



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

---

Corso di Laurea in Tecniche della prevenzione nell'ambiente e  
nei luoghi di lavoro

**“Il rischio biologico in ambiente  
ospedaliero: definizione,  
valutazione e strategie di  
monitoraggio e di prevenzione”**

Relatore: Chiar.ma  
**Lory Santarelli**  
**FIRMA**

Tesi di Laurea di:  
**Giovanni Miconi**  
**FIRMA**

A.A. 2021/2022

# SOMMARIO

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	2
<b>2. IL RISCHIO BIOLOGICO</b> .....	2
2.1 INTRODUZIONE .....	2
2.2 DEFINIZIONE E NORMATIVA.....	3
2.3 TIPOLOGIE DI AGENTI BIOLOGICI COINVOLTI.....	6
2.4 CATENA DELLE INFEZIONI.....	10
<b>3. LE INFEZIONI CORRELATE ALL'ASSISTENZA SANITARIA</b> .....	11
3.1 INTRODUZIONE .....	11
3.2 DEFINIZIONE E PRINCIPALI PATOGENI .....	12
3.2.1 ENTEROCOCCHI VANCOMICINA RESISTENTI (VRE) .....	14
3.2.2 STAPHYLOCOCCUS AUREUS .....	15
3.2.3 KLEBSIELLA PNEUMONIAE ED ESCHERICHIA COLI.....	16
3.2.4 ACINETOBACTE BAUMANNII.....	18
3.2.5 PSEUDOMONAS AERUGINOSA .....	19
3.2.6 ENTEROBACTER.....	20
3.3 IMPATTO ECONOMICO E SULLA SALUTE .....	21
<b>4. MISURE DI MONITORAGGIO E PREVENZIONE</b> .....	23
4.1 INTRODUZIONE .....	23
4.2 VALUTAZIONE DEL RISCHIO BIOLOGICO .....	23
4.3 IL MONITORAGGIO MICROBIOLOGICO .....	28
4.4 MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE.....	31
4.4.1 DETERSIONE, DISINFEZIONE E STERILIZZAZIONE.....	32
4.4.2 MISURE DI CONTENIMENTO .....	37
4.4.3 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE COLLETTIVA ED INDIVIDUALE .....	38
<b>5. CONCLUSIONI</b> .....	42
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....	44

## **1. Introduzione**

In questo lavoro di tesi verrà tracciato un quadro sul rischio biologico in ambito ospedaliero, analizzandolo sia dal punto di vista dei rischi per gli operatori che da quello dei rischi per i pazienti ed i visitatori. Verrà poi evidenziato il ruolo del tecnico della prevenzione nella valutazione, nel monitoraggio e nel contenimento del rischio biologico

Nel capitolo 2 verrà introdotto e definito il rischio biologico con la normativa che lo caratterizza, analizzando anche più approfonditamente gli agenti biologici che contraddistinguono questo tipo di rischio, infine sarà presa in esame la catena delle infezioni, per poter sottolineare quali sono i fattori di cui ha bisogno un agente biologico per potersi diffondere e moltiplicare. In questo capitolo l'analisi del rischio è più incentrata sui rischi a cui è esposto l'operatore sanitario.

Nel capitolo 3 invece saranno introdotte e approfondite le infezioni correlate all'assistenza sanitaria (ICA), spostando così l'attenzione sui rischi corsi dai pazienti. All'interno del capitolo verranno trattati tutti i batteri che sono la causa preponderante delle infezioni all'interno delle strutture sanitarie. Per finire verrà anche approfondito l'impatto che queste infezioni hanno a livello di salute ed economico, sottolineando così l'importanza di disporre di un buon piano di prevenzione e gestione delle ICA.

Nel capitolo 4 infine verrà approfondito ciò che è di competenza del tecnico della prevenzione per quanto riguarda la valutazione, il monitoraggio e la gestione del rischio biologico. Saranno anche analizzate le misure di prevenzione e protezione che dalle evidenze risultano avere un ruolo di maggior spessore per la riduzione ed il controllo del rischio biologico.

## **2. Il rischio biologico**

### **2.1. Introduzione**

In ambito lavorativo i principali fattori di rischio per la salute sono legati a fattori di tipo fisico, chimico e biologico, in questa tesi verrà trattata proprio la terza tipologia di fattori di rischio.

La scelta di trattare questo argomento deriva dal fatto che, anche a seguito dell'avvento del virus SARS-CoV-2, i rischi dovuti ad agenti biologici sono una problematica estremamente attuale. Nel 2018 in tutto il mondo morivano a causa di malattie infettive trasmissibili circa 320.000 lavoratori, di questi 5000 in Unione Europea. Nel 2020, anche grazie al lockdown, sono diminuite del 18% le morti bianche, ma c'è stato un significativo aumento delle morti dovute agli agenti microbiologici, nello specifico dovute al virus SARS-CoV-2. [1] Oltre alla comparsa di nuovi patogeni, numeri così alti di morti dovute ai microrganismi sono una conseguenza di fattori come: la diffusione dei patogeni al di fuori dei tradizionali bacini geografici, ad esempio la Chikungunya, che è una malattia febbrile acuta virale e la malattia da virus del Nilo occidentale, entrambe trasmesse dalla puntura di zanzara; l'estendersi di fenomeni di antibiotico resistenza come nel caso dello Stafilococco Aureo Meticillino resistente; ed la riemersione di patologie ritenute in declino.

Il rischio derivante da agenti biologici, oltre che nel settore dei servizi sanitari, è presente in diversi contesti lavorativi, in particolare nel settore zootecnico e agricolo e nei settori che comportano la manipolazione di prodotti derivanti da piante o animale, come ad esempio il settore alimentare; nei settori che erogano servizi di igiene personale, di raccolta e trattamento di materiali potenzialmente infetti, di raccolta trattamento e smaltimento rifiuti, di edilizia e mortuari e cimiteriali.

## 2.2. Definizione e normativa

Il pericolo è la proprietà intrinseca di una situazione o di una entità che la rende capace di causare danni, mentre il rischio è la probabilità che una situazione di pericolo si concretizzi in danno, ovvero la possibile entità di tale danno. Il rischio biologico è la probabilità che accada l'alterazione dello stato di salute ad opera di agenti patogeni presenti in materiale, sangue o fluidi potenzialmente infetti.

La prevenzione e protezione dai rischi derivanti dagli agenti biologici in ambito occupazionale in Italia inizia con il Decreto del Presidente della Repubblica 303/1956: "Norme generali per l'Igiene del Lavoro", da qui sono state emanate norme più specifiche come il Decreto Legislativo 626/1994, che viene ripreso anche nel Decreto Legislativo

81/2008, fondamento del sistema prevenzionistico italiano. Nel Decreto Legislativo 81/2008 i rischi derivanti da agenti biologici sono trattati nel Titolo X, negli articoli dal 266 al 286. Nell'articolo 267 troviamo le definizioni di agente biologico, microrganismo e coltura cellulare; un agente biologico viene definito come: "qualsiasi microrganismo (anche geneticamente modificato) o coltura cellulare o parassita che può provocare infezioni, allergie e intossicazioni".

Nel Decreto Legislativo 81/08 gli agenti biologici vengono suddivisi in 4 classi a seconda della capacità di causare una malattia nell'uomo. Come conseguenza dell'appartenenza ad una di queste 4 classi, il datore di lavoro che opera con un determinato agente biologico dovrà adempiere ad alcuni obblighi legislativi. Nella tabella (Tabella 1) che segue vengono indicate le varie classi di rischio, ciascuna con le proprie caratteristiche e gli adempimenti amministrativi che ne conseguono.

Gruppo	Caratteristiche	Livello biosicurezza	Adempimenti amministrativi
1	Agente che difficilmente causa una malattia nell'uomo	Buone prassi di laboratorio (1 BioSecurityLevel)	Nessuna incombenza ad eccezione dell'applicazione dei principi generali di igiene e sicurezza
2	Agente che può causare malattie nell'uomo e costituire un rischio per i lavoratori, ma è poco probabile che si propaghi alla comunità, sono comunque disponibili terapie e profilassi	Secondo	Comunicazione preventiva all'organo di vigilanza
3	Agente che può causare gravi malattie nell'uomo e costituire un serio rischio per i lavoratori e può propagarsi alla comunità, sono però disponibili terapie e profilassi	Terzo	Comunicazione preventiva all'organo di vigilanza
4	Agente che può causare gravi malattie nell'uomo e costituire un serio rischio per i lavoratori, può presentare un elevato rischio di propagazione alla comunità, di norma non sono disponibili efficaci misure di terapia e profilassi	Quarto	Autorizzazione del ministero della sanità e comunicazione preventiva all'organo di vigilanza

Tabella 1 “classi di rischio agenti biologici”

Per quelle attività che si trovano in classe 2, 3 e 4, l'articolo 269 del Decreto Legislativo 81/2008, indica che il datore di lavoro deve inviare all'organo territorialmente competente una comunicazione preventiva contenente le seguenti informazioni: il nome e l'indirizzo dell'azienda e del suo titolare, il documento di valutazione del rischio biologico, in cui va tenuto conto di tutte le informazioni disponibili sull'agente biologico da utilizzare, anche secondo quanto indicato nell'Allegato XLVI del Decreto sopracitato. Nella valutazione va anche tenuto conto del sinergismo che può esistere tra i diversi gruppi di agenti biologici. Il datore deve inoltre adottare i principi di buona prassi e le misure protettive e preventive

indicate nel decreto, prestando attenzione ad adattare alla particolarità della situazione lavorativa.

È poi importante distinguere quelle attività che fanno un uso deliberato degli agenti biologici, casi in cui un agente viene introdotto deliberatamente nel ciclo lavorativo per sfruttarne le proprietà biologiche, ad esempio nei laboratori di ricerca, da quelle in cui invece potrebbe avvenire un'esposizione potenziale nelle quali manca il deliberato intento di farne oggetto dell'attività lavorativa. Per quanto riguarda le strutture sanitarie nella maggior parte di esse non si fa un uso deliberato degli agenti biologici, ma si svolgono attività che ne comportano la presenza.

Per quanto riguarda i microrganismi questi vengono valutati secondo 4 criteri di pericolosità: l'infettività, che viene intesa come la capacità di un microrganismo di moltiplicarsi all'interno dell'ospite; la patogenicità, che si riferisce alla capacità di produrre una malattia a seguito di un'infezione; quest'ultima insieme all'infettività ci indica la virulenza di un microrganismo; la trasmissibilità, intesa come la capacità di un microrganismo di trasmettersi ad un soggetto sano ed infine la neutralizzabilità, ovvero la disponibilità di efficaci misure profilattiche per prevenire e curare la malattia.

### 2.3. Tipologia di agenti biologici coinvolti

Gli agenti biologici non sono tutti della stessa tipologia, il rischio biologico è infatti dato sia da virus, che da batteri che da funghi.

I virus sono organismi acellulati, cioè privi di componenti fondamentali, vengono definiti parassiti intracellulari obbligati, perché proprio come conseguenza del fatto che non possiedono organelli questi hanno bisogno di un ospite per potersi moltiplicare. I virus vengono suddivisi in base alla tipologia di genoma che possiedono in 7 classi tramite la classificazione di Baltimore: i virus delle classi 1, 2 e 7 possiedono il DNA come acido nucleico, i virus di classe 3 possiedono frammenti di RNA a doppia catena, quelli di classe 4 possiedono un singolo filamento di RNA a polarità positiva, quelli di classe 5 è presente un singolo filamento di RNA a polarità negativa, infine nei virus di classe 6 si trovano 2 filamenti di RNA a polarità positiva, quest'ultima classe è di particolare importanza perché

costituisce i retrovirus, a cui appartiene il virus dell'HIV. In ambito ospedaliero, per quanto riguarda gli infortuni in cui si entra in contatto con i fluidi corporei di un altro soggetto, sono di particolare rilievo i virus dell'HBV che porta allo sviluppo dell'epatite B, dell'HAV che porta invece allo sviluppo dell'epatite A, per queste due tipologie di virus esistono però dei vaccini, nello specifico quello per il virus dell'HBV è obbligatorio per tutti gli operatori sanitari. Il rischio biologico dovuto ad un virus più elevato per gli operatori sanitari è costituito però dai virus dell'HCV, che porta allo sviluppo dell'epatite C, e dell'HIV, che porta alla sindrome da immunodeficienza acquisita (AIDS), poiché per questi 2 virus non esiste né un vaccino né una cura in grado di eradicarli. In ambito lavorativo la via di contagio più comune per questi virus è quella della puntura accidentale con aghi o strumentazioni infette. Il rischio di contagio stimato per ogni singolo incidente dovuto ad una puntura accidentale di un operatore con un ago è dello 0,3%; gli operatori che vengono interessati più frequentemente da incidenti a rischio di contagio del virus HIV sono gli infermieri e i laboratoristi, mentre per quanto riguarda l'HCV alle prime due mansioni si aggiunge anche quella dei chirurghi orali.

L'area ospedaliera più esposta alle infezioni occupazionali è quella chirurgica, con un 48% dei casi, seguita da quella medica, con un 37%, ed ancora dalla terapia intensiva e le attività di laboratorio con un 15%. Infine il 91% delle infezioni occupazionali da HIV è dovuto ad una esposizione al sangue infetto. [5-6]

La seconda categoria di agenti biologici di cui tenere conto durante la valutazione del rischio biologico è costituita dai funghi, questi possono essere organismi unicellulari, come i lieviti, o pluricellulari, come le muffe. I funghi possono dare due tipologie di patologie, le micotossicosi, dovute all'assunzione di alimenti infetti da micotossine, questa è una forma di parassitismo indiretto; e il micetismo che è invece una forma di parassitismo diretto ed è dovuto alla presenza dell'intero fungo all'interno dell'ospite. Le micosi sono classificabili in base alla via di acquisizione: in questa classificazione si dividono in micosi esterne dovute a funghi esogeni, ed in micosi interne, ovvero dovute a funghi endogeni considerati opportunisti. Un esempio di quest'ultime micosi è la candidosi, dovuta alla Candida Albicans che normalmente fa parte del microbiota orale e vaginale. Un secondo tipo di classificazione



dei funghi è stabilito in base alla tipologia e al grado di virulenza del patogeno. In questo caso si suddividono le micosi in: primarie, ovvero causate da patogeni primari, cioè patogeni che possono causare infezioni anche in ospiti immunocompetenti; e opportuniste: cioè causate solo in particolari condizioni di immunodepressione. Un'ultima classificazione delle micosi è stata fatta in base al sito d'infezione, suddividendole in: micosi superficiali, che interessano cioè lo strato corneo della cute; micosi cutanee, che riguardano invece i tessuti cheratinizzati e possono essere trasmesse; micosi sottocutanee, che riguardano la cute e i tessuti sottocutanei, solitamente questo tipo di micosi aumenta di gravità con l'aumentare della profondità del tessuto colpito; infine vi sono le micosi profonde, che sono dovute ad un'inalazione massiva delle spore o a volte dell'intero corpo fungineo, ma possono derivare anche da complicanze di micosi sottocutanee, questo tipo di micosi sono particolarmente gravi negli immunodepressi poiché i funghi possono disseminarsi in vari organi. Quest'ultima categoria di micosi è suddivisa a sua volta in micosi sistemiche, in cui il fungo rimane in loco senza diffondersi, alcuni esempi sono la *Candida Albicans* e l'*Aspergillus Flavus*; e micosi disseminate, in cui il fungo invece diffonde in altri distretti del corpo dando micosi secondarie.

I principali funghi responsabili di infezioni nosocomiali sono la *Candida Albicans*, che assume particolare importanza nei pazienti immunodepressi o che stanno seguendo una cura antibiotica, poiché questa può causare squilibri del normale microbiota, e gli *Aspergilli*, che sono invece funghi ambientali che proliferano dove c'è poca pulizia.

L'ultima classe di agenti biologici presa in considerazione è costituita dai batteri. I batteri sono organismi procarioti unicellulari, che possono essere distinti in base alla morfologia che possiedono, dovuta a diversi piani su cui avviene la scissione binaria, tra i batteri con forma sferica, chiamati cocci, si trovano gli stafilococchi che sono gruppi di cocci disposti in maniera random, e gli streptococchi, disposti a catenella. Esistono poi i bacilli, caratterizzati da forma cilindrica; ed infine ci sono gli spirilli, divisi in vibrioni, a forma di virgola, che è tipica del *Vibrio Cholerae*; in spirilli e nelle spirochete. Un'altra tipologia di classificazione dei batteri avviene grazie alla colorazione di GRAM, i batteri infatti possedendo diverse percentuali di peptidoglicano nella parete cellulare trattengono in modo diverso la

colorazione con cui vengono trattati in laboratorio. Secondo questa classificazione si hanno i gram positivo, che hanno una parete cellulare costituita all'85-90% da peptidoglicano e si colorano di blu, i gram negativo, che hanno una parete cellulare contenente il 5-10% di peptidoglicano e si colorano di rosso, ed infine i micobatteri che vengono colorati di verde grazie alla colorazione di Ziehl-Neelsen. Come nel caso dei funghi anche i batteri possono convivere in un rapporto mutualistico con l'ospite, alcuni esempi sono dati dai batteri del microbiota intestinale o quello della cute o ancora quello del tratto urinario. Può però avvenire che a seguito di squilibri del normale microbiota, o quando il paziente è immunodepresso, oppure a seguito del cambio di sede di un battere, questo è il caso dell'Escherichia Coli, questi batteri possano dare delle infezioni opportuniste. I batteri possono causare danni all'ospite di tipo diretto, dovuto all'invasione diretta dei tessuti, o indiretto dovuto invece alla produzione di tossine, che possono essere endotossine, che si liberano quando il batterio viene lisato. Un esempio di danno indiretto è quello causato dal Lipide A presente nella parete cellulare dei gram negativo. Con questi batteri vanno evitati antibiotici che agiscono tramite il killing, altrimenti verrebbero liberate le tossine in grandi quantità. I batteri possono produrre anche esotossine, con manifestazioni cliniche specifiche in base al tipo di tossina prodotta. Alcuni esempi sono la tossina esfoliativa dello Staphylococcus aureus e la tossina prodotta dal Clostridium Tetani. Un fattore di virulenza pericoloso nei batteri è costituito dal biofilm, ma fortunatamente non tutti i batteri sono in grado di produrlo, il biofilm viene definito come una comunità strutturata di cellule batteriche racchiuse in una matrice polimerica autoprodotta ed aderente ad una superficie inerte o vivente. Il biofilm fornisce ai batteri una maggiore protezione da agenti esterni compresi gli antibiotici. In ambito ospedaliero lo Staphylococcus Epidermidis si ritrova nel biofilm di presidi medici come cateteri, valvole cardiache e protesi; lo sviluppo di questo tipo di biofilm può essere ridotto usando materiali idrofili, che sfavoriscono l'adesione batterica. Un'altra specie di batterio che è solita formare biofilm è la Legionella Pneumoniae che causa la malattia del legionario (una polmonite), questo batterio risulta pericoloso perché è solito accumularsi nei condotti di ventilazione, per poi distaccarsi dai punti prossimali del biofilm e venire inalato dall'ospite, e nei punti in cui vi è ristagno di acqua. Di fondamentale importanza per quanto riguarda le infezioni nosocomiali è costituito dai batteri che fanno

parte del gruppo ESKAPE, la cui trattazione verrà approfondita nel secondo capitolo di questa tesi.

## 2.4. Catena delle infezioni

La trasmissione di un'infezione richiede tre elementi: una fonte di organismi infettanti, un mezzo di trasmissione dei microrganismi e un ospite suscettibile. Nel momento in cui si elimina uno di questi tre elementi si rompe la catena delle infezioni ed il microrganismo non riesce più a trasmettersi ad un nuovo ospite. In ambito ospedaliero le sorgenti umane di microrganismi infettanti possono essere pazienti, personale ospedaliero ed occasionalmente i visitatori, altre fonti sono la flora endogena del paziente stesso ed oggetti ambientali inanimati che fungono da veicoli. Per quanto riguarda l'ospite, ogni soggetto ha una resistenza alle malattie infettive diversa, ma in linea generale i fattori che influenzano la suscettibilità dell'ospite sono l'età, la presenza di malattie predisponenti, alcuni trattamenti con antibiotici o con altri agenti immunosoppressivi. Le vie di trasmissione invece sono varie, ed uno stesso microrganismo può essere trasmesso attraverso vie diverse, purché riesca a giungere all'organo bersaglio designato, altrimenti non ne conseguirà lo sviluppo della malattia infettiva. Ci sono 5 diverse vie di trasmissione dei microrganismi infettanti:

- ❖ Ingestione: dovuta all'assunzione di acqua o alimenti contaminati da microrganismi infettanti, gli organismi che prediligono questa via possono dare intossicazioni quando vengono consumati alimenti con la sola presenza della tossina, o tossinfezione, quando vengono consumati alimenti contaminati da grandi quantità di microrganismi;
- ❖ Inalazione: via di trasmissione aerea tramite droplets contaminate da microrganismi patogeni. Questo tipo di trasmissione avviene quando i soggetti si trovano a distanza ravvicinata;
- ❖ Via cutanea/transmucosale: i microrganismi possono penetrare attraverso la cute, specie se questa presenta tagli o abrasioni anche di minima entità, inoltre possono penetrare dalle mucose di occhi, naso e bocca;

- ❖ Via iatrogena: è una via di particolare interesse in ambito ospedaliero, poiché in questo caso i microrganismi entrano nell'ospite veicolati da presidi medici o a causa dell'esecuzione di manovre mediche non corrette;
- ❖ Via sessuale: Via di trasmissione veicolata da secrezioni genitali.

Le modalità di trasmissione delle malattie infettive invece sono quella verticale, cioè da madre a figlio, e quella orizzontale, che si suddivide a sua volta in diretta, ovvero quando c'è un contatto fisico tra ospite e microrganismo, oppure orizzontale indiretta, in cui la trasmissione avviene tramite l'ausilio di veicoli, cioè substrati inanimati e di vettori, come gli insetti.

### **3. Le infezioni correlate all'assistenza sanitaria**

#### **3.1. Introduzione**

L'evoluzione dell'assistenza ospedaliera, che si è posta come obiettivo quello di limitare il più possibile la degenza ai casi acuti, ha comportato lo sviluppo di setting assistenziali alternativi, come Day Hospital, Day Surgery, o assistenza e interventi ambulatoriali. Oltre a ciò l'assistenza a livello territoriale ha avuto grande sviluppo, permettendo che molte procedure mediche vengano eseguite a domicilio. Come conseguenza di questa evoluzione del concetto di assistenza ospedaliera, si è sostituita la definizione di "infezioni ospedaliere" con quella di "health care-associated infection" (HAI) oppure "infezioni correlate all'assistenza" (ICA), andando così a comprendere non solo le infezioni contraibili nelle strutture sanitarie, ma tutte quelle collegate a pratiche mediche. Con questa nuova definizione sono comprese anche le infezioni che possono essere contratte dagli operatori sanitari che lavorano a contatto con i pazienti.

Le ICA rappresentano una grande sfida per i sistemi sanitari, poiché sono dovute ad agenti biologici molto diversi tra loro, inoltre sono indicatori della qualità del servizio che la struttura sanitaria offre ai propri pazienti. Un'altra grande problematica legata alle ICA è quella dell'aumento dei costi sanitari, proprio perché il contagio di un ospite della struttura

con un'infezione correlata all'assistenza, comporta dei tempi di degenza più prolungati, e tutto ciò grava inevitabilmente anche sull'economia del sistema sanitario.

Negli ultimi anni in molti paesi sono stati compiuti, e tuttora si compiono, numerosi passi avanti per quanto riguarda la conoscenza e la prevenzione delle infezioni correlate all'assistenza, inoltre molte organizzazioni di sanità pubblica hanno elaborato numerosi programmi di prevenzione.

### 3.2. Definizione e principali patogeni:

L'infezione correlata all'assistenza viene definita dai CDC come “una condizione sistemica o localizzata dovuta ad una reazione avversa alla presenza di un agente/i patogeno/i o della sua tossina/e. Non devono esserci evidenze che l'infezione fosse presente o in incubazione al momento dell'ammissione”. Per ogni tipo di infezione sono stati definiti dei criteri per diagnosticarla [7].

Le ICA includono sia infezioni trasmesse dall'esterno (esogene), che quelle causate da batteri opportunisti già presenti all'interno del corpo (endogene). Le cause che hanno portato ad un aumento delle ICA sono molteplici, tra queste le più importanti sono: la progressiva introduzione di nuove tecnologie sanitarie, con l'uso prolungato di dispositivi medici invasivi e gli interventi chirurgici complessi, che, pur migliorando le possibilità terapeutiche e l'esito della malattia, possono favorire l'ingresso di microrganismi in sedi corporee normalmente sterili; l'indebolimento del sistema di difesa dell'organismo; la scarsa applicazione di misure di igiene ambientale e di prevenzione e controllo delle infezioni in ambito assistenziale ed infine l'emergenza di ceppi batterici resistenti agli antibiotici, dovuta soprattutto all'uso scorretto o eccessivo di questi farmaci, che complica ulteriormente il decorso di molte ICA.

Le persone che presentano un rischio maggiore di contrarre un ICA sono gli assistiti, tuttavia sono esposti e possono contrarre l'infezione anche il personale sanitario e i visitatori. Come tutte le altre infezioni anche le ICA possono trasmettersi secondo diverse modalità, in base a quelle utilizzate dal microrganismo che le causa.

Per quanto riguarda i microrganismi coinvolti, i batteri più significativi sono raggruppati nel gruppo ESKAPE, i principali virus sono quello dell'epatite, il CMV e quello della varicella zoster; infine i funghi che causano più ICA sono gli aspergilli e la candida.

Si è visto come i microrganismi responsabili delle ICA variano nel tempo, in seguito ai cambiamenti che avvengono nella flora microbica ospedaliera e comunitaria ed alle modificazioni delle terapie per trattare questi microrganismi. Infatti prima del 1960 le infezioni più diffuse erano quelle gastrointestinali e quelle causate dallo Stafilococco Aureo; negli anni 80 si è poi evidenziato come i patogeni più coinvolti fossero invece gram negativo, nello specifico erano Escherichia Coli e Klebsiella Pneumoniae. In seguito a causa della pressione antibiotica e del maggiore utilizzo di presidi sanitari in materiale plastico sono aumentate le infezioni sostenute da batteri gram positivo, soprattutto Enterococchi e Staphylococcus Epidermidis, oltre alle infezioni causate da funghi come la Candida Albicans. Più recentemente sono tornati di rilevanza per quanto riguarda le ICA alcuni batteri gram negativo come l'Acinetobacter Baumannii.

Secondo uno studio della WHO, che ha preso in esame 11 studi svolti in diversi paesi tra il 1999 e il 2008, considerando una corte mista di pazienti i patogeni che più frequentemente sono causa di ICA sono E.coli (20.1%) e S. aureo (17.8%) seguiti da Pseudomonas (11.5%) Enterobacteriacee (10.6%) Candida (6.7%) Enterococchi (6.5%) Acinetobacter (5.8%) e Stafilococchi coagulasi negativi (5.3%) (Fig.1).

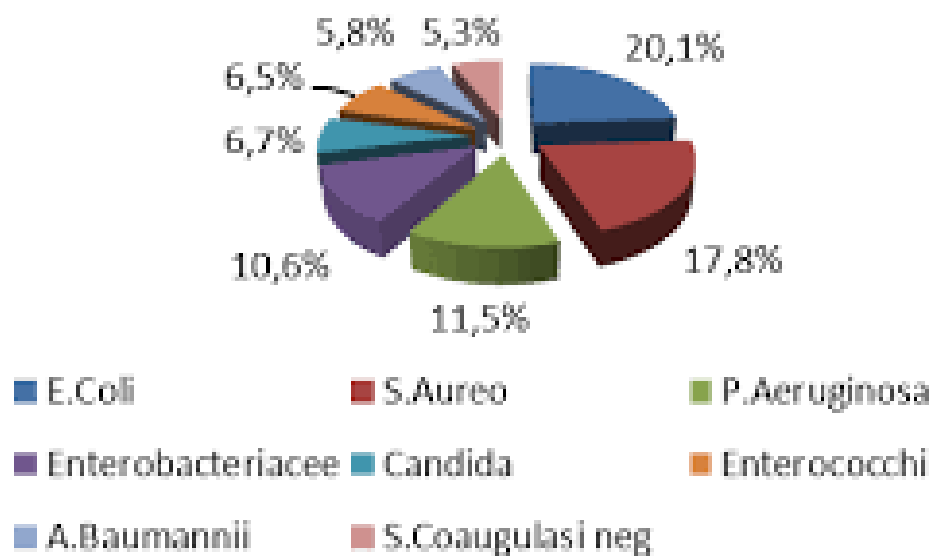


Fig.1: Patogeni responsabili delle ICA dal 1999 al 2008. (WHO. Report on the burden of Endemic Health Care-associated Infection Worldwide, 2011)

### 3.2.1. Enterococchi vancomicina resistenti (VRE)

Gli enterococchi hanno morfologia sferica e sono disposti a catenelle (Fig.2), sono batteri gram positivo, anaerobi facoltativi e solitamente non emolitici, normalmente sono commensali dell'intestino umano, ma possiedono elevate capacità di resistenza agli stress ambientali. Nei pazienti quelli che si riscontrano più frequentemente sono l'Enterococcus faecium e l'Enterococcus faecalis.



Fig.2: Enterococcus Faecalis

Normalmente colonizzano l'intestino inducendo lo stato di portatori asintomatici, l'infezione si manifesta quando si presenta una condizione di immunosoppressione, questi batteri possono dare infezioni alle vie urinarie e più raramente batteriemie ed endocarditi.

Di particolare importanza è la capacità di questi batteri di formare biofilm su cateteri e valvole cardiache protesiche; si evidenzia così come possono sfruttare anche la modalità di trasmissione indiretta, andando ad usare proprio questi presidi come veicoli. Oltre a ciò possono scatenare infezioni di origine endogena ed essere trasmessi tramite contatto diretto. Per quanto concerne al ruolo dell'ambiente, seppur contaminato da questi batteri, non vi sono ancora evidenze scientifiche che attestano che questo possa andare ad aumentare il rischio di contagio.

I fattori che predispongono ad una colonizzazione od un'infezione da VRE sono terapie antibiotiche in corso, in particolare con la vancomicina, operazioni chirurgiche intraddominali recenti, procedure endoscopiche, cateterismo urinario o venoso, prolungata degenza nella struttura sanitaria.

La resistenza che questo gruppo di batteri presenta è quella alla Vancomicina, che ha dato vita ai primi ceppi resistenti dopo 30 anni dall'inizio del suo utilizzo. In particolare risultano resistenti ad essa meno del 2% degli *Enterococcus faecalis*, ma oltre il 30% degli *Enterococcus faecium*.

### 3.2.2. *Staphylococcus aureus*

Gli *Staphylococcus aureus* (fig.3) sono dei batteri di forma sferica, immobili, privi di capsula, asporigeni, gram positivi che tendono a riunirsi in ammassi irregolari, spesso dall'aspetto di grappoli. [8]

Risultano un problema a livello ospedaliero in quanto presentano molti geni di resistenza agli antibiotici, i ceppi di maggiore importanza sono quelli resistenti alla meticillina (MRSA).



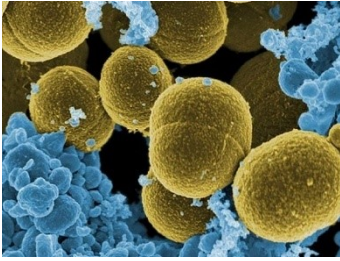


Fig. 3: Staphylococcus aureus

Questi batteri sono commensali di cute e faringe di soggetti sani, ma sono in grado di sopravvivere per diversi mesi anche sulle superfici, sono inoltre capaci di formare biofilm.

Solo alcuni ceppi di Staphylococcus aureus risultano particolarmente virulenti e possono essere responsabili di infezioni piogeniche come osteomieliti. Altri ceppi sono in grado di produrre tossine, causando intossicazioni, altri ancora possono causare shock tossico settico. La colonizzazione può procedere per diversi mesi, e si stima che tra il 30% e il 60% dei soggetti colonizzati sviluppa un'infezione.

La modalità di trasmissione principale è per contatto diretto con un altro soggetto colonizzato o infetto. Tra i fattori di rischio principali per lo sviluppo di un'infezione da stafilococco aureo troviamo anche in questo caso la prolungata durata della degenza, la prossimità ad un altro paziente infetto, la presenza di ferite aperte o di patologie pregresse come il diabete.

Lo Stafilococco aureo sviluppa molto rapidamente resistenze agli antibiotici, poco dopo l'introduzione della penicillina si sono sviluppati i primi ceppi resistenti, in seguito nei primi anni '60 sono stati scoperti i primi ceppi meticillino resistenti. Questi ceppi sono i principali responsabili di ICA, rappresentano infatti la causa dell'infezione nel 50% degli isolati. Nel 1997 è stato scoperto in Giappone un ceppo con sensibilità intermedia alla vancomicina (VISA) che negli ultimi anni si sta diffondendo.

### 3.2.3. Klebsiella Pneumoniae ed Escherichia coli

Le klebsielle (fig.4) sono batteri, appartenenti alla famiglia delle Enterobacteriaceae, gram negativi, asporigeni, aerobi, provvisti di capsula e immobili. [8]



Fig. 4: Klebsiella pneumoniae

La Klebsiella Pneumoniae è normalmente presente nell'ambiente come batterio ubiquitario, può anche essere presente come saprofita nella flora intestinale, del tratto uro-genitale e del tratto respiratorio.

La Klebsiella causa patologie gravi solo nei pazienti che si trovano in stato di immunosoppressione, in particolare presentano un rischio maggiorato i pazienti diabetici, dializzati o che si trovano in terapia intensiva, ed usufruiscono quindi di supporti per la ventilazione assistita. Questa specie batterica causa nella maggior parte dei casi polmoniti o bronchiti, può causare però anche sepsi, infezione di ferite aperte ed infezioni del tratto urogenitale. I batteri della famiglia delle enterobatteriacee causano infezioni con una mortalità stimata attorno al 20%, questa percentuale sale di molto, fino al 60%, per quei soggetti che hanno già utilizzato precedentemente i carbapenemici. La modalità di trasmissione utilizzata da questo ceppo è quella per contatto, sia diretto che indiretto, tramite l'ausilio di cateteri o respiratori.

L'Escherichia Coli (fig. 5) è un batterio facente anch'esso parte delle enterobacteriaceae, esistono cinque diverse specie del genere Escherichia, ma la più conosciuta è l'Escherichia Coli, questa specie è commensale del tratto intestinale umano e animale, ma ci sono sei ceppi che risultano patogeni per l'uomo.

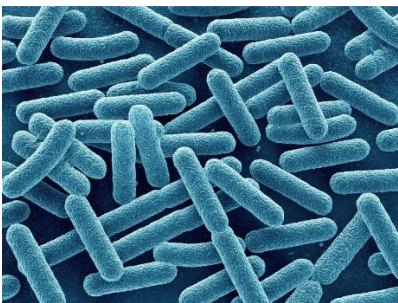


Fig. 5: Escherichia Coli

Il primo ceppo patogeno di *Escherichia coli* è costituito dagli enterotossigeni, questo ceppo produce due tossine che hanno come bersaglio le cellule dei villi intestinali e portano l'ospite a disidratazione per formazione di diarrea acquosa. Il secondo ceppo conosciuto è quello degli enteropatogeni che non producono tossine ma distruggono i microvilli intestinali avendo come conseguenza per il soggetto infettato una diarrea più o meno sanguinolenta in base all'entità del danno. Il terzo ceppo preso in esame è quello degli enteroemorragici, che non rivestono grande interesse nell'ambito delle infezioni correlate all'assistenza, ma sono causa di infezioni alimentari, producono infatti due tossine (Shiga like-toxins 1 e 2) che causano diarree e coliti. Esiste poi il ceppo enteroinvasivo che possiede la capacità di invadere la mucosa intestinale causando ulcere. Il quinto ceppo conosciuto è chiamato enteroaggregante, poiché in grado di aderire alla mucosa intestinale producendo anche il biofilm, questo ceppo è anche in grado di produrre le stesse tossine del ceppo enterotossico, comportando le stesse conseguenze per l'ospite.

Infine ci sono gli *Escherichia Coli* uropatogeni, ovvero batteri che sono in grado di spostarsi dalla zona perianale alla mucosa urogenitale, grazie a particolari fimbrie possono inoltre aderire all'epitelio del tratto urogenitale risalendolo, causando così nell'ospite infezioni urinarie ascendenti. Quest'ultimo ceppo è di particolare importanza nell'ambito delle infezioni correlate all'assistenza.

Gli *Escherichia coli* sfruttano diverse modalità di trasmissione, che variano a seconda del ceppo preso in considerazione, ma nel caso delle infezioni correlate all'assistenza, questi batteri vengono trasmessi per contatto, sia diretto che indiretto, colonizzando ad esempio un catetere, e possono dar vita ad infezioni endogene, grazie ad un cambio di sede.

Le Klebsielle e l'*Escherichia Coli* sono in grado di produrre un enzima, l'ESBL, che è una beta-lattamasi ad ampio spettro capace di inibire molti antibiotici beta-lattamici.

#### 3.2.4. *Acinetobacter Baumannii*

I batteri del genere *Acinetobacter* (fig 6) sono bacilli pleomorfi, potendosi presentare come corti bacilli o come coccobacilli o talvolta come filamenti, Gram negativi, aerobi obbligati, non fermentanti, immobili (da cui il nome  $\alpha\kappa\iota\nu\epsilon\tau\omicron\varsigma$ : immobile) ossidasi negativi. [8]



Fig. 6: Acinetobacter Baumannii

L'Acinetobacter Baumannii è un batterio ubiquitario che si ritrova nel suolo e nell'acqua, inclusa quella presente nelle strumentazioni ospedaliere, come i cateteri. Si può trovare anche come commensale della cute e del tratto respiratori dell'uomo. È anche in grado di sopravvivere all'interno di saponi e disinfettanti, oltre a ciò può produrre biofilm e risulta di conseguenza di difficile eradicazione.

Questa specie può comportarsi da patogeno opportunista, soprattutto nei pazienti immunocompromessi, comportando una grande varietà di patologie, ma la più riscontrata è la polmonite nosocomiale. [12]

Non è chiaro se la presenza dell'Acinetobacter Baumannii in pazienti con ventilazione assistita comporti un aumentato rischio di morte [13], o esso si comporti semplicemente da colonizzatore piuttosto che da patogeno. [12]

Le modalità di trasmissione dell'Acinetobacter Baumannii sono quella per contatto e quella tramite droplets.

Questi batteri sono inoltre resistenti ad un ampio spettro di antibiotici, e sembrano in grado di poter sviluppare nuove resistenze, in particolare sono difficili da trattare poiché resistono anche ai carbapenemi, che sono antibiotici di ultima generazione contro i gram negativi. [14]

### 3.2.5. Pseudomonas Aeruginosa

Gli Pseudomonas aeruginosa (fig. 7) sono bacilli Gram negativi, mobili per la presenza di un singolo flagello polare, non fermentanti, aerobi e anaerobi facoltativi. [8]



Fig. 7: Pseudomonas Aeruginosa

È un batterio ubiquitario, che si trova facilmente anche nelle strutture sanitarie, perché capace di resistere ai disinfettanti a base di sali ammonio quaternario, inoltre questo può trovarsi anche all'interno dei disinfettanti.

Anche in questo caso si tratta di batteri opportunisti, che non danno quindi problemi a soggetti immunocompetenti, ma solamente a quei soggetti con un sistema immunitario indebolito o con sottostanti patologie di base come la fibrosi cistica.

La via di trasmissione utilizzata da questi batteri è quella per contatto che può essere diretto, oppure indiretto, ad esempio attraverso l'utilizzo di dispositivi medici non perfettamente disinfettati o sterilizzati. Anche questo ceppo batterico risulta presentare multiresistenze agli antibiotici.

### 3.2.6. Enterobacter

Gli Enterobacter (fig. 8) sono batteri appartenenti alla famiglia delle Enterobacteriaceae, sono batteri gram negativi e hanno forma di bastoncino, inoltre sono batteri anaerobi facoltativi. Molte specie di questo gruppo possiedono flagelli e sono quindi mobili, proprio questa caratteristica serve a distinguerli dalle Klebsielle che sono invece immobili. [15]

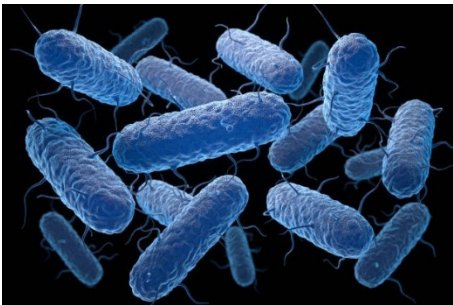


Fig. 8: Enterobacter

Il nome *Enterobacter* deriva dal loro habitat naturale, essi si trovano infatti nell'intestino di uomo e animali.

Diverse specie agiscono come patogeni opportunisti nell'uomo, tra queste troviamo *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter gergoviae* ed *Enterobacter agglomerans*. Per quanto riguarda le infezioni correlate all'assistenza le specie più significative sono l'*Enterobacter cloacae* e l'*Enterobacter aerogenes*. Questi ultimi possono causare sia infezioni esogene che endogene, utilizzando anche presidi medici come i cateteri per dare infezioni del tratto urogenitale o del tratto respiratorio.

Infine gli *enterobacter* sono resistenti agli antibiotici non-beta-lattamici e agli aminoglicosidi

### 3.3. Impatto economico e sulla salute

L'impatto sulla salute delle infezioni correlate all'assistenza è di grande spessore, da uno studio della UK Health Protection Agency si evince che i pazienti che contraggono un ICA hanno un rischio di morte di sette volte superiore rispetto agli altri. È stato calcolato che ogni anno in Europa le ICA causano la morte di 37.000 persone e che contribuiscono alla morte di altre 110.000. [16]

Tra le ICA che comportano un esito più infausto ci sono le polmoniti associate a ventilazione meccanica e le infezioni ematiche. Da ciò si evince come le ICA rivestono un ruolo di grande importanza sulla probabilità di sopravvivenza del paziente, ma oltre a ciò incidono anche sulla sua qualità di vita, infatti oltre ad un peggioramento di quest'ultima la contrazione di un ICA comporta anche un aumento della degenza. Si è stimato che ad esempio per una infezione ematica la degenza può aumentare da 4 a 14 giorni. [17] Inoltre si è stimato che in Europa le ICA da sole comportano un aumento di 16.000 giorni di degenza ogni anno. [18]

Come conseguenza dell'aumento dei giorni di degenza ospedaliera le ICA comportano anche un aumento delle spese sanitarie a carico dello stato, oltre a ciò un gran numero di ICA all'interno di una struttura sanitaria contribuisce a danneggiarne l'immagine. Si stima che in Europa le ICA comportino un aumento dei costi di circa 7 miliardi di euro. [18]

Queste spese aggiuntive sono determinate oltre che dal prolungamento della degenza, anche dall'uso di antibiotici, dai costi dovuti alla riammissione in ospedale, dai costi sanitari post-dimissione e dalla necessità di attuare ulteriori procedure mediche.

Le cifre che comportano le ICA risultano decisamente più alte del costo che comporterebbe l'attuazione di un buon sistema di gestione per il loro trattamento. In Olanda ad esempio è stato sperimentato un sistema per il controllo delle sole infezioni da *Staphylococcus aureus* MRSA comprendente un sistema di screening, procedure di isolamento e decolonizzazione dei pazienti infetti, educazione degli operatori sanitari e disinfezione giornaliera delle stanze e cura dell'ambiente. Il costo di tale strategia è risultato essere di molto inferiore al costo che le stesse infezioni da *Staphylococcus aureus* MRSA richiederebbero per la loro gestione. [19]

## **4. Misure di monitoraggio e prevenzione**

### **4.1. Introduzione**

Sia per quanto riguarda gli agenti biologici a cui sono esposti gli operatori sanitari, che per quanto riguarda i microrganismi che sono causa delle infezioni correlate all'assistenza sanitaria che possono colpire nella maggior parte dei casi i pazienti, ma anche gli operatori e i visitatori, il rischio di infortuni e patologie connesso ai primi e di infezioni connesso ai secondi può essere prevenuto o ridotto applicando delle misure di prevenzione e controllo. Il contenimento di questo fenomeno deve avvenire tramite una strategia globale che comprenda tutti i settori dell'ambiente sanitario e che necessita della collaborazione di tutti coloro che soggiornano, operano o visitano la struttura ospedaliera. [20]

In questa parte del lavoro verranno considerate le misure di sorveglianza e di prevenzione per quegli agenti che costituiscono un pericolo per il personale sanitario e i pazienti. Verrà anche analizzata la metodologia di monitoraggio utilizzata per tenere sotto controllo i livelli di microrganismi presenti all'interno dell'ambiente.

Proprio a seguito di quanto detto nel precedente capitolo, si delinea l'importanza di eliminare o quanto meno ridurre i fattori di rischio per le ICA. Inoltre anche gli infortuni lavorativi dovuti all'esposizione ad agenti biologici comportano costi economici ed a livello di salute per le strutture ospedaliere, anch'essi possono essere ridotti tramite l'applicazione di norme di buona prassi e l'utilizzo corretto di dispositivi di protezione, siano essi individuali o collettivi.

### **4.2. Valutazione del rischio biologico**

Nella normativa nazionale e internazionale sono indicati alcuni elementi fondamentali ai fini della valutazione del rischio biologico; in ambito europeo la Direttiva 2000/54/CE traccia un quadro dei principi per la valutazione, la prevenzione e il controllo del rischio biologico. Il percorso proposto si compone di quattro step che sono i seguenti:



- Valutazione dei rischi correlati agli agenti biologici;
- Riduzione dei rischi tramite:
  - Eliminazione o sostituzione dell'agente nocivo;
  - Prevenzione e controllo dell'esposizione all'agente nocivo
- Informazione e formazione ai lavoratori sui rischi a cui sono esposti;
- Predisposizione di una sorveglianza sanitaria appropriata.

In Italia il titolo X del Decreto Legislativo 81/2008 prevede che la valutazione del rischio da esposizione ad agenti biologici sia effettuata per tutte quelle attività che comportano sia l'utilizzo deliberato che l'esposizione potenziale. Secondo quanto indicato nel Decreto la valutazione del rischio biologico deve tenere conto di:

- classificazione degli agenti biologici deliberatamente utilizzati o potenzialmente presenti;
- informazioni sulle malattie che possono trasmettere e sugli effetti allergici e tossici;
- attività sinergica tra gli agenti biologici;
- attività lavorative o fasi del processo lavorativo che comportano esposizione ad agenti biologici;
- numero di lavoratori addetti e il loro stato di salute
- dati divulgati dall'autorità sanitaria.

Nella valutazione vanno poi indicati sia i metodi e le procedure lavorative adottate e le misure preventive e protettive adottate, che il programma d'emergenza per la protezione dei lavoratori contro gli agenti biologici facenti parte dei gruppi 3 e 4 in caso di mal funzionamento dei sistemi di contenimento.

Nonostante le precise indicazioni normative, a differenza di quanto avviene per altri fattori di rischio, al momento attuale non esistono limiti di esposizione ad agenti biologici; questo è anche dovuto alla capacità degli agenti biologici di moltiplicarsi rapidamente. In alcuni stati sono stati solamente introdotti dei limiti riguardanti esclusivamente le tossine liberate dagli agenti biologici. Per la motivazione sopra descritta, la valutazione del rischio biologico non

risulta di semplice approccio, e non è disponibile una procedura di riferimento che permetta di ottenere una stima puntuale e di soddisfare le richieste della normativa vigente.

Per la valutazione di questo tipo di rischio sono disponibili diversi modelli, in questa trattazione verrà approfondito quello proposto dall'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) e l'algoritmo "BIO-RITMO", ma ne esistono anche altri proposti da enti come il Center of Disease Control and prevention (CDC), che propone un modello per i laboratori che fanno un uso deliberato degli agenti biologici, e dal National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). In Italia sono state prodotte negli anni alcune linee guida, come quelle del coordinamento tecnico delle province autonome di Trento e Bolzano (Ottobre 1995), della allora Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale (SiMLii) oggi SIML e dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e Sicurezza sul Lavoro (ISPESL oggi confluita nell'INAIL). Queste linee guida sono però caratterizzate da un approccio al problema di tipo qualitativo. Alcune linee guida, come quelle formulate dal coordinamento tecnico delle province autonome di Trento e Bolzano, suggeriscono un approccio basato sulla massima cautela, molto simile a quello che viene utilizzato per le sostanze cancerogene.

Interessante per quanto riguarda la valutazione in ambito ospedaliero una linea guida proposta dalla "Commission Centrale des Marchés", la "Recommandation n. E-190" relativa a diversi ambienti di lavoro, tra cui proprio quelli sanitari. In questa guida viene proposta una classificazione degli ambienti ospedalieri basata su 4 differenti livelli di biocontaminazione:

- Rischi minimi: 1
- Rischi medi: 2
- Rischi severi: 3
- Rischi molto alti: 4

I rischi sono definiti in funzione del fatto che siano o meno portati da soggetti sani o prodotti presenti nei locali; delle attività che vengono svolte negli ambienti; delle sorgenti di contaminazione potenziale presenti e del numero di persone presenti. Il compito di valutare

queste variabili di rischio è però lasciato all'utilizzatore. Per ciascuna zona sono poi forniti i livelli di contaminazione delle superfici ritenuti ottimali dopo la sanificazione.

Riprendendo il modello fornito dall'EU-OSHA questo indica come effettuare la valutazione del rischio, in particolare stabilisce cinque step:

- Step 1: identificazione dei pericoli e quindi dei rischi. Questo step prevede la ricerca sul luogo di lavoro di potenziali sorgenti di danno e l'identificazione dei lavoratori esposti;
- Step 2: valutazione e definizione dei rischi prioritari. Deve essere svolta una stima dei rischi in base alla matrice gravità del danno per la probabilità di accadimento, e ne va stabilita la priorità in ordine di importanza;
- Step 3: definizione di misure preventive appropriate per l'eliminazione o il controllo del rischio;
- Step 4: attuazione delle misure preventive e protettive attraverso un piano di priorità
- Step 5: monitoraggio e riesame.

Durante la valutazione vanno tenute in considerazione le conoscenze scientifiche disponibili, inoltre devono anche essere applicate le norme di buona pratica e le tecniche più aggiornate. In seguito, in base ai risultati, il datore di lavoro stabilisce i livelli di contenimento necessari, l'eventuale programma con gli interventi da attuare e predispone procedure di controllo e sorveglianza sanitaria.

Come supporto per la valutazione EU-OSHA ha elaborato anche una checklist che può fungere da strumento di supporto per la fase iniziale della valutazione. Questa si compone di quattro macro aree, ognuna con dei quesiti a cui rispondere. Le risposte previste dalla checklist sono esclusivamente affermative o negative, e riguardano la presenza o meno del rischio sul luogo di lavoro. Le aree previste dalla checklist sono le seguenti:

- I. Attività lavorative: questa area contiene nove quesiti che riguardano i potenziali contatti che potrebbero avere i lavoratori durante l'attività lavorativa;
- II. Lavoratori: questa area, che ha al suo interno 8 quesiti, riguarda invece la sicurezza e la salute dei lavoratori, indagando ad esempio se sia stata svolta la corretta

- informazione e formazione o se vi siano lavoratori particolarmente sensibili al rischio (ad esempio donne in stato di gravidanza o lavoratori con particolari allergie);
- III. Luogo di lavoro: questa area, composta da 5 indicatori, ha come scopo invece quello di permettere la valutazione del luogo di lavoro, valutando ad esempio la pulizia del luogo di lavoro;
- IV. Organizzazione del lavoro: l'ultima area, che comprende un solo quesito, è finalizzata alla verifica della corretta implementazione delle procedure stabilite per il contenimento del rischio.

L'OSHA ha inoltre elaborato, ai fini della valutazione del rischio biologico, l'algoritmo "Bio-ritmo". Questo algoritmo si compone di 5 step: l'identificazione delle fonti di rischio, la valutazione del rischio, l'individuazione di misure appropriate per il controllo e l'eliminazione del rischio, l'attuazione delle misure secondo una scala di priorità ed infine il monitoraggio periodico dei risultati ottenuti.

Per quanto riguarda la prima fase l'algoritmo tiene in considerazione diverse fonti di rischio, tra cui animali, alimenti, oggetti, piante, pazienti, rifiuti, suolo e acque ed attrezzature.

Per la valutazione del rischio si utilizza una matrice basata sulla probabilità di accadimento dell'evento e la magnitudo dell'evento. La magnitudo è suddivisa su quattro livelli in base ai gruppi di classificazione degli agenti biologici riportata nell'Allegato XLVI del Decreto Legislativo 81/2008. Per il calcolo della probabilità di accadimento del danno si tengono invece in considerazione i seguenti elementi: il grado di contaminazione presunta ovvero la carica microbica totale che si potrebbe rilevare sulla fonte di rischio; la quantità di fonte di rischio con cui il lavoratore viene in contatto; la frequenza con cui avviene il contatto; le caratteristiche strutturali dell'ambiente lavorativo; le procedure operative utilizzate; il corretto utilizzo e la disponibilità per tutto il personale di idonei DPI; ed infine il grado di formazione del personale.

L'algoritmo "Bio-ritmo" è il primo fra quelli presi in considerazione che oltre a fornire una misura di tipo qualitativo ai fini della valutazione del rischio biologico, permette al valutatore di ottenere anche una misura di tipo quantitativo, stabilendo anche grazie all'applicazione

della matrice di rischio le fasce più critiche. Di conseguenza per una valutazione di un'attività che presenta un rischio biologico non irrilevante risulta il più adatto ed esaustivo. Le metodiche analizzate precedentemente risultano comunque utili per un'analisi iniziale atta ad evidenziare la presenza del rischio biologico.

#### 4.3. Il monitoraggio microbiologico:

Il monitoraggio microbiologico è uno strumento utile a conoscere la reale entità della contaminazione dell'ambiente, fonte di esposizione dei lavoratori e dei pazienti delle strutture sanitarie. Le superfici e le matrici ambientali contaminate come acqua e aria svolgono un ruolo importante ai fini della trasmissione dei microrganismi responsabili delle ICA.

Le linee guida INAIL (ISPESL) “Linee guida sugli standard di sicurezza e di igiene del lavoro nel reparto operatorio” del 2009 forniscono, al paragrafo 3.2, le indicazioni specifiche (criteri operativi, metodologie di indagine, frequenza dei prelievi) per valutare i livelli di contaminazione dei reparti ospedalieri. Secondo tali indicazioni, i prelievi devono essere svolti in punti critici indicati proprio dalla linea guida. L'interpretazione dei risultati ottenuti con il monitoraggio microbiologico tiene conto delle indicazioni riportate nella norma UNI EN ISO 14698:2004.

A livello internazionale il CDC ha elaborato delle linee guida per il controllo delle infezioni negli ambienti sanitari, in questo documento sono riportate delle informazioni per mettere in atto un buon piano di campionamento. Le indicazioni riportate sono le seguenti:

- Preliminarmente al campionamento è necessario acquisire informazioni di background in materia, consultando la letteratura scientifica, localizzare la superficie da sottoporre a monitoraggio, scegliere la tecnica più adeguata per il campionamento ed il numero di campioni da raccogliere e scegliere i parametri microbiologici da analizzare.
- Il campionamento delle superfici può essere condotto a scopo di ricerca, come indagine epidemiologica o come controllo per l'assicurazione della qualità.

- L'efficacia del campionamento richiede la presenza di umidità, ottenuta se non presente sulla superficie, tramite umidificazione del dispositivo di prelievo.
- Nella valutazione dei risultati è necessario considerare il grado atteso di contaminazione associato alla categoria della superficie in esame (identificato sulla base della classificazione di Spaulding).



Fig. 9: sala operatoria

durante monitoraggio microbiologico

Il campionamento microbiologico può essere fatto su diverse matrici, le più significative sono le superfici e l'aria.

Nel bioaerosol è possibile ricercare la maggior parte degli inquinanti biologici, esso riveste grande importanza anche perché rappresenta una efficace via di trasmissione degli agenti biologici. La strategia di campionamento dovrebbe prevedere:

- una valutazione della carica microbica esterna;
- una valutazione della contaminazione ambientale di fondo, ovvero prima dell'inizio dell'attività lavorativa;
- una valutazione dei sistemi di ricambio d'aria, se presenti, effettuando i prelievi in corrispondenza delle bocchette;

- una valutazione dell'influenza dell'attività lavorativa sulla qualità dell'aria.

Le tecniche utilizzabili per il campionamento dell'aria sono varie e verranno brevemente descritte di seguito.

I campionatori attivi aspirano volumi predeterminati di aria, convogliandoli su un terreno di coltura liquido o solido. Ne esistono diversi modelli basati su diversi principi di funzionamento: campionatori per impatto (fig. 10), per filtrazione, per gorgogliamento a seconda di come l'aria impatta sul terreno di coltura.



Fig. 10: Campionatore attivo per impatto

Il campionamento attivo permette l'aspirazione di grandi volumi di aria, diminuendo così le differenze di distribuzione dei batteri dovuti alle correnti, alla temperatura ed alla loro dimensione. Per quanto riguarda la scelta del sistema di campionamento si può fare riferimento alle norme UNI EN ISO 14698-1:2004 "Camere bianche e ambienti associati controllati – controllo della biocontaminazione – Parte 1: Principi generali e metodi" e UNI EN ISO 14698-2:2004 "Camere bianche e ambienti associati controllati – Controllo della biocontaminazione – Parte 2: Valutazione e interpretazione dei dati di biocontaminazione", queste due norme riportano raccomandazioni e metodi per monitorare e classificare i livelli di inquinamento in ambienti asettici e camere bianche. In tutti i campionamenti attivi i microrganismi presenti aderiscono al terreno di coltura e, dopo un adeguato periodo di incubazione danno origine a colonie visibili ad occhio nudo. Il livello di contaminazione microbica viene espresso in unità formanti colonie per metro cubo di aria (UFC/m<sup>3</sup>). [24]

Nel campionamento passivo dell'aria si espongono nell'ambiente da monitorare, per adeguati periodi di tempo, piastre contenenti terreni di coltura, sulle quali i microrganismi si

raccogliono per sedimentazione. Tuttavia questo tipo di campionamento è influenzato da fattori non sempre riproducibili e controllabili come: la distribuzione non uniforme dei microrganismi, dimensione e diversa velocità di sedimentazione dei microrganismi, temperatura dell'ambiente e volumi di aria campionata.

Il campionamento delle superfici invece può essere svolto utilizzando quattro diverse tecniche che sono le seguenti: applicazione di piastre Petri di tipo a contatto (fig. 11), tamponi, spugne sterili e slides.

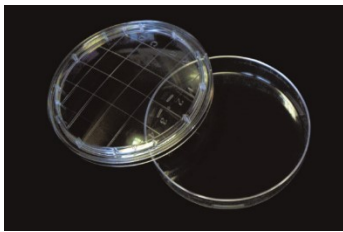


Fig. 11: Piastra Petri

Generalmente l'utilizzo delle piastre Petri è il metodo più utilizzato, ma questo può comportare delle problematiche quando si devono campionare superfici non piane, perciò viene affiancato da altri metodi come ad esempio l'uso di tamponi. L'utilizzo dei tamponi è consigliato anche quando si effettua un campionamento su superfici bagnate. [21] Dopo l'incubazione si procede alla lettura dei risultati che vengono espressi in UFC su unità di superficie.

I risultati ottenuti dal monitoraggio devono essere valutati in ottica igienistica e prevenzionistica. Di fatto solo per la Legionella esistono dei valori di riferimento. Per tutti gli altri agenti biologici in assenza di valori limite di esposizione con cui comparare i risultati del monitoraggio è possibile seguire le indicazioni fornite dalla letteratura scientifica. Alternativamente si può procedere comparando i risultati ottenuti nell'ambiente indoor con i livelli outdoor.

#### 4.4. Misure di prevenzione e protezione

I titoli X e X-bis del Decreto Legislativo 81/2008 nell'ambito del rischio biologico fanno spesso riferimento alla elaborazione di idonee procedure per la gestione ed il contenimento del rischio. Con il termine procedura si intende un insieme di istruzioni operative su come



eseguire una determinata operazione o compito, emesse dal datore di lavoro e messe a disposizione e rese note agli operatori. Le procedure più efficaci risultano proprio quelle redatte in collaborazione con gli operatori stessi, proprio perché sono coloro che conoscono meglio di chiunque altro gli aspetti peculiari della loro mansione. La presenza di procedure il più possibili semplici, ma complete deve essere necessariamente accompagnato da corretta informazione e formazione. Le procedure possono essere inerenti a diversi aspetti tra cui: la gestione delle emergenze collegate al rischio biologico, la gestione delle ferite e la prevenzione delle ICA, la pulizia, la detersione, la disinfezione, la sterilizzazione, lo svolgimento delle attività lavorative ed il corretto utilizzo dei DPI.

I dispositivi di protezione sono anch'essi previsti dal titolo X del Decreto Legislativo 81/2008 e devono garantire una efficacia ed adeguata tutela degli operatori tutte le volte in cui sia stato evidenziato, tramite la valutazione dei rischi, un rischio biologico derivante sia da uso deliberato che da esposizione potenziale.

Tra le metodologie di prevenzione previste dal Decreto Legislativo 81/2008 è indicata l'adeguata informazione e formazione dei lavoratori. Nel Decreto sopra citato è infatti fatto espressamente obbligo per il datore di lavoro, nel caso in cui la valutazione evidenzi la presenza del rischio biologico, di formare ed informare i lavoratori sui rischi specifici a cui sono esposti, sulle precauzioni da prendere e sulle procedure a cui attenersi per ridurre al minimo i rischi derivanti dalla loro mansione (Art. 278).

#### 4.4.1. Detersione, disinfezione e sterilizzazione

Come visto in precedenza gli agenti biologici si possono trasmettere oltre che per contatto con una persona infetta anche tramite un ambiente contaminato. Diversi studi hanno dimostrato la presenza di batteri nelle stanze di degenza o nelle corsie ospedaliere. Lo stafilococco aureo (MRSA) è stato trovato nel 50% dei bagni delle stanze di degenza di pazienti non colonizzati anche dopo le procedure di pulizia. Altri studi hanno anche dimostrato che gli MRSA possono essere presenti nella quota respirabile della polvere, di conseguenza un ambiente non igienizzato rappresenta un importante fonte di rischio. [27-28-29-30-31]

Le attività di pulizia ricoprono un ruolo fondamentale ai fini dell'interruzione della catena di trasmissione delle infezioni. Uno studio effettuato nell'ospedale ST. Michael di Toronto ha dimostrato come l'incremento dell'attività di pulizia ha prodotto un decremento del 60% delle infezioni causate dall'MRSA. [32]

Una grossa problematica si riscontra però nella gestione delle operazioni di pulizia. È stato infatti dimostrato in uno studio come alcune pratiche di pulizia che prevedevano solo l'utilizzo di detergenti senza effettuare poi una disinfezione hanno incrementato i livelli di contaminazione ambientale. [33]

Anche il fattore umano incide notevolmente sul livello di pulizia di un ambiente, è perciò fondamentale disporre di un buon staff di pulizie. Inoltre è necessario definire politiche e procedure scritte per gli interventi di detersione, disinfezione e sterilizzazione ai fini di ridurre il rischio di trasmissione degli organismi patogeni.

La detersione consiste nella rimozione e nell'allontanamento della polvere, dello sporco e dei microrganismi dalle superfici, dagli ambienti e dagli oggetti, ne consegue una riduzione della carica microbica. Quando si effettua la detersione bisogna tenere a mente alcuni parametri come l'azione meccanica attuata dall'operatore, l'azione chimica svolta dal detergente stesso, assume quindi molta importanza la scelta di quest'ultimo, la temperatura a cui viene svolta la procedura e la durata dell'intervento.

Un detergente è composto da tensioattivi, utili ad emulsionare lo sporco, dagli enzimi per la decomposizione dello sporco, da solventi come propanolo o ammoniaca.

La procedura di detersione deve obbligatoriamente precedere la disinfezione e la sterilizzazione, poiché lo sporco riduce l'attività dei disinfettanti e delle azioni di sterilizzazione.

Il termine disinfezione identifica un processo mediante il quale vengono eliminati quasi del tutto i microrganismi patogeni, questa può essere attuata sia con mezzi fisici che con mezzi chimici. I primi comprendono i raggi UV ed il calore, mentre tra i secondi ci sono i disinfettanti alogeni (il cloro e lo iodio), gli alcoli, il fenolo, le aldeidi, gli ossidanti e i Sali dei metalli pesanti. Esistono vari fattori che influenzano l'efficacia della disinfezione e sono

i seguenti: tipologia e quantità di microrganismo, temperatura, quantità di acqua presente nel disinfettante, presenza di materiale organico come ad esempio il sangue sulla superficie da disinfettare.

I disinfettanti si possono dividere in due macro categorie, da una parte si hanno i germicidi disinfettanti, che inattivano tutti i microrganismi patogeni ma non agiscono sulle endospore. Questi vengono utilizzati per oggetti e superfici inanimate. Dall'altra parte si trovano i germicidi antisettici, che sono prodotti formulati per essere utilizzati su cute e tessuti umani. Questa distinzione è fondamentale perché i primi non possono essere utilizzati per il compito per cui sono stati pensati i secondi e viceversa.

Quando si parla di disinfezione è importante tenere a mente che ha come scopo quello di uccidere i patogeni, mentre la sterilizzazione ha lo scopo di eliminare tutte le forme di vita incluse le endospore.

La sterilizzazione può essere fatta sia con agenti fisici, che tramite azione meccanica che con agenti chimici. Gli agenti fisici utilizzati sono il calore, i raggi UV e le radiazioni ionizzanti. In ambito ospedaliero assume particolare importanza la sterilizzazione al calore umido, che avviene all'interno delle autoclavi (fig. 12), ed è utilizzata per sterilizzare le attrezzature sanitarie. Questo tipo di sterilizzazione viene fatto portando gli strumenti ad una temperatura di 121 °C per 15-20 minuti alla pressione di 1 atm.



Fig. 12: sterilizzazione in autoclave

La sterilizzazione tramite azione meccanica avviene per filtrazione, e viene utilizzata per quei liquidi che contengono materiale termolabile e si degraderebbero quindi con il calore. Nella sterilizzazione con agenti chimici vengono utilizzati composti come l'ossido di etilene, la problematica di questa tipologia di processo è che i composti utilizzati sono tossici, perciò i materiali che sono stati trattati con questo metodo devono essere degassificati per 48 ore prima di essere utilizzati nuovamente.

La scelta del metodo più appropriato deve tenere conto dei seguenti parametri: attività richiesta al metodo di sterilizzazione, atossicità, resistenza al materiale organico, rapidità di azione, capacità di penetrazione nella confezione del materiale trattato o in esso stesso, compatibilità con i materiali sottoposti a sterilizzazione e rapporto costi benefici.

Devono anche essere disposte idonee procedure che considerino le qualifiche e i ruoli del personale adibito alla sterilizzazione, l'adeguata formazione del personale, le caratteristiche dei locali adibiti al processo, le modalità di lavaggio e le modalità di conservazione dei prodotti sterilizzati.

Spaulding nel 1968 ha suddiviso i dispositivi medici in 3 categorie in base al potenziale rischio di infezione che deriva dal loro utilizzo (tabella 2):

- ❖ articoli critici: Dispositivi destinati al contatto con tessuti normalmente sterili o con il sistema vascolare;
- ❖ articoli semi-critici: dispositivi destinati al contatto con mucose e cute integra;
- ❖ articoli non critici: strumenti che non entrano in contatto con il paziente o che entrano in contatto solo con cute integra.

Le superfici ambientali si riferiscono ad una quarta categoria aggiunta successivamente. [34-35-36-37]

<b>Classificazione degli articoli</b>	<b>Tipologia degli articoli</b>	<b>Livelli di disinfezione</b>	<b>Efficacia sui microrganismi</b>
ARTICOLI CRITICI	Cateteri cardiaci, materiale impiantabile, laparoscopi, articoli impiegati su pazienti ad alto rischio	STERILIZZAZIONE	Tutti i microrganismi incluse le spore
ARTICOLI SEMICRITICI	Endoscopi, laringoscopi, ecc.	STERILIZZAZIONE/ DISINFEZIONE DI LIVELLO ALTO	Tutti i microrganismi ad eccezione delle spore
ALCUNI ARTICOLI SEMICRITICI E NON CRITICI		DISINFEZIONE DI LIVELLO INTERMEDIO	Tutte le forme batteriche vegetative, i micobatteri, la maggior parte di funghi e virus, ma non le spore batteriche
ARTICOLI NON CRITICI	Stetoscopi, elettrodi o altre superfici	DISINFEZIONE DI LIVELLO BASSO	Tutte le forme batteriche vegetative, alcuni funghi e virus, ma non micobatteri o spore

Tabella 2: Tipologia di articoli e livelli di disinfezione applicata (Spaulding – modificato da Rutala e Weber, 2013)

Per le superfici ambientali, come pavimenti e tavoli è sufficiente una adeguata pulizia con acqua e detergente, eventualmente una disinfezione a livello medio basso.

#### 4.4.2. Misure di contenimento

Nell'articolo 274 del Decreto Legislativo 81/2008 è indicato che nelle strutture sanitarie in cui vi è la presenza di pazienti che potrebbero essere contaminati da agenti biologici facenti parte dei gruppi 2-3-4 il datore di lavoro è tenuto ad adottare misure di contenimento che mirino ad eliminare o ridurre il rischio di esposizione. Tali misure sono specifiche e diverse a seconda della classe dell'agente biologico da contenere e dal tipo di contatto prevedibile, e sono finalizzate da un lato a creare una barriera tra l'operatore e la fonte di esposizione, dall'altro ad evitare la dispersione dell'agente biologico al di fuori della zona di lavoro. Gli allegati XLVII e XLVIII del Decreto sopracitato contengono un elenco delle misure di contenimento adottabili.

“Il contenimento è l'insieme delle misure tecniche organizzative, procedurali e delle cautele da adottare per ridurre al minimo la possibilità di contagio. In tutte le attività che comportano la manipolazione di agenti biologici, o di pazienti potenzialmente infetti, occorre operare un adeguato contenimento per prevenire il contatto dell'agente biologico con l'ambiente o le persone.” [38]

Il contenimento può essere ottenuto con barriere fisiche, chimiche o biologiche. Il contenimento può essere primario o secondario. Il contenimento primario consiste nella protezione del lavoratore o del personale situato nelle immediate vicinanze della possibile sorgente di esposizione. Questo rappresenta la prima linea di difesa quando si lavora deliberatamente con agenti infettivi o si è esposti al rischio di contatto potenziale. Il contenimento primario prevede l'utilizzo di procedure tecniche ed operative, attrezzature, come ad esempio gli aghi retrattili delle siringhe, dispositivi di protezione e vaccinazione (modalità di contenimento biologico). I rischi per la salute pervengono quando viene a mancare l'integrità della barriera costruita tra l'agente infettivo e l'ambiente circostante.

Il contenimento secondario si occupa invece di proteggere l'ambiente esterno da una possibile sorgente di esposizione, in questo caso il rischio è costituito dall'aria in uscita

dall'ambiente lavorativo e dai rifiuti liquidi e solidi. Questa tipologia di contenimento può essere attuata grazie all'ausilio di idonee misure costruttive e di idonee procedure. Tra le procedure vi sono le norme di buona prassi che riguardano ad esempio la pulizia dell'ambiente.

L'operatore va inoltre formato su come utilizzare adeguatamente le misure di contenimento adottate. È stato evidenziato che le strategie di contenimento del rischio biologico trovano un ulteriore ostacolo nella "assuefazione" al rischio stesso, da parte del personale. Gli operatori tendono infatti a diminuire la soglia di percezione e di attenzione con l'aumentare dell'anzianità di servizio, dell'esperienza acquisita, della ripetitività manuale di alcune operazioni.

#### 4.4.3. Dispositivi di protezione collettiva ed individuale

L'utilizzo dei dispositivi di protezione, sia individuali che collettivi è previsto dal titolo X del Decreto Legislativo 81/2008. Sia i dispositivi di protezione individuale (DPI) che quelli di protezione collettiva (DPC) sono misure di protezione, la principale differenza tra queste due misure sta nel fatto che mentre i primi proteggono esclusivamente il singolo lavoratore che li indossa, i secondi agiscono sulla fonte di pericolo, limitando l'esposizione di tutti i lavoratori. Il Decreto Legislativo 81/2008 sancisce nell'articolo 15 il principio della priorità dei dispositivi di protezione collettiva su quelli di protezione individuale. In quanto proprio questi ultimi rimangono l'ultima scelta da adottare esclusivamente nel caso in cui non si sia riusciti ad eliminare o ridurre il rischio con altri metodi.

Nei casi in cui dopo avere attuato tutte le misure di prevenzione possibili permanga un rischio residuo è fatto obbligo per il datore di lavoro di applicare sistemi di protezione collettiva. I DPC per il rischio biologico operano secondo due diversi meccanismi di azione:

- Catturano il flusso di aria direttamente alla fonte di emissione, gli inquinanti vengono poi rimossi attraverso il passaggio su filtri HEPA, che rispondono a precise norme tecniche. È bene sottolineare che questi filtri non hanno valenza di alcun tipo per quanto riguarda gas e vapori chimici.

- Immettono aria pulita all'interno dell'ambiente e filtrano l'aria espulsa, così facendo diluiscono e spostano la massa d'aria contenente l'inquinante.

Tra i DPC rientrano le cappe di sicurezza biologica, i glove boxe, che al momento dell'installazione devono essere conformi alla norma UNI EN 12469 e provvisti di marcatura CE e dichiarazione di conformità. Quando si ricercano condizioni di sterilità nell'ambiente lavorativo, per far sì che non avvenga la contaminazione crociata ambiente-operatore-campione si utilizza un flusso d'aria laminare che investe il piano di lavoro. Il personale addetto va adeguatamente addestrato affinché la protezione offerta dai DPC risulti efficace.

Qualora gli altri sistemi di prevenzione e i dispositivi di protezione collettiva non risultino efficaci il datore di lavoro è tenuto a fornire agli operatori adeguati dispositivi di protezione individuale. I DPI sono regolamentati dal Regolamento UE 2016/425, che definisce i RESS sulla libera circolazione dei DPI all'interno dell'UE. L'articolo 74 del Decreto Legislativo 81/2008 definisce i DPI come “qualsiasi attrezzatura destinata ad essere indossata e tenuta dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi suscettibili a minacciarne la sicurezza o la salute durante il lavoro, nonché ogni complemento o accessorio destinato a tale scopo.” [4]

I DPI vengono suddivisi in tre categorie con riferimento alle classi di rischio che sono destinati a proteggere:

- Categoria 1: DPI destinati a proteggere da danni di lieve entità e di progettazione semplice;
  - Categoria 2: DPI non inclusi in categoria 1 e in categoria 3;
  - Categoria 3: DPI di progettazione complessa, destinati a proteggere da lesioni gravi, permanenti o dalla morte, e per l'utilizzo dei quali è obbligatorio l'addestramento.
- [39]

Secondo questa classificazione i DPI per la protezione dagli agenti biologici rientrano in categoria 3. Il contatto con gli agenti biologici può avvenire secondo diverse modalità, perciò per la protezione dal rischio biologico vanno utilizzati DPI molto diversi fra loro.



Per la protezione del volto si usano schermi facciali e occhiali a mascherina, i primi sono costituiti da una lastra di materiale plastico e seguono i requisiti previsti dalla norma EN 166, lo schermo protegge il viso da proiezioni di materiali ed oggetti ma non preserva dagli aerosol. Gli occhiali a mascherina hanno lo scopo invece ad isolare le congiuntive da particelle aerodisperse poiché aderiscono al viso dell'operatore.

Per la protezione delle vie respiratorie si utilizzano i facciali filtranti e le maschere o semimaschere con filtro, questi DPI operano trattenendo le particelle aerodisperse ed evitando che l'operatore le inspiri. I facciali filtranti e i filtri idonei per il rischio biologico devono avere una marcatura CE come DPI di terza categoria che attestino anche la protezione dagli agenti biologici appartenenti ai gruppi 2 e 3 così come definiti nella direttiva 2000/54/CE. [40]

Per la protezione delle mani si utilizzano i guanti, classificati come DPI di terza categoria e rispondenti alla norma EN 374, questi servono a proteggere l'utilizzatore dagli agenti patogeni trasferibili per contatto. I guanti possono essere in lattice, vinile, nitrile e di diversi spessori; la scelta del guanto da utilizzare va fatta a seguito della valutazione dei rischi. Esistono anche guanti con del disinfettante presente all'interno del materiale che li costituisce, così da poter abbattere dell'80% circa la carica dell'agente biologico in caso di rottura del guanto. Tuttavia queste tipologie di guanti non proteggono da lacerazioni e punture, e ad oggi non esistono guanti compatibili che permettano una buona sensibilità di manovra.

Per la protezione del corpo si usano tute complete monouso o camici che rientrano tra i DPI di terza categoria e devono essere conformi alla norma EN 14126. Tra le caratteristiche che devono possedere ci sono la resistenza alla penetrazione di sangue o di patogeni trasportati da esso, la resistenza alla penetrazione di particelle solide ed aerosol contaminati e la resistenza alla penetrazione di liquidi contenenti batteri. Dopo averle utilizzate le tute devono essere smaltite come rifiuti pericolose a rischio biologico.

Per la protezione degli arti inferiori dal rischio biologico si possono utilizzare calzature contrassegnate con le sigle S, P ed O; oppure più semplicemente dei copriscarpe che rientrano tra i DPI di prima categoria.

## 5. Conclusioni

In questa tesi si è tracciato un quadro inerente al rischio biologico, cercando di raccogliere ed unire le informazioni disponibili a riguardo anche grazie alla letteratura scientifica attualmente a disposizione.

Sono stati presi in esame gli agenti biologici che comportano maggiori rischi per gli operatori sanitari, analizzando con l'ausilio della letteratura le criticità presenti in questo ambito.

Il discorso si è poi incentrato sulle infezioni correlate all'assistenza sanitaria, tracciando dapprima un quadro generale sull'argomento, per andare poi ad evidenziare le criticità che queste comportano per un sistema sanitario.

Dal lavoro è emerso che è preferibile trattare le ICA tramite un buon sistema di gestione che serva a ridurre il rischio di contagio, poiché i costi che esse comportano superano di gran lunga i costi di attuazione di misure di prevenzione e protezione dalle infezioni. Oltre a ciò, la presenza delle ICA viene utilizzata anche come indicatore della qualità di una struttura sanitaria, incidendo notevolmente sulla qualità di vita dei pazienti, di conseguenza anche da questo punto di vista risulta preferibile perseguire un obiettivo di riduzione od eliminazione degli agenti che portano a queste infezioni. Si è inoltre delineato il ruolo di fattori come il periodo di degenza nella struttura sanitaria, comporti un aumento del rischio di contrarre un ICA per i pazienti.

Infine si sono considerati i metodi per la valutazione del rischio biologico, approfondendo quelli ritenuti più idonei alla valutazione del rischio nelle strutture sanitarie. Partendo da ciò si è evidenziata l'assenza di valori limite di riferimento per quanto riguarda gli agenti biologici (ad eccezione della Legionella) e la criticità che questa assenza comporta ai fini della valutazione del rischio. L'assenza è dovuta al fatto che i microrganismi, a differenza degli altri fattori di rischio (ad esempio agenti fisici o chimici), possiedono la capacità di moltiplicarsi notevolmente in periodi di tempo molto brevi. Inoltre è stato evidenziato come manchino dei metodi di valutazione quantitativa del rischio biologico, ad eccezione dell'algoritmo "Bio-Ritmo" proposto dall'OSHA. In seguito, sono stati trattati i metodi utili ai fini del monitoraggio biologico, approfondendo quelli più utilizzati per il monitoraggio

nelle strutture sanitarie. Infine si sono considerate le misure di prevenzione e protezione, tra cui la detersione, la disinfezione e la sterilizzazione, il contenimento, e i dispositivi di protezione collettiva ed individuale. Per detersione, disinfezione e sterilizzazione sono stati trattati le principali metodologie utilizzate, sottolineandone l'importanza anche grazie all'ausilio di dati forniti dalla letteratura. È stata in questo modo evidenziata la grande efficacia anche solo di semplici pratiche di disinfezione nella lotta contro gli agenti biologici. Per quanto riguarda il contenimento ed i DPC e DPI dopo un inquadramento normativo sono stati presi in esame quelli ritenuti migliori e più utilizzati per la protezione dei rischi biologici.

## 6. Bibliografia

1. Salute e sicurezza sul lavoro-Anno 2020 Istat, consultato il 20/08/2022;

[https://www.istat.it/it/files//2021/11/Salute e sicurezza sul lavoro -  
2020 Istat Eurostat.pdf](https://www.istat.it/it/files//2021/11/Salute_e_sicurezza_sul_lavoro_-_2020_Istat_Eurostat.pdf)

2. Decreto del Presidente della Repubblica 303/1956: “Norme generali per l’Igiene del Lavoro”.

3. Decreto Legislativo 626/1994: “Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE, 2003/10/CE, 2003/18/CE e 2004/40/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro”.

4. Decreto Legislativo 81/2008: “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”.

5. S.I.R.O.H.-EPINet “Il Rischio biologico per il personale sanitario”; consultato il 07/09/2022;

<https://www.unife.it/medicina/ortottica/minisiti/organizzazione-sanitaria-e-gestione-della-professione/igiene-generale-e-applicata/2017-2018-1/rischio-biologico.pdf>

6. P Horby 1, A Rushdy, C Graham, M O'Mahony, PHLS Overview of Communicable Diseases Committee Affiliations expand.

7. Horan TC, Andrus M and Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections

- in the acute care setting. *American Journal of Infection Control*, 2008,36:309-332.
8. La Placa. *Principi di microbiologia medica*. Società Editrice Esculapio, 2001.
  9. Rice LN, Federal funding for the study of antimicrobial resistance in nosocomial pathogens: no ESKAPE. *J Infect Dis* 2008; 197: 1079.
  10. Spellberg B, Guidos R, Gilbert D, et al. The epidemic of antibiotic-resistant infections: a call to action for the medical community from the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 2008; 46: 155.
  11. Boucher HW, Talbott GH, Bradley JS, et al. Bad bugs, non drugs: no ESKAPE! An update from the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 2009; 48: 1.
  12. Peleg A.Y., Seifert H., Paterson D.L. *Acinetobacter baumannii*: Emergence of a Successful Pathogen. *ClinMicrobiol Rev*, 21: 538-582, 2008.
  13. Siempos I.I., Vardakas K.Z., Kyriakopoulos C.E., et al. Predictors of mortality in adult patients with ventilator-associated pneumonia: a metaanalysis. *Shock*, 33 (6): 590-601, 2010.
  14. Munoz-Price L.S., Weinstein R.A. *Acinetobacter* infections. *N Engl J Med*, 358: 1271-1281, 2008.
  15. Sito: *Encyclopedia Britannica* consultato il 24/08/2022;  
<https://www.britannica.com/science/Enterobacter>
  16. Vincent JL *Nosocomial Infections in adult intensive-care units*. *Lancet* 2003,361:2068-2077.
  17. Tacconelli E, G Smith, K Hieke et al. *Epidemiology, medical outcomes and costs of catheter-related bloodstream infections in intensive care units of*

- four European countries: literature- and registry-based estimates. *Journal of Hospital Infection*, 2009, 72: 97-103.
18. WHO. Report on the burden of Endemic Health Care-associated Infection Worldwide, 2011.
  19. Nulens E, Broex E, Ament A et al. Cost of the methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* search and destroy policy in a Dutch university hospital. *Journal of Hospital Infection* 2008, 68(4): 301 – 307.
  20. European Union. Council Recommendation on patient safety, including the prevention and control of healthcare associated infections. *Official Journal of the European Union* 2009, C151: 1-6.
  21. “Linee guida sugli standard di sicurezza e di igiene del lavoro nel reparto operatorio” 2009.
  22. Norma UNI EN ISO 14698-1:2004 “Camere bianche e ambienti associati controllati – controllo della biocontaminazione – Parte 1: Principi generali e metodi”.
  23. Norma UNI EN ISO 14698-2:2004 “Camere bianche e ambienti associati controllati – Controllo della biocontaminazione – Parte 2: Valutazione e interpretazione dei dati di biocontaminazione”.
  24. Batteri e funghi aerodispersi: indici di Dacarro – campionamento attivo (Dacarro et al., 2000).
  25. Categorie di inquinamento (European Collaborative Action, 1993).
  26. Indici IMA – campionamento passivo (Pasquarella et al., 2000).
  27. French GL, Otter J.A., Shannon KP et al. Tackling contamination of the hospital environment by methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA): A comparison between conventional terminal cleaning and

- hydrogen peroxide vapour decontamination.” *Journal of Hospital Infection* 2004, 57:31-37.
28. Hardy KJ, Oppenheim BA, Gossain S et al. A study of the relationship between environmental contamination with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and patients’ acquisition of MRSA.” *Infection Control Hospital Epidemiology* 2006, 27:127-132.
  29. Boyce, J.M. Environmental contamination makes an important contribution to hospital infection. *Journal of Hospital Infection* 2007, 65, S. 2:50-54.
  30. Sexton T, Clarke P, O’Neill E et al. Environmental reservoirs of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in isolation rooms: correlation with patient isolates and implications for hospital hygiene. *Journal of Hospital Infection* 2006, 62(2):187-94.
  31. Shiomori T, Miyamoto H, Makishima K et al. Evaluation of bedmaking related airborne and surface methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination.” *Journal of Hospital Infection* 2002, 50(1):30-35.
  32. Salaripour M, McKernan P, Devlin R et al. A multidisciplinary approach to reducing outbreaks and nosocomial MRSA in a University-Affiliated Hospital. *Healthcare Quarterly* 2006, 9 Special Issue:54-60.
  33. Fawley WN and Wilcox MH. Molecular epidemiology of endemic *Clostridium difficile* Infection. *Epidemiology and Infection* 2001, 126(3):343- 350.
  34. Spaulding E.H., 1968. Chemical disinfection of medical and surgical materials. In: Lawrence C, Block SS, eds. *Disinfection, sterilization, and preservation*. Philadelphia: Lea & Febiger 517-531.
  35. Rutala W.A., 1990. Apic guideline for selection and use of disinfectants. *Am.J.Infect.Control*, 18: 99-117.



36. Rutala W.A., Weber D.J. and the healthcare infection control practices advisory committee (HICPAC). Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities, 2008.
37. Favero M.S., Bond W.W., 1991. Chemical disinfection of medical and surgical materials. In: Block SS, ed. Disinfection, sterilization, and preservation. Philadelphia: Lea & Febiger 617-641.
38. Decreto Legislativo 206/2001: “Attuazione della direttiva 98/81/CE che modifica la direttiva 90/219/CE, concernente l'impiego confinato di microrganismi geneticamente modificati.”
39. Catia Pieroni, professoressa di ruolo presso UNIVPM, Dispense del corso “Sicurezza delle attrezzature di lavoro” A.A. 2021/22.
40. Lory Santarelli, professoressa di ruolo presso UNIVPM, Dispense del corso “Medicina del lavoro” A.A. 2021/22 .