

La cellula in dettaglio

1

ASPETTI GENERALI

Che cos'è la cellula?

La cellula è la più piccola porzione di un essere vivente in grado di svolgere una vita, entro certi limiti, autonoma.

Tutti gli organismi viventi, animali e vegetali, sono costituiti da cellule; moltissimi esseri viventi microscopici sono costituiti da una sola cellula e vengono quindi detti **unicellulari**; gli esseri viventi che vediamo a occhio nudo sono, invece, **pluricellulari**, cioè sono costituiti da molte cellule unite tra loro.

L'essere umano è costituito da circa 60.000 miliardi di cellule, organizzate e raggruppate a formare organi e tessuti diversi.

Dimensioni e forma delle cellule

Le cellule, normalmente, non si vedono a occhio nudo, ossia hanno **dimensioni microscopiche**. L'unità di misura più adatta per descrivere le dimensioni cellulari è il micrometro (simbolo μm).

Le cellule sono visibili al **microscopio ottico**, ma per riconoscere le più fini

strutture presenti al loro interno è necessario ricorrere al **microscopio elettronico**, che può evidenziare strutture ultramicroscopiche, per le quali usiamo come unità di misura il **nanometro** (simbolo **nm**: $1.000 \text{ nm} = 1 \mu\text{m}$) oppure l'**Angström** (simbolo **Å**: $10.000 \text{ Å} = 1 \mu\text{m}$).

Le **dimensioni** delle cellule, quasi sempre microscopiche, variano sensibilmente da pochi micrometri di diametro (ad esempio i batteri, $1-2 \mu\text{m}$), a circa 100-150 micrometri (le cellule uovo dell'essere umano).

Anche la **forma** delle cellule varia notevolmente: ad esempio, le cellule epiteliali possono essere piatte, cubiche o cilindriche; le cellule muscolari hanno forma allungata a fuso (con estremità assottigliate e parte centrale più larga); i globuli rossi hanno la forma di un disco biconcavo (Figura 2).

La forma delle diverse cellule riflette la loro diversa funzione o specializzazione funzionale: **forma e funzione sono collegate**.



Figura 1 – Esistono enormi cellule animali, visibili a occhio nudo (hanno un diametro di diversi centimetri!): sono le uova di varie specie di rettili e uccelli.

Unità di misura

Il **micrometro** (μm) è la milionesima parte del metro e la millesima parte del millimetro (quindi $1.000.000 \mu\text{m} = 1 \text{ m}$ e $1.000 \mu\text{m} = 1 \text{ mm}$).

Il **nanometro** (**nm**) è la millesima parte del micrometro (è chiamato anche millimicron, simbolo $\text{m}\mu$) e la milionesima parte del millimetro (quindi $1.000.000 \text{ nm} = 1 \text{ mm}$ e $1.000 \text{ nm} = 1 \mu\text{m}$).

L'**Angström** (**Å**), infine, è la decima parte del nanometro ($10.000.000 \text{ Å} = 1.000.000 \text{ nm} = 1 \text{ mm}$ e $10.000 \text{ Å} = 1.000 \text{ nm} = 1 \mu\text{m}$).

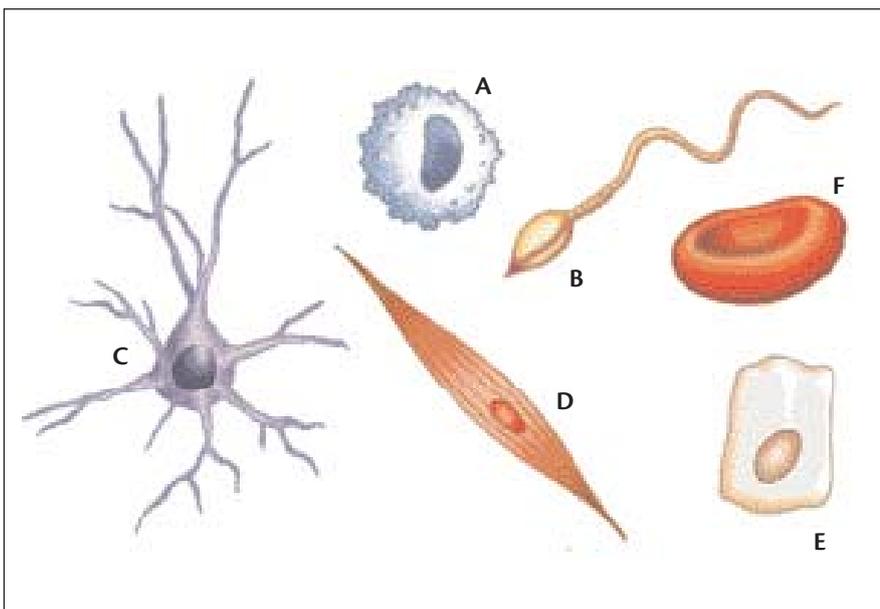


Figura 2 – Le cellule possono avere forme estremamente diverse tra loro: A) globulo bianco; B) spermatozoo; C) cellula nevosa; D) cellula muscolare; E) cellula epiteliale; F) globulo rosso.

La cellula in dettaglio

STRUTTURA DELLA CELLULA

La cellula è costituita da una “sostanza vivente”, chiamata **protoplasma**, racchiusa in una membrana, la **membrana cellulare**. Il protoplasma, esaminato al microscopio ottico a piccolo ingrandimento, appare come una **massa gelatinosa**, ma l'osservazione più accurata, a ingrandimento maggiore con il microscopio elettronico, ha permesso di individuare in questa massa gelatinosa numerose strutture organizzate, che vengono definite **organuli** o **organelli cellulari**.

Il protoplasma è suddiviso in due porzioni da un'altra membrana, la membrana nucleare, che separa:

- il **nucleo**, contenuto all'interno della membrana nucleare;
- il **citoplasma**, all'esterno di questa membrana, nello spazio compreso tra la membrana nucleare e la membrana cellulare.

Il nucleo

Il nucleo è la parte del protoplasma (negli eucarioti) contenuta all'interno della membrana nucleare.

Esso presenta granuli di un materiale colorabile, la **cromatina**, che durante la divisione cellulare (**mitosi**) forma filamenti, detti **cromosomi**. Cromatina e cromosomi sono costituiti da **DNA** e **proteine**.

Il nucleo contiene, inoltre, uno o più **nucleoli**, aree addensate costituite prevalentemente da **RNA**.

Il citoplasma: il citosol e gli organuli citoplasmatici

Il citoplasma è la porzione di cellula compresa tra la membrana cellulare e la membrana nucleare.

Nel citoplasma sono riconoscibili con il microscopio elettronico diverse strutture organizzate e racchiuse da membrane: gli **organuli citoplasmatici**.

Come gli organi per il corpo umano, così per la cellula gli organuli svolgono una o più funzioni essenziali per la sua sopravvivenza e il suo sviluppo. Alcuni organuli intervengono nel **metabolismo cellulare**, ossia nei processi di trasformazione delle sostanze chimiche introdotte attraverso la membrana cellulare; altri organuli partecipano ai processi di **divisione cellulare**; altri ancora fanno parte dello scheletro di sostegno della cellula, il **citoscheletro**, o intervengono nei **movimenti cellulari**.

Gli organuli sono immersi in una parte liquida del citoplasma, detta **citosol**, che è una soluzione acquosa ricca di sostanze come ioni, piccole molecole organiche (amminoacidi, monosaccaridi, ATP ecc.) e proteine (fra cui molti enzimi).

Nel citosol si trovano anche numerosi **ribosomi** liberi, organuli cellulari specializzati per la sintesi delle proteine (sono presenti, più piccoli, anche nei procarioti).

Una rete di filamenti proteici, che costituisce il **citoscheletro**, sostiene gli organuli citoplasmatici e contribuisce al movimento delle molecole all'interno della cellula.

I più importanti organuli citoplasmatici sono i **mitocondri**, il **reticolo endoplasmatico** (liscio e rugoso), i **ribosomi**, l'**apparato del Golgi** e i **lisosomi**.

I mitocondri

I mitocondri servono alla cellula per produrre energia dalla demolizione (ossidazione) dei principi nutritivi (zuccheri e grassi, in particolare).

L'energia prodotta è conservata nei legami chimici di una molecola particolare: l'**ATP** (Adenosina-Tri-Fosfato). In questi processi i mitocondri consumano ossigeno e producono anidride

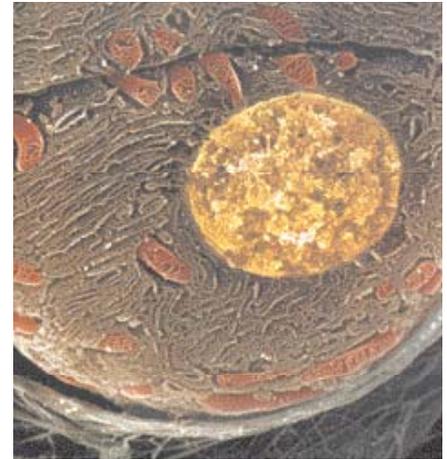


Figura 3 – Particolare di una cellula al microscopio elettronico a scansione. Al centro spicca il nucleo (in giallo), con granuli sparsi di cromatina; nel citoplasma si evidenziano i mitocondri (in rosso) e la rete di membrane che forma il reticolo endoplasmatico.

Procarioti ed eucarioti

In alcuni organismi unicellulari più semplici, chiamati **procarioti**, manca la membrana nucleare, per cui il materiale che costituisce il nucleo non è visibile al microscopio ottico; per questa caratteristica tali organismi (batteri e alghe unicellulari verdi-azzurre) si distinguono da tutti gli altri esseri viventi (uni e pluricellulari), che vengono definiti **eucarioti** (*eu* = bene; *carios* = nucleo: “dal nucleo ben visibile”) proprio perché il loro nucleo, circondato dalla membrana nucleare, si distingue chiaramente. I procarioti sono privi anche di alcuni degli organuli presenti nel citoplasma delle cellule eucariote.

carbonica, i gas della respirazione: si parla perciò di **respirazione cellulare**.

La cellula in dettaglio

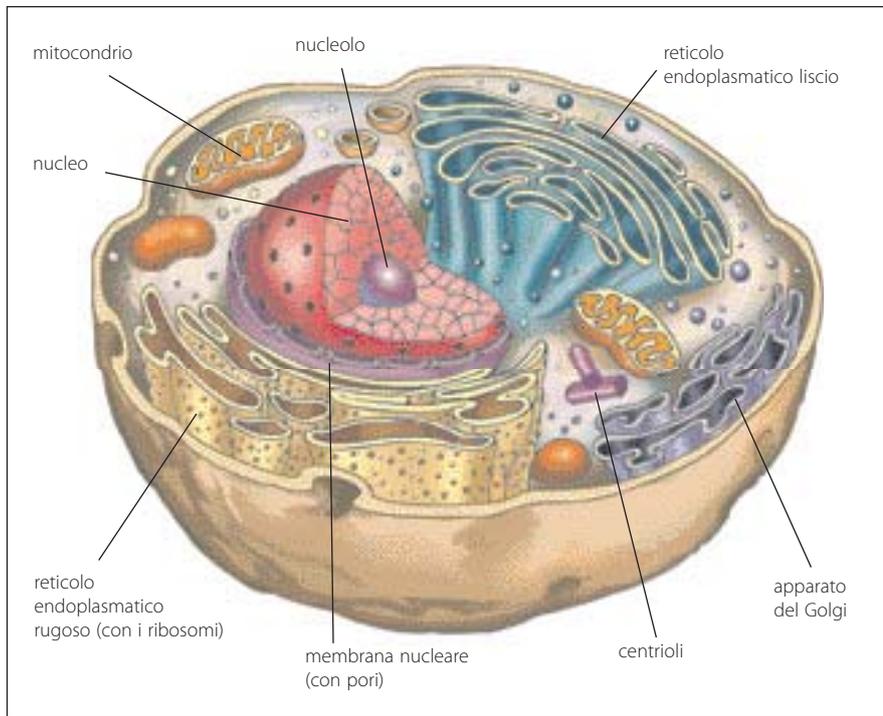


Figura 4 – Schema di una cellula animale. Al centro il nucleo, circondato dalla membrana nucleare, doppia e provvista di pori; subito all'esterno di questa membrana, il reticolo endoplasmatico rugoso, con i ribosomi, il reticolo endoplasmatico liscio e i centrioli. È rappresentato anche l'apparato del Golgi, alcuni mitocondri (in sezione per evidenziare le creste della membrana interna) e diverse vescicole di secrezione e lisosomi.



Figura 5 – Come tutti gli organuli, anche i mitocondri sono delimitati da membrane. Possiamo distinguere una membrana esterna liscia e una interna ripiegata a formare delle creste: su quest'ultima membrana sono situati gli enzimi che consentono la produzione di ATP mediante l'ossidazione dei principi nutritivi (in realtà il processo inizia nel citosol, ma la produzione finale di CO₂ si attua all'interno dei mitocondri).

I ribosomi e il reticolo endoplasmatico

I ribosomi sono la sede della sintesi delle proteine.

Nei procarioti sono situati nel citosol, mentre negli eucarioti una parte dei ribosomi è legata al reticolo endoplasmatico.

Il reticolo endoplasmatico è una complessa rete di membrane che attraversa il citoplasma e consente il trasporto di sostanze nel citoplasma.

Viene distinto in due forme:

- il **reticolo endoplasmatico rugoso** (Figura 6), che appare irregolare, punteggiato di granuli (come granelli di sabbia);
- il **reticolo endoplasmatico liscio**, che invece è privo di granuli ed è appunto liscio.

I granuli del reticolo endoplasmatico rugoso sono i **ribosomi** (Figura 7), piccoli organuli nei quali avviene la sintesi delle proteine, che vengono poi trasportate ad altre parti della cellula per mezzo del reticolo endoplasmatico. In particolare, le proteine prodotte

possono essere inviate all'apparato del Golgi, un altro organulo cellulare che ha la funzione di "espellere" le proteine all'esterno della cellula.

Il reticolo endoplasmatico rugoso è collegato alla membrana nucleare, attraverso la quale passano gli mRNA (RNA messaggeri) che contengono le informazioni per la sintesi proteica dirette dal nucleo ai ribosomi.

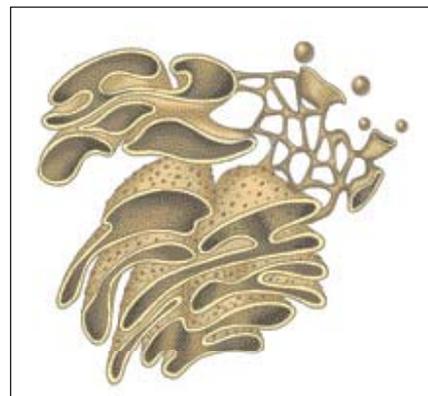


Figura 6 – Il reticolo endoplasmatico rugoso si distingue da quello liscio per la presenza di granuli, che sono ribosomi.

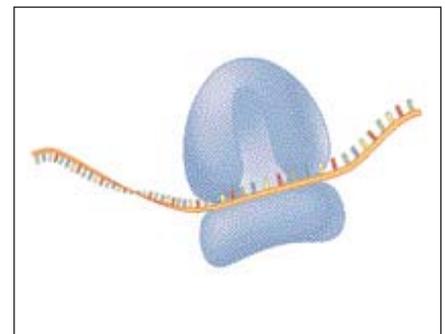


Figura 7 – I ribosomi possono ricordare per la loro forma un panino imbottito: sono costituiti da due parti o subunità, tra le quali scorre l'RNA messaggero, che richiama gli RNA transfer a cui sono legati gli aminoacidi con cui viene costruita la proteina.

La cellula in dettaglio

L'apparato del Golgi

L'apparato del Golgi è costituito da una serie di membrane appiattite, che formano delle sacche dette cisterne, circondate da vescicole tondeggianti.

All'apparato del Golgi (Figura 8) giungono proteine e lipidi di membrana che vengono perfezionate e poi inviate alla loro destinazione finale: la membrana cellulare o una membrana di qualche organulo. Oltre a contribuire alla formazione di nuove membrane per la cellula e i suoi organuli, l'apparato del Golgi impacchetta proteine (sempre prodotte dai ribosomi) in **vescicole di secrezione**, che vengono poi espulse dalla cellula; inoltre, impacchetta enzimi idrolitici in vescicole che rimangono nella cellula costituendo i **lisosomi**, un altro tipo di organulo citoplasmatico.

I lisosomi

I lisosomi sono vescicole contenenti enzimi (idrolitici), capaci di demolire le grosse molecole cellulari (autodigestione) o quelle provenienti dall'esterno in composti semplici.

Questi composti semplici sono utilizzabili dalla cellula per ricostruire nuove strutture: esse rappresentano, perciò, l'apparato digerente della cellula.

I lisosomi vengono prodotti dall'apparato di Golgi.

La membrana cellulare

La membrana cellulare racchiude tutto il protoplasma, la sostanza vivente che costituisce la cellula, e lo separa dall'ambiente esterno, extracellulare.

La sua funzione principale è quella di consentire e regolare gli **scambi di sostanze** tra l'interno e l'esterno della cellula, ossia l'**assorbimento** (dall'esterno verso l'interno) e l'**escrezione** (dall'interno verso l'esterno).

Non tutte le sostanze sono in grado di attraversare la membrana cellulare: la membrana ha perciò una **permeabilità selettiva**. È permeabile ad alcune sostanze, che la attraversano più o meno velocemente, e impermeabile ad altre, che quindi non sono in grado di attraversarla. Alcune sostanze, come l'acqua e le molecole dei gas, sono in grado di passare liberamente attraverso la membrana, senza alcun dispendio di energia; altre molecole più voluminose, come gli zuccheri, gli amminoacidi, i nucleotidi, oppure molecole dotate di carica elettrica (ioni), attraversano la membrana solo grazie a un intervento attivo della membrana stessa, che comporta un consumo di energia.

La membrana cellulare è molto sottile (7-9 nm) e quindi invisibile al microscopio ottico; al microscopio elettronico appare come una doppia linea

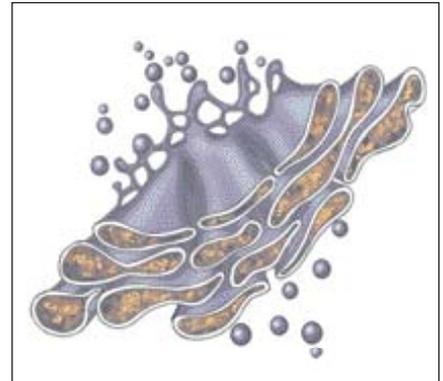
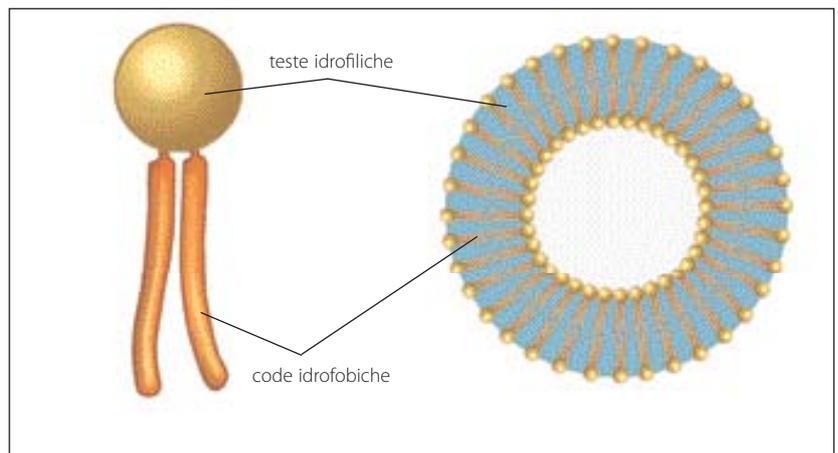
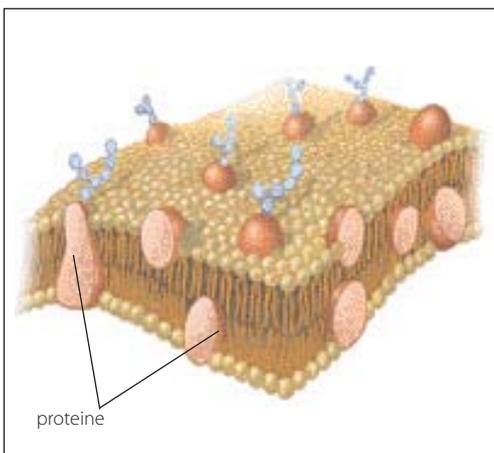


Figura 8 – L'apparato del Golgi è costituito da cisterne e lamelle nelle quali si raccolgono le proteine protette dai ribosomi. Alcune parti di queste cisterne si rigonfiano e diventano vescicole, che possono "svuotare" il loro contenuto all'esterno della cellula; altre invece contengono enzimi digestivi e rimangono all'interno della cellula, costituendo così i lisosomi.

Figura 9 – Struttura della membrana cellulare: nella membrana cellulare oltre ai fosfolipidi sono presenti anche proteine aventi varie funzioni (nella membrana sono presenti anche colesterolo e carboidrati). La struttura non è rigida, ma flessibile: "a mosaico fluido".

Figura 10 – I fosfolipidi, immersi in acqua tendono spontaneamente a formare un doppio strato, con le teste idrofiliche rivolte verso l'acqua e le code idrofobiche a contatto tra loro.



La cellula in dettaglio

continua, che rivela la sua struttura: infatti è costituita da un **doppio strato di fosfolipidi**, nel quale sono inserite molecole di proteine.

I fosfolipidi sono molecole costituite da una testa idrofila, costituita dal gruppo fosfato, e da una coda idrofoba, costituita da due acidi grassi.

Immergendo i fosfolipidi in acqua, essi formano spontaneamente due strati nei quali le code idrofobe sono all'interno, a contatto tra loro, mentre le teste idrofile sporgono all'esterno, a contatto con le molecole di acqua.

Nella membrana cellulare, nel doppio strato di fosfolipidi, sono "incastrate" le proteine, che hanno l'importante funzione di regolare il flusso di sostanze attraverso la membrana stessa.

Il citoscheletro: sostegno e movimento della cellula

Il **citoscheletro** è una complessa rete di filamenti proteici che svolge importanti funzioni: **sostegno** della cellula e dei suoi organuli, controllo del **trasporto interno** di organuli e vescicole e del **movimento** dell'intera cellula.

I costituenti principali del citoscheletro sono i filamenti di **actina**, che intervengono anche nella divisione cellulare, e i **microtubuli**, più voluminosi, che si raggruppano a formare strutture complesse, presenti solo in alcune cellule: le **ciglia** e i **flagelli**.

Ciglia (più corte) e flagelli (più lunghi) sono lunghi filamenti che sporgono come sottili code fuori dalla membrana cellulare e con i loro movimenti consentono il movimento della cellula.

I flagelli rappresentano il sistema di locomozione di molti organismi unicellulari, detti **flagellati** proprio perché posseggono flagelli.

Altri unicellulari, come l'Ameba o il Paramecio (e alcune cellule degli organismi pluricellulari, come i macrofagi presenti nel corpo umano) sono in grado di muoversi pur essendo privi di flagelli, modificando la forma della



Figura 11 – Schema del citoscheletro: i filamenti di actina formano una fitta rete che garantisce sostegno alla cellula e agli organuli, oltre a svolgere funzioni di trasporto interno e collaborare al movimento cellulare.



Figura 12 – I microtubuli, raggruppati in triplette, vanno a unirsi tra loro per formare i centrioli, organuli che svolgono un ruolo importante nella divisione cellulare.

membrana cellulare emettendo così degli **pseudopodi**, come avviene nella fagocitosi. I filamenti di actina intervengono in questo movimento.

Anche i **centrioli** (Figura 12), organuli che intervengono nella **divisione cellulare**, sono costituiti da **microtubuli**.