

## MICROBIOLOGIA

La **microbiologia** è una branca della biologia che studia la struttura e le funzioni dei microrganismi; cioè di tutti quegli organismi viventi unicellulari, pluricellulari o acellulari, non visibili ad occhio nudo. Comprende batteri, archaea, alcuni tipi di funghi, alghe e protozoi;

I **microrganismi** sono necessari per la produzione di pane, formaggio, birra, antibiotici, vaccini, vitamine, enzimi e di molti altri prodotti. I microrganismi sono inoltre elementi fondamentali per il nostro ecosistema: rendono possibili i cicli del carbonio, dell'ossigeno, dell'azoto e dello zolfo che hanno luogo negli ambienti acquatici e terrestri e costituiscono inoltre una fonte di nutrienti alla base di tutta la catena alimentare e della rete ecologica.

### LA SCOPERTA DEI MICRORGANISMI

L'esistenza dei microrganismi fu ipotizzata molto tempo prima della loro scoperta. Il filosofo romano **Tito Lucrezio Caro**, passa in rassegna i sintomi della peste con molta accuratezza, ponendo anche l'attenzione sulle ripercussioni sul corpo, voleva dimostrare che la peste non è espressione dell'ira divina ma è un fatto naturale.

**Girolamo Fracastoro**, fu il primo ad ipotizzare e verificare che le infezioni fossero dovute a germi portatori di malattia, con la capacità di moltiplicarsi nell'organismo e di contagiare altri attraverso la respirazione o altre forme di contatto.

### LA SCOPERTA DEI MICRORGANISMI

L'esistenza del mondo microbico poté essere riconosciuta solo in seguito all'invenzione del microscopio.

### LA TEORIA DELLA BIOGENESI

**Louis Pasteur**, attraverso un semplice esperimento riuscì a confutare la teoria della generazione spontanea. Egli impiegò per i suoi esperimenti dei matracci a collo d'oca, che permettevano l'entrata di ossigeno, elemento indispensabile allo sviluppo della vita, ma impedivano che il liquido all'interno venisse a contatto con agenti contaminanti come spore e batteri. Egli bollì il contenuto dei matracci, uccidendo così ogni forma di vita all'interno, e dimostrò che i microrganismi riapparivano solo se il collo dei matracci veniva rotto, permettendo così agli agenti contaminanti di entrare.

### LE STROMATOLI

Sono strutture sedimentarie, appartenenti al gruppo dei calcari non particellari biocostruiti, finemente laminate, dovute all'attività di microrganismi bentonici fotosintetici, specialmente cianobatteri (alghe azzurre). Le stromatoliti forniscono informazioni sulle più antiche forme di vita ed alcune strutture rinvenute in Groenlandia sono datate più di 3,7 miliardi di anni.

**Le stromatoliti** si formano per intrappolamento periodico nella mucillagine prodotta da alghe azzurre e/o batteri, di sedimento particellare molto fine, costituito in prevalenza da fango carbonatico. La morfologia delle stromatoliti è molto variabile, da lamine piano-parallele ad ondulate, fino a mammellonari e colonnari, a seconda del tipo di alghe o batteri che le costituiscono e delle condizioni ambientali.

### DEINOCOCCUS RADIODURANS

**Deinococcus radiodurans** scoperto nel 1956 (terrificante cocco resistente alle radiazioni) è un batterio estremofilo, uno degli organismi più radioresistenti conosciuti al mondo. Si tratta di una specie particolare, in grado di resistere a dosi di radiazioni di gran lunga superiori a quelle necessarie per uccidere un qualsiasi animale. **Deinococcus radiodurans** è un batterio di forma sferica, piuttosto grande avendo un diametro compreso tra 1,5 e 3,5  $\mu\text{m}$ . Di solito si presenta in una struttura a quattro cellule costituente una tetraide;

## LA CLASSIFICA DEGLI ESSERI VIVENTI

La classificazione degli esseri viventi si occupa una specifica braca della biologia chiamata **sistemica**. La **sistemica** è la scienza che classifica gli esseri viventi.

La **sistemica** utilizza sette raggruppamenti detti categorie sistematiche. Le **categorie sistematiche sono** ordinate in senso gerarchico dalla più piccola alla più grande: Specie, Genere, Famiglia, Ordine, Classe, Phylum, Regno.

- **La specie** è la categoria fondamentale. La specie è l'insieme di tutti gli individui con caratteristiche assai simili che, accoppiandosi, generano figli simili ai genitori e fecondi, cioè capaci a loro volta di generare figli.
- **Genere:** raggruppa specie simili tra loro, per esempio cane e lupo appartengono al genere Canis;
- **Famiglia:** raggruppa generi simili tra loro. La volpe, il cane e il lupo vengono raggruppati nella famiglia dei canidi;
- **Ordine:** raggruppa più famiglie simili tra loro. Il cane e il leone vengono raggruppati nell'ordine dei carnivori
- **Classe:** raggruppa gli ordini simili tra loro. Gli animali che partoriscono, possiedono le mammelle per allattare, e la pelle coperta di peli sono raggruppati nella classe dei mammiferi;
- **Phylum:** raggruppa diverse classi simili, es Artropodi, Echinodermi, Cordati, Molluschi;
- **Regno:** è la categoria sistematica più ampia e comprende più phyla.

## I PROCARIOTI

I **Procarioti** si distinguono in due gruppi principali: **Bacteria** e **Archea**

**Archea:** procarioti con caratteristiche biochimiche uniche, principalmente di composizione della membrana cellulare, che conferisce loro una notevole impermeabilità e che li differenzia sia dai batteri che dagli eucarioti. Gli **archei** sono gli abitatori degli ambienti più estremi ed inospitali della Terra.

Le principali differenze tra **archeobatteri** ed **eubatteri** si trovano nell'apparato di trascrizione e traduzione, oltre che a livello della membrana e della parete cellulare.

**Bacteria:** batteri o solo eubatteri, comprendente la maggior parte dei procarioti; sono organismi, unicellulari, privi di membrana nucleare e di apparato mitotico.

Sono **chemiosintetici, fotoeterotrofi** o **fotoautotrofi**, con riproduzione asessuata mediante fissione binaria. Gli **organismi autotrofi chemiosintetici** sintetizzano i composti organici utilizzando come energia quella che deriva dall'ossidazione di composti inorganici.

I **fotoeterotrofi** usano come fonte di energia l'energia solare ma non sono in grado di sintetizzare zuccheri usando come fonte di carbonio l'anidride carbonica.

Nei **chemioeterotrofi** la fonte di energia e di carbonio è rappresentata in genere dallo stesso composto organico, come per es. il glucosio. I batteri sono caratterizzati da una architettura essenziale con assenza di compartimenti intracellulari separati da membrane e con strutture presenti solo nei procarioti come ad es. la parete cellulare con i suoi principali componenti: il peptidoglicano, il lipolisaccaride e strutture accessorie come la capsula, i pili, i flagelli e le endospore.

## TASSONOMIA BATTERICA

La **tassonomia** è la disciplina che si occupa della classificazione degli organismi e si articola in due suddivisioni, l'identificazione e la nomenclatura.

La **nomenclatura** rappresenta l'assegnazione di un nome ai gruppi tassonomici, Il nome corretto di una determinata specie è determinato da valide pubblicazioni, la legittimazione del nome deve essere conforme

con le regole della nomenclatura. I nomi utilizzati possono riflettere caratteristiche morfologiche, biochimiche di etiopatogenesi o possono ricordare il nome di personaggi illustri. Una specie batterica è un insieme di ceppi che presentano caratteristiche simili. I ceppi sono ottenute da colture pure. Una colonia è un clone di una singola cellula batterica.

### CLASSIFICAZIONE DEI BATTERI

**Unità tassonomica:** specie insieme di ceppi batterici che mostrano molte caratteristiche fenotipiche comuni che ne permettono la distinzione da altre specie.

**Ceppo o Clone:** insieme di cellule geneticamente identiche, derivate da subcoltura di una singola colonia isolata in purezza

- *Ceppo tipo* (Type strain): coltura da cui è stata descritta originalmente la specie;
- *Ceppo di referenza:* coltura usata in tipi di malattie infettive e per diverse applicazioni di laboratorio;

La classificazione dei batteri avviene a seconda del tipo di differenza tra ceppi della stessa specie:

- **Biotipi o Biovars:** ceppi caratterizzati da differenze biochimiche o fisiologiche;
- **Siero o Serovars:** ceppi caratterizzati da differenze antigeniche;
- **Fagotipi o Phagovars:** ceppi caratterizzati da differenze di sensibilità a diversi batteriofagi;
- **Resistotipi:** ceppi caratterizzati da differenze nella resistenza agli antibiotici;

L'ultima unità classifica dei batteri è il ceppo, che è l'insieme di tutte le cellule figlie discendenti da un'unica colonia batterica. La coltura che si realizza a partire da una sola colonia si chiama anche clone.

### ANATOMIA BATTERICA

Più piccole e semplici delle cellule eucariote, i **batteri** sono rivestiti esternamente da una *Capsula*, che al loro interno hanno un rivestimento intermedio più rigido della capsula chiamato *Parete cellulare*.

- *Membrana Cellulare:* strato interno sottile e fluido
- *Citoplasma:* contiene gli organi interni
- *Nucleoide:* singolo filamento di DNA
- *Pili:* permettono adesione agli oggetti esterni
- *Flagelli:* permettono il movimento
- *Ribosomi:* assemblaggio proteine

### CELLULA PROCARIOTA (BATTERI)

- *parete cellulare*
- *membrana cellulare*
- *citoplasma*
- *cromosoma batterico* non racchiuso da membrana e collegato alla membrana cellulare
- *organuli cellulari:* ribosomi, mesosomi
- *granuli* o inclusioni citoplasmatiche.

**Appendici esterne,** molti batteri possiedono flagelli e/o pili.

**Batteri capsulati,** alcuni batteri presentano uno strato esterno alla parete: capsula (strato mucoso, glicocalice).

**Batteri sporigeni,** alcuni batteri (sporigeni) producono spore (forme di resistenza).

### MYCOPLASMA

Aerobi obbligati o aerobi/anaerobi facoltativi, sono le più piccole cellule capaci di vita autonoma e hanno la particolarità di non essere dotati di parete cellulare; la loro membrana cellulare è lipoproteica trilaminare e ricca di steroli, caso unico fra le cellule batteriche. Nell'uomo causano patologie localizzate perlopiù

all'apparato respiratorio o genitale. Il maggior responsabile di patologie respiratorie è il *Mycoplasma pneumoniae*, che causa una grave forma di polmonite atipica primaria.

### ANATOMIA DELLA CELLULA BATTERICA

La struttura fondamentale della *cellula batterica* è la **parete** e la **membrana**. Le strutture accessorie sono: **pili**, **flagelli** e **capsula**.

Si possono distinguere due principali tipi di organizzazione della parete cellulare.

Nei batteri **Gram+** la parete appare come uno strato uniforme, al di sotto del quale si può vedere la caratteristica figura a tre strati della membrana cellulare.

Nei batteri **Gram-** la parete appare ben distinta dalla membrana citoplasmatica e mostra una struttura a triplice strato: una membrana esterna formata prevalentemente da lipopolisaccaridi, uno al centro costituito da peptidoglicano (mureina), una membrana interna formata prevalentemente da lipoproteine. La parete del Gram- è molto più sottile di quella del Gram+;

La **parete batterica** è lo strato situato esternamente alla membrana plasmatica che ne determina la forma e li protegge dalla lisi osmotica. La *Forma* e la *consistenza* della parete dipendono soprattutto dal peptidoglicano. La parete, inoltre, protegge la cellula dalle sostanze tossiche e contiene numerosi componenti che contribuiscono alla patogenicità di molti batteri.

La **parete batterica** ha un'organizzazione diversa della parete nei, gram positivi, gram negativi, acido-alcool resistenti.

### LA CHIRALITA'

La **chiralità** è la proprietà di un oggetto rigido di essere non sovrapponibile alla sua immagine speculare. Sono detti **enantiomeri** una coppia di entità molecolari che sono immagini speculari ciascuna dell'altra e non sovrapponibili.

Due molecole **enantiomere** l'una dell'altra possiedono le medesime proprietà fisiche, tranne una: la capacità di ruotare il piano della luce polarizzata. Questa capacità, definita potere rotatorio, è uguale in valore assoluto, ma opposta di segno per ognuno dei due enantiomeri. Ben diversa può invece essere la loro reattività nei confronti di molecole biochimiche.

### PEPTIDOGLICANO O MUREINA

Il peptidoglicano è una macromolecola presente solo nei batteri e nelle alghe verdi-azzurre. La sua composizione chimica nei batteri Gram- si ha un solo tipo di organizzazione di questa macromolecola, senza variazioni; al contrario tra i Gram + si osservano numerose variazioni strutturali nell'architettura del peptidoglicano. I **costituenti fondamentali** del *peptidoglicano* sono **due amminozuccheri**, la *N-acetil glucosammina (NAG)* e l'*acido N-acetil-muramico (NAM)*, e alcuni aminoacidi.

**PEPTIDOGLICANO O MUREINA**, questi costituenti sono uniti tra loro a formare una struttura rigida nota appunto come peptidoglicano.

Il **peptidoglicano** è costituito da una porzione detta glicano, formata dalla sequenza alternata di due amminozuccheri, uniti tra loro con legame  $\beta$  1-4 glucosidico; al residuo dell'acido muramico è attaccata una sequenza di pochi aminoacidi.

Gli **amminozuccheri** presenti nei differenti batteri rivelano solo poche variazioni, come acetilazione e fosforilazione del gruppo idrossilico in posizione 6 dell'acido muramico. Nella spora batterica l'acido muramico è presente nella forma lattamica.

Nei Micobatteri, in *Nocardia kirovani* e in *Micromonospora* l'acido N-acetil-muramico è sostituito dall'acido N-glicol-muramico. Il peptide, unito tramite il residuo amminico al gruppo carbossilico dell'acido muramico, è formato da D e L-aminoacidi alternati.

La formazione di un legame tra le catene laterali peptidiche del peptidoglicano ha come risultato quello di *conferire rigidità alla struttura*. L'unione tra le catene peptidiche avviene principalmente secondo *due schemi* che si differenziano tra loro per le posizioni tra le quali avviene la formazione del legame interpeptidico.

Nel **primo tipo di legame** si ha l'unione tra le catene peptidiche, impegnando il diamminoacido nella posizione 3 di una catena e la D-alanina della posizione 4 di una catena adiacente. Nella maggior parte dei *batteri Gram-* questo tipo di legame è diretto, cioè senza l'interposizione di altre molecole.

In altri batteri, tra i quali i più rappresentati sono i **Gram+**, il legame interpeptidico avviene sempre tra l'amminoacido della posizione 3 (generalmente L-lisina) e la D-alanina della posizione 4 della catena adiacente, ma tramite *interposizione di uno o più aminoacidi*. Il tipo più frequente è un ponte omopolimerico generalmente costituito da 5 residui di glicina.

Il **peptidoglicano** è definito anche mucopeptide batterico o mureina e' struttura rigida di catene glicaniche di NAM e NAG legate con legami trasversali mediante ponti tetrapeptidici.

Il **peptidoglicano** è essenziale per la struttura e forma, replicazione e sopravvivenza. Nell'infezione interferisce con la fagocitosi, è mitogeno per i linfociti, ha attività pirogena. E' degradato dal lisozima presente nelle lacrime e muco.

Il **Protoplasto** è un batterio con parziale rimozione della parete: può subire una lisi osmotica.

Il **peptidoglicano** ha le sue catene polimeriche di NAM e NAG affiancate e sovrapposte sono collegate e irrigidite da corte catene peptidiche che formano i **legami crociati**. La struttura risultante conferisce particolare rigidità alla parete cellulare.

I batteri **GRAM+** hanno colore violetto, mentre i **GRAM-** hanno color rosa o fucsia.

La diversa colorazione dei **GRAM** è dovuta a una diversa permeabilità degli involucri cellulari che è maggiore nei batteri **GRAM -** e minore nei batteri **GRAM +** che in tal modo trattengono il primo colorante.