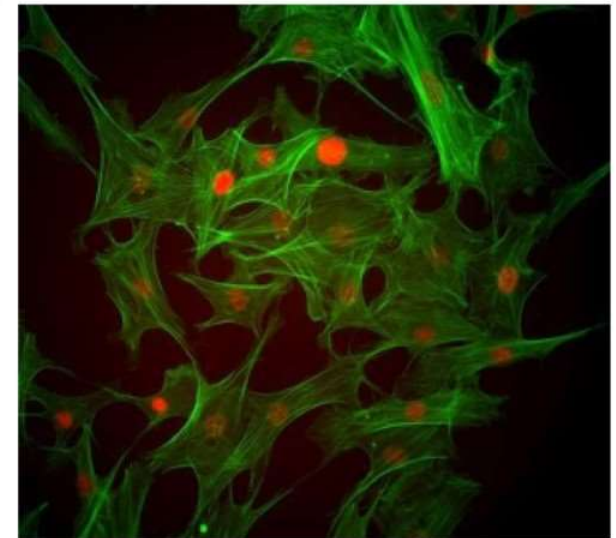
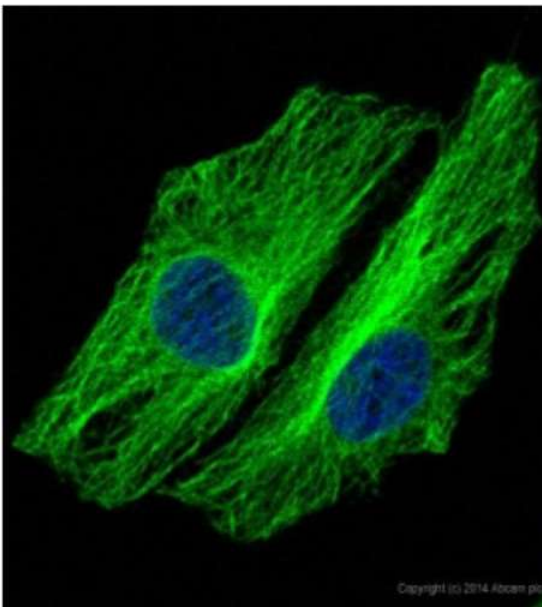
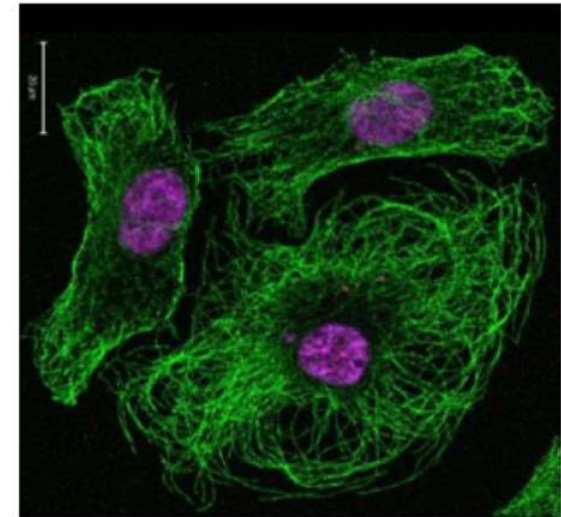
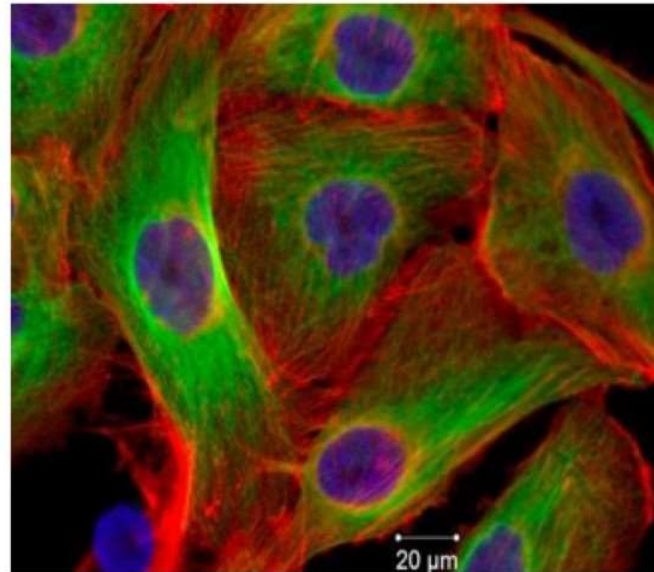
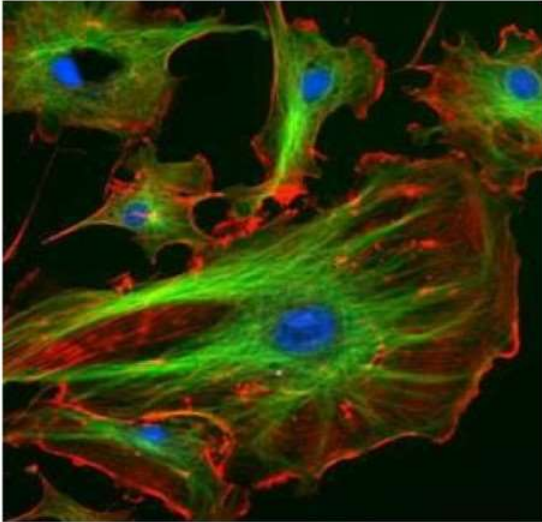


La cellula eucariotica e i suoi organuli

CITOSCHELETRO



Principi di Biologia e Genetica

Scienze Motorie

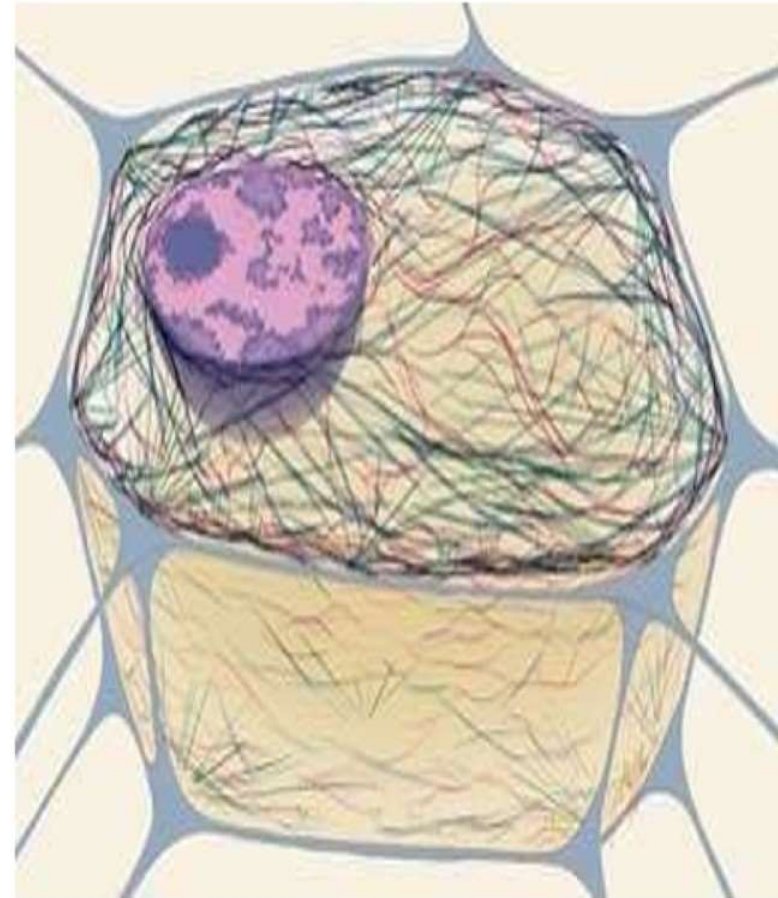
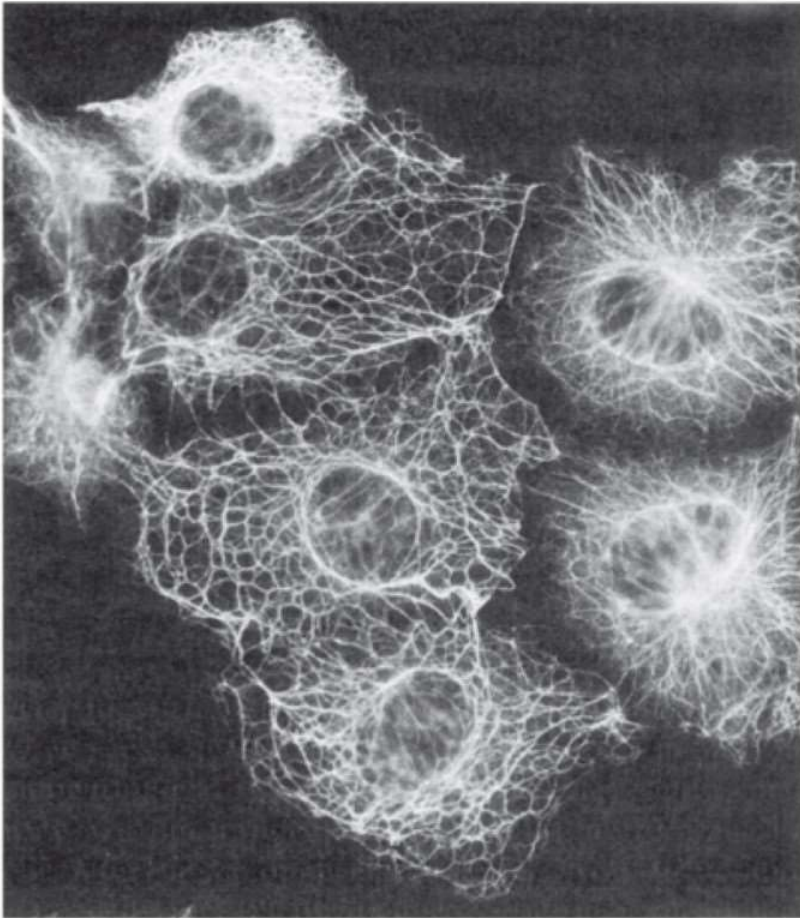
a.a 2020-21

Dr ssa Elisa Mazzoni



CITOSCHELETRO

Figura 2.81 Il citoscheletro. Una rete intricata di filamenti che si estende per tutto il citoplasma delle cellule eucariotiche.



CITOSCHELETRO FUNZIONI

Fornisce alle cellule eucariotiche le capacità di:

- Supporto meccanico**
- Adottare varie forme**
- Organizzare i numerosi componenti interni**
- Interagire meccanicamente con l'ambiente**
- Trasportare le vescicole e gli organelli nel citoplasma**
- Muoversi in maniera coordinata con ciglia e flagelli**
- Divisione cellulare**



FILAMENTI DEL CITOSCHELETRO

caratteristiche principali

1. Microtubuli: (i) determinano le posizioni degli organelli e (ii) dirigono il trasporto intracellulare degli organuli e vescicole (iii) determinano la formazione del fuso mitotico e movimento dei cromosomi (iv) costituiscono ciglia e flagelli per la locomozione cellulare
2. Filamenti di actina (microfilamenti): determinano la forma della superficie cellulare (ii) sono necessari per la locomozione dell'intera cellula (lamellipodi, filipodi); (iii) determinano la divisione cellulare con l'anello di contrazione e (iv) permettono la contrazione interagendo con la miosina
3. Filamenti intermedi: forniscono forza meccanica e resistenza agli stress (involucro nucleare, assoni)

Proteine accessorie sono essenziali per l'assemblaggio controllato dei filamenti del citoscheletro, comprendono i *motori proteici* che muovono gli organelli o i filamenti stessi.



Microtubuli

I microtubuli sono lunghi cilindri cavi composti dalla proteina tubulina (alfa e β tubulina) con diametro esterno di 25 nm

Sono molto più rigidi dei filamenti di actina e dei filamenti intermedi

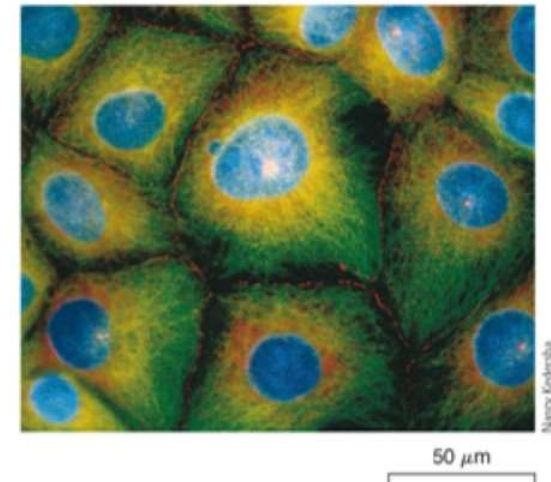
I microtubuli sono lunghi e dritti e in genere hanno una estremità attaccata ad un singolo centro organizzatore dei microtubuli (Micro tubule- organizing center, MTOC) chiamato centrosoma.

Contribuiscono alla struttura della cellula

Contribuiscono al posizionamento degli organuli nella cellula, guidandoli nei loro movimenti all'interno del citoplasma

Dirigono il movimento dei cromosomi quando la cellula si divide (mitosi)

I microtubuli costituiscono Ciglia e Flagelli per il movimento cellulare



(b) Immagine al microscopio ottico a fluorescenza confocale in cui i microtubuli sono visibili in verde. Un centro di organizzazione dei microtubuli (macchia rosa) è visibile accanto o sopra buona parte dei nuclei cellulari (blu).

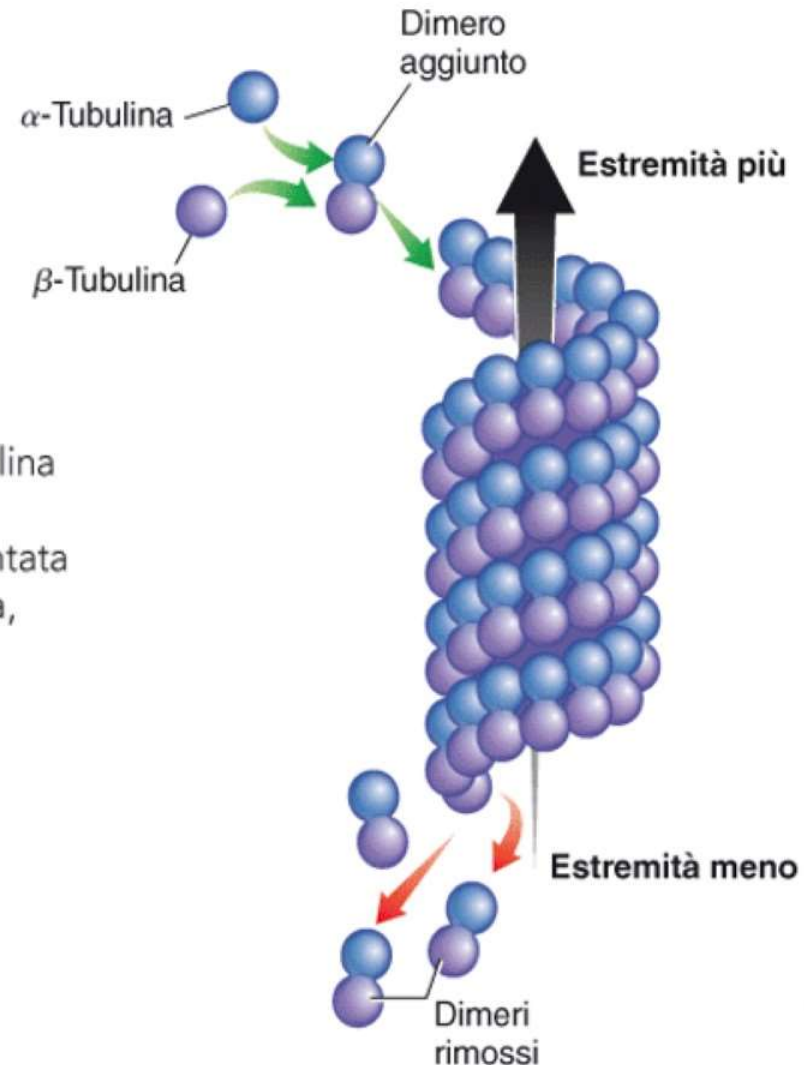
Figura 4-23 Organizzazione dei microtubuli



Microtubuli

Struttura e allungamento:

I microtubuli si allungano aggiungendo dimeri di alfa e beta tubulina nell'estremità più ed accorciarsi eliminando dimeri



(a) Microtubuli vengono a formarsi all'interno della cellula per aggiunta di dimeri di α -tubulina e β -tubulina a una estremità del cilindro cavo. È da notare che il cilindro possiede una polarità. L'estremità rappresentata nella parte alta della figura è quella a crescita rapida, o estremità più; quella opposta è l'estremità meno. Per ogni giro di spirale sono necessari 13 dimeri.



Microtubuli

I microtubuli si assemblano a partire da dimeri di tubulina

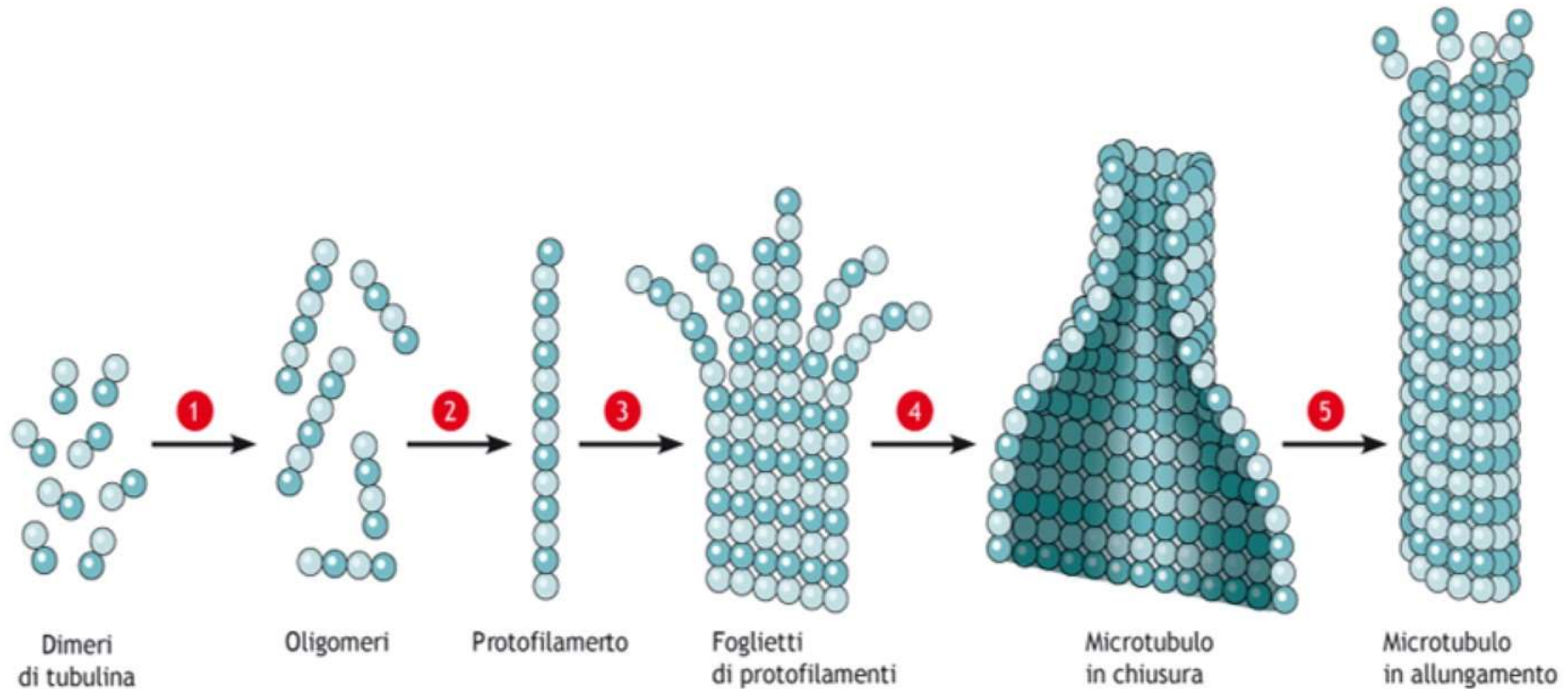


Figura 2.91 I microtubuli *in vitro* si assemblano a partire da dimeri di tubulina $\alpha\beta$. Una molecola di tubulina α ed una molecola di tubulina β si associano strettamente a formare un eterodimero $\alpha\beta$. Inizialmente essi si aggregano casualmente in oligomeri (1) e solo in seguito si formano delle strutture lineari che sono i singoli protofilamenti (2); unendosi tra di loro lateralmente i protofilamenti formano dei foglietti (3) e, successivamente, i foglietti formati da 13 protofilamenti si chiudono a formare un tubulo (4); una volta chiuso, il microtubulo può allungarsi per aggiunta di altre subunità alle estremità (5).



Microtubuli e Disposizione degli Organuli

Contribuiscono al posizionamento degli organuli e vescicole nella cellula, guidandoli nei loro movimenti all'interno del citoplasma

Proteine motrici

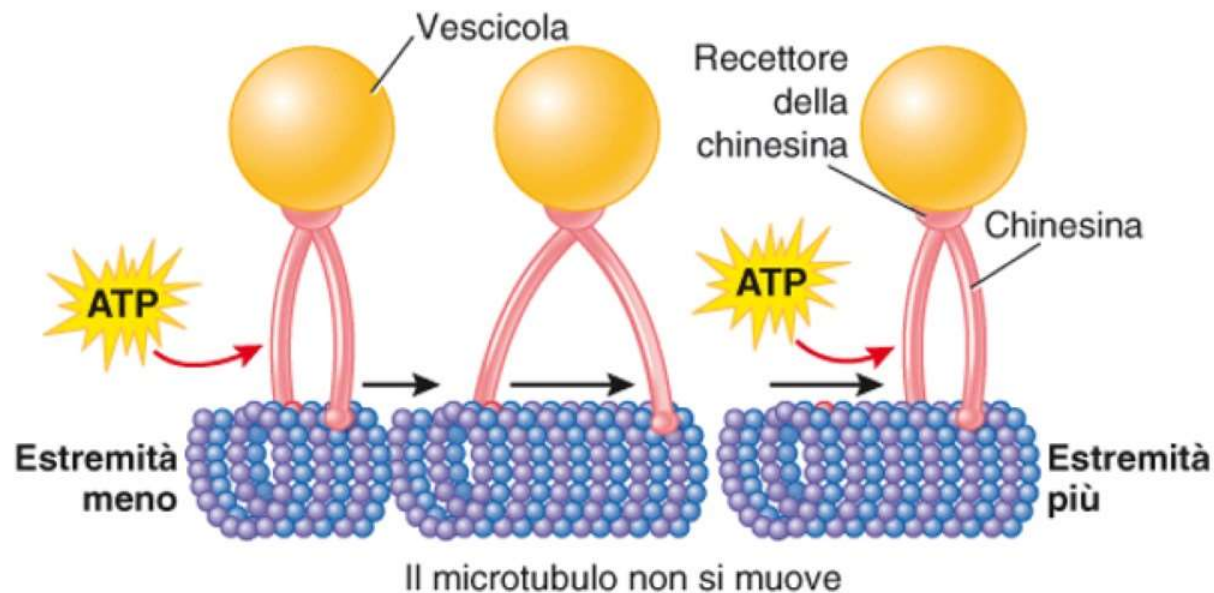


Figura 4-24 Modello ipotetico di un motore di chinesina

Una molecola di chinesina si attacca a uno specifico recettore sulla vescicola. L'energia fornita dall'ATP permette alla molecola di chinesina di cambiare conformazione e di "camminare" lungo il microtubulo, portandosi dietro la vescicola. (Le dimensioni relative sono state rese sproporzionate per chiarezza).



Microtubuli

Proteine motrici

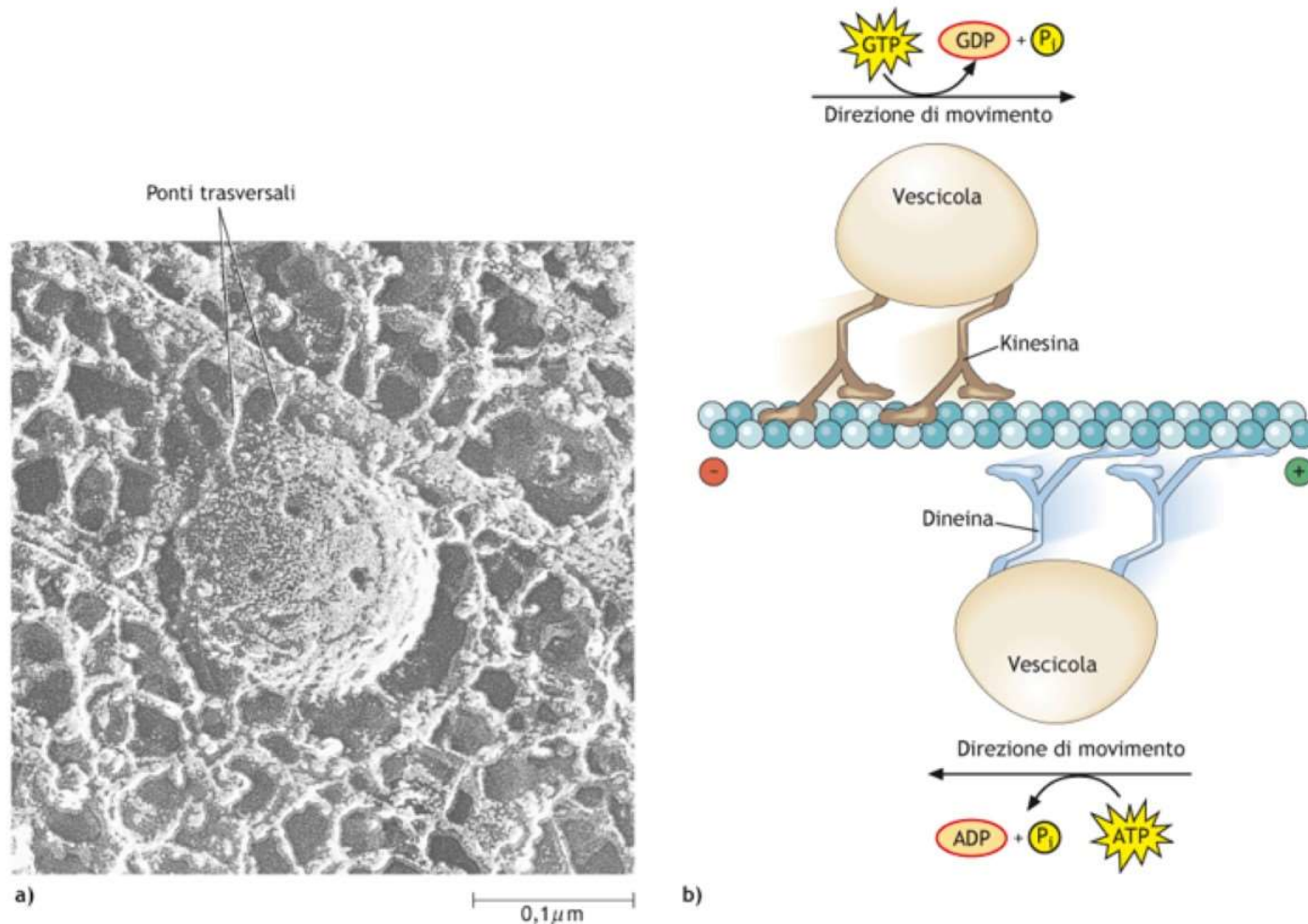
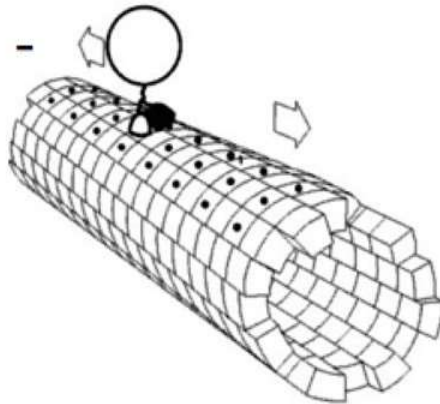
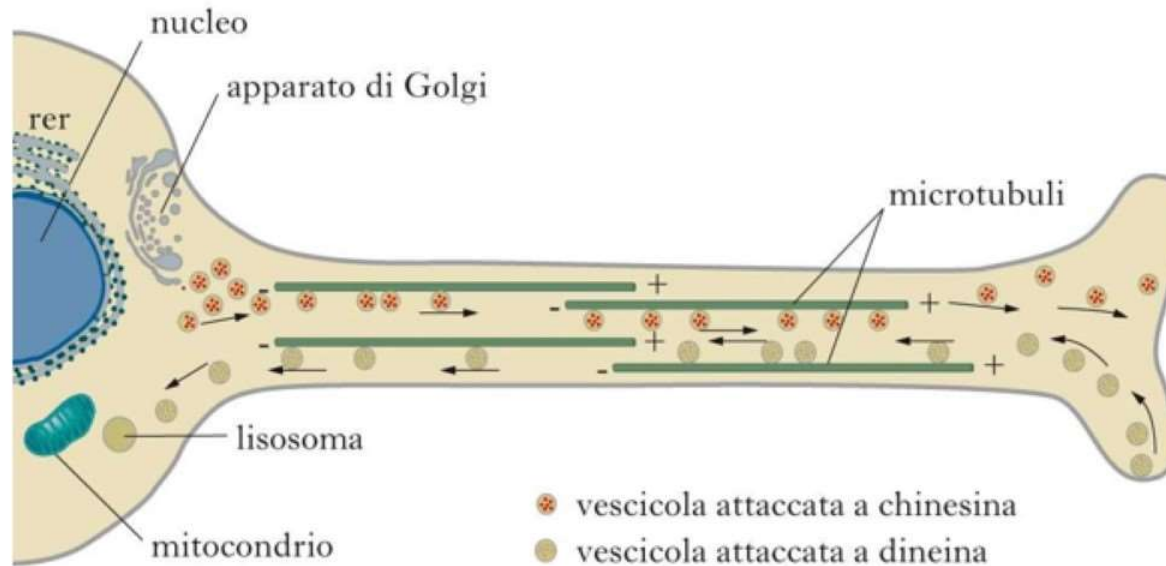


Figura 2.94 Kinesina e dineina. (a) Micrografia elettronica di una molecola di dineina ed una di kinesina. (b) Queste proteine che risultano molto complesse, si legano ai microtubuli e li percorrono in direzione opposta: rispettivamente la dineina verso l'estremità *minus* e la kinesina verso l'estremità *plus*.



Microtubuli

Proteine motrici



Chinesina → (+) Anterogrado
Dineina ← (-) Retrogrado

Chinesina. Il movimento è unidirezionale e avviene verso l'estremità (+) del microtubulo. In pratica la polarità del trasporto è quello anterogrado, dal centro della cellula verso la periferia, ed è quello che si realizza nel caso delle vescicole di secrezione.

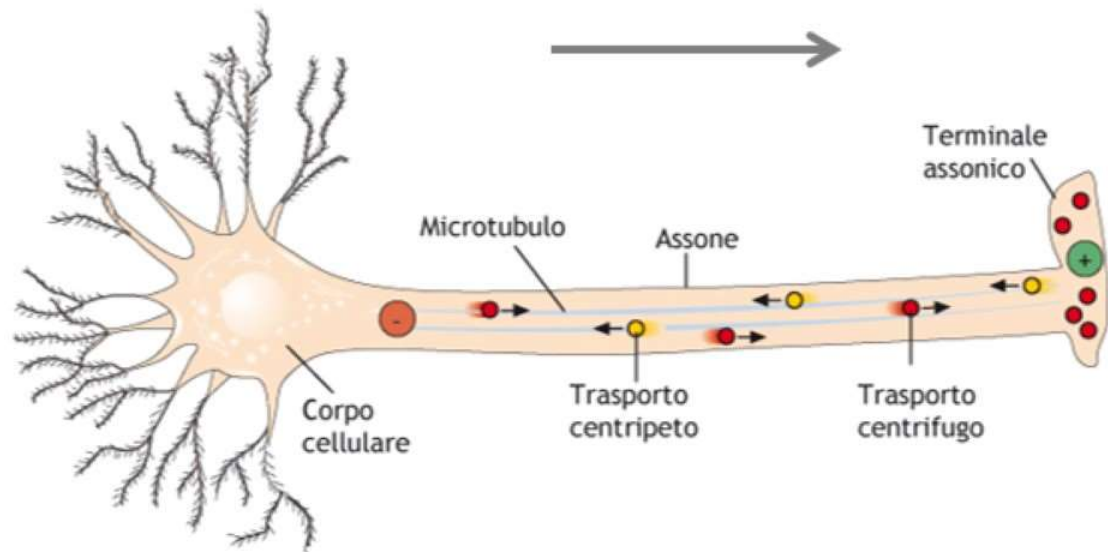
Il movimento della dineina avviene verso l'estremità (-) del microtubulo, mediando così il trasporto retrogrado.



Microtubuli

Cellula nervosa

Figura 2.95 Trasporto attraverso l'assone di una cellula nervosa, lungo i numerosi microtubuli che sono orientati tutti allo stesso modo e cioè con la estremità più diretta verso la terminazione assonica. Questo movimento verso il terminale (anterogrado, centrifugo) è facilitato dalla presenza di alcune proteine motrici, mentre il movimento in direzione opposta (retrogrado, centripeto) è dovuto alla presenza di altre proteine motrici.



La Chinesina trasporta le vescicole sul microtubulo con movimento anterogrado nell'assone della cellula nervosa



Microtubuli

Il fuso mitotico è formato da microtubuli

I microtubuli hanno una estremità attaccata ad un

centro di organizzazione dei microtubuli, Micro tubule-organizing center (MTOC).

Nelle cellule animali il centro **di organizzazione** è il centrosoma, costituito da due centrioli

Centrosomi e Centrioli svolgono un ruolo chiave nella divisione cellulare dirigendo il movimento dei cromosomi quando la cellula si divide.

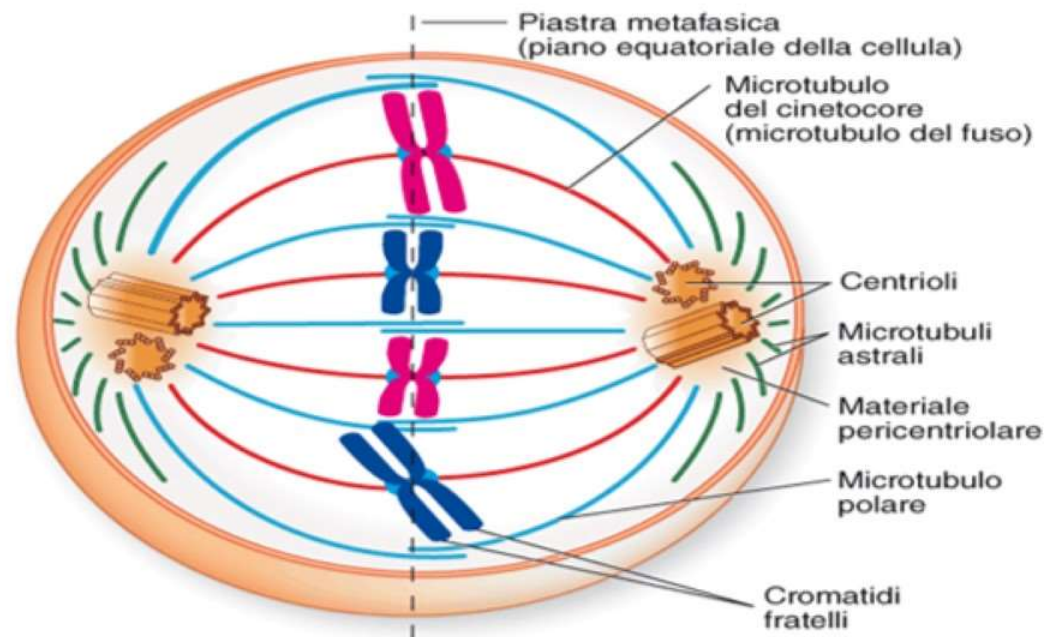
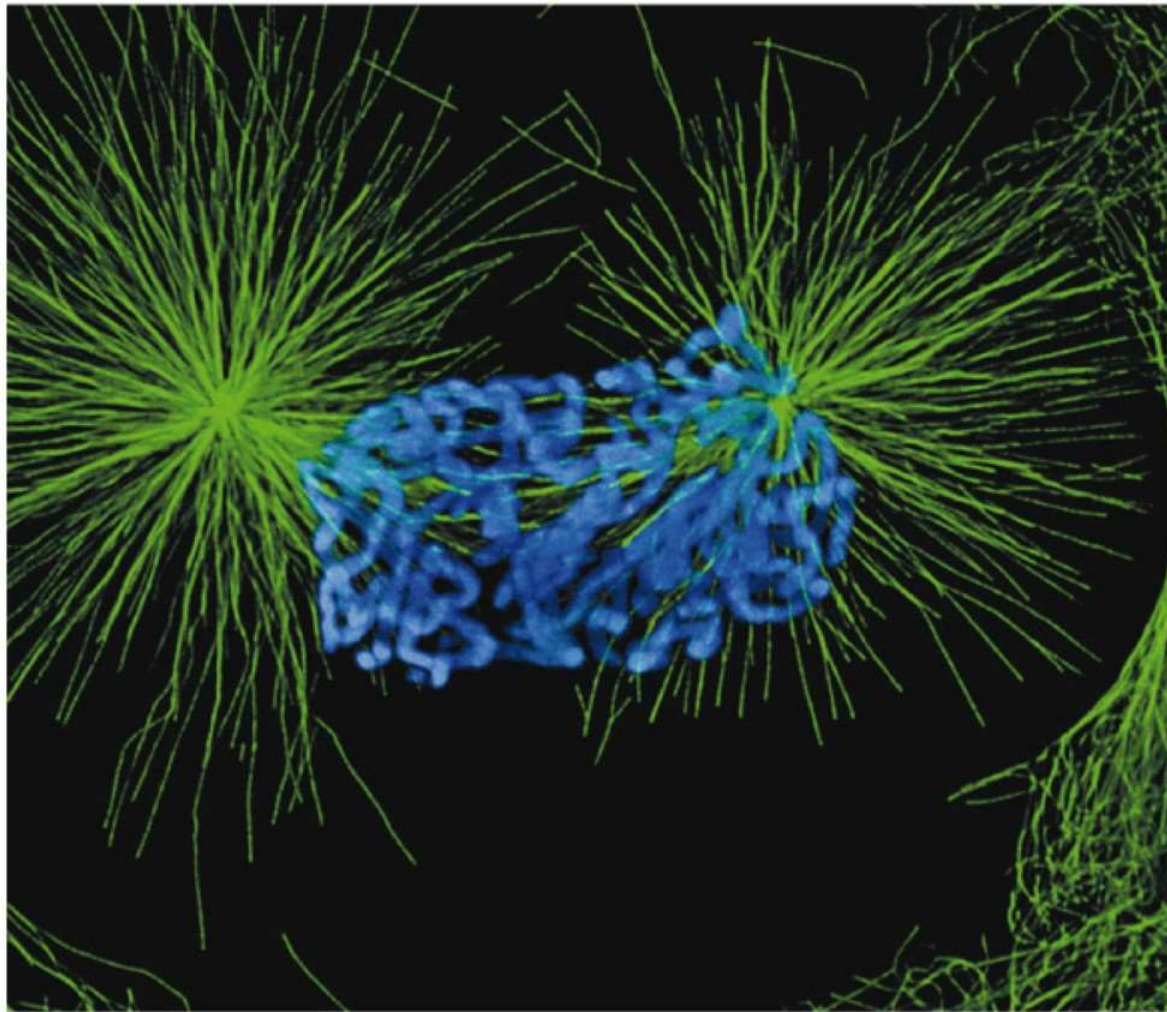


Figura 10-9 Il fuso mitotico

Un'estremità di ciascun microtubulo di questa cellula animale è collegata a uno dei poli. I microtubuli astrali (*in verde*) si irradiano in ogni direzione formando l'aster, quelli del cinetocore (*in rosso*) collegano i cinetocori ai poli, quelli polari (*in blu*) si sovrappongono sul piano equatoriale.



I MICROTUBULI DEL FUSO MITOTICO



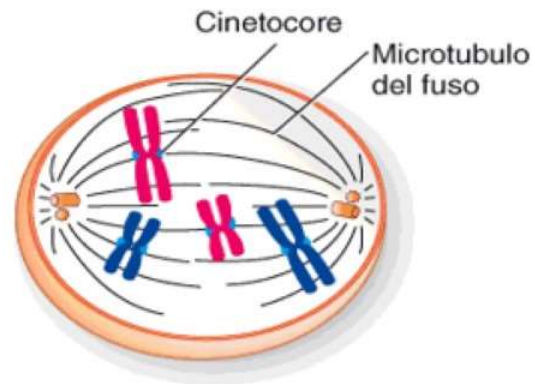
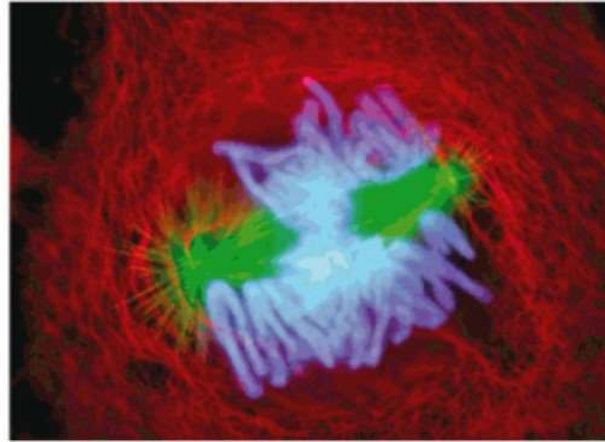
Alexey Khodjakov, Wadsworth Center, Albany, NY

Fotografia al microscopio ottico di una cellula di tritone in coltura durante la mitosi (prometafase precoce). L'involucro nucleare si è disgregato e i microtubuli del fuso mitotico (*in verde*) interagiscono con i cromosomi (*in blu*).



I MICROTUBULI DEL FUSO MITOTICO

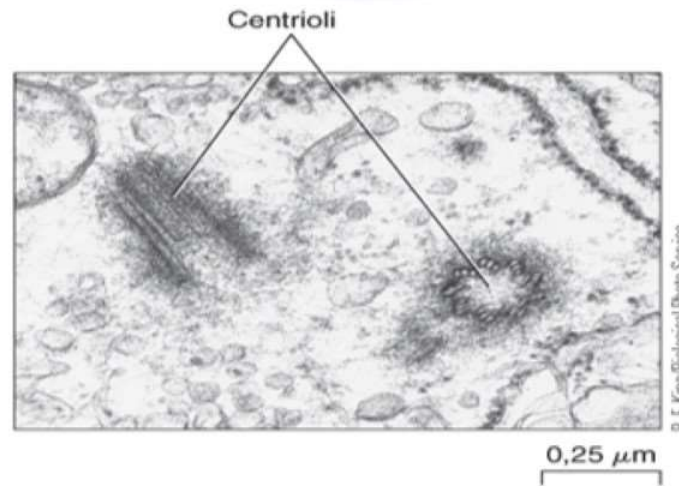
PROMETAFASE



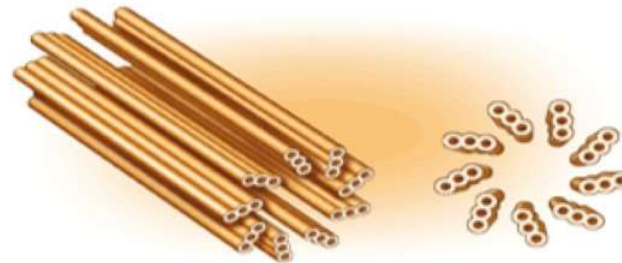
(c) I microtubuli del fuso si attaccano ai cinetocori dei cromosomi. I cromosomi cominciano a spostarsi verso il piano equatoriale della cellula.



Microtubuli



(a) Nell'immagine MET, i centrioli sono sistemati ad angolo retto vicino al nucleo di una cellula animale che non si sta dividendo.



(b) È da notare l'arrangiamento 9×3 dei microtubuli. Il centriolo a destra è stato tagliato trasversalmente.

Il centriolo ha
arrangiamento
 9×3 dei
microtubuli

Figura 4-25 Centrioli



CIGLIA E FLAGELLI SONO COSTITUITI DA MICROTUBULI

Le ciglia hanno
arrangiamento 9+2
dei microtubuli del
corpo basale

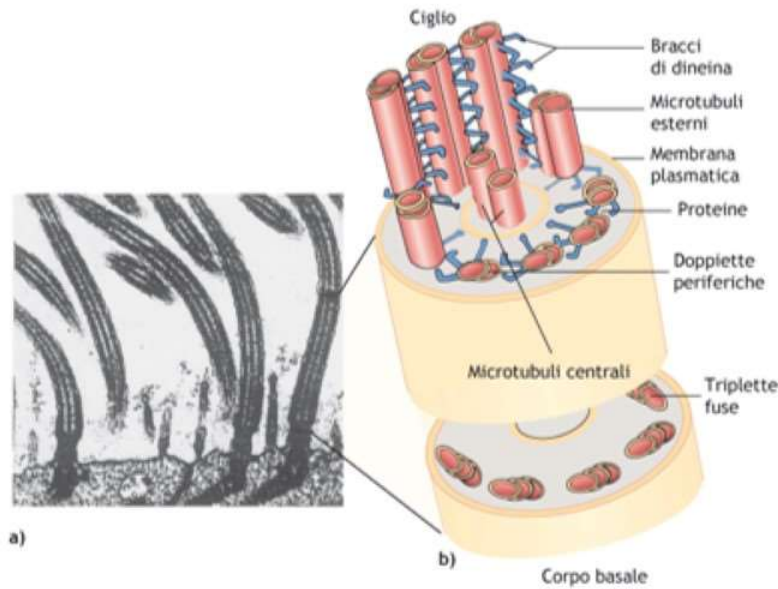


Figura 2.97 Struttura di un ciglio. (a) Sezioni longitudinali di ciglia di cellule epiteliali dell'invertebrato *Ciona intestinalis*, in cui sono visibili le doppiette centrali e laterali. (b) Schema di sezioni trasversali di assonemi con la ricostruzione della caratteristica disposizione 9 + 2 dei microtubuli corrispondenti al ciglio e al corpo basale.

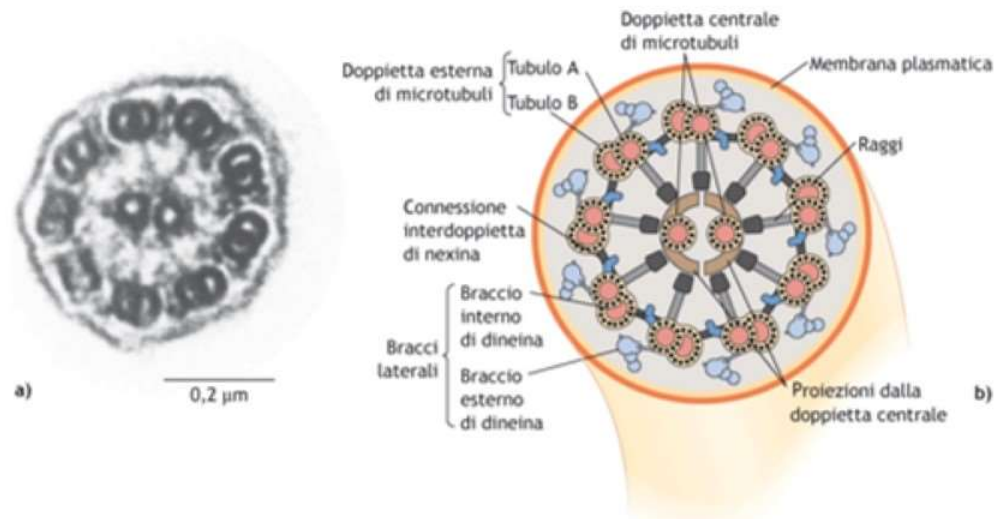


Figura 2.98 Struttura dell'assonema. (a) Sezione trasversale di un ciglio visto al microscopio elettronico. (b) Schema corrispondente.



Un ciglio è costituito da microtubuli in una disposizione 9 + 2 circondati dalla membrana plasmatica; la proteina dineina sposta i microtubuli formando e rompendo ponti trasversali su coppie adiacenti di microtubuli.

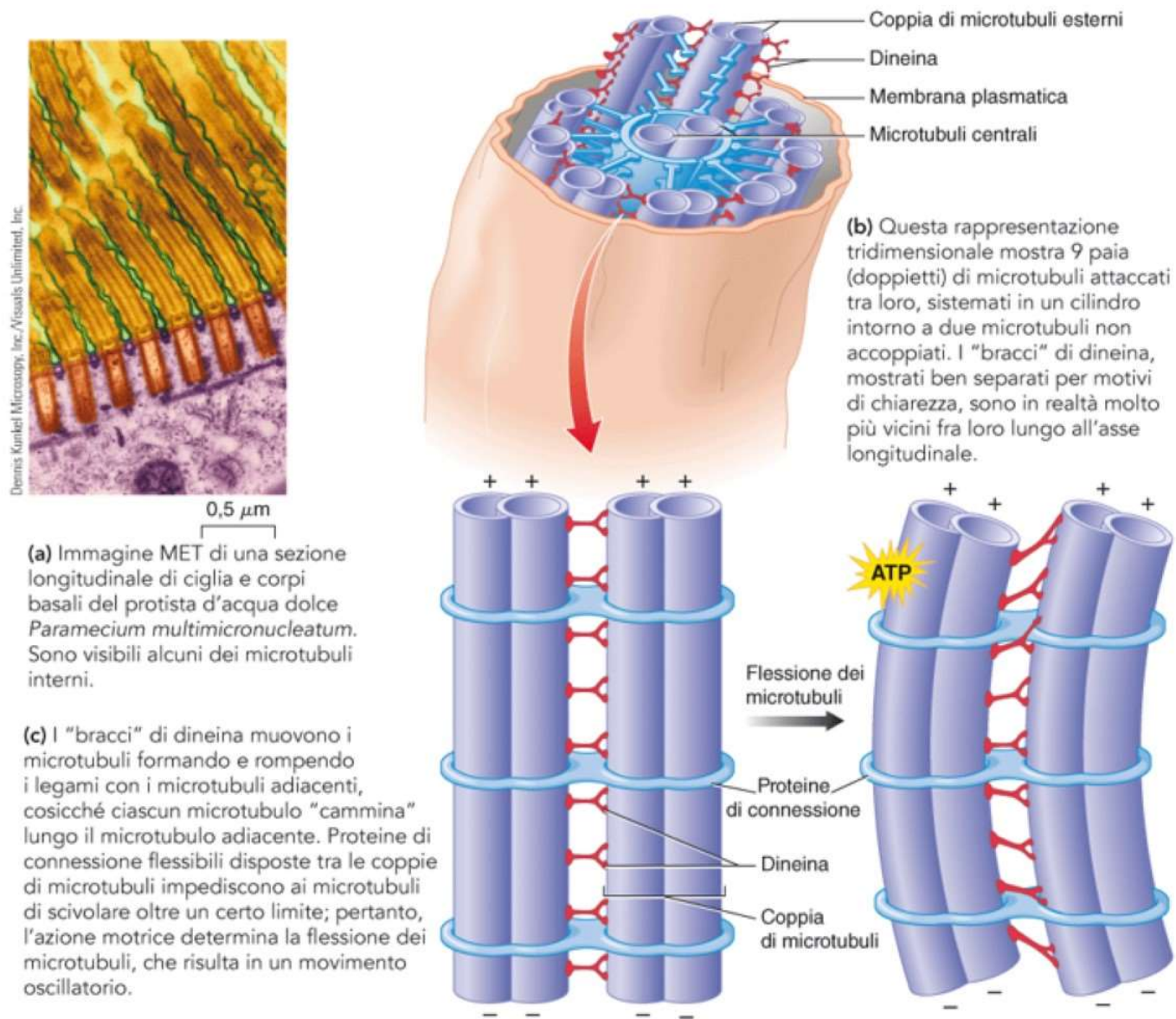


Figura 4-26 Struttura e movimento delle ciglia



grazie!

