

## LA RIPRODUZIONE BATTERICA E LA PRODUZIONE DI SPORE

I batteri si riproducono per scissione semplice, alcuni bacilli G-P , aerobi e anaerobi danno luogo alla formazione di particolari cellule strutturalmente e funzionalmente differenziate cui si dà il nome di spore. Le spore batteriche sono endospore, ossia originano all'interno della cellula madre (sporangio) divenendo libere nell'ambiente in seguito alla disgregazione dello sporangio, le spore sono forme di resistenza che consentono al batterio di sopravvivere in un ambiente sfavorevole.

### RIPRODUZIONE BATTERICA

Il materiale cromosomico è ancorato alla membrana citoplasmatica; la duplicazione del cromosoma batterico si accompagna alla duplicazione del punto di attacco alla membrana, per cui i due nuovi cromosomi sono ancorati alla membrana citoplasmatica ciascuno separatamente; successivamente si ha l'accrescimento delle membrane batteriche ed il conseguente allungamento della cellula batterica, partendo dal punto di separazione tra le due zone della membrana cui sono ancorate le 2 strutture cromosomiche, le 2 strutture cromosomiche che si allontanano vengono distanziate in modo sufficiente perché la separazione delle due cellule figlie le trovi dislocate nelle due zone corrispondenti di citoplasma. La separazione di una cellula batterica avviene per scissione semplice, è causata dalla formazione di un setto che si diparte dalla membrana citoplasmatica e si approfondisce con direzione centripeta nel citoplasma lungo un piano che nei bacilli è perpendicolare all'asse maggiore della cellula e nei cocci è press'a poco equatoriale.

### LE SPORE

Alcuni batteri G-P, in condizione di carenza di nutrienti, producono corpi rotondeggianti o ovali, quiescenti chiamati spore attraverso la sporulazione. La spora oltre ai componenti strutturali della cellula vegetativa, possiede molecole e strutture cellulari specifiche che condizionano caratteristiche biologiche peculiari: è metabolicamente inattiva, altamente resistente agli insulti ambientali e stabile per lunghi periodi di tempo. La sporulazione non è semplicemente un modo per sopravvivere alla indisponibilità di nutrienti ambientali ma questi batteri hanno anche il vantaggio di popolare una varietà di ambienti inospitali, incluso il suolo. La sporulazione è un processo reversibile e quindi può tornare alla cellula in forma vegetativa per un processo chiamato germinazione. Giocano un ruolo importante nella epidemiologia di molte malattie. I generi più importanti dal punto di vista medico appartengono alla famiglia delle Bacillaceae, Bacillus, Clostridium, Spodosarcina e Rickettsia, Coxiella burnetii. Le proprietà peculiari della spora sono la resistenza al calore, all'essiccamento, alle radiazioni, al congelamento e a varie sostanze chimiche, resistono all'ebollizione e sopravvivono per diversi anni anche se esposti alla luce del sole. Dal punto di vista morfologico è possibile distinguere i batteri sporigeni, a seconda della dimensione e posizione della spora:

- battridio: quando la spora è centrale e non deforma il copro batterico
- clostridio: quando la spora è centrale e ha il diametro maggiore di quello della cellula madre
- plettridio: se la spora è terminale e deforma la cellula tanto da dare un'immagine a bacchetta di tamburo

Nei preparati colorati con il metodo gram la spora appare generalmente come un corpicciuolo rifrangente all'interno della cellula madre.

## Struttura della spora

Le spore hanno una struttura molto simile a quella delle cellule vegetative, ma si differenziano da esse per il fatto di essere circondate da peculiari involucri. **Il core è il protoplasto** della spora, contiene il cromosoma, il citoplasma, nessun mRNA, alcuni Trna e pochi enzimi; contiene inoltre, proteine citoplasmatiche a basso peso molecolare, **acido-solubili**. Tali proteine permettono alla spora di resistere ai raggi UV. L'energia è conservata sotto **forma di 3-fosfoglicerato**, invece che ATP. E la membrana plasmatica è circondata da una parete cellulare rudimentale. **Il pep** sporale contiene un numero inferiore di legami trasversi rispetto a quello della cellula vegetativa, e ciò suggerisce l'ipotesi di una certa flessibilità, importante nell'ottenere o mantenere la disidratazione sporale. Esso è estremamente sensibile al lisozima e la sua autolisi è indispensabile nella germinazione della spora. All'esterno della parete cellulare sono situati i tipici involucri delle spore. La **cortex o corteccia** rappresenta uno spesso strato costituito soprattutto da pep e da zuccheri modificati come l'**acido muramico delta-lattamico**, sito di attacco specifico degli enzimi della germinazione. Un componente caratteristico della spora è l'**acido dipicolinico (DPA)**, localizzato nella corteccia e nel core, è complessato con ioni calcio, nella corteccia lega calcio che interagisce con il pep libero creando così legami crociati che provocano la contrazione del pep e l'eliminazione di acqua. La **cortex** è circondata da due rivestimenti, uno interno **elettronlucido** e uno esterno **elettrondenso**, che sembrano essere composti da più strati. Essi contengono almeno due dozzine di proteine diverse molto stabili, simili alle cheratine. L'impermeabilità di questo strato rende le spore resistenti alle sostanze antibatteriche ed ai coloranti. Esternamente ai **coats** può essere presente una sottile membrana lipoproteica, denominata **esosporio**, contenete, in aggiunta, **acidi teicoici, acido diaminopimelico e glucosammina**. Straordinariamente la cortex e i rivestimenti giocano 2 funzioni apparentemente opposte, innanzitutto esse sono strutture protettive essenziali per la resistenza e la dormienza, al tempo stesso, esse sono importanti per la risposta immediata delle spore portanti per la risposta immediata delle spore alle molecole che innescano la germinazione.

## La sporulazione

La sporulazione è un processo di differenziamento cellulare. Dalla cellula batterica, per divisione asimmetrica, origina una sola spora con caratteristiche morfologiche e funzionali diverse dalla cellula vegetativa da cui deriva. Il processo inizia con l'addensamento del materiale nucleare che si dispone a sbarra, segue la divisione del cromosoma e la separazione dei due nuovi cromosomi, uno dei quali si sposta verso il polo della cellula. Successivamente c'è la divisione asimmetrica della cellula batterica in 2 compartimenti di diversa grandezza, uno minore, corrispondente alla **prespora**, e uno maggiore, la cellula madre. Entrambi i compartimenti ricevono una copia del cromosoma batterico. A mano a mano che il processo avanza si osserva il completamento del setto di divisione e la formazione di una membrana che avvolge cromosoma e citoplasma della prespora. Si formarono quindi intorno ad essa i diversi involucri. Questo processo dura dalle 6 alle 10 ore ed è, nelle prime fasi, reversibile. La sporulazione inizia quando si verificano 2 condizioni: il batterio deve trovarsi in assenza di nutrienti essenziali e in condizioni di elevata densità cellulare. Queste condizioni consentono il riconoscimento di un piccolo peptide che ha la funzione di fattore di differenziamento extracellulare (**EDF-1**), fattore che si lega al batterio e segnala che la sporulazione può iniziare. La formazione di una spora implica la produzione di numerose nuove strutture, enzimi e metabolici, assieme alla scomparsa di numerosi componenti della cellula vegetativa. Affinché ciò si attui deve essere attivata una serie di geni, i cui prodotti determinano la formazione e la composizione finale della spora, mentre un'altra serie di geni, quelli necessari alle funzioni della cellula vegetativa deve essere inattivata. Ciò riguarda modificazioni della specificità trascrizionale della RNA polimerasi. L'RNA polimerasi batterica è formata da 4 subunità, (a,b,b1,sigma). Il fattore sigma riconosce il promotore e lega il DNA in punti ben precisi. Sembra che, all'inizio della sporulazione, una delle subunità della RNA pol subisca un clivaggio ad opera di una proteasi, ciò comporterebbe

l'incapacità di riconoscere fattori sigma della cellula vegetativa. Contemporaneamente verrebbe sintetizzato un nuovo fattore sigma H, specifico per i geni della sporulazione. Oltre al fattore sigma specifico, c'è anche la fosforilazione di proteine **SpoOA**, che è una proteina legante il DNA chiamata "regolatore della risposta" che dereprime i geni all'inizio della sporulazione. La sporulazione determina l'attivazione di circa 200 geni che codificano sia per proteine strutturali sia per proteine regolatrici e che controllano una cascata di segnali molto complessa. Il primo evento irreversibile del processo di sporulazione è la formazione di un setto asimmetrico che divide la cellula in due compartimenti diseguali. Comincia prima che la segregazione del cromosoma sia terminata, includendo temporaneamente solo una piccola porzione (circa 30%) del cromosoma. Dopo circa 15 minuti la restante parte del cromosoma è spinto attraverso il setto nella prespora grazie all'attività di una **DNA traslocasi**. Tale fase è caratterizzata dalla perdita delle proprietà biologiche della spora, senza che vi siano ancora modificazioni morfologiche. In questa fase la spora aumenta il suo volume in seguito alla penetrazione di acqua nel mezzo, perde la sua caratteristica rifrangente, rilascia acido dipicolinico e perde tutte le altre peculiarità. La degradazione ed il rilascio di componenti sporali, corrispondono all'attivazione di enzimi litici, presenti ma inattivi nelle spore, che digeriscono gli involucri sporali. Tra gli agenti introduttori, uno dei più studiati è l'amminoacido L-alanina. La terza fase, definita esocrescita, durante la quale si osservano modificazioni morfologiche che comportano fuoriuscita della cellula vegetativa dagli involucri sporali degradati e inizio della divisione cellulare. Affinché si compie tale fase è necessario che ci sia disponibilità di azoto e carbonio e quindi di un terreno di coltura completo.