



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

CORSO DI LAUREA IN INFERMIERISTICA

PRESIDENTE: PROF. ANTONIO AZARA

***La broncoaspirazione: correlazione tra
diverse metodiche/ausili ed insorgenza***

VAP

Relatore

Prof.ssa Piga Maria Domenica

Correlatore

Dott. Camboni Salvatore

Tesi di laurea di:

Rossella Sanna

Anno Accademico 2015/2016

INDICE

INTRODUZIONE	4
1. LA BRONCOASPIRAZIONE	5
1.1 Definizione.....	5
1.2 Scopo.....	5
1.3 Indicazioni cliniche alla broncoaspirazione.....	6
1.4 Valutazione della necessità di aspirazione.....	7
1.5 Preparazione del paziente.....	9
1.6 Preossigenazione del paziente.....	10
1.7 Valutazione del risultato.....	11
1.8 Complicanze.....	12
1.9 Controindicazioni.....	13
2. TIPI DI BRONCOASPIRAZIONE	14
2.1 Sistema di aspirazione a circuito aperto.....	14
2.2 Procedura.....	16
2.3 Sistema di aspirazione a circuito chiuso.....	17
2.4 Procedura.....	18
2.5 Rapporto costo/beneficio.....	19
3. LA POLMONITE ASSOCIATA AL VENTILATORE(VAP)	22
3.1 Definizione di VAP e fattori di rischio.....	22
3.2 Eziologia e fisiopatologia della VAP.....	25
3.3 Prevenzione dell'insorgenza delle VAP.....	28
3.4 Modalità di broncoaspirazione in paziente con VAP.....	42

3.5 Diagnosi di VAP	42
3.6 Epidemiologia	44
4. OBIETTIVI.....	45
5. MATERIALI E METODI.....	45
6. RISULTATI.....	45
7. CONCLUSIONI.....	51
7.1 Limiti dello studio	51
BIBLIOGRAFIA.....	52

INTRODUZIONE

Per aspirazione tracheo-bronchiale s'intende la rimozione dal tratto rino-oro-faringeo e dalla trachea, fino ad arrivare alla carena bronchiale, delle secrezioni bronchiali e dei liquidi (saliva, sangue, vomito), che non vengono rimossi solo con la tosse o con altre procedure meno invasive. Nei pazienti intubati la presenza del tubo endotracheale e la sedazione farmacologica alterano i meccanismi di difesa perché deprimono il riflesso della tosse e rendono inefficace la clearance muco ciliare; l'accumulo delle secrezioni porta a un'instabilità respiratoria ed emodinamica e di conseguenza allo sviluppo di infezioni. Tra tutte, l'infezione più grave è la polmonite associata al ventilatore (VAP). La VAP è un'infezione correlata a due importanti meccanismi patogenetici: la colonizzazione batterica del tratto aero-digestivo e l'aspirazione dei secreti contaminati nelle basse vie respiratorie. Le infezioni rappresentano oggi la principale causa di morte in Terapia Intensiva e la spesa sanitaria, correlata all'utilizzo della terapia antibiotica e alla gestione dei pazienti con infezione grave, è in continuo aumento. La prevenzione delle infezioni interessa in maniera specifica l'anestesista-rianimatore. La prevenzione della VAP è un obiettivo del processo assistenziale essenziale nei reparti di terapia intensiva, in quanto i pazienti ricoverati in queste unità hanno un rischio di contrarre infezioni da 5 a 10 volte superiore alla media degli altri reparti, dovuto sia a fattori intrinseci (immunodepressione) che estrinseci (procedure invasive). Sono necessarie specifiche strategie in questo contesto clinico.

Analogamente, la gestione della terapia antibiotica nei pazienti critici richiede conoscenze e modalità specifiche a causa delle caratteristiche di questa popolazione di pazienti e della selezione di germi multi-resistenti (MDR) nelle unità di terapia intensiva.

1. LA BRONCOASPIRAZIONE

1.1 Definizione

La broncoaspirazione è una tecnica invasiva che consente la rimozione meccanica delle secrezioni presenti all'interno dell'albero bronchiale attraverso l'inserimento di un sondino, collegato ad un apposito sistema di aspirazione, all'interno delle vie aeree tramite una via naturale (bocca o naso) o artificiale (stoma-protesi respiratoria). Le secrezioni, il sangue, il vomito e altro materiale estraneo possono accumularsi lungo il tratto rino-oro-faringeo e nella trachea fino ad arrivare alla carena bronchiale (lo sperone cartilagineo attraverso il quale la trachea si dirama nei due bronchi, destro e sinistro).

1.2Scopo

Lo scopo della broncoaspirazione è quello di garantire e mantenere la pervietà delle vie aeree, riducendo la stasi delle secrezioni. La broncoaspirazione è una componente dell'igiene bronchiale mediante la quale è possibile assicurare un'adeguata ossigenazione e promuovere e migliorare gli scambi respiratori. Inoltre ha un ruolo importante nella prevenzione dello sviluppo di infezioni favorite dal ristagno di secrezioni. Con la broncoaspirazione l'infermiere mette in atto una serie di azioni che mirano a soddisfare uno specifico bisogno di assistenza infermieristica: il bisogno di respirare. Tale bisogno, secondo il modello di assistenza infermieristica elaborato da Marisa Cantarelli, prima teorica italiana dell'assistenza infermieristica, si colloca al primo posto tra tutti gli altri (bisogno di alimentarsi e idratarsi, di eliminazione urinaria ecc). In questo

modello l'infermiere attua interventi personalizzati in risposta ai bisogni di assistenza del paziente. Il bisogno di assistenza descritto dalla Cantarelli consiste nell'esigenza dell'uomo di ricevere assistenza infermieristica qualora si verificano particolari condizioni fisiche o psichiche che lo richiedano. L'infermiere svolge un complesso di azioni fra loro coordinate al fine di soddisfare il bisogno specifico che il paziente manifesta. Tali azioni sono definite prestazioni infermieristiche e ad ogni bisogno corrisponde una prestazione infermieristica. Perciò l'infermiere, essendo il responsabile dell'assistenza infermieristica, ha il compito di soddisfare i bisogni del paziente. Lo scopo della broncoaspirazione è proprio quello di favorire e assicurare una respirazione adeguata in quei pazienti che manifestano il bisogno specifico di respirare.

1.3 Indicazioni cliniche alla broncoaspirazione

Tale procedura si rende necessaria nei soggetti che non sono in grado di espellere autonomamente e in modo efficace le secrezioni bronchiali, per esempio i pazienti affetti da malattie respiratorie, neurologiche e/o muscolari, le quali determinano un'alterazione del riflesso della tosse, pazienti in coma o in uno stato di coscienza alterato e nei portatori di protesi respiratoria (tubo endotracheale o cannula tracheostomica). Tuttavia la broncoaspirazione è una procedura potenzialmente dannosa per il paziente e non può essere eseguita in maniera routinaria¹. L'infermiere, basandosi sull'insieme delle proprie competenze professionali, esperienze e attenzioni, sarà in grado di riconoscere una serie di condizioni che pongano l'indicazione a procedere.

¹ American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010. *Respir Care*. 2010 Jun;55(6):758-64.

La broncoaspirazione è indicata quando il soggetto non riesce a eliminare le secrezioni con la sola espettorazione e in particolare quando²:

- le secrezioni sono visibili nelle vie respiratorie o nel tubo endotracheale;
- all'auscultazione toracica si sentono gorgoglii, ronchi o riduzione del murmure vescicolare;
- si sospetta un'aspirazione di materiale gastrico o saliva o alimenti;
- è presente un incremento apparente del lavoro respiratorio;
- è presente un'alterazione dei valori dell'emogasanalisi quali ipossiemia (PaO₂ <60 mmHg) e ipercapnia (PCO₂>50 mmHg) che possano essere ritenute collegate alla presenza di secrezioni nelle vie aeree;
- il paziente è incapace di produrre un buon colpo di tosse spontaneo ed efficace;
- il paziente è particolarmente agitato;
- tutte le volte che si verificano situazioni inspiegabili di dispnea, aumento della frequenza cardiaca o respiratoria.

1.4 Valutazione della necessità di aspirazione

L'aspirazione endotracheale dovrebbe essere eseguita ogni qualvolta sia clinicamente indicato, prestando particolare attenzione alle potenziali complicanze associate alla procedura. La maggior parte degli studi sottolinea la necessità di una valutazione individuale e accurata dei pazienti prima di eseguire l'aspirazione tracheobronchiale.

² Sole ML, Bennett M, Ashworth S. Clinical Indicators for Endotracheal Suctioning in Adult Patients Receiving Mechanical Ventilation. Am J Crit Care. 2015 Jul;24(4):318-24;

Si procede dopo aver valutato la qualità e l'efficacia respiratoria del paziente nel seguente modo:

- **valutazione visiva:** osservare in maniera globale il paziente e in particolare il respiro. Valutare:
 - la frequenza respiratoria: tachipnea ($FR > 20$ atti/min)
 - la profondità respiratoria, ovvero il grado di escursione o movimento della parete toracica: respiro superficiale
 - il ritmo ventilatorio: irregolare
 - alterazione della meccanica ventilatoriaInoltre è importante rilevare la presenza di colorito cianotico, agitazione, tosse, dispnea, scialorrea, tachicardia o extrasistoli.

- **valutazione uditiva:** tramite l'auscultazione del torace è possibile rilevare rumori respiratori anomali dovuti al passaggio dell'aria attraverso un lume bronchiale stenosato per la presenza di secreto denso e vischioso o liquido: rispettivamente ronchi e rantoli; l'auscultazione permette inoltre di stabilire l'ubicazione delle secrezioni;

- **valutazione tattile:** mediante la palpazione del torace si rilevano eventuali vibrazioni trasmesse dal passaggio d'aria attraverso le secrezioni;

- **valutazione della saturazione ematica:** è ridotta rispetto ai valori basali del soggetto. La saturazione può essere valutata tramite una rilevazione indiretta (pulsossimetro da dito) o diretta (emogasanalisi). I valori da tenere sotto controllo sono rispettivamente $SpO_2 < 90\%$ e $PO_2 < 85$ mmHg.

1.5 Preparazione del paziente

Affinchè la broncoaspirazione avvenga nella maniera più adeguata è bene che il paziente venga preparato accuratamente a tale procedura. La preparazione del paziente è una fase da non trascurare, in quanto permette all'infermiere di evitare possibili errori e di eseguire la manovra con maggior semplicità e minor tempo. Come per qualsiasi altra procedura infermieristica e medica, anche per la broncoaspirazione è importante che l'infermiere, o chi altro intenda eseguirla, fornisca al paziente tutte le informazioni necessarie sulla finalità e modalità della manovra, determinando il grado di collaborazione. Se il paziente è cosciente occorre spiegargli passo per passo ogni azione in modo da ottenere una maggior collaborazione e rendere la manovra meno spiacevole e più efficace. E' utile chiedere al paziente di eseguire un colpo di tosse per agevolare la discesa del sondino. Il paziente spesso si mostra agitato e in ansia per la manovra: occorre tranquillizzarlo e informarlo sull'eventuale tosse intermittente e sulla sensazione di fame d'aria provocata dall'aspirazione.

Se il paziente è incosciente si deve porre maggior attenzione nello stabilire se la broncoaspirazione sia realmente necessaria, in quanto il paziente stesso non è in grado di esprimere la volontà di essere aspirato. Aspirare prima le secrezioni presenti nelle cavità nasali e nella cavità orale (regione tonsillare e rinofaringe) è utile, non solo per favorire una maggiore visibilità e un miglior risultato della manovra, ma soprattutto per ridurre la colonizzazione batterica ed evitare una contaminazione delle vie aeree. L'ultima fase da seguire per la preparazione del paziente è quella del posizionamento: se il paziente è cosciente la posizione consigliata è quella ortopnoica (paziente seduto) o semiortopnoica o di Fowler in cui il tronco e la testa sono sollevati rispetto al letto e le ginocchia sono flesse o dritte; queste posizioni facilitano l'inserimento del sondino e permettono al

paziente di effettuare una massima espansione del torace e colpi di tosse più efficaci. Se il paziente è incosciente la posizione migliore è il decubito supino.³

Prima, durante e dopo la manovra si controllano:

- frequenza cardiaca;
- pressione arteriosa;
- frequenza respiratoria;
- rumori respiratori;
- ossigenazione (pulsossimetria);
- colore della cute;
- colore, odore, consistenza e quantità delle secrezioni;
- risposta del paziente (in particolare se sente dolore);
- presenza di tosse;
- insorgenza di laringospasmo e/o broncospasmo;
- presenza di sanguinamento o di traumi;
- pressione intracranica (se necessario e se il dispositivo è disponibile);
- parametri del ventilatore (pressione inspiratoria, volume corrente, FIO2).

1.6 Preossigenazione del paziente

Nei pazienti sottoposti a ventilazione meccanica, per prevenire stati di ipossiemia e altre complicanze legate alla manovra della broncoaspirazione, si esegue una

³ Li Wang,Xiao Li,Zongxia Yang,Xueli Tang, Qiang Yuan,Lijing Deng,Xin Sun. The Cochrane Library Semi-recumbent position versus supine position for the prevention of ventilator-associated pneumonia in adults requiring mechanical ventilation. Cochrane Acute Respiratory Infections. 8 January 2016 Editorial

preossigenazione con ossigeno al 100%. Per preossigenazione si intende l'apporto di ossigeno, uguale o superiore al livello di ossigeno basale, con lo scopo di incrementare la frazione di ossigeno libera nel sangue prima di aspirare. Essa permette di accrescere il periodo di apnea evitando la desaturazione e favorisce la mobilizzazione delle secrezioni. La preossigenazione al 100% per un minuto, prima della broncoaspirazione attraverso il tubo endotracheale (ETT), è il gold standard per evitare complicanze respiratorie da riduzione della pressione parziale di ossigeno. Va eseguita in tutti i pazienti, svegli o sedati. La sua efficacia, però, può essere influenzata da vari fattori: condizioni del paziente, durata dell'aspirazione, pressione di aspirazione utilizzata, rapporto tra il diametro del sondino di aspirazione e del lume della via aerea. I ventilatori moderni sono provvisti di un'opzione particolare che consente di erogare frazioni di ossigeno maggiori di quelle impostate per un periodo di tempo limitato e di tornare automaticamente all'ossigenazione stabilita.

1.7 Valutazione del risultato

La broncoaspirazione è considerata efficace se si ottiene:

- il miglioramento dei suoni respiratori;
- la rimozione delle secrezioni;
- il miglioramento dei valori dell'emogasanalisi o della pulsiossimetria;
- la riduzione del lavoro respiratorio (diminuzione della frequenza respiratoria o dispnea).

1.8 Complicanze

- infezioni, se i batteri che risiedono nel cavo orofaringeo vengono trasportati nelle basse vie aeree;
- ipossiemia, perché oltre alla rimozione delle secrezioni si rimuovono anche aria e ossigeno;
- collasso alveolare e atelettasie, perché durante l'aspirazione vengono rimosse le secrezioni ma anche ossigeno e volumi d'aria, con il rischio di provocare il collasso degli alveoli e conseguente atelectasia;
- stimolazione vagale che si manifesta con bradicardia e aritmie. Durante la manovra, con il sondino si può stimolare il nervo vago determinando bradicardia (frequenza cardiaca <60 battiti al minuto). La bradicardia, l'ipossiemia e la stimolazione vagale possono causare aritmie potenzialmente maligne, come per esempio tachicardia parossistica sopraventricolare e extrasistoli;
- traumi della mucosa: la punta del sondino, anche se arrotondata, può ledere la mucosa tracheale, in modo diretto o per suzione, e causare sanguinamenti di lieve entità. La situazione diventa pericolosa quando il paziente ha deficit della coagulazione. In particolare può verificarsi lacerazione dei turbinati nasali, perforazione del laringe, irritazione nasale con possibile sanguinamento, emorragia della mucosa e edema dell'ugola. Il microtraumatismo ripetuto nel tempo può determinare l'insorgenza di granulomi a livello tracheale;
- broncospasmo e/o laringospasmo come conseguenza dell'irritazione causata dall'aspirazione;
- aumento della pressione intracranica
- accessi di tosse parossistica per la stimolazione dei centri della tosse nella parete posteriore della trachea.

1.9 Controindicazioni

L'aspirazione tracheobronchiale è controindicata:

- se le vie nasali sono occluse o si verifica facilmente epistassi (se il sondino viene inserito per via nasale);
- se il soggetto ha riportato un trauma recente alla testa, alla faccia o al collo;
- quando ci siano disturbi della coagulazione per il rischio di emorragia;
- in caso di laringospasmo o broncospasmo grave;
- in presenza di irritazione delle vie aeree per il rischio di laringospasmo;
- se riportate infezioni delle vie aeree superiori (stomatite, faringite, laringite);
- in seguito a intervento chirurgico recente alla trachea o con anastomosi alta (se necessario si può fare una broncoaspirazione purché si intervenga con delicatezza);
- nelle prime ore dopo un infarto miocardico per evitare una riduzione della concentrazione di ossigeno e la stimolazione catecolaminica.

2. TIPI DI BRONCOASPIRAZIONE

Esistono due tipi di broncoaspirazione: quella a circuito aperto e quella a circuito chiuso. Il sistema a circuito aperto prevede la disconnessione del paziente dal circuito ventilatorio e l'utilizzo del sondino sterile monouso; al contrario nel sistema a circuito chiuso, non c'è la disconnessione del paziente dal ventilatore, poiché il sondino è racchiuso in una guaina e collegato al tubo endotracheale con un raccordo monitor ECG⁴.

2.1 Sistema di aspirazione a circuito aperto

Secondo le Linee Guida dell'AARC per effettuare la broncoaspirazione con sistema aperto sono necessari:

- fonte di aspirazione (figura 1), con regolazione del vuoto, tubi di connessione e vaso di raccolta delle secrezioni; la pressione d'aspirazione viene valutata chiudendo il tubo d'aspirazione e leggendo sul manometro il valore. Le pressioni atmosferiche consigliate sono 100-150 mmHg per gli adulti. Le pressioni negative non dovrebbero superare i 150 mmHg, in quanto alte pressioni possono causare traumi, ipossia e atelectasie;

⁴ Maggiore SM, Iacobone E, Zito G, Conti C, Antonelli M, Proietti R. Closed versus open suctioning techniques. *Minerva Anesthesiol.* 2002 May;68(5):360-4.

- sondini di aspirazione sterili, flessibili, atraumatici, trasparenti, con misure da 12 a 18 CH (3 CH=1 mm) per gli adulti, punta diritta, raccordo terminale con connessione universale, foro centrale e uno o più fori laterali (figura 2);
- guanti sterili;
- lubrificante idrosolubile, per ridurre il trauma della mucosa, da usare solo per l'aspirazione naso-tracheale;
- soluzione fisiologica o acqua sterile per risciacquare il sistema d'aspirazione;
- mascherina con visiera di protezione e/o occhiali;
- pallone autoespandibile con reservoir, tubo di connessione a fonte d'ossigeno, fonte d'ossigeno umidificata;
- fonendoscopio;
- materiale per rianimazione cardiopolmonare.



Figura 1. Fonte di aspirazione

Figura 2. Sondini di aspirazione

2.2 Procedura

Se si utilizza il sistema aperto per l'aspirazione tracheobronchiale, nel paziente ventilato meccanicamente, è necessario rispettare la procedura asettica utilizzando materiale sterile:

1. accertare la necessità di aspirazione e informare il paziente, se cosciente;
2. lavarsi le mani;
3. preparare il materiale occorrente;
4. preossigenare il paziente con O₂ al 100%;
5. indossare i guanti sterili, aprire, sfilare e connettere il sondino all'aspiratore in maniera asettica;
6. azionare l'aspiratore con l'altra mano (non più sterile) e staccare il circuito del ventilatore, rimuovendo il filtro antibatterico e il dispositivo che connette la cannula tracheostomica o il tubo orotracheale al filtro;
7. inserire il sondino nel tubo/cannula senza aspirare fino a quando si incontra una resistenza;
8. chiudere con un dito l'apposita valvola del sondino per aspirare le secrezioni e restrarlo velocemente, aspirando con movimenti rotatori, per circa 10-15 secondi;
9. riconnettere il paziente al ventilatore;
10. rimuovere il sondino dal tubo di aspirazione e gettarlo nel contenitore dei rifiuti speciali;
11. eliminare le secrezioni dal tubo di aspirazione mediante aspirazione di acqua sterile e chiudere il sistema di aspirazione;
12. valutare le condizioni del paziente, osservando i parametri vitali sul monitor e il colore della cute. Se necessario ripetere la manovra, lasciandolo riposare tra un'aspirazione e l'altra;
13. controllare la quantità delle secrezioni aspirate, osservando il colore, l'odore e la consistenza;

14. rimuovere il materiale utilizzato nei rifiuti speciali e lavarsi le mani.

2.3 Sistema di aspirazione a circuito chiuso

Questo sistema consente di effettuare un'aspirazione tracheobronchiale senza deconnettere il paziente dal ventilatore e senza utilizzare guanti sterili. Il materiale occorrente è il seguente:

- fonte di aspirazione, con regolazione del vuoto, tubi di connessione e vaso di raccolta delle secrezioni;
- sondino di aspirazione in cloruro di polivinile da 10 a 18 CH, a punta aperta atraumatica con marcatura di riferimento, rivestito con guaina protettiva trasparente per evitare il contatto degli operatori con le secrezioni (figura 3). Esso è collegato all'aspiratore e rimane connesso tra tubo tracheale e circuito respiratorio.
- guanti monouso;
- soluzione fisiologica o acqua sterile per risciacquare il sistema d'aspirazione;
- pallone autoespandibile con reservoir, tubo di connessione a fonte d'ossigeno, fonte d'ossigeno umidificata;
- fonendoscopio;
- materiale per rianimazione cardiopolmonare.

2.4 Procedura

1. accertare la necessità di aspirazione e informare il paziente, se cosciente;
2. lavarsi le mani;
3. preparare il materiale occorrente;
4. preossigenare il paziente con O₂ al 100%;
5. indossare i guanti monouso, collegare il sondino al sistema di aspirazione e azionarlo;
6. introdurre il catetere nel tubo endotracheale e spingerlo facendo scivolare indietro la guaina di protezione fino a quando si percepisce una resistenza;
7. ritrarre il catetere premendo sulla valvola presente nella parte distale, senza eseguire movimenti rotatori. E' necessario assicurarsi di ritirare completamente il catetere dentro la guaina in modo da non ostruire il flusso aereo. Una linea nera sul catetere è il punto di riferimento per stabilirne la corretta posizione;
8. scollegare il tubo di aspirazione e pulirlo con aspirazione di acqua sterile;
9. valutare le condizioni del paziente;
10. controllare la quantità delle secrezioni aspirate, osservando il colore, l'odore e la consistenza;
11. rimuovere il materiale utilizzato nei rifiuti speciale e lavarsi le mani.



Figura 3. Sondino di aspirazione con guaina protettiva

2.5 Rapporto costo/beneficio

Il sistema a circuito aperto richiede la disconnessione del paziente dal ventilatore causando, durante l'aspirazione, la perdita del 50% del volume polmonare e della PEEP (pressione positiva di fine espirazione)⁵⁻⁶. Questo provoca il dereclutamento degli alveoli con conseguente collasso. Nei pazienti con ARDS (sindrome da distress respiratorio) la disconnessione del paziente dal circuito compromette gli scambi gassosi, già critici, e causa ipossiemia. In questi pazienti, che necessitano di elevata PEEP e FiO₂ (frazione inspirata di O₂) è indicato

⁵ Choong K, Chatrkaw P, Frndova H, Cox PN. Comparison of loss in lung volume with open versus in-line catheter endotracheal suctioning. *Pediatr Crit Care Med.* 2003 Jan;4(1):69-73.

⁶ Cereda M, Villa F, Colombo E, Greco G, Nacoti M, Pesenti A. Closed system endotracheal suctioning maintains lung volume during volume-controlled mechanical ventilation. *Intensive Care Med.* 2001 Apr;27(4):648-54.

l'utilizzo del sistema a circuito chiuso, il quale previene l'ipossiemia indotta dalla disconnessione.⁷⁻⁸

Un altro fattore da tenere in considerazione è la potenziale contaminazione ambientale e del personale durante la disconnessione. Infatti nei pazienti con un'infezione trasmissibile per via aerea o con HIV, epatite B o tubercolosi attiva è molto alto il rischio di contaminazione. Per quanto riguarda gli scambi gassosi questo sistema comporta una riduzione significativa della PaO₂ e un aumento della PaCO₂ rispetto al sistema a circuito chiuso⁹. Inoltre il sistema a circuito aperto richiede un tempo di preparazione più lungo rispetto a quello utile per il sistema chiuso, sia per la preparazione del paziente sia per quella del materiale. Un altro fattore importante è la maggior difficoltà riscontrata nell'aspirare con sistema aperto un paziente in posizione prona, rispetto all'aspirazione con circuito chiuso. Il sistema a circuito chiuso, invece, ha il vantaggio di ridurre l'aspirazione di ossigeno durante la manovra, la perdita di PEEP dovuta alla disconnessione e quindi l'ipossia¹⁰. Esso riduce la contaminazione dell'ambiente e del personale infermieristico e la colonizzazione endotracheale¹¹. Infatti questo sistema è dotato di un sondino multiuso racchiuso in una guaina di plastica trasparente e collegato al tubo endotracheale con il raccordo a T¹²; questo fa sì che il sondino non contami l'ambiente esterno né l'operatore, consentendo a quest'ultimo di eseguire la manovra con un notevole risparmio di tempo.

⁷ Caramenz MP, Schettino G, Suchodolski K, Nishida T, Harris RS, Malhotra A, Kacmarek RM. The impact of endotracheal suctioning on gas exchange and hemodynamics during lung-protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Respir Care*. 2006 May;51(5):497-502.

⁸ Weigl J, Bettstetter H. Indications for the use of closed endotracheal suction. *Artificial respiration with high positive end-expiratory pressure Anaesthesist*. 1994 Jun;43(6):359-63.

⁹ Lee ES, Kim SH, Kim JS. Effects of a closed endotracheal suction system on oxygen saturation, ventilator-associated pneumonia, and nursing efficacy. *Taehan Kanho Hakhoe Chi*. 2004 Dec;34(7):1315-25.

¹⁰ Grossi SA. Closed endotracheal suction system for the prevention of hypoxemia. *Rev Esc Enferm USP*. 1995. Apr;29(1):26-33.

¹¹ Cha KS, Park HR. Endotracheal colonization and ventilator-associated pneumonia in mechanically ventilated patients according to type of endotracheal suction system. *J Korean Acad Nurs*. 2011 Apr;41(2):175-81.

¹² Weigl J, Bettstetter H. Indications for the use of closed endotracheal suction. *Artificial respiration with high positive end-expiratory pressure Anaesthesist*. 1994 Jun;43(6):359-63.

Tuttavia questo sistema non è privo di svantaggi: esso dev'essere sostituito ogni 24/48 ore (o comunque secondo le raccomandazioni della ditta fornitrice). Tale raccomandazione deriva dalla capacità dei batteri di aggregarsi sulla superficie del sondino e del tubo e di formare un biofilm che li protegge dalle difese dell'ospite e dagli agenti antibatterici. La colonizzazione del sondino e il transito dei batteri nelle basse vie respiratorie e nei polmoni contribuisce allo sviluppo della VAP.

In termini di efficacia delle aspirazioni, il sistema chiuso è meno efficace di quello aperto, in quanto insieme alle secrezioni viene aspirata anche parte dell'aria erogata dal ventilatore. Le secrezioni dense e collose sono più facilmente rimovibili tramite il sistema aperto.

L'uso del sistema chiuso era stato proposto per la prevenzione della polmonite da ventilazione perché si pensava potesse ridurre il rischio di contaminazione e di esposizione degli operatori ai microrganismi. Si è visto, invece, che anche il sondino di aspirazione del sistema chiuso può essere colonizzato dai microrganismi, con il rischio di autocontaminazione. Ciò può contribuire a spiegare l'alto tasso di colonizzazione tracheale osservato nel sistema a circuito chiuso rispetto a quello aperto.

3. LA POLMONITE ASSOCIATA AL VENTILATORE(VAP)

3.1 Definizione di VAP e fattori di rischio

Il supporto ventilatorio meccanico rappresenta una metodica di frequente utilizzo nell'assistenza ai pazienti critici. La ventilazione meccanica artificiale è considerata una strategia salvavita per questo tipo di pazienti, ma allo stesso tempo è una manovra invasiva, potenzialmente dannosa e costosa. Da essa dipendono, infatti, una serie di possibili complicanze, tra cui la polmonite associata a ventilazione (VAP).

La polmonite associata a ventilazione meccanica è definita come una polmonite che si sviluppa 48-72 ore dopo un'intubazione endotracheale. Essa rientra nella categoria delle HAP, Hospital Associated Pneumonia, ovvero polmoniti contratte durante la degenza in ospedale. Rispetto al periodo di insorgenza, una polmonite nosocomiale può essere classificata in due tipi: early o late.

La polmonite early-onset ha un'insorgenza precoce, nei primi 4 giorni di ospedalizzazione ed è spesso causata da *Moraxella catarrhalis*, *H. influenzae*, e *S. pneumoniae*, mentre la polmonite late-onset insorge più tardi, dopo i primi 4 giorni di ospedalizzazione. Gli agenti patogeni delle late-onset sono *Klebsiella* spp., *E. coli*, *P. mirabilis*, *Acinetobacter* spp., *S. maltophilia*, *P. aeruginosa*¹³, *S. aureus*, inclusi *S. aureus* meticillino-resistenti.

I Virus, come Influenza A e B o Virus Respiratorio Sinciziale, possono sostenere sia le early che le late-onset pneumonia, mentre lieviti, funghi e *Pneumocystis jirovecii* (ex *carinii*) sono usualmente patogeni delle late-onset pneumonia.

¹³ Tsay TB, Jiang YZ, Hsu CM, Chen LW. *Pseudomonas aeruginosa* colonization enhances ventilator-associated pneumonia-induced lung injury. *Respir Res.* 2016 Aug 9;17(1):101.

I fattori di rischio della VAP sono molteplici e sono legati al paziente stesso e alla terapia cui è sottoposto (colonizzazione endogena), ma anche all'ambiente esterno (colonizzazione esogena).

Tra i fattori di rischio legati al paziente vi sono:

- **età avanzata** (>60 anni), correlata alla presenza di patologie senili con insufficienza pluri-organica;
- **stati patologici acuti e/o cronici:**
 1. il diabete: essendo il glucosio il substrato energetico ideale dei germi, la loro proliferazione è favorita dall'iperglicemia;
 2. traumatismi polmonari¹⁴: la contusione del parenchima polmonare e l'ematoma riducono la funzionalità dell'organo e impediscono la normale ossigenazione. Questa condizione predispone allo sviluppo di germi anaerobi;
 3. interventi toraco-addominali: compromettono la funzionalità respiratoria e l'espansione toracica a causa dell'interessamento diretto dovuto alla presenza di drenaggi, del dolore e anche della comparsa della sindrome compartimentale addominale (ipertensione intra-addominale che impedisce al diaframma di compiere i movimenti normali). Tutte queste condizioni provocano un'ipoventilazione e quindi una ridotta ossigenazione;
 4. coma: il paziente in coma ha un deficit parziale o totale di alcune funzioni, come la tosse la deglutizione e la respirazione. Questi deficit, associati all'allettamento del paziente, favoriscono la stasi delle secrezioni e la colonizzazione batterica.

¹⁴ Wałaszek M, Kosiarska A, Gniadek A, Kołpa M, Wolak Z, Dobroś W, Siadek J. The risk factors for hospital-acquired pneumonia in the Intensive Care Unit. *Przegl Epidemiol.* 2016;70(1):15-20, 107-10.

Fattori di rischio legati alle terapie:

- terapie cortisoniche e immunosoppressive: riducono le difese immunitarie;
- terapie antibiotiche: possono selezionare ceppi batterici resistenti, in particolare se sono empiriche e prolungate;
- terapie antiacide: innalzano il pH gastrico, alcalinizzandolo (riducono l'acidità) e favoriscono la colonizzazione di batteri gram-;
- sedazione: aumenta la probabilità di aspirazione.

Fattori di rischio legati all'ambiente esterno:

- mani e guanti sporchi;
- utilizzo di materiali e dispositivi non sterili durante le manovre di intubazione e broncoaspirazione (laringoscopio, broncoscopio, tubo endotracheale, sondini di aspirazione);
- utilizzo di circuiti del ventilatore e umidificatori contaminati: per esempio quando il liquido nel reservoir del nebulizzatore viene contaminato, l'aerosol prodotto può contenere germi che transitano attraverso il tubo endotracheale e si depositano nelle basse vie aeree del paziente.

Altri fattori di rischio:

- posizione supina: favorisce l'aspirazione di contenuto gastrico (soprattutto in corso di nutrizione enterale) e di materiale colonizzato dall'orofaringe;
- trasporti extra-ospedalieri;
- malnutrizione;
- intubazione endotracheale: durante l'intubazione può avvenire il trasporto di colonie di batteri dall'orofaringe all'interno dell'albero bronchiale; questo può verificarsi anche tramite una broncoaspirazione eseguita in

carente asepsi. Il tubo orotracheale, inoltre, riduce le difese naturali delle vie aeree superiori e favorisce la formazione di un biofilm, con conseguente aumento della carica batterica¹⁵;

- ventilazione meccanica prolungata: superate le 72 h di ventilazione, le possibilità di contaminazione aumentano notevolmente;
- sondino naso-gastrico con eventuale somministrazione di nutrizione enterale: la presenza del sondino, insieme alla posizione supina del paziente, favorisce l'aspirazione del contenuto gastrico che filtra lungo la cuffia del tubo orotracheale. Il rischio non si riduce riducendo il diametro del sondino.

Ciò può essere dovuto ad un'insufficienza del cardias (orifizio superiore di congiunzione tra esofago e stomaco), la quale permette la risalita di contenuto gastrico, colonizzato da germi, dallo stomaco verso l'esofago. Parte di questo passa nella trachea con conseguente migrazione di germi all'interno delle vie respiratorie.

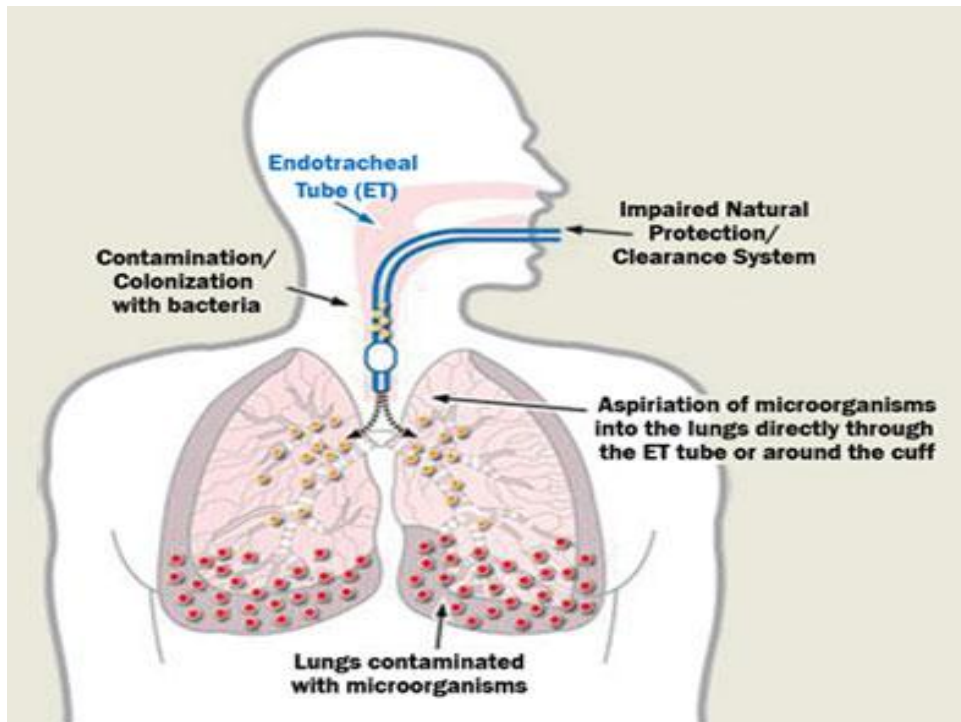
3.2 Eziologia e fisiopatologia della VAP

Dal punto di vista eziologico le polmoniti possono essere classificate secondo la sorgente d'infezione in due tipi:

- Esogena: l'infezione polmonare è causata da microrganismi non riscontrati precedentemente nei campioni di sorveglianza, bensì portati al paziente dall'esterno senza una precedente colonizzazione. Possono essere contratte in qualsiasi periodo durante la degenza e la loro frequenza è pari al 15%.

¹⁵ Vandecandelaere I, Coenye T. Microbial composition and antibiotic resistance of biofilms recovered from endotracheal tubes of mechanically ventilated patients. *Adv Exp Med Biol.* 2015;830:137-55.

- Endogena: l'infezione è causata da germi già presenti, residenti nel paziente prima che si manifesti la polmonite.



Come già detto in precedenza, la fisiopatologia della VAP coinvolge due principali processi: la colonizzazione dell' apparato respiratorio e gastroenterico e la micro-aspirazione delle secrezioni da parte delle basse ed alte vie respiratorie. La colonizzazione batterica si riferisce alla presenza di batteri che crescono e si moltiplicano senza evidenti manifestazioni cliniche o reazioni immunitarie dell'ospite.

La colonizzazione batterica polmonare può essere dovuta alla diffusione di organismi attraverso diverse fonti incluse l'orofaringe, i seni nasali, le narici, le placche dentarie, il tratto gastrointestinale, ma anche il contatto paziente-paziente

e i circuiti ventilatori. L'inalazione di batteri da una di queste sorgenti può causare una risposta attiva dell'ospite ed in ultima istanza una VAP.

La patogenesi della VAP non è propriamente un'infezione legata all'utilizzo della ventilazione meccanica quanto alla presenza del tubo endotracheale. Infatti un tubo endotracheale costituisce una linea diretta tra esterno e interno del paziente per la colonizzazione batterica del tratto respiratorio.

Le secrezioni del tratto superiore delle vie aeree e quelle orali possono ristagnare sopra la cuffia del tubo endotracheale e creare un biofilm. Il biofilm contiene un numero enorme di batteri che possono essere disseminati nei polmoni attraverso gli atti respiratori indotti dal ventilatore. Il biofilm può essere dislocato in diversi modi: attraverso l'instillazione di fisiologica nel tubo endotracheale, l'aspirazione, la tosse o la reintubazione. Il tubo endotracheale bypassa le strutture delle vie aeree superiori e mette in comunicazione diretta l'esterno con le basse vie respiratorie. Poiché le alte vie vengono bypassate, diminuisce la capacità dell'organismo di introdurre aria filtrata ed umidificata.

Inoltre il tubo endotracheale inibisce il riflesso della tosse e altera i meccanismi di clearance muco-ciliare dell'endotelio a causa di eventuali danni apportati alla mucosa dall'inserzione del tubo. L'inserimento stesso di un tubo endotracheale rappresenta un ulteriore causa di aumento delle secrezioni.

L'inibizione di tutte queste difese dell'organismo ospite rappresenta il clima ideale per la colonizzazione da parte dei batteri e la loro successiva aspirazione. L'aspirazione di contenuto gastrico rappresenta un'altra potenziale causa di VAP, in quanto lo stomaco è un deposito di batteri. Molti pazienti sottoposti a ventilazione meccanica hanno un sondino nasogastrico per il controllo e la somministrazione di farmaci o per praticare una decompressione gastrica. La presenza di un sondino nasogastrico o orogastrico diminuisce il tono della muscolatura dello sfintere gastroesofageo, determinando così il reflusso gastroesofageo. Come conseguenza si crea una via d'accesso diretta per il trasferimento batterico all'orofaringe e la seguente colonizzazione delle vie aeree

superiori. I rigurgiti gastrici incrementano il pH ed il volume dello stomaco, aumentando di conseguenza il rischio di colonizzazione batterica e di aspirazione.

3.3 Prevenzione dell'insorgenza delle VAP

Nonostante la VAP abbia molteplici fattori di rischio, esistono vari interventi infermieristici che possono ridurre l'incidenza di questa patologia. L'assistenza infermieristica gioca un ruolo importante sia nella prevenzione della VAP sia nell'assistenza e cura della patologia in atto.

Il primo intervento considerato favorevole è la ventilazione non invasiva a pressione positiva mediante maschera facciale, come alternativa all'intubazione, in quanto, come spiegato prima, la presenza del tubo endotracheale promuove la colonizzazione batterica delle vie respiratorie¹⁶. Purtroppo questo tipo di ventilazione non è applicabile a tutti i tipi di pazienti, perciò l'intera equipe deve adottare misure d'intervento e prevenzione sicure ed efficaci per tutti i pazienti sottoposti a ventilazione invasiva.

La prevenzione può avvenire sotto vari aspetti del processo assistenziale e in particolare:

- Igiene delle mani
- Misure barriera
- Igiene del cavo orale
- Aspirazione endotracheale
- Aspirazione secrezioni sottoglottiche
- Mobilizzazione del paziente

¹⁶ Keyt H, Faverio P, Restrepo MI. Prevention of ventilator-associated pneumonia in the intensive care unit: a review of the clinically relevant recent advancements. *Indian J Med Res.* 2014 Jun;139(6):814-21.

- Gestione dei presidi ventilatori del paziente
- Sistemi di umidificazione (attivi o passivi)
- Utilizzo del SNG (Sondino Naso Gastrico)
- Modulazione della colonizzazione.

Igiene delle mani

Le infezioni crociate sono un'importante fonte di patogeni multi-resistenti (MDR), e le mani o i guanti degli operatori sanitari sono potenziali reservoir per la loro diffusione. Il lavaggio delle mani è una misura di prevenzione primaria e rientra nella categoria 1A delle raccomandazioni e linee guida dei CDC (Centers for Diseases Control and Prevention). Ciò significa che è una raccomandazione fortemente suggerita per tutti gli ospedali sostenuta da studi sperimentali ed epidemiologici. Infatti le mani sono il principale veicolo per la trasmissione di germi patogeni durante tutte le procedure assistenziali.

La cute è fisiologicamente colonizzata dalla flora batterica che si distingue in residente e transitoria. Quella residente ha solitamente una funzione protettiva, mentre quella transitoria si acquisisce durante il contatto diretto con i pazienti o con superfici ambientali contaminate e causa, in genere, infezioni.

Nelle infezioni correlate alla pratica assistenziale, come la VAP, la trasmissione crociata di microrganismi si verifica specialmente attraverso le mani degli operatori, nelle quali i batteri più spesso ritrovati sono lo *Staphylococcus aureus* e l'*Enterococcus faecium*. Tra tutte le misure di prevenzione delle infezioni, l'igiene delle mani è la più semplice ed efficace, ma anche la meno costosa. Il lavaggio delle mani si esegue con modalità e prodotti differenti a seconda delle mansioni che si devono svolgere.

Il lavaggio più semplice e veloce è quello sociale. Si effettua con acqua e sapone prima e dopo le cure igieniche del paziente, la preparazione della terapia, i prelievi ecc.

Il lavaggio antisettico, invece, si esegue con acqua e sapone antisettico prima e dopo le medicazioni di ferite, tecniche invasive (broncoscopia), procedure su pazienti immunodepressi, dopo il contatto con fluidi e secrezioni corporee.

Misure barriera

Anche l'uso dei guanti appartiene alla categoria 1A ed è importante per prevenire la contaminazione crociata. I guanti, infatti, non solo assicurano una barriera protettiva e prevengono la contaminazione delle mani degli operatori, ma riducono anche la probabilità che i microrganismi siano trasmessi dalle mani degli operatori ai pazienti durante le procedure invasive o altre procedure assistenziali. Riducono anche la probabilità che i germi vengano trasferiti da un paziente ad un altro tramite gli operatori.

Per questo i guanti devono essere sostituiti quando si passa da un paziente ad un altro, prima del contatto con un altro paziente, oggetto o qualsiasi superficie ambientale. Questa misura preventiva non deve esimere il personale dal lavaggio delle mani, il quale deve essere comunque effettuato prima di indossare i guanti e subito dopo la rimozione.

Rientrano nelle misure barriera anche i camici e le maschere. Questi devono essere indossati per proteggere la cute e prevenire l'imbrattamento degli abiti durante l'esecuzione di procedure che possono determinare schizzi di sangue o di altri liquidi biologici. Devono essere rimossi prima di lasciare la stanza o ogni qualvolta è necessario interrompere lo specifico atto assistenziale e smaltiti nei contenitori per rifiuti potenzialmente infetti. Dopo aver tolto il camice e gli indumenti protettivi si devono accuratamente lavare le mani.

Igiene del cavo orale

La cavità orale è una fonte comprovata della VAP. Dopo alcune ore di erogazione di elevate percentuali di ossigeno, le labbra si fessurano, si formano lesioni agli angoli della bocca, la lingua si ricopre di patina e si riduce la produzione di saliva. Alcuni farmaci contribuiscono a queste alterazioni, come antistaminici, antidepressivi, antispastici, cortisonici ed antibiotici ad alte dosi.

La pulizia del cavo orale in terapia intensiva è molto importante sia perché i pazienti non sono in grado di provvedervi autonomamente, sia perché nei pazienti sedati e intubati i meccanismi fisiologici, quali idratazione, salivazione, masticazione e movimenti della lingua, necessari a mantenere il cavo orale integro e sano, sono alterati. I batteri colonizzano l'area orofaringea, compresa la placca dentale, possono essere aspirati nei polmoni e causare l'infezione delle basse vie aeree.¹⁷

La scarsa igiene orale comporta a lungo andare irritazione e infiammazione della mucosa orale e delle gengive. A livello orale la normale flora batterica a predominanza gram + si trasforma in gram- anaerobia.

Aspirazione endotracheale

L'aspirazione tracheobronchiale, come già detto, riduce la stasi delle secrezioni e l'incidenza delle infezioni delle vie respiratorie. D'altro canto i cateteri utilizzati per questa manovra rappresentano una delle vie primarie per l'introduzione dei

¹⁷ Haghghi A1, Shafipour V, Bagheri-Nesami M3, Gholipour Baradari A, Yazdani Charati J. The impact of oral care on oral health status and prevention of ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. Aust Crit Care. 2016 Aug 4

batteri nel tratto respiratorio¹⁸. Al fine di prevenire l'insorgenza di una VAP, l'aspirazione va eseguita nel rispetto dell'asepsi, in maniera meno traumatica possibile e solo quando è realmente necessaria e indicata.

Aspirazione delle secrezioni sottoglottiche

Al termine dell'intubazione endotracheale è necessario verificare che il tubo sia fissato in maniera adeguata. Si deve verificare che:

- la cuffia aderisca alla mucosa tracheale durante tutte le fasi del ciclo respiratorio, al fine di impedire il passaggio di secrezioni orofaringee ad alta carica batterica;
- la pressione interna della cuffia non deve superare mai i 20-30mmHg, oltre i quali viene impedita la normale circolazione sanguigna con conseguente necrosi tracheale. Tale pressione viene misurata mediante un apposito manometro.

Inoltre si deve ricordare che la trachea non è un tubo rigido, ma il suo diametro varia continuamente durante le varie fasi del ciclo respiratorio, specialmente durante la ventilazione meccanica. A causa di queste modificazioni del diametro tracheale una parte di materiale orofaringeo si accumula sopra la cuffia e può defluire lentamente nei polmoni, causando gravi infezioni respiratorie.

Per far fronte a questo problema si può installare un'aspirazione sottoglottica continua o temporizzata (figura 4). Si tratta dell'aspirazione di tutte quelle secrezioni che si accumulano nello spazio sopraglottico, al di sopra della cuffia,

¹⁸ Liu N, Zheng Z2, Chen P, Hou P, Wang X, Li H, Chen R. Detection of aspiration of nasopharyngeal secretion and the relationship between the aspiration of nasopharyngeal secretion and the incidence of pneumonia. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2015 Jul;38(7):511-5.

impedendo così lo scivolamento di queste attraverso le pieghe che possono formarsi sulla superficie della cuffia stessa e passare nelle basse vie respiratorie.¹⁹

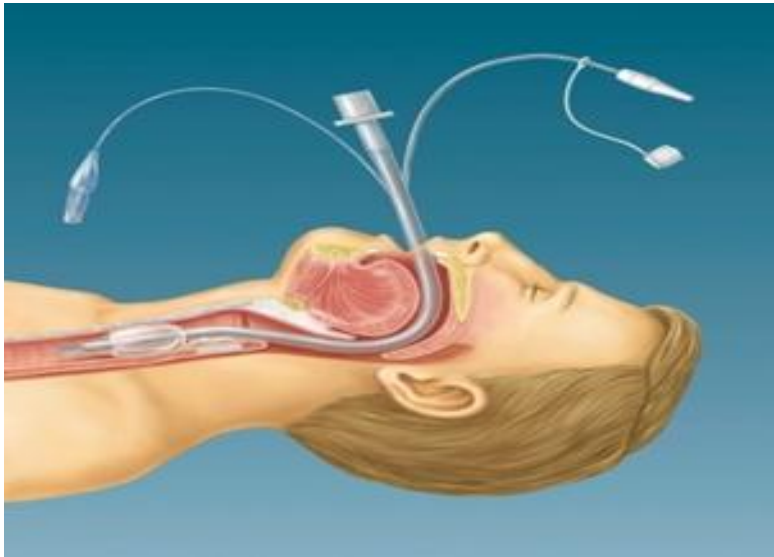


Figura 4. Aspirazione sottoglottica.

Mobilizzazione paziente

La mobilizzazione e la corretta posizione del paziente sono due fattori importanti per la prevenzione dell'insorgenza di una VAP. L'allettamento prolungato e l'immobilizzazione rappresentano un importante fattore di rischio delle VAP, specialmente se il paziente è tenuto in posizione supina ed è sottoposto alla ventilazione meccanica assistita. In posizione supina, infatti, aumenta il rischio di rigurgito e di una conseguente aspirazione bronchiale.

¹⁹ Lorente L, Lecuona M, Jiménez A, Lorenzo L, Roca I, Cabrera J, Llanos C, Mora ML. Continuous endotracheal tube cuff pressure control system protects against ventilator-associated pneumonia. Crit Care. 2014 Apr 21;18(2):R77.

L'immobilità del paziente, invece, favorisce il ristagno delle secrezioni. Una misura di prevenzione in questo caso è l'uso dei letti cinetici, i quali favoriscono la rimozione delle secrezioni tramite vibrazioni e/o percussioni.

Questi eseguono anche semi-rotazioni utili ad alleggiare la pressione da un lato o dall'altro del torace²⁰. Un altro intervento è quello di mantenere, ove possibile, la testata del letto tra i 30-45°; questo permette, come spiegato precedentemente, sia una maggiore espansione del torace, sia un rischio di aspirazione ridotto²¹⁻²².

Gestione presidi ventilatori del paziente

Come già detto, i pazienti sottoposti a ventilazione meccanica artificiale hanno un rischio di contrarre infezioni da 5 a 10 volte superiore alla media. Una corretta gestione dei presidi ventilatori è fondamentale per prevenire l'insorgenza di una VAP. I circuiti ventilatori, infatti, possono essere colonizzati sia per via esogena attraverso le mani contaminate degli operatori, sia per via endogena, quando questi sono stati precedentemente colonizzati.

Da molti studi sui circuiti si evince che un ricambio routinario dei circuiti esterni del ventilatore, ogni 48 ore, è rischioso per il paziente, non solo perché un'eccessiva frequenza delle manipolazioni aumenta il rischio di

²⁰Branson RD. Secretion management in the mechanically ventilated patient. *Respir Care*. 2007 Oct;52(10):1328-42; discussion 1342-7.

²¹Woodrow P. Will nursing ICU patients in semi-recumbent positions reduce rates of nosocomial infection?

Nurs Crit Care. 2000 Jul-Aug;5(4):174-8.

²²Li Wang,Xiao Li,Zongxia Yang,Xueli Tang, Qiang Yuan,Lijing Deng,Xin Sun. The Cochrane Library Semi-recumbent position versus supine position for the prevention of ventilator-associated pneumonia in adults requiring mechanical ventilation. *Cochrane Acute Respiratory Infections*. 8 January 2016 Editorial

contaminazione²³, ma anche perché ciò aumenta il rischio che la condensa raccolta nel tubo ventilatorio defluisca in trachea.

Infatti nei circuiti si forma una condensa dovuta alla differenza di temperatura tra i gas inspirati e l'aria ambiente. Questa condensa può essere facilmente contaminata dalle secrezioni del paziente e colonizzata dai batteri. Perciò è necessario prevenirla l'ingresso nelle vie aeree distali attraverso il tubo e nei dispositivi per aerosol.

I circuiti esterni colonizzano dopo 24 ore dall'inizio del loro impiego, mentre la condensa dopo solo 2 ore. Vista l'elevata presenza di agenti patogeni nei liquidi di condensa, il circuito deve essere mantenuto in posizione di scarico al fine di impedire che l'acqua di condensa venga inalata dal paziente. La condensa deve essere raccolta ed eliminata periodicamente, prestando attenzione che il condensato non refluisca verso il paziente (CDC 2004, IB).

Inoltre un accurato programma di pulizia di tutta l'attrezzatura e i presidi destinati alla sterilizzazione e disinfezione è essenziale per prevenire e controllare le infezioni. Per quanto riguarda i circuiti interni, invece, questi non devono essere disinfettati o sterilizzati di routine (categoria 1A), ma solamente dopo contaminazione con agenti virali quali epatite C e HIV.

²³ Han J, Liu Y. Effect of ventilator circuit changes on ventilator-associated pneumonia: a systematic review and meta-analysis. *Respir Care*. 2010 Apr;55(4):467-74.

Sistemi di umidificazione.

Nei soggetti sani il 75% del condizionamento dei gas respiratori avviene nel tratto respiratorio superiore, il restante 25% viene completato in trachea. Per condizionamento si intende il riscaldamento, l'umidificazione e la pulizia. Una compromissione dell'umidificazione dei gas può portare ad infezioni e danni polmonari.

Nei soggetti sottoposti a ventilazione meccanica invasiva i tratti respiratori superiori sono bypassati e il condizionamento dei gas è affidato alla sola trachea, la quale non è in grado da sola di svolgere tutte le funzioni di umidificazione, riscaldamento e pulizia. Ciò fa sì che ai polmoni arrivi aria riscaldata in maniera insufficiente, la quale non è in grado di garantire la quantità di umidità richiesta. Tutti questi fattori aumentano la suscettibilità alle infezioni polmonari²⁴. Per far fronte a questo problema si utilizzano i sistemi di umidificazione²⁵, i quali si distinguono in sistemi attivi e passivi, a seconda del meccanismo di umidificazione.

L'umidificatore selezionato e il livello di umidificazione richiesto dipende dalle condizioni del paziente e dalla durata prevista dell'intubazione endotracheale²⁶. I sistemi di umidificazione passivi sono conosciuti anche come HME (heat and moisture exchangers) o nasi artificiali e funzionano in base ai semplici meccanismi di evaporazione e condensazione, mentre quelli attivi sono gli HH (heated humidifiers). In questi ultimi il gas erogato dal ventilatore passa attraverso l'acqua e si trasforma in vapore acqueo.²⁷

²⁴ Jiang M, Song JJ, Guo XL, Tang YL, Li HB. Airway Humidification Reduces the Inflammatory Response During Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2015 Dec;60(12):1720-8.

²⁵ Song J, Jiang M, Qi G, Xie Y, Wang H, Tian Y, Qu J, Zhang X, Li H. Effect of airway humidification on lung injury induced by mechanical ventilation. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2014 Dec;26(12):884-9.

²⁶ Branson RD. Secretion management in the mechanically ventilated patient. *Respir Care*. 2007 Oct;52(10):1328-42; discussion 1342-7.

²⁷ Niël-Weise BS, Wille JC, van den Broek PJ. Humidification policies for mechanically ventilated intensive care patients and prevention of ventilator-associated pneumonia: a systematic review of randomized controlled trials. *J Hosp Infect*. 2007 Apr;65(4):285-91.

Gli HME (figura 5) sono filtri sterili e monouso, costruiti con materiali ad elevata tenuta termica. Si applicano nella spazio morto, tra il catetere mount fissato al tubo endotracheale e il connettore ad “Y” del circuito ventilatorio (figura 6). Questi filtri simulano la funzione delle vie aeree superiori, infatti, come suggerisce il nome, essi hanno la funzione di scambiare calore e umidità: trattengono il calore e fanno condensare l’umidità dell’aria espirata dal paziente e li restituiscono sotto forma di vapore condensato durante l’inspirazione. Nonostante siano di basso costo e facile impiego gli HME hanno alcuni difetti. Uno di questi è caratterizzato dall’aumento dello spazio morto respiratorio meccanico, con conseguente compromissione della rimozione di CO₂ e eventuale ipercapnia. Per questo gli HME sono controindicati nei pazienti sottoposti a ventilazione meccanica protettiva, con basso volume corrente (volume d’aria mobilizzata con un atto respiratorio), ad esempio i pazienti con sindrome da distress respiratorio ALI/ARDS²⁸. Sono controindicati anche nei casi in cui siano presenti secrezioni abbondanti, ematiche e/o dense, in quanto il loro impiego può favorire l’accumulo di tali secrezioni e determinare un aumento delle resistenze respiratorie²⁹.

Tutti i tipi di umidificatori passivi che causano un aumento eccessivo dello spazio morto influiscono negativamente sulla funzione respiratoria. Perciò è importante scegliere un umidificatore con il minimo spazio morto ma che, allo stesso tempo, soddisfi i requisiti di umidificazione desiderati.³⁰

²⁸ Morán I, Bellapart J, Vari A, Mancebo J. Heat and moisture exchangers and heated humidifiers in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients. Effects on respiratory mechanics and gas exchange Intensive. Care Med. 2006 Apr;32(4):524-31. Epub 2006 Feb 24.

²⁹ J. M Cairo. *Pilbeam’s mechanical ventilation: physiological and clinical applications*. Elsevier. (P. 102).

³⁰ Campbell RS, Davis K Jr, Johannigman JA, Branson RD. The effects of passive humidifier dead space on respiratory variables in paralyzed and spontaneously breathing patients. *Respir Care*. 2000 Mar;45(3):306-12.



Figura 5. Filtro HME.



Figura 6. Filtro HME con catetere mount.

I sistemi attivi (figura 7) sono chiamati heated humidifier (HH) e si distinguono in umidificatori ad acqua fredda, umidificatori ad acqua calda e nebulizzatori. Essi sono connessi al circuito inspiratorio del paziente e consistono in una linea inspiratoria termoregolata, una camera d'acqua o di umidificazione riempita con acqua sterile, un raccoglitore di condensa e un filtro lato macchina. Il gas erogato dal ventilatore passa attraverso l'acqua e si carica di vapore acqueo ad una temperatura pari a quella ambientale; mentre la temperatura lato paziente viene controllata e mantenuta ai livelli desiderati attraverso un microprocessore. Questi sistemi prevedono un maggiore rischio di proliferazione batterica e una gestione più complessa da parte del personale medico ed infermieristico, oltre ad avere costi superiori rispetto agli HME.



Figura 7. Sistema attivo HH

Utilizzo del SNG (Sondino Naso Gastrico)

Alla maggior parte dei pazienti intubati e sottoposti a ventilazione meccanica è associato anche il posizionamento dei sondini naso gastrici (SNG), con lo scopo di drenare le secrezioni e permettere la somministrazione di alimenti, in quanto il paziente non è in grado di svolgere queste funzioni autonomamente.

La sonda stessa non è considerata un fattore di rischio diretto per l'insorgenza di una VAP, ciononostante essa può essere causa d'infezione perché incrementa la colonizzazione batterica orofaringea, causa la stasi delle secrezioni e aumenta il rischio di reflusso gastrico con conseguente aspirazione. Sebbene la nutrizione enterale (NE) attraverso il sondino apporti molteplici benefici al paziente, essa talvolta rappresenta un fattore causale della VAP. Infatti l'alimentazione enterale, insieme alla somministrazione di antiacidi, alcalinizza le secrezioni gastriche favorendo la crescita batterica e la colonizzazione dello stomaco. Allo scopo di ridurre i rischi di una colonizzazione batterica del tratto aero-digestivo, è fondamentale una gestione infermieristica del sondino naso gastrico e del supporto nutrizionale.

Si raccomanda sempre:

1. il controllo della peristalsi intestinale e del ristagno gastrico prima di iniziare la nutrizione enterale: se è superiore a 200 ml non iniziare la NE;
2. il controllo della pervietà del SNG ogni 3 ore;
3. la sospensione della nutrizione durante tutte le manovre che inducono a posizionare il paziente in posizione supina.

La NE è da preferire alla nutrizione parenterale (NPT), sia perché riduce il rischio di complicanze CVC correlate, sia perché previene l'atrofia dei villi della mucosa intestinale, che può aumentare il rischio di traslocazione batterica. Livello I (ATS).

Modulazione della colonizzazione

La profilassi antibiotica attraverso la decontaminazione selettiva del tratto digerente (SDD, selective decontamination of the digestive tract) è una strategia che permette di prevenire e controllare le infezioni endogene ed esogene nei pazienti in terapia intensiva, attraverso l'eradicazione dello stato di portatore orofaringeo e gastrointestinale di microrganismi potenzialmente patogeni. Questa strategia di profilassi riduce l'incidenza di infezioni del tratto respiratorio acquisite nelle Unità di Terapia Intensiva, specialmente delle polmoniti in pazienti in cui è prevista la ventilazione meccanica per più di 48 ore.³¹

La SDD prevede la somministrazione topica orofaringea e gastrointestinale di farmaci (polimixina, tobramicina e amphotericina) che per caratteristica dovrebbero essere non assorbibili ed avere un'efficacia selettiva verso i batteri gram-negativi, *Staphylococcus aureus* e lieviti, nel rispetto della flora batterica anaerobia residente. Per garantire un adeguato tempo di contatto sulle mucose le soluzioni impiegate devono essere liquide solo nell'intestino, non nell'orofaringe e nel naso.

Questo trattamento topico è associato inizialmente da un breve ciclo di terapia antibiotica sistemica con lo scopo di coprire il periodo iniziale fino alla decontaminazione avvenuta nell'orofaringe e per eradicare eventuali inoculi avvenuti prima dell'inizio della decontaminazione stessa.

La SDD, con o senza antibiotici EV, riduce l'incidenza di VAP, ma il suo impiego di routine dovrebbe essere scoraggiato, in particolare in ambienti ospedalieri con alti livelli di patogeni MRSA. (LG ERS/ESCMID/ESICM).

³¹ Plantinga NL, Bonten MJ. Selective decontamination and antibiotic resistance in ICUs. Crit Care. 2015 Jun 24;19:259.

3.4 Modalità di broncoaspirazione in paziente con VAP

In caso di paziente con VAP accertata, la modalità di broncoaspirazione che si predilige è quella con sistema a circuito chiuso. Questo permette di mantenere il paziente sempre connesso al circuito ventilatorio; dal punto di vista della sicurezza, l'aspirazione a circuito chiuso è preferibile perché riduce l'aerosolizzazione delle secrezioni respiratorie e protegge gli operatori sanitari.

La disconnessione del paziente dal circuito, infatti, comporta un rischio elevato di contaminazione ambientale e del personale.

3.5 Diagnosi di VAP

La diagnosi di polmonite in pazienti critici sottoposti a ventilazione meccanica è spesso problematica, poiché in questi pazienti i segni clinici e radiografici di polmonite mostrano sensibilità e specificità limitate.

Molti studi hanno esaminato alcune variabili cliniche, quali febbre, aspirato bronchiale, conta leucocitaria e criteri radiografici: nessuna di queste variabili, presa singolarmente, è risultata sufficientemente predittiva per la diagnosi di VAP. Infatti in questi pazienti è la patologia respiratoria di base che determina un'alterazione degli scambi gassosi e la presenza di opacità all'RX del torace.

A tal proposito, nel 1991 fu creato il Clinical Pulmonary Infection Score (CPIS), basato su 6 variabili: febbre, conta leucocitaria, aspirato bronchiale, ossigenazione, criteri radiografici e colture semiquantitative dell'aspirato tracheale con colorazione Gram. Lo score va da 0 a 12 punti e un punteggio superiore a 6 è altamente predittivo della presenza di un'alta carica batterica nelle vie aeree inferiori.

La comparsa di febbre (>38.3 °C), in un paziente ventilato meccanicamente, è spesso un segno clinico importante che predice lo sviluppo di una VAP. Tuttavia più del 50% di questi pazienti possono sviluppare la febbre anche per altre cause, soprattutto i pazienti con ARDS. E' anche da tener conto che una VAP può svilupparsi anche senza la presenza di febbre, in particolare in quei pazienti che eseguono l'emodialisi veno-venosa, i quali ricevono FANS o paracetamolo. Perciò non è raccomandata la somministrazione di una terapia antibiotica per il trattamento di una VAP sospettato esclusivamente dalla presenza di febbre. Per quanto riguarda l'aspirato bronchiale, non sempre un aumento di volume delle secrezioni è utile per fornire una diagnosi di VAP. E' stato dimostrato che se l'aumento di volume delle secrezioni diventa purulento nelle ultime 48 ore, questo è predittivo di una VAP.

Questo score ha il vantaggio di essere più sensibile e flessibile e permette la diagnosi di VAP anche quando non sono presenti contemporaneamente tutti i segni clinici. Qui di seguito riporto la tabella del CPSI.

Table II. Clinical pulmonary infection score¹⁵

Criterion	CPSI points		
	0	1	2
Temperature (°C)	≥ 36.1 and < 38.4 In the case of external cooling, give 1 point	≥ 38.5 and < 38.9	≤ 36 or ≥ 39
Blood leukocytes ($\times 10^9/l$)	≥ 4.0 and ≤ 11.0	<ul style="list-style-type: none"> • 1 ≤ 3.9 • 2 ≥ 11.1 and absence of band forms • 3 ≥ 11.1 and ≤ 17.0, no differentiation done 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ≥ 11.1 and presence of band forms • 5 ≥ 17.1, no differentiation done
Tracheal secretions	Absence	Presence and non-purulence (colour: white or light yellow)	Presence and purulence (colour: yellow, green or brown)
Oxygenation (PaO ₂ (mmHg)/FiO ₂)	> 240 or ARDS		< 240 and no acute respiratory distress syndrome (ARDS)
Chest X-ray	No infiltrate	Diffuse or patchy infiltrate	Localised infiltrate
Semi-quantitative tracheal aspirate culture (cfu/ml)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 $< 10^3$ • 2 No previous culture 	$\geq 10^3$ and $\leq 100^3$	$> 100^3$

3.6 Epidemiologia

E' difficile definire l'esatta incidenza della VAP, poiché ci può essere una sovrapposizione con altre infezioni delle vie respiratorie distali, come ad esempio una tracheobronchite. L'incidenza varia a seconda della definizione di polmonite e della popolazione in esame e può aumentare anche del doppio nei pazienti in cui la diagnosi è stata fatta sulla base di colture qualitative o semiquantitative rispetto alle quantitative.

La mortalità attribuibile alla VAP varia dal 33% al 50% e i tassi più elevati sembrano associati a batteriemia, soprattutto nelle infezioni sostenute da *Pseudomonas aeruginosa* o da *Acinetobacter* spp, patologie associate mediche o chirurgiche e terapie antibiotiche non appropriate.

La polmonite è la seconda più importante infezione nosocomiale negli Stati Uniti ed è la maggiore causa di morte tra le infezioni acquisite in ospedale nei pazienti. L'incidenza della VAP è di circa il 22% nei pazienti che ricevono ventilazione meccanica, questo tipo di polmoniti inoltre rappresenta circa l'86% delle polmoniti nosocomiali. Il rischio di polmonite aumenta da 3 a 10 volte nei pazienti trattati con ventilazione meccanica.

La VAP è associata all'aumento della morbilità, della mortalità, della durata di degenza in ospedale e dei costi. Il tasso di mortalità attribuibile alla VAP è del 27% e aumenta sino al 43% quando l'agente causante l'infezione è antibiotico resistente. La durata del ricovero in terapia intensiva aumenta di 5-7 giorni e in ospedale di 2-3 volte nei pazienti con VAP. Il costo della VAP è stimato negli USA attorno ai 40,000 dollari per paziente ed ha un costo totale stimato di 1,2 miliardi di dollari all'anno.

4. OBIETTIVI

Questo studio ha come obiettivo quello di analizzare e confrontare le due tecniche di broncoaspirazione, quella a circuito aperto e quella a circuito chiuso, e i diversi dispositivi utilizzati e di verificare se esiste qualche correlazione tra queste e l'insorgenza di una polmonite associata a ventilazione (VAP), nei pazienti ricoverati in terapia intensiva, sottoposti a ventilazione.

5. MATERIALI E METODI

Lo studio è di tipo osservazionale prospettico.

I soggetti inclusi nello studio sono 130 pazienti degenti nell'unità di terapia intensiva del Santissima Annunziata di Sassari. I dati clinici dei pazienti sono stati raccolti dalle cartelle cliniche cartacee e/o informatizzate, fino alla dimissione o trasferimento in un'altra unità operativa.

Lo studio è iniziato il 1 Dicembre 2015 e si è concluso il 16 Giugno 2016.

Per elaborare i dati è stato utilizzato il software statistico Microsoft Excel.

6. RISULTATI

Nello studio sono stati inclusi 130 pazienti degenti nell'UTI, sottoposti a ventilazione meccanica. Di questi 130 pazienti 86 sono maschi, 44 femmine.

Su 130 soggetti, 90 sono entrati in UTI per ricovero di tipo medico, 34 per ricovero chirurgico non programmato-urgente e i restanti 6 per ricovero chirurgico programmato di elezione (grafico 1).

In particolare di questi 130 degenti, 53 sono entrati per cause neurologiche, 24 per politrauma, 12 per cause cardiologiche, 20 per complicanze post intervento chirurgico, 18 per problemi respiratori e 3 per insufficienza multiorgano o MOF (grafico 2).

L'età media dei pazienti è 64,12. La durata media del ricovero in UTI calcolata in giorni è di 11,12. (Tabella 1).

Durante il periodo di degenza, su 130 pazienti 35 hanno subito intervento di neurochirurgia, 5 all'addome, 6 vascolare e 3 in altri siti, mentre gli 81 rimasti non hanno avuto nessun intervento (grafico 3). Una parte di questi pazienti è stata esposta a procedure invasive come intubazione endotracheale, posizionamento del catetere venoso centrale, catetere vescicale e nutrizione parenterale. Le percentuali di pazienti esposti ad intubazione all'ingresso in UTI e durante la degenza sono rispettivamente 68,1 % e 94,7% (grafico 4).

Con questo studio sono state rilevate 105 infezioni oltre le 48 ore di ricovero e tra queste le polmoniti sono risultate le più frequenti: il 60% dei pazienti ha sviluppato una VAP, mentre il restante 40 % ha sviluppato infezione catetere-correlata, infezione delle vie urinarie e/o infezione correlata a CVC (grafico 5).

Focalizzando l'attenzione sulla tipologia del sistema di aspirazione endotracheale, tra i pazienti che hanno sviluppato una VAP, metà hanno mantenuto, durante l'osservazione, il sistema a circuito aperto, mentre l'altra metà il sistema a circuito chiuso (grafico 6). Anche nel 40% dei pazienti che ha sviluppato altre infezioni i due sistemi sono stati usati in egual misura (grafico 7). Per quanto riguarda le variabili: età, sesso, gruppo di diagnosi, numero di aspirazioni al giorno, non ci sono significative differenze tra i due gruppi.

Non è stata trovata nessuna correlazione tra il tipo di sistema di aspirazione utilizzato e l'insorgenza della VAP in questi pazienti.

Grafico 1. Tipo di ricovero all'ingresso in UTI.

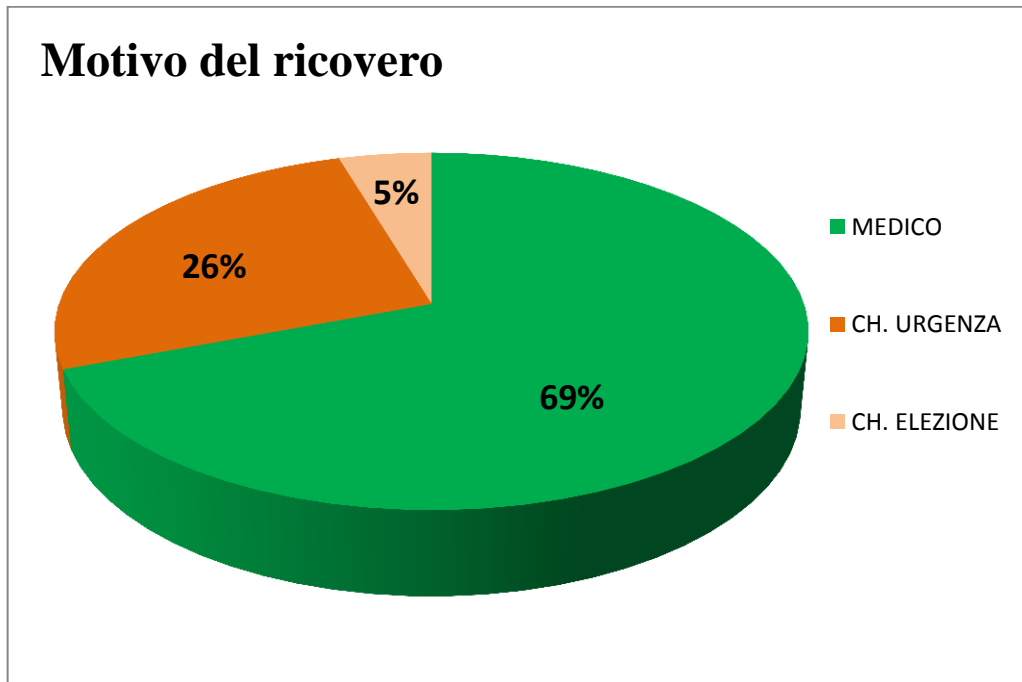


Grafico 2. Distribuzione dei pazienti per diagnosi d'ingresso.

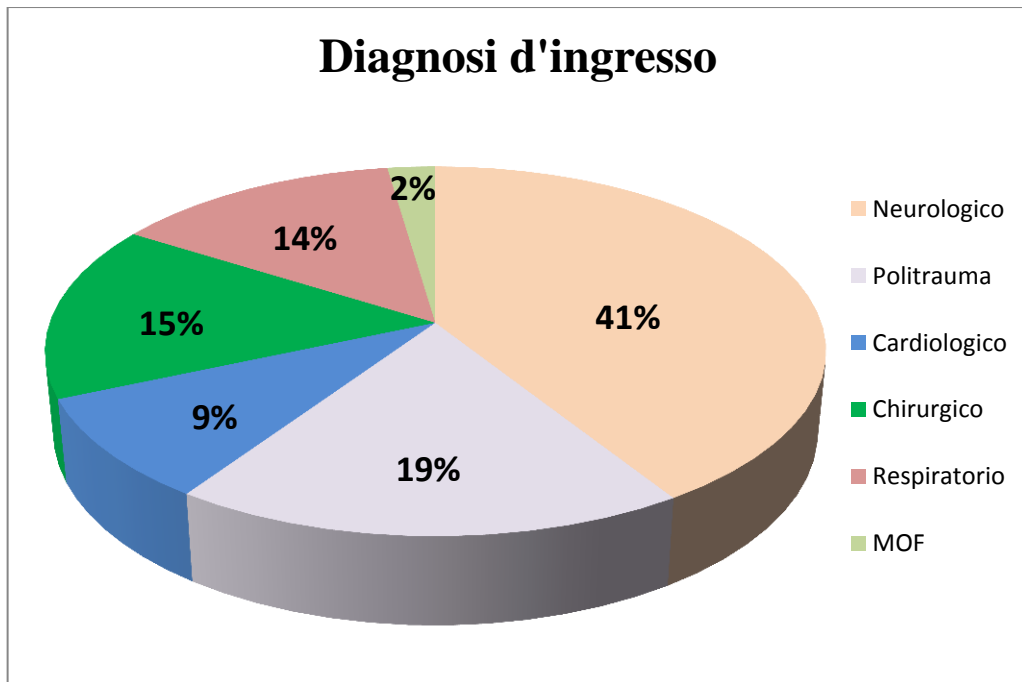


Tabella 1. Variabili quantitative nel campione di pazienti.

INDICI	ETA' (anni)	DURATA RICOVERO (gg)
TOT. PAZIENTI	130	130
MEDIA	64,12	11,12

Grafico 3. Tipo di trattamento chirurgico subito dal campione di pazienti.

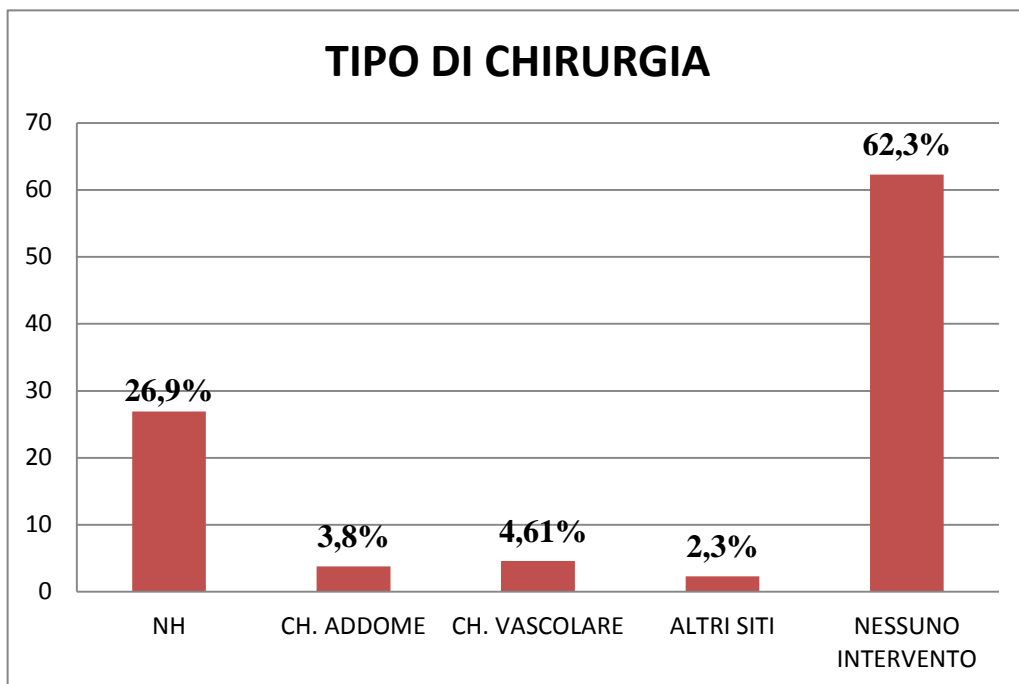


Grafico 4. Percentuale di pazienti esposti a procedure invasive.

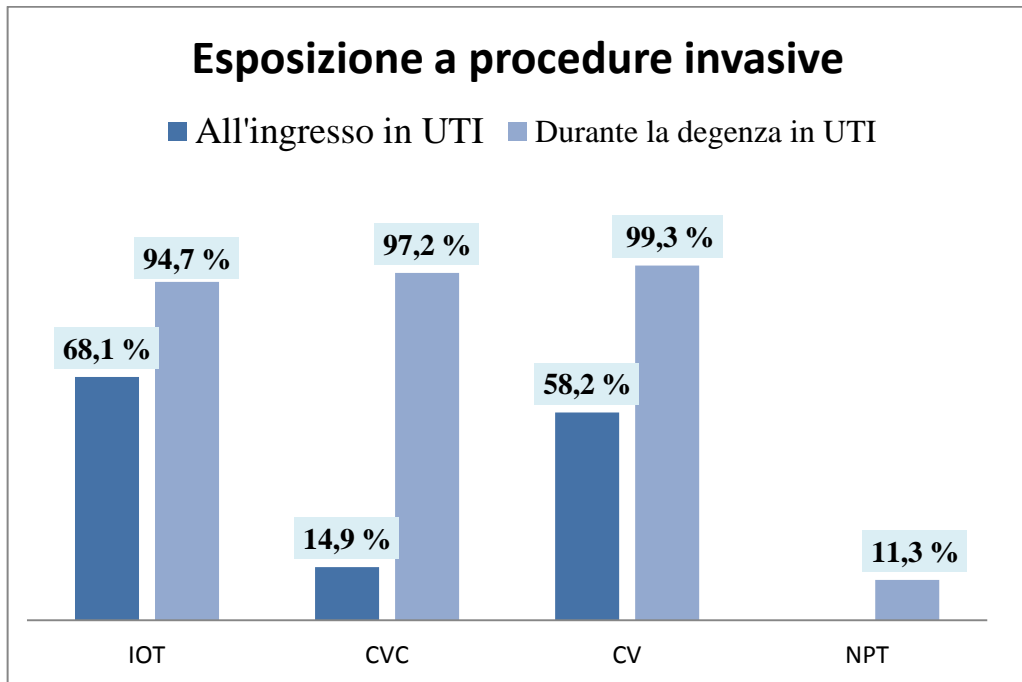


Grafico 5. Infezioni sviluppate in UTI

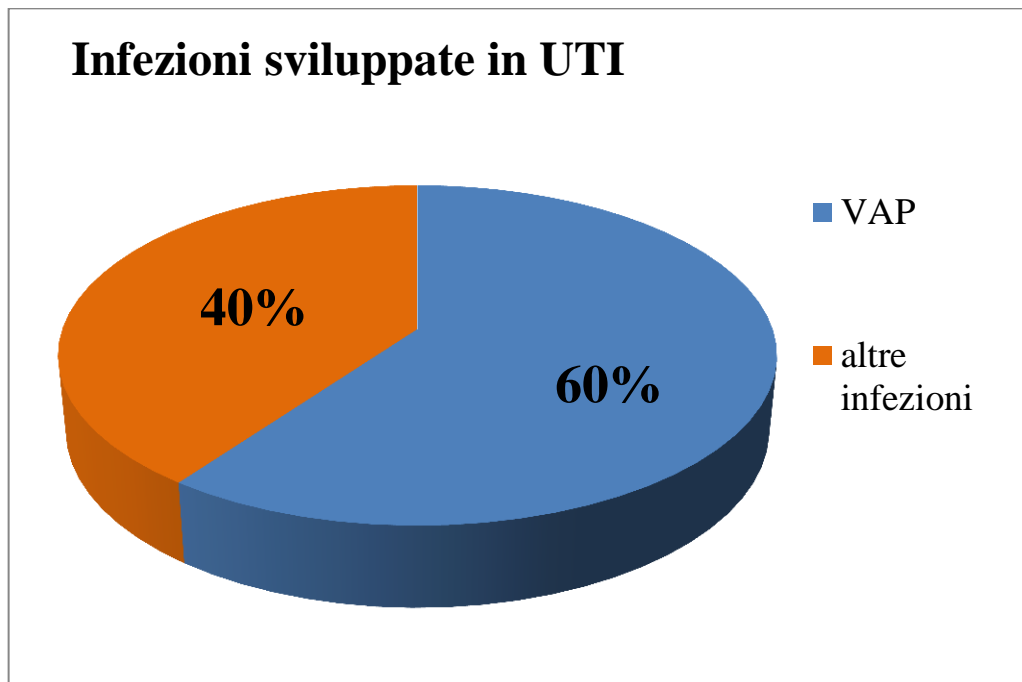


Grafico 6. Sistema di broncoaspirazione usato in pazienti con VAP.

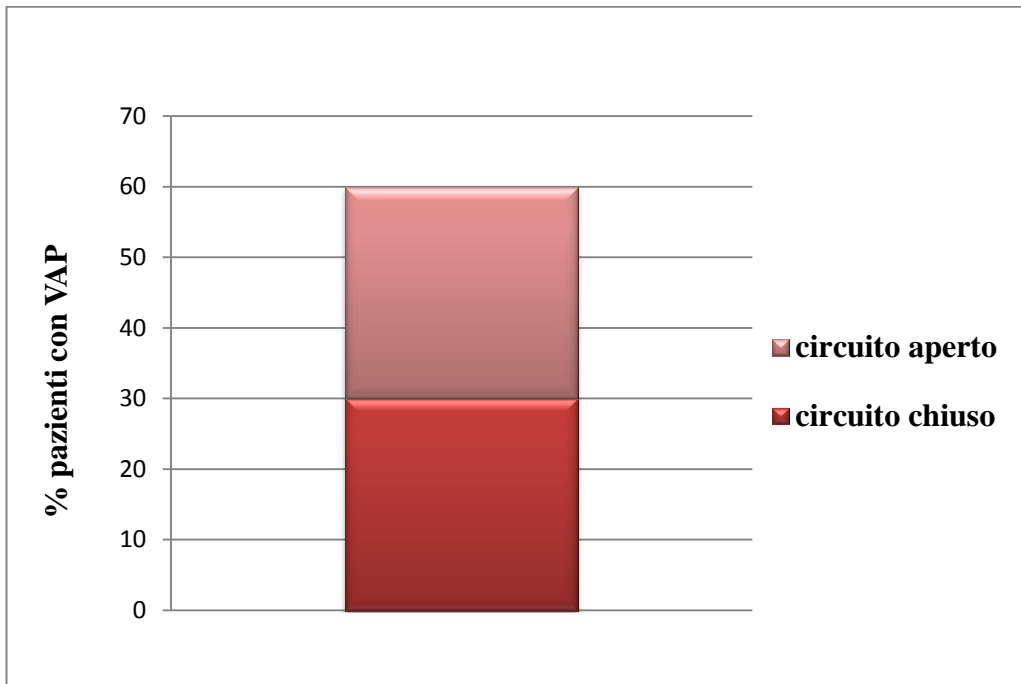
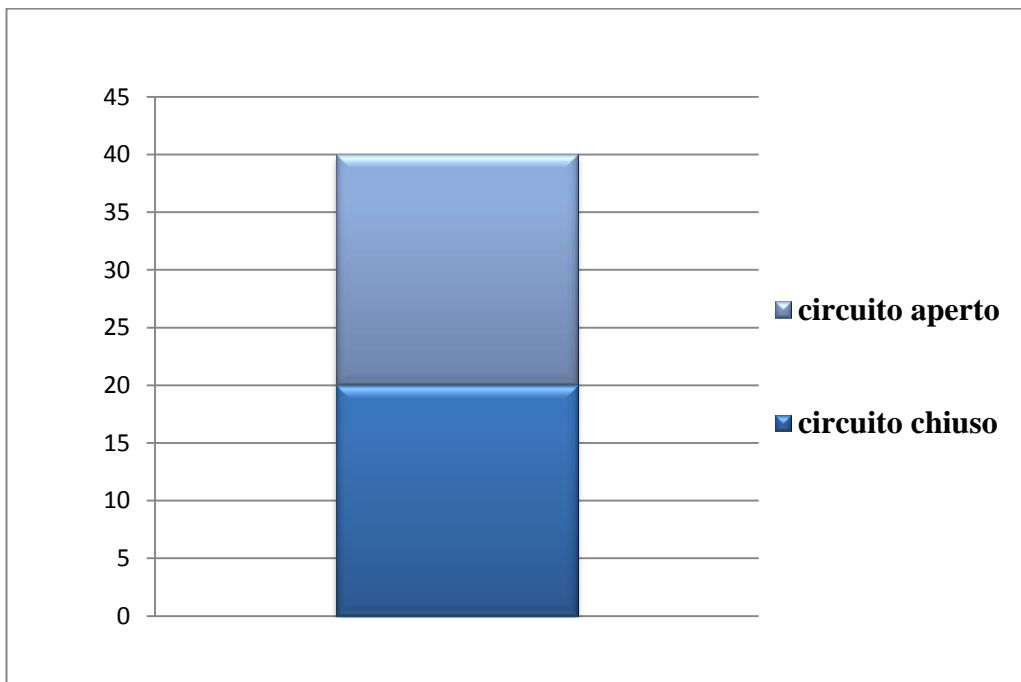


Grafico 7. Sistema di broncoaspirazione in pazienti altre infezioni.



7. CONCLUSIONI

Nello studio sono stati arruolati 130 pazienti con diversa diagnosi d'ingresso in UTI e meno della metà ha sviluppato una VAP. Si è voluto indagare se la VAP avesse una correlazione con il tipo di broncoaspirazione, ma, nonostante la VAP sia risultata l'infezione più frequente tra questi pazienti, non è stata identificata nessuna relazione tra il sistema di aspirazione e l'insorgenza della VAP. Infatti il risultato di questo studio mostra sostanzialmente che non vi è alcuna differenza nell'eseguire una manovra di broncoaspirazione utilizzando un sistema a circuito chiuso o un sistema a circuito aperto rispetto all'incidenza di VAP. Questa affermazione è sostenuta anche da diversi studi internazionali, come quello della rivista *Minerva Anestesiol* di Maggiore SM, Iacobone E, Zito G, Conti C, Antonelli M, Proietti R e quello della *Rev Esc Enferm* di Grossi SA, i cui risultati non si discostano da quelli ricavati da questo studio.

7.1 Limiti dello studio

Lo studio presenta diversi limiti tra cui l'eterogeneità dei dati clinici presi in considerazione, la diversificazione delle patologie dei pazienti e dei reparti di accesso, l'utilizzo di terapia antibiotica pregressa, ma anche la mancanza di dati statistici relativi ai pazienti che hanno sviluppato una VAP dopo la dimissione.

BIBLIOGRAFIA

1. Sole ML, Bennett M, Ashworth S. Clinical Indicators for Endotracheal Suctioning in Adult Patients Receiving Mechanical Ventilation. *Am J Crit Care*. 2015 Jul;24(4):318-24;
2. American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010. *Respir Care*. 2010 Jun;55(6):758-64.
3. Li Wang, Xiao Li, Zongxia Yang, Xueli Tang, Qiang Yuan, Lijing Deng, Xin Sun. The Cochrane Library Semi-recumbent position versus supine position for the prevention of ventilator-associated pneumonia in adults requiring mechanical ventilation. *Cochrane Acute Respiratory Infections*. 8 January 2016 Editorial.
4. Maggiore SM, Iacobone E, Zito G, Conti C, Antonelli M, Proietti R. Closed versus open suctioning techniques. *Minerva Anestesiol*. 2002 May;68(5):360-4.
5. Choong K, Chatrkaw P, Frndova H, Cox PN. Comparison of loss in lung volume with open versus in-line catheter endotracheal suctioning. *Pediatr Crit Care Med*. 2003 Jan;4(1):69-73.
6. Cereda M, Villa F, Colombo E, Greco G, Nacoti M, Pesenti A. Closed system endotracheal suctioning maintains lung volume during volume-controlled mechanical ventilation. *Intensive Care Med*. 2001 Apr;27(4):648-54.
7. Caramaz MP, Schettino G, Suchodolski K, Nishida T, Harris RS, Malhotra A, Kacmarek RM. The impact of endotracheal suctioning on gas exchange and hemodynamics during lung-protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Respir Care*. 2006 May;51(5):497-502.

8. Weitzl J, Bettstetter H. Indications for the use of closed endotracheal suction. Artificial respiration with high positive end-expiratory pressure. *Anaesthesist*. 1994 Jun;43(6):359-63.
9. Lee ES, Kim SH, Kim JS. Effects of a closed endotracheal suction system on oxygen saturation, ventilator-associated pneumonia, and nursing efficacy. *Taehan Kanho Hakhoe Chi*. 2004 Dec;34(7):1315-25.
10. Grossi SA. Closed endotracheal suction system for the prevention of hypoxemia. *Rev Esc Enferm USP*. 1995. Apr;29(1):26-33.
11. Cha KS, Park HR. Endotracheal colonization and ventilator-associated pneumonia in mechanically ventilated patients according to type of endotracheal suction system. *J Korean Acad Nurs*. 2011 Apr;41(2):175-81.
12. Weitzl J, Bettstetter H. Indications for the use of closed endotracheal suction. Artificial respiration with high positive end-expiratory pressure. *Anaesthesist*. 1994 Jun;43(6):359-63.
13. Tsay TB, Jiang YZ, Hsu CM, Chen LW. Pseudomonas aeruginosa colonization enhances ventilator-associated pneumonia-induced lung injury. *Respir Res*. 2016 Aug 9;17(1):101.
14. Wałaszek M, Kosiarska A, Gniadek A, Kołpa M, Wolak Z, Dobroś W, Siadek J. The risk factors for hospital-acquired pneumonia in the Intensive Care Unit. *Przegl Epidemiol*. 2016;70(1):15-20, 107-10.
15. Vandecandelaere I, Coenye T. Microbial composition and antibiotic resistance of biofilms recovered from endotracheal tubes of mechanically ventilated patients. *Adv Exp Med Biol*. 2015;830:137-55.
16. Keyt H, Faverio P, Restrepo MI. Prevention of ventilator-associated pneumonia in the intensive care unit: a review of the clinically relevant recent advancements. *Indian J Med Res*. 2014 Jun;139(6):814-21.
17. Haghghi A1, Shafipour V, Bagheri-Nesami M3, Gholipour Baradari A, Yazdani Charati J. The impact of oral care on oral health status and prevention of ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. *Aust Crit Care*. 2016 Aug 4

18. Liu N, Zheng Z2, Chen P, Hou P, Wang X, Li H, Chen R. Detection of aspiration of nasopharyngeal secretion and the relationship between the aspiration of nasopharyngeal secretion and the incidence of pneumonia. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2015 Jul;38(7):511-5.
19. Lorente L, Lecuona M, Jiménez A, Lorenzo L, Roca I, Cabrera J, Llanos C, Mora ML. Continuous endotracheal tube cuff pressure control system protects against ventilator-associated pneumonia. *Crit Care*. 2014 Apr 21;18(2):R77.
20. Branson RD. Secretion management in the mechanically ventilated patient. *Respir Care*. 2007 Oct;52(10):1328-42; discussion 1342-7.
21. Woodrow P. Will nursing ICU patients in semi-recumbent positions reduce rates of nosocomial infection? *Nurs Crit Care*. 2000 Jul-Aug;5(4):174-8.
22. Li Wang, Xiao Li, Zongxia Yang, Xueli Tang, Qiang Yuan, Lijing Deng, Xin Sun. The Cochrane Library Semi-recumbent position versus supine position for the prevention of ventilator-associated pneumonia in adults requiring mechanical ventilation. *Cochrane Acute Respiratory Infections*. 8 January 2016 Editorial
23. Woodrow P. Will nursing ICU patients in semi-recumbent positions reduce rates of nosocomial infection? *Nurs Crit Care*. 2000 Jul-Aug;5(4):174-8.
24. Jiang M, Song JJ, Guo XL, Tang YL, Li HB. Airway Humidification Reduces the Inflammatory Response During Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2015 Dec;60(12):1720-8.
25. Song J, Jiang M, Qi G, Xie Y, Wang H, Tian Y, Qu J, Zhang X, Li H. Effect of airway humidification on lung injury induced by mechanical ventilation. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2014 Dec;26(12):884-9.
26. Branson RD. Secretion management in the mechanically ventilated patient. *Respir Care*. 2007 Oct;52(10):1328-42; discussion 1342-7.

27. Niël-Weise BS, Wille JC, van den Broek PJ. Humidification policies for mechanically ventilated intensive care patients and prevention of ventilator-associated pneumonia: a systematic review of randomized controlled trials. *J Hosp Infect.* 2007 Apr;65(4):285-91.
28. Morán I, Bellapart J, Vari A, Mancebo J. Heat and moisture exchangers and heated humidifiers in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients. Effects on respiratory mechanics and gas exchange Intensive. *Care Med.* 2006 Apr;32(4):524-31. Epub 2006 Feb 24.
29. J. M Cairo. Pilbeam's mechanical ventilation: physiological and clinical applications. Elsevier. (P. 102).
30. Campbell RS, Davis K Jr, Johannigman JA, Branson RD. The effects of passive humidifier dead space on respiratory variables in paralyzed and spontaneously breathing patients. *Respir Care.* 2000 Mar;45(3):306-12.
31. Plantinga NL, Bonten MJ. Selective decontamination and antibiotic resistance in ICUs. *Crit Care.* 2015 Jun 24;19:259.
32. Lorente L, Lecuona M, Jiménez A, et al. Tracheal suction by closed system without daily change versus open system. *Intensive Care Medicine* 2006;32:538-44.
33. Ghoochani Khorasani , Shadnia, Mashayekhian, Rahimi, Aghabiklooei . Efficacy of Hi-Lo Evac Endotracheal Tube in Prevention of Ventilator-Associated Pneumonia in Mechanically Ventilated Poisoned Patients. *Scientifica (Cairo).* 2016;2016:4901026.
34. Sands, Wilson, Lewis, Wise, Palmer, Hayes, Barnes, Williams. Respiratory pathogen colonization of dental plaque, the lower airways, and endotracheal tube biofilms during mechanical ventilation. *J Crit Care.* 2016 Aug 12;37:30-37.
35. Mehta Y, Gupta A, Todi S, Myatra S, Samaddar DP, Patil V, Bhattacharya PK, Ramasubban S. Guidelines for prevention of hospital acquired infections. *Indian J Crit Care Med.* 2014 Mar;18(3):149-63.

36. Turner JS, Ellender TJ, Okonkwo ER, Stepsis TM, Stevens AC, Eddy CS, Sembroski EG, Perkins AJ, Cooper DD. Cross-over study of novice intubators performing endotracheal intubation in an upright versus supine position. *Intern Emerg Med*. 2016 Jun 14.
37. Bergmans D, Bonten MJ, Gaillard CA, Paling JC, van der Geest S, van Tiel FH, Beysens AJ, de Leeuw PW, Stobberingh EE. Prevention of ventilator-associated pneumonia by oral decontamination: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001 Aug 1;164(3):382-8.
38. Jiang M, Song JJ, Guo XL, Tang YL, Li HB. Airway Humidification Reduces the Inflammatory Response During Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2015 Dec; 60(12):1720-8.
39. Dong L, Yu T, Yang Y, Qiu HB. The effects and safety of closed versus open tracheal suction system: a meta-analysis. *Zhonghua Nei Ke Za Zhi*. 2012 Oct;51(10):763-8.
40. Lasocki S, Lu Q, Sartorius A, Fouillat D, Remerand F, Rouby JJ. Open and closed-circuit endotracheal suctioning in acute lung injury: efficiency and effects on gas exchange.
41. Rabitsch W, Köstler WJ, Fiebiger W, Dielacher C, Losert H, Sherif C, Staudinger T, Seper E, Koller W, Daxböck F, Schuster E, Knöbl P, Burgmann H, Frass M. Closed suctioning system reduces cross-contamination between bronchial system and gastric juices. *Anesth Analg*. 2004 Sep;99(3):886-92.
42. J. Pugin Official Journal of the Italian Society of Anesthesiology, Analgesia Resuscitation and Intensive Care. *Minerva Anestesiol* 2002; 68:261-5
43. Larrow V, Klich-Heartt EI. Prevention of Ventilator-Associated Pneumonia in the Intensive Care Unit: Beyond the Basics. *J Neurosci Nurs*. 2016 Jun;48(3):160-5.

44. Danielis M, Benatti S, Celotti P, De Monte A, Trombini O. Continuous monitoring of endotracheal tube cuff pressure: best practice in intensive care unit. *Assist Inferm Ric.* 2015 Jan-Mar;34(1):15-20.
45. Braz JR1, Navarro LH, Takata IH, Nascimento Júnior P. Endotracheal tube cuff pressure: need for precise measurement. *Sao Paulo Med J.* 1999 Nov 4;117(6):243-7.
46. Loo CY, Lee WH, Young PM, Cavaliere R, Whitchurch CB, Rohanizadeh R. Implications and emerging control strategies for ventilator-associated infections. *Expert Rev Anti Infect Ther.* 2015 Mar;13(3):379-93.
47. Perkins SD1, Woeltje KF, Angenent LT. Endotracheal tube biofilm inoculation of oral flora and subsequent colonization of opportunistic pathogens. *Int J Med Microbiol.* 2010 Nov;300(7):503-11.
48. Paling FP, Wolkewitz M, Bode LG, Klein Klouwenberg PM, Ong DS, Depuydt P, de Bus L, Sifakis F, Bonten MJ, Kluytmans JA. *S. aureus* colonization at ICU admission as a risk factor for developing *S. aureus* ICU pneumonia. *Clin Microbiol Infect.* 2016 Sep 29. pii: S1198-743X(16)30428-1.
49. Abbasinia M, Bahrami N, Bakhtiari S, Yazdannik A, Babaii A. The Effect of a Designed Respiratory Care Program on the Incidence of Ventilator-Associated Pneumonia: A Clinical Trial. *J Caring Sci.* 2016 Jun 1;5(2):161-7.

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare la professoressa Maria Domenica Piga, relatrice di questa tesi, che con molta disponibilità e gentilezza mi ha fornito aiuti e consigli per la stesura della tesi.

Ringrazio il mio correlatore, Salvatore Camboni, che mi ha accompagnata fin qui con enorme impegno e professionalità, guidandomi passo per passo.

Inoltre vorrei ringraziare la mia famiglia, i miei amici e i miei colleghi.