

Guías de evidencia basada en la práctica clínica AARC. "Aspiración de secreciones en vía aérea artificial en pacientes con ventilación mecánica"

Adaptación publicación original Respir Care 2010; 55(6): 758-764.

Desarrollo de la guía capítulo de Kinesiología Intensivista Mariano Setten. Prof Lic TF.
Disponibilidad www.sati.org.ar

RESUMEN

Revisión y actualización 2013.

Se realizó una búsqueda de literatura electrónica de artículos publicados entre enero de 1990 y enero de 2013, utilizando MEDLINE, CINAHI y Cochrane Library data base. Esta guía de actualización se logró a partir de la revisión de 114 estudios clínicos, 62 revisiones y 6 metanálisis de aspiración de vía aérea artificial. A partir de los hallazgos se desarrolló el criterio GRADE (Grading of Recommendation Assessment, Development and Evaluation): (1) la aspiración de secreciones no debe ser un procedimiento de rutina, sólo debe realizarse en presencia de secreciones; (2) se sugiere pre-oxigenar para reducir la caída de la saturación arterial de O₂ durante la aspiración; (3) en lo posible realizar la aspiración sin desconectar al paciente del ventilador; (4) realizar aspiraciones mínimamente invasivas en lugar de profundas, basado en la evidencia de los estudios realizados en neonatología y pediatría; (5) no se sugiere la instilación de solución salina de rutina en la vía aérea previo a la aspiración; (6) la utilización de sistemas cerrados de aspiración está indicado en pacientes con altos requerimientos de O₂ y/o PEEP, riesgo de derreclutamiento alveolar o para neonatos; (7) la aspiración de la vía aérea artificial sin desconexión (aspiración cerrada) está indicada en neonatos; (8) evitar la desconexión de la ventilación mecánica, o utilizar maniobras de reclutamiento pulmonar si la aspiración produjo derreclutamiento en pacientes con síndrome de distress respiratorio agudo; (9) se sugiere que el catéter de aspiración no ocluya más del 50% del calibre de la vía aérea artificial en niños y adultos, y menos del 30% en infantes; (10) la duración de la aspiración debe ser menor a 15 segundos.

Palabras clave: aspiración cerrada; aspiración endotraqueal; instilación salina; aspiración intratraqueal; aspiración abierta; lavado con solución salina; catéter de aspiración; aspiración traqueal; guía práctica clínica.

DESCRIPCIÓN

La aspiración de la vía aérea artificial (AVAA) es uno de los procedimientos más habituales en los pacientes en ventilación mecánica (VM). Es uno de los componentes de la Terapia de Higiene Bronquial (THB) durante la VM, en el cual se realiza una remoción mecánica de las secreciones pulmonares para evitar una obstrucción de la vía

aérea (1). El procedimiento incluye la preparación del paciente y el ventilador, el evento de aspiración y la recuperación posterior. Encontramos dos métodos de AVAA diferenciados por la selección del catéter que se utilizará: abierto - cerrado. La aspiración abierta requiere de la desconexión del paciente de la VM durante el procedimiento, mientras que la técnica cerrada incluye la colocación de un catéter de aspiración estéril, cerrado, en línea en el circuito ventilatorio, el cual permite acceder a la vía aérea artificial (VAA) sin necesidad de desconectar el VM. A su vez, hay dos técnicas de aspiración basadas en la profundidad a la que se introduzca el catéter en la VAA durante el procedimiento: mínimamente invasiva - profunda. La técnica de aspiración profunda se define como aquella en la que se introduce el catéter de aspiración hasta encontrar un tope, allí se retira 1 cm y se comienza a generar presión negativa. La aspiración mínimamente invasiva es mediante la inserción del catéter de aspiración hasta una profundidad predeterminada, generalmente el largo de la VAA (2).

PREPARACIÓN DEL PACIENTE

- Es recomendable utilizar catéteres del menor tamaño posible, esto hace que la aplicación de presión negativa tenga menor influencia sobre el volumen pulmonar (3). Para igual tamaño de tubo endotraqueal (TET) el nivel de presión negativa transmitida a la VA inferior dependerá de la combinación del tamaño del catéter de aspiración y de la presión de succión (4).
- El diámetro del catéter de aspiración no debería ser superior a la mitad del calibre interno de la VAA en adultos. La relación del diámetro interno-externo debería ser 0,5 para adultos (5, 6) y 0,5 - 0,66 para infantes y niños pequeños (7).
- Para la preparación previa al evento de aspiración de secreciones se debe colocar la FiO_2 a 100% en pacientes pediátricos (8) y adultos (9), y 10% de incremento del valor basal en neonatos (10-12) por 30 a 60 segundos, especialmente en aquellos que presentan hipoxemia previa a realizar la aspiración (13, 14). Esto debe ir acompañado de: ajustar la FiO_2 del ventilador mecánico o utilizar los programas de enriquecimiento temporal de oxígeno, disponibles en los ventiladores microprocesados (15).
- La desconexión seguida de ventilación manual mediante bolsa de resucitación no está recomendada, ya que se ha demostrado que puede ser inefectiva para alcanzar una FiO_2 de 100% (16, 17).
- La presión negativa generada por el dispositivo de aspiración debe ser verificada previo a la conexión al catéter de aspiración, ocluyendo el extremo de la tubuladura. La presión de aspiración utilizada debe ser la menor posible para que logre remover las secreciones. Estudios experimentales sugieren como nivel máximo de presión negativa en neonatos entre 80-100 mmHg y menos de 150 mmHg en adultos (18, 19).
- La técnica de aspiración cerrada facilita no solo la no interrupción de la VM y el aporte de oxígeno durante el proceso de aspiración (20-21), sino también puede prevenir el derreclutamiento asociado a la aspiración abierta en pacientes con alto riesgo de desaturación (por ej. en neonatos y prematuros) (22-29).

- Este último sistema debe ser considerado en pacientes con altos requerimientos de FiO_2 y PEEP (por ej síndrome de distress respiratorio agudo) (30-36). No incrementa ni disminuye el riesgo de neumonía asociada a la VM (NAVVM) (37-39).
- El cambio diario de los catéteres de aspiración cerrada no disminuye el riesgo de NAVVM y no es costo efectivo (40, 41).
- El paciente debe estar conectado a un oxímetro de pulso durante y después del procedimiento, para registrar la saturación arterial de O_2 .

PROCEDIMIENTO

- El procedimiento de aspiración consiste en la introducción de un catéter en la VAA hasta la tráquea y la generación de presión, en la medida que el catéter es retirado, con el objetivo de remover secreciones (42).
- La aspiración de secreciones con técnica mínimamente invasiva está recomendada para evitar el trauma sobre la mucosa traqueal (90).
- La utilización de aspiración profunda no aporta beneficio extra y se asocia a más eventos adversos (43-46).
- La duración de la aspiración no debería ser superior a 15 segundos (8, 47, 48).
- La aspiración abierta se debe realizar mediante técnica estéril (2).
- Instilación de solución salina normal. Se refiere a la administración de una cantidad de solución salina (SS) al 9%, en la tráquea a través de la VAA. Existe la hipótesis que la SS fluidifica las secreciones, permite mayor remoción, sobre todo en presencia de esputo adherente. Pero no hay suficiente evidencia para sostener esto. La SS aparece como un estimulante de la tos con el objetivo de remover secreciones en los adultos (49) y un estudio reciente menciona que podría disminuir la incidencia de NAVVM al utilizarla previo a la aspiración en poblaciones determinadas (50). Pero, la gran mayoría de los estudios consultados para la realización de esta guía indican que la instalación de SS normal no aporta beneficios y puede ser perjudicial (17, 48, 51-53). Por lo tanto, no debe ser utilizado de rutina en la aspiración de secreciones en pacientes con VAA.

SEGUIMIENTO POST PROCEDIMIENTO

Luego del procedimiento de aspiración:

- Hiperoxigenar por al menos 1 minuto posterior al procedimiento, utilizando las mismas técnicas que para pre-oxigenar, especialmente en pacientes que están hipoxémicos antes y/o durante el procedimiento (10).
- La hiperventilación no debe ser utilizada de rutina.
- Maniobras de reclutamiento deben ser aplicadas en pacientes con clara evidencia de derreclutamiento (30, 54, 55).
- Los pacientes deben tener adecuado monitoreo por las reacciones adversas que se puedan presentar.

AJUSTES Y PROGRAMACIÓN

La aspiración endotraqueal debe ser llevada a cabo por personal entrenado y en locaciones adecuadas que pueden incluir:

Hospital, centro de tercer nivel, hogar, hospital de día, consultorio externo, ambulancia.

INDICACIONES

- Necesidad de mantener la VAA íntegra y permeable.
- Remover secreciones bronquiales acumuladas, evidenciado por uno de los siguientes puntos:
 - Observar un patrón de serrucho en la curva de flujo espiratorio de la gráfica del VM o roncus audibles sobre la tráquea. Estos son fuertes indicadores de secreciones bronquiales retenidas (56, 57).
 - Incremento de la presión pico durante la VM en ventilación controlada por volumen o disminución del Vt en ventilación controlada por presión (58).
 - Deterioro de la saturación arterial de O₂ o de los valores de gas arterial (58).
 - Secreciones visibles en la VAA (58).
 - Pacientes incapaces de generar una tos voluntaria efectiva.
 - Dificultad respiratoria aguda (58).
 - Sospecha de aspiración de contenido gástrico o secreciones de la vía aérea superior.
 - Necesidad de obtener una muestra de secreciones bronquiales para identificar neumonía u otra infección respiratoria, o citología del esputo.

CONTRAINDICACIONES

La aspiración endotraqueal es un procedimiento necesario en los pacientes con ventilación a través de VAA. Muchas de las contraindicaciones son referidas al riesgo del paciente de desarrollar reacciones adversas o empeorar su condición clínica como consecuencia del procedimiento. Cuando la aspiración de secreciones está indicada, no hay contraindicaciones absolutas, ya que la no aplicación del procedimiento puede acarrear consecuencias peores.

CUIDADOS Y COMPLICACIONES

- Disminución de la compliance pulmonar dinámica (59) y de la capacidad residual funcional (60).
- Atelectasia (32-37).
- Hipoxia/Hipoxemia (61, 62).
- Trauma sobre la mucosa traqueal y/o bronquial (63).
- Broncoconstricción/broncoespasmo (1, 60).
- Incremento de la colonización microbiana en la vía aérea inferior (5, 64).
- Cambios en la perfusión cerebral (65, 66) e incremento de la presión intracraneana (67-69).
- Hipertensión (70).

- Hipotensión (17).
- Arritmias cardíaca (17).
- El uso de instilaciones de rutina (SS normal), que pueden estar asociadas a los siguientes efectos adversos:
 - Tos excesiva (49).
 - Disminución de la saturación arterial de O₂ (53, 71-75).
 - Broncoespasmo.
 - Desprendimiento del biofilm bacteriano que coloniza el TET y desplazarlo a la vía aérea inferior (50, 76-78).
 - Dolor, ansiedad y disnea (79, 80).
 - Taquicardia (53).
 - Incremento de la presión intracraneana (70, 81).

LIMITACIONES DEL MÉTODO

La aspiración endotraqueal no es un procedimiento inocuo y los operadores deben tomar los recaudos necesarios para evitar posibles peligros y complicaciones, para la seguridad del paciente. Las secreciones de la vía aérea periférica no son y no deberían ser removidas mediante la aspiración endotraqueal directa.

EVALUACIÓN DE NECESIDAD

El personal calificado debe realizar la evaluación de necesidad de aspiración endotraqueal como parte del monitoreo paciente/ventilador (como se detalla en la sección indicaciones).

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

- Mejoría en las gráficas del VM y en los sonidos respiratorios (57, 58).
- Disminución de la presión pico inspiratoria con menor diferencia pico/meseta; disminución de la resistencia o incremento de la compliance dinámica; incremento del Vt en ventilación controlada por presión.
- Mejoría en los valores de gas arterial o saturación reflejada en el oxímetro de pulso (SpO₂).
- Remoción de secreciones bronquiales.

RECURSOS

Equipamiento necesario:

- Fuente de vacío.
- Regulador de presión ajustable.
- Recipiente colector y tubuladura.
- Guantes descartables: estéril (aspiración abierta), limpio (aspiración cerrada).
- Catéter de aspiración estéril.

- Agua y box estériles (aspiración abierta).
- Gafas, barbijo y resto del equipo de precaución estándar (83).
- Fuente de oxígeno.
- Oxímetro de pulso.
- Bolsa de resucitación manual enriquecida con oxígeno de resguardo para situaciones de emergencia.
- Estetoscopio.
- Equipamiento opcional (electrocardiógrafo, mucosuctor estéril para toma de muestras de esputo).
- Personal con el entrenamiento y destrezas necesarias para identificar, realizar y recuperar al paciente durante el procedimiento de aspiración.

MONITOREO

Las siguientes debería ser el monitoreo principal durante y después del procedimiento:

- Sonidos respiratorios.
- Saturación de oxígeno.
- Color de la piel.
- Oxímetro de pulso.
- Frecuencia y patrón respiratorio.
- Parámetros hemodinámicos: frecuencia cardíaca, presión arterial (si estaba indicado su monitoreo).
- Electrocardiograma (si estaba indicado su monitoreo).
- Características del Espujo.
- Color, volumen, consistencia y olor.
- Características de la tos.
- Presión Intracraneana (si estaba indicado su monitoreo).
- Parámetros del ventilador mecánico (presión pico, presión plateau, volumen tidal, gráficas de presión/volumen/flujo, FiO₂).

FRECUENCIA

A pesar que el calibre interno de la VAA puede disminuir sustancialmente después de pocos días de colocada, consecuencia del biofilm y de la adhesión de mucus, no puede ser evitado mediante la aspiración rutinaria de la vía aérea. Este procedimiento debe ser utilizado sólo cuando haya indicación clínica para mantener la permeabilidad de la misma. Se deben tener consideraciones especiales para evitar las potenciales complicaciones del procedimiento, ya mencionadas en esta guía. La AVAA debe estar siempre debidamente justificada.

CONTROL DE INFECCIONES

- Se deberán tener en cuenta las precauciones estándar propuestas en las guías por el CDC (Centers for Disease Control) (83).

- Si se utiliza hiperventilación manual con bolsa de resucitación, se debe tener cuidado de no contaminar el dispositivo y la VA.
- Utilizar técnica estéril durante todo el procedimiento de aspiración.
- El equipo y elementos utilizados deben ser adecuados y aptos para el procedimiento.

RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se realizaron siguiendo el criterio GRADE (Grading of Recommendation Assessment, Development, and Evaluation) (88-89):

- Se recomienda no realizar aspiraciones de la VAA como un procedimiento de rutina, sólo utilizarla en presencia de secreciones (1C).
- Se sugiere pre-oxigenar previo al procedimiento, especialmente si hay reducción clínica de la saturación de oxígeno durante la aspiración (2B).
- Realizar la AVAA sin desconectar el VM es recomendable (2B).
- La utilización de aspiración mínimamente invasiva es recomendable en lugar de la aspiración profunda basado en la evidencia disponible de los estudios en infantes y neonatos (2B).
- No se debe utilizar la instilación de SS normal en la VAA previo a la aspiración en forma rutinaria (2C).
- Está sugerida la utilización de sistemas cerrados de aspiración en adultos con altos requerimientos de FiO₂, PEEP o riesgo de derreclutamiento alveolar, también en neonatos (2C).
- La aspiración de la VAA en neonatos, sin desconectar el VM, con sistemas de aspiración cerrada está recomendada (2B).
- Evitar la desconexión de la VM y/o utilizar maniobras de reclutamiento alveolar están recomendadas en los pacientes con SDRA, en los que se les provoque derreclutamiento alveolar con la aspiración (2B).
- Se sugiere utilizar catéteres de aspiración que ocluyan menos del 50% del lumen de la VAA en niños y adultos. Y para neonatos menos del 66% (2C).
- La duración de la aspiración se debe limitar a menos de 15 segundos (2C).

IDENTIFICACIÓN, ADAPTACIÓN Y DISPONIBILIDAD

Adaptación publicación original Respir Care 2010; 55(6): 758-764.

Desarrollo de la guía capítulo de Kinesiología Intensivista Mariano Setten. Prof Lic TF.

Disponibilidad www.sati.org.ar

Conflictos de interés: ninguno.

REFERENCIAS

1. Guglielminotti J, Desmonts J, Dureuil B. Effects of tracheal suctioning on respiratory resistances in mechanically ventilated patients. *Chest* 1998;113(5):1335-1338.
2. Koeppel R. Endotracheal tube suctioning in the newborn: a review of the literature. *Newborn Infant Nurs Rev* 2006;6:94-99.
3. Copnell B, Dargaville PA, Ryan EM, Kiraly NJ, Chin LO, Mills JF, Tingay DG. The effect of suction method, catheter size and suction pressure on lung volume changes during endotracheal suction in piglets. *Pediatr Res* 2009;66(4):405-410.
4. Kiraly NJ, Tingay DG, Mills JF, Morley CJ, Copnell B. Negative tracheal pressure during neonatal endotracheal suction. *Pediatr Res* 2008;64(1):29-33.
5. Tiffin NH, Keim MR, Frewen TC. The effects of variations in flow through an insufflating catheter and endotracheal-tube and suctioncatheter size on test-lung pressures. *Respir Care* 1990;35(9):889- 897.
6. Vanner R, Bick E. Tracheal pressures during open suctioning. *Naesthesia* 2008;63(3):313-315.
7. Singh NC, Kisson N, Frewen T, Tiffin N. Physiological responses to endotracheal and oral suctioning in pediatric patients: the influence of endotracheal tube sizes and suction pressures. *Clin Intensive Care* 1991;2(6):345-350.
8. Kerem E, Yatsiv I, Goitein KJ. Effect of endotracheal suctioning on arterial blood gases in children. *Intensive Care Med* 1990;16(2):95-99.
9. Bourgault AM, Brown CA, Hains SM, Parlow JL. Effects of endotracheal tube suctioning on arterial oxygen tension and heart rate variability. *Biol Res Nurs* 2006;7(4):268-278.
10. Pritchard M, Flenady V, Woodgate P. Preoxygenation for tracheal suctioning in intubated, ventilated newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev* 2001; (3):CD000427.
11. González-Cabello H, Furuya ME, Vargas MH, Tudón H, Garduño J, González-Ayala J. Evaluation of antihypoxemic maneuvers before tracheal aspiration in mechanically ventilated newborns. *Pediatr Pulmonol* 2005;39(1):46-50.
12. Pritchard MA, Flenady V, Woodgate P. Systematic review of the role of preoxygenation for tracheal suctioning in ventilated newborn infants. *J Paediatr Child Health* 2003;39(3):163-165.
13. Demir F, Dramali A. Requirement for 100% oxygen before and after closed suction. *J Adv Nurs* 2005;51(3):245-251. Erratum in: *J Adv Nurs* 2005;51(6):660.
14. Oh H, Seo W. A meta-analysis of the effects of various interventions in preventing endotracheal suction-induced hypoxemia. *J Clin Nurs* 2003;12(6):912-924.
15. Campbell RS, Branson RD. How ventilators provide temporary O2 enrichment: what happens when you press the 100% suction button? *Respir Care* 1992;37(8):933-937.
16. Barnes TA, McGarry WP. Evaluation of ten disposable manual resuscitators. *Respir Care* 1990;35(10):960-968.
17. Woodgate PG, Flenady V. Tracheal suctioning without disconnection in intubated ventilated neonates. *Cochrane Database Syst Rev* 2001;(2):CD003065.
18. Wilin´ska M, Zieliń´ska M, Szreter T, Lesiuk W, Wilkowski J, Ziółkowski J, Swietlin´ski J. [Endotracheal suctioning in neonates and children]. *Med Wieku Rozwoj* 2008;12(4):878-884. Article in Polish.

19. Plevak D, Ward J. Airway management. In: Burton G, Hodgkin J, editors. Respiratory care: a guideline to clinical practice. New York: Lippincott Williams & Wilkins; 1997:555-609.
20. Johnson KL, Kearney PA, Johnson SB, Niblett JB, MacMillan NL, McClain RE. Closed versus open endotracheal suctioning: costs and physiologic consequences. *Crit Care Med* 1994;22(4):658-666.
21. Lee CK, Ng KS, Tan SG, Ang R. Effect of different endotracheal suctioning systems on cardiorespiratory parameters of ventilated patients. *Ann Acad Med Singapore* 2001;30(3):239-244.
22. Woodgate PG, Flenady V. Tracheal suctioning without disconnection in intubated ventilated neonates. *Cochrane Database Syst Rev* 2001;(2):CD003065.
23. Lindgren S, Odenstedt H, Olegård C, Söndergaard S, Lundin S, Stenqvist O. Regional lung derecruitment after endotracheal suction during volume- or pressure- controlled ventilation: a study using electric impedance tomography. *Intensive Care Med* 2007;33(1):172-180.
24. Kalyn A, Blatz S, Feuerstake S, Paes B, Bautista C. Closed suctioning of intubated neonates maintains better physiologic stability: a randomized trial. *J Perinatol* 2003;23(3):218-222.
25. Tan AM, Gomez JM, Mathews J, Williams M, Paratz J, Rajadural VS. Closed versus partially ventilated endotracheal suction in extremely preterm neonates: physiological consequences. *Intensive Crit Care Nurs* 2005;21(4):234-242.
26. Cordero L, Sananes M, Ayers LW. Comparison of a closed (Trach Care MAC) with an open endotracheal suction system in small premature infants. *J Perinatol* 2000;20(3):151-156.
27. Choong K, Chatrkaw P, Frndova H, Cox PN. Comparison of loss in lung volume with open versus in-line catheter endotracheal suctioning. *Pediatr Crit Care Med* 2003;4(1):69-73.
28. Kiraly NJ, Tingay DG, Mills JF, Morley CJ, Dargaville PA, Copnell B. The effects of closed endotracheal suction on ventilation during conventional and high frequency oscillatory ventilation. *Pediatr Res* 2009;66(4):400-404.
29. Hoellering AB, Copnell B, Dargaville PA, Mills JF, Tingay DG. Lung volume and cardiorespiratory changes during open and closed endotracheal suction in ventilated newborn infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2008;93(6):F436-F441.
30. Maggiore S, Lellouche F, Pigeot J, Taille S, Deye N, Durrmeyer X, et al. Prevention of endotracheal suctioning-induced alveolar derecruitment in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;1(9):1215-1224.
31. Brochard L, Mion G, Isabey D, Bertrand C, Messadi AA, Mancebo J, et al. Constant-flow insufflation prevents arterial oxygen desaturation during endotracheal suctioning. *Am Rev Respir Dis* 1991;144(2):395-400.
32. Lasocki S, Lu Q, Sartorius A, Foulliat D, Remerand F, Rouby JJ. Open and closed-circuit endotracheal suctioning in acute lung injury: efficiency and effects on gas exchange. *Anesthesiology* 2006; 104(1):39-47.
33. Tingay DG, Copnell B, Mills JF, Morley CJ, Dargaville PA. Effects of open endotracheal suction on lung volume in infants receiving HFOV. *Intensive Care Med* 2007;33(4):689-693.

34. Cereda M, Villa F, Colombo E, Greco G, Nacoti M, Presenti A. Closed system endotracheal suctioning maintains lung volume during volume-controlled mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2001;27(4):648-654.
35. Caramenz MP, Schettino G, Suchodolski K, Nishida T, Harris RS, Malhotra A, Kacmarek RM. The impact of endotracheal suctioning on gas exchange and hemodynamics during lung-protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Respir Care* 2006;51(5):497-502.
36. Fernández MD, Piacentini E, Blanch L, Fernández R. Changes in lung volume with three systems of endotracheal suctioning with and without preoxygenation in patients with mild-to-moderate lung failure. *Intensive Care Med* 2004;30(12):2210-2215.
37. Subirana M, Solá I, Benito S. Closed tracheal suction systems versus open tracheal suction systems for mechanically ventilated adult patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;(4):CD004581.
38. Topeli A, Harmanci A, Cetinkaya Y, Akdeniz S, Unal S. Comparison of the effect of closed versus open endotracheal suction systems on the development of ventilator-associated pneumonia. *J Hosp Infect* 2004;58(1):14-19.
39. Zeitoun SS, de Barros AL, Diccini S. A prospective, randomized study of ventilator-associated pneumonia in patients using a closed vs. open suction system. *J Clin Nurs* 2003;12(4):484-489.
40. Kollef MH, Prentice D, Shapiro SD, Fraser VJ, Silver P, Trovillon E, et al. Mechanical ventilation with or without daily changes of in-line suction catheters. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156(2):466-472.
41. Stoller JK, Orens DK, Fatica C, Elliott M, Kester L, Woods J, et al. Weekly versus daily changes of in-line suction catheters: impact on rates of ventilator-associated pneumonia and associated costs. *Respir Care* 2003;48(5):494-499.
42. Gardner DL, Shirland L. Evidence-based guideline for suctioning the intubated neonate and infant. *Neonatal Netw* 2009;28(5):281-302.
43. Spence K, Gillies D, Waterworth L. Deep versus shallow suction of endotracheal tubes in ventilated neonates and young infants. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;(3):CD003309.
44. Boothroyd AE, Murthy BV, Darbyshire A, Petros AJ. Endotracheal suctioning causes right upper lobe collapse in intubated children. *Acta Paediatr* 1996;85(12):1422-1425.
45. Ahn Y, Hwang T. The effects of shallow versus deep endotracheal suctioning on the cytological components of respiratory aspirates in high-risk infants. *Respiration* 2003;70(2):172-178.
46. Youngmee A, Yonghoon J. The effects of shallow and deep endotracheal suctioning on oxygen saturation and heart rate in high-risk infants. *Int J Nurs Stud* 2003;40(2):97-104.
47. Pederson CM, Rosendahl-Nielsen M, Hjermand J, Egerod I. Endotracheal suctioning of the adult intubated patient- what is the evidence? *Intensive Crit Care Nurs* 2009;25(1):21-30.
48. Morrow BM, Argent AC. A comprehensive review of pediatric endotracheal suctioning: effects, indications, and clinical practice. *Pediatr Crit Care Med* 2008;9(5):465-477.

49. Gray JE, MacIntyre NR, Kronenberger WG. The effects of bolus normal-saline instillation in conjunction with endotracheal suctioning. *Respir Care* 1990;35(8):785-790.
50. Caruso P, Denari S, Ruiz SA, Demarzo SE, Deheinzelin D. Saline instillation before tracheal suctioning decreases the incidence of ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med* 2009;37(1):32- 38.
51. Branson RD. Secretion management in the mechanically ventilated patient. *Respir Care* 2007;52(10):1328-1347.
52. Celik SA, Kanan N. A current conflict: use of isotonic sodium chloride solution on endotracheal suctioning in critically ill patients. *Dimens Crit Care Nurs* 2006;25(1):11-14.
53. Ridling DA, Martin LD, Bratton SL. Endotracheal suctioning with or without instillation of isotonic sodium chloride solution in critically ill children. *Am J Crit Care* 2003;12(3):212-219.
54. Morrow B, Futter M, Argent A. A recruitment maneuver performed after endotracheal suction does not increase dynamic compliance in ventilated pediatric patients: a randomised controlled trial. *Aust J Physiotherapy* 2007;53(3):163-169.
55. Dyhr T, Bonde J, Larsson A. Lung recruitment maneuvers are effective in regaining lung volume and oxygenation after open endotracheal suctioning in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care* 2003;7(1):55-62.
56. Guglielminotti J, Alzieu M, Guidet B, Offenstadt G. Bedside detection on retained tracheobronchial secretions in patients receiving mechanical ventilation: is it time for tracheal suction? *Chest* 2000;118(4):1095-1099.
57. Wood CJ. Can nurses safely assess the need for endotracheal suction in short-term ventilated patients, instead of using routine techniques? *Intensive Crit Care Nurs* 1998;14(4):170-178.
58. Morrow B, Futter M, Argent A. Endotracheal suctioning: from principles to practice. *Intensive Care Med* 2004;30(6):1167-1174.
59. Main E, Castle R, Newham D, Stocks J. Respiratory physiotherapy vs suction: the effects on respiratory function in ventilated infants and children. *Intensive Care Med* 2004;30(6):1144- 1151.
60. Heinze H, Sedemund-Adib B, Heringlake M, Gosch UW, Eichler W. Functional residual capacity changes after different endotracheal suctioning methods. *Anesth Analg* 2008;107(3):941-944.
61. Sabirana M, Sola I, Benito S. Closed tracheal suction systems versus open suction systems for mechanically ventilated adult patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;(4):CD004581.
62. Jongerden IP, Rovers MM, Grypdonck MH, Bonten MJ. Open and closed endotracheal suction systems in mechanically ventilated patients: a metaanalysis. *Crit Care Med* 2007;35(1):260- 270.
63. Runton N. Suctioning artificial airways in children: appropriate technique. *Paediatr Nurs* 1992;18(2):115-118.
64. Freytag CC, Thies FL, König W, Welte T. Prolonged application of closed in-line suction catheters increases microbial colonization of the lower respiratory tract and bacterial growth on catheter surface. *Infection* 2003;31(1):31- 37.

65. Skov L, Ryding J, Pryds O, Greisen G. Changes in cerebral oxygenation and cerebral blood volume during endotracheal suctioning in ventilated neonates. *Acta Paediatr* 1992;81(5):389-393.
66. Shah AR, Kurth CD, Gwiazdowski SG, Chance B, Delivoria- Papadopoulos M. Fluctuations in cerebral oxygenation and blood volume during endotracheal suctioning in premature infants. *J Pediatr* 1992;120(5):769-774.
67. Kerr ME, Rudy EB, Weber BB, Stone KS, Turner BS, Orndoff PA, et al. Effect of short-duration hyperventilation during endotracheal suctioning on intracranial pressure in severe head-injured adults. *Nurs Res* 1997;46(4):195-201.
68. Kerr ME, Sereika SM, Orndoff P, Weber B, Rudy EB, Marion D, et al. Effects of neuromuscular blockers and opiates on the cerebrovascular response to endotracheal suctioning in adults with severe head injuries. *Am J Crit Care* 1998;7(3):205-217.
69. Rudy EB, Turner BS, Baun M, Stone KS, Brucia J. Endotracheal suctioning in adults with head injury. *Heart Lung* 1991;20(6):667-674.
70. Evans JC. Reducing the hypoxemia, bradycardia, and apnea associated with suctioning in low birthweight infants. *J Perinatol* 1992; 12(2):137-142.
71. Ackerman M, Gugerty B. The effect of normal saline bolus instillation in artificial airways. *J Soc Otorhinolaryngol Head Neck Nurses* 1990;8:14-17.
72. Reynolds P, Hoffman L, Schlicting R. Effects of normal saline instillation on secretion volume, dynamic compliance and oxygen saturation (abstract). *Am Rev Respir Dis* 1990;141:A574.
73. Kinloch D. Instillation of normal saline during endotracheal suctioning: effects on mixed venous oxygen saturation. *Am J Crit Care* 1999;8(4):231- 242.
74. Akgul S, Akyolcu N. Effects of normal saline on endotracheal suctioning. *J Clin Nurs* 2002;11(6):826-830.
75. Ji YR, Kim HS, Park JH. Instillation of normal saline before suctioning in patients with pneumonia. *Yonsei Med J* 2002;43:607-612.
76. Ackerman MH. The effect of saline lavage prior to suctioning. *Am J Crit Care* 1993;2(4):326-330.
77. Hagler DA, Traver GA. Endotracheal saline and suction catheters: sources of lower airway contamination. *Am J Crit Care* 1994;3(6): 444-447.
78. Estes RJ, Meduri GU. The pathogenesis of ventilator-associated pneumonia. I. Mechanisms of bacterial transcolonization and airway inoculation. *Intensive Care Med* 1995;21(4):365-383.
79. Jablonski R. The experience of being mechanically ventilated. *Qual Health Res* 1994;4(2):186-207.
80. O'Neal P, Grap M, Thompson C, Dudley W. Level of dyspnoea experienced in mechanically ventilated adults with and without saline instillation prior to endotracheal suctioning. *Intensive Crit Care Nurs* 2001;17(6):356-363.
81. Chulay M. Why do we keep putting saline down endotracheal tubes? It's time for a change in the way we suction! *Capsules Comments* 1994;2(4):7-11.
82. Kubota Y, Toyoda Y, Kubota H, Asada A, Ueda Y, Hirota Y. Treatment of atelectasis of upper lung lobes. Selective bronchial suctioning with J-shaped catheter tip and guide mark. *Anaesthesia* 1990; 45(10):842-845.
83. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L; Centers for Disease Control and Prevention, Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Guidelines for

isolation precautions: preventing transmission of infectious agent in health setting 2007. <http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/guidelines/isolation2007.pdf>. Accessed April 6, 2010.

84. Shah C, Kollef MH. Endotracheal tube intraluminal volume loss among mechanically ventilated patients. *Crit Care Med* 2004;32(1): 120-125.

85. Van de Leur JP, Zwaveling JH, Loef BG, Van der Schans CP. Endotracheal suctioning versus minimally invasive airway suctioning in intubated patients: a prospective randomised controlled trial. *Intensive Care Med* 2003;29(3):426-432. Erratum in: *Intensive Care Med* 2003;29(7):1798.

86. Cordero L, Sananes M, Ayers LW. A comparison of two airway suctioning frequencies in mechanically ventilated, very-low-birthweight infants. *Respir Care* 2001;46(8):783-788.

87. Wilson G, Hughes G, Rennie J, Morley C. Evaluation of two endotracheal suction regimes in babies ventilated for respiratory distress syndrome. *Early Hum Dev* 1991;25(2):87-90.

88. Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, Schünemann HJ; GRADE Working Group. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ* 2008;336(7650):924-926.

89. Jaeschke R, Guyatt GH, Dellinger P, Schünemann H, Levy MM, Kunz R, et al; GRADE Working Group. Use of GRADE grid to reach decisions on clinical practice guidelines when consensus is elusive. *BMJ* 2008;337:a744.

90. Gilles D, Spence K. Deep vs shallow suction of endotracheal tubes in ventilated neonates and young infants. *Cochrane database Syst Rev*. 2011 Jul 6;(7): CD003309.