

Sterilizzazione e disinfezione

• C

Un aspetto importante della microbiologia medica riguarda il controllo delle malattie infettive e la loro prevenzione. Sulla base di questo concetto, assumono notevole importanza la comprensione e l'attuazione delle metodiche utilizzate per ottenere in maniera efficace, l'eliminazione di batteri, endospore, miceti, virus e parassiti. In microbiologia l'eliminazione dei microrganismi è necessaria non solo in campo medico ma anche nella ricerca di base, poiché in ogni procedura microbiologica il materiale utilizzato deve essere originariamente *sterile*, cioè privo di organismi contaminanti che potrebbero falsare i risultati o addirittura l'identificazione del germe in esame.

Per morte di un microrganismo, si intende il blocco totale della sua attività metabolica e la perdita della sua capacità riproduttiva. Esistono diverse tecniche che permettono di eliminare o ridurre la quantità (carica) dei microrganismi presenti in un dato campione. Due sono i processi principali che permettono l'uccisione dei microrganismi:

- la **sterilizzazione**, processo che porta alla totale eliminazione di ogni forma vivente presente nel materiale trattato;
- la **disinfezione**, che al contrario della sterilizzazione porta all'uccisione della maggior parte dei microrganismi ma non alla completa eliminazione di tutte le forme viventi.

76.1 - Sterilizzazione

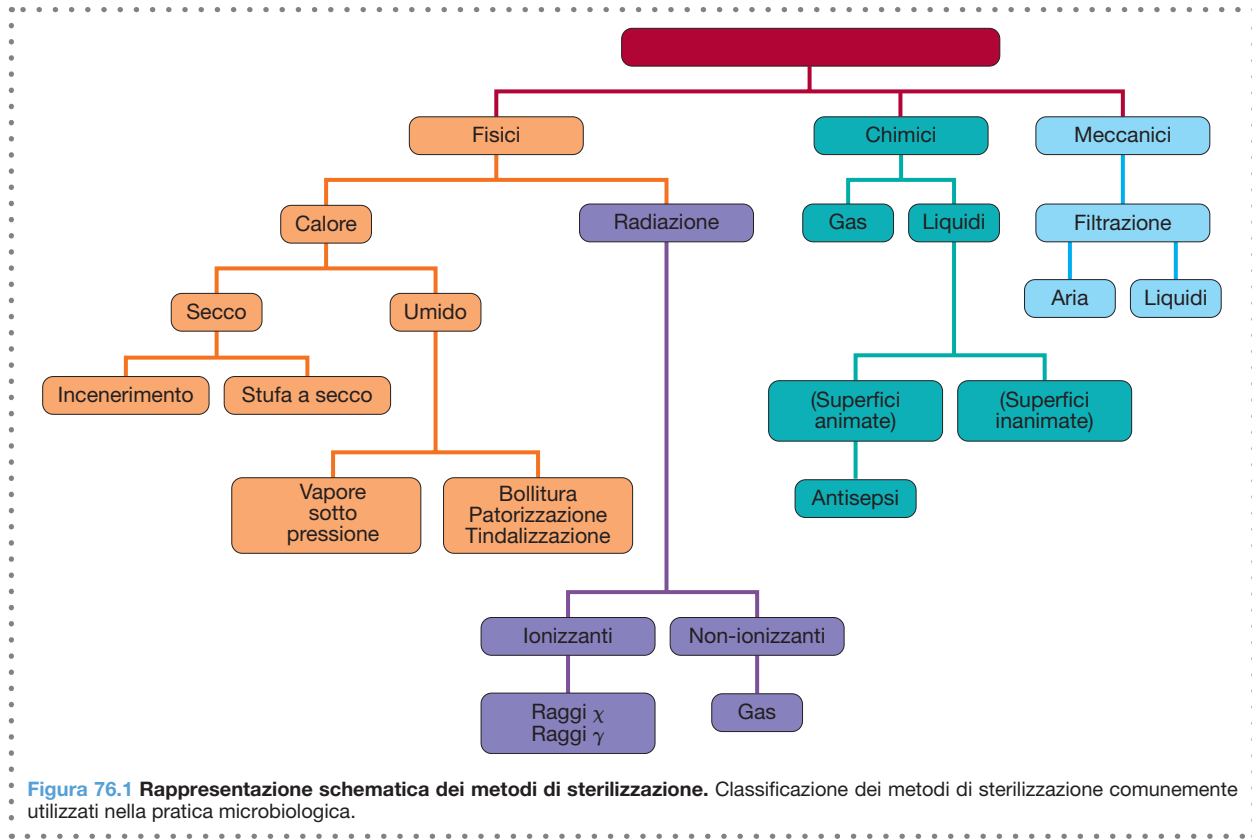
È sicuramente il processo più efficace in microbiologia perché consente, in maniera indiscriminata, la totale uccisione di ogni forma vivente nel materiale trattato, sia che si tratti di organismi patogeni che saprofiti nella loro forma vegetativa o sporale. Con la sterilizzazione otteniamo l'*asepsi*, cioè la totale assenza di ogni microrganismo vivente; di conseguenza il materiale trattato viene definito *asettico* ovvero sterile. Pertanto, quando sosteniamo che un campione deve essere prelevato in asepsi (sangue, liquido cefalo-rachidiano ecc.), intendiamo che l'operazione deve essere eseguita con specifici accorgimenti, finalizzati a impedire che organismi esogeni finiscano nel campione, veicolati da improprie modalità di prelievo. Come detto in precedenza, la sterilizzazione risulta necessaria in microbiologia per l'allestimento di terreni di coltura, beute, matracci e ogni genere di vetreria e per l'eliminazione dei microrganismi da superfici infette, sale operatorie e dispositivi medici che, per il loro utilizzo, debbono necessariamente essere privi di ogni microrganismo contaminante.

La sterilizzazione può essere ottenuta attraverso metodi fisici come: calore, filtrazione e radiazioni o mediante alcuni agenti chimici come ossido di etilene, perossido di idrogeno, formaldeide e glutaraldeide (fig. 76.1).

Sterilizzazione mediante calore

In microbiologia l'agente più utilizzato nella sterilizzazione è il calore. La temperatura elevata ha un'azione denaturante sulle macromolecole (proteine e lipidi) che perdono

x Andrea: verificare scritta nella figura (probabilmente è in sovrastampa)



la loro funzionalità determinando così la morte dell'organismo. L'efficacia del calore nel processo di sterilizzazione viene misurata attraverso la riduzione decimale dei microrganismi (D), ovvero il tempo necessario per ridurre di un logaritmo, a temperatura nota, la carica di una popolazione microbica (fig. 76.2) e attraverso l'aumento di temperatura richiesto per ridurre il valore D di un logaritmo (Z). Tale valore è dato dall'espressione:

$$Z = \frac{T_2 - T_1}{\log \frac{D_2}{D_1}}$$

dove T_2 e T_1 sono le temperature in °C e D_1 e D_2 sono i valori di D a quelle temperature.

Ogni processo di sterilizzazione segue cinetiche precise nel tempo. Pertanto i processi di riduzione della popolazione microbica seguono una cinetica di primo grado espressa con l'equazione:

$$\log \frac{N_0}{N_t} = K(t - t_0)$$

dove N_0 e N_t rappresentano le popolazioni microbiche rispettivamente al tempo 0 e T. Nella sterilizzazione mediante calore possiamo distinguere diversi metodi, dipendenti da come il calore viene distribuito nella procedura.

■ Fiamma diretta

Usata per sterilizzare l'ansa di platino da una sorgente di calore emessa dalla fiamma di un becco Bunsen (fig. 76.3). Questo procedimento permette di sterilizzare l'ansa

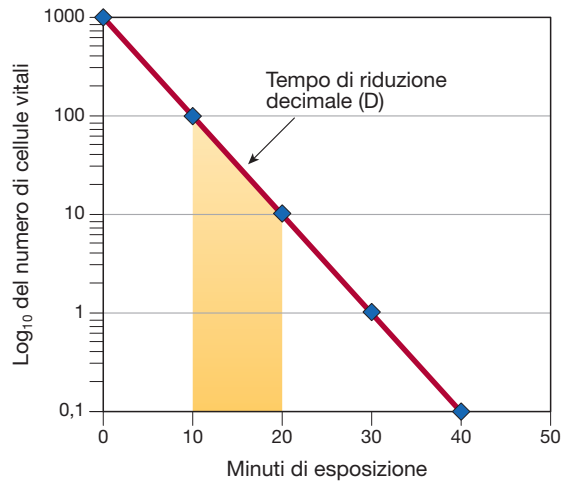
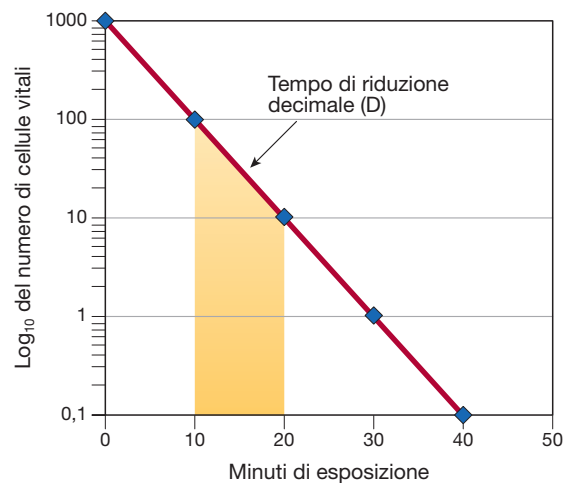


Figura 76.2 Tempo di riduzione decimale. Riduzione decimale dei microrganismi durante sterilizzazione, ovvero il tempo necessario per ridurre di 1 logaritmo, la carica di una popolazione microbica a temperatura nota.

Figura 76.3 Becco Bunsen. La fiamma emessa dal becco Bunsen viene utilizzata per sterilizzare un'ansa di platino.



ogni qualvolta sia necessario prelevare sterilmente microrganismi e seminarli in terreni di coltura adatti. L'uso della **fiamma diretta** risulta utile anche per sterilizzare l'orlo delle provette, delle beute e di altri recipienti nel momento in cui vengono aperti e prima della loro chiusura.

■ **Calore secco**

La sterilizzazione con **calore secco** fu introdotta da Louis Pasteur e consiste nel trattare il materiale con aria ad alta temperatura tramite l'utilizzo del forno Pasteur (fig. 76.4). Questo tipo di sterilizzazione raggiunge la massima efficacia se l'aria viene equamente distribuita all'interno del forno mediante un appropriato sistema di ventilazione. Per ottenere la completa sterilizzazione mediante forno Pasteur, il materiale da sterilizzare deve essere trattato a 160-180 °C per circa 2 ore, poiché il calore secco ha un basso potere penetrante a causa della cattiva conducibilità dell'aria. La temperatura elevata e il tempo prolungato, utilizzati in questo tipo di sterilizzazione, sono necessari per l'alta resistenza al calore secco di alcune forme vegetative batteriche (Micobatteri,



Figura 76.4 Forno Pasteur.
Dispositivo per la sterilizzazione a calore secco.

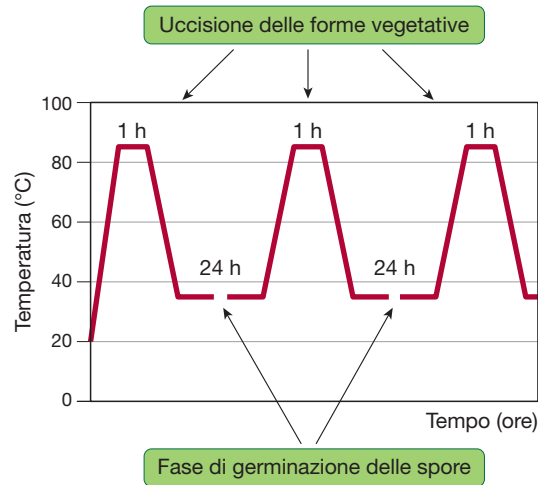
Stafilococchi e *Salmonella typhi*) ed endospore. Tale modalità di sterilizzazione è utilizzata per tutti i materiali non deteriorabili ad alte temperature, come vetreria, tappi di metallo, oggetti di porcellana e strumenti chirurgici. Non è invece adatta per materiali in gomma, plastica e terreni di coltura.

■ **Calore umido**

Nel processo di sterilizzazione il **calore umido** risulta molto più efficace del calore secco, in quanto ha un potere di penetrazione più alto. Il calore umido può essere utilizzato come vapore acqueo fluente nella **pentola di Koch** e come vapore saturo nell'**autoclave**. La pentola di Koch è un recipiente contenente due terzi di acqua, chiuso da un coperchio, sul quale è innestato un termometro e con un foro dal quale fluisce il vapore. Il materiale da sterilizzare viene posto in un cestello posizionato su una griglia sopra la superficie dell'acqua. Il sistema funziona grazie a una sorgente di calore che riscalda l'acqua portandola all'ebollizione e formando vapore, il cui eccesso fuoriesce dal foro presente sul coperchio. A differenza dell'autoclave, in questo sistema la temperatura massima raggiungibile è di 100°C, che risulta sufficiente per l'eliminazione di batteri, miceti e virus ma che non assicura l'eliminazione delle spore batteriche. Per ottenere la completa sterilizzazione, con vapore fluente, è necessario un processo chiamato **sterilizzazione frazionata** o **tindalizzazione** (da John Tyndall).

La sterilizzazione frazionata o tindalizzazione è un processo che completa la sterilizzazione con vapore fluente, quando si sospetta che nel materiale da sterilizzare siano presenti spore batteriche che, per le loro caratteristiche, sono resistenti a diversi cicli di bollitura. In questo caso, il materiale da sterilizzare viene riscaldato a 85 °C per 1 ora ogni 24 ore, per tre giorni consecutivi. L'intero processo di tindalizzazione si fonda sull'eliminazione delle forme vegetative durante il riscaldamento e sull'induzione della germinazione delle endospore durante il periodo in cui il materiale viene incubato a 35 °C per 24 ore. Il secondo e terzo ciclo della tindalizzazione sono necessari per agire sulle forme vegetative originatesi dalla germinazione delle spore batteriche (fig. 76.5). La tindalizzazione viene utilizzata per sterilizzare terreni composti da sostanze deteriorabili ad alte temperature, come il latte, il siero e il tuorlo d'uovo. Per la corretta realizzazione di questo processo è fondamentale che il

Figura 76.5 Rappresentazione schematica del processo di tindalizzazione. L'innalzamento della temperatura a 85 °C consente l'uccisione delle forme vegetative e i 2 passaggi intermedi di raffreddamento e incubazione a 35 °C per 24 ore consentono la germinazione delle spore in forme vegetative.



materiale da sterilizzare permetta la germinazione delle spore nelle condizioni adatte. Pertanto la sterilizzazione frazionata non è adatta per sterilizzare materiale inerte.

Il **vapore fluente** è efficace sulle forme vegetative, ma non su alcune endospore che resistono anche per diverso tempo alla temperatura di 100 °C e in alcuni casi anche al processo di sterilizzazione frazionata. Pertanto, il materiale non deteriorabile ad alte temperature, che necessita di essere sterilizzato, viene sottoposto al vapore saturo sotto pressione per ottenere una sterilizzazione completa. In questo caso viene usato un particolare dispositivo chiamato autoclave, di cui esistono diversi modelli (fig. 76.6). L'autoclave è un recipiente di forma cilindrica, con pareti robuste e a chiusura ermetica, che consente l'immissione di vapore sotto pressione. Normalmente il protocollo standard prevede il riscaldamento del materiale a una pressione di un'atmosfera che consente l'innalzamento della temperatura di ebollizione fino a 121 °C. Il tempo necessario per raggiungere la sterilizzazione è di 15 minuti. È chiaro che nella sterilizzazione con autoclave, l'agente sterilizzante non è la pressione ma le alte temperature raggiunte in condizioni di vapore a pressioni superiori a quella atmosferica (fig. 76.7).

Controlli di sterilizzazione in autoclave

Poiché il processo di sterilizzazione a vapore saturo sotto pressione dipende dalla combinazione di tre fattori, **temperatura** (e pressione correlata), **tempo di sterilizzazione** e **vapore saturo**, la sola mancanza di uno di questi parametri può portare a una inefficiente sterilizzazione. È pertanto necessario introdurre dei controlli che permettano di monitorare il perfetto funzionamento dell'autoclave nel processo di sterilizzazione. Per assicurare che l'autoclave mantenga inalterate nel tempo le prestazioni, si procede a una serie di verifiche quali:

- **test di funzionamento**, che accertano l'idoneità dell'autoclave;
- **test di avvenuta sterilizzazione**, che verificano gli errori umani durante il ciclo di sterilizzazione e il malfunzionamento del dispositivo;
- **convalide periodiche**, che accertano le "performance" dell'autoclave.

Esistono tutta una serie di saggi per il controllo periodico dell'autoclave e per il controllo del materiale sterilizzato come il test del vuoto e di Bowie-Dick, nastri indicatori termosensibili e il test biologico con spore di *Bacillus stearothermophilus* (fig. 76.8).

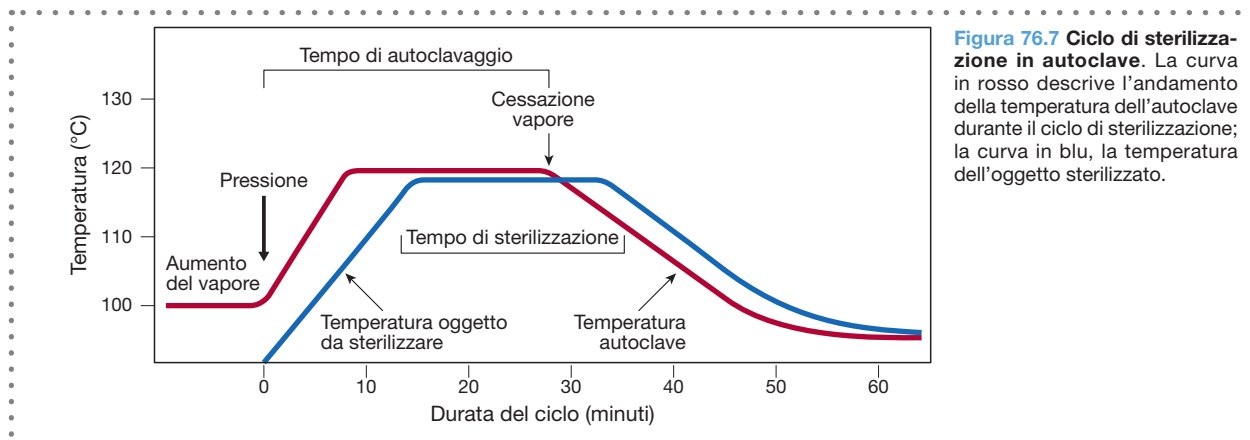
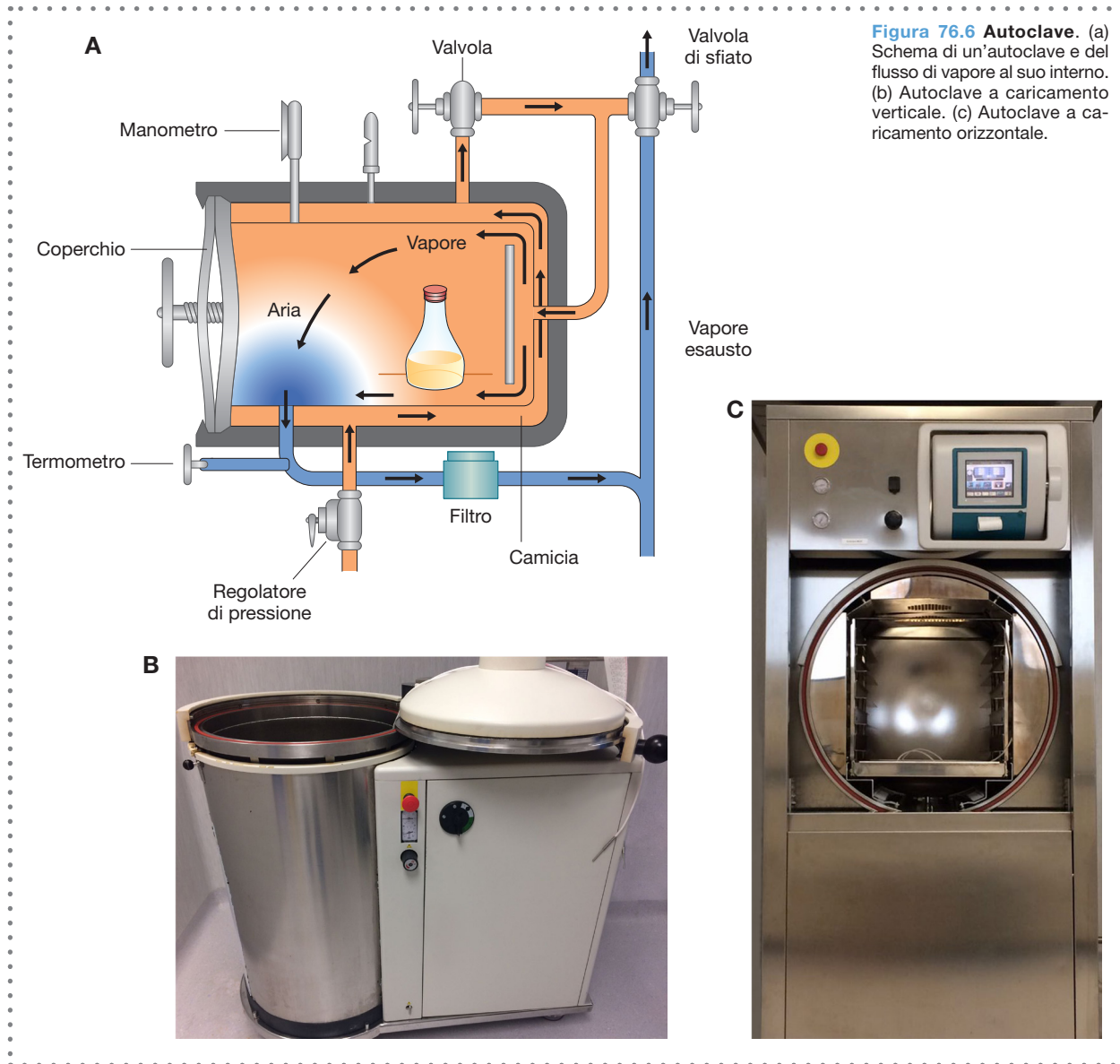
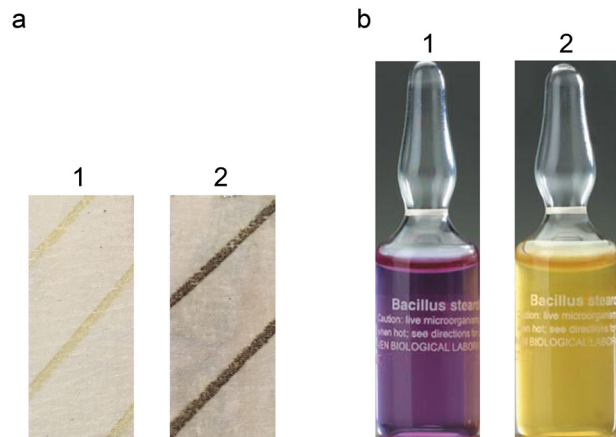


Figura 76.8 Indicatori di sterilizzazione. (a) Nastri termosensibili che vengono applicati sul prodotto prima della sterilizzazione. A destra (a1) nastro non sottoposto a sterilizzazione, a sinistra (a2) lo stesso nastro sottoposto al processo di sterilizzazione. I nastri termosensibili controllano solo il parametro *temperatura* nel processo di sterilizzazione. (b) Controllo biologico con spore di *Bacillus stearothermophilus*. Vengono utilizzate delle fiale contenenti un terreno di coltura, opportunamente formulato, e le spore di *B. stearothermophilus*. Le fiale vengono poste in diversi punti nell'autoclave prima dell'avvio del ciclo di sterilizzazione. Dopo la sterilizzazione, le fiale vengono incubate 55-60 °C per 24-48 ore. Dopo incubazione si osserva il colore del terreno di coltura che contiene un indicatore di pH: un cambiamento di colore dal viola/limpido (b1) al giallo/torbidito (b2) del terreno è indice di crescita microbica e quindi di sterilizzazione mancata. Al contrario la permanenza della colorazione iniziale (viola/limpido; b1) del terreno è indice di assenza di crescita microbica e quindi di sterilizzazione superata.



Pastorizzazione

La **pastorizzazione** non è un vero e proprio metodo di sterilizzazione poiché questo processo utilizza una temperatura più bassa della temperatura di ebollizione. Viene utilizzata per abbattere la carica microbica e i comuni patogeni eventualmente presenti nel latte e in altri alimenti che, ad alte temperature, perderebbero le loro proprietà organolettiche. Esistono due metodi di pastorizzazione: quello più recente, chiamato pastorizzazione istantanea (*flash method*), in cui l'alimento, solitamente latte, viene riscaldato a 72 °C per 15 secondi e rapidamente raffreddato a 13 °C e la metodica classica (*batch method*) in cui l'intera massa di latte viene scaldata a 63 °C per 30 minuti e successivamente raffreddata a temperatura ambiente.

Un tempo la pastorizzazione del latte veniva usata per eliminare gli agenti eziologici della tubercolosi, del tifo e della brucellosi. Oggi, nei paesi sviluppati, questi patogeni sono scarsamente presenti negli alimenti; tuttavia la continua pastorizzazione del latte ha limitato fortemente la diffusione di altri patogeni come *Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria* ed *Escherichia coli* entero-emorragico (EHEC).

Filtrazione

Abbiamo visto che il calore è un mezzo estremamente efficace nella sterilizzazione. Tuttavia il processo di **filtrazione** è indispensabile per eliminare i microrganismi in sostanze liquide termolabili come ad esempio, siero, antibiotici, zuccheri e urea.

È chiaro che la filtrazione non porta all'uccisione dei microrganismi ma alla loro separazione fisica dalla soluzione, che viene fatta passare attraverso membrane di nitrocellulosa con pori del diametro di 0,2 o 0,45 μm. Il limite della filtrazione è rappresentato dall'impossibilità di trattenere sul filtro microrganismi di dimensione più piccoli del diametro dei pori delle membrane filtranti come i virus e i micoplasmi. Poiché i liquidi non attraversano per gravità i filtri di nitrocellulosa, per un corretto processo di filtrazione è necessario l'uso di siringhe o di un sistema di aspirazione (fig. 76.9).

Radiazioni

La sterilizzazione mediante **radiazioni** viene definita anche sterilizzazione "a freddo" poiché le radiazioni non generano calore. In questo tipo di sterilizzazione vengono utilizzati due tipi di agenti radioattivi: **raggi non ionizzanti** o **eccitanti**, che hanno poca energia e scarso potere penetrante, e **raggi ionizzanti**, che al contrario generano grande quantità di energia e hanno forte potere penetrante.

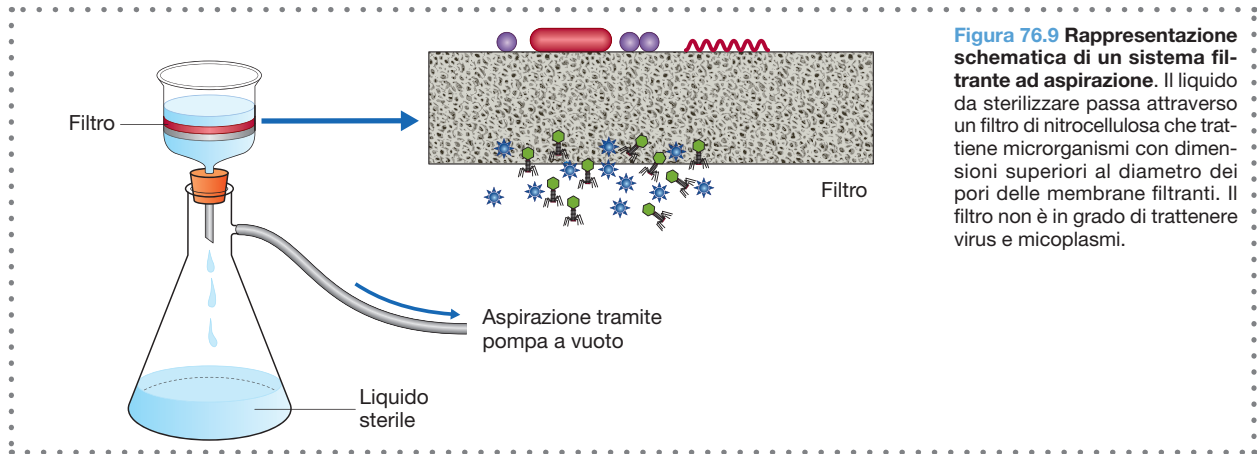


Figura 76.9 Rappresentazione schematica di un sistema filtrante ad aspirazione. Il liquido da sterilizzare passa attraverso un filtro di nitrocellulosa che trattiene microrganismi con dimensioni superiori al diametro dei pori delle membrane filtranti. Il filtro non è in grado di trattenere virus e micoplasmi.

■ Raggi non ionizzanti

I **raggi ultravioletti (UV)** sono agenti radioattivi comunemente usati nella sterilizzazione e definiti raggi non ionizzanti. Il loro spettro di azione varia da 200-280 nanometri (nm), con il massimo potere germicida a 260 nm. L'azione dei raggi UV induce la formazione di dimeri di timina nel DNA, provocando mutazioni letali per i microrganismi (fig. 76.10). Poiché i raggi UV hanno uno scarso potere penetrante,

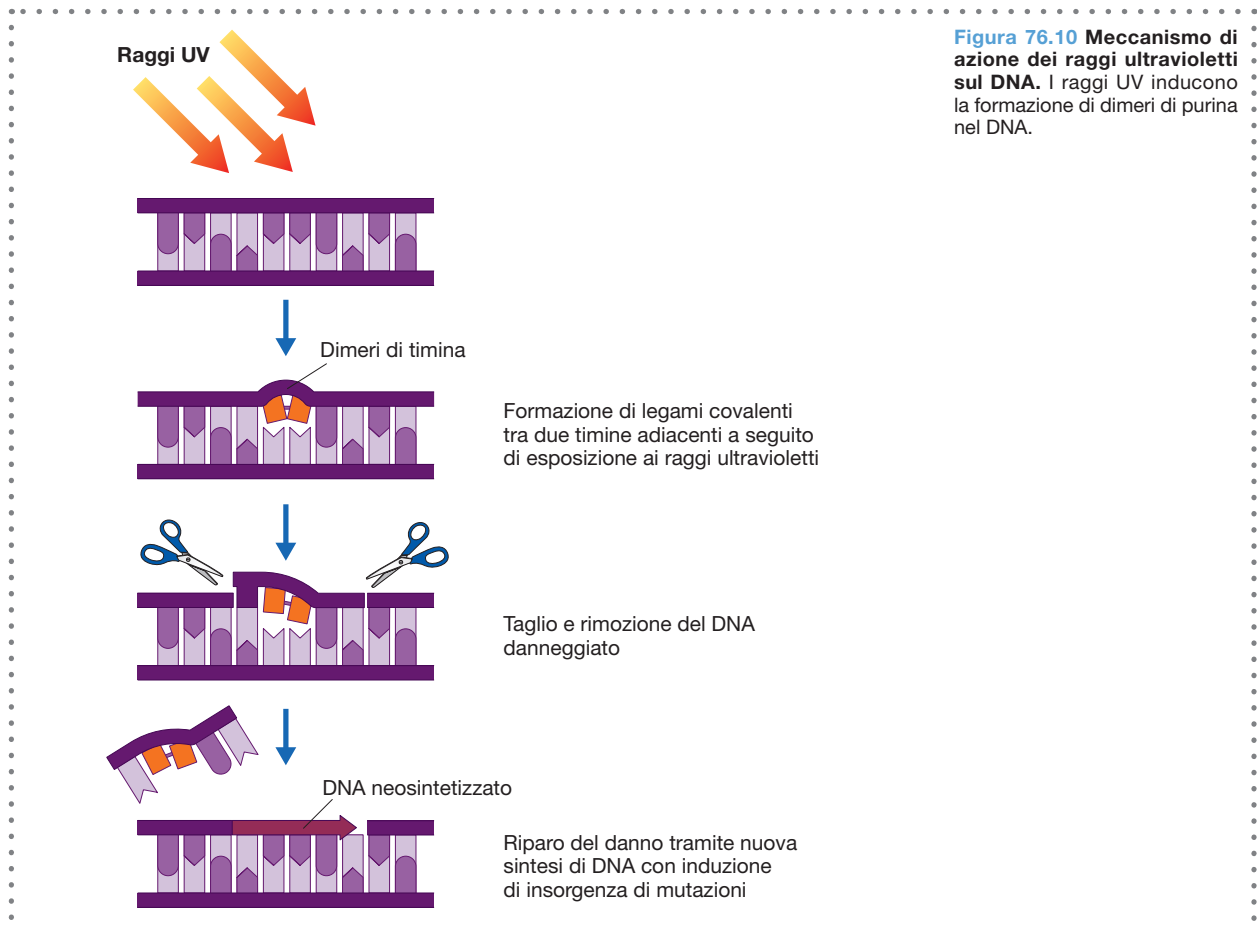


Figura 76.10 Meccanismo di azione dei raggi ultravioletti sul DNA. I raggi UV inducono la formazione di dimeri di purina nel DNA.

essi non sono in grado di eliminare le endospore. Sono normalmente usati per sterilizzare sale operatorie, banconi di laboratorio e piccoli ambienti come cappe a flusso laminare, locali di industrie farmaceutiche, dove vengono infilate sostanze sterili, e di industrie alimentari. I raggi UV non sono in grado di attraversare il vetro e nel caso di sterilizzazione di soluzioni liquide è necessario utilizzare un bulbo a immersione.

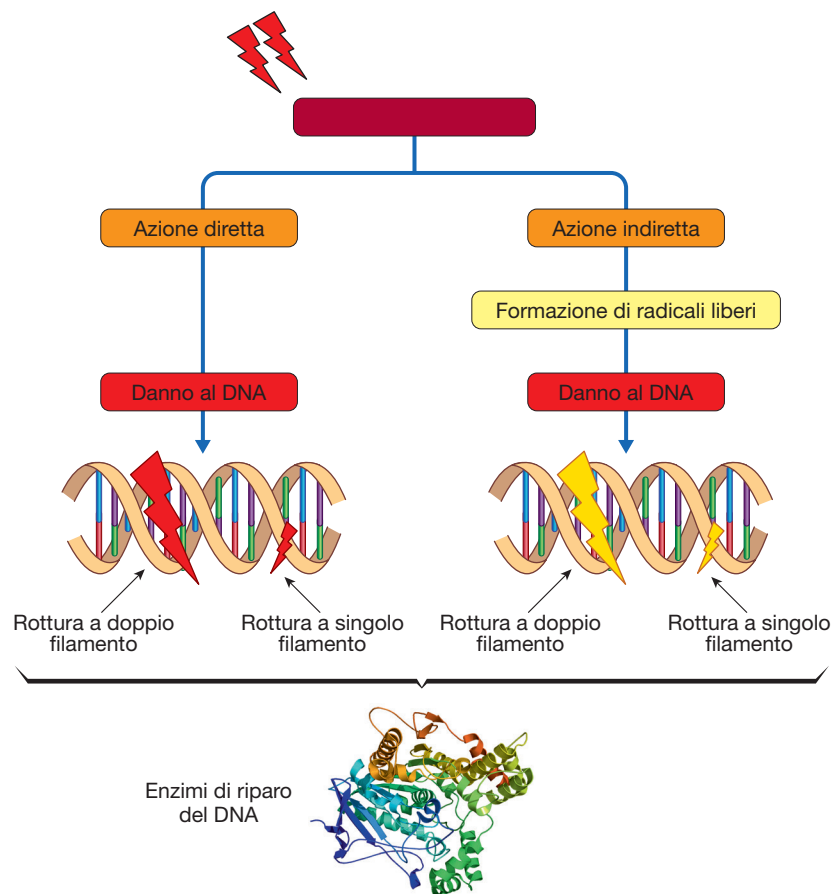
■ Raggi ionizzanti

I **raggi ionizzanti** sono dotati di energia molto forte e causano la formazione di ioni e composti reattivi (radicali liberi) in grado di degradare il DNA (fig. 76.11). Generalmente, i raggi *gamma* sono gli agenti radioattivi ionizzanti più usati nella sterilizzazione di materiale monouso come capsule petri, siringhe, vetreria, antibiotici, vitamine e ormoni. I raggi X invece, pur essendo letali e con alto potere penetrante, non vengono usati nella sterilizzazione, in quanto la loro produzione, in elevate quantità, risulta molto costosa. Inoltre sono difficili da utilizzare con efficienza poiché le radiazioni sono emesse in tutte le direzioni rispetto alla sorgente.

76.2 - Disinfezione

La **disinfezione** è indirizzata all'eliminazione dei principali patogeni e alla riduzione della carica di tutti i microrganismi presenti nel materiale trattato. Sebbene anche processi come la pastorizzazione e l'uso del vapore fluente, ugualmente non portino a una completa sterilizzazione, il termine "disinfezione" viene solitamente usato quando si

Figura 76.11 Rappresentazione schematica del danno indotto sul DNA da radiazioni ionizzanti. A sinistra, la radiazione ionizzante induce direttamente sul DNA rotture a singolo o a doppio filamento. A destra invece la radiazione causa la formazione di intermedi altamente reattivi, solitamente radicali liberi dell'ossigeno (ione perossido) che inducono rotture sul DNA a singolo o a doppio filamento. Se un danno cellulare indotto da radiazione non viene correttamente riparato dagli enzimi di riparo del DNA le possibili conseguenze si possono ricondurre a due tipi di eventi: la cellula è incapace di sopravvivere (morte cellulare) oppure subisce mutazioni geniche spesso letali per la sopravvivenza della cellula stessa.



fa uso di composti chimici siano essi sostanze disinfettanti o antisettiche. Entrambe queste sostanze hanno un'azione diretta sulla vitalità dei microrganismi, tuttavia la sostanziale differenza risiede nella modalità d'uso. L'**antisettico** è una sostanza usata per la disinfezione di tessuti vivi, mentre il **disinfettante**, viene utilizzato su oggetti inanimati a causa della sua elevata tossicità cellulare. A volte una stessa sostanza può essere utilizzata sia come antisettico che come disinfettante in base alla concentrazione d'uso. I più comuni disinfettanti utilizzati nella pratica clinica sono descritti nella **tabella 76.1**.

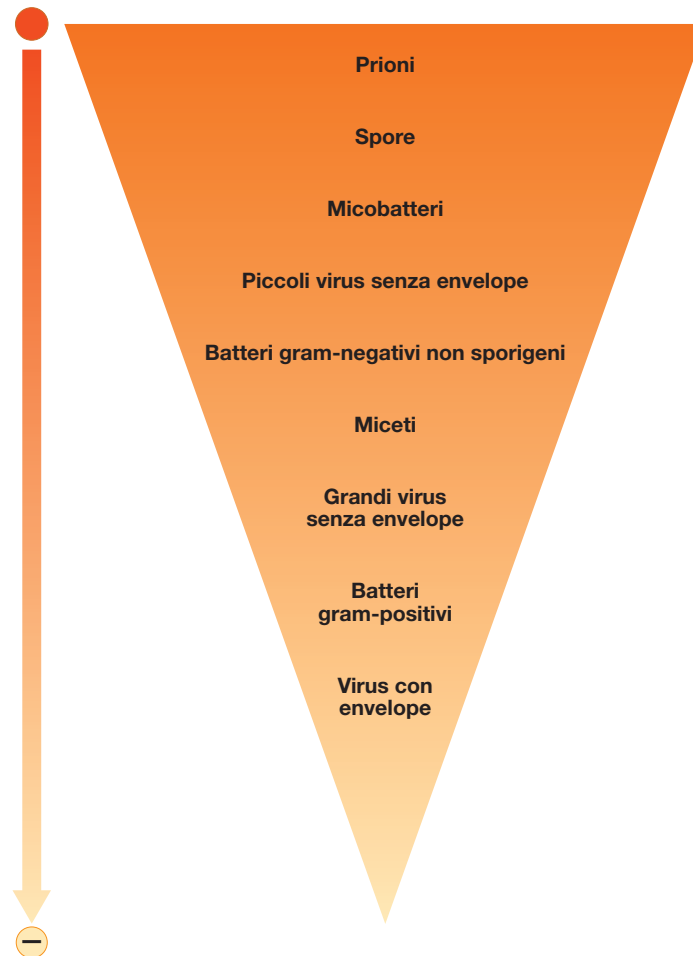
I livelli di disinfezione ottenibili sono classificati in alto, medio e basso in relazione alla sostanza chimica utilizzata e al grado di resistenza che i microrganismi manifestano nei confronti dei disinfettanti (**fig. 76.12**). Tutto ciò può generare confusione nell'uso dei termini di sterilizzazione e disinfezione, poiché alcuni disinfettanti di alto livello possono avvicinarsi, con la loro efficacia, alla sterilizzazione, ovvero alla uccisione di tutte le forme viventi, endospore comprese.

Tagliare 1 riga

Tabella 76.1 Descrizione dei comuni disinfettanti utilizzati nella pratica clinica.

Disinfettante	Livello di disinfezione	Meccanismo d'azione	Spettro di attività						
			Batteri	Micobatteri	Virus nudi	Virus lipofili	Spore	Miceti	
Composti dell'ammonio quaternario	Basso	Alterazione della membrana citoplasmatica, denaturazione delle proteine	+	-	-	+	-	+	
Alcoli	Basso	Denaturazione delle proteine, alterazione della parete cellulare	Alcol etilico	+	±	-	+	-	+
			Alcol isopropilico	+	±	-	+	-	+
Fenoli	Medio	Alterazione della membrana citoplasmatica	+	±	±	+	-	±	
Alogeni	Medio	Inattivazione delle proteine (enzimi) a livello dei gruppi-SH	Composti del cloro	+	+	+	+	-	+
			Iodofori	+	+	+	+	-	+
Perossido di idrogeno	Alto	Ossidazione del DNA e di composti cellulari essenziali, denaturazione delle proteine della tunica sporale	+	+	+	+	+	+	
Aldeidi	Alto	Alchilazione dei gruppi aminici, carbossilici, idrossilici e sulfidrilici delle proteine	Formaldeide	+	+	+	+	+	+
			Glutaraldeide	+	+	+	+	+	+
Ossido di etilene	Alto	Alchilazione dei gruppi aminici, carbossilici, idrossilici e sulfidrilici delle proteine	+	+	+	+	+	+	

Figura 76.12 Grado di resistenza dei microrganismi ai disinfettanti.



I disinfettanti ad attività elevata sono usati principalmente per disinfettare strumenti medici utilizzati in procedure invasive e che non tollerano alte temperature, come strumenti chirurgici in plastica, alcuni tipi di endoscopi o tutti quei materiali che necessitano di una condizione vicino alla sterilità ma non possono essere sterilizzati con vapore sotto pressione. Questa classe di disinfettanti è rappresentata da composti come l'ossido di etilene, la glutaraldeide, la formaldeide e il perossido di idrogeno. I disinfettanti ad attività intermedia sono utilizzati per disinfettare superfici o oggetti di difficile contaminazione sporale. Questi disinfettanti sono rappresentati da composti fenolici e alogeni. Infine i disinfettanti ad attività bassa, rappresentati dai composti quaternari dell'ammonio e dagli alcoli, sono utilizzati per la disinfezione di strumenti medici che vengono a contatto solo con la cute del paziente, come ad esempio elettrocardiografi, sfigmomanometri ecc.

Principali disinfettanti e antisettici

■ Aldeidi

Le **aldeidi** agiscono sull'alchilazione di gruppi aminocarbossilici e idrossilici, danneggiando gli acidi nucleici. La loro azione porta alla completa eliminazione di tutti i microrganismi comprese le endospore. I più comuni disinfettanti del gruppo delle

aldeidi sono la *glutaraldeide* e la *formaldeide*, entrambe considerate agenti sterilizzanti o disinfettanti ad azione elevata.

La **formaldeide** viene solitamente disciolta in acqua a una concentrazione finale del 40% (formalina). Bollendo la soluzione o trattando il composto con potassio permanganato si ottiene una soluzione gassosa che viene utilizzata per sterilizzare superfici di sale operatorie, di laboratori, corsie, letti e camere di ospedale infette. Usata a una concentrazione del 10%, con aggiunta di tetraborato allo 0,5%, la formalina viene utilizzata per la sterilizzazione di strumenti metallici. La **glutaraldeide** al 2% viene comunemente usata per la sterilizzazione di termometri, cistoscopi, broncoscopi, centrifughe e strumenti di laboratorio. Gli svantaggi dei disinfettanti aldeidici sono caratterizzati dalla tossicità dei vapori generati che risultano fortemente irritanti, dalla loro scarsa penetrazione e dall'attività ridotta in presenza di materiale organico.

Nella **figura 76.13** è rappresentato un grafico, con l'azione di comuni antisettici utilizzati nella pratica clinica, che evidenzia l'azione battericida degli antisettici rispetto al tempo di applicazione.

■ Ossido di etilene

L'**ossido di etilene** presenta lo stesso meccanismo d'azione delle aldeidi agendo sui microrganismi come agente alchilante. È un gas incolore in acqua e rappresenta uno dei disinfettanti più attivi su oggetti che non possono essere esposti ad alte temperature come materiale in plastica, strumenti odontoiatrici e biancheria. L'ossido di etilene è in grado di uccidere tutti i microrganismi comprese le endospore. Gli svantaggi di questo agente disinfettante sono rappresentati dall'alta tossicità e infiammabilità e dalle sue caratteristiche mutageniche e carcinogeniche.

■ Perossido di idrogeno

Il **perossido di idrogeno** agisce direttamente sui microrganismi rilasciando ossigeno libero. Questa condizione porta alla formazione di radicali liberi che danneggiano proteine e DNA. Viene solitamente usato al 6% come disinfettante nella decontaminazione di protesi chirurgiche e impianti di materiale plastico e al 3% come antisettico nella disinfezione delle ferite della cute. Ad alte concentrazioni il perossido di idrogeno mostra una buona azione sporicida. Tra gli svantaggi di questo composto spicca la

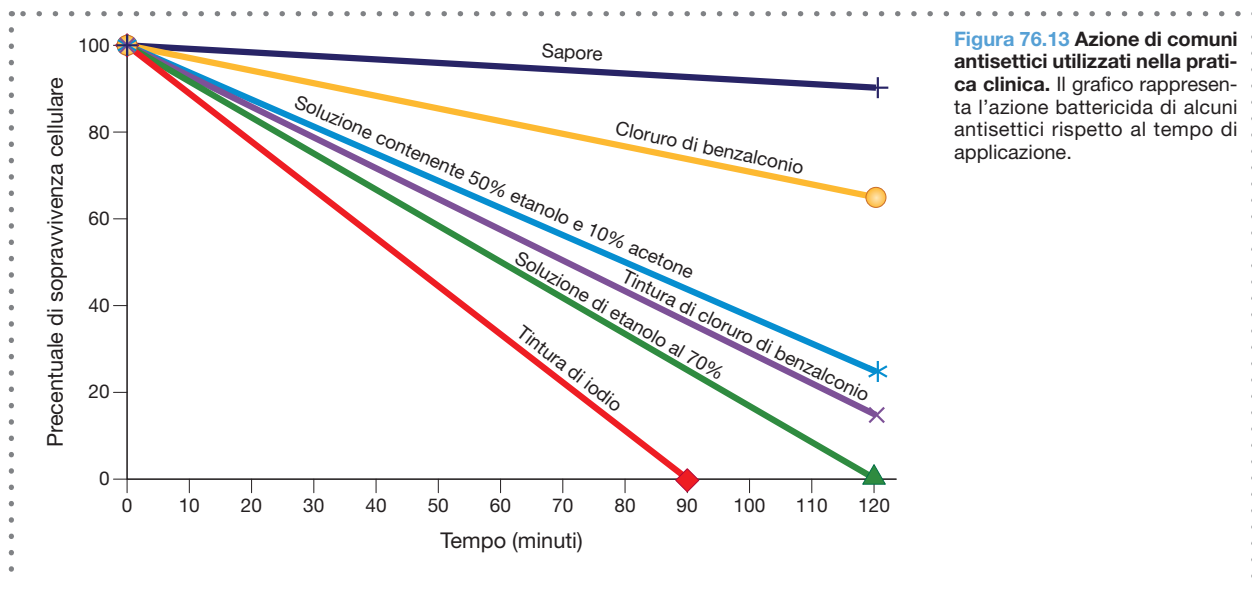


Figura 76.13 Azione di comuni antisettici utilizzati nella pratica clinica. Il grafico rappresenta l'azione battericida di alcuni antisettici rispetto al tempo di applicazione.

sensibilità alla luce e all'enzima catalasi, nonché la forte riduzione della sua attività in presenza di materiale organico.

■ **Fenoli**

Il meccanismo d'azione dei **fenoli**, come disinfettanti, è caratterizzato dalla distruzione delle membrane, dalla precipitazione delle proteine e dall'inattivazione di enzimi importanti per il metabolismo cellulare. Alcuni di questi composti possono essere impiegati sia come disinfettanti che come antisettici, secondo le concentrazioni d'uso e vengono difficilmente inattivati da materiale organico. I fenoli più usati in ambito di disinfezione sono: la *clorexidina* in soluzione con isopropanolo come antisettico della cute e per il lavaggio delle mani in ambito pre-operatorio, il *cloroxilenolo*, meno irritante, a uso topico e con buona attività battericida e il *Triclosan* efficace su tutte le forme vegetative batteriche incluso *Pseudomonas* e con buona attività nei confronti di miceti e virus. Gli svantaggi che limitano l'uso dei composti fenolici sono la tossicità e le elevate caratteristiche corrosive e irritanti nei confronti della cute.

■ **Alogeni**

Gli **alogeni** sono composti che danneggiano, mediante ossidazione, i gruppi sulfidrilici di enzimi importanti nel metabolismo cellulare. Sono rappresentati dai composti del cloro (cloro elementare, acido ipocloroso e ione ipoclorito) e dai composti iodati (tintura di iodio e iodofori).

I **composti del cloro** sono dotati di un ampio spettro antimicrobico e di una rapida azione. Degna di nota è la loro attività antivirale, anche a basse concentrazioni, nei confronti sia di virus lipidici che nudi, nonché l'azione battericida nei confronti dei micobatteri. Altra caratteristica importante di alcuni di questi composti è la possibilità di essere utilizzati sia come antisettici che come disinfettanti, naturalmente usando in condizioni di antisepsi, i composti che presentano un maggior profilo di tolleranza, come ad esempio la tosilcloramide sodica, meglio nota con il nome di **cloramina T**. I composti del cloro sono utilizzati nella disinfezione per la potabilità delle acque, nella sanitizzazione di piscine e nell'antisepsi della cute integra e lesa.

Come i composti alogeni del cloro, anche gli **iodofori** presentano un ampio spettro antimicrobico e una buona efficacia anche se negli ultimi anni il loro uso è stato gradualmente limitato a causa di rilevazioni occasionali di reazioni di ipersensibilità. Gli antisettici più usati di questo gruppo sono la **tintura di iodio** (2% di iodio in 70% di alcol) per la disinfezione della cute e lo **iodopovidone** (betadine) per l'antisepsi di ferite, mucose, ustioni e piaghe da decubito. Gli svantaggi dei composti alogeni sono rappresentati dalla loro rapida inattivazione in presenza di materiale organico.

■ **Metalli pesanti**

L'azione disinfettante di questi composti è determinata dalla loro capacità di ossidare i gruppi sulfidrilici e precipitare le proteine. I principali composti usati nella disinfezione di ustioni e ferite sono il **nitrato d'argento**, il **solfo di rame** e i **sali di mercurio** (*mercurocromo mertiolato*). In particolare, i mercuriali sono attivi, a basse concentrazioni, nei confronti dei virus, mentre i sali di rame mostrano una spiccata attività antimicotica. I composti appartenente a questo gruppo sono facilmente inattivati da materiale organico.

■ **Alcoli**

L'**alcol etilico** e l'**isopropanolo** sono i due alcoli comunemente usati nei processi di disinfezione. A causa della alta volatilità, gli alcoli esprimono la massima efficacia quando sono diluiti, come testimonia l'alcol etilico al 70% che presenta un'attività battericida più elevata dell'alcol al 95%. Gli alcoli sono attivi su tutte le forme vegetative, sui

micobatteri e sui virus lipidici. Al contrario sono inefficaci nei confronti di endospore e presentano una ridotta attività verso virus nudi e alcuni miceti. Gli svantaggi nell'uso degli alcoli sono rappresentati dall'alta infiammabilità e volatilità di queste sostanze.

■ **Composti dell'ammonio quaternario (Quat)**

Sono detti anche **detergenti cationici**. Appartengono alla classe di disinfettanti con più bassa attività. La loro azione detergente si esplica attraverso la denaturazione delle membrane cellulari. I composti Quat, comunemente usati come detergenti, sono il **cloruro di benzalconio** e la **cetrimide**. Entrambi presentano un'azione batteriostatica a basse concentrazioni e battericida a concentrazioni più elevate. Sono inefficaci nei confronti di endospore, micobatteri, *Pseudomonas* e virus nudi.

Sono facilmente inattivati da detergenti anionici e da materiale organico e perdono gran parte della loro attività a basse concentrazioni.

Bibliografia essenziale

Block, S.S., *Disinfection, Sterilization and Preservation*, Lippincot Williams & Williams Edition, Philadelphia, PA, 2001.

Russel, Hugo & Ayliffe, *Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization*, Wiley-Blackwell Edition, 2012.

Shridar Rao, P.N. (2008), www.microrao.com.