TUBOS ENDOTRAQUEALES: REVISIÓN

Resumen

El tubo endotraqueal (*TET*) es la interfaz más utilizada para la aplicación de ventilación mecánica invasiva. El conocimiento de las características técnicas (el diámetro, la longitud, el material del que está fabricado, etc.) resulta fundamental para una adecuada utilización del dispositivo e interpretación de la mecánica del sistema respiratorio (flujos, resistencia, parámetros de liberación de la ventilación mecánica, etc.) en pacientes intubados. En la siguiente revisión se realizó una descripción de los *TET* unilumen, doble lumen y de aquellos con características especiales. A pesar que la mayoría de los pacientes podrían beneficiarse de la utilización de los *TET* unilumen, resulta relevante el conocimiento de las características particulares del resto de los *TET* de forma tal de elegir el dispositivo apropiado para los requerimientos del paciente en una situación dada. Dentro de los *TET* especiales, se realizó una breve revisión de la evidencia de tubos modificados para la prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica.

*Palabras claves: tubos endotraqueales, interfaces, ventilación mecánica.*

Abstract

Endotracheal tubes are the most common devices used for the application of invasive mechanical ventilation. Knowledge of technical characteristics (diameter, length, material, etc.) is essential for the appropriate utilization of this tubes and interpretation of respiratory mechanics (flow, resistance, weaning parameters, etc.) in intubated patients. In this review we have described single-lumen tubes, double-lumen tubes and tubes with special purposes. Even though most patients will benefit with the use of single-lumen tubes, it seems relevant to be familiar with the wide range of tubes with different features in order to choose the suitable tube for patient´s requirement in a given situation. Within special purposes tubes, we have done a short review of the evidence that supports the utilization of endotracheal tubes designed to prevent ventilator-associated pneumonia.

*Keywords: endotracheal tubes, interfaces, mechanical ventilation.*

Contenidos

Introducción ………………………………………………Pág.3

Tubos Endotraqueales Unilumen ………………………………………………Pág.6

Tubos Endotraqueales Doble lumen …………………………………………..….Pág.10

Tubos Endotraqueales Especiales ...…………………………………....……...Pág.13

Conclusiones ..…………………………………………….Pág.22

Bibliografía ...…………………………………………….Pág.23

Objetivos

El objetivo de la siguiente revisión es describir las características de los distintos tubos endotraqueales (*TET*) de adultos así como sus indicaciones. A su vez, se hará una breve descripción de la evidencia existente para la utilización de “*tubos endotraqueales especiales”* en distintos escenarios (para lo cual será necesario recurrir a la descripción de dispositivos de distintas marcas comerciales).

Introducción

Los tubos endotraqueales son dispositivos rígidos cuyo objetivo es asegurar la permeabilidad de la vía aérea y su utilización tiene tres indicaciones mayores:

1) Mantener y proteger la vía aérea en pacientes que no pueden lograrlo por diferentes causas (intoxicación, déficit neurológico, disfunción laríngea, trauma etc.).

2) Mantener la ventilación en una vía aérea permeable durante los procedimientos quirúrgicos.

3) Permitir la aplicación de ventilación mecánica (*VM*) a presión positiva (cuando no esté indicada la administración de la misma en forma no invasiva).

El tubo endotraqueal reemplaza el espacio muerto generado en la vía aérea extratorácica por uno de menor volumen. El volumen del *TET* se calcula a partir de la fórmula del volumen de un cilindro:

Donde V es volumen del cilindro, r es el radio y l el largo del *TET*. Entonces, un paciente con un *TET* N°8 presentará un volumen:

Es decir, el volumen de espacio muerto del *TET* es menor al de la vía aérea extratorácica (75 ml aprox.). Este volumen no debe confundirse con el volumen de espacio muerto anatómico (*EMA*) que contempla no solo la vía aérea extratorácica sino la “vía aérea de conducción” y varía entre 100 y 150 ml, y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

A su vez, el *TET* genera un incremento de la resistencia (*R*) que dependerá del diámetro del mismo, del flujo circulante y la turbulencia generada; y puede calcularse a partir de la Ley de Hagen-Poiseuille que en condiciones de flujo laminar (número de Reynolds menor a 2000) se calcula como:

Y en flujo turbulento (número de Reynolds mayor a 2000):

donde*η* es la viscosidad del elemento y *l* y *r* la longitud y el radio del conductor, respectivamente.

De la ecuación (3) se desprende que la resistencia del *TET* depende fundamentalmente del radio del mismo y el incremento de la*R*genera, en ventilación espontánea, aumento del trabajo respiratorio (*WOB*) y del *ITTdi* (índice tensión tiempo del diafragma) más aún si el volumen minuto (*VM*) respiratorio es elevado[[1]](#endnote-2) (Figura 1).

**Figura 1. El incremento del *Trabajo Respiratorio* generado por la disminución del calibre del *TET* es especialmente significativo cuando el *VM* aumenta más allá de los 10L/min.**

Una disminución del área transversal del *TET* entre el 25 y el 50% genera incrementos significativos en la resistencia independientemente de la localización de la obstrucción (proximal, medial, distal)[[2]](#endnote-3). La resistencia del *TET* es menor en el modelo in vitro que cuando se calcula in vivo ya que se agregan las resistencias generadas por el impacto de secreciones, el biofilm y la deformación del *TET*(Figura 2) y pueden ser determinantes del éxito de la prueba de ventilación espontánea[[3]](#endnote-4).

**Figura 2**. El coeficiente de resistencia se incrementa significativamente cuando la medición se realiza en tubos endotraqueales reales en relación a los medidos en laboratorio (de referencia3, con autorización)

Esta aclaración respecto de la *R* generada por el *TET* in vivo en comparación al in vitro parece, a primera vista, obvia. Existen en el mercado programas diseñados para compensar la *R* del *TET* (compensación automática del tubo “ATC”) mediante la aplicación de presión positiva proporcional al flujo inspiratorio (realiza un cálculo continuo de caída de presión a lo largo del TET durante la inspiración) teniendo en cuenta el coeficiente de *R* del *TET* conocido. Sin embargo, ese coeficiente de resistencia no coincide necesariamente con la resistencia “real” (in vivo) del *TET* pudiendo generar una compensación menor a la requerida[[4]](#endnote-5). Pueden requerirse entre 5 y 22 cmH2O para vencer el *WOB* generado por esta resistencia que a su vez es variable; ocurre en todos los diámetros de *TET*, varía según el tipo de humidificación[[5]](#endnote-6) utilizada y según los días de la ventilación mecánica (*VM*)[[6]](#endnote-7).

En virtud de esto, se recomienda la utilización de *TET* con el diámetro adecuado para cada individuo. Tubos demasiado grandes pueden promover lesiones laríngeas, mientras que tubos demasiado pequeños aumentan la resistencia y pueden requerir un sobreinsuflado del manguito para proporcionar un sellado hermético durante la ventilación. Esta excesiva presión puede resultar en lesión y daño traqueal. Estas consideraciones son aún más importantes cuando se prolonga el tiempo de intubación/ventilación invasiva.

Se han postulado distintas recomendaciones para la selección del diámetro del *TET* para cada paciente. Algunos autores sugieren utilizar *TET* con diámetro interno de 7 o 7.5 mm para las mujeres y 8 mm para los hombres[[7]](#endnote-8). En un estudio de Higenbottam y cols.[[8]](#endnote-9) relacionaron el diámetro antero-posterior (*DAP*) de la laringe (ya que lo consideraron el lugar más estrecho de la vía aérea superior (*VAS*)) con la altura del paciente y así calcularon el diámetro del tubo a utilizar según la siguiente fórmula:

siendo h la altura en metros.

Sin embargo, otros autores describen el espacio subglótico (diámetro del anillo cricoideo) y no el espacio cordal como el sitio más estrecho de la *VAS* que a su vez tiene una pobre correlación con la altura del paciente[[9]](#endnote-10) lo que invalidaría la fórmula propuesta por Higenbottam. Todos los autores coinciden que a alturas iguales, las mujeres presentan un diámetro antero-posterior laríngeo y un espacio subglótico significativamente menor que los hombres. Cabe destacar que los diámetros externos de los *TET* varían ampliamente entre marcas comerciales siendo este dato fundamental al momento de elegir una marca en particular.

Otro punto a considerar es la longitud del *TET* y su correcta ubicación en la vía aérea (*VA*). La longitud de la *VA*, a diferencia del diámetro, correlaciona adecuadamente con la altura.Eagle y cols.[[10]](#endnote-11) propusieron las siguientes fórmulas para establecer la distancia a la cual colocar el *TET* (tanto orotraqueal (*TOT*) como nasotraqueal (*TNT*)) aunque recomendaban una confirmación radiológica del mismo.

siendo h la altura en metros.

En estudios más recientes realizados con fibrobroncoscopía, Cherng y cols.[[11]](#endnote-12) desarrollaron la siguiente ecuación en relación a la ubicación del *TOT* (desde 5 cm de la carina hasta el ángulo derecho de la boca):

siendo h la altura del paciente en cm. En un paciente que mide 170 cm, reemplazamos la fórmula (8):

= 21cm, es decir, el *TET* debe quedar a 21 cm en el ángulo de la boca y el extremo distal se ubicará a 5 cm de la carina.

Otros autores recomiendan mediciones topográficas (labio – mandíbula – esternón) para el posicionamiento del *TOT*[[12]](#endnote-13).Más allá de las fórmulas descriptas, las guías recomiendan el control radiológico para confirmar el adecuado posicionamiento del *TET*(a 4 cm por encima de la carina) con el objetivo de evitar intubaciones selectivas con los cambios posicionales del paciente.

Tubos Endotraqueales: Clasificación

Existe una enorme variedad de *TET* con características distintivas según la función para la que fueron diseñados. Por lo tanto, una adecuada descripción de un *TET* debería contemplar eldiámetro (interno y externo), la longitud, el material con el que está fabricado y su toxicidad, ángulo y dirección del bisel, tamaño del ojo de Murphy, presencia y densidad del marcador radiopaco, el radio de curvatura, las características del balón testigo, entre otras.

A fin de lograr una descripción de las características más relevantes de los *TET* hemos decidido clasificarlos inicialmente en dos grandes grupos, *TET* de un lumen o de doble lumen; y a su vez, subclasificar los de un lumen en aquellos con características específicas o “especiales”.

1- *TET* Unilumen

2- *TET* Doble lumen:

a) TDL propiamente dicho

b) Dispositivos de bloqueo bronquial

3- *TET* Especializados:

a) Tubos Preformados

b) Tubos Espiralados

c) Tubos Laser Resistentes

d) Tubos con Puertos Adicionales

e) Tubos para Prevención de Neumonía Asociada a la Ventilación Mecánica (*NAVM)*

e1 - Con aspiración Subglótica

e2 - Con balón de Poliuretano

e3 – Antibacterianos

1- Tubos Endotraqueales Unilumen

Los tubos de un lumen son dispositivos estériles fabricados a partir de cloruro de polivinilo o silicona. El diseño de los *TET* actuales está determinado por las normas de consenso de la ANMAT[[13]](#endnote-14). Estas normas incluyen aspectos del tubo endotraqueal como el diámetro interior y exterior, marcadores de distancia desde la punta, prueba de toxicidad del material, dirección y ángulo del bisel, curvatura y radio del tubo, tamaño y forma del ojo Murphy, por citar algunas.

Los tubos endotraqueales estándar de un solo lumen pueden ser introducidos por vía oral o nasal. Estos tubos presentan hacia el extremo distal un manguito conectado a un balón piloto proximal. Las características de los balones, hoy en día, son de alto volumen y baja presión (*BPAV*). En la década del ‘60 los balones eran fabricados de una goma roja de alta presión y bajo volumen (*APBV*) que presentaban una menor área de contacto con la tráquea y su deformación era circular generando mayor presión en una superficie menor, y por ello, importantes lesiones en la mucosa traqueal. Estas complicaciones generaron que estos balones se discontinuaran para dar lugar a aquellos de baja presión y alto volumen fabricados de PVC o poliuretano[[14]](#endnote-15). Además de las ventajas derivadas de la menor presión sobre la superficie traqueal, los balones de *BPAV* son de bajo costo. Por otra parte ofrecen mejor protección contra la aspiración que los de baja presión ya que su deformación es cónica.

El balón debe ser insuflado a una presión no mayor a la de perfusión capilar de la mucosa traqueal (20 a 25 mmHg)[[15]](#endnote-16),[[16]](#endnote-17)para evitar lesiones e isquemia de dicha mucosa. Por otra parte, el manguito permite un relativo cierre hermético dentro de la tráquea (no existe un sellamiento completo) por lo que no protege completamente de la aspiración de secreciones acumuladas por encima del mismo o de la aspiración del contenido gástrico regurgitado y alojado en la hipo faringe, principal mecanismo de neumonía asociada a la ventilación mecánica (o a la vía aérea artificial)[[17]](#endnote-18). Es decir, el balón no genera un cierre hermético y si además se encuentra desinflado (presiones inferiores a 20 mmHg), se generan pliegues longitudinales que predispondrían aún más al proceso de broncoaspiración. La aplicación de presiones por encima de este nivel durante un período prolongado pueden generar lesiones traqueales, entre ellas, traqueomalacia post intubación, estenosis traqueal o ambas[[18]](#endnote-19). La insuflación del balón a una presión superior a 34 cmH2O resulta en una disminución de la perfusión de la mucosa traqueal mientras que la microcirculación de dicha mucosa se interrumpe por completo cuando la presión alcanza los 50 cmH2O. La presión de perfusión de la mucosa traqueal varía en pacientes con hipotensión dado que la isquemia puede darse a presiones aún menores del balón debido a la caída de la presión de perfusión general (sin discriminar la mucosa traqueal). Es importante mencionar que el volumen necesario para alcanzar esa presión intrabalón varía considerablemente entre los pacientes independientemente del tamaño del tubo o características antropométricas. Por ello, resulta fundamental realizar la medición de la presión del balón con un manómetro varias veces al día[[19]](#endnote-20). Una función secundaria del balón es centrar el tubo en la tráquea e inflarse uniformemente alrededor de *TET* para que su extremo distal no lesione la mucosa.

En los adultos, la apertura de la glotis es la que limita el paso de los *TET*, mientras que en niños menores de 8 años, la apertura de la glotis es mayor en relación al tamaño de la luz traqueal y la oclusión/fijación del *TET* ocurre, a menudo, a nivel del cartílago cricoides. Por lo tanto, en este grupo etario, se recomiendan tubos sin balón, aunque este concepto ha sido recientemente cuestionado[[20]](#endnote-21).

Durante la anestesia general, el uso de óxido nitroso (66% N2O) genera un problema mayor ya que este gas se intercambia con el nitrógeno del aire de cualquier cavidad corporal (y por ende del balón). Aún más, el óxido nitroso entrará en la cavidad más rápido que los escapes de nitrógeno y por ende incrementará el volumen o la presión o ambos en esa cavidad. El aumento de la presión del manguito varía directamente con la presión parcial de N2O y el tiempo y en forma inversa con el grosor del balón. El gas difundirá dentro del balón durante el tiempo de administración de la anestesia generando cambios de presión, sobre todo durante la primera hora. Este beneficio secundario de agregar N2O al balón es cuestionable dado que el gas difundirá fuera o dentro de él dependiendo de la concentración de N2O, dando como resultado fugas o sellado inadecuado[[21]](#endnote-22).

Otros balones disponibles son los de espuma de silicona (Bivona®, SmithsMedical) que son de alto volumen y baja presión que se expanden luego de la intubación quedando carentes de aire. Este balón, debe ser desinflado completamente (aspirado) antes de la intubación y se insufla pasivamente sólo dejando el balón testigo al aire ambiente. Una vez expandido, realiza el sellado completo de la tráquea adaptándose a su contorno. La mayor desventaja es el alto riesgo de microaspiración que presentan estos balones18.

La integridad del manguito debe comprobarse antes de colocar el tubo, testeando tanto las fugas como la insuflación simétrica del mismo. Incluso con un balón que envuelva concéntricamente el *TET*, existe la posibilidad que la pared lateral de la tráquea ocluya el extremo distal biselado del tubo durante la espiración. Esto puede ocurrir como resultado de una patología de las vías respiratorias superiores o de un trayecto distorsionado de la tráquea por un arco aórtico prominente, por ejemplo7.

Los *TET* deben tener una curva natural que facilita la entrada a la laringe. El ángulo de la curvatura está especificado en los estándares de calidad y variará entre 12 y 16 grados. Otra característica de los tubos endotraqueales es que poseen una línea radio opaca longitudinal para poder localizarlos en la radiografía de tórax.

El tubo se coloca mediante laringoscopia directa con o sin la ayuda de un mandril y se proyecta hasta una marca exterior ubicada a20-24 cm de la arcada dentaria inferior. La variabilidad de la longitud traqueal generalmente está relacionada con la altura del paciente y es la responsable de este amplio rango en el que el *TET* debe fijarse (ver fórmulas previas).Los mandriles están hechos de un metal maleable, con una capa sintética y generalmente conformados en forma de un palo de hockey para ayudar en el paso de la vía aérea superior. Se puede aplicar una pequeña cantidad de lubricación a su superficie exterior antes de inserción en el *TET* para facilitar la extracción del mismo una vez finalizada la intubación.

Debe asegurarse que la punta del estilete no sobresalga más allá de la punta distal del tubo endotraqueal y retirarlo inmediatamente una vez que el tubo pasa más allá de la cuerda vocal, para evitar lesiones en la tráquea.

Se puede considerar la colocación de anestesia tópica para mejorar la tolerancia a la intubación. Rociar con anestésico local las cuerdas vocales y la laringe puede contribuir a disminuir el aumento de presión arterial de particular importancia en pacientes con alteración de la compliance cerebral (injuria cerebral, hemorragias, tumores)18.

El *TET* termina en su extremo distal con un bisel que forma un ángulo de 45° con el eje longitudinal. A su vez, presentan un orificio llamado ojo de Murphy (Figura3b) que es una fenestra lateral situada en el lado opuesto a la dirección del bisel, para permitir la ventilación en caso que el bisel se obstruya con la pared traqueal. Cuando está presente debe ser al menos de un 80% del área de sección transversal del *TET*. Los tubos que no poseen esta fenestra son llamados Tipo Magill (Figura3a) y tienen mayor riesgo de oclusión en el caso de que la punta haga tope con la pared traqueal (Figura 3).

**Figura 3: *TET* Unilumen (gentilezaCovidien) 3 A: Tipo Magill 3 B: Tipo Murphy**

En el extremo proximal del *TET* suele figurar el diámetro interno (en milímetros) que es con el que se clasifica al *TET*, y también el diámetro externo que varía según la marca comercial. Este dato también puede figurar en el conector universal(15 mm de diámetro) unido al extremo proximal que permite la adaptación del *TET* a cualquier dispositivo (bolsa de resucitación, circuito respiratorio, etc.).

Ventilación Unipulmonar- Ventilación Pulmonar Independiente

Proporcionar ventilación pulmonar independiente es crítico bajo ciertas circunstancias y útil en otras. En términos generales, la ventilación de un solo pulmón está indicada para facilitar la exposición en cirugía torácica (deflación de un pulmón), lavado pulmonar de un pulmón y para aislamiento de sustancias contaminantes o sangre del pulmón contralateral. Terapéuticamente, la ventilación pulmonar independiente puede ser beneficiosa en pacientes críticamente enfermos con enfermedad pulmonar asimétrica[[22]](#endnote-23) como fístula broncopleural o el manejo post operatorio de complicaciones del pulmón transplantado.

2- Tubos Endotraqueales Doble Lumen

Existe gran variedad de tubos endotraqueales para proporcionar ventilación pulmonar independiente (*VPI*). Estos tubos pueden ser clasificados en dos categorías:

(a) **Tubos Endotraqueales Doble Lumen propiamente dichos (TDL)**

(b) **Dispositivos de bloqueo bronquial** que permiten ventilación pulmonar unilateral ya que bloquean el movimiento de aire o líquido desde un pulmón hacia el otro.

(a) Los tubos Doble Lumen (TDL) llamados Robertshaw® (Figura 4), son los más comúnmente utilizados para realizar *VPI*. Estos tubos pueden ser izquierdos o derechos, con el lumen mayor proyectado en el bronquio principal que lleva su nombre. Por ejemplo, el tubo izquierdo tiene un lumen bronquial que se proyecta en el bronquio fuente izquierdo. La ventilación del pulmón derecho está asegurada por una luz proximal a la carina[[23]](#endnote-24),[[24]](#endnote-25). Estos tubos están fabricados de PVC y divididos longitudinalmente por un tabique central. Las curvaturas específicas hacen que sean derechos o izquierdos. Posee dos balones (azul y transparente o anaranjado) de baja presión adheridos al sector distal que se delimitan con anillos de tungsteno visibles a los Rayos X. Tienen una bifurcación en el extremo proximal unidas a una pieza en Y de PVC flexible y de ahí salen dos tubos independientes Bronquial, (Azul) y Traqueal (transparente o anaranjado). Estos tubos están disponibles en varios calibres: 28 Fr, 35 Fr, 37 Fr, 39 Fr y 41 Fr y tienen una longitud de 42 cm aproximadamente. Cuanto más pequeño es el calibre, mayor será la resistencia al flujo de aire (ver ecuación 3), considerando que un *TDL* calibre 39 Fr es equivalente a un *TET* número 7, y un 35 Fr equivale a un número 6.

**Figura 4.TDL Tipo Robertshaw izquierdo**

Una característica adicional es que pueden tener un tope en carina para evitar su desplazamiento distal y se conocen como variante *Carlens* si es izquierdo o *White* es derecho (Figura 5).

**Figura 5. A: *TDL* tipo Carlens 5 B: *TDL* tipo White (gentileza Propato)**

Los *TDL* pueden posicionarse a ciegas confirmando su ubicación por auscultación; Sin embargo, para garantizarla colocación correcta se requiere de la visualización a través de fibrobroncoscopía (*FBC*) con un fibrobroncoscopio flexible que pase a través de la luz traqueal.

Los *TDL* izquierdos son generalmente más fáciles de colocar que los derechos dado que el bronquio fuente izquierdo es, habitualmente, de mayor longitud. Los *TDL* derechos son más propensos a migrar y este tipo de intubación se asocia con el colapso del lóbulo superior derecho, atrapamiento aéreo, etc. aunque la mayoría de estos *TDL* derechos tienen un puerto adicional en el extremo bronquial para permitir la ventilación del lóbulo superior derecho[[25]](#endnote-26). Por otra parte, algunas variaciones anatómicas del origen del lóbulo superior derecho (pudiéndose encontrar cerca, frente o proximal a la carina principal) hacen difícil o imposible la colocación de tubos derechos. Aún así, hay casos en que un *TDL* derecho es preferible sobre *TDL* izquierdo, como en aquellos pacientes sometidos a resección pulmonar izquierda o en pacientes que presentan anomalías anatómicas del bronquio fuente izquierdo, como tumores, compresiones extrínsecas, o disrupción traqueobronquial.

Durante el procedimiento quirúrgico puede ocurrir la migración de un *TDL*, ya sea espontáneamente o con cambios de posición del paciente, necesitando periódicamente la reconfirmación de la ubicación mediante broncoscopía. Con un *TDL* izquierdo, la carina y la porción proximal del bronquio fuente izquierdo pueden ser fácilmente visualizados.

Existen dificultades con el uso de *TDL* cuando no se elige el calibre adecuado al paciente y no se produce un sellado completo del bronquio fuente principal. Además, su paso puede ser dificultoso en algunos pacientes que tienen distorsión de la anatomía de las vías respiratorias; por ejemplo, en pacientes con resección pulmonar o una deformidad de la tráquea, o con enfisema grave (Deformidad traqueal de vaina de sable).

A pesar de las dificultades mencionadas, en manos experimentadas, tanto los *TDL* derechos como izquierdos pueden ser colocados de forma rápida y segura con broncoscopía flexible[[26]](#endnote-27),[[27]](#endnote-28).

Se debe elegir el fibrobroncoscopio según el calibre del *TDL* (Tubos 26-28: calibre exterior del FBC 3.2 mm, Tubos 35 y 37: calibre exterior del FBC 4 mm, Tubos 39 y 41: calibre exterior del FBC 5 mm).

(b) Dispositivos de bloqueo bronquial: estos tubos pueden ser utilizados para separar la ventilación de un pulmón. Describiremos los dos más utilizados en el mercado:

- el tubo**UniventTM**[[28]](#endnote-29) (LMATM) (Figura 6).El tubo Univent es un tubo unilumen de silicona con un lumen pequeño separado en la parte cóncava del tubo. Por dentro de esta luz corre un catéter de bloqueo que puede progresarse de 8 a10 cm más allá del extremo distal del tubo. El *TET* Univent puede bloquear tanto el bronquio derecho como el izquierdo y así llevarse a cabo la ventilación unipulmonar por medio de la aspiración del aire a través del lumen menor. Al finalizar el acto quirúrgico puede realizarse la insuflación del pulmón, en caso de ser necesario, a través de este lumen. La intubación orotraqueal se realiza en forma convencional como si se tratase de un *TET* estándar.

**Figura 6. Tubo UniventTM con el catéter de bloqueo (gentileza Propato)**

- el tubo **Arndt endobronchial blocker**[[29]](#endnote-30)(COOK Medical) bloquea el pulmón de forma endobronquial. El set de ARNDT-WEB está diseñado para ser usado en un *TET* estándar y un *FBC* pediátrico (de menor calibre) para realizar ventilación unipulmonar. El catéter de bloqueo tiene una guía que corre por dentro del mismo y por donde se “enhebra” el *FBC* que lo depositara en el lugar a bloquear. Se recomienda usar *TET* de grandes calibres para facilitar el pasaje del catéter. El diámetro más chico de *TET* para un catéter de 9 Fr es 7.5mm.

Cada uno de los tubos mencionados logra la separación de ambos pulmones de manera similar, es decir, por medio de un tubo de bloqueo de menor diámetro dentro de un *TET* de un solo lumen (Arndt), o ya incorporado directamente como parte del *TET* de un solo lumen modificado. Ambos dispositivos requieren asistencia de *FBC* para la colocación y la confirmación del catéter de bloqueo bronquial y, a diferencia de un Catéter de Fogarty (que también puede ser utilizado como un dispositivo bronquial de bloqueo), el UniventTM y el Arndt pueden lograr la deflación del pulmón a través de un puerto en el propio tubo de bloqueo. Además de las potenciales ventajas que poseen estos tubos de bloqueo, como se indica a continuación, la seguridad y eficacia es similar a un *TET* de doble lumen. Una ventaja importante de ambos es la capacidad de convertirse en tubos de lumen único y permitir ventilación mecánica prolongada cuando la acción de bloqueo bronquial ya no sea requerida, sin la necesidad de reintubación para cambiar de dispositivo[[30]](#endnote-31).

En la primera publicación que describió este nuevo dispositivo, se avanzó un catéter Arndt a través de un *TET* estándar en un paciente hemodinámicamente inestable con hemorragia tras un trasplante de pulmón bilateral. Posteriormente se ha reportado su utilización con éxito en un paciente politraumatizado con hemorragia endobronquial, y en otro paciente con traumatismo torácico izquierdo para proporcionar aislamiento pulmonar, siempre a través de los *TET* colocados previamente.

Por ende, el dispositivo de bloqueo endobronquial dirigido es particularmente ventajoso en aquellos casos en que el paciente ya está intubado y requiere un aislamiento pulmonar y la reintubación presenta un riesgo mayor. Ambos dispositivos requieren un posicionamiento vía broncoscopía, aunque el UniventTM es más rígido y puede ser más difícil de posicionar[[31]](#endnote-32).

3- Tubos Endotraqueales Especializados

Se han desarrollado tubos “especiales” con el objeto de ser utilizados en escenarios particulares.

1. ***Tubos Preformados***

Los tubos preformados[[32]](#endnote-33) están disponibles tanto para la intubación nasotraqueal (Figura 7: tubo preformado nasal) como orotraqueal (Figura 8: tubo preformado oral) y se utilizan en procedimientos neuroquirúrgicos y orofaciales con el objetivo de mejorar la exposición. Estos tubos tienen una curva preformada destinada a mantener la posición del tubo fuera del campo quirúrgico. Esta curva puede dificultar la aspiración de secreciones y aumentar el riesgo de clampeado, sin embargo, dado que son flexibles, pueden alinearse para realizar la aspiración de secreciones[[33]](#endnote-34),[[34]](#endnote-35).

**Figura 7.Tubo preformado nasal Figura 8.Tubo preformado oral (gentileza Propato)**

1. ***Tubos espiralados***

Los tubos espiralados han sido diseñados para minimizar el riesgo de clampeo por lo que presentan un refuerzo de alambre espiralado dentro de la pared del tubo que lo recorre en toda su longitud. Estos tubos reforzados pueden ser colocados vía oral o nasal y son similares a los *TET* estándar dado que también están hechos de una capa exterior de PVC y poseen un manguito de alto volumen y baja presión en el extremo distal, conectado a un balón piloto proximal (Figura 9). Los riesgos asociados con este tubo reforzado incluyen fugas, perforaciones o estrechamiento permanente por mordidas. Son de gran utilidad en pacientes obesos con cuello corto que fácilmente podrían clampear el *TET* con los movimientos de cabeza. Estos tubos no se recomiendan para intubaciones muy prolongadas ya que pierden su memoria y conformación externa.[[35]](#endnote-36),[[36]](#endnote-37),[[37]](#endnote-38).

**Figura 9.*TET*espiralado (gentileza Propato)**

1. ***Tubos Laser Resistente***

La cirugía Láser de las vías respiratorias se realiza generalmente con un láser de CO2, láser de ND YAG o láser KTP. Este tipo de procedimientos posee riesgos cuando se realizan en pacientes intubados con *TET* estándar. Uno de ellos, poco frecuente pero potencialmente catastrófico, es el incendio por ignición de policloruro de vinilo. El láser puede perforar también el balón o reflejar en la superficie del tubo y dañar accidentalmente el tejido. Existen diferentes soluciones para minimizar estos riesgos como modificaciones de los tubos endotraqueales estándar a *TET* especializados que son relativamente resistentes al láser. Alrededor del *TET* estándar se puede colocar una funda metálica protectora para justamente recubrir su superficie exterior; sin embargo, no existe protección cuando se utiliza la energía del láser a través del eje del tubo. Estos protectores son, a menudo, de aluminio o cinta de cobre, y pueden proporcionar protección de la energía del láser en combinación con el balón inflado con fluido (solución salina) que, aunque no da protección contra la ruptura del manguito, la evidencia mejor. Hay varios tubos de estas características que se utilizan en el mercado. Describiremos algunos a continuación.

El Tubo láser de **Norton** es un tubo reusable de acero inoxidable flexible que no es afectado por ningún tipo de láser. No posee balón y el sellado traqueal debe ser realizado por medio de esponjas quirúrgicas o anexando un balón de látex. Este balón de látex no es resistente al láser y puede desplazarse distalmente en la vía aérea. Sin embargo, con este tubo, es posible ventilar aún sin el sellado traqueal siempre y cuando se compense la fuga de aire. Además es necesario ventilar a bajas fracciones inspiradas de oxígeno para prevenir una llamarada producto de la vaporización tisular.

El **Tubo XomedLaser Shield II** (Medtronic) es un tubo de silicona con una funda interior de aluminio y el exterior de teflón. Es resistente al láser pero no su balón que contiene un marcador azul para identificar pinchaduras y debe ser inflado con solución fisiológica o agua para evitar el fuego. La parte del tubo distal al balón no está protegida.

El tubo de **Laserflex** de Malinckrodt[[38]](#endnote-39) (Figura 10)es un tubo forrado con espiral de acero inoxidable que contiene dos balones secuenciales de PVC que se inflan con solución salina. Fried y cols. mostraron resistencia del tubo Laserflex al láser KTP y de CO2. Al igual que los anteriores, el manguito distal mostró ser potencialmente inflamable cuando no se llena con solución fisiológica, aunque no evita la ruptura. Su diseño no lo hace resistente al Nd-Yagláser.

El **LaserTubus[[39]](#endnote-40)** de Rusch (Figura 11) está fabricado de caucho blanco y tiene un diseño “balón dentro de balón”. La superficie está cubierta por un material de esponja blanca que puede ser embebido en agua para evitar que se prenda fuego. La reflexión del laser no es un problema con este tubo por ese motivo puede usarse con laser de argón, con el laser de CO2 y con el Nd-YAG.

**Figura 10. Tubo Laserflex (gentileza Covidien) Figura 11.Laser Tubus (gentileza Propato)**

El **Bivona Adult Fome-Cuf Laser Tube** (BivonaMedical Technologies) es un tubo de silicona con una funda de aluminio y un balón de goma espuma que tolera la penetración del láser y mantiene el sellado traqueal (Figura 12). La característica principal de este balón es que aún siendo penetrado por el láser, mantiene el sellado de la vía aérea. Otra característica de este balón es que es auto-inflable, es decir, se expande una vez introducido en la vía aérea y se adapta al contorno de la luz traqueal. El tubo, sin embargo, es poco resistente al láser.

**Figura 12.Bivova Adult Fome-Cuf (gentileza Portex)**

A pesar de las variantes en diseños, por el momento no existe un tubo que sirva para ser usado con todos los tipos de láser. Su elección varía de acuerdo al paciente y al instrumento quirúrgico a utilizar.

1. ***Tubos con Puertos Adicionales***

Los tubos con puertos adicionales permiten la administración de drogasen forma rápida cuando no se cuenta con un acceso venoso disponible. La epinefrina, norepinefrina, lidocaína, atropina, diazepam o naloxona son algunas de las drogas que pueden administrarse por vía pulmonar a través del *TET* en una situación de emergencia (Figura 13).

Por otra parte, a través de este lumen adicional puede insuflarse gas como por ejemplo oxígeno con el objetivo de disminuir el espacio muerto y aumentar probablemente la oxigenación. La técnica de *TGI* (Traqueal Gas Insufflation) podría ser efectiva en pacientes con SDRA y asma[[40]](#endnote-41), quizás por la proximidad de la insuflación del gas directamente en la carina. Debe tomarse en cuenta que el agregado de gas adicional aumentará la presión pico en el sistema y esto debe ser adecuadamente monitoreado.

Otra utilidad de estos puertos, es la posibilidad de realizar mediciones de la presión distal de la vía aérea. El monitoreo de este valor es de utilidad para calcular parámetros de trabajo respiratorio, disparo y mejorar la sincronía paciente-ventilador. La medición de una diferencia entre la presión distal y proximal de la vía aérea puede informar tempranamente acerca de la oclusión o disminución de la luz del *TET*. Por ello, el monitoreo de presión distal debería ser considerado de utilidad en los pacientes en ventilación mecánica, sobre todo en aquellos con desvinculación dificultosa[[41]](#endnote-42).

Existen tubos con un puerto adicional con múltiples orificios para administrar anestésicos locales a nivel laríngeo en aquellos casos en los que se deba minimizar el reflejo de tos durante las manipulaciones, baños, aspiración, etc., como por ejemplo cirugías de cabeza y cuello o procesos que cursen con aumento de la presión intracraneana.

**Figura 13. Tubo con puerto accesorio (gentileza Covidien)**

1. ***Tubos para Prevención de NAVM***

La *NAVM* (aunque el término correcto sería neumonía asociada a la vía aérea artificial) es la infección nosocomial más común adquirida en los pacientes en la unidad de cuidado intensivos (*UCI*), representando casi una tercera parte de todas las infecciones nosocomiales[[42]](#endnote-43). A partir de las complicaciones devenidas de esta infección (incremento de la estadía, incremento de la mortalidad, incremento de los costos), se han desarrollado “Bundles” que son prácticas que han demostrado ser efectivas, en este caso, en la prevención de la *NAVM*. Estas medidas son la elevación de la cabecera a 30-45°, la profilaxis de trombosis venosa profunda, la profilaxis de úlceras gástricas y las vacaciones de sedación en post de un destete precoz[[43]](#endnote-44). Estas medidas han sido cuestionadas[[44]](#endnote-45) y se les han sumado otras, que se relacionan más íntimamente con la etiopatología de la infección, vinculadas más a la presencia de una vía aérea artificial (*TET* o traqueostomía) y no a la *VM* en sí misma. Los dos mecanismos implicados en el desarrollo de este tipo de neumonía son la microaspiración y la formación de biofilm. La microaspiración ocurre cuando hay una migración distal de los microorganismos presentes en las secreciones acumuladas en el lago orofaríngeo por arriba del balón del *TET*. Este proceso ocurre prácticamente en el 100% de los pacientes intubados con *TET* con balones de baja presión y alto volumen aún con presiones de 60 cmH2O. La microaspiración disminuye significativamente en la posición semisentado en comparación con la supina[[45]](#endnote-46). La prevención de la microaspiración se puede optimizar mediante la medición de la presión del balón y la utilización de materiales y formas diversas de balones de los tubos endotraqueales. Otra estrategia para prevenir este mecanismo es la incorporación de puertos de aspiración subglótica en tubos endotraqueales modificados.

El biofilm es el desarrollo de secreciones y microorganismos en la pared interna del *TET.* Este “tapizado” con alta concentración bacteriana en la parte interna del *TET* tiene posibilidad de migrar desde el lumen hacia la vía aérea inferior y juega un papel importante en el desarrollo de *NAVM* tardía cuando ocurre la fragmentación bacteriana. Esta fragmentación puede ser incrementada con la aspiración de secreciones endotraqueales[[46]](#endnote-47). La inoculación del biofilm del *TET* puede ser limitada mediante tubos con agregado de plata. La plata presenta una efectiva actividad antimicrobiana ya que disminuye la adhesión bacteriana y bloquea la formación de biofilm en las paredes del *TET[[47]](#endnote-48)*.

Con el propósito de sumar medidas para la prevención del desarrollo de esta infección se han diseñado *TET* especiales. Algunos tienen el objetivo de reducir la aspiración de secreciones agrupadas por encima del manguito y otros de inhibir el biofilm que se desarrolla dentro del lumen del tubo endotraqueal, reduciendo así la colonización. La siguiente sección revisa las modificaciones en el diseño de los *TET*, con el objetivo de disminuir la neumonía asociada a la vía aérea artificial (Tabla 1).

***e1- TET con aspiración sublglótica***

El primer tubo que fue sometido a testeo fue el tubo **Hi-Lo Evac** de Covidien (Figura 14) que es un *TET* con un lumen dorsal para el drenaje intermitente o continuo de secreciones de la región subglótica. Posteriormente se diseñaron *TET* con la línea de aspiración subglótica opcional[[48]](#endnote-49) (*TET* ISIS de Rusch, Figura 15). Los estudios aleatorizados reportados a la fecha han demostrado resultados poco concluyentes. Kollef y colaboradores demostraron un retraso en el inicio de la neumonía asociada en una población cardio-quirúrgica, pero sin ninguna diferencia en la duración de la ventilación mecánica, duración de la estadía en *UCI* u hospitalaria, o mortalidad[[49]](#endnote-50). Recientemente, Smulders y cols., mostraron una reducción en la incidencia de *NAVM* en una población mixta en *UCI* con el agregado de la aspiración de la región subglótica en forma intermitente. Pero, una vez más, ninguna diferencia en la duración de la ventilación mecánica, duración de la permanencia en la *UCI* o mortalidad[[50]](#endnote-51).

**Figura 14.*TET*Hi-Lo EVAC (gentileza Covidien) Figura 15.*TET* ISIS (gentileza Propato)**

***e2 - TET con balón de poliuretano***

Recientemente, los esfuerzos se han centrado en modificar la composición y el diseño del balón para evitar la formación de grietas longitudinales en la superficie del manguito inflado responsables del proceso de microaspiración. Varios estudios han encontrado que los balones compuestos de poliuretano o silicona, evitan las fugas alrededor del mismo, en comparación con los balones convencionales compuesto de cloruro de polivinilo, tanto in vitro como in vivo (Figura 16). El poliuretano es un material similar al polivinilo pero ultrafino (10 micrones vs. 50 micrones) que permite el sellado de la tráquea a presiones bajas, no mayores a 15 cmH20[[51]](#endnote-52). Esta ventaja en su composición le permite además adaptarse a los pliegues longitudinales de la mucosa traqueal de forma similar que el papel film envuelve alimentos. Un pequeño estudio clínico aleatorizado en pacientes sometidos a cirugía cardíaca encontró que la intubación endotraqueal con tubos con balones de poliuretano se asoció a una reducción de la incidencia de neumonía postoperatoria temprana, en comparación con intubación con tubos con balones de cloruro de polivinilo tradicional (23% vs 42%)[[52]](#endnote-53). Resultados preliminares de un estudio que compara las tasas de *NAVM* antes y después de la introducción de un tubo con balón de poliuretano demostraron una reducción de 5,5 a 2,8 neumonías por 1000 días de *VM*[[53]](#endnote-54). Otro estudio randomizado, comparó un tubo con balón de poliuretano y un puerto de aspiración subglótico con un tubo endotraqueal convencional en los pacientes de *UCI* y encontró una reducción significativa en la *NAVM* en aquellos pacientes que utilizaban este tubo especializado (22% vs 8%)[[54]](#endnote-55). Sin embargo, no está claro si el beneficio obtenido tiene relación con el manguito, la aspiración subglótica, o un efecto conjunto de ambas modificaciones del *TET*. Ninguno de los estudios clínicos anteriores detectó una diferencia en la duración de la ventilación mecánica, estancia en *UCI* o mortalidad entre los grupos. Se requieren más estudios que permitan recomendar los *TET* con balón de poliuretano para prevenir la neumonía asociada a vía aérea artificial.

**Figura 16.A: A la izquierda se observa el balón de Poliuretano y a la derecha el balón de polivinilo en el minuto cero de la administración del colorante. En B se observan ambos balones 15 minutos después donde se evidencia el pasaje del colorante en el balón de polivinilo y no así en el de poliuretano45.**

Existen dos tubos endotraquealescomercialmente disponibles con balón de poliuretano que son el **Microcuff[[55]](#endnote-56)** (Kimberley Clark) y **Sealguard[[56]](#endnote-57)** (Covidien, Figura 17). No existen estudios comparando estos dos tubos ni pruebas suficientes para sacar conclusiones en cuanto a la eficacia relativa de cada uno.

A su vez, la forma del balón también podría ser un factor asociado a la disminución del riesgo de aspiración en pacientes intubados. El *balón cónico* tiene los beneficios de aquellos de baja presión y gran volumen a lo que se suma un mejor sellado con la pared traqueal reduciendo el riesgo de microaspiración (Figura 18).

**Figura 17.TET con balón de poliuretano Figura 18. TET con balón cónico (gentileza Covidien)**

Finalmente, existe en el mercado un *TET* TaperGuardEvacTM (Mallinckrodt™ Figura 19) que contiene tanto el puerto para aspiración subglótica como el balón cónico[[57]](#endnote-58). Este tubo ha sido comparado con el Hi Lo Evac y encontraron un 90% de reducción en la microaspiración[[58]](#endnote-59).

**Figura 19. TET TaperGuardEvac (gentileza Covidien)**

Otro factor fundamental al momento de prevenir la *NAVM* es el mantenimiento de la presión del balón como comentábamos previamente. Existe un *TET* (Mallinckrodt™ Hi−Lo Oral/ Nasal Tracheal Tube Lanz System, Figura 20) que presenta una válvula capaz de mantener una presión de 30 cmH2O en el balón en forma constante, sin la necesidad de realizar la medición manual del mismo. A pesar que mantener constante la presión del balón durante el período de *VM* es una medida fundamental en la prevención de la *NAVM* dada la etiopatología de la misma, no hay estudios que demuestren que la utilización de este dispositivo sea efectiva[[59]](#endnote-60) y menos aún que disminuya la incidencia de la *NAVM*.

**Figura 20.*TET* con Lanz system (gentileza Covidien)**

***e3 – TET antibacterianos***

La presencia de un biofilm a lo largo de la superficie del *TET* ha sido sugerida como un factor etiológico que conduce al desarrollo de *NAVM*[[60]](#endnote-61).Un *TET* con una capa de plata inhibe la formación de biofilm y podría reducir la incidencia o retrasar la aparición de esta infección. La plata ha demostrado tener actividad antimicrobiana y disminuir la adhesión bacteriana in vitro y bloquear la formación de biofilm en modelos animales. Estos tubos están compuestos por iones de plata microdispersados en un polímero tanto en la luz como en la superficie externa, otorgando un efecto antimicrobiano sustancioso y bien tolerado por los pacientes. El revestimiento de plata dura hasta 21 días. Además de los ***TET* impregnados con plata**[[61]](#endnote-62), se han estudiado aquellos con agregado de sulfadiazina de plata y sulfadiazinade plata más clorhexidina. Estos últimos, han caído en desuso debido a la reacciones de hipersensibilidad a la clorhexidina[[62]](#endnote-63).

Olson y cols. realizaron un estudio en perros que recibieron ventilación mecánica durante 96 horas y aleatoriamente fueron designados a recibir tubos endotraqueales impregnados de plata o *TET* estándar de cloruro de polivinilo[[63]](#endnote-64). Todos los perros fueron instilados dos veces con un depósito bucal de 5 ml de Pseudomonas aeruginosa y sacrificados a las 96 horas y estudiados. Se observó una reducción de la carga bacteriana en aquellos animales con tubos impregnados en plata, así como una reducción de la colonización de la superficie interior de los tubos y un retraso en el inicio de la colonización. Sin embargo, la evidencia en seres humanos, es aún escasa. Existe un pequeño estudio randomizado que demostró la reducción de la colonización bacteriana de la vía aérea[[64]](#endnote-65). Otro estudio en el que se compararon tubos recubiertos internamente con plata con tubos estándar, se observó que la incidencia de *NAVM* fue menor en el grupo de intubados por más de 24 hs con un tubo recubierto en plata pero con resultados no significativos. Además, hubo una tendencia hacia el aumento de la mortalidad en los pacientes asignados al azar con *TET* recubierto en plata. La conexión paradójica de los eventos no está explicada en el estudio[[65]](#endnote-66).

Otro dispositivo para disminuir el biofilm es el uso de “**mucus shaver**". Este dispositivo es una goma de silicona que se introduce dentro del lumen para extraer (“shaving”) el material acumulado dentro de la luz del *TET*. Su eficacia y seguridad ha sido demostrada en modelos animales y recientemente en un ensayo prospectivo randomizado. Berra y colaboradores randomizaron 24 pacientes para recibir mucus shaver o *TET* con técnicas estándar de aspiración. Luego de la extubación la colonización bacteriana fue 8% en los pacientes que recibieron el mucus shaver contra 83% en el grupo control. Este grupo de investigadores no reportaron ningún efecto adverso relacionado con el dispositivo en estudio[[66]](#endnote-67),[[67]](#endnote-68).

La utilización de *TET* diseñados para reducir la microaspiración o la formación de biofilm podrían tener un rol en la prevención de esta infección. Sin embargo, no hay evidencia suficiente que justifique su utilización de rutinay menos aún si consideramos la relación costo-efectividad de estos dispositivos.

Creemos que la prevención de la *NAVM* debe focalizarse en el cumplimiento de las medidas que han probado ser efectivas en la disminución de su incidencia como el lavado de manos, la higiene oral, el posicionamiento, el control de la presión del balón y el destete precoz.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Mecanismo Propuesto** | **Comentarios** |
| **Hi lo Evac** | Extra lumen que permite aspiración continua de secreciones | Parece disminuir la NAVM temprana  Costo-efectividad no comprobada |
| **Microcuff** | Balón de poliuretano para prevenir microaspiraciones | Información limitada que sugiere disminuir aspiración a corto plazo |
| **SealGuard** | Balón de poliuretano para prevenir microaspiraciones | Solo un estudio randomizado mostró eficacia en prevenir *NAVM* en POP pero Costo-efectividad no comprobada |
| **SealGuardEvac** | Balón de poliuretano para prevenir microaspiraciones mas aspiración subglótica adicional | Solo un estudio randomizado mostró eficacia en prevenir *NAVM* pero Costo-efectividad no comprobada |
| **Lo Trach** | Combinación de balón de bajo volumen y baja presión y aspiración continua subglótica para prevenir microaspiración | Información limitada que sugiere disminuir aspiración a corto plazo pero su beneficio en *VAVM* no es claro |
| **Agento IC** | lumen con plata para prevenir biofilm | Un solo estudio randomizado mostró disminución de la *NAVM* pero Costo-efectividad no comprobada. Muy costoso |
| **Mucus sluper** | Un extralumen permite la aspiración de secreciones desde la punta del *TET* | Previene tapizado de *TET* in Vitro no hay ensayos clínicos publicados hasta la fecha |
| **Mucus shaver** | Goma de silicona inflable para remover secreciones y disminuir biofilm | Disminuye el tapizado de *TET* in Vitro no hay ensayos clínicos publicados hasta la fecha |

**Tabla 1.** Descripción de los *TET* “especiales” diseñados para la prevención de la *NAVM*.

Conclusión

Existe una amplia variedad de tubos endotraqueales disponibles para distintos fines, aunque el más comúnmente utilizado es el tubo estándar de un solo lumen. Los tubos especializados han sido desarrollados para situaciones específicas y es necesario conocer las características distintivas de cada uno de ellos con el fin de utilizarlos en situaciones particulares en que sus beneficios lo justifiquen.

Bibliografía

1. M. Shapiro, R.K Wilson, G Casar, K. Bloom, Rb Teague. Work of breathing through different sized endotracheal tubes. Critical Care Medicine 1986; 14 (12): 1028-31. [↑](#endnote-ref-2)
2. M. F. El-Khatib, A. Husari, G. W. Jamaleddine, C. M. Ayoub, P. Bou-Khalil Changes in resistances of endotracheal tubes with reductions in the cross-sectional area. European Journal of Anaesthesiology 2008;25:275–279. [↑](#endnote-ref-3)
3. A. G. Flevari, N. Maniatis, T. E. Kremiotis, I. Siempos, A. P. Betrosian, C. Roussos, E. Douzinas, A. Armaganidis. Rohrer’s constant, K2 as a factor of determining inspiratory resistance of common adult endotracheal tubes. Anaesth Intensive Care 2011; 39:410-417. [↑](#endnote-ref-4)
4. Jun Oto, Hideaki Imanaka, Emiko Nakataki, Rie Ono, MasajiNishimura.Potential Inadequacy of Automatic Tube Compensation to Decrease Inspiratory Work Load After at Least 48 Hours of Endotracheal Tube Use in the Clinical Setting.Respir Care 2012;57(5):697–703. [↑](#endnote-ref-5)
5. MC Villafane, G Cinnella, F Lofaso, D Isabey, AHarf, F Lemaire, L Brochard. Gradual reduction of endotracheal tube diameter during mechanical ventilation via different humidification devices.Anesthesiology 1996; 85:1341-9. [↑](#endnote-ref-6)
6. AM.Wilson; DM. Gray; JG. Thomas. Increases in Endotracheal Tube Resistance Are Unpredictable Relative to Duration of Intubation. CHEST 2009; 136:1006–1013. [↑](#endnote-ref-7)
7. A.W. Gray. Endotracheal tubes.Clin Chest Med 24 (2003) 379–387. [↑](#endnote-ref-8)
8. Higenbottam T, Payne J. Glottis narrowing in lung disease. Am Rev Respir Dis 1982;125(6):746–750. [↑](#endnote-ref-9)
9. A Seymour, N Prakash. A Cadaver Study to Measure the Adult Glottis and Subglottis: Defining a

   Problem Associated With the Use of Double-Lumen Tubes. Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia,Vol 16, No 2, 2002: pp 196-198. [↑](#endnote-ref-10)
10. CC Eagle. The relationship between a person's height and appropriate endotracheal tube length.[Anaesth Intensive Care.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=5.%20Eagle%20CC%3A%20The%20relationship%20between%20a%20person%E2%80%99s%20height%20and%20appropriate%20ETT%20length.Anaesth%20Intensive%20Care1992%3B20%3A156%E2%80%9360" \o "Anaesthesia and intensive care.) 1992 May;20(2):156-60. [↑](#endnote-ref-11)
11. Chen-Hwan Cherng, Chih-Shung Wong, Che-Hao Hsu, Shung-Tai Ho. Airway Length in Adults: Estimation of the Optimal Endotracheal Tube Length for Orotracheal Intubation. Journal of Clinical Anesthesia 14:271–274, 2002. [↑](#endnote-ref-12)
12. S Evron, M Weisenberg, E Harow, V Khazin, P Szmuk, D Gavish, T Ezri. Proper insertion depth of endotracheal tubes in adults by topographic landmarks measurements. Journal of Clinical Anesthesia (2007)19,15–19. [↑](#endnote-ref-13)
13. http://www.anmat.gov.ar/boletin\_anmat/mayo\_2010/Dispo\_2380-10.pdf [↑](#endnote-ref-14)
14. D Honeybourne, Jc Costello, C Barham. Tracheal damage after endotracheal intubation: comparison of two types of endotracheal tubes. Thorax 1982;37:500-502. [↑](#endnote-ref-15)
15. Stewart S, Secrest J, Norwood B, Zachary R. A comparison of endotracheal tube cuff pressures using estimation techniques and direct intracuff measurement. AANA J 2003; 71 (6): 443-447. [↑](#endnote-ref-16)
16. Sengupta P Sessier DI, Maglinger P, et al. Endotracheal tube cuff pressure in three hospitals and the volume required to produce an appropriate cuff pressure. [BMC Anesthesiol.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Endotracheal+tube+cuff+pressure+in+three+hospitals+and+the+volume+required+to+produce+an+appropriate+cuff+pressure.) 2004 Nov 29;4(1):8. [↑](#endnote-ref-17)
17. Young PJ, Pollinson M, Downward G, Henderson S: Leakage of fluid past the tracheal tube cuff in a benchtop model. Br J Anaest 1997; 78:557–62 [↑](#endnote-ref-18)
18. Jaeger JM, Durbin Jr CG. Special purpose endotracheal tubes.Respir Care 1999;44:661–83. [↑](#endnote-ref-19)
19. Burns SM, Shasby DM, Burke PA. Controlled pressure cuffed endotracheal tubes may not be controlled (letter). Chest 1983;83(1): 158–159. [↑](#endnote-ref-20)
20. Veyckemans F. New developments in the management of the pediatric airway: cuffed or uncuffed tracheal tubes, laryngeal mask airway, cuffed oropharyngeal airway, tracheostomy and one-lung ventilation devices. CurrOpinAnaesthesiol 1999;12:315–20. [↑](#endnote-ref-21)
21. Goodman and Gilman. Las bases farmacológicas de la terapéutica. 11va edición. Capitulo 13: Anestésicos generales. Página 360. [↑](#endnote-ref-22)
22. Weiskopf RB, Campos JH. Current techniques for perioperative operative lung isolation in adults. Anesthesiology 2002;97:1295–301. [↑](#endnote-ref-23)
23. Alliaume BA, Coddens J, Deloof T. Reliability of auscultation in positioning of double-lumen endotracheal tubes. Can J Anesth 1992;39:687–90. [↑](#endnote-ref-24)
24. Weiskopf RB, Campos JH.Current techniques for perioperative lung isolation in adults.Anesthesiology 2002; 97:1295–301. [↑](#endnote-ref-25)
25. Tagliauia AA, Garland AC. Anesthesia for thoracic surgery. In: Hurford WE, Balin MT, Davison JK, editors. Clinical procedures of the Massachusetts General Hospital. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. p. 368– 74. [↑](#endnote-ref-26)
26. Brodsky JB,Macario A, Cannon WB, Mark JB. ‘‘Blind’’ placement of plastic left double-lumen tubes.AnaesthIntens Care 1995;23:583– 6. [↑](#endnote-ref-27)
27. Campos JH, Massa FC, Kernstine KH. The incidence of right upper-lobe collapse when comparing a rightsided double-lumen tube versus a modified left doublelumen tube for left-sided thoracic surgery. AnesthAnalg 2000;90:535–40. [↑](#endnote-ref-28)
28. <http://www.lmana.com/files/univent_brochure_-_final.pdf?PHPSESSID=c632107f9afe9568578646a111eef47f> [↑](#endnote-ref-29)
29. <http://www.cookmedical.com/cc/content/mmedia/C-AEBSP901.pdf> [↑](#endnote-ref-30)
30. Arndt GA, Kranner PW, Rusy DA, Love R. Singlelung ventilation in a critically ill patient using a fiberoptically directed wire-guided endobronchial blocker. Anesthiology 1999;90:1484– 6. [↑](#endnote-ref-31)
31. Kabon B, Waltl B, Leitgeb J, Kapral S, Zimpfer M. First experience with fiberoptically directed wireguidedendobronchial blockade in severe pulmonary bleeding in an emergency setting. Chest 2001;120: 1399– 402. [↑](#endnote-ref-32)
32. <http://www.covidien.com/RMS/pages.aspx?page=OurProducts/EndotrachealTubes/SpecialtyEndotrachealAirways> [↑](#endnote-ref-33)
33. Chee WK. Orotracheal intubation with a nasal Ring-Adair-Elwin tube provides an unobstructed view in otolaryngologic procedures. Anesthesiology 1995; 83:1369. [↑](#endnote-ref-34)
34. Roth DM, Benumof JL. Intubation through a laryngeal mask airway with a nasal RAE tube: Stabilization of the proximal end of the tube. Anesthesiology 1996; 85:1220. [↑](#endnote-ref-35)
35. Hoffman CO, Swanson GA. Oral reinforced endotracheal tube crushed and perforated from biting. AnesthAnalg 1989;69:552– 3 [↑](#endnote-ref-36)
36. Rodriguez R, Gonzalez H, Carranza A. Intraoralseparation of a reinforcedendotrachealtube. Anesthesiology2000;93:908. [↑](#endnote-ref-37)
37. King KP, Stolp BW, Borel CO. Damage to an armored endotracheal tube introduced via the intubating laryngeal mask airway induced by biting. Anesth Analg1999;89:1324. [↑](#endnote-ref-38)
38. <http://www.nellcor.com/prod/Product.aspx?id=129> [↑](#endnote-ref-39)
39. <http://www.myrusch.com/images/rusch/docs/A20C.pdf> [↑](#endnote-ref-40)
40. Barnett CC, Moore FA, Moore EE, et al.: Tracheal gas insufflation is a useful adjunct in permissive hypercapnic management of acute respiratory distress syndrome. Am J Surg 1996;172(5):518–522. [↑](#endnote-ref-41)
41. Valentini I, Tonveronachi E, Gregoretti C, et al. Different Tracheotomy Tube Diameters Influence Diaphragmatic Effort and Indices of Weanability in Difficult to Wean Patients.Respir Care 2012;57(12):2012–2018. [↑](#endnote-ref-42)
42. Horan TC, White JW, Jarvis WR, Emori TG, Culver DH, Munn VP, et al. Nosocomial infection surveillance, 1984. Morbidity & Mortality Weekly Report 1986;35: 17SS–29SS. [↑](#endnote-ref-43)
43. Institute for Healthcare Improvement. http://www.ihi.org [↑](#endnote-ref-44)
44. C Wip, L Napolitano. Bundles to prevent ventilator-associated pneumonia: how valuable are they? Current Opinion in Infectious Diseases2009,22:159–166. [↑](#endnote-ref-45)
45. S Deem, M Treggiari. New Endotracheal Tubes Designed to Prevent Ventilator- associated Pneumonia: Do They Make a Difference? Respiratory Care 2010 (55)8: 1046- 1055. [↑](#endnote-ref-46)
46. E Diaz, A H Rodríguez and J Rello. Ventilator-Associated Pneumonia: Issues Related to the Artificial Airway. Respiratory Care, July 2005 Vol 50 No 7 900-909. [↑](#endnote-ref-47)
47. J. F. Fernandez; S. M. Levine and M. I. Restrepo.Technologic Advances in Endotracheal Tubes for Prevention of Ventilator-Associated Pneumonia. CHEST 2012; 142(1):231–238 [↑](#endnote-ref-48)
48. http://www.teleflex.com/emea/documentLibrary/documents/940202-000013\_Airways\_1206.pdf [↑](#endnote-ref-49)
49. Kollef MH, Skubas NJ, Sundt TM. A randomized clinical trial of continuous aspiration of subglottic secretions in cardiac surgery patients. Chest 1999;116(5):1339-1346. [↑](#endnote-ref-50)
50. Smulders K, van der Hoeven H, Weers-Pothoff I, Vandenbroucke- Grauls C. A randomized clinical trial of intermittent subglottic secretion drainage in patients receiving mechanical ventilation. Chest2002;121(3):858-862. [↑](#endnote-ref-51)
51. Dullenkopf A, Gerber A, Weiss M. Fluid leakage past tracheal tube cuffs: evaluation of the new Microcuff endotracheal tube. Intensive Care Med 2003;29(10):1849-1853. [↑](#endnote-ref-52)
52. Poelaert J, Depuydt P, De Wolf A, Van de Velde S, Herck I, Blot S. Polyurethane cuffed endotracheal tubes to prevent early postoperative pneumonia after cardiac surgery: a pilot study. J ThoracCardiovascSurg 2008;135(4):771-776. [↑](#endnote-ref-53)
53. Miller MA, Arndt JL, Konkle M, Chenoweth CE, Flaherty KR, Hyzy RC. Polyurethane cuff endotracheal tube to prevent ventilator-associated pneumonia in an academic hospital (abstract). Am J RespirCritCareMed2009:179;A1731. [↑](#endnote-ref-54)
54. Lorente L, Lecuona M, Jimenez A, Mora ML, Sierra A. Influence of an endotracheal tube with polyurethane cuff and subglottic secretion drainage on pneumonia. Am J RespirCrit Care Med 2007;176(11):1079-1083. [↑](#endnote-ref-55)
55. <http://www.kchealthcare.com/us/healthcare/home/products/respiratory-health/kimvent-microcuff-adult-and-pediatric-endotracheal-tubes/kimvent-microcuff-adult-endotracheal-tube.aspx> [↑](#endnote-ref-56)
56. <http://www.nellcor.com/prod/Product.aspx?S1=AIR&S2=&id=325> [↑](#endnote-ref-57)
57. http://www.covidien.com/imageServer.aspx/doc225078.pdf?contentID=23979&contenttype=application/pdf [↑](#endnote-ref-58)
58. Mulier J et al. Tracheal cuff leak in morbilidly obese patients intubated with a Taperguard, HiLo cuffed or a Hi Lo cuffed and lubricated tracheal tube. 63rd Annual Postr graduate assembly abstract p 9108, NewYorkNy, December 2009. [↑](#endnote-ref-59)
59. # [Dave MH](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Dave%20MH%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22833049), [Spielmann N](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Spielmann%20N%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22833049), [Mauch J](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Mauch%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22833049), [Weiss M](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Weiss%20M%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22833049). Effect of Lanz Pressure Regulating Valve on Self-sealing Mechanism and Air Leakage Across the Tracheal Tube Cuffs in a Benchtop Model. [J Intensive Care Med.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22833049" \o "Journal of intensive care medicine.) 2012 Jul 24.

    [↑](#endnote-ref-60)
60. Adair CG, Gorman SP, Feron BM, Byers LM, Jones DS, Goldsmith CE, et al. Implications of endotracheal tube biofilm for ventilator-associated pneumonia. Intensive Care Med 1999;25:1072– 6. [↑](#endnote-ref-61)
61. <http://bardmedical.com/AGENTOI.C.EndotrachealTube> [↑](#endnote-ref-62)
62. US Food and Drug Administration. Public health notice: potential hypersensitivity reactions to chlorhexidine-impregnated medical devices. March 11, 1998. http://www.fda.gov/medicaldevices/safety/ alertsandnotices/publichealthnotifications/ucm062306. [↑](#endnote-ref-63)
63. Olson ME, Harmon BG, Kollef MH. Silver-coated endotracheal tubes associated with reduced bacterial burden in the lungs of mechanically ventilated dogs. Chest 2002;121:863–70 [r]. [↑](#endnote-ref-64)
64. Pacheco-Fowler V, Gaonkar T, Wyer PC, Modak S: Antiseptic impregnated endotracheal tubes for the prevention of bacterial colonization. J Hosp Infect

    2004; 57:170–4 [↑](#endnote-ref-65)
65. Kollef MH, Afessa B, Anzueto A, Veremakis C, Kerr KM, Margolis BD, et al. Silver-coated endotracheal tubes and incidence of ventilator- associated pneumonia: the NASCENT randomized trial. JAMA2008;300(7):805-813 [↑](#endnote-ref-66)
66. Kolobow T, Berra L, LiBassi G, Curto F: Novel system for complete removal of secretions within the endotracheal tube: The Mucus Shaver. ANESTHESIOLOGY2005; 102:1063–5 [↑](#endnote-ref-67)
67. Berra l, Curto F, Li Bassi G, Laquerriere P, Baccarelli A, Kolobow T: Antibacterial-coated tracheal tubes cleaned with the Mucus Shaver. A novel method to retain long-term bactericidal activity of coated tracheal tubes. Intensive Care Med 2006; 32:888. [↑](#endnote-ref-68)