

Il **citoscheletro** è un reticolo di fibre distribuite attraverso l'intero citoplasma. Esso svolge un ruolo di primaria importanza nell'organizzazione delle varie componenti cellulari e nelle relative funzioni. La funzione più evidente del citoscheletro è quella di fornire un supporto meccanico alla cellula e di mantenerne costante la forma. Tutto ciò è particolarmente importante per le **cellule animali**, che sono sprovviste di pareti rigide.

Può essere smantellato rapidamente, in una determinata parte della cellula, e ricostituito in una nuova posizione, così facendo si conferisce alla cellula un nuovo assetto. Inoltre è responsabile della motilità di numerosi tipi cellulari. La **motilità cellulare** comporta l'interazione del citoscheletro con proteine dette *motrici*. La scoperta più recente sulle possibili funzioni del citoscheletro riguarda la regolazione di particolari attività biochimiche della cellula. Esistono evidenze sulla capacità del citoscheletro di trasmettere forze meccaniche dalla superficie cellulare verso l'interno e, attraverso altre fibre, fino nel nucleo.

Il citoscheletro è costituito da tre diversi tipi di strutture fibrillari:

- **microtubuli**, diametro di 25 nm
- **microfilamenti**, diametro di 8 nm
- **filamenti intermedi**, diametro di 10 nm

### Microtubuli

Sono le strutture cave e tubulari che formano il *fuso mitotico* e l'asse centrale di *ciglia* e **flagelli**. Sono **proteine** filamentose formate da dimeri di  $\alpha$ -tubulina e  $\beta$ -tubulina, hanno un'estremità + (terminata da una fila di  $\beta$ -tubulina) ed un'estremità - (terminata da una fila di  $\alpha$ -tubulina). Le diversità funzionali dei microtubuli sono dovute alla presenza di **proteine associate ai microtubuli** (MAPs) che convertono la rete instabile di microtubuli in una ossatura relativamente permanente.

Le MAP2 hanno un dominio che si estroflette come un filamento ed uno che si lega ai microtubuli. Altre MAPs connettono i microtubuli tra loro, altre ancora stabilizzano la loro struttura e ne promuovono l'assemblaggio. I microtubuli hanno ruoli di sostenimento scheletrico, probabilmente mantenendo un'organizzazione interna nella cellula, ma anche di motilità intracellulare, grazie all'ausilio di particolari proteine motrici che scorrono lungo il citoscheletro microtubulare, usando ATP, come le *chinesine* e le *dineine*.

Quando queste proteine scorrono sopra i microtubuli subiscono una serie di cambiamenti che costituiscono un *ciclo meccanico* accompagnato da un *ciclo*

*chimico* (che vede il legame con un ATP, l'idrolisi e il rilascio dei prodotti ADP e  $P_i$ , e un nuovo legame con un ATP). Le chinesine sono formate da due *catene leggere* e da due *catene pesanti*. Le due teste della proteina si legano ai microtubuli e producono energia e forza, mentre la coda, cui sono collegate tramite un *collo* e uno *stelo*, lega il carico da trasportare. Si muovono verso l'estremità più dei microtubuli, dal centro alla periferia cellulare, e i carichi possono essere vescicole secretorie oppure organuli.

Le **dineine** sono strutturalmente simili alle **chinesine**, ma si legano ai carichi con l'ausilio della *dinactina*, e si muovono in direzione *retrograda*, verso l'estremità meno. I microtubuli si polimerizzano e depolimerizzano in continuazione all'interno della cellula e si accrescono a partire dai centri di organizzazione dei microtubuli (MTOC).

### Centri di organizzazione dei microtubuli

Sono strutture associate alla nucleazione dei microtubuli. Esempio tipico sono i *centrosomi*, costituiti da due *centrioli* a forma di barilotto di circa 0,2  $\mu\text{m}$  di diametro, e da un *materiale pericentriale* amorfo ed elettrone-denso. I centrioli sono formati da nove terzine di microtubuli ravvicinati, detti A, B e C, disposte a cerchio e connesse al centro da un *braccio radiale*. I microtubuli nascenti si dispongono sempre con l'estremità - verso i centrioli e l'estremità + verso l'esterno. Strutture identiche ai centrosomi (i *corpi basali*) generano i microtubuli di un ciglio o un flagello, e possono essere convertiti gli uni con gli altri. La nucleazione è un processo lento seguito da un allungamento, e sembra che un ruolo fondamentale lo abbia la  **$\gamma$ -tubulina**, che farebbe da stampo ad anello aperto per le  $\alpha$ -tubuline che si legheranno, a formare un complesso detto  $\gamma$ -TuRC.

### Ciglia e flagelli

Sono estroflessioni motrici che si estendono dalla superficie di alcune cellule e servono per la locomozione cellulare. Il *battito ciliare* vede una *fase di spinta*, in cui la struttura è rigida e spinge contro il mezzo circostante, ed una *fase di ritorno*, in cui è molto più flessibile. Le *ciglia* sono spesso presenti in gran numero con movimenti coordinati. I flagelli hanno differenti tipi di battiti (*forme d'onda*). Sono entrambi costituiti da un *assonema* costituito da nove coppie di microtubuli attorno a due singoli microtubuli centrali (il modello è detto, quindi, **9+2**).

I tubuli centrali sono circondati da una *guaina* collegata ai tubuli A (i più piccoli, ma completi) e da una *serie di raggi*, mentre le coppie periferiche sono collegate tra loro da *ponti intercoppia* di *nexina*. Dai tubuli A si estroflettono *bracci interni* ed *esterni* di *dineina*. Il *trasporto intraflagellare* è un processo che vede le molecole

necessarie all'assemblaggio muoversi sulle coppie periferiche con l'ausilio della *chinesina II*. Grazie ai bracci di dineina, le coppie di tubuli possono scorrere con un movimento simile a quello actinomiosinico, comportando il *movimento ciliare o flagellare*. In genere, questo movimento avviene solo da un lato dell'assonema. In alcuni casi i flagelli possono avere strutture  $9+0$ ,  $9+1$ ,  $9+7$  e anche altre varianti.

### Filamenti intermedi

I filamenti intermedi sono composti da proteine fibrose ed hanno una struttura molto simile a quella di un cavo intrecciato. Consolidano e rinforzano strutture cellulari e tengono bloccati alcuni organuli grazie ad interconnessioni con altri filamenti citoscheletrici mediati dalle *plectine*. Non producono movimento e non sono polari. Sono costituiti da otto tipi di monomeri diversi che s'incrociano a tetramero a formare *protofilamenti* che, associandosi testa-coda con altri protofilamenti, formano *protofibrille* ed, infine, il filamento completo con quattro di esse.

Proteine costituenti dei filamenti intermedi sono di varie famiglie. Le più numerose sono le *cheratine*, ma si possono trovare, in cellule diverse, anche altre proteine come le *vimentine*, le *desmine*, le *proteine dei neurofilamenti*, e le *lamine*. Per assemblare un filamento intermedio servono almeno due molecole di cheratine differenti, una acida ed una neutrobasica.

### Microfilamenti

Sono rigidi bastoncini elicoidali di *actina*. La componente monomerica dei microfilamenti è la *G-actina*, globulare, a cui è legata una molecola di ATP. I fasci di actina costituenti i microfilamenti sono formati da *F-actina*, filamentosa, e ad ogni componente monomerica di questa catena è legata una molecola di ADP. I microfilamenti di actina sono formati da due catene di actina F intrecciate fra loro; queste si avvolgono ogni 36 nanometri e hanno spessore massimo di 8 nm. Sono polari, per cui un'estremità è detta più, l'altra meno.

L'assemblaggio dei microfilamenti vede una fase lenta di *nucleazione*, mediata dalle proteine *Arp2/3* che creano uno stampo su cui actine si aggiungono, e una fase più veloce di *allungamento*. L'estremità più ha maggior affinità per l'actina-ATP. Legami tra actine e *miosine* rendono possibili varie tipologie di movimento cellulare.

- Le *miosine II*, quelle convenzionali, sono responsabili della contrazione muscolare. Si muovono verso l'estremità più di un microfilamento
- La *miosina V* è in grado di camminare lungo i filamenti di actina per distanze di 30-40 nm per "passo", grazie al suo collo molto lungo

- La *miosina VI* è l'unica miosina conosciuta in grado di muoversi verso l'estremità meno, a funzione di trasporto di organelli

I filamenti di actina sono contenuti anche nelle *stereociglia*, strutture che, sotto stimoli esterni meccanici, generano impulsi nervosi percepiti come suoni. Una particolare funzione dell'actina è, anche, quella di formare *lamellipodi*, espansioni del citoplasma e della membrana verso l'esterno della cellula, a funzione di locomozione cellulare. Questo avviene con la polimerizzazione delle actine perpendicolarmente alla membrana cellulare, con l'ausilio di *proteine cappanti* che bloccano l'allungamento all'estremità più, e con l'aggiunta di G-actine all'estremità meno, che creerebbe la forza necessaria a fare da motore.

Le miosine, poi, sarebbero responsabili delle contrazioni che tirano avanti il resto della cellula. A legare i microfilamenti alla membrana plasmatica ci sono le *vinculine*, alcune *ERM* (*esrina*, *radixina* e *moesina*) ed alcune *spectrine* (*distrofina*). Infine, microfilamenti di actina si trovano all'interno dei *microvilli* cellulari, in gruppi di circa una trentina disposti parallelamente, tenuti insieme da *villina* e *fimbrina*, protetti all'estremità positiva da un cappuccio proteico (con *calmodulina* e *miosina I*) e legati alla base ad una zona corticale ricca di *spectrina*.

**Attenzione:** I nostri PDF a volte non contengono tutto il materiale presente nell'articolo originale o potrebbero non essere aggiornati.

**Articolo completo:** <https://www.biopills.net/citoscheletro-composizione-struttura-e-funzioni/>