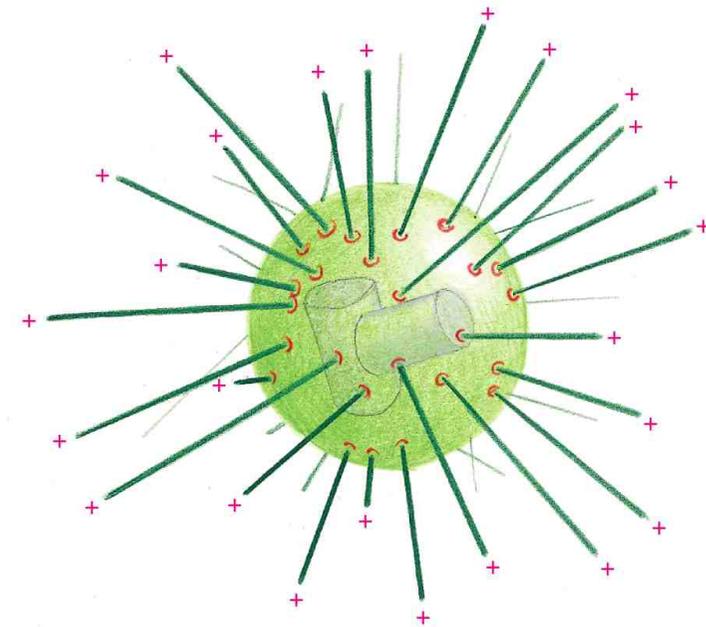
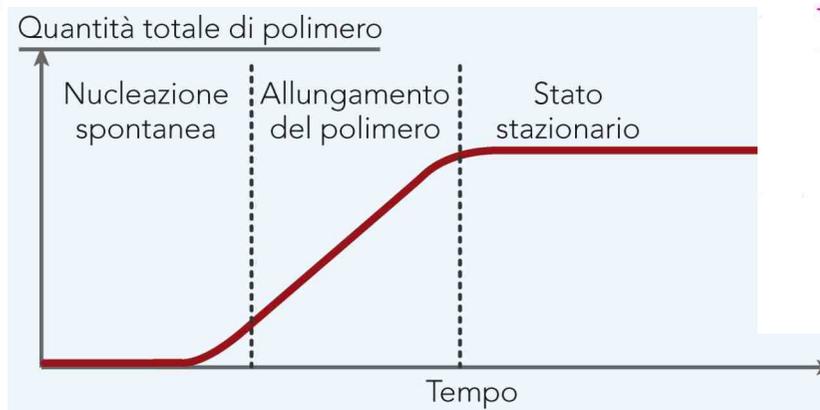
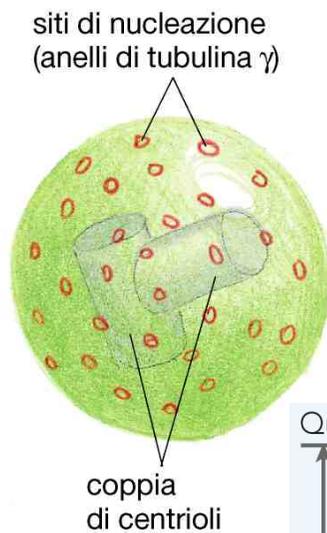


- La polimerizzazione inizia dalla nucleazione di protomeri e prosegue con la formazione di catene dette protofilamenti.
- I protofilamenti si assemblano in gruppi di 13 a formare un cilindro cavo all'interno: il microtubulo

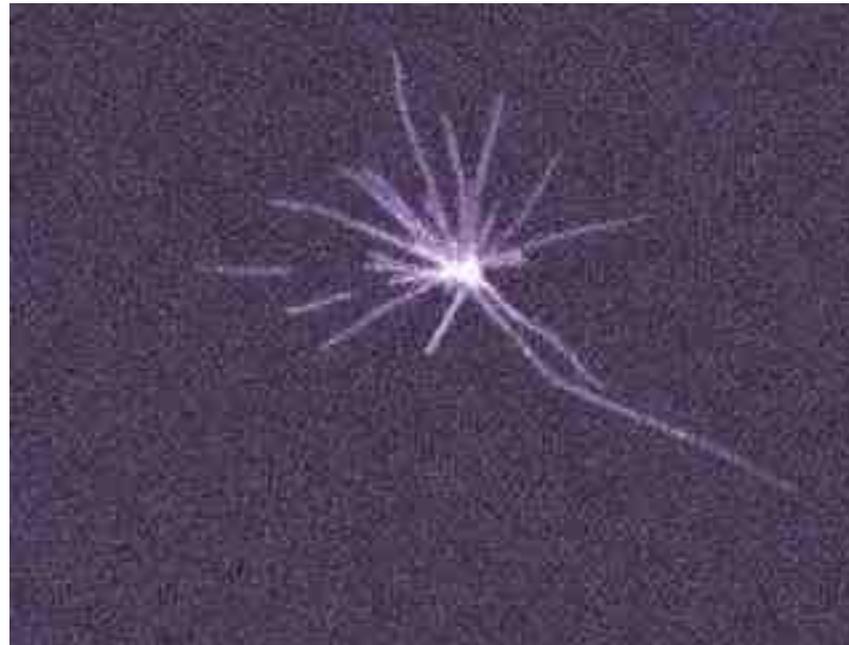
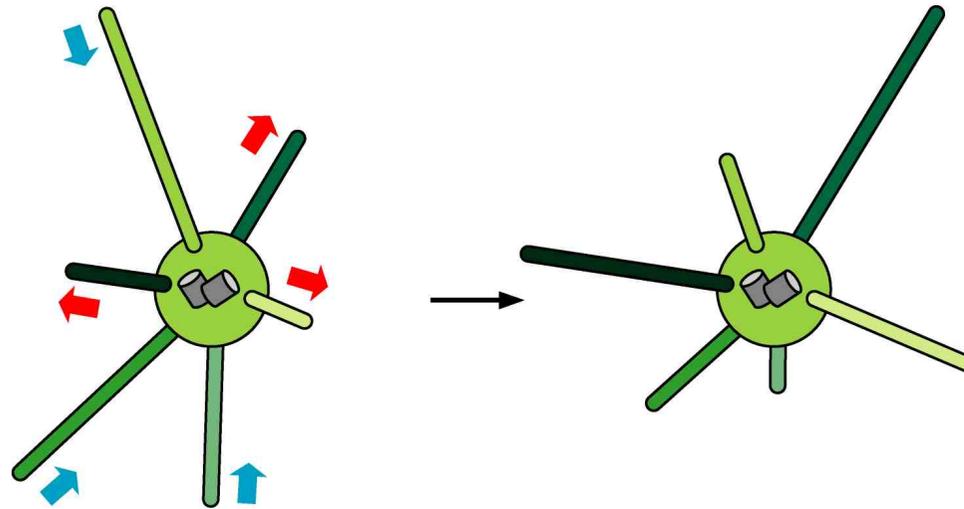


I microtubuli si autoassemblano a partire da un nucleo di polimerizzazione presente in un'area della cellula: CENTROSOMA o Centro Organizzatore dei Microtubuli (MTOC). Il MTOC si identifica come un'area vicino al nucleo contenente i centrioli e i corpi pericentriolari (strutture dense vicino ai centrioli)

La γ -tubulina, costituisce solo l'1% della tubulina totale e che è localizzata esclusivamente nei corpi pericentriolari.



I microtubuli sono strutture
che possono essere
altamente dinamiche



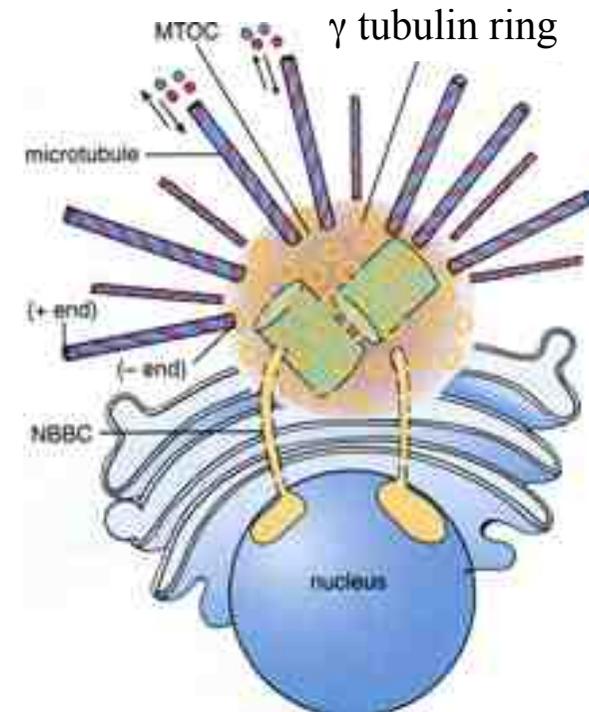
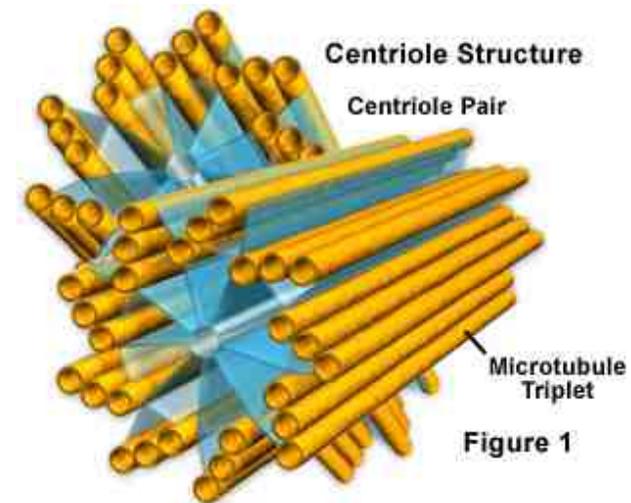
16_bct_2011

5

centrosoma

I corpi pericentriolari controllano la crescita dei microtubuli e ne orientano la direzione, mantenendo bloccata l'estremità (-)

- I microtubuli si sviluppano dal centrosoma e si accrescono verso la periferia
- Sono i corpi pericentriolari, ma non i centrioli la regione del MTOC
- I corpi pericentriolari contengono un tipo particolare di tubulina (γ -tubulina), che costituisce solo l'1% della tubulina totale e che è localizzata esclusivamente nei corpi pericentriolari



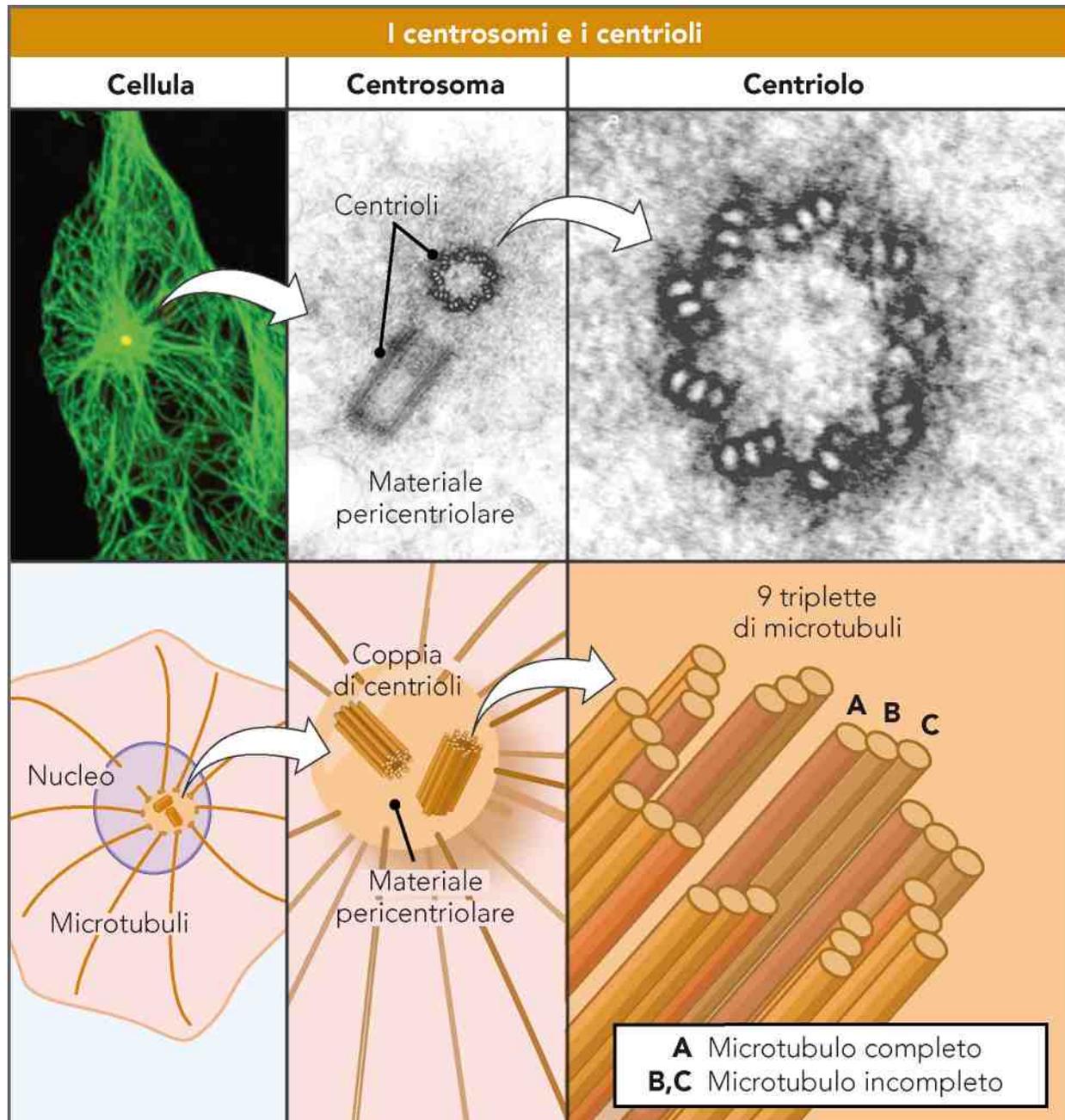
Centrioli

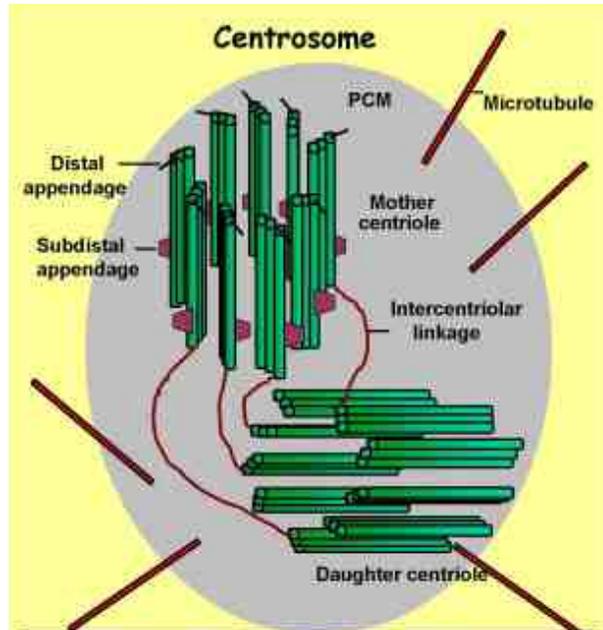
I centrioli sono presenti in cellule animali e in alcune piante inferiori

In cellule animali, i centrioli sono localizzati nel e in parte formano il centrosoma. Sono strutture doppie posizionate ad angolo dritto una rispetto all'altro. Il centrosoma ha una localizzazione citoplasmatica perinucleare.

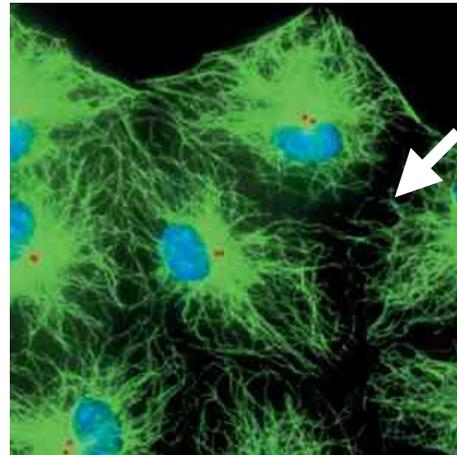
I centrioli si duplicano durante le fasi "S" e "G2" dell'interfase e i centrosoma si separano all'inizio della mitosi durante la profase a formare i due poli del fuso mitotico.

Singoli centrioli sono anche localizzati alla base dei ciglia e dei flagelli. In questo contesto sono chiamati "corpi basali" e permettono la nucleazione e il funzionamento dei microtubuli che sostengono queste specializzazioni funzionali della membrana plasmatica.

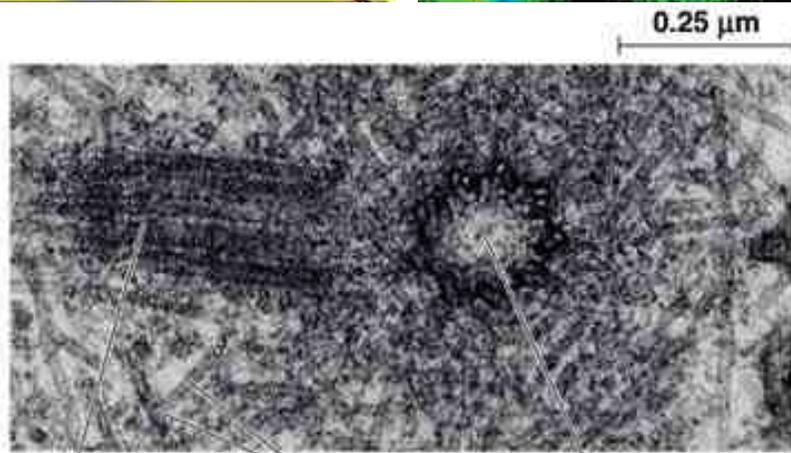
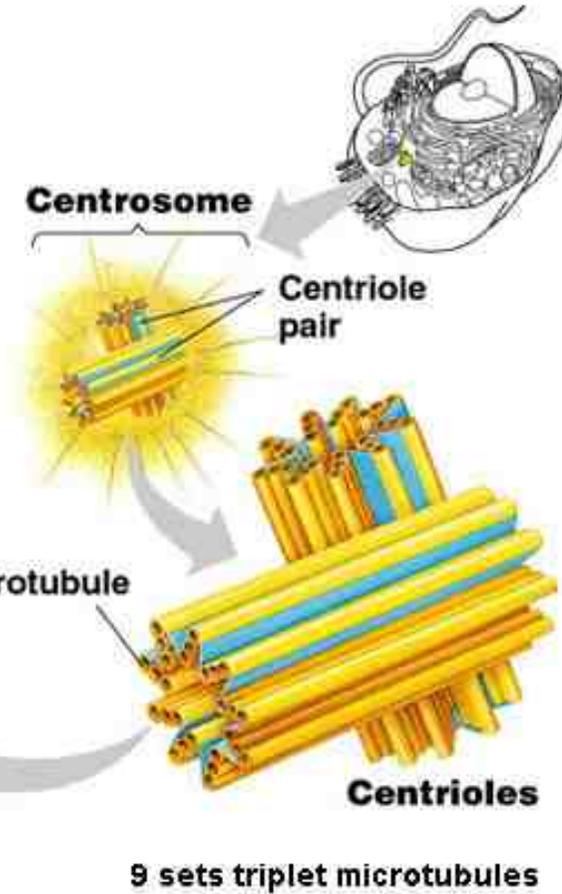




*red: centrioles;
green: microtubules, blue:
nucleus*

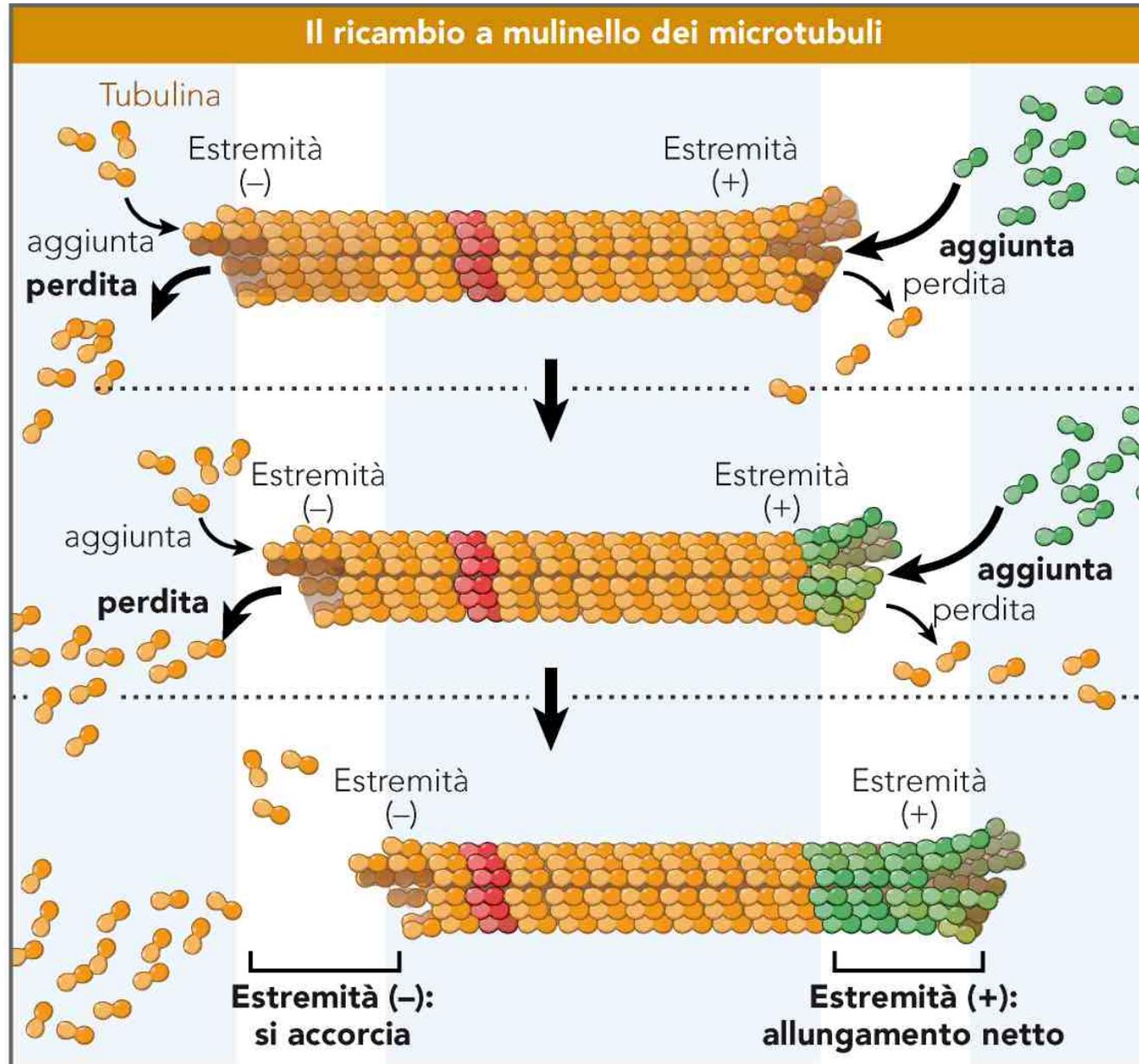


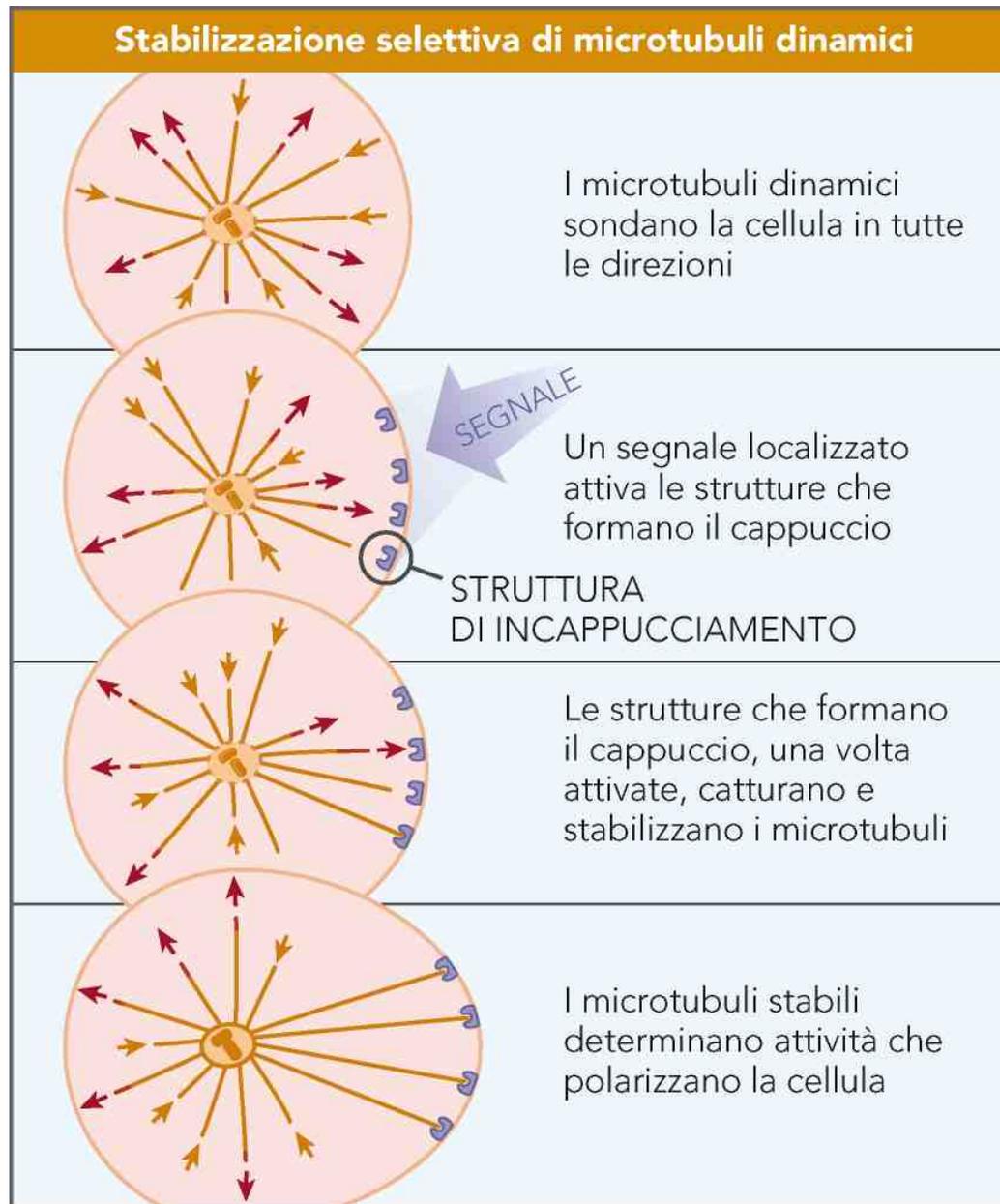
Centrosoma interfascico

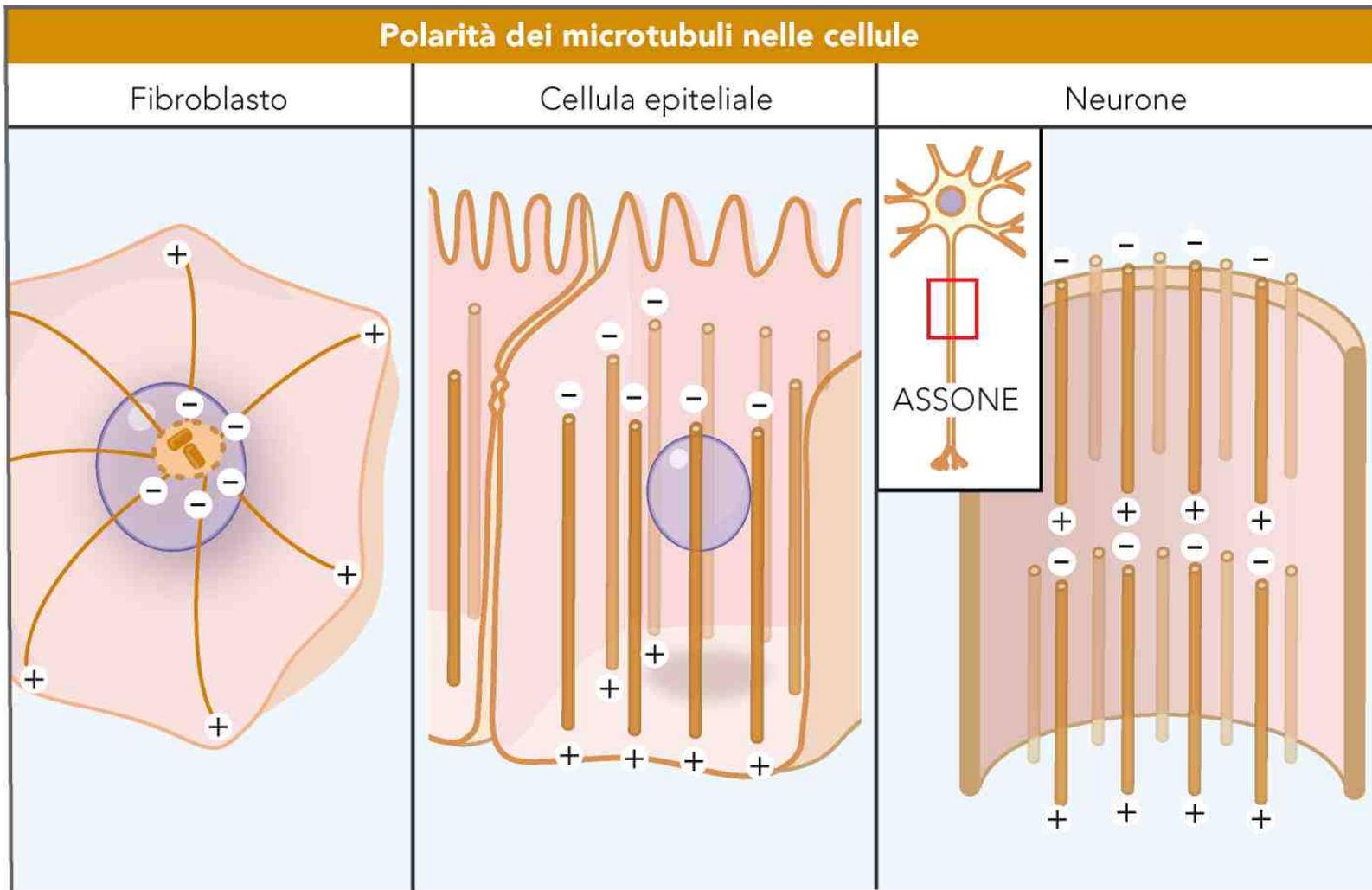


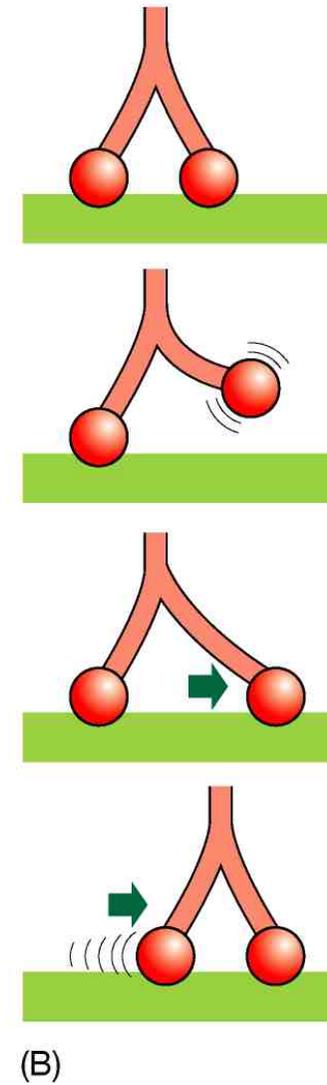
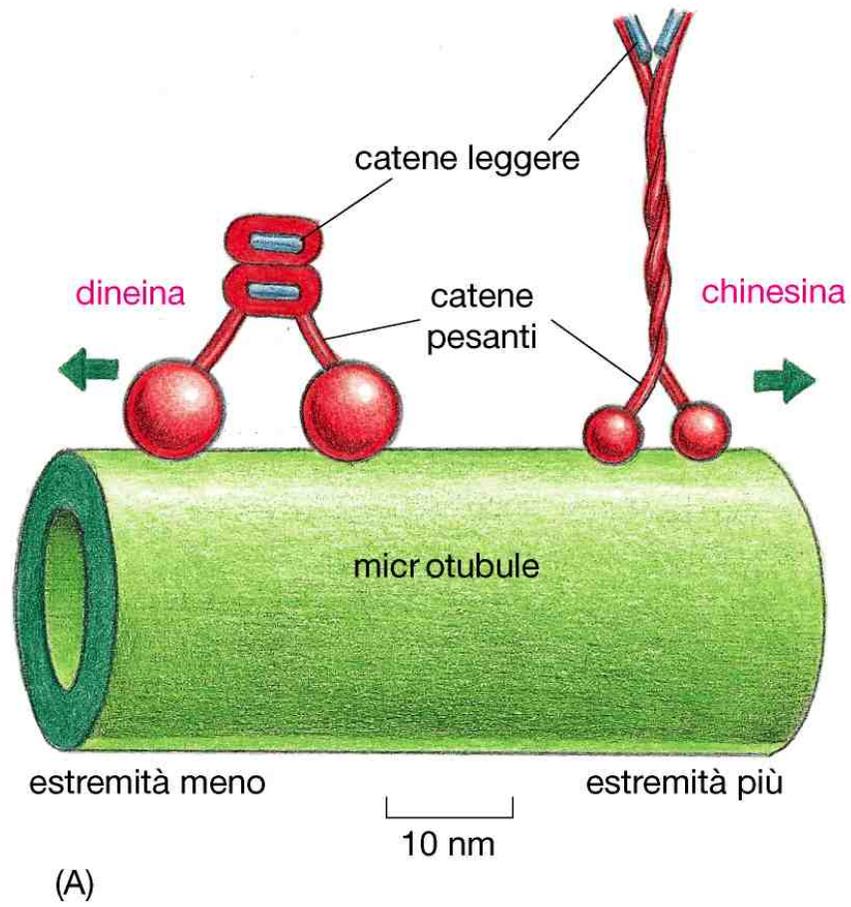
Longitudinal section of centriole Microtubules Cross section of centriole

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

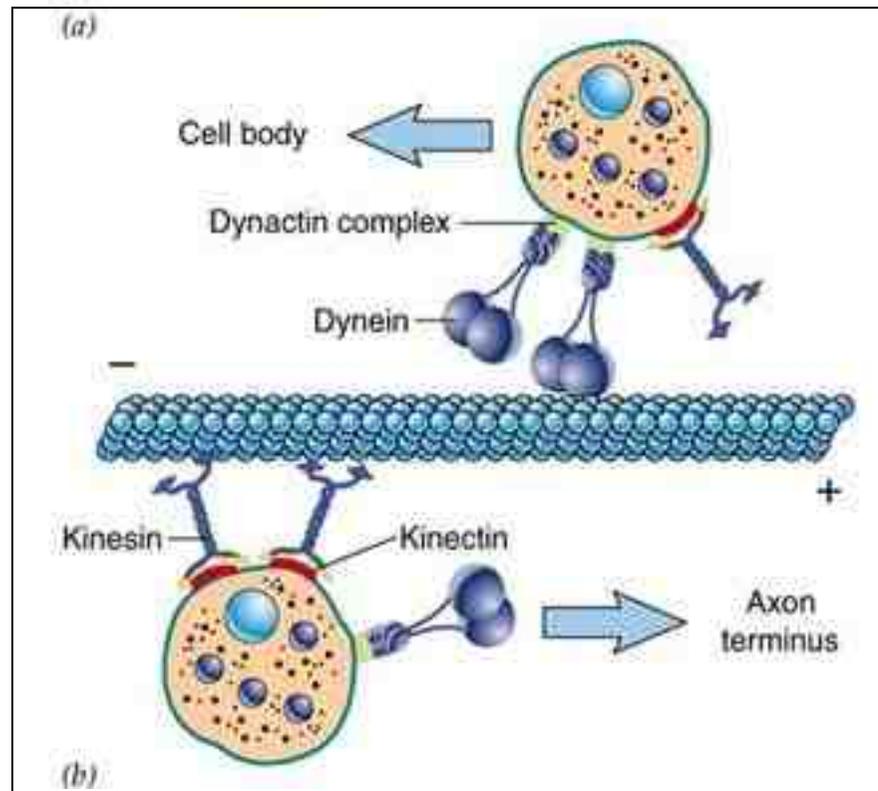




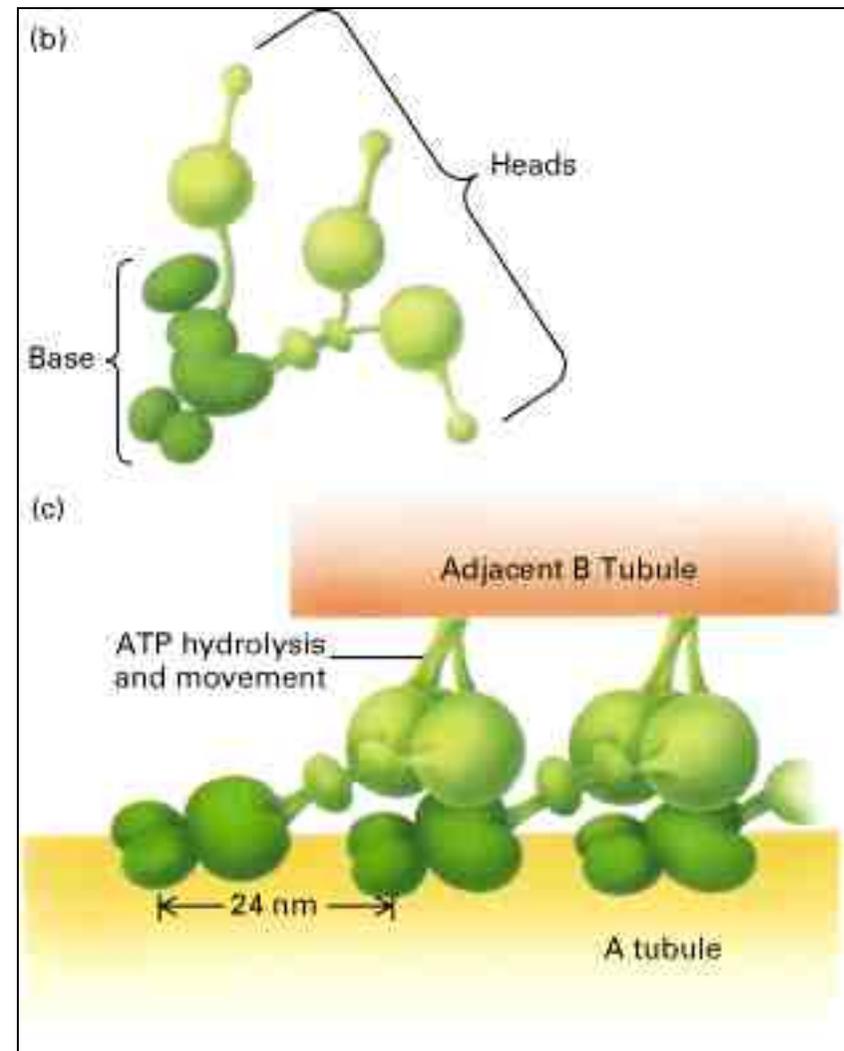




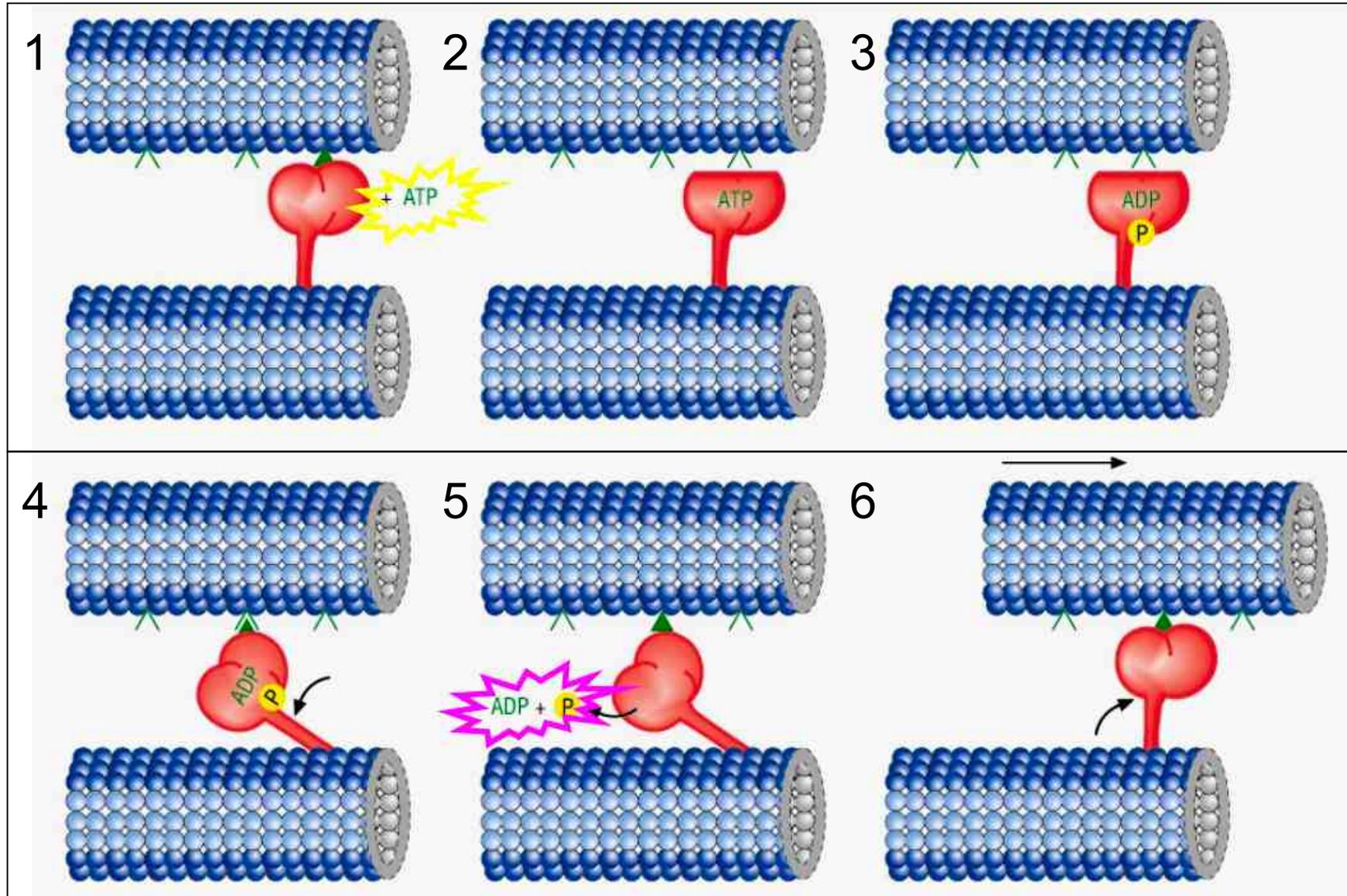
Motor proteins



Vesicle transportation

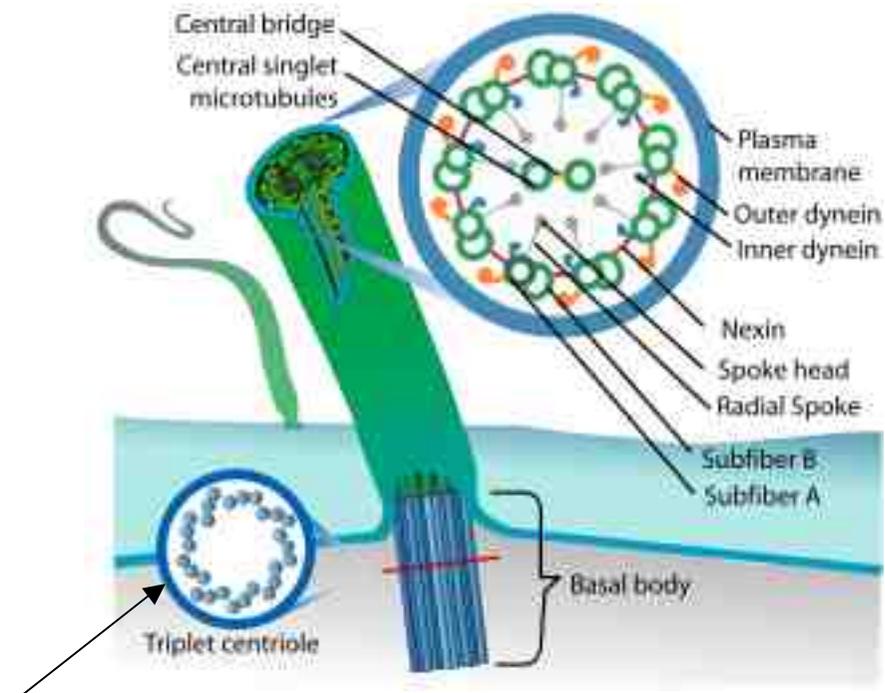


Axoneme bending



Cilia e Flagelli

- Presenti sulla superficie cellulare per il movimento della cellula o dei liquidi sulla superficie della cellula
 - FLAGELLI: pochi e lunghi
 - CILIA: molte e brevi
 - Sono entrambe strutture microtubulari cilindriche rivestite da membrana plasmatica
- Cilia: 5-10 micrometri



Nota: questo schema potrebbe risultare ingannevole, attenzione ad interpretarlo correttamente. Il corpo basale è situato al di sotto della membrana plasmatica.

Struttura delle cilia e dei flagelli

- 9 coppie di microtubuli periferici + 2 microtubuli centrali: struttura 9 + 2 (assonema)

dineina

nexina

Subfibrilla A: 13 protofilamenti →

Subfibrilla B: 10 protofilamenti ↗

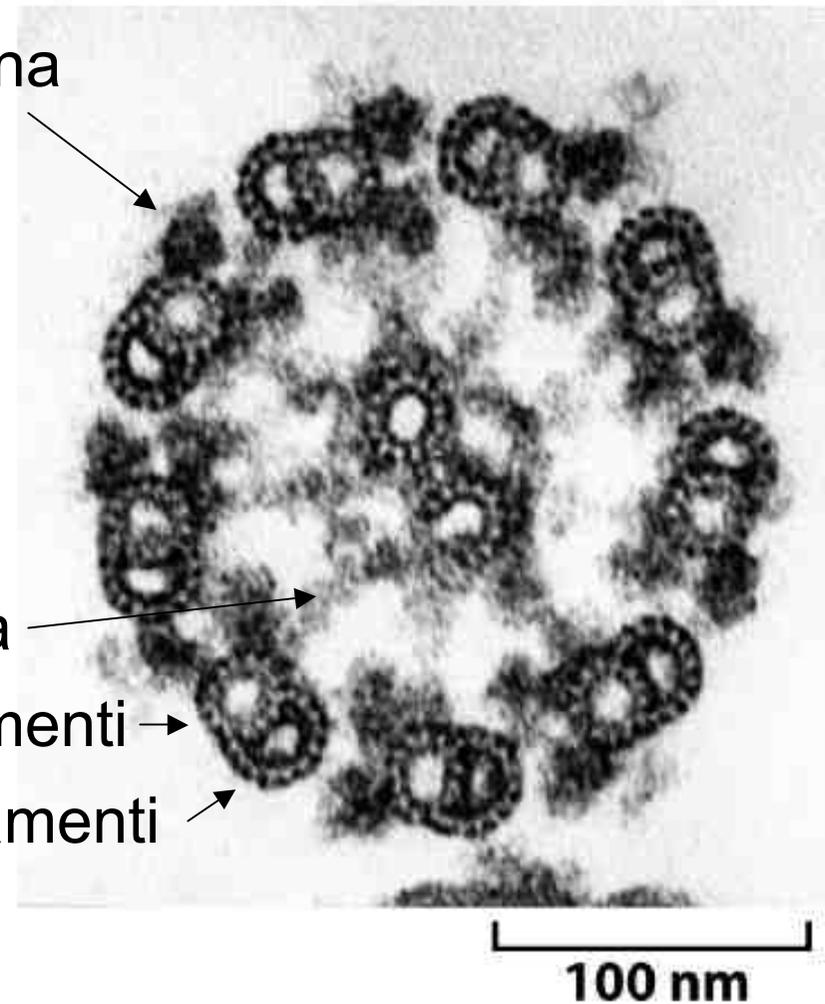
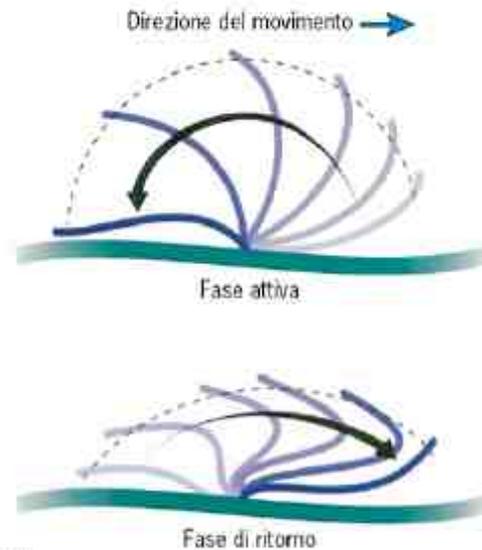
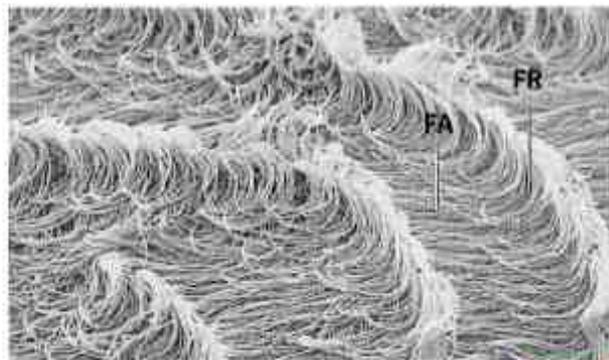


Figure 16-81a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Esempio Bronchial cells



(a)



(b)



(c)

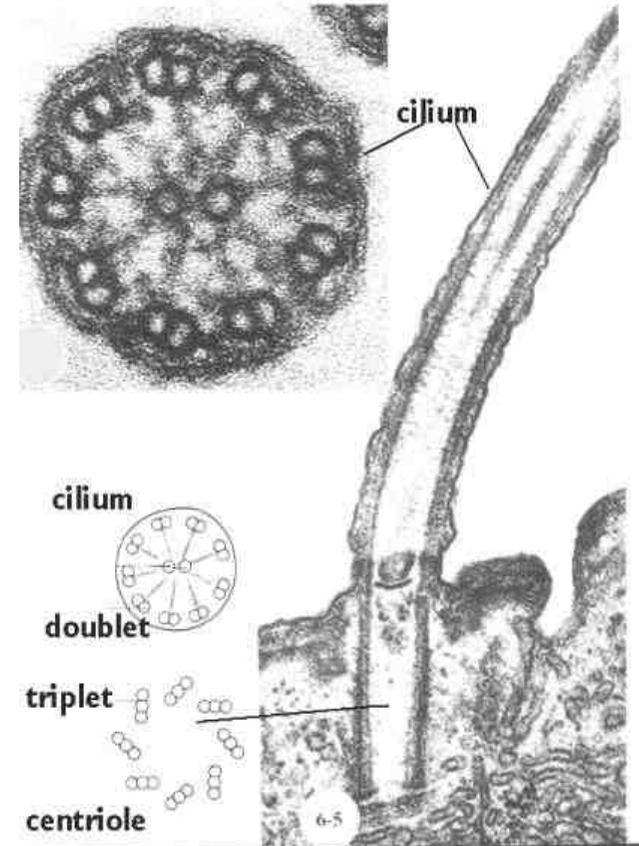
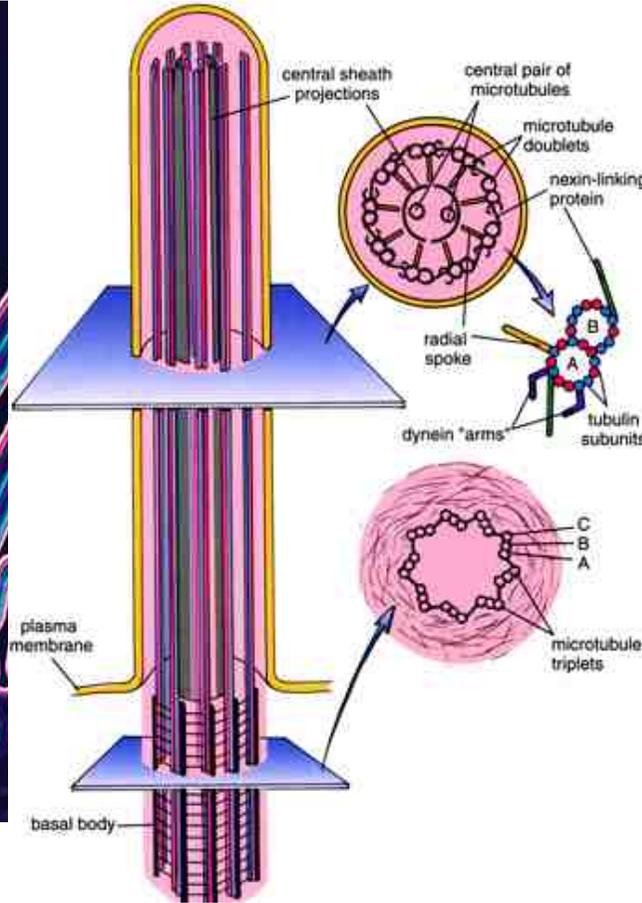
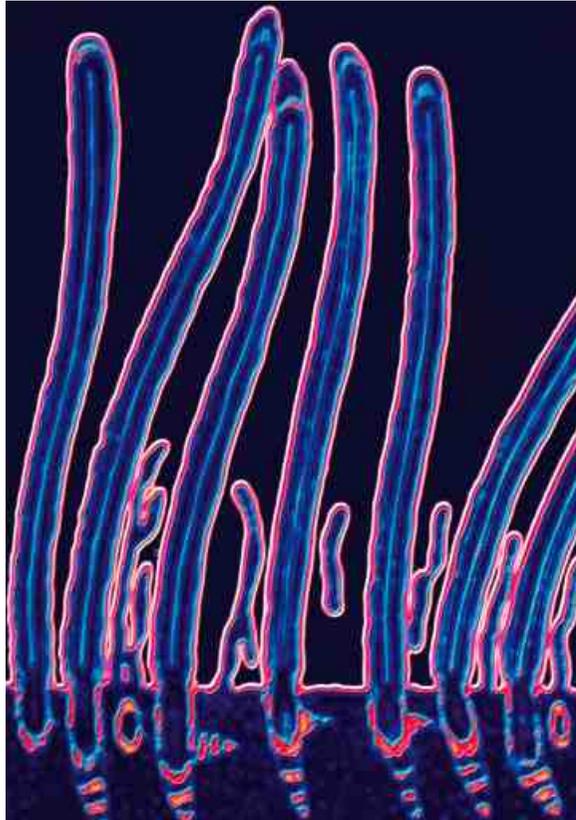
Figura 9.29 Battito del ciglio. (a) I vari stadi del battito del ciglio. (b) Ciglia sulla superficie di un protozoo ciliato battono in onde metacroniche in cui le ciglia di una determinata fila sono allo stesso stadio del ciclo del battito, mentre quelle di fila adiacenti si trovano in uno stadio differente. FR, ciglia nella fase di

ritorno; FA, ciglia nella fase attiva. (c) Ciglia sulla superficie delle fimbrie di un ovidotto di topo. (b: PER GENT. CONC. DI G. A. HORRIDGE E S. L. TAMM, SCIENCE 163:818, 1969, © COPYRIGHT 1969 AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, c: PER GENT. CONC. DI ELLEN R. DIRKSEN.).

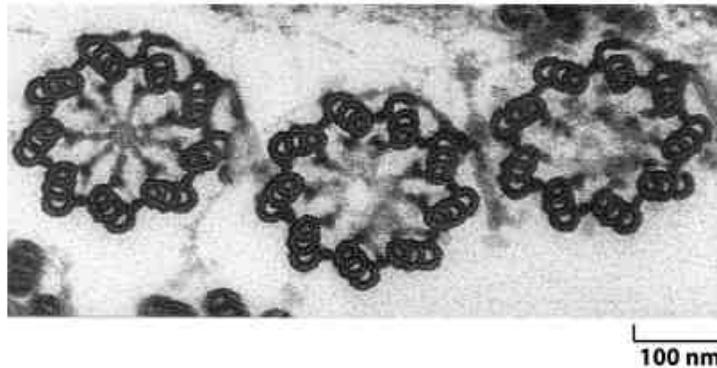
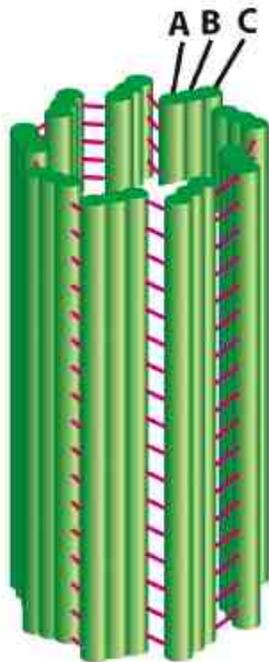
Il movimento ondulatorio delle cilia

- Scorrimento delle doppiette adiacenti, mediato da braccia di dineina
- Non è libero ma è condizionato da ponti di nexina e raggi di connessione
- Le forze che si sviluppano durante lo scorrimento fanno inclinare il ciglio e ne spiegano il movimento

cilia



I corpi basali ancorano cilia e flagelli



page 16-184 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Centrioles and Basal Bodies

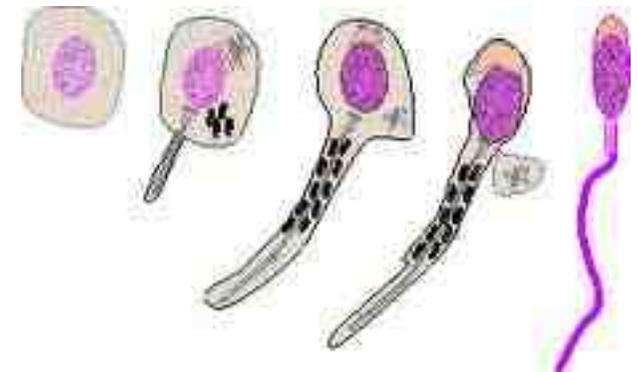


Cilia and flagella are organized from centrioles that move to the cell periphery. These are called "basal bodies" and are shown in this electron micrograph (bb). Note the numerous cilia projecting from the cell membrane (cm). Basal bodies control the direction of movement of the cilia. This can be shown experimentally.

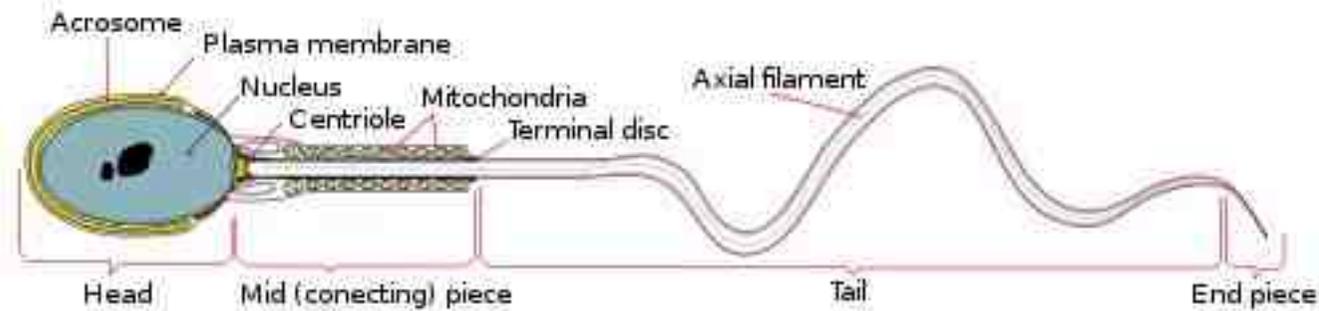
flagello

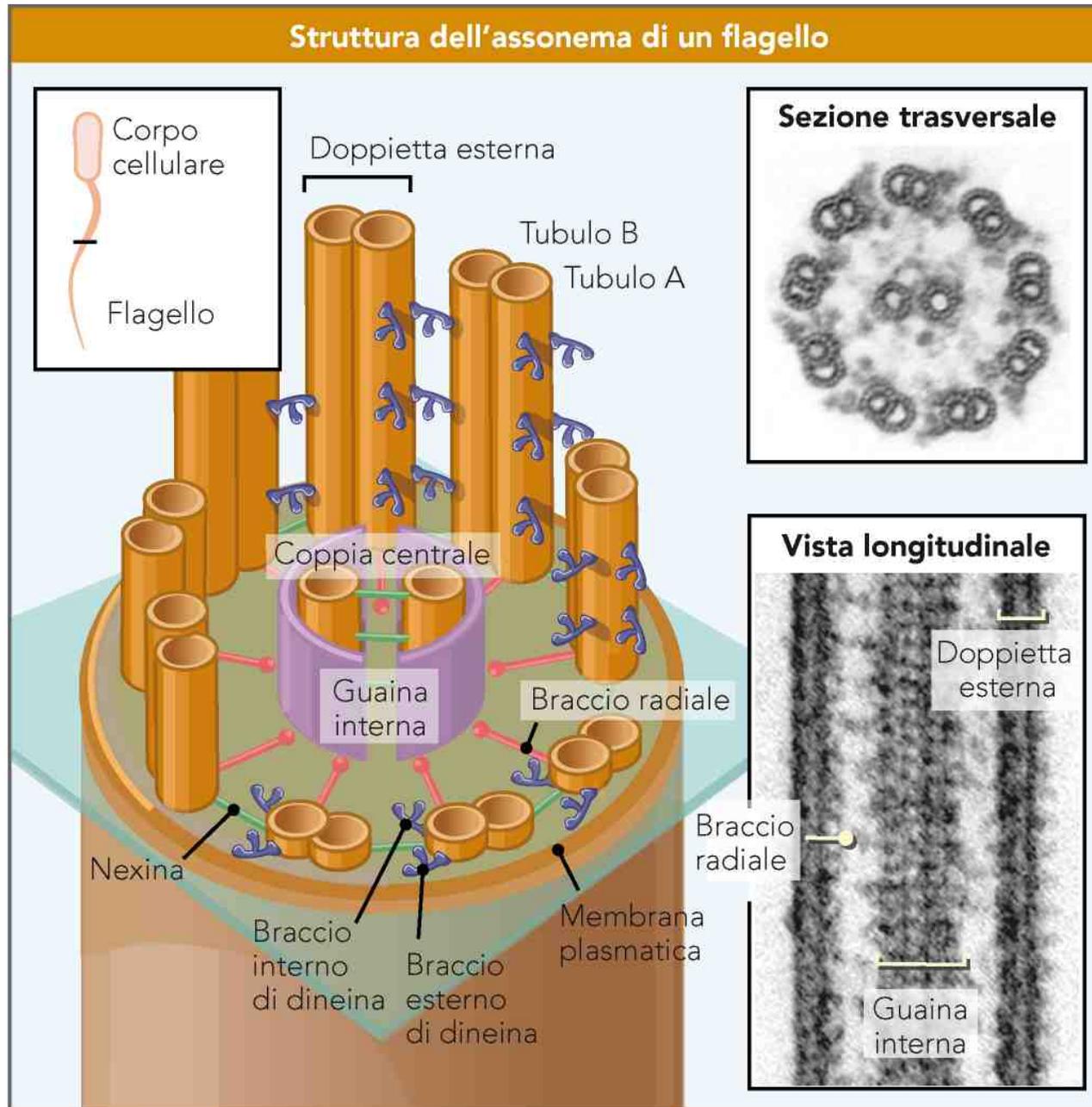
Differenziamento:

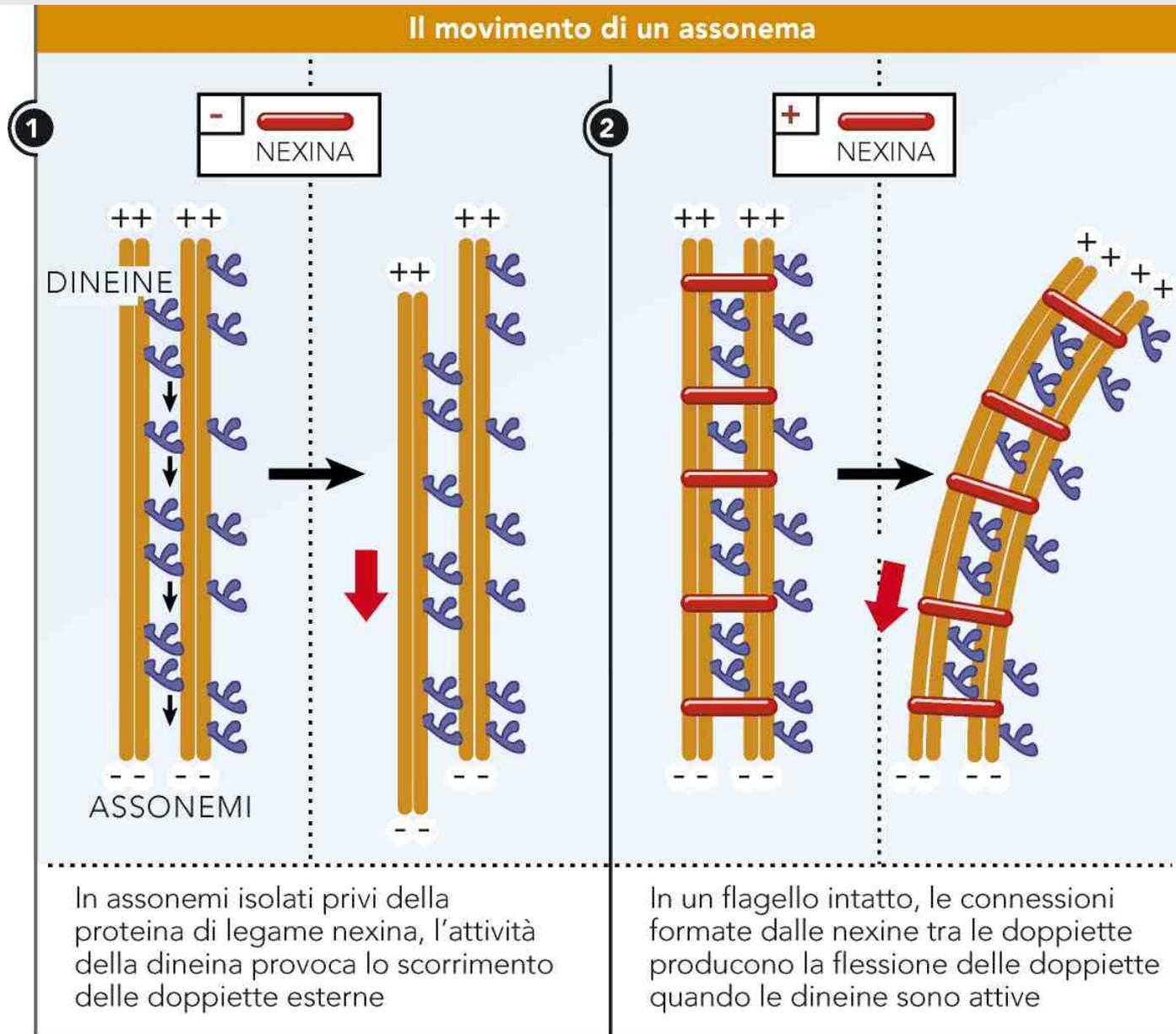
spermatogoni



spermatidi





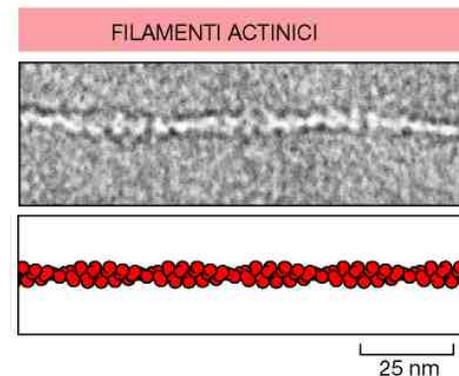
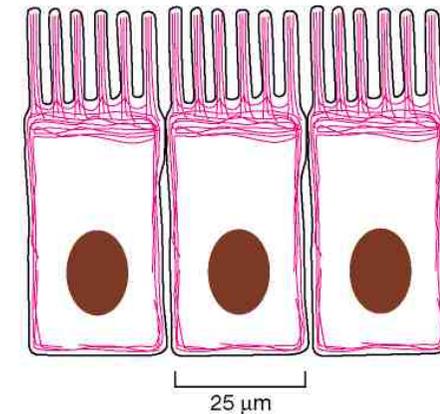


Microfilamenti di actina

I MICROFILAMENTI

- Costituiti da actina (5% delle proteine totali della cellula)
- Il monomero è la G-ACTINA: proteina globulare
- In presenza di **ATP e Mg⁺⁺** polimerizza in filamenti (F-ACTINA) contenenti singole molecole di G-actina avvolte a doppia elica e orientate nella stessa direzione (N.B. anche i microfilamenti sono polarizzati)
- **6 isoforme diverse** di actina con distribuzione specifica in cellule differenti

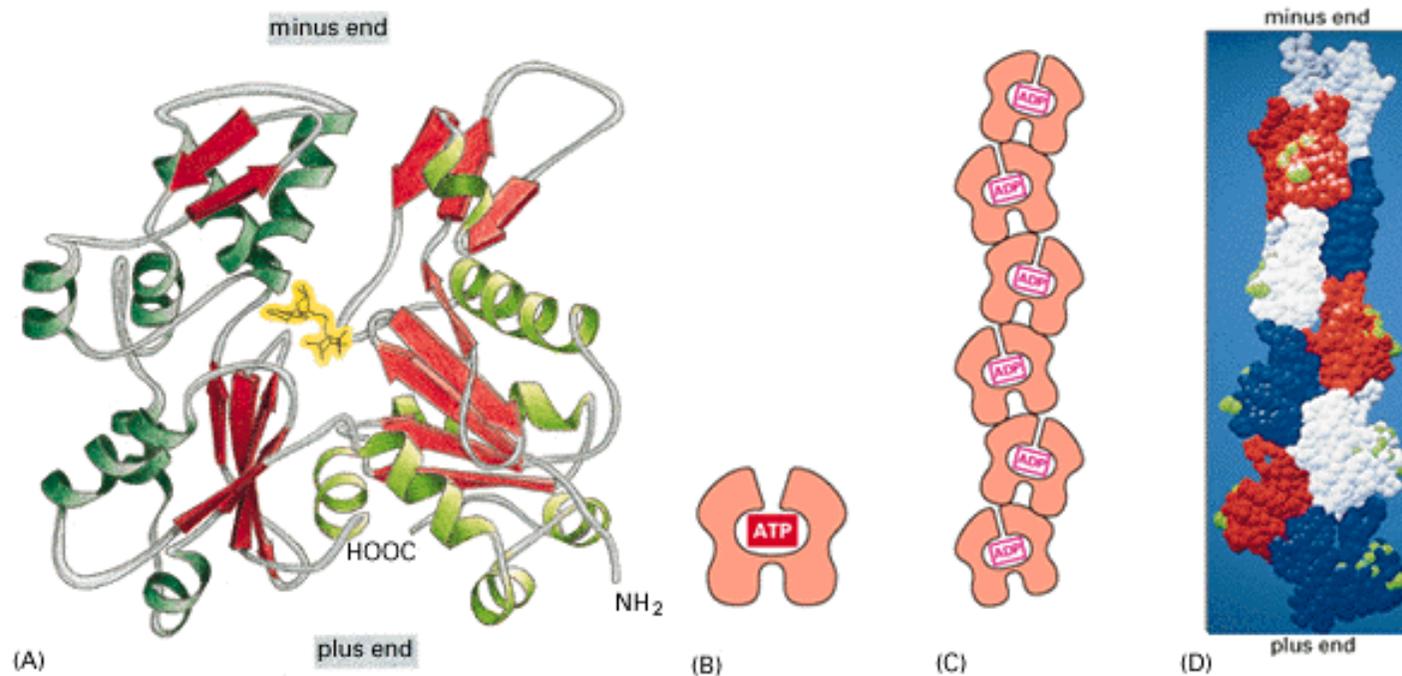
L'actina è presente in tutte le cellule eucariotiche, dove rappresenta il 5% delle proteine cellulari.



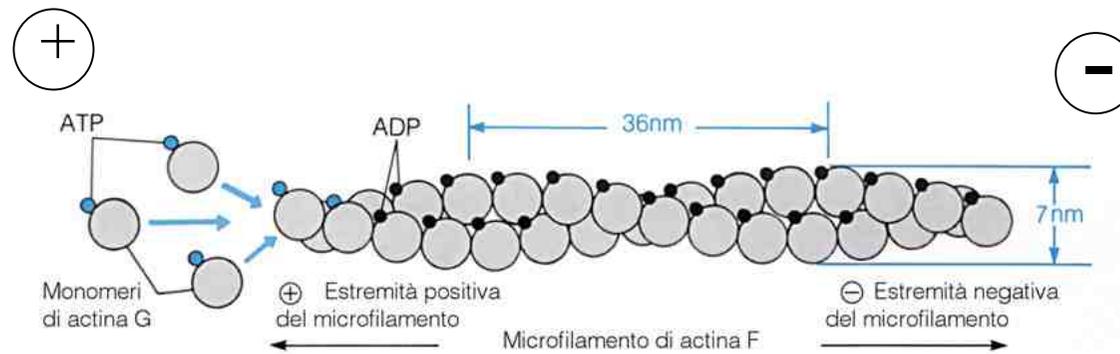
I **filamenti actinici** (noti anche come *microfilamenti*) sono polimeri elicoidali di una proteina, l'actina. Si presentano come strutture flessibili, del diametro di circa 7 nm, e si organizzano in tutta una serie di fasci lineari, reti bidimensionali e gel tridimensionali. Pur trovandosi sparsi per tutta la cellula, i filamenti di actina si concentrano particolarmente nel *cortex*, subito al di sotto della membrana plasmatica. (Foto al microscopio gentilmente concessa da R. Craig.)

Le singole molecole di actina si chiamano **actina G** (actina globulare). In condizioni adeguate, le molecole di actina G polimerizzano a formare i microfilamenti; sotto questa forma, l'actina è chiamata **actina F** (actina filamentosa)

Polarità intrinseca



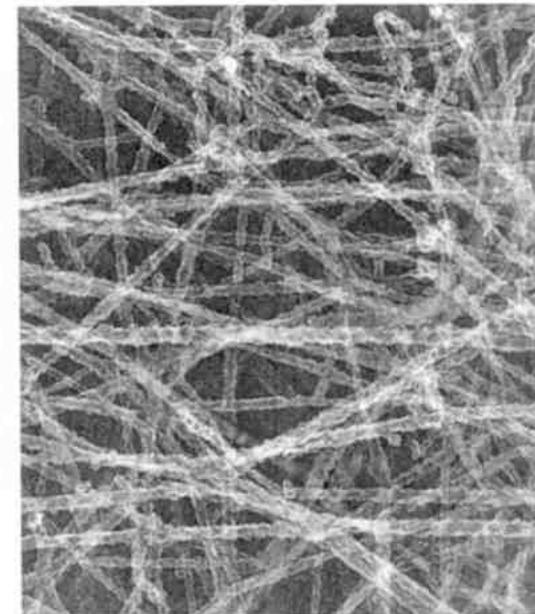
I filamenti di actina sono polari, con un'estremità positiva (+) a crescita veloce ed una negativa (-), inerte ed a crescita lenta.



(a) Assemblaggio dei microfilamenti

Figura 22-16

l'estremità in crescita di un microfilamento è formata da actina F-ATP, mentre il corpo del filamento è composto da actina F-ADP.

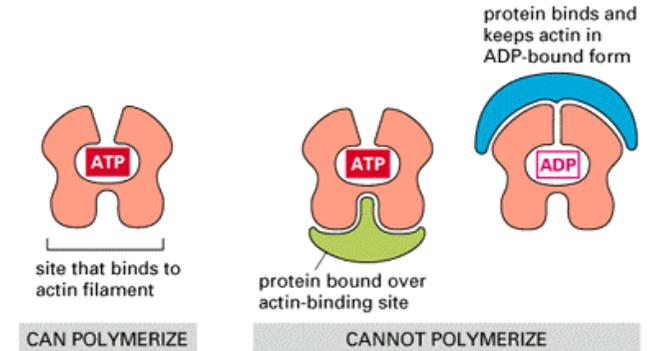
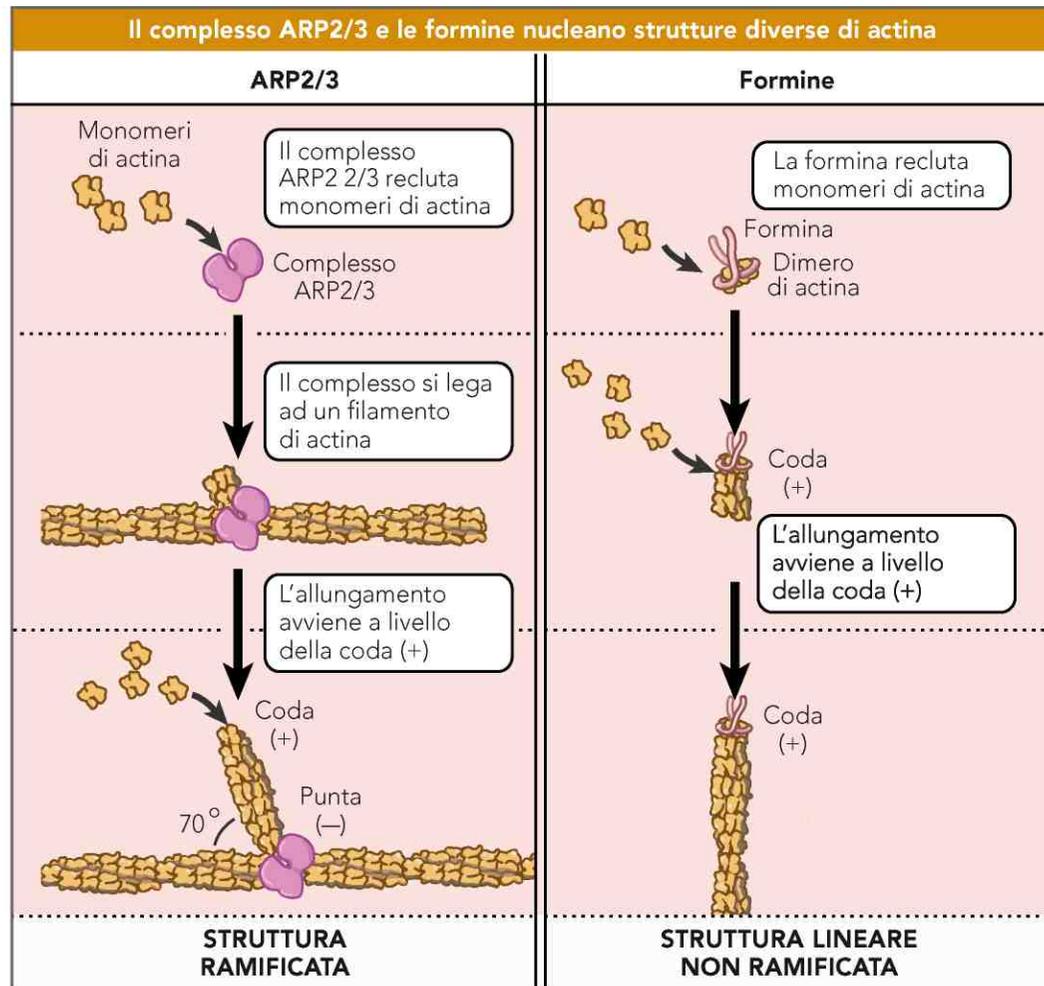


(b) Actina F purificata 0,5 μm

Classi di molecole che legano l'actina: Proteine che legano i monomeri di actina

-Proteine nucleanti

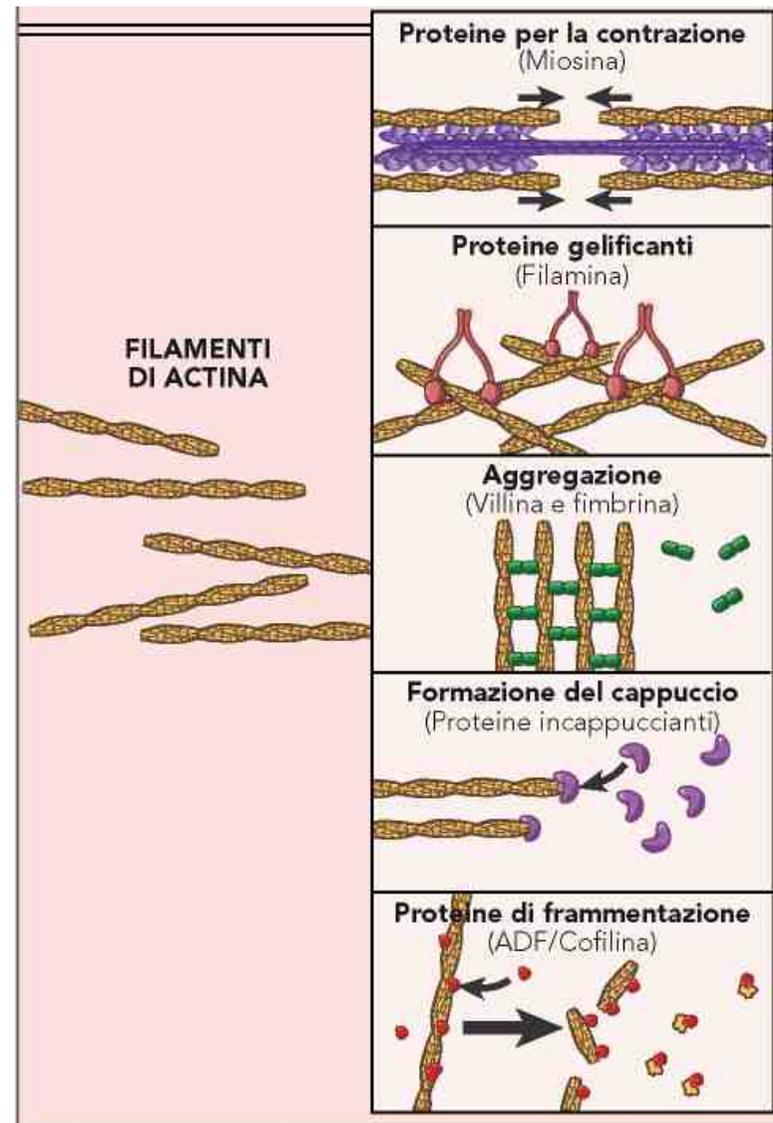
-Proteine inibitrici



Classi di molecole che legano l'actina: Proteine che legano i filamenti di actina

Proteine che associano i filamenti di actina possono regolare:

- Il tipo di interazione tra microfilamenti:
 - strutture contrattili
 - strutture a rete
 - fasci paralleli
- La stabilità dei microfilamenti:
 - Cappuccio
 - Proteine di frammentazione



Il motore molecolare dei filamenti di actina: la MIOSINA

- Formata da 2 catene pesanti e 4 catene leggere
- Le catene pesanti sono formate da TESTA globulare e CODA lunga
- A livello della coda le 2 catene pesanti si intrecciano in una struttura coiled-coil
- Le teste contengono:
 - Il sito di legame e idrolisi di ATP
 - Il sito di legame per actina
- Le 4 catene leggere sono associate alle teste delle catene leggere



La miosina e il movimento dei microfilamenti

- In tutte le cellule i filamenti di actina interagiscono con alcune proteine (MIOSINE) per generare forze di movimento
- La miosina è una grossa proteina formata da diverse catene e provvista di attività ATPasica attivata dall'interazione con l'actina
- Famiglia di **7 classi diverse** di proteina

- Tutte possono legare actina e idrolizzare ATP
 - Il legame sequenziale di miosina a singole subunità di actina nei filamenti promuove lo scorrimento della miosina lungo il filamento di actina
 - Poiché i filamenti di actina sono polarizzati si generano forze di contrazione nella cellula
- La maggior parte di queste forze di contrazione è transitoria (es. durante la separazione delle cellule figlie dopo la mitosi)
- Nei tessuti muscolari specializzati per la contrazione il sistema dei filamenti di actina e miosina è altamente specializzato

La superfamiglia delle miosine

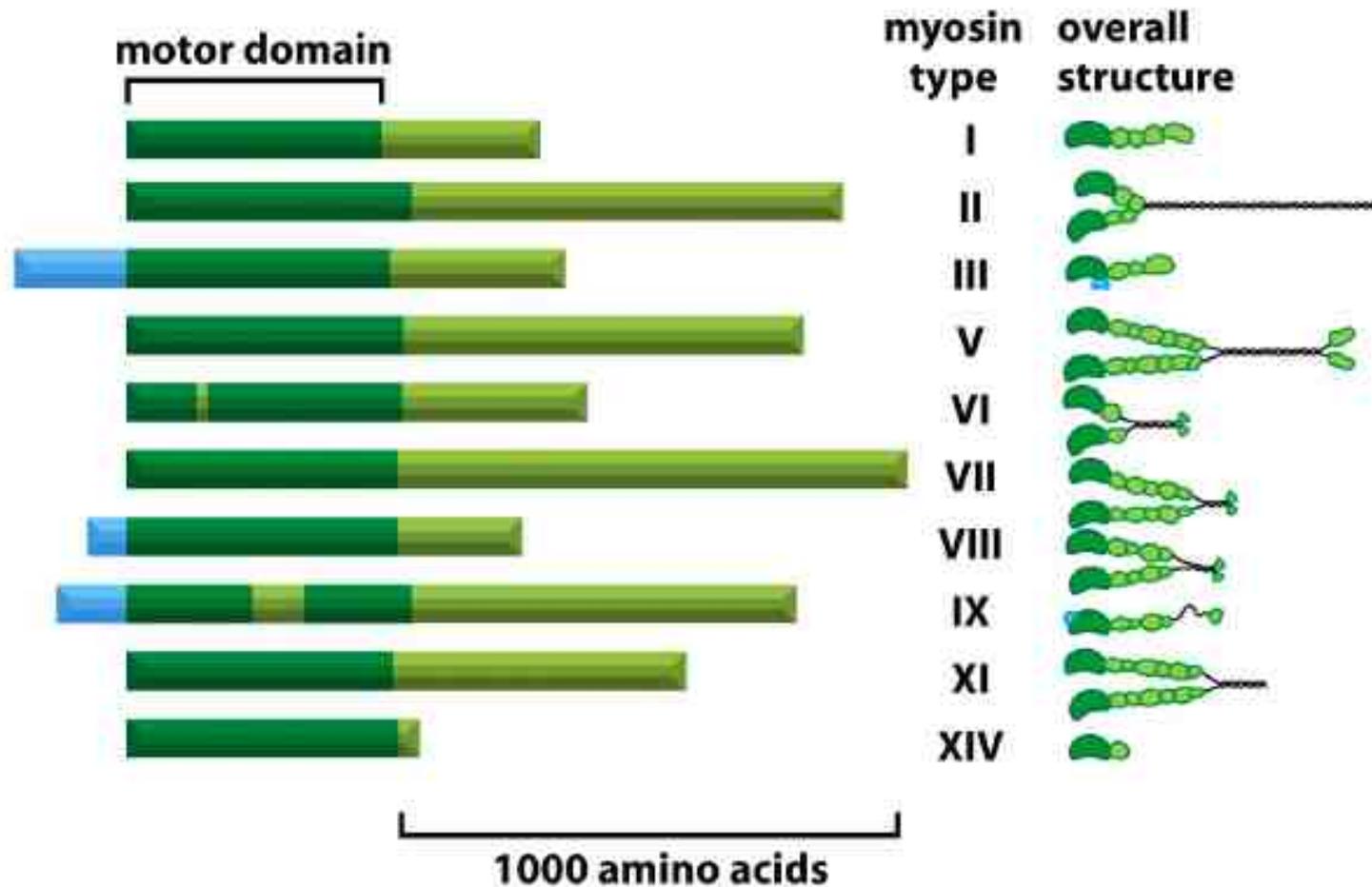
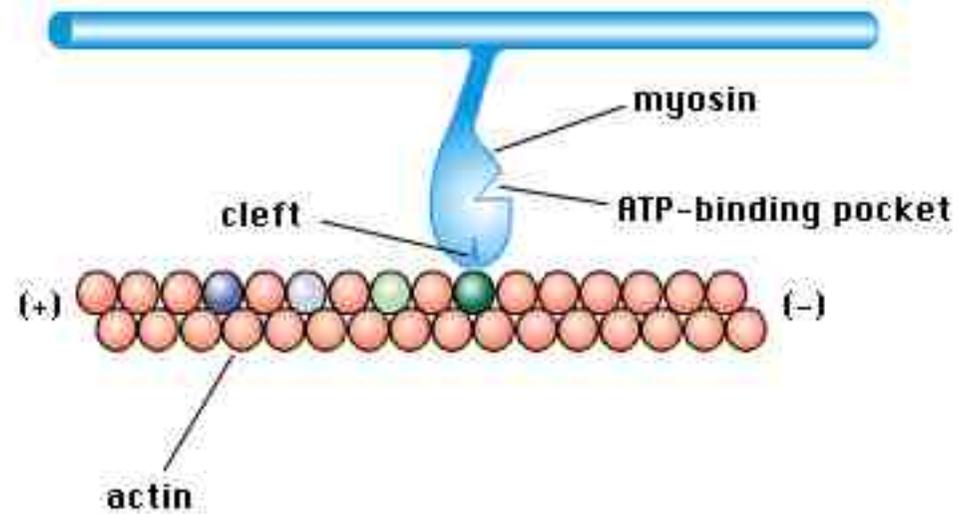


Figure 16-57 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Vedi filmato



microvilli - stereocilia

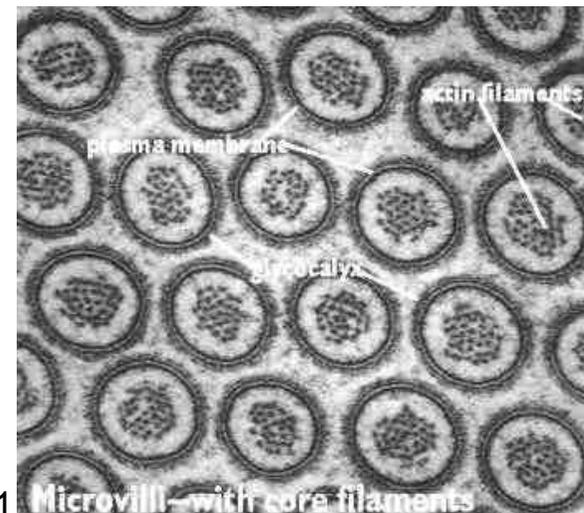
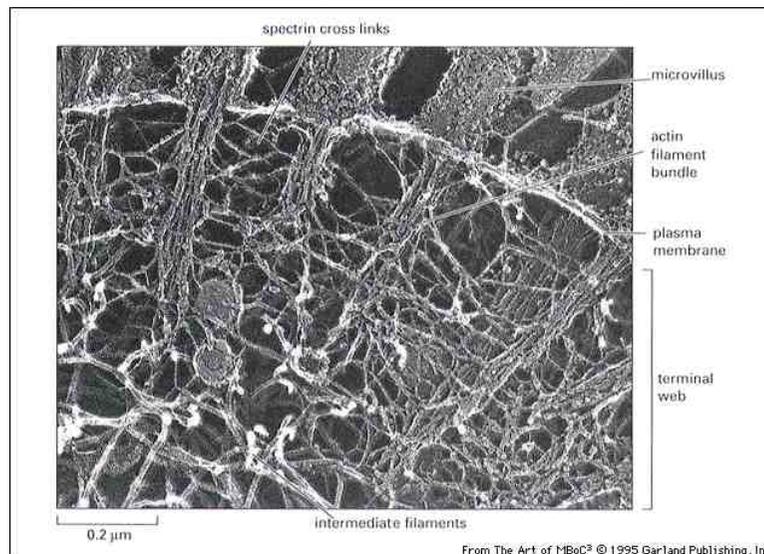
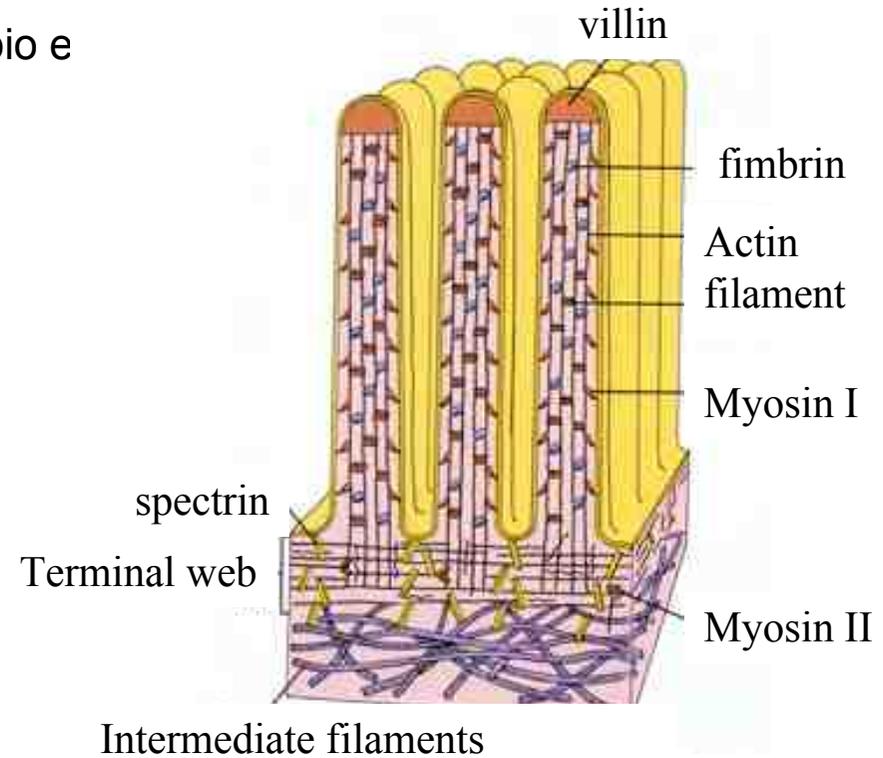
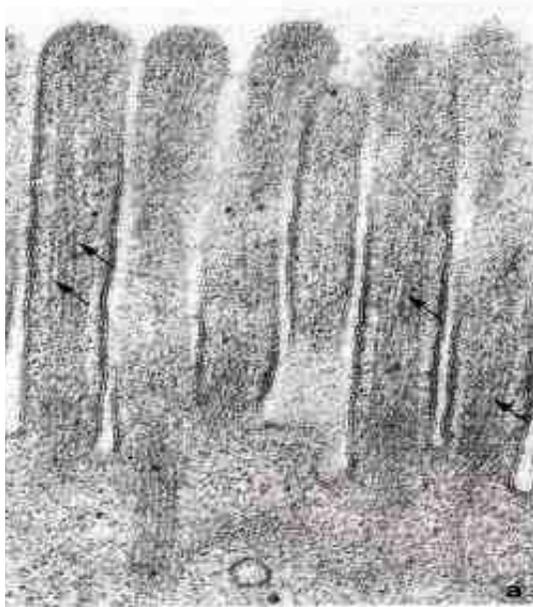
microvilli

- Closely packed, finger-like projections of cytoplasm that increase surface area of the cell.
- Number and shape on cell surface correlate with absorptive capacity.
- Can be seen under LM (“brush border” or “striated border”).
- Contain a core of Actin filaments, which are anchored to Villin in tip.
- Actin also extends downward into apical cytoplasm where attaches to **terminal web**:
 - a- Horizontal network of Actin filaments lying just below base of microvillus.
 - b- These Actin filaments are stabilized by **Spectrin**. Spectrin anchors terminal web to apical membrane of cell.
- Also contains **myosin II and tropomyosin filaments**, which allows microvillus to contract.
- Usually present on surface of microvilli is an amorphous cell coat of glycoprotein “**glycocalyx**”.
- Examples of where found: kidney and intestine (fluid and metabolites actively transported and absorbed).

10_bct_2011

38

Microvilli: aumentano superficie di scambio e sono sostenuti da microfilamenti



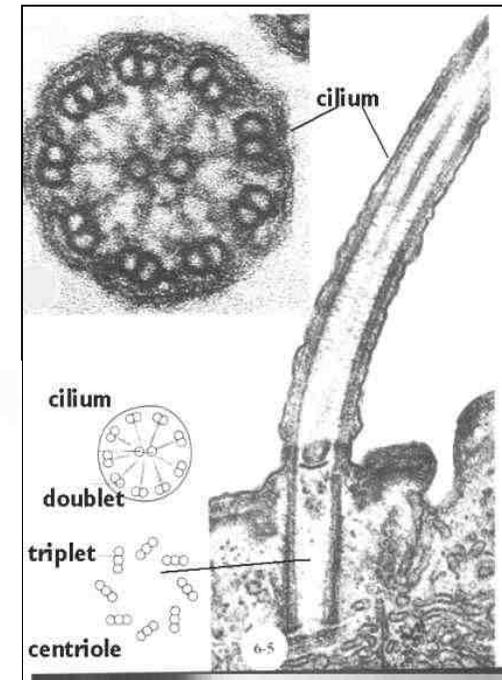
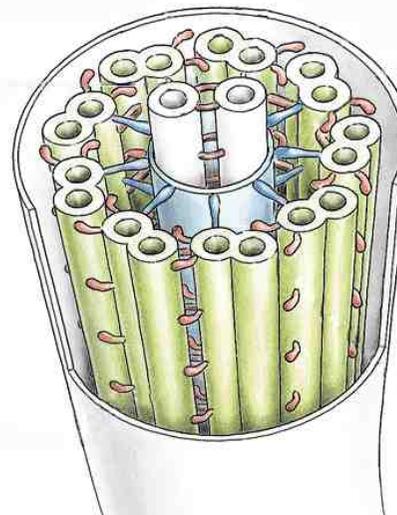
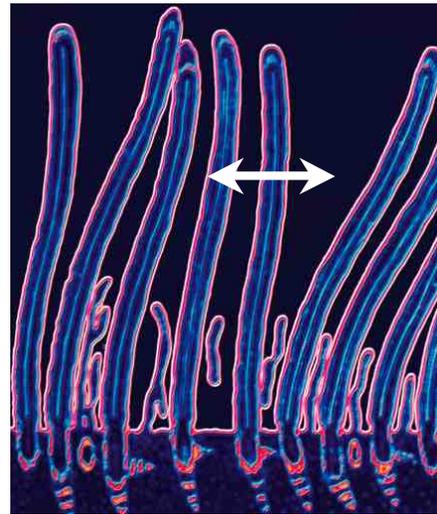
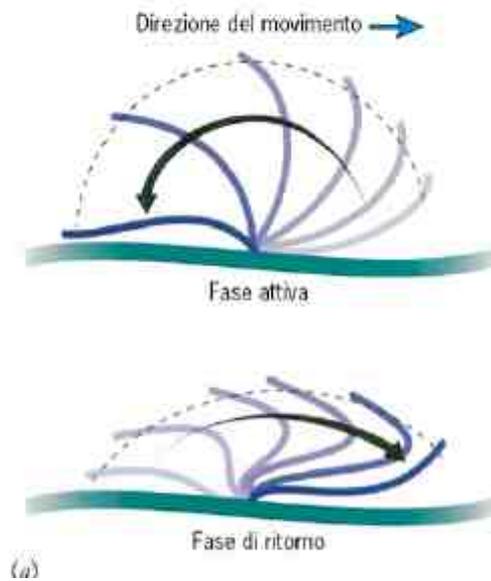
16_bct_2011

Microvilli—with core filaments

39

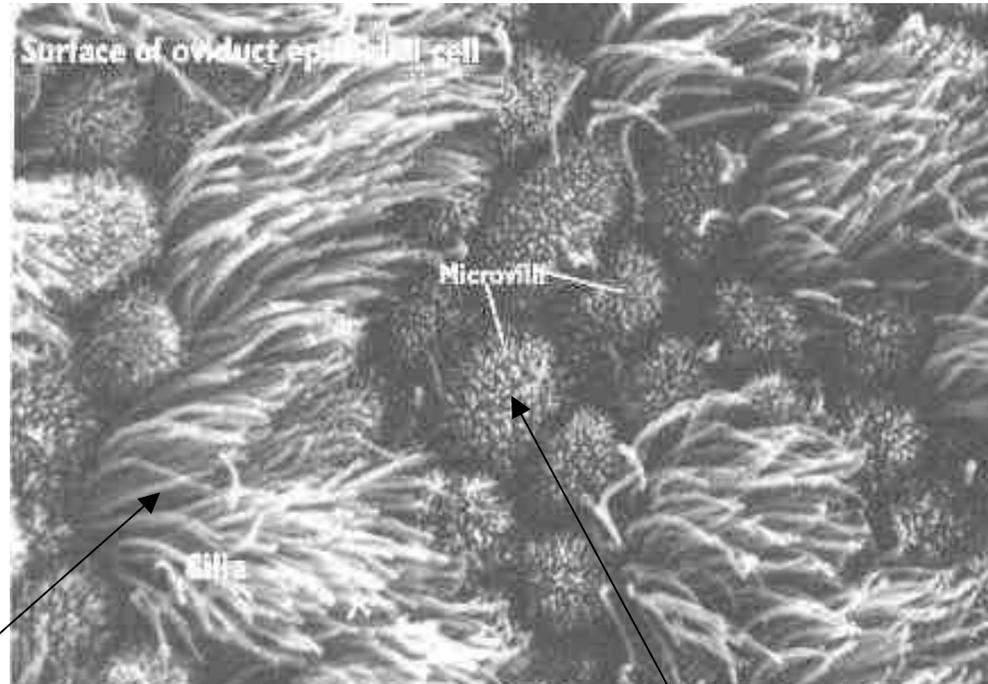
Attenzione a non confondere cilia e microvilli o stereo cilia!!!

Cilia = microtubuli e movimento



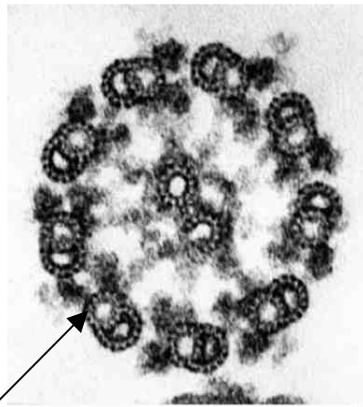
Attenzione a non confondere cilia e microvilli o stereo cilia!!!

*Superficie di
cellule epiteliali
dell'ovidotto*



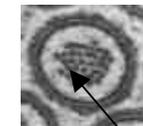
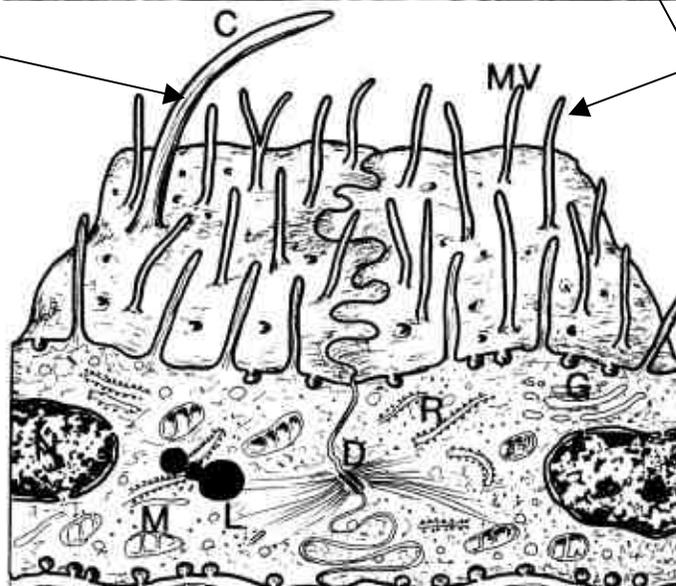
cilia

microvilli



microtubuli

100 nm



microfilamenti

