

La Cellula Batterica

Sbobina integrata — Prof.ssa Silvia Piva · Medicina Veterinaria lezione 2 del 2 aprile

Concetto chiave (One Health): Conoscere le strutture batteriche è fondamentale perché gli antibiotici agiscono su strutture specifiche dei procarioti assenti nelle cellule eucariote dell'ospite. Questo è alla base della terapia antibiotica selettiva sia in medicina umana che veterinaria.

EUCARIOTI VS PROCARIOTI

CARATTERISTICA	EUCARIOTI	PROCARIOTI (BATTERI)
Dimensione	2–25 µm	0,3–2 µm
Nucleo	Membrana nucleare, nucleolo	Nucleoide (no membrana)
Cromosomi	>1, con istoni	1 solo, nudo (super-spiralizzato)
Ribosomi	80S	70S → target antibiotici
Mitocondri	Sì	No → respirazione via membrana + mesosomi
Parete cellulare	No (cellule animali)	Sì (peptidoglicano) → target antibiotici
Flagelli	Con microtubuli	Flagellina
Steroli in membrana	Sì	No (opanoidi)

STRUTTURE DELLA CELLULA BATTERICA

Strutture universali **sempre presenti**

- Nucleoide — singolo cromosoma circolare super-spiralizzato, ~1000× più lungo della cellula
- Ribosomi 70S — sintesi proteica; subunità 50S + 30S → target di aminoglicosidi, macrolidi, cloramfenicolo, tetracicline
- Membrana citoplasmatica — doppio strato fosfolipidico senza steroli

Strutture quasi universali **maggior parte**

- Parete cellulare — peptidoglicano (muraminopeptide); assente in micoplasmi e forme L

Strutture accessorie possono esserci

- Capsula / strato mucoso — antifagocitaria, adesione mucose
- Flagelli / filamenti assiali — mobilità
- Pili (fimbrie) — adesività e coniugazione
- Plasmidi — DNA extracromosomale (resistenze, virulenza)
- Inclusioni citoplasmatiche — riserve di glicogeno, amido, lipidi, polifosfati
- Spora — solo Clostridium e Bacillus

PARETE CELLULARE: GRAM+ VS GRAM-

Gram-positivi **colorazione viola**

- Strato spesso di peptidoglicano (multilaminare)
- Acidi teicoici e lipoteicoici

- Nessuna membrana esterna
- Vancomicina agisce sul peptidoglicano

Es: *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*

Gram-negativi **colorazione rosa/rossa**

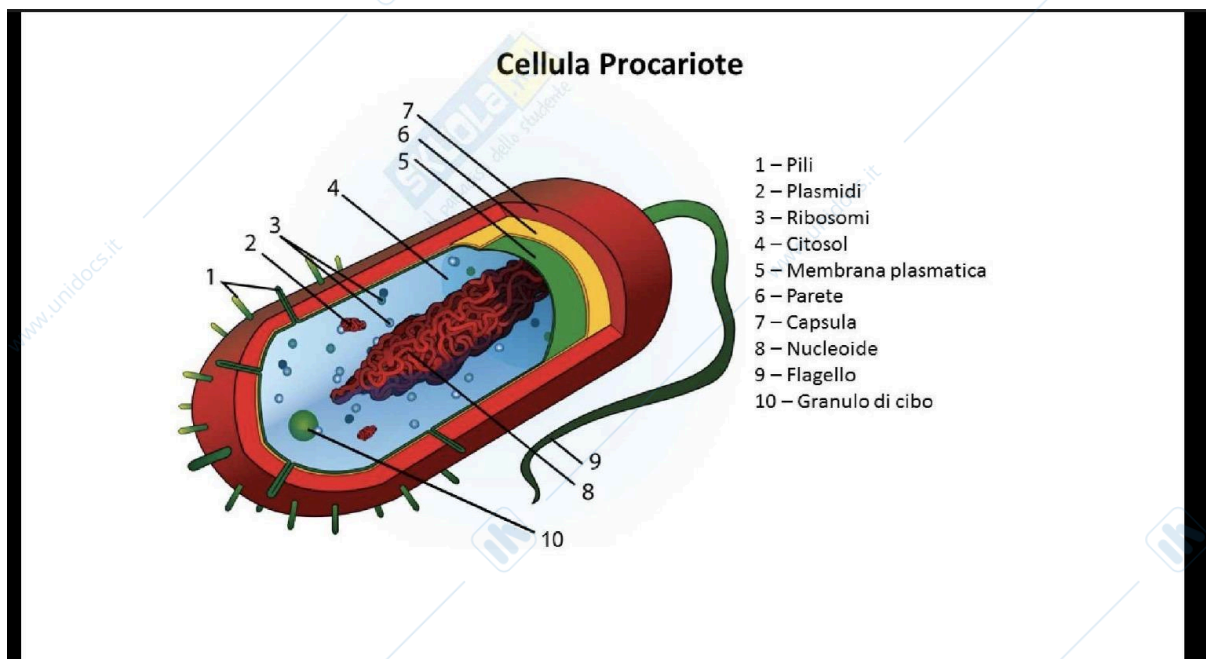
- Strato sottile di peptidoglicano
- Membrana esterna con LPS (lipopolisaccaridi)
- Porine — permeabilità a molecole piccole
- LPS = endotossina (lipide A = componente tossica)
- Pseudocapsula

Es: *E. coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Brucella*

LPS (lipopolisaccaride): Nei Gram-negativi, il Lipide A è la componente tossica responsabile della risposta infiammatoria sistemica (endotossiemia/sepsi). L'antigene O conferisce specificità antigenica (sierotipizzazione). Importante in One Health per le zoonosi da Gram-negativi (*Salmonella*, *Brucella*, *Leptospira*).

Batteri privi di parete: Micoplasm (naturalmente), protoplasti/sferoplasti (trattamento con lisozima), forme L → non hanno forma rigida, resistono agli antibiotici che agiscono sulla parete (β -lattamici, glicopeptidi).

Micobatteri (alcol-acido resistenti): Parete con 4 classi di polimeri — peptidoglicano, arabinogalattano, acidi micolici, lipoarabinomannano. Non si colorano con Gram standard → colorazione di Ziehl-Neelsen. Importanti in veterinaria: *Mycobacterium bovis* (TBC bovina, zoonosi), *Mycobacterium avium*.



MEMBRANA CITOPLASMATICA
 Funzioni

- Trasporto molecole (dall'esterno verso l'interno)
- Secrezione enzimi extracellulari
- Respirazione tramite mesosomi (assenza mitocondri)
- Interviene nella replicazione batterica
- Sintesi della parete cellulare

Caratteristiche

- Struttura bilaminare (mosaico fluido)
- Fosfolipidi + proteine; no steroli → opanoidi
- Mesosomi: invaginazioni che aumentano superficie respiratoria
- Target di alcuni antibiotici (polimixine)

APPENDICI BATTERICHE

Flagelli — mobilità

- Filamenti proteici di flagellina
- Geni fla → fattore di virulenza (genotipico)
- Movimento rotatorio (chemiotassi)
- Localizzazione costante = carattere identificativo di specie
- Generalmente nei bacilli, *rari nei cocci*
- Visibili solo al microscopio elettronico

Pili / fimbrie — adesività

- Strutture proteiche più corte dei flagelli
- Pili comuni: adesione ai tessuti dell'ospite (fattore di virulenza per innescare infezione)
- Pili sessuali: trasferimento di materiale genetico per *coniugazione* (diffusione plasmidi, resistenze)
- Proprietà antigeniche



Monotrichi
1 flagello a un polo



Amfitrichi
flagelli ai 2 poli



Lofotrichi
più flagelli a 1 polo

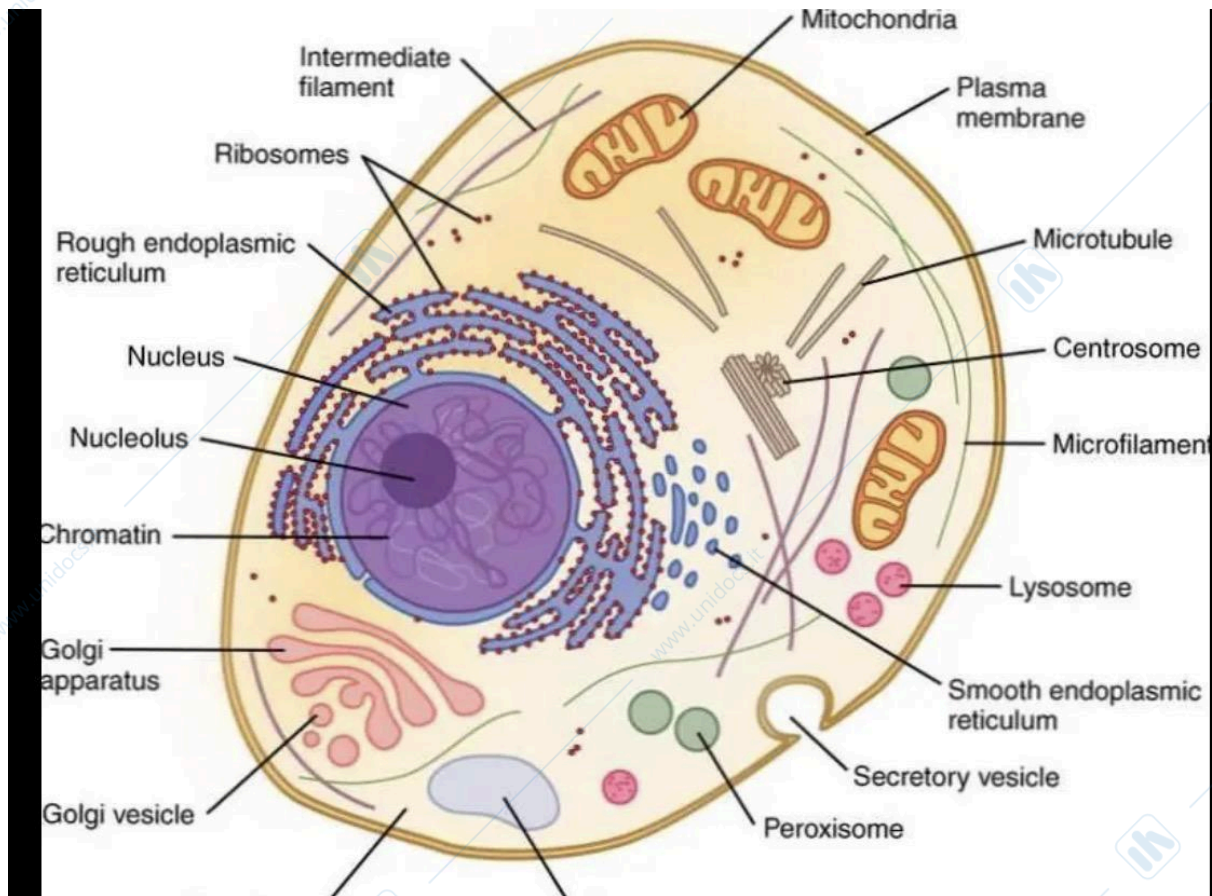


Peritrichi
su tutta la superficie

Filamenti assiali (endoflagelli): Flagello avvolto attorno alla cellula batterica, racchiuso dalla parete.

Tipico delle spirochete (*Leptospira*, *Borrelia*). La *Leptospira* è rilevante in veterinaria perché i cani vengono vaccinati routinariamente (zoonosi).

STRUTTURE INTRACITOPLASMATICHE



Nucleoide

- Unico cromosoma circolare (~1 mm da srotolato)
- Super-spiralizzato, senza membrana
- Contiene *tutte* le informazioni necessarie alla sopravvivenza
- Indispensabile: la cellula non può sopravvivere senza

Plasmidi

- DNA circolare extracromosomale, piccolo
- Replicazione autonoma; trasmissione per coniugazione
- Non indispensabili (curing)
- Contengono geni di antibiotico-resistenza o virulenza (tossine, adesine)
- Quando integrati nel cromosoma → episomi
- Trasposoni: geni mobili nel cromosoma o nei plasmidi
- Analisi: plasmid fingerprinting (superato da WGS — whole genome sequencing)

LA SPORA BATTERICA

Rilevanza One Health: La capacità di sporulare rende alcuni batteri estremamente resistenti nell'ambiente (decenni, anche secoli in ambienti protetti). Questo ha implicazioni dirette in sanità pubblica veterinaria: sterilizzazione, disinfezione, gestione dei reflui zootecnici, sicurezza degli alimenti.

Struttura della spora (dall'interno)

Core (DNA + RNA + enzimi)

Parete del core

Corteccia (peptidoglicano)**Tuniche sporali****Esosporio (strato esterno)**

Acido dipicolinico: stabilizzante del DNA sporale; eliminato durante la germinazione.

Generi sporigeni

Bacillus spp. — aerobio, spora ellittica, centrale/para-centrale

Clostridium spp. — anaerobio obbligato, spora sferica, terminale/sub-terminale

Specie importanti in veterinaria

- *Clostridium tetani* — tetano
- *Clostridium perfringens* — diarree animali giovani
- *Bacillus anthracis* — antrace (zoonosi grave)

Ciclo spora ↔ forma vegetativa:

Sporulazione (condizioni sfavorevoli): invaginazione membrana → formazione strati protettivi → eliminazione acqua → accumulo acido dipicolinico → liberazione spora.

Germinazione (condizioni favorevoli): assunzione acqua → eliminazione acido dipicolinico → sintesi DNA/RNA/proteine → forma vegetativa → replicazione.

Resistenza della spora

- Molte ore a temperatura di ebollizione (100°C)
- Decenni nell'ambiente (anche centinaia in ambienti protetti)
- Resistente a molti disinfettanti
- Metabolicamente *inattiva* ma non morta
- Tyndalizzazione: 60–80°C per brevi periodi ripetuti (sterilizza soluzioni acquose)

Rilevanza diagnostica

- Posizione della spora = carattere identificativo di genere
- Colorazione Schaeffer-Fulton: spora in verde, forma vegetativa in rosso
- Al Gram: bacilli viola con zone più chiare = batteri in sporulazione
- I clostridi sporulano all'aria → in laboratorio si coltivano in *anaerobiosi*

METODI DIAGNOSTICI — CONCETTI CHIAVE

APPROCCIO	COSA MISURA	LIMITI	ESEMPI
Genotipico	Presenza di geni (es. geni <i>fla</i> , geni resistenza)	Il gene può essere presente ma non espresso	PCR, WGS
Fenotipico	Espressione del gene → carattere osservabile	Dipende dalle condizioni di coltura	Mobilità su terreno, morfologia, colorazione Gram
WGS (Whole Genome Sequencing)	Intero genoma batterico	Costo elevato, richiede bioinformatica	Tipizzazione epidemiologica, resistoma

CAPSULA E STRUTTURE EXTRACELLULARI

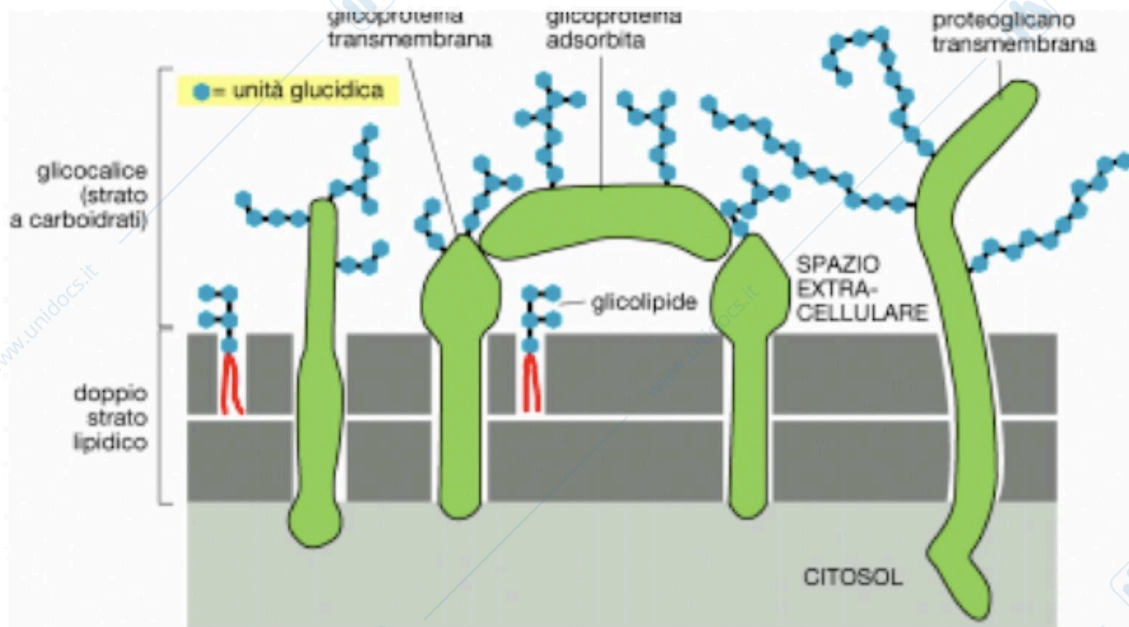
Strato mucoso

Distribuito in modo lasso nell'ambiente — non aderisce compattamente alla cellula.

Capsula

Strato compatto adeso alla cellula. Funzioni: antifagocitaria, adesione alle mucose, protezione della parete. Fattore di virulenza importante.

Glicocalice



Rete lassa di fibrille polisaccaridiche → formazione di biofilm. Rilevante per infezioni su cateteri, impianti, mucose intestinali.

Cosa ricordare (riepilogo): I batteri sono procarioti con strutture peculiari che li differenziano dalle cellule dell'ospite eucariote — queste differenze sono il razionale della terapia antibiotica. Le strutture accessorie (capsula, flagelli, pili, plasmidi) sono spesso fattori di virulenza o resistenza. La spora è una forma di resistenza con importanti implicazioni in sanità pubblica. In One Health, queste conoscenze si applicano sia alla cura degli animali sia alla protezione della salute umana tramite il controllo delle zoonosi.