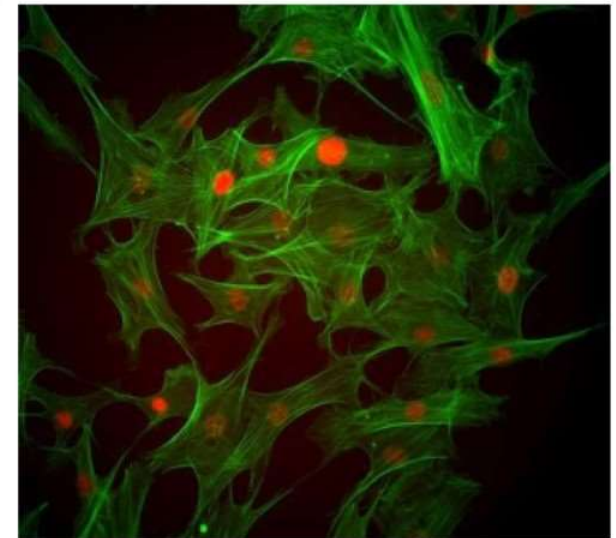
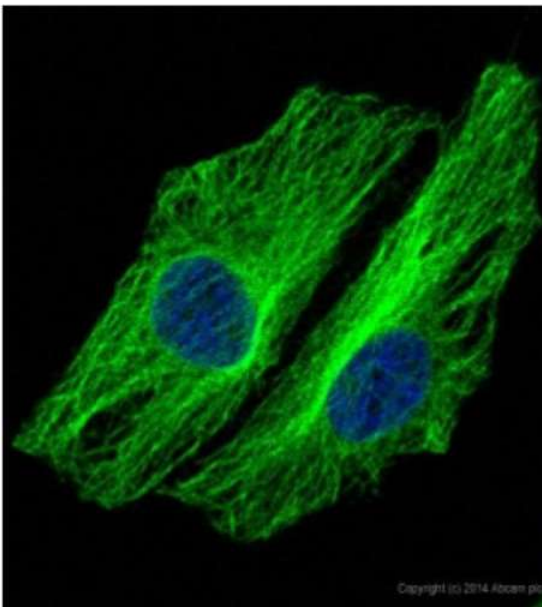
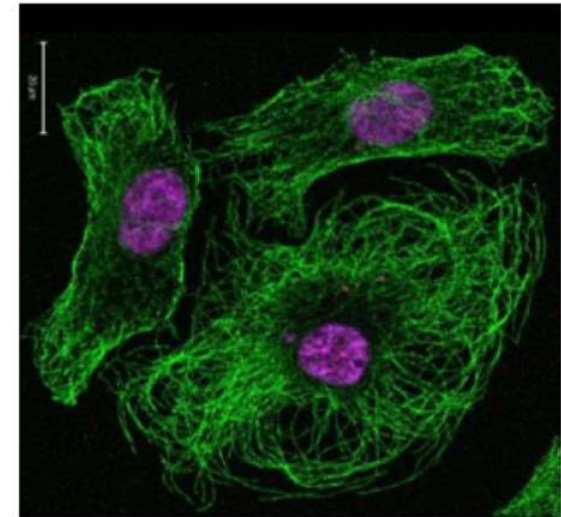
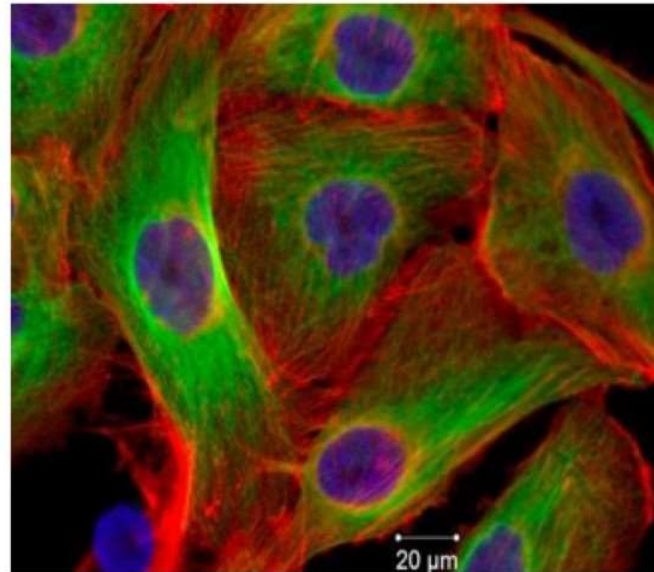
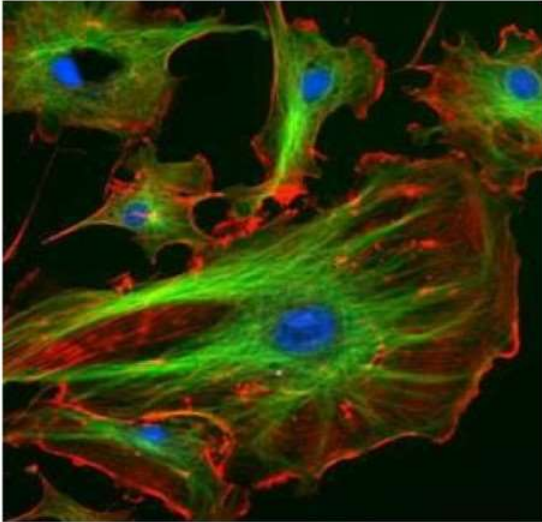


# La cellula eucariotica e i suoi organuli

## CITOSCHELETRO



Principi di Biologia e Genetica  
Scienze Motorie

2021-22

Dr ssa Elisa Mazzoni

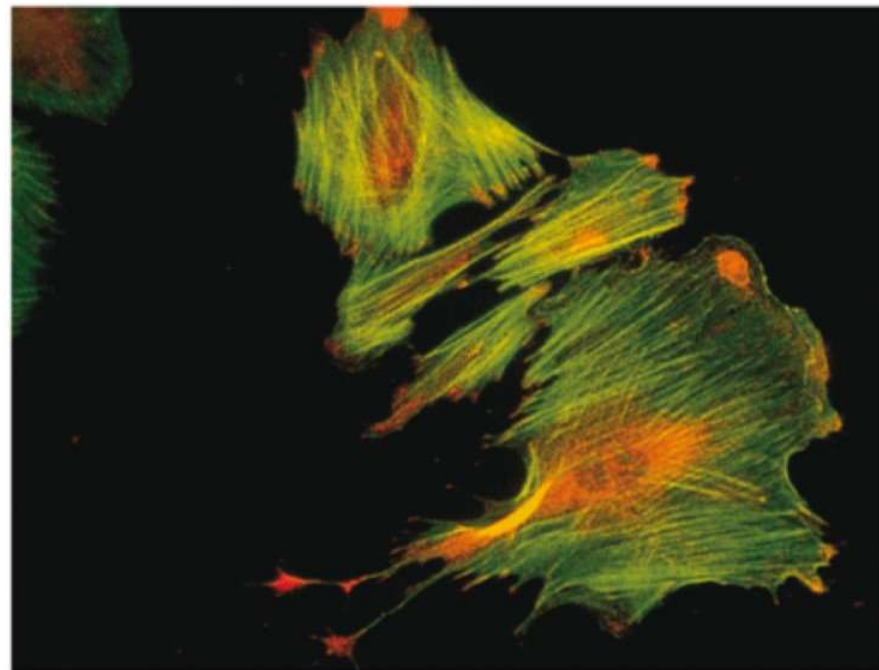
1



# Microfilamenti



(a) Ogni microfilamento è costituito da due catene di molecole di actina intrecciate tra loro.



Nancy Kedersha

100 μm

(b) Questa fotografia al microscopio ottico a fluorescenza di fibroblasti (cellule del tessuto connettivo) evidenzia numerosi fasci di microfilamenti (*in verde*).

**Figura 4-27** Microfilamenti



# Microfilamenti

Sono strutture rigide formate da una particolare proteina globulare chiamata actina.

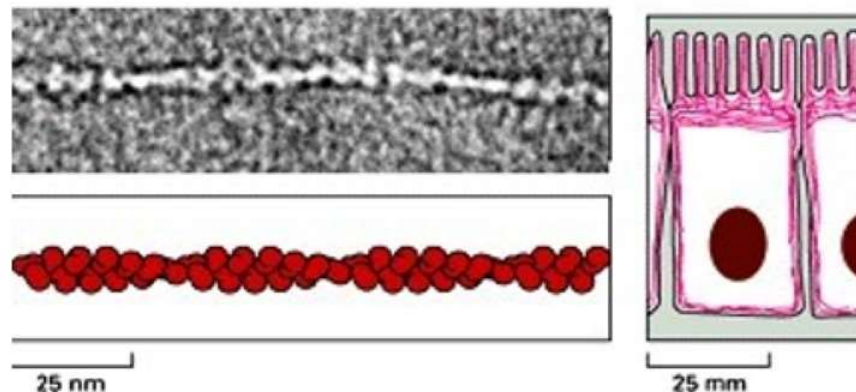
Ogni microfilamento è formato da 2 molecole di actina avvolte l'una sull'altra.  
Hanno andamento elicoidale e si intrecciano l'una sull'altra.

I **filamenti di actina** (noti anche come micro-filamenti) sono polimeri elicoidali a due filamenti della proteina **actina**.

Hanno l'aspetto di strutture flessibili, con un diametro di 5-9 nm organizzate in una varietà di fasci lineari, reti bidimensionali e gel tridimensionali.

Sebbene i filamenti di actina siano dispersi in tutta la cellula, sono più concentrati nella corteccia, appena sotto la membrana plasmatica.

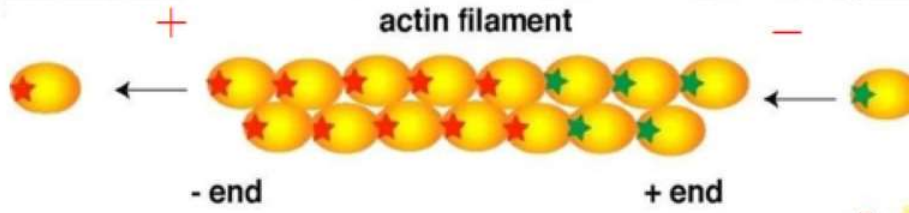
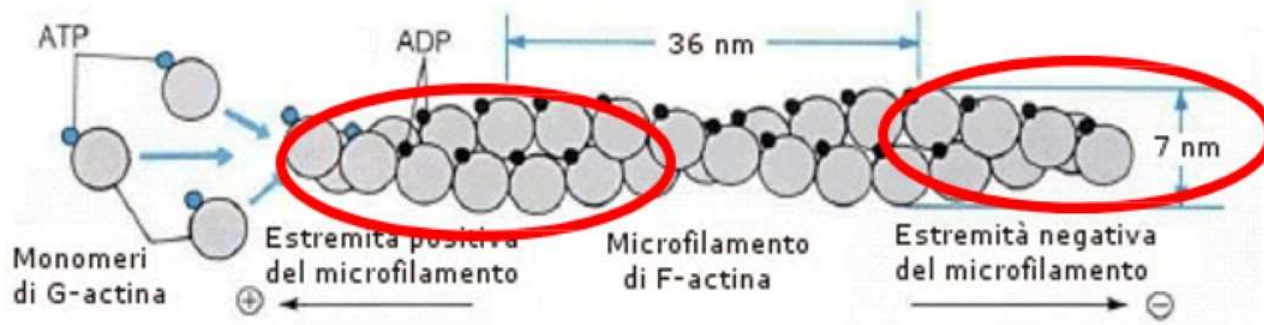
Rappresentano il 15-20% delle proteine totali cellulari





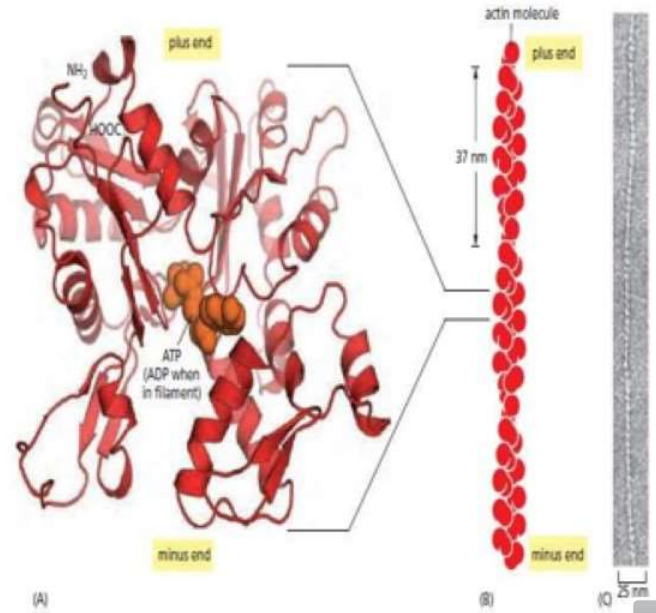


# Microfilamenti

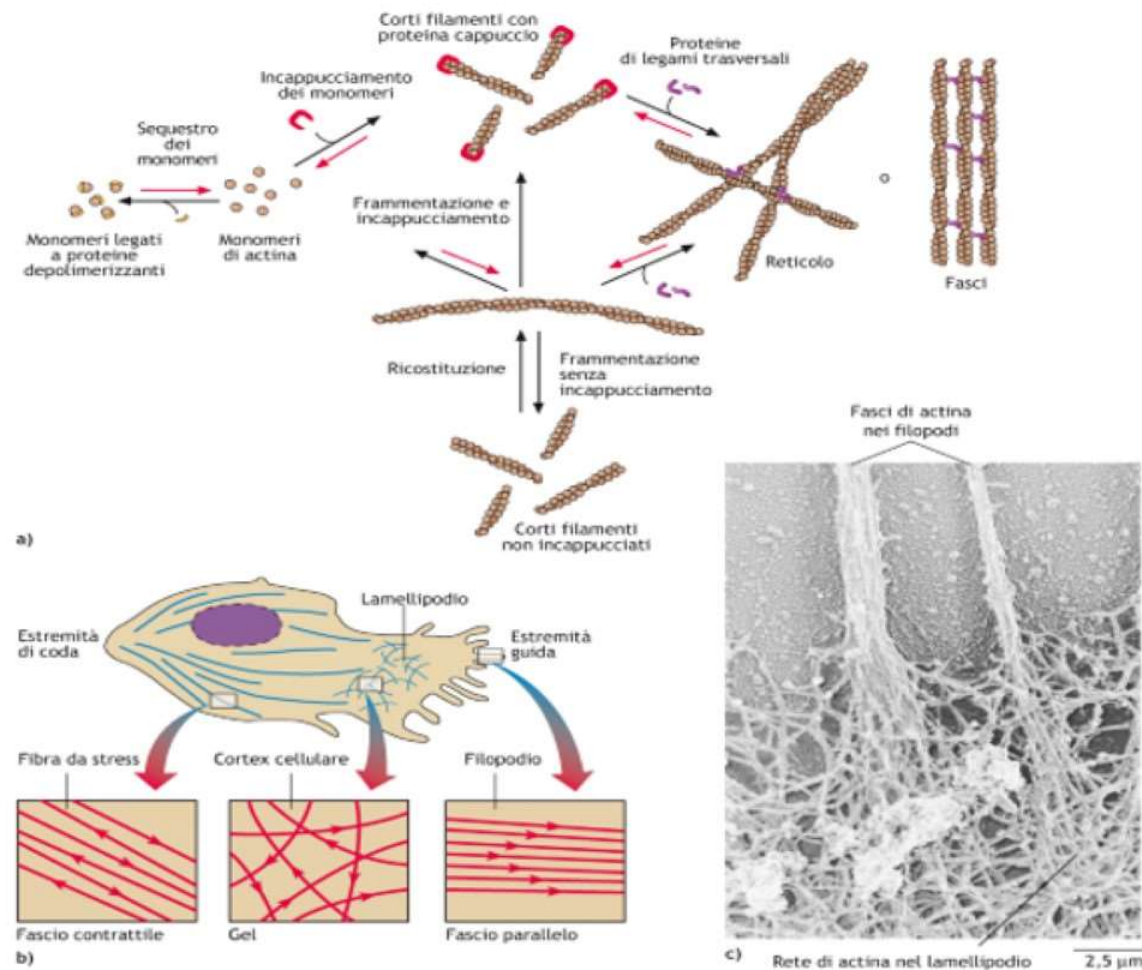
## Assemblaggio



-  actin monomer bound to ADP
-  actin monomer bound to ATP



# ARCHITETTURA DEI MICROFILAMENTI

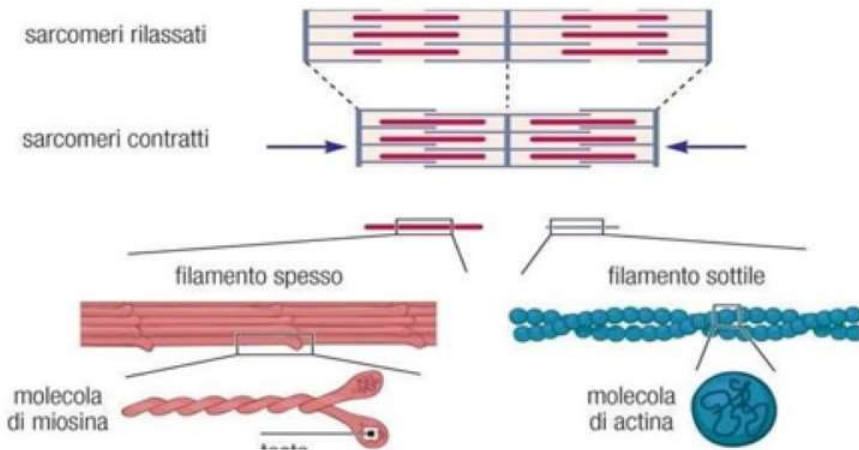


**Figura 2.87 Architettura dei microfilamenti.** (a) Nel citosol, grazie al legame con proteine che controllano il comportamento dei filamenti actinici, questi possono organizzarsi a formare strutture differenti, filamentose corte o lunghe, con le estremità bloccate e non; diversi filamenti si possono associare in reticoli o in fascetti; (b) le diverse conformazioni che i filamenti di actina possono assumere, possiamo trovarle contemporaneamente in una cellula; ad es. in un macrofago ci saranno: (i) fascetti contrattili di actina che corrono dalla estremità di coda della cellula all'estremità guida, e sono le fibre da stress; (ii) alla periferia si trova il cortex, costituito da una rete tridimensionale di microfilamenti intrecciati a formare un gel; (iii) alla estremità guida del macrofago si possono formare delle proiezioni della membrana plasmatica, i filopodi in cui i microfilamenti formano dei veri e propri fascetti. (c) Nella micrografia elettronica si vedono i fasci di actina nei filopodi di un macrofago; tali fascetti si estendono dalla rete di microfilamenti presente al di sotto della membrana plasmatica di un lamellipodio.

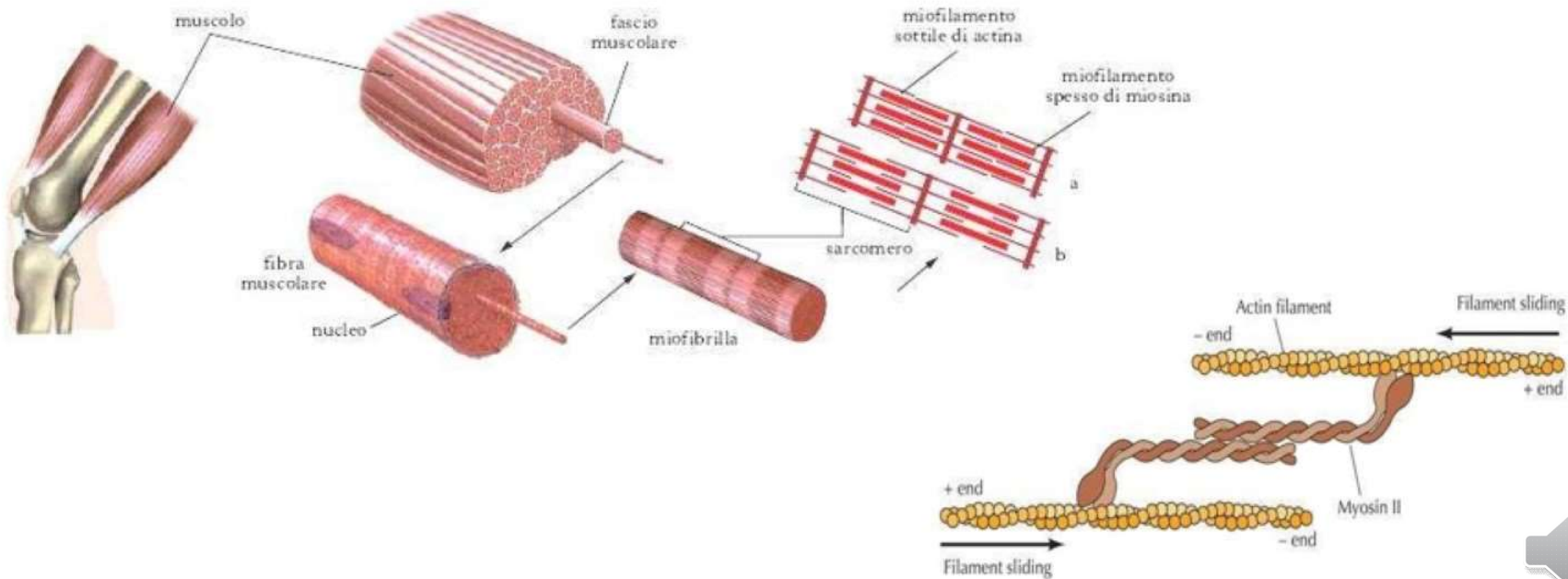


# Microfilamenti

I microfilamenti di actina sono essenziali per la contrazione muscolare



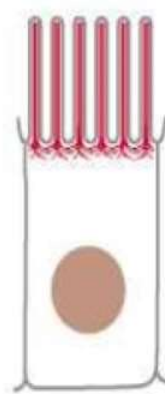
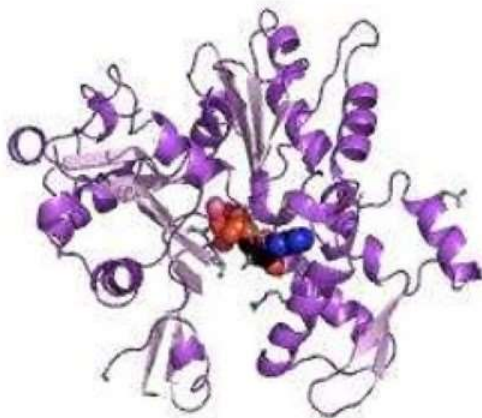
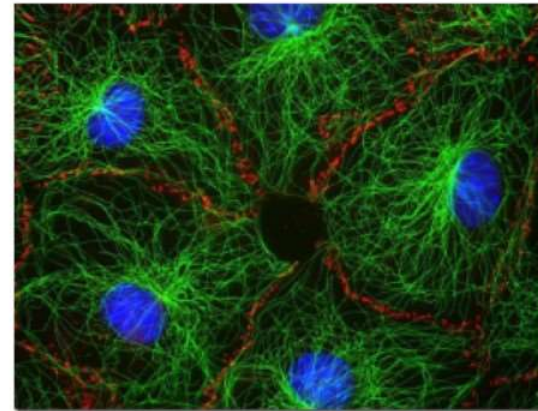
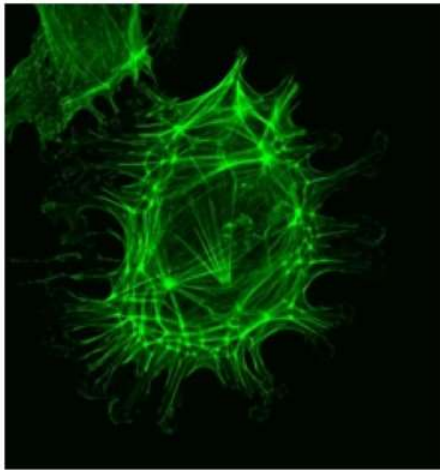
La **contrazione muscolare** dipende dall'interazione di **actina e miosina**. I filamenti spessi si attaccano a quelli sottili tirandoli verso il centro del **sarcomero**.



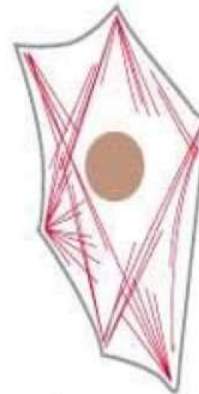


# Microfilamenti

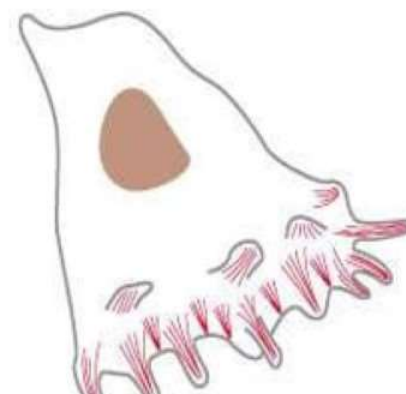
I microfilamenti aiutano la cellula a cambiare forma.



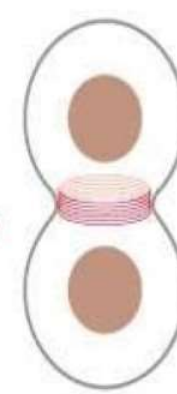
(A)



(B)



(C)



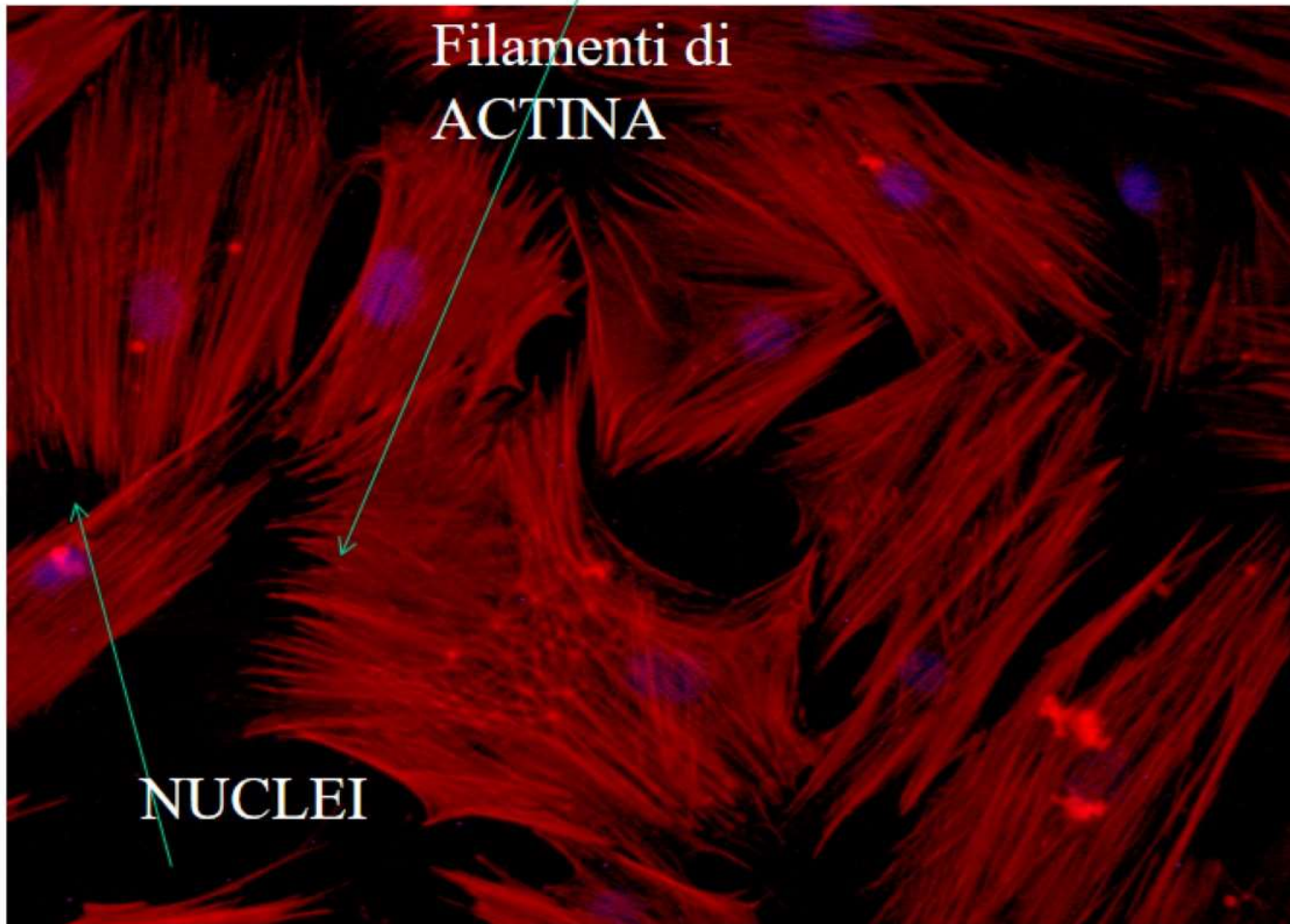
(D)

©1998 GARLAND PUBLISHING



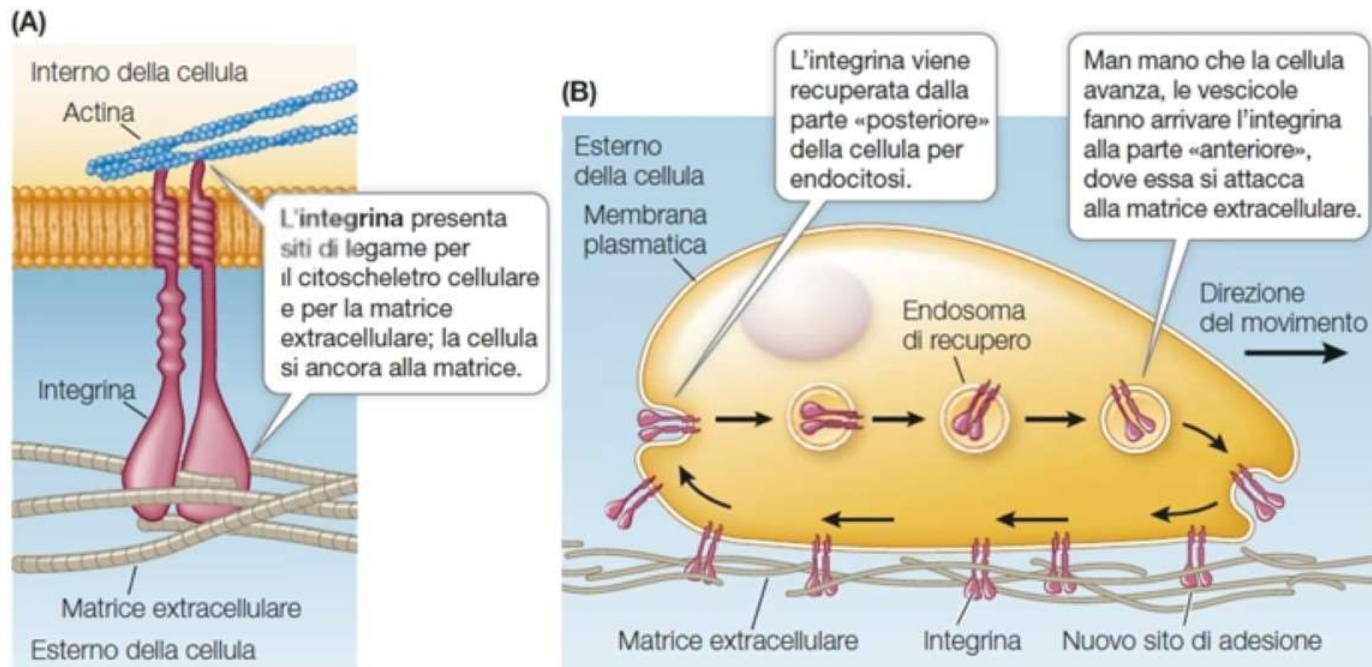
# Microfilamenti

Citoscheletro di hASC evidenziato con  
Immunocitochimica (Falloidina <sup>TRITC</sup>)



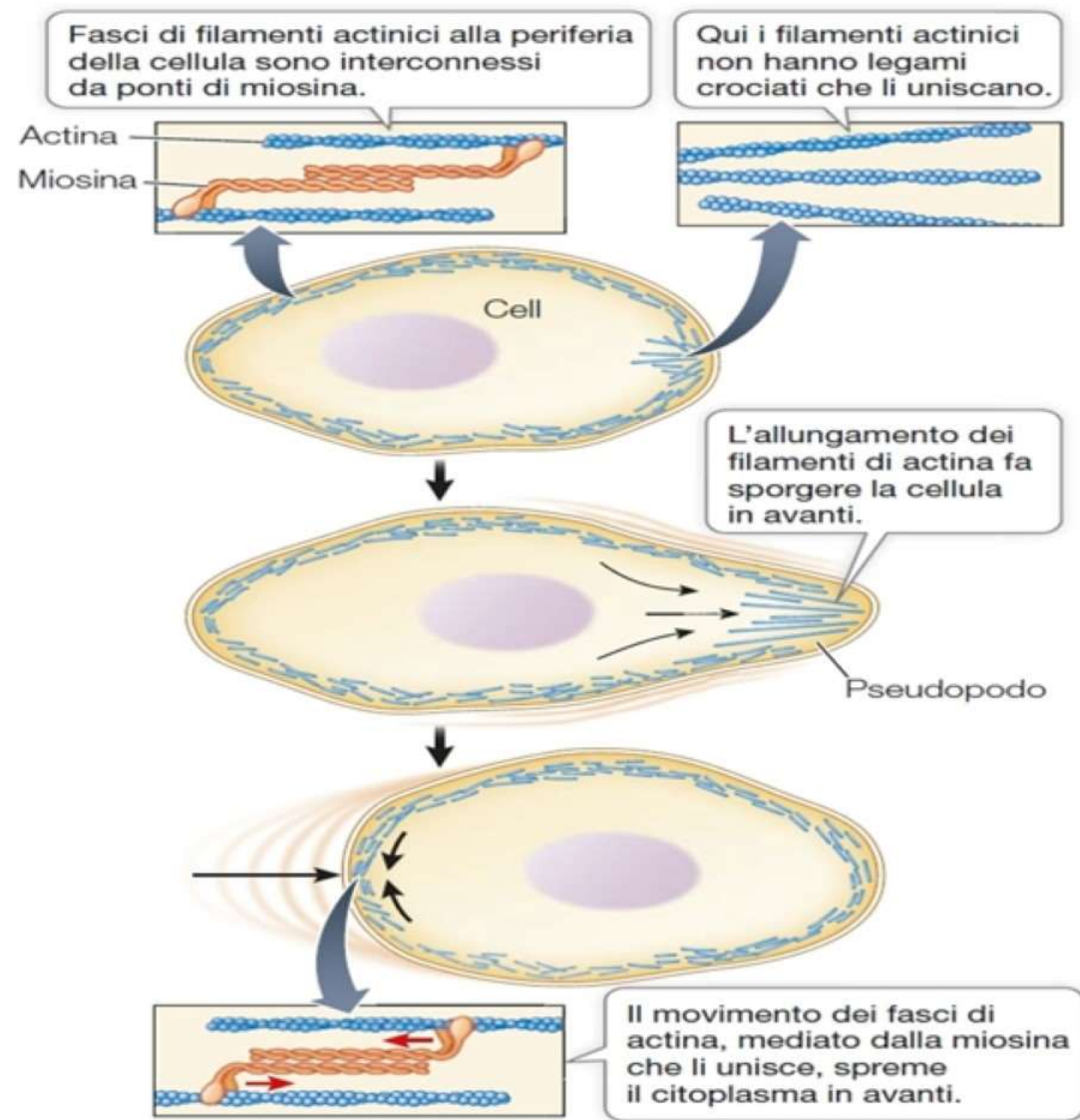


# Interazione del citoscheletro (ACTINA) e INTEGRINE PER ADESIONE ALLA MATRICE EXTRACELLULARE



**Figura 6.8 Le integrine e la matrice extracellulare**  
(A) Le integrine fanno da tramite per l'attacco delle cellule alla matrice extracellulare. (B) L'attacco delle integrine rende possibili i movimenti cellulari.





**Figura 5.15 Microfilamenti e movimenti cellulari**

I microfilamenti mediano il movimento dell'intera cellula (come illustrato qui per il movimento ameboide) e anche il movimento del citoplasma all'interno di essa.



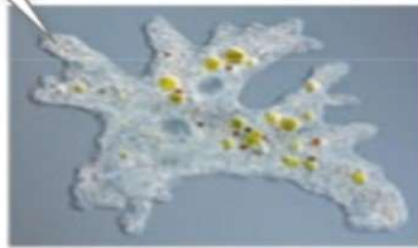
**Figura 5.20A Il ruolo dei microfilamenti nel movimento cellulare – dimostrazione di una relazione causa-effetto in biologia**

**IPOTESI**

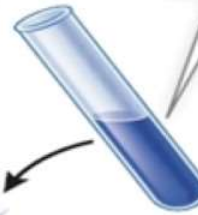
I movimenti cellulari ameboidi sono causati dal citoscheletro.

**METODO**

L'*Amoeba proteus* è un eucariote monocellulare che si muove estendendo la sua membrana sulla parte anteriore della cellula mentre la contrae su quella posteriore.



La citocalasina B è un farmaco che blocca la formazione dei microfilamenti, facenti parte del citoscheletro.



*Amoeba* trattata con citocalasina B



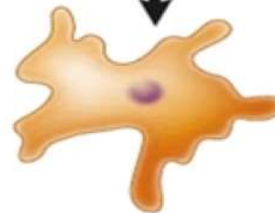
Campione di controllo: inoculazione senza farmaco

**RISULTATI**

L'*Amoeba* si arrotonda e smette di muoversi.



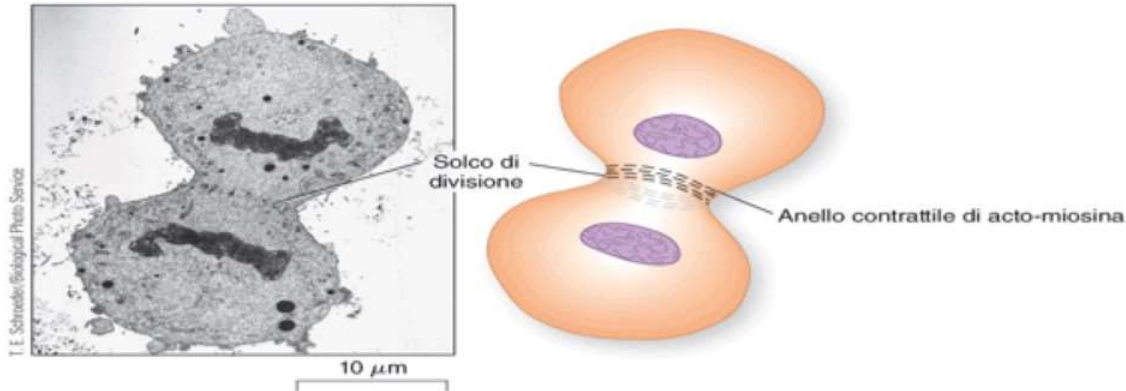
L'*Amoeba* di controllo continua a muoversi.



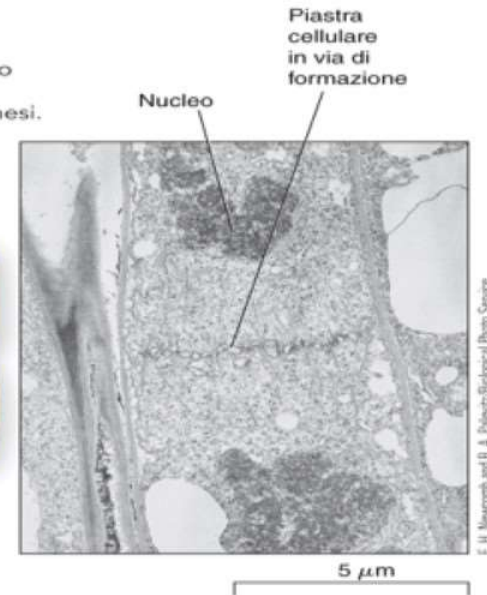
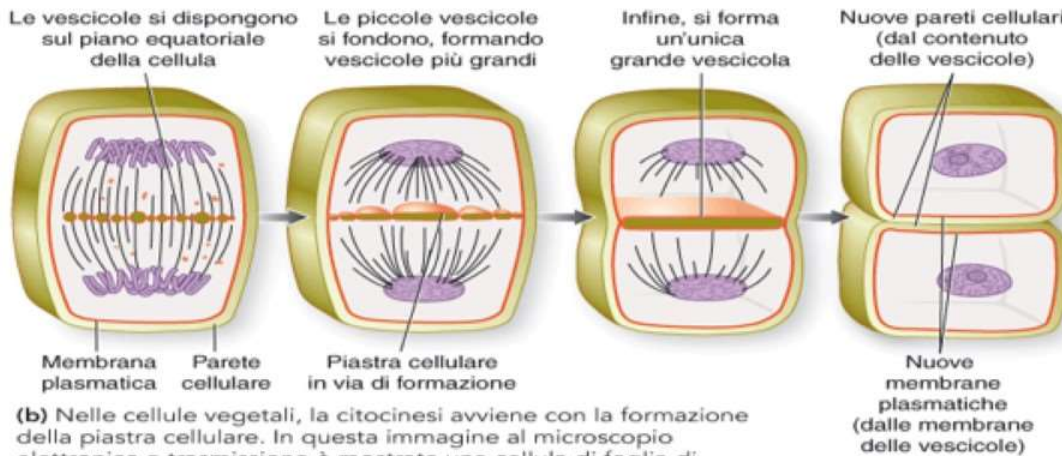


# Microfilamenti

Formano un anello di contrazione formato da actina e miosina causando la strozzatura della cellula per dare origine a due cellule figlie



(a) Questa immagine al microscopio elettronico a trasmissione mostra la formazione del solco di divisione nel piano equatoriale di una cellula animale in coltura durante la citocinesi. Anche nelle cellule fungine in divisione si forma un anello contrattile che determina la citocinesi.



(b) Nelle cellule vegetali, la citocinesi avviene con la formazione della piastra cellulare. In questa immagine al microscopio elettronico a trasmissione è mostrata una cellula di foglia di acero (*Acer saccharinum*) che sta effettuando la citocinesi.

**Figura 10-11 Citocinesi in cellule animali e vegetali**

I nuclei in entrambe le immagini al microscopio elettronico a trasmissione sono allo stadio di telofase. I disegni interpretativi mostrano le relazioni tridimensionali.



# Filamenti intermedi

Sono formati da proteine fibrose di varie proteine , una **famiglia grande e eterogenea**, tra cui la **cheratina e vimentina**.

Hanno un diametro di circa 10 nm

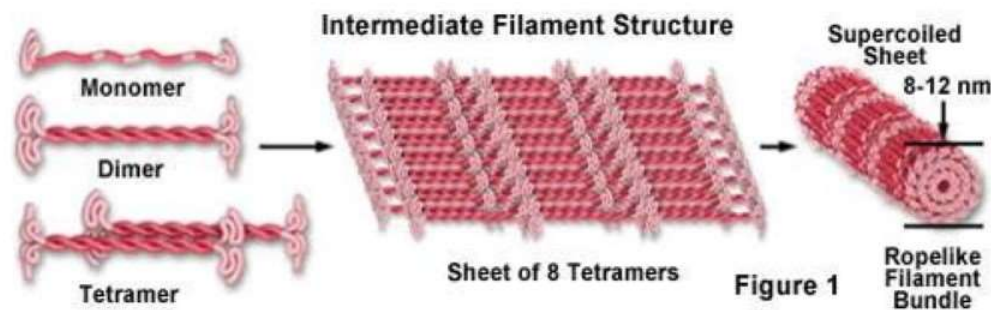
Hanno funzione di rinforzo per sopportare eventualmente tensioni e tenere fermi gli organuli nel citoplasma.

Danno alle cellule **forza meccanica** e sopportando gli stress meccanici nel tessuto epiteliale, attraversando il citoplasma da una giunzione cellulare

I filamenti intermedi hanno ruolo strutturale di resistenza trazionale e di stabilità meccanica.

**Contribuiscono all'adesione cellulare tramite desmosomi e emidesmosomi, ed interagiscono con microtubuli e microfilamenti al consolidamento del citoscheletro**

Sono inoltre partecipi dell'ampliamento della complessità che caratterizza il citoscheletro.



# Filamenti intermedi

Classi	Famiglia	Component	Localizzazione
I	<a href="#">Cheratine</a>	Cheratina Acida	e
I		Cheratina Basica Cheratina Neutra	<a href="#">Epitelio</a> , derivati ( <a href="#">unghia</a> , <a href="#">pelo</a> , <a href="#">piuma</a> )
I	Vimentinosimili	<a href="#">Vimentina</a>	<a href="#">Cellule di origine mesenchimale</a> ( <a href="#">fibroblasti</a> , <a href="#">endotelio</a> , ecc.) <a href="#">Cellule Muscolari</a> <a href="#">Astrociti</a> , <a href="#">cellule di Schwann</a> <a href="#">Neuroni</a> del <a href="#">SNP</a>
II		<a href="#">Desmina</a> <a href="#">GFAP</a>	
I		<a href="#">Periferina</a>	
I V	FI Neuronali	<a href="#">Neurofilamento</a> (NF-L/NF-M/NF-H) <a href="#">Internexina</a> <a href="#">Sinemina</a> <a href="#">Sincoilina</a>	<a href="#">Neuroni</a> <a href="#">Neuroni in sviluppo</a> <a href="#">Cellule Muscolari</a> <a href="#">Cellule Muscolari</a>
V	<a href="#">lamine</a>	Lamina A Lamina B Lamina C	<a href="#">Lamina nucleare</a>
V	Nestine	Nestina	<a href="#">Cellule staminali</a>

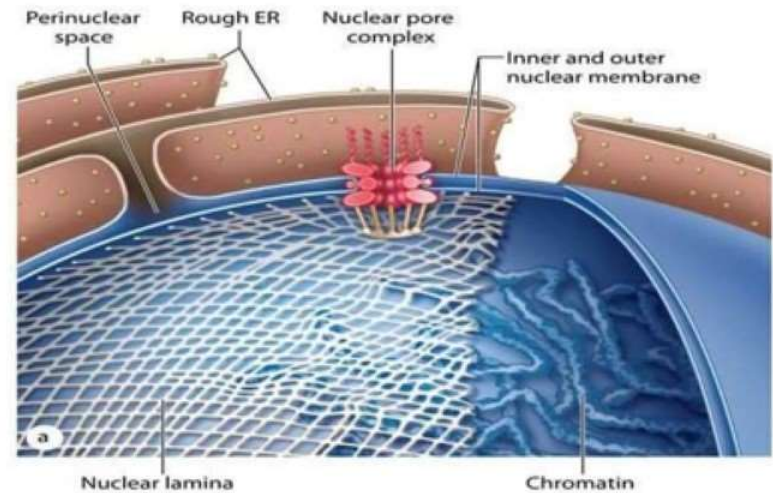
I





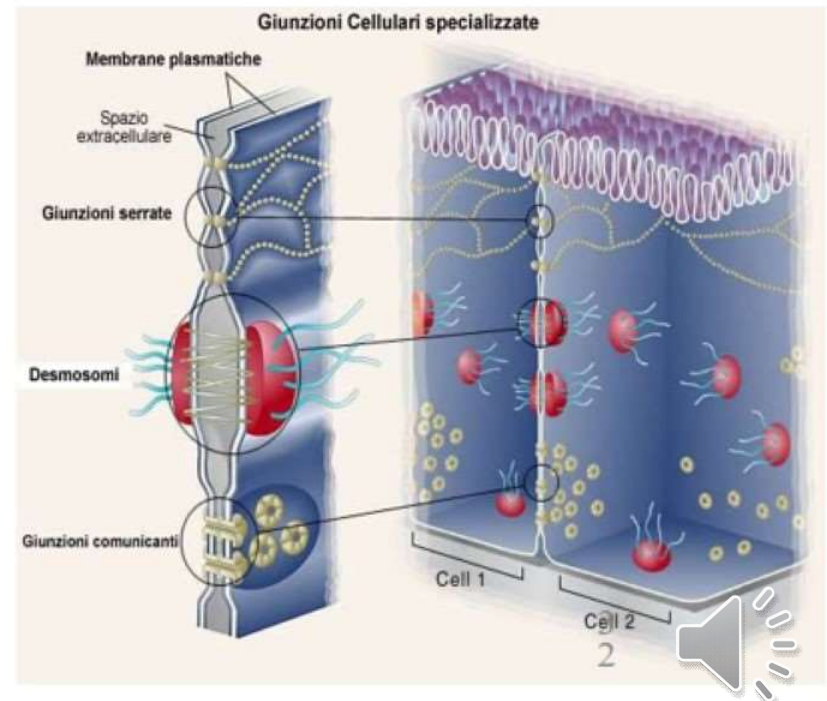
# Filamenti intermedi

Un tipo di filamento intermedio forma un reticolo, chiamato **lamina nucleare**, Presente sotto la membrana nucleare interna.



Altri tipi si estendono :

- (i) attraversano il citoplasma, dando alle cellule forza meccanica e
- (ii) Soppo a gli stress meccanici nel tessuto epiteliale, attraversando il citoplasma da una giunzione cellulare all'altra.

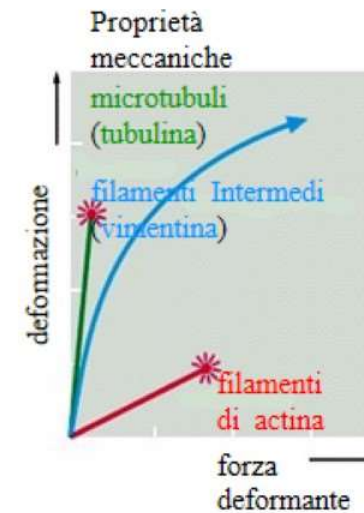
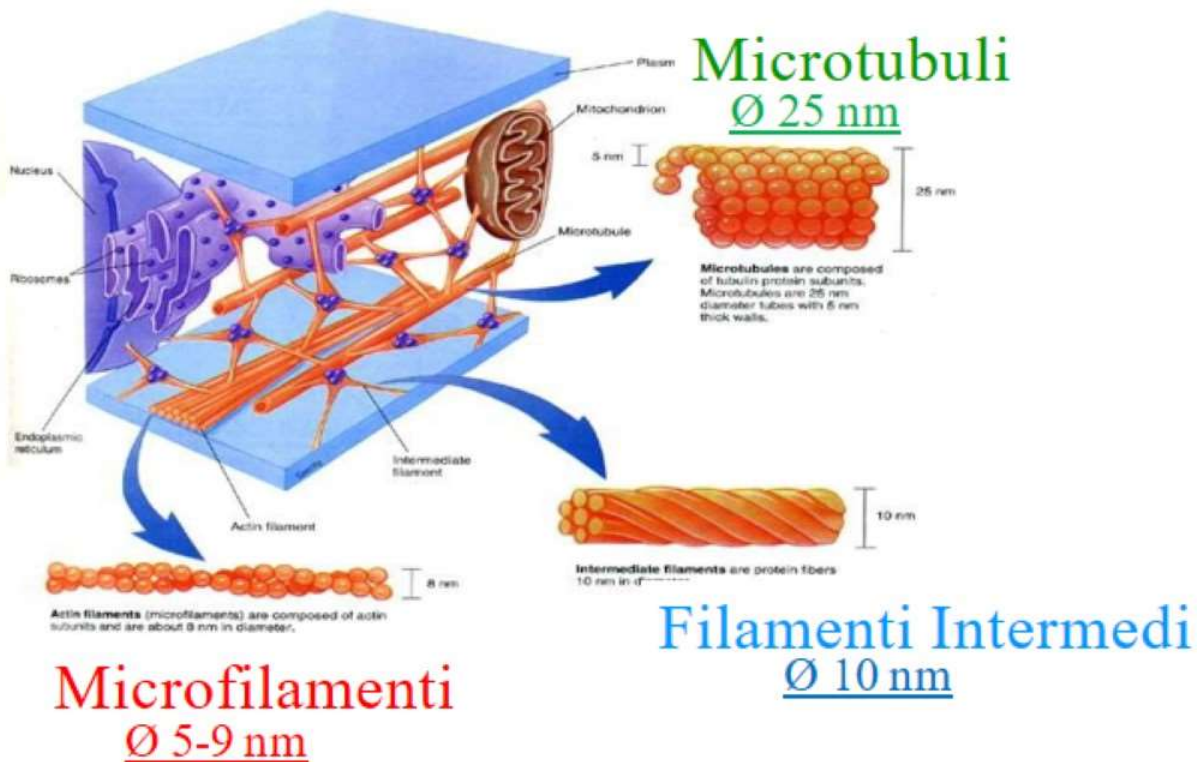


# CITOSCHELETRO

**Microtubuli** (costituiti da tubulina  $\alpha\beta$ , subunità proteiche globulari)

**Microfilamenti** (filamenti di actina, subunità proteica globulare )

**Filamenti Intermedi** (varie proteine fibrose)

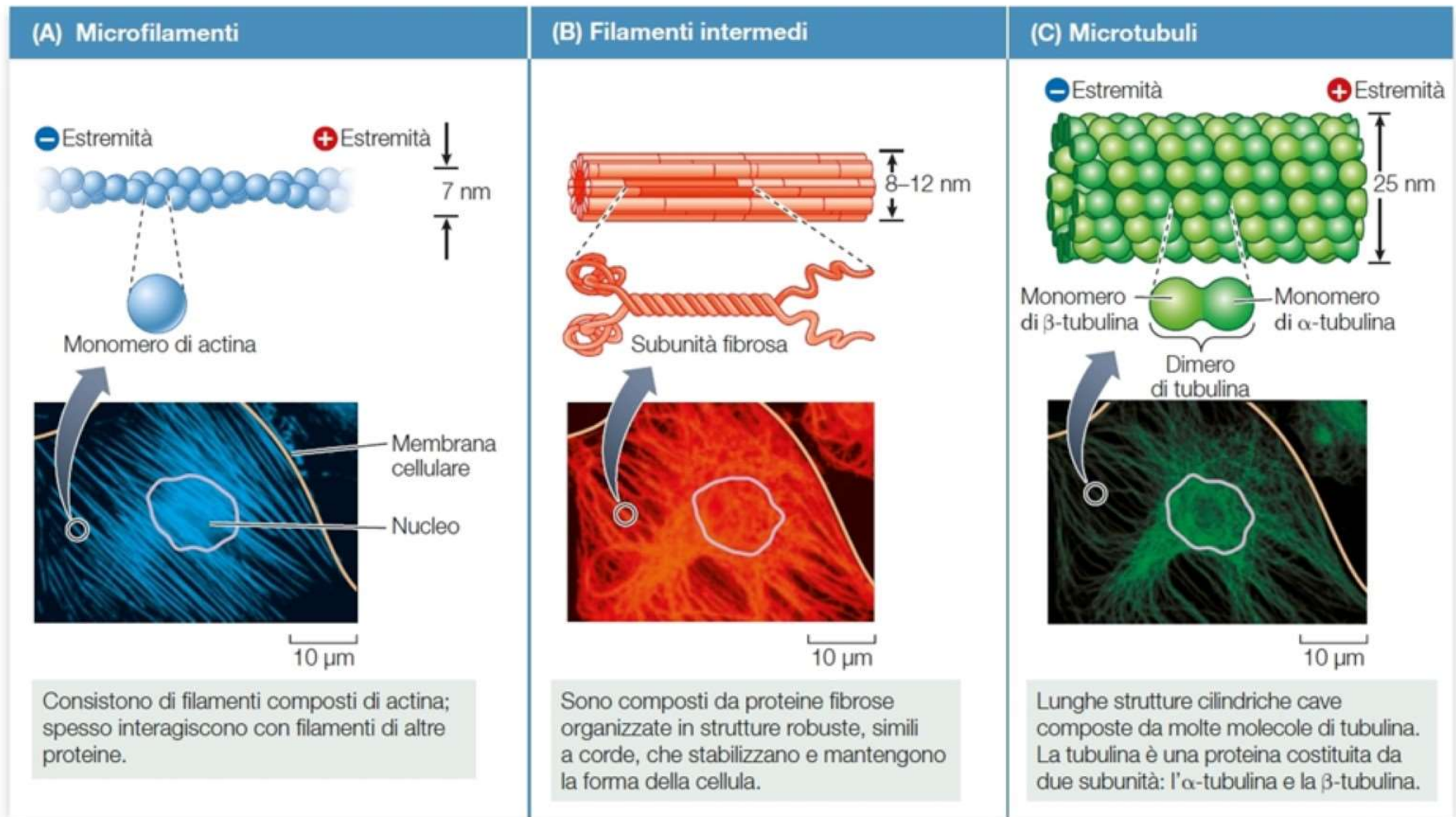


1nm=0,001  $\mu$ m

1 $\mu$ m=0,001 mm





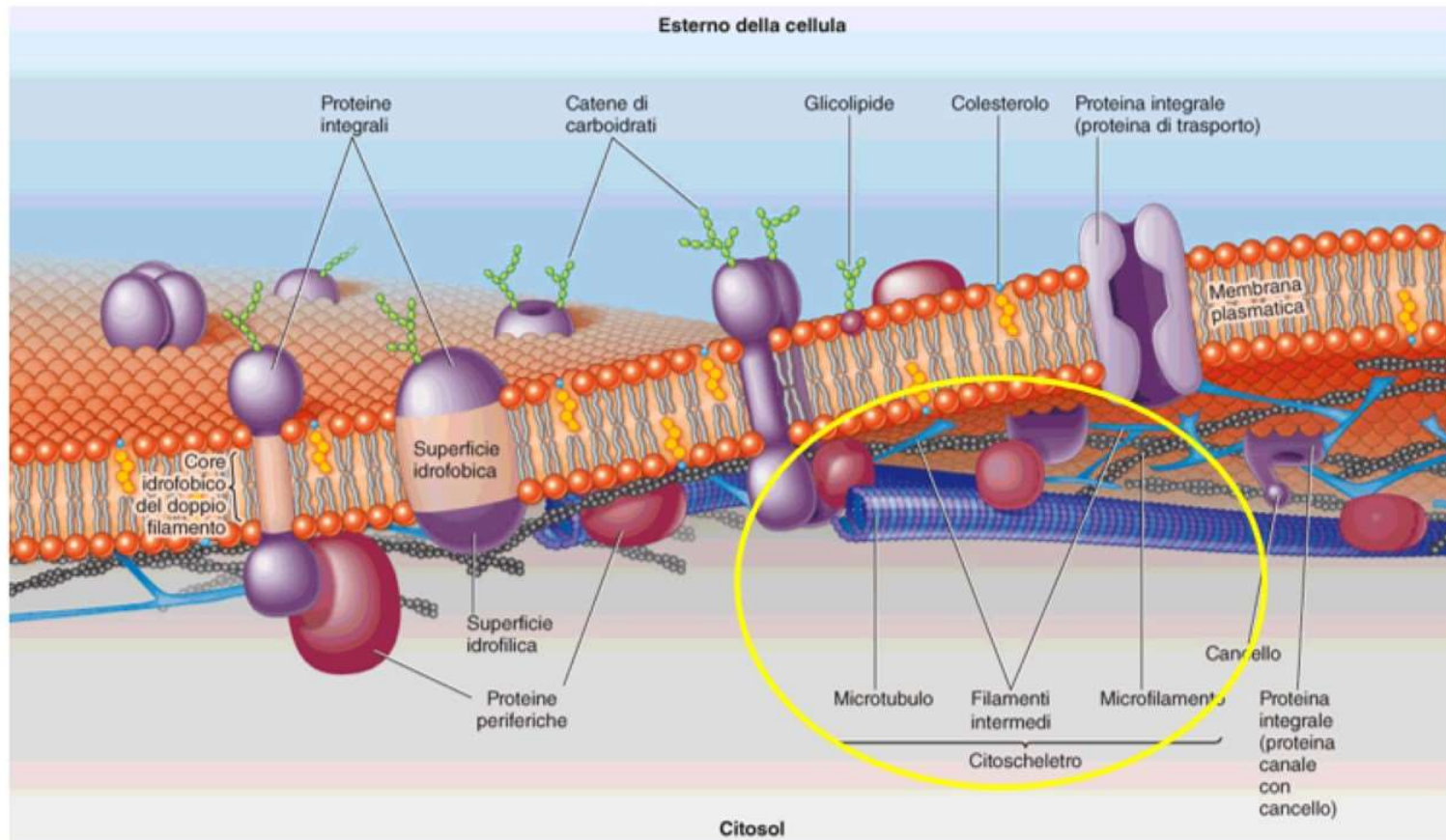


**Figura 5.14 Il citoscheletro** La figura illustra nei particolari le tre componenti strutturali più evidenti e importanti del citoscheletro. Le immagini ritraggono la stessa cellula, trattata con diversi anticorpi fluorescenti, che rivelano i microfilamenti (A), i filamenti intermedi (B) e i microtubuli (C). Queste strutture mantengono la forma della cellula, la rinforzano e contribuiscono al suo movimento. Il nucleo della cellula è prossimo al centro delle inquadrature.





# Interazione citoscheletro e membrana plasmatica



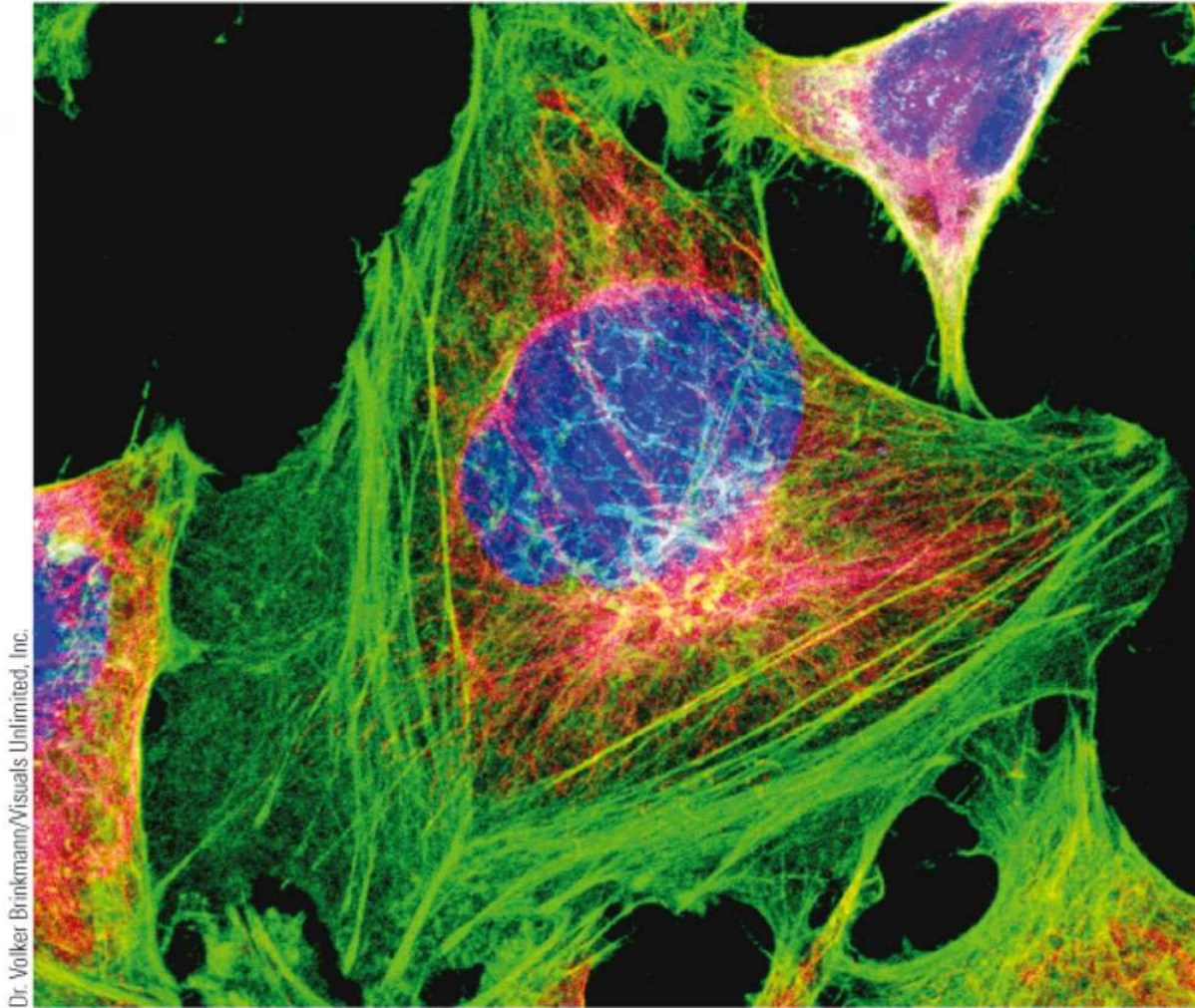
**Figura 5-4** Struttura dettagliata della membrana plasmatica

Le membrane cellulari sono composte di un doppio strato di fosfolipidi in cui le proteine si muovono come iceberg nel mare. Anche se il doppio strato lipidico è costituito principalmente da fosfolipidi, vi si trovano altri lipidi, come il colesterolo e i glicolipidi. Le proteine periferiche sono debolmente associate al doppio strato, mentre le proteine integrali sono strettamente legate a esso. Le proteine integrali qui illustrate sono del tipo transmembrana e si estendono attraverso il doppio strato. Esse sono caratterizzate da regioni idrofiliche su entrambe le facce del doppio strato connesse da una regione idrofobica che attraversa la membrana. I glicolipidi (carboidrati attaccati ai lipidi) e le glicoproteine (carboidrati attaccati alle proteine) sono esposti sulla superficie extracellulare; entrambi hanno un ruolo importante nel riconoscimento e nell'adesione cellulare.



# CITOSCHELETRO

Filamenti Intermedi in rosso  
Microfilamenti in verde



**Il citoscheletro.** La cellula mostrata qui è stata marcata con molecole fluorescenti che si legano al DNA (*in blu*), ai microfilamenti (*in verde*), e ai filamenti intermedi (*in rosso*). Questo tipo di microscopio, noto come microscopio a fluorescenza confocale, mostra la distribuzione dei microfilamenti in questa cellula.





# CITOSCHELETRO

## PUNTO CHIAVE

Il citoscheletro è costituito da reti di diversi tipi di fibre che sostengono la cellula e sono importanti nel movimento cellulare.

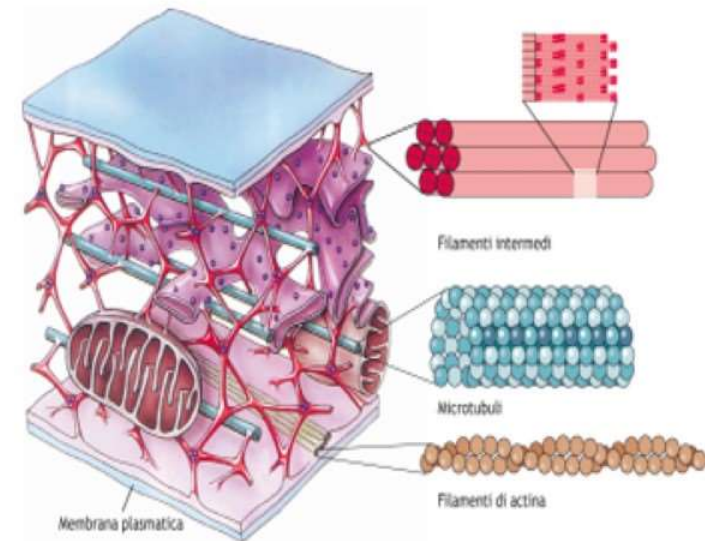
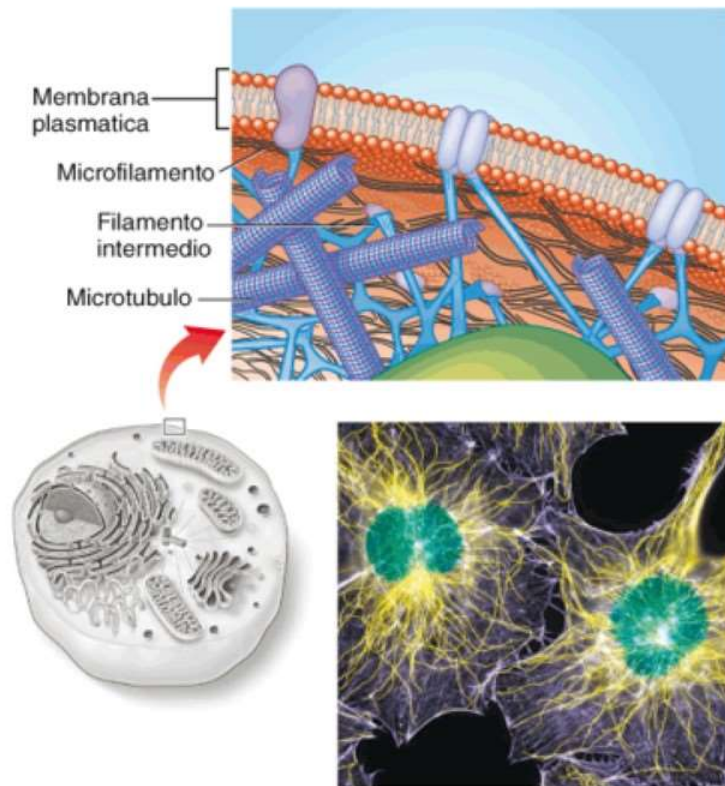


Figura 2.82 Distribuzione del citoscheletro nel citoplasma e schema rappresentativo della struttura dei singoli elementi che lo compongono.

### Figura 4-22 Citoscheletro

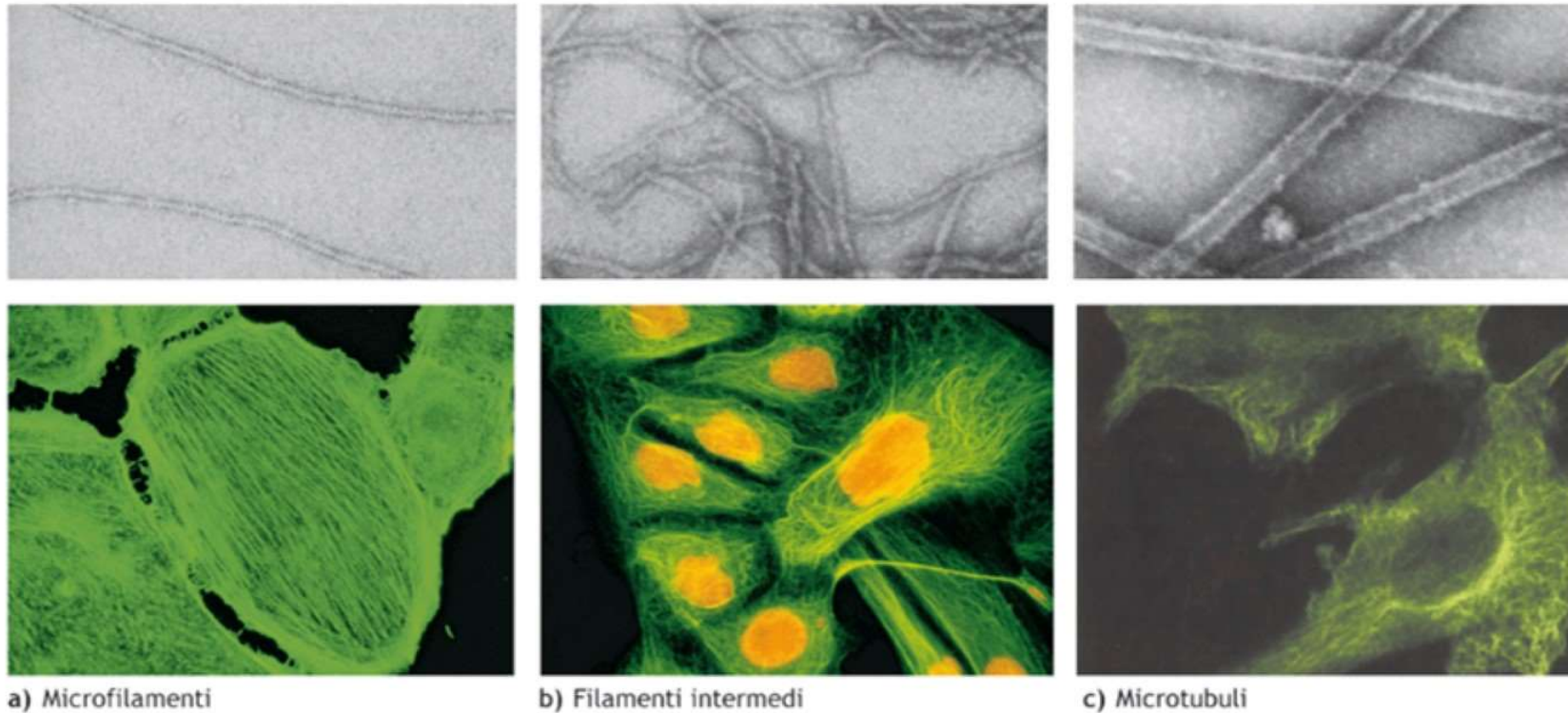
Le cellule eucariotiche posseggono un citoscheletro costituito da reti di fibre diverse, tra cui i microtubuli, i microfilamenti e i filamenti intermedi. Il citoscheletro determina la forma della cellula, l'ancoraggio degli organuli e i rapidi cambiamenti che si verificano quando la cellula si muove. Nella micrografia ottica a fluorescenza è visibile il citoscheletro di due fibroblasti (microtubuli, in giallo; microfilamenti, in blu; nuclei, in verde).

Microtubuli in giallo e  
Microfilamenti in blu





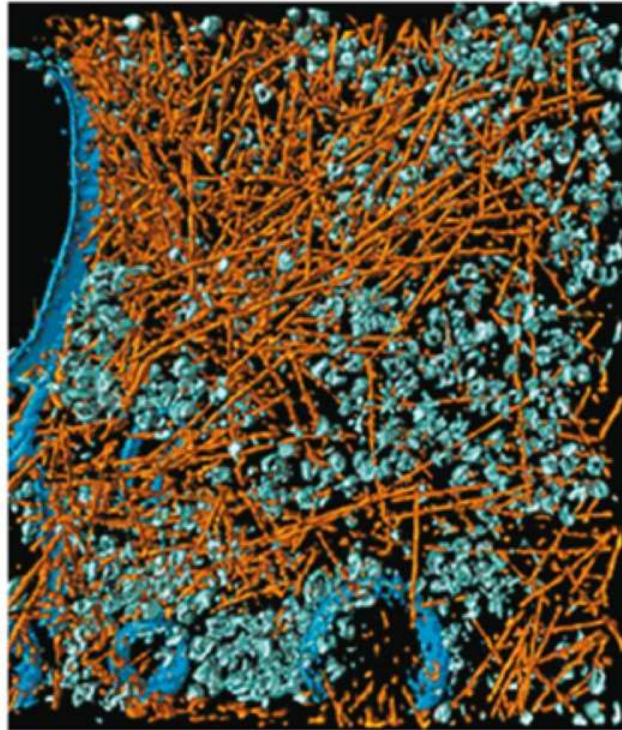
# CITOSCHELETRO



**Figura 2.83** I tre tipi di filamenti proteici che formano il citoscheletro. **(a)** Filamenti di actina; **(b)** filamenti intermedi; **(c)** microtubuli. Nei pannelli in alto micrografie elettroniche di campioni colorati negativamente, allo stesso ingrandimento. In basso, micrografie a fluorescenza di cellule colorate per ciascun tipo di polimero.



## FILAMENTI DEL CITOSCHELETRO



**Figura 1.11** Il citoplasma di una cellula eucariotica è un compartimento affollato. Questa è una fotografia al microscopio elettronico, colorata artificialmente, che mostra una piccola porzione di citoplasma, prossimale al margine sottile di un organismo eucariotico unicellulare, che è stato congelato rapidamente prima dell'esame microscopico. La visualizzazione tridimensionale è possibile grazie alla ripresa su due dimensioni di immagini digitali di una sezione vista da diverse angolazioni, integrando successivamente le singole immagini con un computer. I filamenti di citoscheletro sono mostrati in rosso, i complessi macromolecolari (soprattutto ribosomi) sono verdi e porzioni della membrana plasmatica sono in blu. (DA OHAD MEDALIA ET AL. SCIENCE 298:1211, 2002, FIGURA 3A. © 2002, RIPRODOTTA PER GENT. CONC. DALL'AAAS. FOTO GENT. FORNITA DA WOLFGANG BAUMEISTER.)



# FILAMENTI DEL CITOSCHELETRO

## caratteristiche principali

	Microtubuli	Microfilamenti	Filamenti intermedi
Struttura	Tubo cavo con una parete formata da 13 protofilamenti	Due catene di actina F intrecciate	Otto protofilamenti collegati testa a testa con sovrapposizioni sfalsate
Diametro	Esterno: 25 nm Interno: 15 nm	7 nm	8-12 nm
Monomeri	Tubulina $\alpha$ Tubulina $\beta$	Actina G	Varie proteine (elencate nella Tabella 2.7)
Polarità	Estremità positive e negative	Estremità positive e negative	Polarità sconosciuta
Funzioni	Assonemali: motilità cellulare Citoplasmatici: organizzazione e mantenimento della forma della cellula animale movimento dei cromosomi disposizione e movimento degli organelli	Contrazione muscolare Movimento ameboide Correnti citoplasmatiche  Divisione cellulare Mantenimento della forma della cellula animale	Supporto strutturale Mantenimento della forma della cellula animale Rafforzamento dell'assone della cellula nervosa (proteine dei neurofilamenti)  Mantenimento del registro delle fibre muscolari (desmina)

**Tabella 2.8** Proprietà di microtubuli, microfilamenti e filamenti intermedi.





# Proteine motrici

Proteine associate ai microtubuli	
Dineina citoplasmatica	Movimento verso l'estremità negativa del microtubulo
Dineina assonemale	Attivazione dello scorrimento dei microtubuli nel flagello
Kinesina	Movimento verso l'estremità positiva del microtubulo
Proteine associate ai microfilamenti	
Miosina I, monomero	Movimento lungo il filamento di actina
Miosina II, filamento	Movimento lungo il filamento di actina nel sarcomero della cellula muscolare

**Tabella 2.6** Alcune proteine motrici delle cellule eucariotiche.



grazie!

