



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Infermieristica

**SISTEMA DI BRONCOASPIRAZIONE CHIUSO VS SISTEMA DI
BRONCOASPIRAZIONE APERTO NELLA PREVENZIONE
DELLA POLMONITE ASSOCIATA A VENTILAZIONE
MECCANICA (VAP) IN TERAPIA INTENSIVA:
REVISIONE NARRATIVA DELLA LETTERATURA**

Relatore:
Dott. Daniele Messi

Tesi di Laurea di:
Alex Illuminati

Correlatore:
Prof.ssa Erica Adrario

A.A. 2019/2020

INDICE

Introduzione.....	1
Obiettivo.....	8
Materiali e metodi.....	9
• Descrizione del problema.....	9
• Quesito di ricerca.....	9
• Metodi di ricerca delle evidenze.....	10
• Criteri di selezione delle evidenze.....	12
Risultati.....	14
• Risultati primari.....	15
• Risultati secondari.....	15
• Studi selezionati e inclusi nella revisione.....	17
Discussione.....	31
• Intubazione endotracheale.....	31
• Ventilazione meccanica.....	33
• Polmonite associata a ventilazione artificiale.....	36
• Aspirazione endotracheale: aperta e chiusa.....	37
• Confronto sistemi di aspirazione.....	42
Conclusioni.....	66
Implicazioni per la pratica clinica.....	69
• Implicazioni per la ricerca.....	69
Fonti bibliografiche.....	70

ABSTRACT

INTRODUZIONE E SCOPO:

La polmonite associata a ventilazione meccanica (VAP) è un'importante causa di morbilità e mortalità a livello mondiale. Essa rappresenta una complicanza ben nota nelle unità di terapia intensiva, che si verifica nei pazienti ventilati meccanicamente.

La presenza del tubo endotracheale (ETT) è uno dei principali responsabili dello sviluppo della VAP, infatti: il flusso d'aria in entrata sposta gli agenti patogeni verso le vie aeree distali; delle microaspirazioni di secrezioni orogastriche si possono verificare attorno alla cuffia dell'ETT; inoltre, la clearance muco-ciliare e il riflesso della tosse risultano essere momentaneamente ridotti a causa della presenza dell'ETT.

L'aspirazione endotracheale rappresenta una tecnica indispensabile per i pazienti intubati e sottoposti a ventilazione meccanica (MV), necessaria per rimuovere le secrezioni respiratorie accumulate in trachea, al fine di prevenire l'ostruzione delle vie aeree che può portare, tra gli altri problemi, a patologie polmonari come la VAP.

Lo scopo di questa revisione è quello di valutare vantaggi e svantaggi dei sistemi di aspirazione aperti (OTSS) verso sistemi di aspirazione chiusi (CTSS) e

confrontare i due sistemi di aspirazione in merito alla comparsa della polmonite associata a ventilazione meccanica, al fine di individuare quale tipo di sistema risulta essere più efficace nella prevenzione della VAP.

MATERIALI E METODI:

Questa revisione della letteratura è stata condotta attraverso la consultazione di due banche dati online: PubMed e Cochrane. Sono stati inclusi principalmente studi controllati randomizzati, meta-analisi, revisioni sistematiche e linee guida; sono comunque stati inclusi studi osservazionali e comparativi.

I tipi di partecipanti sono rappresentati da persone adulte sottoposte a ventilazione meccanica invasiva ricoverate in unità di terapia intensiva.

RISULTATI E CONCLUSIONE:

Dei 34 articoli che mettono a confronto l'OTSS con il CTSS, 21 trattano in modo specifico l'efficacia dei due sistemi di aspirazione endotracheale nella prevenzione VAP. Mentre in 17 articoli non si evince alcuna differenza nell'utilizzo di un tipo di sistema rispetto all'altro per quanto riguarda la prevenzione della polmonite associata al ventilatore, solo in 4 articoli si ritiene che il sistema di aspirazione chiuso sia migliore rispetto a quello aperto nella prevenzione della VAP. Altri risultati ottenuti evidenziano che il CTSS risulta

essere migliore dell'OTSS per quanto riguarda: i costi, gli effetti sui parametri cardio-respiratori, i tempi di esecuzione della procedura e il carico di lavoro degli operatori sanitari, la contaminazione ambientale e del personale. Diversi studi hanno indicato che il CTSS produce tassi di colonizzazione batterica più elevati rispetto all'OTSS, ma ciò non comporta un ulteriore sviluppo di VAP. Non vi sono certezze che sono in grado di indicare che il CTSS possa ridurre la contaminazione crociata.

In definitiva, non vi è differenza nell'utilizzo di un tipo di sistema di aspirazione rispetto all'altro in termini di prevenzione della VAP; tuttavia, vi sono altri fattori da considerare che fanno preferire l'utilizzo del sistema chiuso.

Ricordiamo inoltre che per effettuare una vera e propria prevenzione nei confronti della polmonite associata a ventilazione, bisogna mettere in atto una serie di interventi in modo simultaneo, che hanno lo scopo comune di ridurre i tassi di VAP.

Ulteriori studi sono necessari per approfondire e capire quale dei due sistemi di aspirazione endotracheale risulti essere più efficace nella prevenzione della VAP.

PAROLE CHIAVE: Unità di Terapia Intensiva, Polmonite Associata a Ventilazione, Aspirazione Endotracheale, Sistema di Aspirazione Endotracheale

Aperto/Chiuso, Tubo Endotracheale, Ventilazione Meccanica, Prevenzione,
Intubazione Endotracheale, Mortalità.

INTRODUZIONE

Gli ospedali di tutto il mondo, nello svolgere la loro attività, hanno come obiettivo prioritario il controllo delle infezioni.

Le infezioni, infatti, sebbene siano scese dalle posizioni di vertice che occupavano in passato, continuano ad essere una delle principali cause di mortalità a livello mondiale.

Per infezioni correlate all'assistenza (ICA), in passato denominate infezioni ospedaliere o infezioni nosocomiali, si intendono quelle infezioni che compaiono durante il ricovero ospedaliero, ma attualmente la loro definizione si estende anche a ciò che è legato all'assistenza sanitaria.

Uno studio (Kärki, Plachouras, Cassini & Suetens, 2019) condotto su un periodo di un anno che prendeva in esame 310.755 pazienti da 1209 ospedali per acuti, in 28 paesi europei, mostra che l'incidenza annuale di ICA è stimata in 4,1 pazienti ogni 100 ricoveri, con una frequenza maggiore per le infezioni del tratto respiratorio in particolar modo le polmoniti, seguite dalle infezioni del tratto urinario e dalle infezioni del sito chirurgico.

Queste infezioni a volte sono motivo di ricovero in Unità di Terapia Intensiva (UTI) e in altre la conseguenza della permanenza in esse (Olaechea, Insausti, Blanco & Luque, 2010).

Le ICA hanno un tasso di prevalenza mondiale stimato del 30% nelle unità di terapia intensiva e rappresentano un'importante causa di morbilità e mortalità (Araç et al., 2019). Inoltre, la loro presenza è sempre associata ad un aumento della durata del soggiorno ospedaliero e dei costi sanitari e sociali.

I pazienti ricoverati in unità di terapia intensiva sono pazienti critici, pazienti cioè che presentano condizioni tali da poter compromettere la sopravvivenza a breve-medio termine. Essi si trovano in una situazione di instabilità clinica e necessitano di alta intensità di cura, di un monitoraggio continuo, e dell'utilizzo di dispositivi e procedure invasive, diventando una popolazione ad alto rischio di infezioni correlate all'assistenza, soprattutto a causa dell'alta suscettibilità all'azione dei microrganismi patogeni dovuta alla loro condizione clinica.

Tra le infezioni più comuni riscontrate nelle UTI sono presenti le infezioni associate al dispositivo, come la polmonite associata a ventilazione meccanica (VAP), le infezioni del flusso sanguigno associate al catetere venoso centrale (CLABSI) e le infezioni del tratto urinario associate al catetere vescicale (CAUTI) (Gao et al., 2015).

Nei pazienti critici che necessitano di assistenza della funzione respiratoria, la ventilazione meccanica invasiva rappresenta uno strumento salvavita

comunemente usato. “A causa di una varietà di fattori, tra cui l'invecchiamento della popolazione, il numero di pazienti che ricevono ventilazione meccanica è in aumento” (Carson, Cox, Holmes, Howard & Carey, 2006; Halpern, Goldman, Tan & Pastores, 2016, citato in Walter, Corbridge & Singer, 2018 p. 1).

La ventilazione meccanica invasiva è attuata tramite un tubo endotracheale (ETT) e un ventilatore meccanico. La funzione principale dell'ETT è quella di convogliare l'aria all'interno della trachea e quindi all'interno dei polmoni affinché avvenga l'atto respiratorio. Altre funzioni importanti sono: proteggere le vie aeree nel caso di paziente con livello di coscienza ridotto, e permettere la broncoaspirazione di secrezioni tramite sondino.

La ventilazione meccanica invasiva aiuta a stabilizzare i pazienti con insufficienza respiratoria ipossiémica e ipercapnica, inoltre diminuisce il lavoro inspiratorio permettendo così di risparmiare ossigeno nel caso di insufficienza cardiocircolatoria.

Nei pazienti intubati e sottoposti a ventilazione meccanica, dato che vengono messe in atto tecniche diagnostico-terapeutiche ad elevato grado di invasività, dato che vi è un'alta suscettibilità dei pazienti stessi all'azione di microrganismi patogeni e dato che questi pazienti sono pazienti critici, vi è un aumento del rischio di insorgenza di ICA; in particolar modo questo tipo di pazienti sono

esposti al rischio di insorgenza di VAP, a causa della microaspirazione dalla cavità orofaringea e della ridotta difesa dell'ospite dovuta alla diminuzione dell'efficacia della tosse e ridotta clearance mucociliare (Kalil et al., 2016).

La polmonite associata al ventilatore (VAP) è la polmonite che si manifesta dopo 48 ore di ventilazione meccanica invasiva, ed è una complicanza dell'intubazione endotracheale nei pazienti critici (Chastre & Fagon, 2002, citato in Coppadoro, Bellani & Foti, 2019).

La VAP si verifica nel 9-27% dei pazienti ventilati meccanicamente. Il tasso di mortalità correlato alla VAP è compreso tra il 20 e il 50% (Kalil et al., 2016). Due studi recenti hanno stimato che la VAP prolunga la durata della ventilazione meccanica da 7,6 a 11,5 giorni e prolunga la degenza ospedaliera da 11,5 a 13,1 giorni rispetto a pazienti senza VAP (Kollef, Hamilton & Ernst, 2012; Muscedere, Day & Heyland, 2010).

Kollef et al. (2012) sostengono inoltre, che il costo in eccesso associato alla VAP è stato stimato in circa 40 000 dollari americani per paziente.

Sono stati identificati due gruppi di fattori di rischio per la VAP: i fattori legati all'ospite e i fattori legati alla ventilazione. Tra i primi troviamo: storia medica, sesso, età, disturbi neurologici e comorbidità come la sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS), la broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO), la malattia ulcerosa, l'insufficienza d'organo e l'immunosoppressione. I fattori

correlati alla ventilazione di solito includono: durata della ventilazione meccanica, re-intubazione, assenza di drenaggio della secrezione sottoglottica, uso di sondini nasogastrici, tracheostomia, pressione della cuffia inferiore a 20 cm H₂O, frequenti disconnessioni del circuito di ventilazione e precedente uso di antibiotici per via endovenosa entro 90 giorni (Xie, Lyu, Hussain & Li, 2019).

La presenza dell'ETT è molto probabilmente il fattore più rilevante responsabile dello sviluppo delle VAP, infatti gli agenti patogeni riescono ad entrare in trachea a causa di microaspirazioni attorno alla cuffia dell' ETT e questo a causa del flusso d'aria e della gravità; inoltre i meccanismi di difesa dell'ospite, come il movimento ciliare e la tosse, sono momentaneamente ridotti a causa della presenza del tubo endotracheale e questo contribuisce a favorire l'insorgenza dell'infezione (Pneumatikos, Dragoumanis & Bouros, 2009).

Esistono diverse misure di prevenzione delle VAP: prima fra tutte, evitare l'intubazione endotracheale e la reintubazione quando è possibile; effettuare l'igiene delle mani; elevare la testata del letto da 30° a 45°; accorciare i tempi di ventilazione meccanica attraverso interruzioni della sedazione; effettuare l'igiene orale con la clorexidina (Klompas et al., 2014; Tablan, Anderson, Besser, Bridges & Hajjeh, 2004). Altre misure utilizzate, ma ancora dibattute sono: la profilassi dell'ulcera da stress; l'utilizzo di ETT munito di sistema per il drenaggio

sottoglottico; l'utilizzo di cuffia con forma e materiale diverso per fornire una maggiore tenuta; il controllo della pressione della cuffia; l'utilizzo di sistemi di aspirazione endotracheale chiusi e l'utilizzo di probiotici per modulare la flora gastrica (Hua, Xie, Worthington, Furness, Zhang & Li, 2016; Klompas, Li, Kleinman, Szumita & Massaro, 2016; citato in Coppadoro et al., 2019).

Il raggruppamento e la messa in pratica delle diverse misure di prevenzione delle VAP sono associati a una riduzione dell'incidenza di VAP (Bouadma et al., 2010; Su et al., 2017). Mentre l'insieme delle misure di prevenzione sembrano efficaci nel ridurre la VAP a esordio precoce (5-7 giorni), la VAP ad insorgenza tardiva sembra essere associata alla gravità del paziente ed è quindi più difficile da prevenire (Ibn Saied et al., 2017).

La prevenzione della polmonite associata a ventilazione meccanica è un obiettivo essenziale della pratica sanitaria nelle terapie intensive.

L'infermiere nell'ambito della prevenzione e gestione della VAP gioca un ruolo molto importante, mettendo in pratica tutte quelle misure di prevenzione che al giorno d'oggi risultano essere efficaci nella prevenzione di questa malattia.

Sono state sviluppate e studiate diverse pratiche da mettere in atto nella prevenzione delle VAP. Alcuni studi hanno dimostrato una valenza di efficacia

concreta, mostrando risultati positivi; altri hanno portato a risultati non omogenei e quindi devono ricevere maggiore attenzione da parte dei ricercatori in futuro.

OBIETTIVO

Questa revisione della letteratura, nata dalla curiosità riscontrata durante il periodo di tirocinio clinico svolto nell'unità di terapia intensiva, riguardo il tema delle polmoniti associate a ventilazione meccanica, in particolar modo la sua prevenzione, si propone lo scopo di evidenziare se c'è attualmente una differenza tra l'utilizzo del sistema di broncoaspirazione chiuso rispetto al sistema di broncoaspirazione aperto, mettere a confronto quindi i due sistemi di aspirazione delle secrezioni, valutare vantaggi e svantaggi dei due metodi, valutare quanto i sistemi di aspirazione possono incidere sull'insorgenza della polmonite associata alla ventilazione meccanica, ciò al fine di determinare quale dei due sistemi (aperto o chiuso) risulta essere più efficace nel ridurre l'insorgenza di VAP nei pazienti sottoposti a ventilazione meccanica ricoverati nell'unità di terapia intensiva. Tutto ciò tenendo conto anche delle complicanze dovute alla manovra di aspirazione.

MATERIALI E METODI

- Descrizione del problema

Visto che, la polmonite associata a ventilazione meccanica è un problema attuale che si riscontra in pazienti sottoposti a ventilazione meccanica in tutto il mondo e visto che, da anni ormai nelle terapie intensive l'uso del sistema di aspirazione endotracheale chiuso si contrappone all'uso del sistema endotracheale aperto; lo scopo principale di questa revisione della letteratura è quello di verificare quale tipo di sistema di aspirazione endotracheale (sistema aperto o sistema chiuso) fosse in grado di ridurre l'insorgenza della polmonite associata a ventilazione meccanica, nei pazienti adulti, intubati e sottoposti a ventilazione artificiale in unità di terapia intensiva, attraverso un confronto mirato dei due sistemi di aspirazione delle secrezioni, valutando tutti i pro e i contro di entrambi i presidi.

- Quesito di ricerca

Per rendere più chiaro il quesito ed effettuare una ricerca accurata è stato utilizzato il metodo PICO (P=Paziente, I=Intervento, C=Confronto, O=Outcome/Esito):

- P = Pazienti adulti, presenti in unità di terapia intensiva, a quali viene posizionato un tubo endotracheale, che sono sottoposti a ventilazione meccanica.

- I = Aspirazione delle secrezioni endotracheali mediante sistema di aspirazione chiuso (CTSS).
- C = Pazienti adulti, intubati e ventilati meccanicamente sottoposti ad aspirazione delle secrezioni endotracheali mediante sistema di aspirazione aperto (OTSS).
- O = Vi è una riduzione significativa dell'insorgenza della polmonite associata a ventilazione e riduzione della mortalità, della ventilazione meccanica e dei tempi di ricovero in unità di terapia intensiva?

- Metodi di ricerca delle evidenze

Il materiale utilizzato per questo elaborato è stato ottenuto tramite un'accurata consultazione di banche dati e una meticolosa selezione dello stesso, al fine di andare ad analizzare gli articoli che risultano essere più esaustivi, inerenti al problema da trattare.

In conclusione, al fine di identificare tutti gli studi rilevanti, è stata effettuata una ricerca online degli articoli pubblicati su due banche dati: PubMed (dalla quale proviene la maggior parte degli articoli utilizzati) e Cochrane.

Per la ricerca degli articoli sono stati utilizzati principalmente questi termini chiave: suction pressure, pneumonia, airway management, interventions, ventilator-associated, event, mechanical ventilation, artificial respiration, suction, open suctioning, closed suctioning, endotracheal, intensive care unit, patient,

tracheal, endotracheal aspiration, oral care, VAP, prevention, control, cuff pressure, bundle, nurse, chlorhexidine, cost, decontamination, subglottic drainage, techniques, incidence, mortality, non-pharmacological, infection, open system, closed system, open circuit, closed circuit.

Come filtri per la ricerca sono stati utilizzati Free full text e Full text.

Queste parole chiave sono servite per generare le stringhe di ricerca utilizzate per reperire gli articoli come:

- Ventilator-associated pneumonia;
- Ventilator-associated pneumonia and mechanical ventilation;
- Ventilator-associated events;
- Ventilator-associated pneumonia and open or closed suctioning;
- Ventilator-associated pneumonia and open suctioning and closed suctioning;
- Ventilator-associated pneumonia and prevention;
- Ventilator-associated pneumonia and incidence and mortality;
- Ventilator-associated pneumonia and oral care;
- Ventilator-associated pneumonia and nurse and intensive care unit;
- Ventilator-associated pneumonia and bundle;
- Ventilator-associated pneumonia and chlorhexidine;
- VAP prevention;

- VAP and cuff pressure;
- VAP and subglottic drainage;
- Airway management and ventilator-associated pneumonia;
- Open and closed endotracheal suctioning;
- Open and closed endotracheal suctioning and cost;
- Artificial respiration and pneumonia and open system and closed system;
- Oral decontamination techniques and ventilator-associated pneumonia;
- Open endotracheal system and patients in the intensive care unit;
- Mechanical ventilation and infection prevention and control;
- Pneumonia, and mechanical ventilation and prevention;
- Non-pharmacological interventions to prevent ventilator-associated pneumonia;
- Mechanical ventilation and closed tracheal suction and intensive care unit;
- Endotracheal aspiration and open circuit and closed circuit;
- Endotracheal suction pressure.

- Criteri di selezione delle evidenze

Per eseguire questa revisione è stato fatto riferimento principalmente a: studi controllati randomizzati, meta-analisi, revisioni sistematiche e linee guida.

Tuttavia, sono comunque stati inclusi studi osservazionali e comparativi. Sono stati inclusi articoli in lingua inglese pubblicati dal 1990 in poi, riguardanti il

confronto tra il sistema di aspirazione tracheale aperto e il sistema di aspirazione tracheale chiuso e le caratteristiche di ogni sistema di aspirazione delle secrezioni, inoltre sono stati inclusi articoli nei quali si valuta l'efficacia dei due tipi di sistemi nel prevenire la VAP.

I partecipanti sono persone adulte sottoposte a ventilazione meccanica invasiva ricoverate in un'unità di terapia intensiva.

RISULTATI

La presente revisione è stata effettuata attraverso la consultazione di numerosi articoli selezionati in base al tema della polmonite associata a ventilazione meccanica e della sua prevenzione, nei pazienti sottoposti a ventilazione artificiale.

L'applicazione dei criteri di selezione delle evidenze ha permesso di includere 34 articoli. Questi 34 articoli mettono a confronto il sistema di aspirazione endotracheale aperto con il sistema di aspirazione endotracheale chiuso, valutando: l'insorgenza di VAP rispetto al tipo di sistema di aspirazione usato, gli effetti sui parametri cardio-respiratori, i costi, l'efficacia di aspirazione, il tasso di colonizzazione batterica, la frequenza del cambio, la contaminazione crociata, la contaminazione ambientale e la contaminazione del personale sanitario.

Di questi 34 articoli, 21 trattano in modo specifico l'efficacia dei sistemi di aspirazione endotracheale (OTSS e CTSS) nella prevenzione VAP.

Dall'accurata revisione effettuata si trae che: in 17 articoli non si evince una differenza nell'utilizzo di un tipo di sistema rispetto all'altro per quanto riguarda la prevenzione della polmonite associata a ventilazione meccanica; mentre solo in 4 articoli si ritiene che il sistema di aspirazione chiuso sia migliore rispetto a quello aperto nella prevenzione della VAP.

- Risultati primari

- Prevenzione della polmonite associata a ventilazione meccanica: la stragrande maggioranza degli studi inclusi non ha mostrato evidenze significative tale per cui uno dei due sistemi risulti migliore rispetto all'altro per quanto riguarda la prevenzione della VAP.

- Risultati secondari

- Effetti sui parametri cardio-respiratori: il sistema di aspirazione chiuso (CTSS) è risultato essere migliore rispetto a quello aperto (OTSS). In particolare, il CTSS mantiene la SpO₂, mantiene inalterata la PEEP, riduce le aritmie cardiache e non crea alterazioni della frequenza cardiaca e della pressione sanguigna.

- Tempi: il CTSS riduce i tempi necessari per eseguire la procedura di aspirazione e riduce il carico di lavoro degli operatori sanitari.

- Contaminazione ambientale, contaminazione del personale e contaminazione crociata: si preferisce il sistema di aspirazione chiuso perché è in grado di ridurre la contaminazione ambientale e del personale, soprattutto in quei pazienti portatori di infezioni trasmissibili. Mentre non risultano evidenze tali per cui il CTSS è in grado di ridurre la contaminazione crociata rispetto all'OTSS.

- Quantità di secrezioni rimosse: ci sono studi contrastanti che non sono in grado di evidenziare un sistema preferenziale riguardo la quantità di secrezioni aspirate.

- Colonizzazione batterica: diversi studi hanno indicato che il CTSS produce tassi di colonizzazione batterica più elevati rispetto all'OTSS, ma ciò non comporta un ulteriore sviluppo di VAP.
- Costi: differenti studi hanno dimostrato che il CTSS è associato a costi maggiori quando vi è un cambio giornaliero dello stesso, di solito consigliato dal produttore. Tuttavia, i costi potrebbero essere ridotti se vi è una durata della ventilazione meccanica per più di quattro giorni, cioè se vi è un uso più lungo del set di aspirazione.
- Tempi di sostituzione: diversi studi hanno dimostrato che il cambio giornaliero del sistema di aspirazione chiuso risulta essere sconveniente in termini di costi e non determina alcun vantaggio nella prevenzione della VAP. Tuttavia, non vi sono certezze riguardo i tempi entro i quali i CTSS devono essere sostituiti con CTSS nuovi.

- Studi selezionati e inclusi nella revisione

BANCA DATI	PAROLA CHIAVE	ARTICOLI SCELTI
PubMed	Adverse effects, artificial ventilation, endotracheal intubation, endotracheal suction, pneumonia.	- A prospective, randomized study of ventilator-associated pneumonia in patients using a closed vs. Open suction system. Zeitoun, S. S., De Barros, A. L. B. L., & Diccini, S. (2003). <i>Journal of clinical nursing</i> , 12(4), 484–489.
PubMed	Humans, pneumonia, prevention, control, respiration.	- Evidence-based clinical practice guideline for the prevention of ventilator-associated pneumonia. Dodek, P., Keenan, S., Cook, D., Heyland, D., Jacka, M., Hand, L. et al. (2004). <i>Annals of internal medicine</i> , 141(4), 305–313.
PubMed	Tracheal suction, nosocomial pneumonia,	- Comparison of the effect of closed versus open endotracheal suction systems on the

	outcome, intensive care.	development of ventilator-associated pneumonia. Topeli, A., Harmanci, A., Cetinkaya, Y., Akdeniz, S., & Unal, S. (2004). <i>The Journal of hospital infection</i> , 58(1), 14–19.
PubMed	Closed-tracheal suction system, open-tracheal suction system, ventilator-associated pneumonia, mechanical ventilation, nosocomial infection.	- Ventilator-associated pneumonia using a closed versus an open tracheal suction system. Lorente, L., Lecuona, M., Martín, M. M., García, C., Mora, M. L., & Sierra, A. (2005). <i>Critical care medicine</i> , 33(1), 115–119.
PubMed	Complications, infection, equipment, tubes suction, bacterial.	- Closed tracheal suction systems for prevention of ventilator-associated pneumonia.

		Siempos, I. I., Vardakas, K. Z., & Falagas, M. E. (2008). <i>British journal of anaesthesia</i> , 100(3), 299–306.
PubMed	Suctioning systems, meta-analysis, nosocomial pneumonia.	- Impact of the suctioning system (open vs. Closed) on the incidence of ventilation-associated pneumonia: Meta-analysis of randomized controlled trials. Vonberg, R.-P., Eckmanns, T., Welte, T., & Gastmeier, P. (2006). <i>Intensive care medicine</i> , 32(9), 1329–1335.
PubMed	Intensive care units, intubation, pneumonia, ventilator-associated, prevention, control, suction, ventilators.	- Policies for endotracheal suctioning of patients receiving mechanical ventilation: A systematic review of randomized controlled trials. Niël-Weise, B. S., Snoeren, R. L. M. M., & Van Den Broek, P. J. (2007). <i>Infection control and hospital epidemiology</i> , 28(5), 531–536.
PubMed	Intensive care unit, pneumonia, suction.	- Ventilator-associated pneumonia in patients admitted to intensive care units,

		<p>using open or closed endotracheal suctioning.</p> <p>Hamishekar, H., Shadvar, K., Taghizadeh, M., Golzari, S. E., Mojtahedzadeh, M., Soleimanpour, H. et al. (2014). <i>Anesthesiology and pain medicine</i>, 4(5), e21649.</p>
PubMed	<p>Endotracheal suctioning, closed tracheal suctioning systems, adults, ventilator-associated pneumonia, meta-analysis, systematic review, trial sequential analysis.</p>	<p>- Impact of closed versus open tracheal suctioning systems for mechanically ventilated adults: A systematic review and meta-analysis.</p> <p>Kuriyama, A., Umakoshi, N., Fujinaga, J., & Takada, T. (2015). <i>Intensive care medicine</i>, 41(3), 402–411.</p>
PubMed	<p>Suction systems, ventilator-associated pneumonia.</p>	<p>- Clinical experience and incidence of ventilator-associated pneumonia using closed versus open suction-system.</p>

		Åkerman, E., Larsson, C., & Ersson, A. (2014). <i>Nursing in critical care</i> , 19(1), 34–41.
PubMed	Endotracheal, suctioning, ventilator-associated pneumonia, mortality, outcome.	- An open-labelled randomized controlled trial comparing costs and clinical outcomes of open endotracheal suctioning with closed endotracheal suctioning in mechanically ventilated medical intensive care patients. David, D., Samuel, P., David, T., Keshava, S. N., Irodi, A., & Peter, J. V. (2011). <i>Journal of critical care</i> , 26(5), 482–488.
PubMed	Nosocomial pneumopathy, mechanical ventilation, cox model, closed suctioning device, ICU.	- Nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients, a prospective randomised evaluation of the Stericath closed suctioning system. Combes, P., Fauvage, B., & Oleyer, C. (2000). <i>Intensive care medicine</i> , 26(7), 878–882.

PubMed	Humans, infection control, pneumonia, suction, risk factors, ventilators.	- Care of the ventilator circuit and its relation to ventilator-associated pneumonia. Hess, D. R., Kallstrom, T. J., Mottram, C. D., Myers, T. R., Sorenson, H. M., Vines, D. L. et al. (2003). <i>Respiratory care</i> , 48(9), 869–879.
PubMed	Humans, ventilators, suction, pneumonia, prospective studies, bacterial, gastric juice, prevention, control, equipment contamination.	- Closed suctioning system reduces cross-contamination between bronchial system and gastric juices. Rabitsch, W., Köstler, W. J., Fiebiger, W., Dielacher, C., Losert, H., Sherif, C. et al. (2004). <i>Anesthesia and analgesia</i> , 99(3), 886–892, table of contents.
PubMed	Closed suction, endotracheal suction, saline instillation, intratracheal suction, open suction, saline lavage, suction	- AARC Clinical Practice Guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010. American Association for Respiratory Care (2010). <i>Respiratory care</i> , 55(6), 758–764.

	catheter, tracheal suction, clinical practice guideline.	
PubMed	Closed tracheal suction system, open tracheal suction system, ventilator-associated pneumonia, tracheal suctioning costs, nosocomial pneumonia, efficiency.	- Tracheal suction by closed system without daily change versus open system. Lorente, L., Lecuona, M., Jiménez, A., Mora, M. L., & Sierra, A. (2006). <i>Intensive care medicine</i> , 32(4), 538–544.
PubMed	Suction, prospective studies, infection control, humans, adult, equipment contamination, prevention, control.	- Microbial colonization of closed-system suction catheters used in liver transplant patients. Adams, D. H., Hughes, M., & Elliott, T. S. (1997). <i>Intensive & critical care nursing</i> , 13(2), 72–76.

PubMed	Respiration, artificial-intubation, intratracheal- suction, ventilators, mechanical-suction, pneumonia, bacterial, etiology.	- Closed versus open suctioning techniques. Maggiore, S. M., Iacobone, E., Zito, G., Conti, C., Antonelli, M., & Proietti, R. (2002). <i>Minerva anesthesiologica</i> , 68(5), 360–364.
PubMed	Evidence-based clinical practice guidelines, ventilator-associated pneumonia, prevention.	- Comprehensive evidence-based clinical practice guidelines for ventilator-associated pneumonia: Prevention. Muscedere, J., Dodek, P., Keenan, S., Fowler, R., Cook, D., & Heyland, D. (2008). <i>Journal of critical care</i> , 23(1), 126–137.
PubMed	Adult, cross infection, humans, incidence, intensive care units, intubation, pneumonia,	- Incidence of colonization, nosocomial pneumonia, and mortality in critically ill patients using a Trach Care closed-suction system versus an open-suction system: Prospective, randomized study.

	prospective studies, suction, respiration.	Deppe, S. A., Kelly, J. W., Thoi, L. L., Chudy, J. H., Longfield, R. N., Ducey, J. P. et al. (1990). <i>Critical care medicine</i> , 18(12), 1389–1393.
PubMed	Adult, humans, blood pressure, heart rate, intubation, prospective studies, suction.	- Closed versus open endotracheal suctioning: Costs and physiologic consequences. Johnson, K. L., Kearney, P. A., Johnson, S. B., Niblett, J. B., MacMillan, N. L., & McClain, R. E. (1994). <i>Critical care medicine</i> , 22(4), 658–666.
PubMed	Adult, acute disease, air pressure, humans, blood gas analysis, intubation, suction, artificial respiration, pulmonary gas exchange, lung injury.	- Open and closed-circuit endotracheal suctioning in acute lung injury: Efficiency and effects on gas exchange. Lasocki, S., Lu, Q., Sartorius, A., Fouillat, D., Remerand, F., & Rouby, J.-J. (2006). <i>Anesthesiology</i> , 104(1), 39–47.

PubMed	Mechanical ventilation, suction, gas exchange, alveolar recruitment.	- Closed system endotracheal suctioning maintains lung volume during volume-controlled mechanical ventilation. Cereda, M., Villa, F., Colombo, E., Greco, G., Nacoti, M., & Pesenti, A. (2001). <i>Intensive care medicine</i> , 27(4), 648–654.
PubMed	Cerebral perfusion pressure, closed system endotracheal suctioning, intracranial pressure, open system endotracheal suctioning.	- The effects of open and closed endotracheal suctioning on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure: A crossover, single-blind clinical trial. Uğraş, G. A., & Aksoy, G. (2012). The Journal of neuroscience nursing: Journal of the American Association of Neuroscience Nurses, 44(6), E1-8.
PubMed	Arterial blood pressure, critical care, endotracheal intubation, haemodynamic	- Effects of open and closed suction systems on the haemodynamic parameters in cardiac surgery patients. Özden, D., & Görgülü, R. S. (2015). <i>Nursing in critical care</i> , 20(3), 118–125.

	status, nursing, suctioning.	
PubMed	Endotracheal suctioning, closed suctioning system, practice guidelines, mechanical ventilation, ARDS, PEEP.	-Decreasing the adverse effects of endotracheal suctioning during mechanical ventilation by changing practice. Maggiore, S. M., Lellouche, F., Pignataro, C., Girou, E., Maitre, B., Richard, J.-C. M. et al. (2013). <i>Respiratory care</i> , 58(10), 1588–1597.
PubMed	Mechanical ventilation, cross contamination, airway secretion management, nosocomial infections, acinetobacter, staphylococcus aureus,	- Influence of tracheal suctioning systems on health care workers' gloves and equipment contamination: A comparison of closed and open systems. Ricard, J.-D., Eveillard, M., Martin, Y., Barnaud, G., Branger, C., & Dreyfuss, D. (2011). <i>American journal of infection control</i> , 39(7), 605–607.

	pseudomonas aeruginosa.	
PubMed	Suction, intensive care, mechanical ventilation, cross infection, antibiotic resistance, infection control, cross-transmission.	- Effect of open and closed endotracheal suctioning on cross-transmission with Gram-negative bacteria: A prospective crossover study. Jongerden, I. P., Buiting, A. G., Leverstein-van Hall, M. A., Speelberg, B., Zeidler, S., Kesecioglu, J., & Bonten, M. J. (2011). <i>Critical care medicine</i> , 39(6), 1313–1321.
PubMed	Catheters, suction, contamination, bacterial.	- Environmental contamination during tracheal suction. A comparison of disposable conventional catheters with a multiple-use closed system device. Cobley, M., Atkins, M., & Jones, P. L. (1991). <i>Anaesthesia</i> , 46(11), 957–961.
PubMed	Suction, intubation, respiration, artificial, high frequency	- A comparison of the effectiveness of open and closed endotracheal suction. Copnell, B., Tingay, D. G., Kiraly, N. J., Sourial, M., Gordon, M. J., Mills, J. F. et

	ventilation, pediatric intensive care.	al. (2007). <i>Intensive Care Medicine</i> , 33(9), 1655–1662.
PubMed	Aspirated secretions, bronchial hygiene, endotracheal aspiration, intensive care unit, respiratory therapy.	Effects of Combined Tracheal Suctioning and Expiratory Pause: A Crossover Randomized Clinical Trial. De Fraga Gomes Martins, L., Da Silva Naue, W., Skueresky, A. S., Bianchi, T., Dias, A. S., & Forgiarini, L. A. (2019). <i>Indian journal of critical care medicine: Peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine</i> , 23(10), 454–457.
PubMed	Nursing, respiration, artificial, suction.	- The effect of the open and closed system suction on cardiopulmonary parameters: Time and costs in patients under mechanical ventilation. Afshari, A., Safari, M., Oshvandi, K., & Soltanian, A. R. (2014). <i>Nursing and midwifery studies</i> , 3(2), e14097.

PubMed	Suction catheter, ventilator-associated pneumonia.	<p>- Weekly versus daily changes of in-line suction catheters: Impact on rates of ventilator-associated pneumonia and associated costs.</p> <p>Stoller, J. K., Orens, D. K., Fatica, C., Elliott, M., Kester, L., Woods, J., Hoffman-Hogg, L. et al. (2003). <i>Respiratory care</i>, 48(5), 494–499.</p>
Cochrane	Pneumonia, ventilator-associated, randomized controlled trials, respiration, suction.	<p>- Closed tracheal suction systems versus open tracheal suction systems for mechanically ventilated adult patients.</p> <p>Subirana, M., Solà, I., & Benito, S. (2007). <i>The Cochrane database of systematic reviews</i>, 2007(4), CD004581.</p>

DISCUSSIONE

- Intubazione endotracheale

L'intubazione endotracheale è una metodica che consiste nell'inserimento di un catetere in trachea passando attraverso la bocca (intubazione oro-tracheale) o il naso (intubazione naso-tracheale). Essa garantisce la pervietà delle vie aeree in caso di problema respiratorio che non può essere trattato con metodiche meno invasive.

In tutte quelle situazioni di emergenza nelle quali siamo di fronte a pazienti che non sono in grado di mantenere la pervietà delle vie aeree autonomamente (persone comatose, in anestesia generale), l'intubazione endotracheale rappresenta la tecnica di prima scelta da mettere in atto; inoltre è usata anche per la ventilazione meccanica e per l'aspirazione delle secrezioni delle vie aeree.

Una volta che il tubo endotracheale è stato posizionato in trachea viene gonfiata la cuffia, un dispositivo gonfiabile simile ad un manicotto posto all'estremità distale del tubo, che occlude lo spazio tra la trachea e il tubo stesso, permettendo così di mantenere una pressione positiva durante la ventilazione meccanica, senza che vi siano perdite di aria attraverso il cavo orale e riducendo il rischio di aspirazione di secrezioni all'interno dei polmoni, diminuendo così il rischio di polmonite da inalazione (ab ingestis).

La pressione della cuffia del tubo deve essere controllata con un manometro ogni 6-8 ore, per mantenerla tra i 15 e i 20 mmHg (Morton & Fontaine, 2008), questo al fine di evitare lesioni della mucosa tracheale nel caso di pressione troppo elevata (superiore a 25mmHg) e polmonite ab ingestis nel caso di pressione inferiore a 15 mmHg.

Tra gli svantaggi legati all'uso del tubo endotracheale troviamo: fastidio che esso produce alla persona, che sarà incapace di parlare dato che il tubo endotracheale non permette il passaggio dell'aria tra le corde vocali, impedendo così la produzione di suoni e quindi della parola; depressione del riflesso della tosse, dato che viene ostacolata la chiusura della glottide; presenza di secrezioni dense, dovute al fatto che viene a mancare l'azione riscaldante e umidificante delle vie aeree superiori; depressione del riflesso della deglutizione a causa del prolungato disuso e del trauma meccanico prodotto dal tubo endotracheale. Ciò può determinare un aumento del rischio di aspirazione nelle vie aeree con il conseguente sviluppo di VAP (Hamilton & Grap, 2012).

L'intubazione endotracheale insieme alla ventilazione meccanica sono metodiche che vengono attuate in caso di insufficienza respiratoria o di un problema delle vie aeree.

- Ventilazione meccanica

La ventilazione meccanica è una strategia terapeutica alla quale si ricorre principalmente in tre situazioni: nel momento in cui bisogna garantire l'eliminazione della CO₂, correggere l'ipossiemia, oppure quando vi è la necessità di supportare una pompa respiratoria esaurita.

Nel primo caso l'obiettivo da raggiungere è quello di ristabilire un valore di PaCO₂ abituale per la condizione clinica del paziente; in questo caso il target può essere raggiunto regolando il volume corrente, la frequenza respiratoria ed il rapporto inspiratorio ed espiratorio, assicurando così un'adeguata ventilazione alveolare per minuto.

Se la necessità è quella di correggere l'ipossiemia, l'obiettivo da raggiungere è una PaO₂ >80 mmHg o di almeno 60 mmHg nei casi più gravi. In questo caso le basi del trattamento sono rappresentate dalla somministrazione di ossigeno e l'applicazione della PEEP.

Infine, lo scopo del terzo e ultimo caso, è quello di correggere l'affaticamento dei muscoli respiratori senza sopprimere completamente l'attività respiratoria, si va quindi ad attuare un supporto parziale evitando la completa messa a riposo.

La ventilazione meccanica per essere attuata, si serve di un ventilatore meccanico, ossia un dispositivo a pressione positiva che consente di effettuare la ventilazione e somministrare percentuali precise di ossigeno per un periodo più o meno lungo.

L'inspirazione avviene attraverso una forza attiva attuata dal ventilatore che spinge all'interno delle vie aeree la miscela di gas (aria e ossigeno). L'espirazione al contrario è un processo passivo, che avviene sfruttando il ritorno elastico dei polmoni.

Esistono tre tipi di ventilatori a pressione positiva, classificati in base al metodo di funzionamento: ventilatori con ciclo a pressione, ventilatori con ciclo a volume e ventilatori con supporto oscillatorio ad alta frequenza (Amitai & Sinert, 2020).

Esiste inoltre un altro tipo di ventilatore, cioè quello a pressione positiva non invasiva, che non richiede né l'intubazione endotracheale né la tracheostomia, ma si serve di maschere facciali a tenuta d'aria che coprono naso e bocca o maschere solo nasali o addirittura caschi. Questo tipo di ventilazione riduce il rischio di polmonite ospedaliera.

I ventilatori con ciclo a pressione erogano un flusso d'aria (inspirazione) che viene immesso nelle vie aeree fino a quando si sviluppa una pressione tale che eguaglia la pressione preimpostata dall'operatore sul macchinario, così il ciclo termina e avviene l'espirazione passiva.

I ventilatori con ciclo a volume erogano un flusso d'aria fino a che non si arriva ad un volume tale di gas, chiamato volume corrente, che deve essere già stato impostato sul macchinario. Quando questo volume è stato erogato la fase inspiratoria termina e inizia l'espirazione passiva.

I ventilatori con supporto oscillatorio ad alta frequenza erogano una frequenza respiratoria alta, da 180 a 900 atti al minuto, con elevate pressioni nelle vie aeree e volumi correnti minimi. Essi vengono utilizzati per attuare un tipo di ventilazione che permette di aprire gli alveoli polmonari, quindi in tutti quei quadri clinici caratterizzati dalla chiusura delle piccole vie aeree come nella Sindrome da Distress Respiratorio Acuto (ARDS), nell'atelettasia e per proteggere dal rischio di barotrauma (Stewart, Jagelman & Webster, 2011).

Le potenziali complicanze alle quali può andare incontro una persona sottoposta a ventilazione meccanica possono essere:

- dislocazione del tubo endotracheale;
- problemi ventilatori, come aumento della pressione di picco nelle vie aeree o riduzione del volume corrente;
- barotrauma, ovvero lesioni della trachea o degli alveoli polmonari dovuti alla pressione positiva;
- pneumotorace;
- emorragia;
- sepsi;
- edema polmonare acuto;
- atelettasia polmonare;

- aritmie cardiache e alterazioni della funzione cardiocircolatoria;
- infezioni delle vie aeree (come la VAP) causate da: alterazione dei normali meccanismi di difesa, disconnessioni frequenti dei circuiti respiratori, diminuzione della mobilità, compromissione del riflesso della tosse, aumento della produzione di secrezioni, stato di immunosoppressione.

- Polmonite associata a ventilazione artificiale

La polmonite è un'infezione del parenchima polmonare causata da diversi microorganismi, come batteri, micobatteri, funghi e virus.

La polmonite acquisita in ospedale (HAP) è una polmonite che si manifesta dopo almeno 48 ore dal momento del ricovero e rappresenta la seconda causa di infezione ospedaliera.

La polmonite associata a ventilazione artificiale (VAP) è una variante di HAP che si manifesta dopo almeno 48 ore di intubazione endotracheale (American Thoracic Society & Infectious Diseases Society of America, 2005).

Le cause che possono determinare l'insorgenza della HAP sono diverse, tra queste ci sono: malattie gravi acute o croniche; posizione supina con aspirazione nelle vie aeree; coma; malnutrizione; ospedalizzazione prolungata, malattie metaboliche; condizione di immunodepressione; trasmissione di agenti patogeni attraverso le mani del personale sanitario; compromissione della capacità di

espettorare le secrezioni; interventi toraco-addominali prolungati, che possono compromettere la funzione mucociliare e le difese cellulari dell'ospite; applicazione del sondino nasogastrico; impiego prolungato e inappropriato di farmaci antibiotici; intubazione endotracheale (VAP). La persona ospedalizzata inoltre è potenzialmente esposta all'azione batterica proveniente da apparecchiature e dispositivi per la terapia respiratoria (come il ventilatore meccanico).

La VAP, come già detto, può essere considerata un tipo di HAP associata all'intubazione endotracheale e alla ventilazione meccanica ed è definita come un'infezione batterica che si sviluppa nelle persone con insufficienza respiratoria sottoposte a ventilazione meccanica per almeno 48 ore. La VAP rappresenta l'infezione più frequente nelle Unità di Terapia Intensiva, infatti rappresenta il 25% delle infezioni che colpiscono la persona in condizioni di criticità vitale (Ashraf & Ostrosky-Zeichner, 2012).

- Aspirazione endotracheale: aperta e chiusa

L'umidificazione e la filtrazione delle vie aeree superiori, la clearance mucociliare e il riflesso della tosse proteggono le vie aeree inferiori e garantiscono resistenza a potenziali insulti esogeni (Fahy & Dickey, 2010).

L'intubazione endotracheale e la ventilazione meccanica compromettono notevolmente le difese delle vie aeree, aumentando il rischio di colonizzazione batterica e di VAP.

Nel paziente che è stato sottoposto a posizionamento del tubo endotracheale o della cannula tracheostomica è necessario aspirare meccanicamente le secrezioni respiratorie accumulate in trachea, a causa appunto, della riduzione dell'efficacia del riflesso della tosse e della clearance muco-ciliare. Questo è essenziale per prevenire l'ostruzione delle vie aeree, che può portare a un aumento del lavoro respiratorio, deterioramento dello scambio di gas, patologie polmonari (VAP) e instabilità emodinamica.

L'aspirazione endotracheale viene effettuata esclusivamente quando sussiste l'indicazione clinica, ovvero quando sono presenti i segni e i sintomi che indicano la presenza di secrezioni nella trachea o nella cannula tracheostomica, per esempio quando all'auscultazione vi è la presenza di rumori respiratori avventizi (crepitii e sibili).

L'aspirazione endotracheale non è una procedura esente da eventuali complicazioni, infatti aspirazioni delle secrezioni non necessarie possono provocare: broncospasmo; traumi meccanici alla mucosa tracheale con conseguenti lesioni ed emorragia; fastidio e disagio al paziente; infezioni;

aumento della pressione intracranica; atelettasia; aritmie cardiache e cambiamenti emodinamici; per questo è molto importante non effettuare l'aspirazione endotracheale a intervalli di tempo prestabiliti, di routine.

I sondini che vengono introdotti nella trachea che vanno quindi a contatto con le vie aeree inferiori devono essere sterili, al fine di prevenire le infezioni delle vie aeree e infezioni sistemiche.

Nelle persone sottoposte a ventilazione meccanica, l'aspirazione endotracheale è obbligatoria per prevenire complicazioni causate dalla ritenzione delle secrezioni tracheali.

Attualmente si può optare per due opzioni riguardo il tipo di sistema utilizzato per l'aspirazione delle secrezioni endotracheali nella persona intubata: il sistema di aspirazione a circuito aperto (OTSS) e il sistema di aspirazione a circuito chiuso (CTSS).

Il sistema di aspirazione a circuito aperto è il sistema tradizionale. L'aspirazione eseguita con questo tipo di sistema richiede l'apertura del circuito di ventilazione, infatti si esegue disconnettendo il paziente dal ventilatore e introducendo un catetere di aspirazione, monouso e sterile nel tubo endotracheale.

Si consiglia vivamente di mantenere una tecnica asettica, compreso il lavaggio delle mani e l'uso dei guanti, poiché l'aspirazione endotracheale è una procedura invasiva e può portare alla contaminazione delle vie aeree inferiori (Day, Farnell & Wilson-Barnett, 2002).

Quando si utilizza il sistema a circuito aperto bisogna indossare indumenti protettivi (occhiali, mascherine, guanti) e l'igiene delle mani deve essere osservata scrupolosamente, in quanto sono il principale veicolo di trasmissione; inoltre è raccomandato l'utilizzo di un nuovo sondino di aspirazione sterile monouso, per ogni volta che si esegue l'aspirazione (Celik & Elbas, 2000; Day et al., 2002).

Si può utilizzare oltre al classico sistema di aspirazione a circuito aperto, un sistema di aspirazione a circuito chiuso, che consente una rapida aspirazione delle secrezioni, quando è necessario, senza disconnettere la persona dal circuito ventilatorio del respiratore riducendo così: la contaminazione delle vie aeree, la perdita di volume polmonare e l'ipossiemia dovuta al tempo di aspirazione endotracheale e mantenendo la pressione positiva di fine espirazione (PEEP) durante l'intero processo di aspirazione delle secrezioni (Sole, Klein & Moseley, 2013). Il sistema a circuito chiuso, inoltre, protegge sia gli operatori che

l'ambiente circostante dall'esposizione alle secrezioni dell'assistito, riducendo così il rischio di contaminazione.

Il CTSS è stato introdotto durante la fine degli anni Ottanta per aspirare in modo più sicuro i pazienti in ventilazione meccanica, poiché un catetere viene introdotto nelle vie aeree senza scollegare il paziente dal ventilatore (Carlson, Fox & Ackerman, 1987).

Il sistema di aspirazione a circuito chiuso è costituito da un sondino di aspirazione sterile, flessibile, riutilizzabile, protetto da un manicotto trasparente che impedisce il contatto tra il catetere e l'ambiente circostante. Il CTSS è collegato tramite un raccordo a T (presente all'estremità prossimale) al tubo endotracheale come parte integrante del sistema di ventilazione meccanica. L'aspirazione viene effettuata tramite l'attivazione di una valvola del vuoto. Una porta di lavaggio o irrigazione, anch'essa presente sull'estremità prossimale, consente la somministrazione di soluzione fisiologica per l'irrigazione. I cateteri sono contrassegnati in modo che gli operatori possano misurare la profondità di aspirazione e prevenire possibili traumi tracheali mediante inserimento cieco del catetere.

- Confronto sistemi di aspirazione

Studi differenti hanno affrontato i vari aspetti derivanti dall'utilizzo dei due sistemi di aspirazione, mettendo in evidenza le relative conseguenze riguardo l'uso di un tipo di sistema rispetto all'altro e l'insieme di tutti i vantaggi e gli svantaggi degli stessi.

Riguardo la polmonite associata a ventilazione meccanica in unità di terapia intensiva, sono stati effettuati numerosi studi per valutare quale fra i due sistemi di aspirazione (aperto o chiuso) risultasse più efficace in termini di prevenzione della VAP, riduzione della mortalità, riduzione della ventilazione meccanica e riduzione della permanenza in terapia intensiva. Tuttavia, la maggior parte degli articoli ha rivelato che non vi è una sostanziale differenza fra aspirazione aperta e chiusa in termini di incidenza della VAP e riduzione della stessa.

Zeitoun, De Barros e Diccini (2003) hanno condotto uno studio prospettico randomizzato per valutare l'incidenza della VAP in pazienti con ventilazione meccanica prolungata (più di 48 ore) che sono stati sottoposti a metodi di aspirazione differenti, aperta o chiusa. In questo studio quarantasette soggetti sono stati divisi in due gruppi: un gruppo ha ricevuto l'aspirazione delle secrezioni tramite sistema aperto (51,1%, cioè 24 soggetti); mentre l'altro gruppo è stato trattato con sistema di aspirazione chiuso (48,9%, cioè 23 soggetti). Gli autori non

hanno riscontrato alcuna differenza statisticamente significativa nella prevalenza dello sviluppo della VAP tra i due gruppi (rispettivamente 11 soggetti sui 24 sottoposti ad aspirazione con sistema aperto, contro 7 soggetti sui 23 sottoposti a trattamento di aspirazione chiuso). Essi hanno così concluso che il sistema di aspirazione chiuso non ha né impedito, né diminuito l'insorgenza di polmonite associata al ventilatore.

Dodek et al. (2004) hanno sviluppato una linea guida basata su prove di evidenza riguardo la prevenzione della VAP. Gli autori hanno cercato studi randomizzati e controllati pertinenti e revisioni sistematiche che coinvolgessero adulti ventilati meccanicamente. È stato formato un gruppo per la prevenzione della VAP, composto da 9 intensivisti provenienti da ospedali universitari e comunitari, un infermiere di terapia intensiva e un terapeuta respiratorio di terapia intensiva. Le conclusioni del gruppo hanno portato principalmente a tre risultati: il tipo di sistema di aspirazione (aperto o chiuso) non ha avuto alcun effetto sull'incidenza della VAP, i cambiamenti giornalieri programmati e i cambiamenti non programmati dei sistemi di aspirazione chiusi non hanno avuto alcuna influenza sui tassi di polmonite associata al ventilatore.

Sempre nel 2004 è stato condotto uno studio prospettico, randomizzato e controllato in un'unità di terapia intensiva medica (MICU) di un ospedale universitario in pazienti che hanno ricevuto ventilazione meccanica per più di 48 ore, con lo scopo di confrontare l'effetto dei sistemi di aspirazione endotracheale chiusi rispetto a quelli aperti, sullo sviluppo della polmonite associata al ventilatore. Un gruppo di pazienti è stato sottoposto ad aspirazione endotracheale con sistema chiuso (N= 41), mentre un altro gruppo è stato sottoposto ad aspirazione endotracheale con sistema aperto (N = 37). Le colture sono state prelevate dal tubo del ventilatore di 42 pazienti per determinare il tasso di colonizzazione. Non c'era differenza tra i gruppi in termini di frequenza di sviluppo di VAP, mortalità nella MICU, durata della permanenza nella MICU e durata della ventilazione meccanica. Tredici pazienti nel gruppo di aspirazione aperta e sedici pazienti nel gruppo di aspirazione chiusa sono diventati colonizzati. I tassi di colonizzazione da parte di *Acinetobacter* spp. e *Pseudomonas aeruginosa*, erano più frequenti nel gruppo di aspirazione chiusa rispetto al gruppo di aspirazione aperta ($P < 0,01$ e $P = 0,04$, rispettivamente). In conclusione, l'aspirazione endotracheale chiusa ha determinato un aumento dei tassi di colonizzazione dei tubi del ventilatore con microrganismi multiresistenti, ma non ha aumentato lo sviluppo di VAP e MICU rispetto all'aspirazione endotracheale aperta (Topeli, Harmanci, Cetinkaya, Akdeniz & Unal, 2004).

Uno studio prospettico e randomizzato del 2005 con lo scopo di analizzare la prevalenza della VAP utilizzando il sistema di aspirazione tracheale chiuso rispetto al sistema aperto, in pazienti che richiedevano ventilazione meccanica per più di 48 ore in terapia intensiva, non ha riscontrato differenze significative né nella percentuale di pazienti che hanno sviluppato VAP né nel numero di casi di VAP per 1000 giorni di ventilazione meccanica. Non sono state inoltre riscontrate differenze nell'incidenza di VAP in base alla durata della ventilazione meccanica. Il costo giornaliero per il paziente sottoposto ad aspirazione chiusa era più costoso del paziente sottoposto ad aspirazione con sistema aperto. In conclusione, il sistema di aspirazione tracheale chiuso non ha ridotto l'incidenza di polmonite associata al ventilatore (Lorente, Lecuona, Martín, García, Mora & Sierra, 2005).

Secondo autori di meta-analisi di studi controllati randomizzati, non vi è alcun vantaggio significativo nell'uso di un tipo di sistema di aspirazione rispetto all'altro, in termini di incidenza di VAP, mortalità o durata del soggiorno in terapia intensiva (Siempos, Vardakas & Falagas, 2008; Vonberg, Eckmanns, Welte & Gastmeier, 2006).

In una revisione sistematica (Subirana, Solà & Benito, 2007), si è voluto confrontare il sistema di aspirazione tracheale chiuso con il sistema di aspirazione

tracheale aperto, negli adulti che ricevono ventilazione meccanica per più di 24 ore. Sono state valutate 16 sperimentazioni cliniche (1684 pazienti); i loro risultati hanno dimostrato che l'uso di metodi di aspirazione aperti o chiusi non ha avuto alcun effetto sullo sviluppo di VAP, sulla mortalità o durata del ricovero in terapia intensiva. Il sistema di aspirazione tracheale chiuso ha prodotto tassi di colonizzazione batterica più elevati.

Nel 2007 il gruppo di lavoro olandese sulla prevenzione delle infezioni (WIP) ha effettuato una revisione sistematica di studi randomizzati controllati per determinare se alcune politiche sull'aspirazione endotracheale siano migliori di altre in termini di prevenzione della VAP, nei pazienti che ricevono ventilazione meccanica in terapia intensiva unita. In conclusione, il WIP raccomanda che non vi sia un uso preferenziale di sistemi di aspirazione endotracheale aperti o chiusi per ridurre il tasso di VAP, ma chiarisce che la qualità delle prove è bassa (Niël-Weise, Snoeren & Van Den Broek, 2007).

Uno studio prospettico randomizzato (Hamishekar et al., 2014), che è stato condotto per valutare l'effetto del sistema di aspirazione chiuso rispetto a sistema di aspirazione aperto su 100 pazienti sottoposti a ventilazione meccanica per più

di 48 ore in terapia intensiva chirurgica, non ha mostrato alcun effetto statisticamente significativo sull'incidenza di VAP nell'analisi multivariata.

Nel 2015 è stata condotta una revisione sistematica e una meta-analisi di studi randomizzati controllati, che metteva a confronto il sistema di aspirazione chiuso con il sistema di aspirazione aperto in pazienti adulti ventilati meccanicamente. Questo studio suggerì un possibile effetto benefico nella prevenzione della VAP quando venivano usati i sistemi di aspirazione chiusi. Tuttavia, le prove non erano abbastanza forti da fornire una raccomandazione definitiva riguardo l'utilizzo del CTSS rispetto all'uso dell'OTSS nella riduzione della VAP (Kuriyama, Umakoshi, Fujinaga & Takada, 2015).

In una revisione della letteratura sulla polmonite associata a ventilazione e aspirazione endotracheale (Letchford & Bench, 2018), gli autori hanno tentato di determinare il metodo di aspirazione più efficace nella prevenzione della VAP, valutando gli articoli pubblicati tra gennaio 2009 e marzo 2016. Nei due studi che hanno confrontato i sistemi di aspirazione chiusa con i sistemi di aspirazione aperta (Åkerman, Larsson & Ersson, 2014; David, Samuel, David, Keshava, Irodi & Peter, 2011), nessuno dei due ha riportato la superiorità dei sistemi chiusi nella prevenzione della VAP ad esordio precoce. Tuttavia, uno degli studi ha supportato

sistemi di aspirazione chiusa per prevenire la VAP ad esordio tardivo (David et al., 2011). In questo studio prospettico, randomizzato e controllato, è stata confrontata l'aspirazione endotracheale chiusa con l'aspirazione endotracheale aperta in pazienti ventilati meccanicamente ricoverati nell'unità di terapia intensiva di un ospedale universitario. Il risultato primario è stata l'incidenza della VAP, che è risultata essere ridotta usando il sistema di aspirazione delle secrezioni chiuso, in particolare la VAP ad esordio tardivo. I risultati secondari includevano mortalità, costo e durata del soggiorno. La mortalità e la durata del ricovero in terapia intensiva erano simili nell'uso di entrambi i sistemi, mentre il costo dei cateteri risultava essere più alto con l'utilizzo del sistema chiuso. Tuttavia, è probabile che la riduzione della VAP si traduca in un risparmio sui costi complessivi, dati gli alti costi di trattamento della VAP. I cateteri per aspirazione endotracheale chiusi devono essere presi in considerazione nei pazienti che necessitano di ventilazione per più di quattro giorni.

A sostegno dell'uso del sistema di aspirazione chiuso rispetto al sistema di aspirazione aperto, oltre a David et al. (2011), c'è lo studio di Combes, Fauvage e Oleyer (2000), che hanno voluto confrontare i tassi di incidenza della VAP in pazienti ventilati meccanicamente in base al tipo di sistema di aspirazione endotracheale usato (chiuso contro aperto) in unità di terapia intensiva, attraverso

uno studio prospettico randomizzato eseguito dopo un periodo di sei mesi. Lo studio ha concluso che l'uso del sistema di aspirazione chiuso (Stericath) ha ridotto il tasso di incidenza della VAP senza dimostrare alcun effetto avverso.

Nel 2003, l'American Association for Respiratory Care (AARC) ha fortemente raccomandato il sistema di aspirazione chiuso come una delle strategie preventive della VAP (Hess et al., 2003).

Rabitsch et al. (2004) hanno condotto uno studio prospettico randomizzato con lo scopo di valutare se un sistema di aspirazione chiuso (TrachCare) influenza la contaminazione crociata tra sistema bronchiale e succhi gastrici rispetto a un sistema di aspirazione aperto. Gli obiettivi secondari consistevano nell'analisi della frequenza della VAP e nell'analisi delle alterazioni nello scambio di gas. Gli antibiogrammi sono stati eseguiti da secrezioni tracheali e aspirati di succo gastrico in ventiquattro pazienti in terapia intensiva. Cinque contaminazioni crociate sono state osservate nel gruppo sottoposto ad aspirazione aperta; mentre nessuna contaminazione è stata osservata nel gruppo sottoposto ad aspirazione chiusa. La VAP si è verificata in cinque pazienti sottoposti a OTSS ma in nessuno dei pazienti sottoposti CTSS. Il sistema di aspirazione chiuso ha ridotto significativamente la contaminazione crociata tra il sistema bronchiale e i succhi gastrici; ha ridotto l'incidenza di VAP rispetto al sistema di aspirazione aperto e

ha ridotto anche le fasi ipossiche durante la procedura di aspirazione delle secrezioni.

L'American Association for Respiratory Care (AARC) (2010) ha pubblicato le linee guida della loro pratica clinica relative all'aspirazione endotracheale di pazienti ventilati meccanicamente. Le raccomandazioni formulate in tale linea guida suggerivano di eseguire l'aspirazione senza disconnettere il paziente dal ventilatore. La linea guida raccomandava anche l'aspirazione chiusa in pazienti sottoposti ad alta FiO₂ o PEEP e per i pazienti a rischio di de-reclutamento polmonare. Queste raccomandazioni erano basate sulle conseguenze fisiologiche dell'aspirazione (ad esempio, diminuzione delle saturazioni di ossigeno, cambiamenti nella frequenza cardiaca) e non come metodo di prevenzione delle VAP. Inoltre, veniva indicato che i cambi giornalieri dei cateteri nel sistema di aspirazione chiusa, non diminuiscono il rischio di polmonite associata a ventilazione e non risultano essere convenienti. Queste raccomandazioni sono state supportate dalla letteratura scientifica attraverso un'accurata revisione da parte dell'AARC.

Dai vari studi possiamo dedurre che non vi è alcun vantaggio nell'uso del sistema di aspirazione endotracheale chiuso rispetto al sistema di aspirazione

endotracheale aperto (e viceversa), in termini di prevenzione della polmonite associata al ventilatore, incidenza della VAP, mortalità e riduzione della durata del ricovero in terapia intensiva. Sembra che la scelta dell'utilizzo di un tipo di sistema di aspirazione rispetto all'altro, si debba basare su molti fattori (fino a quando non verranno condotti ulteriori nuovi studi) come: la durata della ventilazione meccanica, le comorbidity, i parametri di ossigenazione, il numero di aspirazioni richieste e il costo prima di utilizzare ogni tipo di sistema di aspirazione tracheale.

Il sistema di aspirazione aperto richiede un tempo maggiore per eseguire l'intera procedura, inoltre determina interruzioni temporanee della ventilazione e dell'alimentazione di ossigeno con conseguente perdita del volume polmonare, riduzione della saturazione di ossigeno e della PEEP, a causa della disconnessione del paziente dal circuito ventilatorio durante l'aspirazione. Il fattore di rischio più importante in questo metodo è l'ipossia (Lasocki, Lu, Sartorius, Fouillat, Remerand & Rouby, 2006).

Con il sistema di aspirazione chiuso vi è una diminuzione delle complicazioni associate alla disconnessione dal circuito della ventilazione meccanica, come il de-reclutamento alveolare; inoltre viene mantenuta la saturazione di ossigeno; vi è una marcata riduzione dei segni clinici di ipossiemia; c'è una riduzione delle

aritmie cardiache e non comporta alterazioni della frequenza cardiaca e della pressione sanguigna. Esso permette anche di mantenere costanti i valori della PEEP e riduce i tempi necessari per eseguire la manovra di aspirazione riducendo di conseguenza anche il carico di lavoro degli infermieri (American Association for Respiratory Care, 2010; Cereda, Villa, Colombo, Greco, Nacoti & Pesenti, 2001; Johnson, Kearney, Johnson, Niblett, MacMillan & McClain, 1994; Sole et al., 2013; Uğraş & Aksoy, 2012).

I notevoli vantaggi offerti dal sistema di aspirazione chiuso, fanno sì che questo tipo di sistema sia preferito, rispetto all'aspirazione tradizionale, nei pazienti sottoposti a chirurgia cardiaca; infatti in uno studio osservazionale (Özden & Görgülü, 2015) che aveva lo scopo di valutare gli effetti dell'aspirazione aperta e chiusa sulla frequenza cardiaca, sulla pressione arteriosa media e sui gas del sangue arterioso in pazienti intubati e sottoposti a chirurgia a cuore aperto, si è scoperto che il sistema di aspirazione aperto influiva negativamente sulla frequenza cardiaca, pressione sanguigna e gas del sangue arterioso. Il confronto tra sistema di aspirazione aperto e chiuso ha rivelato una differenza statisticamente significativa nella pressione arteriosa media e SpO₂, questo ha portato a consigliare l'utilizzo del sistema chiuso di aspirazione delle secrezioni endotracheali perché associato a minor numero di complicanze.

Maggiore et al. (2013) hanno sviluppato linee guida per l'aspirazione ETT da utilizzare nel loro istituto. Gli elementi della linea guida includevano, tra gli altri punti, l'eliminazione della disconnessione del ventilatore e l'uso dell'aspirazione chiusa. Dopo l'implementazione delle loro linee guida, hanno notato una diminuzione complessiva delle complicanze legate all'aspirazione dal 59,5% al 42,6%, con una diminuzione del 40% della desaturazione di ossigeno come evento avverso.

La trasmissione crociata dei batteri Gram-negativi aumenta la probabilità di acquisizione di infezioni e l'insorgenza di resistenza agli antibiotici nelle unità di terapia intensiva. Le vie respiratorie dei pazienti ventilati meccanicamente sono spesso colonizzate da batteri Gram-negativi e l'aspirazione endotracheale potrebbe facilitare la trasmissione crociata; infatti la disconnessione del sistema di ventilazione e del tubo endotracheale durante l'aspirazione endotracheale aperta, espone le vie aeree colonizzate e il materiale contaminato all'aria aperta dell'ambiente circostante, ciò potrebbe facilitare la diffusione per via aerea di agenti patogeni sulla pelle del paziente e le mani degli operatori sanitari, il che potrebbe favorire la trasmissione crociata.

In questo caso il sistema di aspirazione chiuso ci offre un ulteriore vantaggio rispetto al sistema di aspirazione aperto, perché esso è in grado di diminuire il

rischio di contaminazione ambientale e del personale sanitario. Il CTSS, infatti, essendo costituito da un manicotto protettivo trasparente e dato che non prevede la disconnessione dal ventilatore (quindi non determina quella rottura del “circuit reservoir” che il paziente compone con il circuito ventilatorio), evita la possibile fuoriuscita di microorganismi che potrebbero contaminare persone e/o cose circostanti, che si potrebbe verificare durante la manovra di aspirazione aperta.

Secondo delle linee guida basate su prove di evidenza per la prevenzione della VAP, il tipo di sistema di aspirazione delle secrezioni (aperto o chiuso) non ha alcun effetto sull’incidenza della VAP; tuttavia, l’esposizione del paziente e dell'operatore sanitario a secrezioni aerosolizzate raccomandano l'uso del sistema di aspirazione endotracheale chiuso (Muscedere, Dodek, Keenan, Fowler, Cook & Heyland, 2008).

In una revisione (Maggiore, Iacobone, Zito, Conti, Antonelli & Proietti, 2002), il sistema di aspirazione chiuso viene preferito rispetto al sistema di aspirazione aperto, perché risulta essere utile nel limitare la contaminazione dell'ambiente, del personale e dei pazienti.

I risultati di uno studio comparativo (Ricard, Eveillard, Martin, Barnaud, Branger & Dreyfuss, 2011) indicano che l'uso del CTSS riduce in modo significativo sia la contaminazione dei guanti degli operatori sanitari che delle apparecchiature delle vie aeree durante l’aspirazione endotracheale.

Poiché l'assistenza respiratoria è la cura più frequente eseguita dal personale sanitario e quella associata al più alto rischio di contaminazione, è necessario indirizzare gli sforzi per ridurre questo rischio durante questa procedura. Ciò è tanto più importante perché la contaminazione crociata è la via principale per lo sviluppo dell'infezione nosocomiale in terapia intensiva. Tuttavia, anche se uno studio prospettico crossover che è stato condotto con l'obiettivo di valutare se i sistemi di aspirazione chiusi rispetto ai sistemi di aspirazione aperti riducono l'incidenza della trasmissione crociata di batteri Gram-negativi nelle unità di terapia intensiva, ha rivelato esito negativo (Jongerden et al., 2011), l'uso dei CTSS deve essere considerato un mezzo utile per ridurre il rischio di contaminazione ambientale.

Cobley, Atkins e Jones (1991) hanno dimostrato che il CTSS è associato a una significativa diminuzione della contaminazione dell'aria rispetto all'OTSS.

Il sistema di aspirazione chiuso è raccomandato per tutti quei soggetti che sono portatori di infezioni trasmissibili, come HIV, epatite B, tubercolosi respiratoria attiva, al fine di ridurre il rischio di contaminazione.

Uno studio recente (Ahn et al., 2020) con lo scopo di valutare la contaminazione ambientale da SARS-CoV-2 nelle stanze di isolamento di pazienti con COVID-19 gravi che richiedono ventilazione meccanica o ossigenoterapia ad alto flusso, ha mostrato che la contaminazione ambientale da SARS-CoV-2 potrebbe essere

ridotta al minimo quando i pazienti ricevono ventilazione meccanica con un sistema di aspirazione chiuso.

In un altro articolo (Matava et al., 2020) viene raccomandato l'utilizzo dell'aspirazione chiusa, per ridurre al minimo l'aerosolizzazione durante l'aspirazione del tubo tracheale, nei pazienti pediatrici affetti da malattia respiratoria acuta da SARS-CoV-2.

In definitiva non ci sono prove evidenti che indicano che il CTSS è in grado di ridurre la contaminazione crociata, tuttavia esso risulta essere utile nel proteggere il personale sanitario dall'aerosolizzazione di secrezioni e dall'esposizione a batteri virulenti che vengono disseminati altrimenti con l'uso dell'OTSS, soprattutto nella situazione attuale dove tutto il mondo si ritrova a combattere contro la malattia respiratoria acuta da SARS-CoV-2. Quindi si raccomanda l'utilizzo del CTSS senza sollevare il personale sanitario dall'obbligo di effettuare una rigorosa igiene delle mani.

Sono stati condotti studi con esiti contrastanti riguardo la scelta del sistema di aspirazione endotracheale più efficace nella rimozione delle secrezioni delle vie aeree.

Rabitsch et al. (2004) sostiene che non vi è differenza per quanto riguarda la quantità di secrezioni aspirate fra i due tipi di sistemi di aspirazione.

Secondo due studi (Copnell et al., 2007; De Fraga Gomes Martins, Da Silva Naue, Skueresky, Bianchi, Dias & Forgiarini, 2019) viene rimossa una quantità maggiore di secrezione dalle vie aeree con il sistema di aspirazione aperto rispetto al sistema chiuso, come dimostrato sia negli animali che negli umani.

Le quantità di secrezioni rimosse sono state confrontate anche in un altro studio (Lasocki et al., 2006) in cui OTSS e CTSS sono stati utilizzati in ordine alternato con intervalli da tre a sei ore negli stessi pazienti. Lo studio ha rilevato che l'OTSS era più efficace nel rimuovere le secrezioni tracheobronchiali rispetto al CTSS.

Vi è consenso in letteratura sul fatto che i cateteri di aspirazione delle secrezioni dovrebbero essere più piccoli possibili, ma abbastanza grandi da facilitare la rimozione della secrezione; infatti, è affermato che l'efficacia del catetere di aspirazione dipende dalle sue dimensioni, più grande è il catetere, maggiore è l'efficacia della rimozione della secrezione.

Non ci sono prove sufficienti su cui basare una raccomandazione sull'efficacia dei dispositivi di aspirazione sulla rimozione della secrezione.

Un altro quesito molto dibattuto riguardo l'utilizzo del sistema di aspirazione aperto o del sistema di aspirazione chiuso, è la colonizzazione del catetere. Infatti, poiché il sistema di aspirazione chiuso rimane collegato al circuito di ventilazione nell'arco delle 24 ore o più (dipendere dalle indicazioni del produttore) e il

catetere di aspirazione sarà introdotto più volte, in questo periodo di tempo nelle vie aeree del paziente, si potrebbe verificare una contaminazione con agenti patogeni maggiore nel CTSS rispetto all' OTSS a causa di microrganismi che hanno colonizzato le superfici interne ed esterne dei cateteri. Questo potrebbe rappresentare un pericolo ulteriore per il paziente intubato, che potrebbe essere maggiormente esposto al rischio di contrarre infezioni.

In uno studio di Topeli et al. (2004) è stato riscontrato che i tassi di colonizzazione da parte di *Acinetobacter* spp. e *Pseudomonas aeruginosa*, erano più frequenti nel gruppo di aspirazione chiusa rispetto al gruppo di aspirazione aperta ($P < 0,01$ e $P = 0,04$, rispettivamente). Tuttavia, è stato constatato che se anche l'aspirazione endotracheale chiusa ha determinato un aumento dei tassi di colonizzazione dei tubi del ventilatore con microrganismi multiresistenti, questo non ha determinato un aumentato dello sviluppo di polmonite associata a ventilazione meccanica rispetto all'uso del sistema di aspirazione aperto.

In una revisione sistematica di Subirana et al. (2007), viene constatato attraverso lo studio di cinque articoli tra cui (Adams, Hughes & Elliott, 1997; Deppe et al., 1990) che il sistema di aspirazione tracheale chiuso produce tassi di colonizzazione batterica più elevati rispetto al sistema aperto, ma ciò non ha alcun effetto sullo sviluppo di VAP.

I sistemi di aspirazione endotracheale (aperto e chiuso) differiscono anche nel costo.

Sono stati effettuati numerosi studi che hanno affrontato l'aspetto economico. Questi studi hanno evidenziato come risultato, che il sistema di aspirazione chiuso risulta essere più costoso rispetto al sistema di aspirazione aperto (Adams et al., 1997); questo perché i produttori dei CTSS raccomandano il cambio giornaliero dell'intero sistema. Nello studio di Lorente et al. (2005) il costo giornaliero per il paziente sottoposto ad aspirazione chiusa era quattro volte più costoso del paziente sottoposto ad aspirazione con sistema aperto (11,11 +/- 2,25 dollari americani contro 2,50 +/- 1,12 dollari americani).

Nello studio di David et al. (2011) che mostra che l'incidenza della VAP ad esordio tardivo è risultata essere ridotta usando il sistema di aspirazione delle secrezioni chiuso, il costo di aspirazione medio (comprensivo dei guanti e dei cateteri di aspirazione) al giorno, risulta essere più alto con l'utilizzo del CTSS (5,81 dollari americani) contro l'utilizzo dell'OTSS (2,94 dollari americani). Tuttavia, è probabile che la riduzione della VAP si traduca in un risparmio sui costi complessivi, dato che il trattamento della VAP ha costi elevati.

Un altro studio prospettico e randomizzato aveva l'obiettivo di valutare i costi di aspirazione tracheale e l'incidenza della VAP utilizzando un sistema di aspirazione chiuso senza cambio giornaliero rispetto all'uso di un sistema di

aspirazione aperto, in pazienti che necessitavano di ventilazione meccanica in terapia intensiva. I risultati mostrarono che non c'erano differenze significative tra i due gruppi di pazienti in termini di mortalità, percentuale di pazienti che hanno sviluppato VAP (13,9% CTSS contro 14,1% OTSS), o il numero di polmoniti associate al ventilatore per 1000 giorni di ventilazione meccanica (14,1 CTSS contro 14,6 OTSS). Non c'erano differenze significative nei costi di aspirazione tracheale per paziente al giorno; tuttavia, quando la durata della ventilazione meccanica era inferiore a quattro giorni, il costo era maggiore con l'uso di CTSS che con l'uso di OTSS; mentre quando la durata della ventilazione meccanica era superiore a quattro giorni, il costo era inferiore con CTSS che con OTSS. In conclusione, il CTSS senza cambio giornaliero è l'opzione ottimale per i pazienti che necessitano di aspirazione tracheale per più di quattro giorni (Lorente, Lecuona, Jiménez, Mora & Sierra, 2006).

Lo studio di Afshari, Safari, Oshvandi e Soltanian (2014) ha mostrato che il costo dell'aspirazione con sistema chiuso in terapia intensiva era più alto per i pazienti con una durata della permanenza in terapia intensiva inferiore a 48 ore; tuttavia, il costo sarebbe ridotto in modo significativo per i pazienti con una durata della degenza superiore a 48 ore. Anche se in alcuni studi (menzionati sopra) è stato riportato che i costi del CTSS erano superiori al metodo aperto, i risultati del presente studio erano coerenti con lo studio di Lorente et al. (2006). I costi

inferiori del sistema di aspirazione chiuso potrebbero essere attribuiti alla possibilità di un uso più lungo del set di aspirazione e alla necessità di un minor numero di personale per eseguire la procedura di aspirazione.

Stoller et al. (2003) hanno valutato l'impatto dei cambi settimanali rispetto a quelli giornalieri dei cateteri di aspirazione chiusi, sia in relazione alla frequenza della VAP, sia in relazione ai costi delle apparecchiature. È stato condotto uno studio osservazionale confrontando un periodo di controllo di 3 mesi in cui sono stati effettuati cambi giornalieri del catetere di aspirazione chiuso, con un periodo di trattamento di 3 mesi in cui sono stati effettuati cambi settimanali (o più frequentemente) del catetere di aspirazione chiuso. Come negli studi precedenti, nonostante sostanziali risparmi sui costi, non sono state riscontrate differenze significative riguardo: la frequenza di VAP, la durata della degenza in terapia intensiva e i tassi di riammissione in terapia intensiva in entrambi i gruppi. Pertanto, ridurre il cambio routinario dell'attrezzatura (da giornaliero a settimanale) per l'aspirazione delle secrezioni è sicuro ed economico.

Nel 2003 l'AARC sosteneva, che non è necessario cambiare i cateteri d'aspirazione chiusa quotidianamente al fine di controllare le infezioni, tra cui la polmonite associata a ventilazione meccanica e che la durata massima del tempo in cui i cateteri di aspirazione chiusi possono essere utilizzati in sicurezza non è

nota (Hess et al., 2003). Questo è stato supportato anche successivamente nel 2010 con le linee guida della stessa AARC (American Association for Respiratory Care, 2010).

In definitiva, anche se diversi studi hanno dimostrato che il cambio giornaliero del sistema di aspirazione chiuso risulta essere sconveniente in termini di costi e non apporta un vantaggio nella prevenzione della VAP, non vi sono certezze riguardo i tempi entro i quali i CTSS devono essere sostituiti con CTSS nuovi.

In conclusione, per prevenire la polmonite associata a ventilazione meccanica non occorre solamente scegliere il tipo di aspirazione endotracheale più idonea, ma è necessario applicare una serie di misure preventive che risultano essere più efficaci, nel raggiungere l'esito finale di prevenzione della VAP, se applicate congiuntamente (bundle) anziché se le stesse fossero attuate separatamente. Tali misure per la prevenzione della VAP prevedono:

- l'elevazione della testata del letto da 30° a 45° (a meno che non sia clinicamente controindicato per alcuni tipi di pazienti), al fine di ridurre l'aspirazione delle secrezioni orali e gastriche associate alla posizione supina (Alexiou, Ierodiakonou, Dimopoulos & Falagas, 2009; Van Nieuwenhoven et al., 2006);

- l'interruzione giornaliera della sedazione e valutazione quotidiana della prontezza all'estubazione, al fine di disconnettere anticipatamente il paziente dal ventilatore (Cook et al., 1998; Girard et al., 2008; Marelich, Murin, Battistella, Inciardi, Vierra & Roby, 2000);
- l'igiene orale quotidiana con clorexidina (Tantipong, Morkchareonpong, Jaiyindee & Thamlikitkul, 2008);
- la profilassi dell'ulcera peptica e la profilassi della trombosi venosa profonda.

Tuttavia, molti ricercatori hanno creato il proprio bundle personalizzato riguardo la prevenzione della VAP. Studi recenti hanno dimostrato che l'implementazione di un pacchetto VAP personalizzato si traduce in risultati migliori per pazienti e ospedali (Resar, Pronovost, Haraden, Simmonds, Rainey & Nolan, 2005; Sulis, Walkey, Abadi, Campbell Reardon & Joyce-Brady, 2014).

Tra gli altri metodi indicati come potenzialmente efficaci nella prevenzione delle VAP troviamo: l'igiene delle mani, dato che gli organismi che causano la VAP sono tipici dell'ambiente ospedaliero e la loro trasmissione al paziente avviene spesso per colonizzazione delle mani del personale sanitario; il ricorso all'uso di tubi oro-tracheali, anziché l'uso di tubi naso-tracheali, poiché l'intubazione orale è associata a una minore incidenza di VAP (Grap, Munro, Unoki, Hamilton &

Ward, 2012); il ricorso alla ventilazione a pressione positiva non invasiva (NIPPV) evitando così l'intubazione endotracheale (se il caso lo permette), perché la NIPPV è associata a tassi di polmonite inferiori rispetto alla ventilazione meccanica invasiva (Burns, Meade, Premji & Adhikari, 2013; Hess, 2005); il mantenimento e miglioramento della condizione fisica attraverso l'esercizio e la mobilità precoce, infatti l'esercizio e la mobilizzazione precoce riducono il tempo di intubazione, diminuiscono la durata della degenza e supportano il ritorno all'indipendenza del paziente (Bailey et al., 2007; Titsworth et al., 2012); la sostituzione dei circuiti del ventilatore solo se visibilmente sporchi e non come cambio routinario (Dreyfuss et al., 1991; Lorente, Lecuona, Galván, Ramos, Mora & Sierra, 2004); il monitoraggio della pressione della cuffia del tubo endotracheale, al fine di ridurre il rischio di aspirazione di materiale oro-gastrico all'interno dei polmoni (Rouzé & Nseir, 2013); la riduzione dell'accumulo di secrezioni sopra la cuffia del tubo endotracheale, utilizzando un tubo endotracheale con possibilità di aspirazione sottoglottica in pazienti con intubazione prevista superiore a 48-72 ore (Bouza, Pérez, Muñoz, Rincón, Barrio & Hortal, 2008; Muscedere, Rewa, McKechnie, Jiang, Laporta & Heyland, 2011). Inoltre, non vi sono ancora certezze riguardo l'efficacia dell'utilizzo del tubo endotracheale rivestito d'argento, dell'utilizzo di particolari forme e/o materiali della cuffia del tubo endotracheale e dell'uso di probiotici come modulatore della

flora gastrica, nella prevenzione della polmonite associata a ventilazione meccanica; il che fa sì che sono necessari ulteriori studi per mostrare l'efficacia di questi interventi nella riduzione della VAP.

CONCLUSIONI

L'aspirazione endotracheale è una procedura importante e necessaria per i pazienti sottoposti a ventilazione meccanica, in particolare in terapia intensiva. Essa dovrebbe essere eseguita utilizzando una tecnica asettica, precauzioni universali e nel rispetto delle linee guida attuali.

Da questa revisione si evince che non vi è alcuna differenza nell'incidenza di VAP e tasso di mortalità tra i sistemi di aspirazione endotracheale aperti e chiusi; pertanto, non è possibile raccomandare un metodo di aspirazione rispetto a un altro solamente sulla base della sua efficacia nel ridurre la VAP o nel ridurre i tassi di mortalità. Tuttavia, ci sono altri fattori che potrebbero far prediligere l'utilizzo del sistema di aspirazione chiuso anziché quello aperto come:

- la riduzione degli effetti negativi sui parametri cardio-respiratori, in particolare sulla SpO₂ e sulla PEEP;
- la riduzione dei tempi necessari per l'esecuzione della procedura e la riduzione del carico di lavoro degli operatori sanitari;
- la riduzione del rischio di esposizione a particelle aerosolizzate e del rischio di contaminazione ambientale e del personale, soprattutto nei pazienti portatori di infezioni trasmissibili, fattore molto importante e del quale bisogna tener conto soprattutto a causa del periodo che stiamo vivendo, nel quale gli ospedali di tutto

il mondo stanno combattendo contro la malattia respiratoria acuta da SARS-CoV-2;

- il minor costo associato, che si verifica di solito in quei casi in cui vi è una durata della ventilazione meccanica per più di quattro giorni, ovvero quando vi è un uso più lungo (in termini di tempo) del CTSS.

Per quanto riguarda la colonizzazione batterica, diversi studi hanno indicato che il CTSS produce tassi di colonizzazione batterica più elevati rispetto all'OTSS, tuttavia ciò non comporta un aumento dello sviluppo di VAP.

Mentre per quanto riguarda i tempi di sostituzione dei sistemi di aspirazione chiusi e la loro efficacia nel rimuovere le secrezioni, non vi sono certezze, perché studi contrastanti sono stati trovati in letteratura.

In conclusione, non basta solamente scegliere il tipo di aspirazione per prevenire la VAP, ma bisogna utilizzare una serie di misure preventive da attuare simultaneamente come: l'interruzione giornaliera della sedazione e valutazione quotidiana della prontezza all'estubazione, l'elevazione della testa del letto da 30° a 45°, l'igiene quotidiana del cavo orale con clorexidina, la profilassi dell'ulcera peptica e la profilassi della trombosi venosa profonda, l'aspirazione sottoglottica, l'intubazione orotracheale, l'igiene delle mani, l'utilizzo della NIPPV, la mobilità

precoce, la sostituzione dei circuiti del ventilatore solo se visibilmente sporchi e il monitoraggio della pressione della cuffia del tubo endotracheale.

La VAP è una patologia che richiede continui studi soprattutto nell'ambito della sua prevenzione, al fine di identificare le tecniche più efficaci per ridurre la sua insorgenza, ridurre la mortalità e il ricovero in terapia intensiva, per questo servono ulteriori studi su larga scala ben strutturati.

La pratica infermieristica è essenziale nella prevenzione della VAP. L'infermiere deve continuamente aggiornarsi sulle nuove evidenze riguardo la pratica clinica al fine di mettere in atto una pratica infermieristica di qualità.

Ricordiamo che il Profilo Professionale dell'Infermiere: DM 739/94, all'Art. 1 comma 2, indica che una delle funzioni dell'assistenza infermieristica è la prevenzione.

L'infermiere può influire positivamente sulla riduzione dei casi di VAP e questo se collabora con l'equipe sanitaria, ma soprattutto se basa il suo modo di agire con quanto dimostrano dall'Evidence Based Nursing (EBN) e dall'Evidence Based Medicine (EBM), al fine di potersi mantenere sempre aggiornato sulle migliori pratiche da utilizzare per poter ridurre l'incidenza della VAP e ridurre la mortalità del paziente in terapia intensiva.

IMPLICAZIONI PER LA PRATICA CLINICA

Le implicazioni per la pratica infermieristica rimangono poco chiare, dato che non vi è un chiaro beneficio del CTSS rispetto all'OTSS nella prevenzione della VAP. Tuttavia, la riduzione degli effetti sui parametri cardio-respiratori, la riduzione dei costi, la riduzione del rischio di contaminazione ambientale e del personale sanitario, il minor tempo per eseguire la procedura di aspirazione e la conseguente riduzione del carico di lavoro degli infermieri, possono raccomandare l'utilizzo del sistema chiuso.

- Implicazioni per la ricerca

Nell'esaminare gli studi per questa rassegna, sono state identificate alcune preoccupazioni relative alla qualità e alla progettazione di alcuni studi. Sono necessari studi randomizzati ben progettati con campioni di grandi dimensioni.

FONTI BIBLIOGRAFICHE

- Adams, D. H., Hughes, M., & Elliott, T. S. (1997). Microbial colonization of closed-system suction catheters used in liver transplant patients. *Intensive & critical care nursing*, 13(2), 72–76.
- Afshari, A., Safari, M., Oshvandi, K., & Soltanian, A. R. (2014). The effect of the open and closed system suction on cardiopulmonary parameters: Time and costs in patients under mechanical ventilation. *Nursing and midwifery studies*, 3(2), e14097.
- Ahn, J. Y., An, S., Sohn, Y., Cho, Y., Hyun, J. H., Baek, Y. J. et al. (2020). Environmental contamination in the isolation rooms of COVID-19 patients with severe pneumonia requiring mechanical ventilation or high-flow oxygen therapy. *The Journal of hospital infection*, 106(3), 570–576.
- Åkerman, E., Larsson, C., & Ersson, A. (2014). Clinical experience and incidence of ventilator-associated pneumonia using closed versus open suction-system. *Nursing in critical care*, 19(1), 34–41.
- Alexiou, V. G., Ierodiakonou, V., Dimopoulos, G., & Falagas, M. E. (2009). Impact of patient position on the incidence of ventilator-associated pneumonia: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of critical care*, 24(4), 515–522.
- American Association of Respiratory Care (2010). AARC Clinical Practice Guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010. *Respiratory care*, 55(6), 758–764.
- American Thoracic Society, & Infectious Diseases Society of America. (2005). Guidelines for the management of adults with hospital-acquired, ventilator-associated, and healthcare-associated pneumonia. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 171(4), 388–416.
- Amitai, A., & Sinert, R. H. (2011). *Ventilator Management*. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/810126-overview>.
- Araç, E., Kaya, Ş., Parlak, E., Büyüktuna, S. A., Baran, A. İ., Akgül, F. et al. (2019). Evaluation of Infections in Intensive Care Units: A Multicentre Point-Prevalence Study. *Mikrobiyoloji bulteni*, 53(4), 364–373.
- Ashraf, M., & Ostrosky-Zeichner, L. (2012). Ventilator-associated pneumonia: A review. *Hospital practice (1995)*, 40(1), 93–105.

- Baid, H. (2016). Patient Safety: Identifying and Managing Complications of Mechanical Ventilation. *Critical care nursing clinics of North America*, 28(4), 451–462.
- Bailey, P., Thomsen, G. E., Spuhler, V. J., Blair, R., Jewkes, J., Bezdjian, L. et al. (2007). Early activity is feasible and safe in respiratory failure patients. *Critical care medicine*, 35(1), 139–145.
- Bouadma, L., Deslandes, E., Lolom, I., Le Corre, B., Mourvillier, B., Regnier, B. et al. (2010). Long-term impact of a multifaceted prevention program on ventilator-associated pneumonia in a medical intensive care unit. *Clinical infectious diseases: An official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 51(10), 1115–1122.
- Bouza, E., Pérez, M. J., Muñoz, P., Rincón, C., Barrio, J. M., & Hortal, J. (2008). Continuous aspiration of subglottic secretions in the prevention of ventilator-associated pneumonia in the postoperative period of major heart surgery. *Chest*, 134(5), 938–946.
- Burns, K. E. A., Meade, M. O., Premji, A., & Adhikari, N. K. J. (2013). Noninvasive positive-pressure ventilation as a weaning strategy for intubated adults with respiratory failure. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2013(12), CD004127.
- Carlon, G. C., Fox, S. J., & Ackerman, N. J. (1987). Evaluation of a closed-tracheal suction system. *Critical care medicine*, 15(5), 522–525.
- Carson, S. S., Cox, C. E., Holmes, G. M., Howard, A., & Carey, T. S. (2006). The changing epidemiology of mechanical ventilation: A population-based study. *Journal of intensive care medicine*, 21(3), 173–182.
- Celik, S. S., & Elbas, N. O. (2000). The standard of suction for patients undergoing endotracheal intubation. *Intensive & critical care nursing*, 16(3), 191–198.
- Cereda, M., Villa, F., Colombo, E., Greco, G., Nacoti, M., & Pesenti, A. (2001). Closed system endotracheal suctioning maintains lung volume during volume-controlled mechanical ventilation. *Intensive care medicine*, 27(4), 648–654.
- Chastre, J., & Fagon, J.-Y. (2002). Ventilator-associated pneumonia. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 165(7), 867–903.
- Chiaranda, M. (2016). *Urgenze ed emergenze. Istituzioni* (4^a ed.). Padova: Piccin Nuova Libreria.

- Cobley, M., Atkins, M., & Jones, P. L. (1991). Environmental contamination during tracheal suction. A comparison of disposable conventional catheters with a multiple-use closed system device. *Anaesthesia*, 46(11), 957–961.
- Combes, P., Fauvage, B., & Oleyer, C. (2000). Nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients, a prospective randomised evaluation of the Stericath closed suctioning system. *Intensive care medicine*, 26(7), 878–882.
- Cook, D. J., Walter, S. D., Cook, R. J., Griffith, L. E., Guyatt, G. H., Leasa, D. et al. (1998). Incidence of and risk factors for ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. *Annals of internal medicine*, 129(6), 433–440.
- Copnell, B., Tingay, D. G., Kiraly, N. J., Sourial, M., Gordon, M. J., Mills, J. F. et al. (2007). A comparison of the effectiveness of open and closed endotracheal suction. *Intensive Care Medicine*, 33(9), 1655–1662.
- Coppadoro, A., Bellani, G., & Foti, G. (2019). Non-Pharmacological Interventions to Prevent Ventilator-Associated Pneumonia: A Literature Review. *Respiratory care*, 64(12), 1586–1595.
- David, D., Samuel, P., David, T., Keshava, S. N., Irodi, A., & Peter, J. V. (2011). An open-labelled randomized controlled trial comparing costs and clinical outcomes of open endotracheal suctioning with closed endotracheal suctioning in mechanically ventilated medical intensive care patients. *Journal of critical care*, 26(5), 482–488.
- Day, T., Farnell, S., & Wilson-Barnett, J. (2002). Suctioning: A review of current research recommendations. *Intensive & critical care nursing*, 18(2), 79–89.
- De Fraga Gomes Martins, L., Da Silva Naue, W., Skueresky, A. S., Bianchi, T., Dias, A. S., & Forgiarini, L. A. (2019). Effects of Combined Tracheal Suctioning and Expiratory Pause: A Crossover Randomized Clinical Trial. *Indian journal of critical care medicine: Peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine*, 23(10), 454–457.
- Deppe, S. A., Kelly, J. W., Thoi, L. L., Chudy, J. H., Longfield, R. N., Ducey, J. P. et al. (1990). Incidence of colonization, nosocomial pneumonia, and mortality in critically ill patients using a Trach Care closed-suction system versus an open-suction system: Prospective, randomized study. *Critical care medicine*, 18(12), 1389–1393.
- Dodek, P., Keenan, S., Cook, D., Heyland, D., Jacka, M., Hand, L. et al. (2004). Evidence-based clinical practice guideline for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Annals of internal medicine*, 141(4), 305–313.

- Dreyfuss, D., Djedaini, K., Weber, P., Brun, P., Lanore, J. J., Rahmani, J. et al. (1991). Prospective study of nosocomial pneumonia and of patient and circuit colonization during mechanical ventilation with circuit changes every 48 hours versus no change. *The American review of respiratory disease*, 143(4 Pt 1), 738–743.
- Fahy, J. V., & Dickey, B. F. (2010). Airway mucus function and dysfunction. *The New England journal of medicine*, 363(23), 2233–2247.
- Gao, F., Wu, Y.-Y., Zou, J.-N., Zhu, M., Zhang, J., Huang, H.-Y. et al. (2015). Impact of a bundle on prevention and control of healthcare associated infections in intensive care unit. *Journal of Huazhong University of Science and Technology. Medical sciences = Hua zhong ke ji da xue xue bao. Yi xue Ying De wen ban = Huazhong keji daxue xuebao. Yixue Yingdewen ban*, 35(2), 283–290.
- Girard, T. D., Kress, J. P., Fuchs, B. D., Thomason, J. W. W., Schweickert, W. D., Pun, B. T. et al. (2008). Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): A randomised controlled trial. *Lancet*, 371(9607), 126–134.
- Grap, M. J., Munro, C. L., Unoki, T., Hamilton, V. A., & Ward, K. R. (2012). Ventilator-associated pneumonia: The potential critical role of emergency medicine in prevention. *The Journal of emergency medicine*, 42(3), 353–362.
- Halpern, N. A., Goldman, D. A., Tan, K. S., & Pastores, S. M. (2016). Trends in Critical Care Beds and Use Among Population Groups and Medicare and Medicaid Beneficiaries in the United States: 2000-2010. *Critical care medicine*, 44(8), 1490–1499.
- Hamilton, V. A., & Grap, M. J. (2012). The role of the endotracheal tube cuff in microaspiration. *Heart & lung: The journal of critical care*, 41(2), 167–172.
- Hamishekar, H., Shadvar, K., Taghizadeh, M., Golzari, S. E., Mojtahedzadeh, M., Soleimanpour, H. et al. (2014). Ventilator-associated pneumonia in patients admitted to intensive care units, using open or closed endotracheal suctioning. *Anesthesiology and pain medicine*, 4(5), e21649.
- Harada, N. (2010). Closed suctioning system: Critical analysis for its use. *Japan journal of nursing science: JJNS*, 7(1), 19–28.
- Hess, D. R. (2005). Noninvasive positive-pressure ventilation and ventilator-associated pneumonia. *Respiratory care*, 50(7), 924–9; discussion 929-931.
- Hess, D. R., Kallstrom, T. J., Mottram, C. D., Myers, T. R., Sorenson, H. M., Vines, D. L. et al. (2003). Care of the ventilator circuit and its relation to ventilator-associated pneumonia. *Respiratory care*, 48(9), 869–879.

- Hinkle, J. L. & Cheever, K. H. (2017). *Brunner & Suddarth. Infermieristica medico-chirurgica* (5^a ed.). Milano: Casa Editrice Ambrosiana.
- Hua, F., Xie, H., Worthington, H. V., Furness, S., Zhang, Q., & Li, C. (2016). Oral hygiene care for critically ill patients to prevent ventilator-associated pneumonia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*.
- Ibn Saied, W., Souweine, B., Garrouste-Orgeas, M., Ruckly, S., Darmon, M., Bailly, S. et al. (2017). Respective impact of implementation of prevention strategies, colonization with multiresistant bacteria and antimicrobial use on the risk of early- and late-onset VAP: An analysis of the OUTCOMEREA network. *PloS one*, 12(11), e0187791.
- Johnson, K. L., Kearney, P. A., Johnson, S. B., Niblett, J. B., MacMillan, N. L., & McClain, R. E. (1994). Closed versus open endotracheal suctioning: Costs and physiologic consequences. *Critical care medicine*, 22(4), 658–666.
- Jongerden, I. P., Buiting, A. G., Leverstein-van Hall, M. A., Speelberg, B., Zeidler, S., Kesecioglu, J., & Bonten, M. J. (2011). Effect of open and closed endotracheal suctioning on cross-transmission with Gram-negative bacteria: A prospective crossover study. *Critical care medicine*, 39(6), 1313–1321.
- Jongerden, I. P., Rovers, M. M., Grypdonck, M. H., & Bonten, M. J. (2007). Open and closed endotracheal suction systems in mechanically ventilated intensive care patients: A meta-analysis. *Critical care medicine*, 35(1), 260–270.
- Kalil, A. C., Metersky, M. L., Klompas, M., Muscedere, J., Sweeney, D. A., Palmer, L. B. et al. (2016). Management of Adults With Hospital-acquired and Ventilator-associated Pneumonia: 2016 Clinical Practice Guidelines by the Infectious Diseases Society of America and the American Thoracic Society. *Clinical infectious diseases: An official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 63(5), e61–e111.
- Kärki, T., Plachouras, D., Cassini, A., & Suetens, C. (2019). Burden of healthcare-associated infections in European acute care hospitals. *Wiener medizinische Wochenschrift (1946)*, 169(Suppl 1), 3–5.
- Klompas, M., Branson, R., Eichenwald, E. C., Greene, L. R., Howell, M. D., Lee, G. et al. (2014). Strategies to prevent ventilator-associated pneumonia in acute care hospitals: 2014 update. *Infection control and hospital epidemiology*, 35(8), 915–936.
- Klompas, M., Li, L., Kleinman, K., Szumita, P. M., & Massaro, A. F. (2016). Associations Between Ventilator Bundle Components and Outcomes. *JAMA internal medicine*, 176(9), 1277–1283.

- Kollef, M. H., Hamilton, C. W., & Ernst, F. R. (2012). Economic impact of ventilator-associated pneumonia in a large matched cohort. *Infection control and hospital epidemiology*, 33(3), 250–256.
- Kuriyama, A., Umakoshi, N., Fujinaga, J., & Takada, T. (2015). Impact of closed versus open tracheal suctioning systems for mechanically ventilated adults: A systematic review and meta-analysis. *Intensive care medicine*, 41(3), 402–411.
- Lasocki, S., Lu, Q., Sartorius, A., Fouillat, D., Remerand, F., & Rouby, J.-J. (2006). Open and closed-circuit endotracheal suctioning in acute lung injury: Efficiency and effects on gas exchange. *Anesthesiology*, 104(1), 39–47.
- Letchford, E., & Bench, S. (2018). Ventilator-associated pneumonia and suction: A review of the literature. *British journal of nursing (Mark Allen Publishing)*, 27(1), 13–18.
- Lorente, L., Lecuona, M., Galván, R., Ramos, M. J., Mora, M. L., & Sierra, A. (2004). Periodically changing ventilator circuits is not necessary to prevent ventilator-associated pneumonia when a heat and moisture exchanger is used. *Infection control and hospital epidemiology*, 25(12), 1077–1082.
- Lorente, L., Lecuona, M., Jiménez, A., Mora, M. L., & Sierra, A. (2006). Tracheal suction by closed system without daily change versus open system. *Intensive care medicine*, 32(4), 538–544.
- Lorente, L., Lecuona, M., Martín, M. M., García, C., Mora, M. L., & Sierra, A. (2005). Ventilator-associated pneumonia using a closed versus an open tracheal suction system. *Critical care medicine*, 33(1), 115–119.
- Maggiore, S. M., Iacobone, E., Zito, G., Conti, C., Antonelli, M., & Proietti, R. (2002). Closed versus open suctioning techniques. *Minerva anesthesiologica*, 68(5), 360–364.
- Maggiore, S. M., Lellouche, F., Pignataro, C., Girou, E., Maitre, B., Richard, J.-C. M. et al. (2013). Decreasing the adverse effects of endotracheal suctioning during mechanical ventilation by changing practice. *Respiratory care*, 58(10), 1588–1597.
- Marelich, G. P., Murin, S., Battistella, F., Inciardi, J., Vierra, T., & Roby, M. (2000). Protocol weaning of mechanical ventilation in medical and surgical patients by respiratory care practitioners and nurses: Effect on weaning time and incidence of ventilator-associated pneumonia. *Chest*, 118(2), 459–467.
- Matava, C. T., Kovatsis, P. G., Lee, J. K., Castro, P., Denning, S., Yu, J. et al. (2020). Pediatric Airway Management in COVID-19 Patients: Consensus Guidelines From the Society for Pediatric Anesthesia's Pediatric Difficult

Intubation Collaborative and the Canadian Pediatric Anesthesia Society. *Anesthesia and analgesia*, 131(1), 61–73.

- Morton, P. G. & Fontaine, D. K. (2008). *Critical Care Nursing: A holistic approach* (9th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

- Muscedere, J., Day, A., & Heyland, D. K. (2010). Mortality, attributable mortality, and clinical events as end points for clinical trials of ventilator-associated pneumonia and hospital-acquired pneumonia. *Clinical infectious diseases: An official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 51 Suppl 1, S120-125.

- Muscedere, J., Dodek, P., Keenan, S., Fowler, R., Cook, D., & Heyland, D. (2008). Comprehensive evidence-based clinical practice guidelines for ventilator-associated pneumonia: Prevention. *Journal of critical care*, 23(1), 126–137.

- Muscedere, J., Rewa, O., McKechnie, K., Jiang, X., Laporta, D., & Heyland, D. K. (2011). Subglottic secretion drainage for the prevention of ventilator-associated pneumonia: A systematic review and meta-analysis. *Critical care medicine*, 39(8), 1985–1991.

- Niël-Weise, B. S., Snoeren, R. L. M. M., & Van Den Broek, P. J. (2007). Policies for endotracheal suctioning of patients receiving mechanical ventilation: A systematic review of randomized controlled trials. *Infection control and hospital epidemiology*, 28(5), 531–536.

- Olaechea, P. M., Insausti, J., Blanco, A., & Luque, P. (2010). Epidemiology and impact of nosocomial infections. *Medicina intensiva*, 34(4), 256–267.

- Özden, D., & Görgülü, R. S. (2015). Effects of open and closed suction systems on the haemodynamic parameters in cardiac surgery patients. *Nursing in critical care*, 20(3), 118–125.

- Pedersen, C. M., Rosendahl-Nielsen, M., Hjermind, J., & Egerod, I. (2009). Endotracheal suctioning of the adult intubated patient—What is the evidence? *Intensive & critical care nursing*, 25(1), 21–30.

- Peter, J. V., Chacko, B., & Moran, J. L. (2007). Comparison of closed endotracheal suction versus open endotracheal suction in the development of ventilator-associated pneumonia in intensive care patients: An evaluation using meta-analytic techniques. *Indian journal of medical sciences*, 61(4), 201–211.

- Pham, T., Brochard, L. J., & Slutsky, A. S. (2017). Mechanical Ventilation: State of the Art. *Mayo Clinic proceedings*, 92(9), 1382–1400.

- Pneumatikos, I. A., Dragoumanis, C. K., & Bouros, D. E. (2009). Ventilator-associated pneumonia or endotracheal tube-associated pneumonia? An approach

to the pathogenesis and preventive strategies emphasizing the importance of endotracheal tube. *Anesthesiology*, 110(3), 673–680.

- Rabitsch, W., Köstler, W. J., Fiebiger, W., Dielacher, C., Losert, H., Sherif, C. et al. (2004). Closed suctioning system reduces cross-contamination between bronchial system and gastric juices. *Anesthesia and analgesia*, 99(3), 886–892, table of contents.

- Resar, R., Pronovost, P., Haraden, C., Simmonds, T., Rainey, T., & Nolan, T. (2005). Using a bundle approach to improve ventilator care processes and reduce ventilator-associated pneumonia. *Joint Commission journal on quality and patient safety*, 31(5), 243–248.

- Ricard, J.-D., Eveillard, M., Martin, Y., Barnaud, G., Branger, C., & Dreyfuss, D. (2011). Influence of tracheal suctioning systems on health care workers' gloves and equipment contamination: A comparison of closed and open systems. *American journal of infection control*, 39(7), 605–607.

- Rouzé, A., & Nseir, S. (2013). Continuous control of tracheal cuff pressure for the prevention of ventilator-associated pneumonia in critically ill patients: Where is the evidence? *Current opinion in critical care*, 19(5), 440–447.

- Siempos, I. I., Vardakas, K. Z., & Falagas, M. E. (2008). Closed tracheal suction systems for prevention of ventilator-associated pneumonia. *British journal of anaesthesia*, 100(3), 299–306.

- Sole, M. L., Klein, D. G., & Moseley, M. J. (2013). *Introduction to critical care nursing* (6th ed.). St. Louis: Elsevier Saunders.

- Stewart, N. I., Jagelman, T. A. J., & Webster, N. R. (2011). Emerging modes of ventilation in the intensive care unit. *British journal of anaesthesia*, 107(1), 74–82.

- Stoller, J. K., Orens, D. K., Fatica, C., Elliott, M., Kester, L., Woods, J. et al. (2003). Weekly versus daily changes of in-line suction catheters: Impact on rates of ventilator-associated pneumonia and associated costs. *Respiratory care*, 48(5), 494–499.

- Su, K.-C., Kou, Y. R., Lin, F.-C., Wu, C.-H., Feng, J.-Y., Huang, S.-F. et al. (2017). A simplified prevention bundle with dual hand hygiene audit reduces early-onset ventilator-associated pneumonia in cardiovascular surgery units: An interrupted time-series analysis. *PloS one*, 12(8), e0182252.

- Subirana, M., Solà, I., & Benito, S. (2007). Closed tracheal suction systems versus open tracheal suction systems for mechanically ventilated adult patients. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2007(4), CD004581.

- Sulis, C. A., Walkey, A. J., Abadi, Y., Campbell Reardon, C., & Joyce-Brady, M. (2014). Outcomes of a ventilator-associated pneumonia bundle on rates of ventilator-associated pneumonia and other health care-associated infections in a long-term acute care hospital setting. *American journal of infection control*, 42(5), 536–538.
- Tablan, O. C., Anderson, L. J., Besser, R., Bridges, C., & Hajjeh, R. (2004). Guidelines for preventing health-care—Associated pneumonia, 2003: Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. *MMWR. Recommendations and reports: Morbidity and mortality weekly report. Recommendations and reports*, 53(RR-3), 1–36.
- Tantipong, H., Morkchareonpong, C., Jaiyindee, S., & Thamlikitkul, V. (2008). Randomized controlled trial and meta-analysis of oral decontamination with 2% chlorhexidine solution for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Infection control and hospital epidemiology*, 29(2), 131–136.
- Titsworth, W. L., Hester, J., Correia, T., Reed, R., Guin, P., Archibald, L. et al. (2012). The effect of increased mobility on morbidity in the neurointensive care unit. *Journal of neurosurgery*, 116(6), 1379–1388.
- Topeli, A., Harmanci, A., Cetinkaya, Y., Akdeniz, S., & Unal, S. (2004). Comparison of the effect of closed versus open endotracheal suction systems on the development of ventilator-associated pneumonia. *The Journal of hospital infection*, 58(1), 14–19.
- Uğraş, G. A., & Aksoy, G. (2012). The effects of open and closed endotracheal suctioning on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure: A crossover, single-blind clinical trial. *The Journal of neuroscience nursing: Journal of the American Association of Neuroscience Nurses*, 44(6), E1-8.
- Van Nieuwenhoven, C. A., Vandenbroucke-Grauls, C., Van Tiel, F. H., Joore, H. C. A., Van Schijndel, R. J. M. S., Van Der Tweel, I. et al. (2006). Feasibility and effects of the semirecumbent position to prevent ventilator-associated pneumonia: A randomized study. *Critical care medicine*, 34(2), 396–402.
- Vonberg, R.-P., Eckmanns, T., Welte, T., & Gastmeier, P. (2006). Impact of the suctioning system (open vs. Closed) on the incidence of ventilation-associated pneumonia: Meta-analysis of randomized controlled trials. *Intensive care medicine*, 32(9), 1329–1335.
- Walter, J. M., Corbridge, T. C., & Singer, B. D. (2018). Invasive Mechanical Ventilation. *Southern medical journal*, 111(12), 746–753.
- Xie, X., Lyu, J., Hussain, T., & Li, M. (2019). Drug Prevention and Control of Ventilator-Associated Pneumonia. *Frontiers in pharmacology*, 10, 298.

- Zanella, A., Florio, G., Rezoagli, E., Pastore, M., Cadringer, P., Biancolilli, O. et al. (2019). An Artificial Cough Maneuver to Remove Secretions From Below the Endotracheal Tube Cuff. *Respiratory care*, 64(4), 372–383.
- Zeitoun, S. S., De Barros, A. L. B. L., & Diccini, S. (2003). A prospective, randomized study of ventilator-associated pneumonia in patients using a closed vs. Open suction system. *Journal of clinical nursing*, 12(4), 484–489.