**Batteri: genetica e meccanismi di trasferimento dell'informazione genetica**

L'evoluzione della specie umana è garantita dalla meiosi delle cellule germinali e dalla loro successiva unione ([fecondazione](http://www.my-personaltrainer.it/salute/fecondazione.html)). In questo modo, le nuove generazioni ereditano metà del patrimonio genetico dal padre e metà dalla madre.

Dal momento che i batteri si riproducono in maniera asessuata, per semplice scissione binaria, la loro evoluzione è garantita da due meccanismi principali: quello delle mutazioni e quello delle ricombinazioni.

MUTAZIONI: evento casuale che si manifesta con alterazioni e sostituzioni a livello delle sequenze nucleotidiche che compongono il genoma batterico.

RICOMBINAZIONI: derivano da meccanismi di trasferimento genico: un batterio donatore trasferisce delle sequenze mucleotidiche al batterio ricevente, che le integra nel proprio genoma secondo un meccanismo di RICOMBINAZIONE OMOLOGA. Tutto ciò porta all'acquisizione di nuovi caratteri, come la capsula, la capacità di produrre particolari tossine, fattori di [resistenza agli antibiotici](http://www.my-personaltrainer.it/salute/antibiotici2.html) ecc..

Nel batterio il genoma è contenuto nell'unico cromosoma e talvolta anche in ambienti extracromosomiali, detti PLASMIDI, che hanno la stessa struttura superspiralizzata, ma un diametro minore. I plasmidi sono dotati di replicazione autonoma e possono codificare, ad esempio, per tossine, pili, adesine, batteriocine o fattori di resistenza; alcuni plasmidi possono anche integrarsi nel genoma batterico e successivamente tornare indipendenti; in questi casi vengono detti EPISOMI. In generale, quindi, nei plasmidi ritroviamo l'informazione genetica di caratteri ausiliari, non indispensabili alla sopravvivenza del batterio.

Alcuni plasmidi hanno un ristretto spettro di potenziali ospiti, mentre altri più largo (ciò significa che possono essere trasferiti a batteri diversi).

Per trasferire il materiale genetico, quindi plasmidi o sequenze genomiche, i batteri hanno elaborato tre diversi meccanismi, chiamati: trasformazione, coniugazione e trasduzione. A questi, può esserne aggiunto un quarto, chiamato TRASPOSIZIONE, tramite cui si ha trasferimento di materiale genetico da una zona all'altra del cromosoma, o dal plasmide al cromosoma, all'interno dello stesso batterio.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [TRASFORMAZIONE](http://www.my-personaltrainer.it/salute/batteri-genetica.html#TRASFORMAZIONE) | [CONIUGAZIONE](http://www.my-personaltrainer.it/salute/batteri-genetica.html#CONIUGAZIONE) | [TRASDUZIONE](http://www.my-personaltrainer.it/salute/batteri-genetica.html) |
| Passaggio di frammenti di DNA libero, originati dalla lisi batterica, ad un batterio ricevente. | Trasferimento genico attraverso il contatto fisico tra due batteri, di cui il donatore è denominato F+ (fertilità positivo) e possiede un pilo di coniugazione, mentre il ricevente F-. | Il trasferimento è mediato da un virus dei batteri chiamato [batteriofago](http://www.my-personaltrainer.it/Foto/Virus/I_Virus_salva_vita_che_curano_le_malattie.html). |

**TRASFORMAZIONE**: il processo di trasformazione può essere suddiviso in tappe distinte:

1) legame tra DNA e cellula

2) ingresso del DNA nella cellula

3) ricombinazione del DNA libero che entra nel batterio ricevente

4) espressione fenotipica

Un DNA per essere trasformante dev'essere:

1) a doppia elica

2) con peso molecolare superiore a 106 Dalton

3) avere un'elevata analogia col DNA della cellula ricevente

La cellula ricettrice, da parte sua, dev'essere in uno stato fisiologico chiamato di competenza. Una cellula è competente quando è al termine della sua crescita esponenziale o logaritmica; in questa fase, infatti, la sintesi proteica è massima e vengono espressi fattori di competenza (proteine che permettono al DNA di entrare).

**CONIUGAZIONE**: consiste nel trasferimento diretto di materiale genetico tramite contatto fisico tra due cellule batteriche.

Alcuni batteri contengono un plasmide, detto fattore F, che codifica per delle proteine che formano il pilo di coniugazione. Questo plasmide, dotato di replicazione autonoma, possiede dei geni che gli consentono di replicarsi e trasferirsi da un batterio F+ all'altro (F-).

Fasi della coniugazione: un batterio F+ incontra un batterio F- e si forma un ponte di unione. A questo punto il plasmide comincia a replicarsi con un meccanismo detto rolling circle (in direzione 5' - 3'), durante il quale una delle due emieliche passa attraverso il pilo. Alla fine della replicazione e del trasferimento, abbiamo due F+, poiché il primo mantiene la copia del plasmide, mentre l'F- riceve la seconda emielica, che poi si duplica e forma il plasmide.

A volte (raramente) in una cellula F+ il plasmide può integrarsi nel cromosoma. Le nuove cellule dove il plasmide è integrato prendono il nome di HFR (alta frequenza di ricombinazione). In queste cellule il plasmide integrato trasmette al cromosoma le sue caratteristiche, come quella di trasferirsi da un batterio A ad un batterio B; quindi i geni del primo possono combinarsi con quelli del secondo.

Se mettiamo un batterio HFR a contatto con un F- si forma il ponte di coniugazione, che invia un segnale di trasferimento genico per il quale una nucleasi taglia un'elica, il cromosoma inizia a replicarsi con un meccanismo a rolling circle, e la copia passa nella cellula F a partire dal punto di taglio.

Il passaggio dell'intero cromosoma dura circa 90', ma il ponte di coniugazione è fragile e spesso si rompe prima che il trasferimento si completi, quindi passa solo la testa del plasmide ed alcuni geni ad essa vicini; la parte terminale, invece, contenente il fattore F, non passa. Di conseguenza, la cellula F- non diventa HFR e nemmeno F+, ma acquisisce solo alcuni dei caratteri del batterio donatore.

Il DNA donatore può ricombinarsi con il cromosoma della cellula ricevente conferendo al batterio nuovi caratteri genetici. Altre volte il DNA può essere degradato e non si ha nessun cambiamento.

Oltre ai fattori F esistono anche i cosiddetti fattori R (che portano la resistenza agli antibiotici); sono sempre plasmidi che contengono le sequenze dei fattori F, ai quali ne sono associati altri per la resistenza agli antibiotici. Vi sono poi fattori COL, che codificano per proteine chiamate colicine o batteriocine, cioè sostanze ad azione battericida, con le quali il batterio si difende ed attacca le altre cellule per occupare le sedi di colonizzazione.

Vi sono anche fattori ENT, che codificano per enterotossine e che sono tipici di alcuni stipiti di [Escherichia Coli](http://www.my-personaltrainer.it/salute/escherichia-coli.html) (normalmente presenti nell'organismo), capaci di produrre [enterotossine](http://www.my-personaltrainer.it/salute/tossine-batteriche.html) attive sulla [mucosa](http://www.my-personaltrainer.it/fisiologia/mucosa.html) dell'[intestino tenue](http://www.my-personaltrainer.it/fisiologia/intestino.html).

I pili sessuali sono tipici ed unici dei GRAM -, però la coniugazione avviene anche nei GRAM +, i quali possiedono plasmidi che sintetizzano particolari proteine, che - secrete all'esterno - portano all'aggregazione fra batteri F+ ed altri F- (senza ricorrere al pilo che non c'è). La coniugazione è comunque un evento raro.

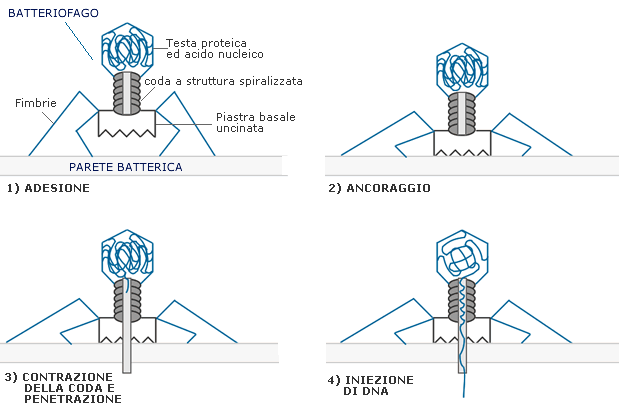
# Batteri: trasferimento dell'informazione genetica

**TRASDUZIONE**: trasferimento genico mediato da un virus batteriofago lambda, visibile solamente al microscopio elettronico.

1a tappa) Le fimbrie del [batteriofago](http://www.my-personaltrainer.it/Foto/Virus/I_Virus_salva_vita_che_curano_le_malattie.html) si legano alla parete del batterio, grazie a degli antirecettori che riconoscono specifici siti di adesione sulla parete cellulare.

2a tappa) La piastra aderisce alla parete del batterio. Viene liberato un enzima, detto [lisozima](http://www.my-personaltrainer.it/nutrizione/lisozima.html), che va a ledere il peptidoglicano che costituisce la parete batterica.

3a tappa) La coda si contrae ed il DNA del [virus](http://www.my-personaltrainer.it/salute/virus.html) viene spinto all'interno del DNA batterico.

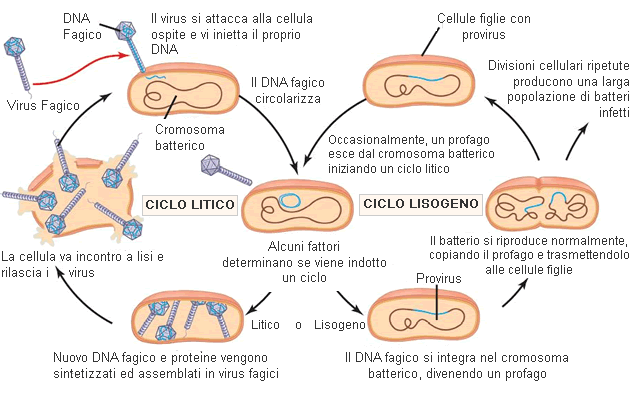


A questo punto il DNA virale può seguire due vie, una prima chiamata ciclo litico ed una seconda detta ciclo lisogeno.

**CICLO LITICO**: il DNA si replica, vengono sintetizzati RNA e proteine virali; queste ultime si uniscono fra loro (si assemblano) per formare nuovi virus, nella cui testa si inserisce il genoma virale neoformato. Ogni batterio infettato da virus si trasforma così in una fabbrica di nuove unità virali. Al termine del processo, il batterio va incontro a lisi e a liberazione dei virus, che vanno poi ad infettare altri batteri.

**CICLO LISOGENO**: quando il virus infetta il batterio il suo DNA va ad integrarsi nel DNA batterico.

I fagi che hanno un ciclo lisogeno vengono chiamati virus temperati, perché il loro DNA si integra nel cromosoma batterico e come esso si comporta; di conseguenza, viene trasferito alle nuove generazioni senza determinare alcun danno per il batterio. Questo stato di quiescenza può essere tuttavia spezzato da stimoli opportuni (raggi UV, stress ecc.); in queste situazioni il DNA virale si può staccare (excidere), passando dal ciclo lisogeno a quello litico.



Il fago lambda, che può dare sia cicli di tipo litico che cicli di tipo lisogeno, dà vita a due tipi di trasduzione; una chiamata generalizzata, che avviene in seguito ad un ciclo litico, e una seconda, detta specializzata, che si manifesta nel passaggio dal ciclo lisogeno a quello litico.

TRASDUZIONE GENERALIZZATA: durante il ciclo litico nella testa del virus possono essere incorporati frammenti di DNA batterico. Si forma una popolazione mista con fagi che contengono i geni virali di origine, e fagi con DNA batterico; questi ultimi possono poi inoculare i geni batterici in un nuovo batterio, così, il DNA inoculato si fonde con quello batterico. Questo tipo di trasduzione si definisce generalizzata perché qualsiasi gene del batterio donatore può essere trasferito al batterio ricevente.

TRASDUZIONE SPECIALIZZATA: il DNA virale integrato nel ciclo lisogeno prende il nome di PROVIRUS. Quando dal ciclo lisogeno si passa a quello litico, questo frammento di DNA donatore si spezza. Alcune volte (evento raro) il distacco non avviene negli stessi siti in cui si è saldato, ma in zone leggermente sfalsate; tale frammento, pertanto, avrà perso una porzione di DNA virale ed acquisito alcune sequenze di DNA batterico. Si formano così nuovi virus che nella testa portano DNA ibrido e che, infettando nuovi batteri, trasferiscono determinati e specifici geni batterici (da cui specializzata).

Esiste un meccanismo chiamato conversione lisogenica, dove il DNA virale integrato nel DNA batterico (che tendenzialmente è silente) può esporre alcune proteine, che in genere sono delle tossine. Esistono in natura tossine batteriche dovute all'espressione di geni virali.

**TRASPOSIZIONE**: sia il cromosoma batterico che i plasmidi contengono degli elementi chiamati trasponibili, che sono cioè in grado di spostarsi (traslocazione) da una regione all'altra del genoma, oppure dal plasmide al genoma, oppure da un plasmide all'altro all'interno della stessa cellula batterica. In genere, quando un elemento trasponibile si sposta, una determinata sequenza rimane sia nel sito di origine, sia in quello dov'è stata asportata. Esistono diversi tipi di elementi trasponibili:

-sequenze di inserzione: contengono un gene che codifica per un enzima che favorisce la trasposizione (traspotasi).

-trasposoni: più complessi delle precedenti, alle due estremità 3' e 5' contengono due sequenze IS (di inserzione) e all'interno geni per la [resistenza agli antibiotici](http://www.my-personaltrainer.it/salute/antibiotici2.html) ([tetraciclina](http://www.my-personaltrainer.it/salute/tetraciclina.html), penicillina, cloramfenicolo...)

-elementi invertibili: sono simili ai trasposoni ma mantengono la capacità di invertire i trasposoni.

**Multiresistenza agli antibiotici**: meccanismi che avvengono frequentemente negli ospedali e a livello intestinale. Un batterio, attraverso la coniugazione, trasmette la resistenza ad un batterio, già resistente ad un altro antibiotico, su doppio plasmide. Il nuovo batterio con doppia resistenza va incontro a trasposizione, cioè la doppia resistenza si integra all'interno dello stesso plasmide e trasmette la caratteristica ad altri batteri.

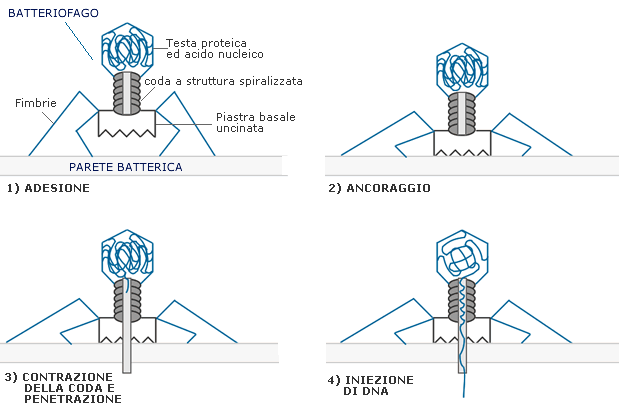
# Batteri: trasferimento dell'informazione genetica

**TRASDUZIONE**: trasferimento genico mediato da un virus batteriofago lambda, visibile solamente al microscopio elettronico.

1a tappa) Le fimbrie del [batteriofago](http://www.my-personaltrainer.it/Foto/Virus/I_Virus_salva_vita_che_curano_le_malattie.html) si legano alla parete del batterio, grazie a degli antirecettori che riconoscono specifici siti di adesione sulla parete cellulare.

2a tappa) La piastra aderisce alla parete del batterio. Viene liberato un enzima, detto [lisozima](http://www.my-personaltrainer.it/nutrizione/lisozima.html), che va a ledere il peptidoglicano che costituisce la parete batterica.

3a tappa) La coda si contrae ed il DNA del [virus](http://www.my-personaltrainer.it/salute/virus.html) viene spinto all'interno del DNA batterico.

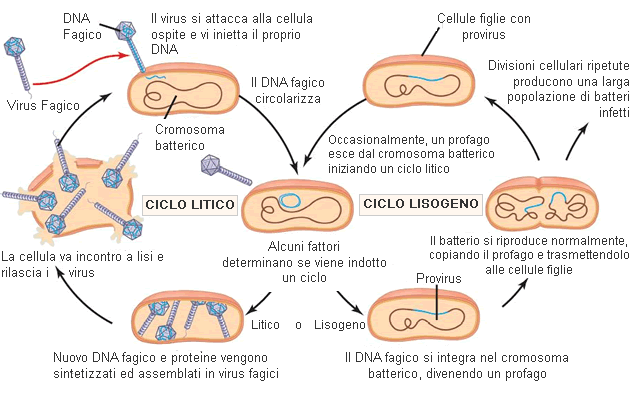


A questo punto il DNA virale può seguire due vie, una prima chiamata ciclo litico ed una seconda detta ciclo lisogeno.

**CICLO LITICO**: il DNA si replica, vengono sintetizzati RNA e proteine virali; queste ultime si uniscono fra loro (si assemblano) per formare nuovi virus, nella cui testa si inserisce il genoma virale neoformato. Ogni batterio infettato da virus si trasforma così in una fabbrica di nuove unità virali. Al termine del processo, il batterio va incontro a lisi e a liberazione dei virus, che vanno poi ad infettare altri batteri.

**CICLO LISOGENO**: quando il virus infetta il batterio il suo DNA va ad integrarsi nel DNA batterico.

I fagi che hanno un ciclo lisogeno vengono chiamati virus temperati, perché il loro DNA si integra nel cromosoma batterico e come esso si comporta; di conseguenza, viene trasferito alle nuove generazioni senza determinare alcun danno per il batterio. Questo stato di quiescenza può essere tuttavia spezzato da stimoli opportuni (raggi UV, stress ecc.); in queste situazioni il DNA virale si può staccare (excidere), passando dal ciclo lisogeno a quello litico.



Il fago lambda, che può dare sia cicli di tipo litico che cicli di tipo lisogeno, dà vita a due tipi di trasduzione; una chiamata generalizzata, che avviene in seguito ad un ciclo litico, e una seconda, detta specializzata, che si manifesta nel passaggio dal ciclo lisogeno a quello litico.

TRASDUZIONE GENERALIZZATA: durante il ciclo litico nella testa del virus possono essere incorporati frammenti di DNA batterico. Si forma una popolazione mista con fagi che contengono i geni virali di origine, e fagi con DNA batterico; questi ultimi possono poi inoculare i geni batterici in un nuovo batterio, così, il DNA inoculato si fonde con quello batterico. Questo tipo di trasduzione si definisce generalizzata perché qualsiasi gene del batterio donatore può essere trasferito al batterio ricevente.

TRASDUZIONE SPECIALIZZATA: il DNA virale integrato nel ciclo lisogeno prende il nome di PROVIRUS. Quando dal ciclo lisogeno si passa a quello litico, questo frammento di DNA donatore si spezza. Alcune volte (evento raro) il distacco non avviene negli stessi siti in cui si è saldato, ma in zone leggermente sfalsate; tale frammento, pertanto, avrà perso una porzione di DNA virale ed acquisito alcune sequenze di DNA batterico. Si formano così nuovi virus che nella testa portano DNA ibrido e che, infettando nuovi batteri, trasferiscono determinati e specifici geni batterici (da cui specializzata).

Esiste un meccanismo chiamato conversione lisogenica, dove il DNA virale integrato nel DNA batterico (che tendenzialmente è silente) può esporre alcune proteine, che in genere sono delle tossine. Esistono in natura tossine batteriche dovute all'espressione di geni virali.

**TRASPOSIZIONE**: sia il cromosoma batterico che i plasmidi contengono degli elementi chiamati trasponibili, che sono cioè in grado di spostarsi (traslocazione) da una regione all'altra del genoma, oppure dal plasmide al genoma, oppure da un plasmide all'altro all'interno della stessa cellula batterica. In genere, quando un elemento trasponibile si sposta, una determinata sequenza rimane sia nel sito di origine, sia in quello dov'è stata asportata. Esistono diversi tipi di elementi trasponibili:

-sequenze di inserzione: contengono un gene che codifica per un enzima che favorisce la trasposizione (traspotasi).

-trasposoni: più complessi delle precedenti, alle due estremità 3' e 5' contengono due sequenze IS (di inserzione) e all'interno geni per la [resistenza agli antibiotici](http://www.my-personaltrainer.it/salute/antibiotici2.html) ([tetraciclina](http://www.my-personaltrainer.it/salute/tetraciclina.html), penicillina, cloramfenicolo...)

-elementi invertibili: sono simili ai trasposoni ma mantengono la capacità di invertire i trasposoni.

**Multiresistenza agli antibiotici**: meccanismi che avvengono frequentemente negli ospedali e a livello intestinale. Un batterio, attraverso la coniugazione, trasmette la resistenza ad un batterio, già resistente ad un altro antibiotico, su doppio plasmide. Il nuovo batterio con doppia resistenza va incontro a trasposizione, cioè la doppia resistenza si integra all'interno dello stesso plasmide e trasmette la caratteristica ad altri batteri.