



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE ENFERMERIA
CÁTEDRA ESFUNO



TECNOLOGÍAS Y TÉCNICAS EN ENFERMERÍA: ENFOQUE BIOFÍSICO DE LA MECÁNICA VENTILATORIA

Autoras:

Débora del Cerro
Laura González
Eliana Gutierrez
Gimena Sosa
Ana Carolina Spinelli

Tutores:

Prof. Agdo. Isabel Silva
Prof. Asist. Ana Sánchez

Facultad de Enfermería
BIBLIOTECA
Hospital de Clínicas
Av. Italia s/n 3er. Piso
Montevideo - Uruguay

Montevideo, 2012

ÍNDICE

Resumen	4
Introducción	5
Marco Teórico	7
Metodología	23
Resultados	28
Posición Fowler	28
Oxigenoterapia	28
Drenaje torácico	30
Aspiración de secreciones	31
Discusión	32
Posición Fowler	32
Definición	32
Usos	32
Procedimiento	32
Análisis - Discusión	33
Oxigenoterapia	35
Definición	35
Usos	36
Procedimiento	40
Análisis - Discusión	42
Drenaje torácico	46
Definición	46
Usos	47
Procedimiento	48
Análisis - Discusión	49
Aspiración de secreciones	51
Definición	51
Usos	51
Procedimiento	52
Análisis - Discusión	53
Conclusiones	54
Bibliografía	56

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado por un grupo de cinco estudiantes de la Universidad de la República Oriental del Uruguay, Facultad de Enfermería, correspondiente a la carrera Licenciatura en Enfermería, plan de estudios 93, cursando cuarto ciclo, primer módulo correspondiente al Trabajo Final de Investigación. **Fundamento:** Las tecnologías y técnicas en enfermería suponen un pilar fundamental dentro del método de trabajo para cuidar al usuario en el proceso salud-enfermedad. La enfermería asume características prácticas que deben ser aprovechadas al máximo junto a un pensamiento crítico y creativo basado en un fundamento teórico que permita establecer una profesión autónoma. El objeto fundamental de la investigación en enfermería es crear y mantener una sólida base científica para la práctica de la enfermería, que promueva mejores resultados en los cuidados del usuario. **Objetivo:** Estudiar las tecnologías y técnicas en enfermería para relacionar sus efectos sobre los Principios Biofísicos de la Mecánica Ventilatoria. **Metodología:** Se realizó un estudio exploratorio mediante una revisión bibliográfica avanzada de artículos científicos que contuviesen las tecnologías y técnicas en enfermería seleccionadas del libro “Manual de Tecnologías y técnicas en Enfermería” de la Facultad de Enfermería, Universidad de la República Oriental del Uruguay y las leyes biofísicas de la mecánica ventilatoria. **Resultados:** Las tecnologías y técnicas en enfermería favorecen el cumplimiento de los principios biofísicos (Ley de Charles, Ley de Henry, Ley de Dalton, Ley de Fick, Ley de Boyle, Ley de Poiseuille) presentes en la mecánica ventilatoria. **Conclusiones:** Se logró profundizar conocimientos de enfermería relacionándola con fundamentos biofísicos, establecidos por una revisión bibliográfica avanzada.

I. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo ha sido realizado por un grupo de cinco estudiantes de la Universidad de la República Oriental del Uruguay, Facultad de Enfermería, correspondiente a la carrera Licenciatura en Enfermería, plan de estudios 93, cursando cuarto ciclo, primer módulo correspondiente al Trabajo Final de Investigación (TFI).

La enfermería asume ciertas características intelectuales, prácticas, de servicio a la sociedad y de autonomía. Intelectualmente se basa en un conjunto de conocimientos de diversas ciencias y variadas teorías de enfermería, gozando de un pensamiento crítico y creativo, teniendo su propia metodología de trabajo.

El objeto fundamental de la investigación en enfermería es crear y mantener una sólida base científica para la práctica de la enfermería y para el desarrollo de una profesión autónoma, que promueva mejores resultados en los cuidados del usuario. Su finalidad es examinar, analizar la bibliografía previamente publicada y situarla en una perspectiva.

Este trabajo de investigación consiste en un estudio de tipo exploratorio que busca investigar mediante una revisión bibliográfica avanzada, la relación entre dos disciplinas; Enfermería y Biofísica, de manera de profundizar los conocimientos en la enfermería apuntando a una visión más científica.

El trabajo de investigación lleva como título: “Tecnologías y Técnicas en Enfermería: Enfoque biofísico de la Mecánica Ventilatoria”.

Esta investigación pretende dar respuesta la pregunta problema de ¿Cuáles son los principios biofísicos de la Mecánica Ventilatoria que son favorecidos mediante las Tecnologías y Técnicas en Enfermería?

Es entonces que se formularon los objetivos de: desarrollar las tecnologías de atención de enfermería vinculadas a la Mecánica Ventilatoria, describir los principios biofísicos que se aplican en la Mecánica Ventilatoria y relacionar dichas tecnologías en enfermería con los principios biofísicos.

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos y habiendo realizado un estudio minucioso de las tecnologías y técnicas en enfermería vinculadas a la Mecánica Ventilatoria, Posición Fowler, Oxigenoterapia, Drenaje torácico y Aspiración de secreciones, es que se logró concluir de que manera éstas contribuyen al cumplimiento de los Principios Biofísicos (Ley de Charles, Ley de Henry, Ley de Dalton, Ley de Fick, Ley de Boyle, Ley de Poiseuille) presentes en la Mecánica Ventilatoria.

II. MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico ahondará en la enfermería profesional, científica y epistemológica, rondando en los temas de enfermería como profesión y conocimientos de fisiología respiratoria.

La **enfermería** es la disciplina científica encaminada a fortalecer la capacidad reaccional de personas, familias o grupos poblacionales. Realiza la atención a través de un proceso integral, humano, continuo, interpersonal, educativo y terapéutico en los diferentes niveles de atención.

La enfermera/o es el profesional responsable de la atención de enfermería en servicios hospitalarios o extra hospitalarios. El objeto de la enfermería es el ser humano en un contexto conformado por el cuidado. Virginia Henderson expresa que cuidar es la ayuda proporcionada a las personas enfermas o sanas en la ejecución de las actividades relacionadas con la satisfacción de sus necesidades fundamentales. Estas personas podrían llevar a cabo estas actividades sin ayuda si tuviesen la fuerza, la voluntad y los conocimientos necesarios.

M.F.Collière expresa que cuidar es una infinita variedad de actividades dirigidas a mantener y conservar la vida, permitiendo que esta se continúe y reproduzca.

La práctica enfermera tiene un objetivo, un sujeto al que va dirigida la acción y un instrumento metodológico. En esto se resume la aparición de **modelos de cuidados en enfermería**; éstos son la manera de llevar a cabo el proceso de cuidar enfermero. Son propuestas para desarrollar dicho proceso desde la aportación que realiza enfermería.

Los modelos están compuestos por conceptos y definiciones (marco referencial), valores (creencias del grupo social donde se inserta el modelo), postulados (afirmaciones teóricas) y elementos (fin de los cuidados, sujeto, causa u origen, formas de intervención y resultados esperados).

Virginia Henderson (1897 – 1996) tiene en su haber una larga carrera como autora e investigadora de la enfermería. Estableció el modelo de las 14 necesidades básicas de la persona (situado en el paradigma de integración dentro de la escuela de las necesidades) donde aparte de la consideración de los conceptos metaparadigmáticos de persona, salud, entorno y cuidado, relaciona los conceptos de necesidad en términos de requisito situada antes que el problema, independencia como aquel nivel óptimo de desarrollo del potencial de la persona para satisfacer las necesidades, y dependencia, estado donde el potencial no está suficientemente desarrollado o es inadecuado.

La primera necesidad es la de respirar normalmente, en esta se enfatizará definiendo los criterios de valoración de enfermería:

Ventilación aérea, frecuencia respiratoria, tipo de respiración, disnea, ruidos respiratorios, tipo de tos, secreciones bronquiales, espasmo de vías aéreas, tiraje intercostal, saturación de oxigenación de hemoglobina, presión parcial de oxígeno, presión parcial de dióxido de carbono, alteración de la circulación vascular, edemas, fragilidad capilar, claudicación intermitente, pulsos periféricos, presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, frecuencia cardíaca, gasto cardíaco, cianosis, ortopnea, apnea de sueño, uso de musculatura accesoria.

Las siguientes necesidades son las de: comer y beber de forma adecuada; eliminar los desechos corporales; moverse y mantener la posición deseada; dormir y descansar; elegir las prendas de vestir, vestirse y desvestirse; mantener la temperatura corporal dentro de los valores normales mediante la selección de la ropa y la modificación del entorno; mantener el cuerpo limpio y cuidado y los tegumentos protegidos; evitar los riesgos del entorno y evitar lesionar a otros y comunicarse con los demás, expresando las emociones, necesidades, temores u opiniones; realizar prácticas religiosas según la fe de cada uno; trabajar de tal forma que nos sintamos satisfechos con lo realizado; jugar o participar en alguna actividad recreativa; aprender, descubrir o satisfacer la curiosidad de manera que conduzca a un desarrollo y una salud normal, y utilizar los recursos sanitarios disponibles.

Entonces, el modelo de Henderson queda resumido en su definición de la enfermería; “La única función de la enfermería es asistir al individuo, sano o enfermo, en la realización de aquellas actividades que contribuyen a la salud o a su recuperación (o a una muerte serena); actividades que realizaría por él mismo si tuviera la fuerza, el conocimiento o la voluntad necesaria. Todo esto de manera que le ayude a ganar independencia de la forma más rápida posible”.

Como ya se ha mencionado, la enfermería asume ciertas características intelectuales, prácticas, de servicio a la sociedad y de autonomía. Intelectualmente se basa en un conjunto de conocimientos de diversas ciencias y variadas teorías de enfermería. Recibe educación especializada, aprendiendo a trabajar en equipo y a efectuar de manera correcta sus habilidades y destrezas; habilidades de escucha, observación, comunicación y empatía. Goza de un pensamiento crítico y creativo, teniendo su propia metodología de trabajo.

Es por eso que la enfermería busca destacarse en una de sus funciones, la de **Investigación**.

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno¹.

La investigación en enfermería es la investigación sistemática de la práctica de la enfermería y del efecto de su práctica en el cuidado del paciente, de la familia o la comunidad.

El objeto fundamental de la investigación en enfermería es crear y mantener una sólida base científica para la práctica de la enfermería, que promueva mejores resultados en los cuidados del usuario, realizando actividades para conocer la realidad, diagnosticar la situación y proponer respuestas en su área de competencia.

¹ Roberto Hernández Sampieri. Metodología de la investigación. 5ª ed. México: Editorial Mc Graw Hill; 2010.

La investigación contribuye de manera importante a establecer un fundamento científico para la práctica en la atención de la salud y para el desarrollo de una profesión autónoma. La investigación en enfermería tuvo su inicio con Florence Nightingale, quien registró minuciosamente los efectos de la intervención de las enfermeras durante la Guerra de Crimea, gracias a lo cual pudo introducir algunos cambios en la asistencia a los pacientes. El enfoque de las primeras investigaciones respondió a los problemas que encaraban las enfermeras; casi todos los primeros estudios tuvieron como tema la docencia y la administración en enfermería. Durante la década de 1950, la investigación comenzó a ser admitida como parte de la actividad profesional de la enfermería; esta aceptación continuó a pasos cada vez más acelerados, a partir de la década de 1970, la investigación en enfermería se ha enfocado sobre la práctica clínica, el interés recae cada vez más en problemas como la promoción de la salud, la prevención de enfermedades, la eficacia de las intervenciones asistenciales y las necesidades de grupos expuestos a riesgos específicos de salud.

El estudio de los problemas de interés para los investigadores en el campo de la enfermería y las ciencias de la salud puede y debe llevarse a cabo mediante el uso de una amplia gama de métodos, la metodología científica. Sin embargo, con frecuencia se distinguen dos tipos generales: la investigación cualitativa y la investigación cuantitativa, con sus ventajas y limitaciones que no serán expuestas en este marco teórico.

La **revisión bibliográfica avanzada** se puede reconocer como un estudio en sí mismo, o sea un elemento de la investigación científica.

Revisar según el diccionario de la Real Academia Española es ver con atención y cuidado. Un artículo de revisión bibliográfica no es una publicación original. Su finalidad es examinar, analizar la bibliografía previamente publicada y situarla en una perspectiva. La revisión se puede reconocer como un estudio en sí mismo, en el cual el que la realiza tiene una interrogante, recoge datos, los analiza y extrae una conclusión.

La revisión de la literatura implica detectar, consultar y obtener la bibliografía (referencias) y otros materiales que sean útiles para los propósitos del estudio,

de donde se tiene que extraer y recopilar la información relevante y necesaria para enmarcar el problema de investigación. La revisión debe ser selectiva, de manera de obtener información limitada al problema de estudio.

La revisión debe estar bien organizada para que de esta manera su alcance general y su objetivo quede bien definido con un orden secuencial lógico.

Continuando con la definición de enfermería, en relación a los elementos prácticos, la enfermería tiene la habilidad de aprovechar al máximo los conocimientos y poder organizar sus tareas. Debe estar al tanto de la tecnología y de sus avances.

Éste término, **tecnología**; es el estudio o ciencia de los oficios o técnicas; entendiéndose como el *“Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”*.²

El término es de origen griego, (τεχνολογία, de τεχνολόγος, de τέχνη, “arte, técnica u oficio” y λόγος, “conocimiento” o “Ciencia”).

Podemos decir, que la tecnología desde la disciplina enfermera tiene dos componentes: artefactos físicos como máscaras de oxígeno, sistemas de drenaje, balones de oxígeno e instrumentos sociales que incluyen aquellos métodos, procedimientos y regulaciones que hacen que la tecnología sea un medio para llegar a un fin deseado. Es entonces que la tecnología asociada a la enfermería es el conjunto de procedimientos y sistemas organizativos con los que se presta la atención de salud.

No es difícil reconocer que vivimos en un mundo científico y tecnológico; la física es una parte fundamental de nuestro mundo que influye en nuestra sociedad a cualquier escala. La **biofísica** es un área interdisciplinaria que estudia la biología aplicando los principios generales de la física, es decir, la

² Diccionario de la lengua española. Real Academia Española [Internet] Madrid: Real academia española; 2010. Disponible en: <http://www.rae.es/rae.html> [consulta: 10 set 2011].

Biofísica es el “estudio de los fenómenos vitales mediante los principios y los métodos de la física”.³

A continuación se describirá el proceso fisiológico de la respiración, ahondando en la Ventilación pulmonar.

La función celular normal requiere un continuo suministro de oxígeno (O_2) y remoción de dióxido de carbono (CO_2). Estos requerimientos son satisfechos por la respiración, que es la serie de procesos involucrados en el transporte de O_2 desde el medio ambiente hasta la célula y de CO_2 en sentido contrario. En el ser humano la respiración se puede dividir en cuatro procesos que, a pesar de estar interrelacionados, pueden ser individualizados.

1. VENTILACIÓN PULMONAR

Este proceso de la respiración es el que se ahondará dado el tema de investigación.

La ventilación es el proceso por el cual el O_2 en el aire inspirado es transportado al interior del pulmón, mientras que el CO_2 es eliminado con el aire espirado. Este mecanismo de transporte, por el cual sustancias contenidas en un medio son transportadas gracias al flujo del medio, se llama convección. En el caso de la ventilación pulmonar, el aire es el medio de convección del O_2 y CO_2 .

El aire es la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre. En proporciones, está compuesto por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles en un 1%.

El pulmón es el órgano central de aquel intercambio de gases; ésta es su principal función. También desempeña otras funciones. Metaboliza algunos componentes, filtra materiales no deseados de la circulación y actúa como un reservorio de sangre.

³ Diccionario de la lengua española. Real Academia Española [Internet] Madrid: Real academia española; 2010. Disponible en: <http://www.rae.es/rae.html> [consulta: 10 set 2011].

Desde el punto de vista funcional, el pulmón se puede dividir en dos zonas principales: la zona de conducción y la zona de intercambio gaseoso.

La zona de conducción extrapulmonar comprende las vías aéreas extra torácicas (nariz, faringe y laringe) y las intratorácicas, que incluyen la tráquea, los bronquios lobulares, segmentarios y bronquios terminales (estos tres últimos intrapulmonares).

Éstas vías aéreas consisten en una serie de tubos ramificados que se vuelven más estrechos, más cortos y más numerosos a medida que penetran más profundamente dentro del pulmón. La tráquea se divide en los bronquios principales derecho e izquierdo, que a su vez se dividen en bronquios lobulares y luego en segmentarios. Este proceso continúa hasta alcanzar los bronquiolos terminales, que representan las vías aéreas de menor calibre con excepción de los alvéolos. Todos estos bronquios constituyen las vías aéreas de conducción. Su función es la de conducir el aire inspirado hacia las regiones de intercambio gaseoso del pulmón. Otras funciones importantes son llevadas a cabo: el aire es termorregulado, humedecido, despojado de partículas y de gases irritantes. La mucosa de las vías aéreas también cumple importantes funciones de defensa contra la infección. Como las vías aéreas de conducción no contienen los alvéolos y, por lo tanto, no toman parte en el intercambio gaseoso, constituyen el espacio muerto anatómico. Su volumen es de alrededor de 150 ml.

La transición entre las vías de conducción y la zona de intercambio gaseoso ocurre aproximadamente en la decimoséptima generación, y se caracteriza por la aparición de evaginaciones alveolares en la pared de los bronquiolos respiratorios, que luego se continúan con los conductos alveolares y los sacos alveolares.

Esta región alveolar del pulmón donde se efectúa el intercambio gaseoso se conoce como zona respiratoria. El bronquiolo respiratorio, el conducto alveolar y el saco alveolar forman una unidad anatómica denominada acino pulmonar, el cual constituye la unidad respiratoria de intercambio gaseoso. La estructura del acino es soportada por una red de sostén elástica y colágena, que se caracteriza por su distensibilidad, ya que las fibras pueden ser estiradas 2,5 a 3

veces su longitud original. El alvéolo constituye la unidad funcional del acino. El número de alvéolos en un pulmón adulto se aproxima a los 300 millones.

La distancia desde el bronquiolo terminal al alvéolo más distal es de unos pocos milímetros, pero la zona respiratoria constituye la mayor parte del pulmón y su volumen en reposo es de alrededor de 2,5 a 3 L.

La circulación pulmonar comienza con la arteria pulmonar que recibe la descarga completa del ventrículo derecho la cual consiste en la sangre venosa que retorna de los tejidos. La arteria pulmonar se divide acompañando a las vías aéreas hasta el comienzo de los bronquiolos terminales. A partir de este punto comienza la red capilar, que yace entre las paredes alveolares. La red capilar se consolida en las venas pulmonares que reposan entre los lobulillos y finalmente forman las cuatro venas pulmonares que conducen la sangre arterializada a la aurícula izquierda.

El pulmón tiene un sistema sanguíneo adicional, la circulación bronquial, que irriga las vías aéreas de conducción hasta cerca de los bronquiolos terminales. La mayor parte de esta sangre es extraída del pulmón a través de las venas pulmonares. El flujo a lo largo de la circulación bronquial es una mera fracción de la circulación pulmonar.

Previo a considerar el movimiento de aire hacia los pulmones, es útil mencionar a los volúmenes estáticos del pulmón.

Los volúmenes pulmonares medidos más frecuentemente son:

- ☛ Volumen de aire corriente (VAC): es el volumen de aire que se inspira o expira durante un ciclo respiratorio normal en reposo.
- ☛ Volumen inspiratorio de reserva (VIR): es el máximo volumen de aire que se puede inspirar partiendo de la posición inspiratoria de reposo.
- ☛ Volumen de reserva espiratorio (VRE): es el máximo volumen de aire que se puede espirar partiendo de la posición espiratoria de reposo.
- ☛ Volumen residual (VR): es el aire que se encuentra en el pulmón al final de una espiración máxima.

Las capacidades pulmonares son la suma de dos o más volúmenes pulmonares, las más usadas son:

- ☛ Capacidad vital (CV): es el volumen máximo de aire que se puede espirar partiendo de la posición de inspiración máxima, y es igual a la suma del volumen de reserva inspiratorio, el volumen de aire corriente y el volumen de reserva espiratorio.
- ☛ Capacidad residual funcional (CRF): es el volumen de aire contenido en el pulmón al final de una espiración normal en reposo y es igual a la suma del volumen de reserva espiratorio y el volumen residual.
- ☛ Capacidad inspiratoria (CI): es la suma del volumen de aire corriente y el volumen de reserva inspiratoria.
- ☛ Capacidad espiratoria (CE): es la suma del volumen de aire corriente y el volumen de reserva espiratorio.
- ☛ Capacidad pulmonar total (CPT): es el volumen de aire contenido en el pulmón cuando este se encuentra en posición de inspiración máxima y es igual a la suma de la capacidad vital y el volumen residual.

Ciertos volúmenes se pueden medir mediante un espirómetro el cual consiste en un cilindro abierto en la base, sumergido en agua, que rota sobre su eje vertical con una velocidad fija, y este puede registrar los volúmenes de aire inspirado o espirado.

A continuación se describirá las fuerzas que movilizan el pulmón y la pared torácica y las resistencias que deben vencer.

Músculos de la ventilación

El principal músculo de la respiración es el diafragma, que es el único que se utiliza normalmente en condiciones de reposo. Consiste en una delgada lámina en forma de cúpula que se inserta en las costillas inferiores. Está inervado por los nervios frénicos de los segmentos cervicales 3,4 y 5. Durante la contracción, el diafragma se fija en sus inserciones lumbares y costales, y desciende el centro frénico. Este aplanamiento tiende a aumentar el volumen

torácico en el sentido vertical, así como, en menor proporción, en el sentido antero posterior.

En la ventilación normal con volumen corriente, el nivel del diafragma se desplaza alrededor de 1 cm, pero durante la inspiración y la espiración forzada la excursión total puede llegar hasta 10 cm.

Los músculos accesorios de la respiración se utilizan cuando es necesario aumentar el volumen ventilatorio o el flujo aéreo; esto puede ocurrir en varias circunstancias: por ejemplo, durante el ejercicio; en condiciones anormales asociadas con aumento de la resistencia al flujo aéreo, o cuando ocurren cambios patológicos en las propiedades elásticas del pulmón o del tórax.

Los músculos accesorios de la inspiración son los intercostales externos que conectan las costillas contiguas. La contracción de estos músculos aumenta los diámetros anteroposterior y lateral del tórax. Los escalenos elevan las dos primeras costillas, mientras que los pectorales y el esternocleidomastoideo tienden a elevar el esternón. Estos últimos son reclutados cuando el volumen inspirado se acerca al máximo.

La espiración se cumple de manera pasiva durante la ventilación tranquila. Como el pulmón y la pared torácica son elásticos, tienden a recuperar la posición de equilibrio después de completada su expansión activa durante la inspiración.

En la espiración forzada intervienen los músculos de la pared abdominal que, al contraerse, aumentan la presión intraabdominal y favorecen la disminución de volumen torácico. Los músculos intercostales internos tienden a desplazar las costillas en dirección interna y hacia abajo, es decir, llevan a cabo una acción opuesta a la generada por los músculos intercostales externos.

Mecánica Ventilatoria

La ventilación pulmonar es el resultado de fuerzas ejercidas por los músculos respiratorios que actúan sobre estructuras elásticas, el tórax y el pulmón, y que generan cambios de volumen y flujo aéreo. Las tendencias elásticas del pulmón y del tórax, que hacen que uno tienda a separarse del otro, generan

una presión negativa en el espacio que separa ambas láminas pleurales y que transmite al resto de las estructuras extrapulmonares contenidas en el tórax, tales como el mediastino, el esófago y los vasos sanguíneos venosos. Esta presión se conoce con el nombre de presión pleural, o presión intratorácica.

La presión alveolar representa la presión existente al final de la vía aérea, en los alvéolos pulmonares. Cuando no existe flujo aéreo y las vías respiratorias están en comunicación libre con el medio ambiente (inmediatamente antes de la inspiración o de la espiración en reposo), la presión a lo largo de toda la vía aérea, incluido el alvéolo, es igual a la presión en el medio ambiente o presión barométrica o atmosférica.

Durante la inspiración o espiración, a medida que el volumen pulmonar cambia, se crea un gradiente de presión entre el medio ambiente y el alvéolo. Durante la inspiración la presión alveolar cae por debajo de la presión barométrica; este gradiente establece el flujo inspiratorio, lo opuesto ocurre durante la espiración, en que la presión alveolar aumenta por encima de la presión barométrica.

Tanto en la inspiración como en la espiración, la magnitud entre el interior y el exterior del pulmón, es la presión traspulmonar. La presión traspulmonar es la presión que es necesario ejercer para evitar la retracción del pulmón y mantener un volumen pulmonar determinado. La magnitud de la presión traspulmonar depende de dos factores: el volumen pulmonar y las fuerzas elásticas que tienden a retraer el pulmón.

Las fuerzas necesarias para efectuar la ventilación se reflejan en las diferencias de presiones mencionadas anteriormente, la diferencia entre la presión barométrica y la presión alveolar es la presión que se necesita para vencer la resistencia que oponen las vías aéreas al flujo de aire; la diferencia presión alveolar – (menos) presión pleural, es decir la presión traspulmonar, es la presión que se necesita para contrarrestar la retracción elástica del pulmón.

Inmediatamente antes que comience la inspiración en un ciclo respiratorio en reposo, la presión pleural es de aproximadamente -5 cm de H₂O. En este momento, antes que se inicie la inspiración, el flujo aéreo todavía no se ha

establecido. Por consiguiente, no existe diferencia de presión a lo largo de la vía aérea; la presión alveolar es igual a la presión barométrica.

Cuando el diafragma se contrae y comienza la inspiración, la presión pleural, se hace más negativa. Esto se debe a dos factores: primero, como el pulmón aumenta de volumen, su tendencia a retraerse se eleva; esta tendencia debe ser contrarrestada por una mayor diferencia entre la presión alveolar y la presión pleural. En segundo lugar, a medida que el volumen aumenta, la presión alveolar se hace negativa y esto, a su vez origina el flujo inspiratorio. Cuando esto ocurre, a la presión necesaria para vencer la retracción elástica del pulmón se le debe sumar la presión necesaria para vencer la resistencia de las vías aéreas y mantener el flujo aéreo. La presión pleural se hace más negativa.

Al final de la inspiración normal en reposo, la presión pleural alcanza un valor de aproximadamente -8 cm de H_2O . Como el flujo aéreo ha cesado, la presión alveolar vuelve a ser igual a la presión barométrica, el término presión barométrica – (menos) presión alveolar es igual a cero y nuevamente la totalidad de la diferencia presión barométrica menos presión pleural es empleada para oponerse a la retracción elástica del pulmón. En este momento la presión pleural es más negativa que al principio de la inspiración porque el volumen pulmonar ha aumentado y, por consiguiente, la tendencia a la retracción es mayor. La espiración comienza cuando el diafragma se relaja. En condiciones de reposo en el pulmón normal, la espiración es pasiva ya que ocurre sin necesidad de que se contraigan músculos espiratorios: la retracción elástica del pulmón es responsable de la disminución de volumen. A medida que el volumen pulmonar disminuye, la presión alveolar aumenta por encima de la presión barométrica y se establece el flujo espiratorio. Durante la espiración, la presión pleural es menos negativa de lo que sería si no existiera flujo aéreo, ya que la presión alveolar es positiva con respecto a la presión barométrica.

Propiedades estáticas del pulmón y del tórax

Como ya se ha mencionado, durante la inspiración, para introducir aire en los pulmones la musculatura respiratoria debe crear suficiente presión como para

vencer dos fuerzas: una estática, el incremento en la presión de retracción del pulmón cuando éste aumenta de volumen, y otra dinámica, la fricción asociada con el flujo por la vía aérea. Se reitera que durante la espiración, la salida de aire es pasiva.

Las fuerzas necesarias para efectuar la ventilación pulmonar deben a) vencer las tendencias elásticas del sistema, y b) vencer la resistencia que se opone al flujo aéreo.

Distensibilidad pulmonar

La retracción del pulmón es contrarrestada por la presión traspulmonar. Cuanto más aumenta el volumen pulmonar, mayor es la tendencia del pulmón a retraerse y mayor el valor de la presión traspulmonar necesario para oponerse a esta tendencia y mantener un volumen dado.

El valor de presión traspulmonar necesario para mantener cierto volumen pulmonar es un índice de la tendencia a la retracción elástica. En este sentido el pulmón se puede comparar a un globo elástico. Para aumentar el volumen es necesario que la presión en el interior aumente con respecto a la presión en el exterior.

Las propiedades elásticas del pulmón se pueden analizar construyendo una curva presión-volumen. Las variables que se deben medir son el cambio del volumen pulmonar y la diferencia de presión entre el interior y el exterior del pulmón.

El fenómeno por el cual el valor de una variable depende de la dirección en la cual se produce el cambio de la variable se denomina histéresis. Éste es la tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado.

La distensibilidad varía con el volumen del pulmón. La distensibilidad es determinada por dos mecanismos diferentes; por un lado, el parénquima pulmonar posee fibras elásticas, compuestas de elástica y colágeno. La elastina es altamente distensible, mientras que el colágeno lo es menos.

El segundo mecanismo que determina la distensibilidad del pulmón, es la existencia, a nivel de los alvéolos, de una interfase aire-líquido generada merced a que los alvéolos están revestidos de una capa muy fina de líquido en contacto inmediato con el aire alveolar.

Las fuerzas de atracción entre las moléculas de un líquido son mucho mayores que aquellas presentes en los gases, en los cuales las distancias intermoleculares son mucho mayores. Por consiguiente, las fuerzas a que están sometidas las moléculas en la superficie del líquido son desiguales: las fuerzas que atraen a estas moléculas hacia el líquido son mayores que las fuerzas que las atraen hacia el gas. Esta diferencia a la retracción originada en la superficie de contacto entre el líquido y el gas es la tensión superficial. La tensión superficial se puede conceptualizar como la tendencia que hace que una burbuja de líquido tienda a retraerse. A medida que la burbuja disminuye de volumen, la presión en su interior aumenta, lo cual tiende a oponerse al colapso de la burbuja. La magnitud de la tensión superficial depende de la naturaleza del líquido.

La variación de la tensión superficial en consonancia con el tamaño alveolar es el resultado de la presencia de un agente tensioactivo, que actúa como un detergente, es decir, disminuye la tensión superficial de la capa líquida que cubre el alvéolo. El agente tensioactivo es producido en los neumocitos tipo II.

Propiedades elásticas del tórax

Así como el pulmón es elástico, el tórax también lo es. En condiciones de equilibrio la pared torácica se halla traccionada hacia adentro, mientras que el pulmón se halla traccionado hacia afuera, de modo que ambas fuerzas se compensan mutuamente. En la capacidad residual funcional, la presión de relajación del pulmón y de la pared torácica es igual a la presión atmosférica. En efecto, la capacidad residual funcional es el volumen en el cual el retroceso elástico del pulmón es equilibrado por la tendencia normal de la pared torácica a expandirse.

Propiedades dinámicas del pulmón

Resistencia al flujo aéreo: el aire fluye a lo largo de las vías aéreas en virtud de un gradiente de presión que se establece entre el alvéolo y la atmósfera. La diferencia de presión depende de la velocidad y del tipo de flujo. Si los flujos son lentos, las líneas de la corriente son paralelas a los lados del conducto. Esto se conoce como flujo laminar. A medida que el flujo se acelera, aparece inestabilidad, en particular en las ramificaciones. Si el flujo es más rápido todavía, las líneas de corriente se desorganizan por completo, a esto se le da el nombre de turbulencia.

La resistencia al flujo de aire depende de propiedades inherentes al medio circulante; la viscosidad y la densidad del aire, y de propiedades del sistema por el cual el medio circula, en este caso el radio y la longitud de las vías aéreas.

Los factores que determinan si el flujo es laminar o turbulento están relacionados por el número de Reynolds, donde la probabilidad de flujo turbulento aumenta a medida que el radio de las vías aéreas, la velocidad y la densidad del medio aumentan y a medida que la viscosidad del medio disminuye.

Trabajo respiratorio es el necesario para que el pulmón y el tórax cambien de volumen.

El trabajo de cada músculo siempre es positivo, aunque genere una presión negativa, porque todo músculo debe acortarse para ejercer su acción.

En las fases de la respiración en que la elasticidad de la caja o de los tejidos pulmonares se opone a los desplazamientos de las estructuras respiratorias, los músculos ejercen trabajo sobre ellas. Cuando el trabajo es efectuado sobre estructuras elásticas queda acumulado en ellas como energía potencial y es devuelto durante el movimiento de sentido contrario en cuyo caso los músculos deben realizar un trabajo menor que puede llegar a nulo.

El trabajo ejercido contra las resistencias viscosas de los tejidos y de la circulación del aire queda acumulado.

En cuanto al trabajo efectuado contra la inercia de las masas que adquieren energía cinética, al ponerse en movimiento, es despreciable comparado con las otras fracciones.

En muchos casos interesa más el consumo energético total, ocasionado por la función de los músculos respiratorios que el trabajo realizado, porque este depende de la eficiencia muscular.

2. DIFUSIÓN ALVEOLOCAPILAR: este es un proceso diferente de la convección. En este caso las moléculas de O_2 son transportadas en sentido opuesto a las de CO_2 . El mecanismo responsable de la difusión es el gradiente de presión parcial para el O_2 y el CO_2 que existe a través de las membranas que separan el aire alveolar y la sangre capilar. La presión parcial de O_2 del aire contenido en los alvéolos pulmonares es mayor que la de la sangre venosa que entra en los capilares pulmonares. Esta diferencia origina un flujo de O_2 desde los alvéolos hacia los capilares. En el caso del CO_2 el gradiente tiene sentido opuesto al del O_2 , y por consiguiente el CO_2 difunde desde la sangre capilar hacia el aire alveolar.

3. TRANSPORTE DE O_2 Y DE CO_2 POR LA SANGRE. Este es otro ejemplo de transporte convectivo, excepto que en este caso el medio de convección es la sangre. El O_2 difunde del aire alveolar a la sangre capilar, se combina con la hemoglobina, el pigmento respiratorio contenido en los glóbulos rojos, y es transportado a los tejidos. El CO_2 difunde de las células hacia la sangre contenida en los capilares tisulares y es transportado por la sangre en sentido opuesto hacia los pulmones.

4. DIFUSIÓN A NIVEL DEL TEJIDO: el continuo consumo de O_2 , así como la producción continua de CO_2 por las células, origina gradientes de presión parcial entre la sangre capilar y el líquido intracelular. La presión parcial de O_2 en la sangre capilar es mayor que en la célula, de manera que el O_2 difunde hacia la célula. El gradiente para el CO_2 tiene el sentido opuesto, por consiguiente, el CO_2 difunde desde la célula hacia la sangre capilar.

III. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación está sustentado bajo la pregunta problema de ¿Cuáles son los principios biofísicos de la Mecánica Ventilatoria que son favorecidos mediante las tecnologías y técnicas en enfermería?

El objetivo general fue: identificar los sustentos de los principios biofísicos de la Mecánica Ventilatoria en las tecnologías y técnicas en enfermería.

Los objetivos específicos que se desglosaron del objetivo general son:

- 1) Describir los principios biofísicos que se aplican en la Mecánica Ventilatoria.
- 2) Conocer de qué manera las tecnologías y técnicas en enfermería favorecen el cumplimiento de los principios biofísicos.

Se realizó un estudio exploratorio mediante una revisión bibliográfica avanzada. El universo de estudio abarcó, en general, aquellas tecnologías y técnicas en enfermería que se encuentran agrupadas en el libro “Manual de Tecnologías y técnicas en Enfermería” de la Facultad de Enfermería, Universidad de la República Oriental del Uruguay.

La muestra consistió en las *“Tecnologías y Técnicas en Enfermería asociadas a la Mecánica Ventilatoria: Posición Fowler, Oxigenoterapia, Aspiración de secreciones, Drenaje torácico”*. El tipo de muestreo elegido para esta investigación fue un muestreo *no probabilístico*, es decir la elección de la muestra partió de un proceso de toma de decisiones del grupo de investigación, de manera que fue dirigida e intencionada, buscando contemplar los objetivos que sustentan la investigación.

Una vez seleccionada las tecnologías y técnicas en enfermería según oportunidad, se realizó una revisión con el fin de identificar los principios biofísicos que las sustentan, constituyendo de esta manera, las siguientes variables de estudio, definiéndoselas de modo conceptual y operacional.

Principios biofísicos

Definición conceptual:

Principio: Base, origen, razón fundamental sobre la cual se procede discurrendo en cualquier materia. Cada una de las primeras proposiciones o verdades fundamentales por donde se empiezan a estudiar las ciencias o las artes. Norma o idea fundamental que rige el pensamiento o la conducta.

Biofísica: área interdisciplinaria que estudia la biología aplicando los principios generales de la física.

Definición operacional:

- **Ley de Poiseuille:** La ley de Poiseuille describe la resistencia al flujo. Si el radio de un tubo se redujera por la mitad el caudal de flujo que pasa por ese tubo reducido tendría que oponerse a una resistencia 16 veces mayor, siendo que la resistencia al flujo es inversamente proporcional al radio elevado a la cuarta potencia.
- **Ley de Boyle:** Ley de los gases ideales que relaciona volumen y presión a temperatura constante. El volumen es inversamente proporcional a la presión.
- **Ley de Charles:** Ley de los gases ideales que relaciona volumen y temperatura de un gas a una presión constante.
- **Ley de Henry:** Enuncia que a una temperatura constante, la cantidad de gas disuelta en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial que ejerce ese gas sobre el líquido.
- **Ley de Dalton:** Ley de las presiones parciales que permite determinar la relación que existe entre las presiones parciales y la presión total de una mezcla de gases.
- **Ley de Fick:** En presencia de diferencias de concentración de cualquier especie el paso de moléculas se llevará a cabo desde las regiones de mayor concentración hacia las regiones de menor concentración.

Tecnologías en enfermería

Definición conceptual:

Conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.

Definición operacional:

- **Posición Fowler:** posición dorsal en un plano inclinado de tal modo que la espalda forma un ángulo de 45° con la horizontal.
- **Oxigenoterapia:** administración de oxígeno a concentraciones mayores que las del aire ambiente, utilizando un dispositivo adecuado.
- **Aspiración de secreciones nasofaríngeas, orofaríngeas y traqueales:** eliminación por aspirado de secreciones retenidas en la vía aérea.
- **Drenaje torácico:** procedimiento médico terapéutico en el cual se coloca un tubo en la cavidad pleural y su conexión a un sistema cerrado de drenaje.

Esta revisión bibliográfica avanzada fue realizada mediante la búsqueda de artículos de investigación.

La unidad de análisis fueron artículos científicos que contenían las tecnologías y técnicas en enfermería seleccionadas y las leyes biofísicas de la mecánica ventilatoria.

Se realizó una selección de bases de datos acorde al tema en estudio: B.V.S (Biblioteca Virtual en Salud) – LILACS (Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud) – SciELO (Scientific Electronic Library Online) MEDLINE (Medicina) - GOOGLE- LATINDEX (Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal) y REDALYC (Ciencias y disciplinas).

Luego se eligieron palabras claves o descriptores del tema de la investigación: Enfermería, Física, Biofísica, Principios biofísicos, Leyes físicas, Mecánica ventilatoria, Respiración, Tecnologías y técnicas en Enfermería, Posición Fowler, Oxigenoterapia, Humidificación, Aspiración de secreciones, Drenaje torácico.

Para construir las ecuaciones pertinentes para la búsqueda se aplicaron operadores lógicos o booleanos que unen dichas palabras, éstos son: AND (operador de intersección), OR (operador de suma, todo lo que contenga una de las palabras solicitadas), NOT (operador de exclusión, restringe la búsqueda). Por tanto las ecuaciones de búsqueda resultaron de la siguiente manera:

- Enfermería AND Mecánica Ventilatoria OR Respiración
- Enfermería AND Física AND Mecánica Ventilatoria
- Enfermería AND Física AND Respiración
- Enfermería AND Biofísica NOT Física
- Enfermería AND Posición Fowler
- Posición Fowler AND Mecánica Ventilatoria OR Respiración
- Enfermería AND Oxigenoterapia
- Oxigenoterapia AND Mecánica Ventilatoria OR Respiración
- Oxigenoterapia AND Humidificación
- Enfermería AND Aspiración de secreciones
- Aspiración de secreciones AND Mecánica Ventilatoria OR Respiración
- Enfermería AND Drenaje torácico
- Drenaje torácico AND Mecánica Ventilatoria OR Respiración
- Principios biofísicos AND Mecánica Ventilatoria
- Principios biofísicos AND Respiración
- Leyes físicas AND Respiración OR Mecánica Ventilatoria

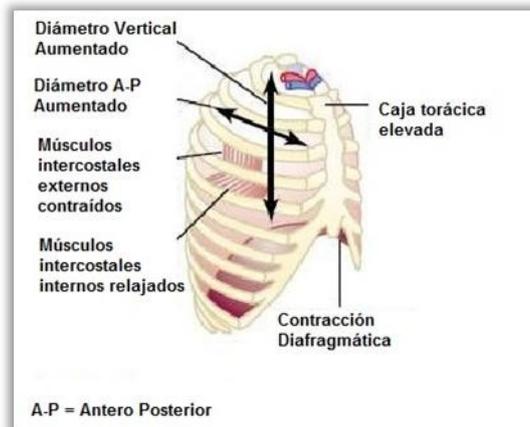
El número (N) de artículos científicos encontrados relacionados con la temática fue de 35; 9 fueron los artículos utilizados.

Los artículos científicos (libros, revistas, base de datos electrónica, diccionarios) de inclusión seleccionados fueron aquellos publicados a partir del año 1990 a la fecha, redactados en español e inglés, que traten temas de enfermería, física, principios de la biofísica, fisiología que se relacionen con la mecánica ventilatoria.

Los criterios de exclusión fueron artículos publicados antes al año 1990 en otros idiomas.

IV. RESULTADOS

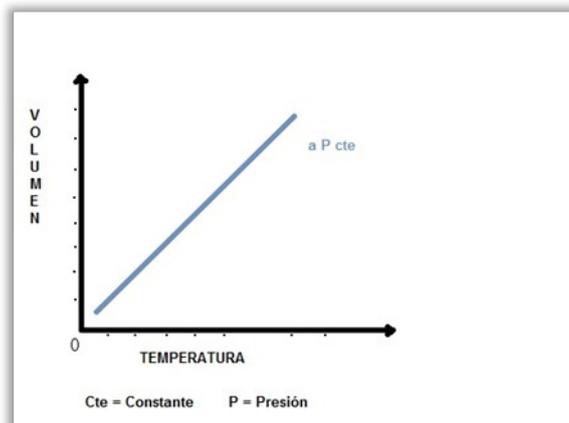
Posición Fowler



La Posición Fowler permite la normal expansión torácica, favoreciendo la contracción del diafragma, el aumento del volumen torácico en sentido vertical, así como en menor proporción en el sentido antero posterior, permitiendo entonces una correcta ventilación.

Oxigenoterapia

Ley de Charles $\frac{V}{T} = P$



La Ley de Charles menciona que a Presión constante, el volumen es directamente proporcional a la temperatura. La administración de Oxígeno adicional humidificado con vapor de agua permite que el aire llegue a los pulmones a temperatura corporal, favoreciendo el aumento del volumen pulmonar.

Ley de Dalton

$$P_{\text{total}} = \sum_{i=1}^n p_i$$

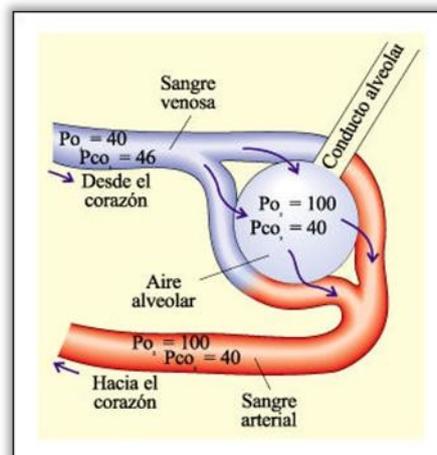
La Ley de Dalton expresa que en una mezcla de gases la presión total de la mezcla es igual a la suma de las presiones parciales que ejerce cada gas.

La Oxigenoterapia permite que se mantengan los valores fisiológicos de presión parcial de oxígeno en sangre arterial.

Ley de Henry $V = k \cdot P$

La Ley de Henry establece que el volumen de un gas disuelto en un líquido es proporcional a la presión parcial de ese gas. La oxigenoterapia mejora los valores de presión parcial de O_2 arterial, lo que equivale fisiológicamente al aumento de la fracción de oxígeno disuelta en plasma.

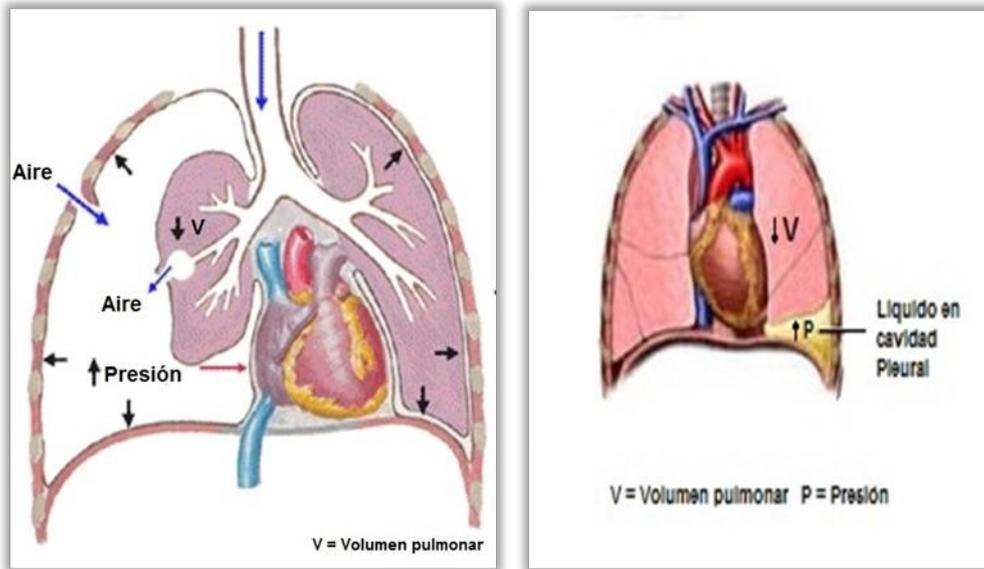
Ley de Fick $J = P \cdot \Delta C$



En el caso de existir diferencias de concentración como en el espacio alveolo-capilar, el paso de moléculas se llevará a cabo desde las regiones de mayor concentración hacia las regiones de menor concentración.

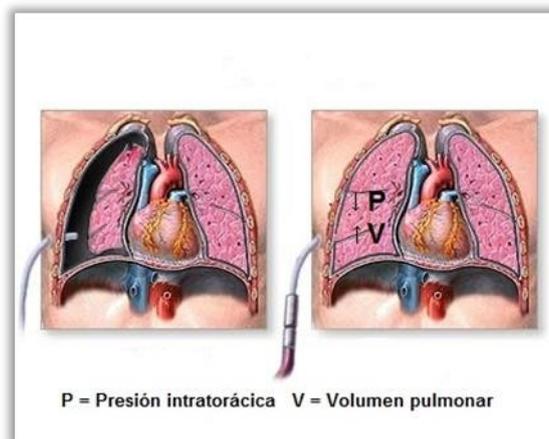
La oxigenoterapia favorece la difusión alveolo-capilar, es decir favorece una adecuada difusión del oxígeno desde el alvéolo a la sangre capilar

Drenaje torácico



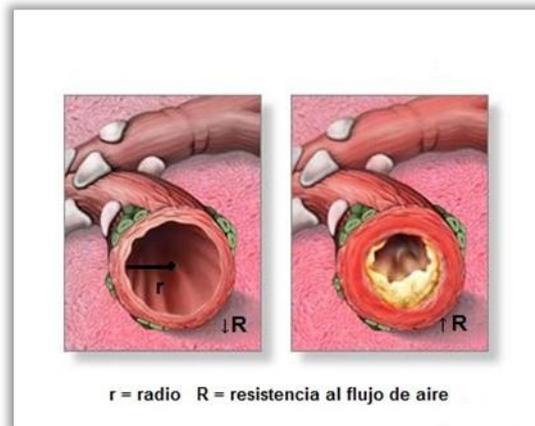
Ley de Boyle: $P \cdot V = t$

A temperatura constante el volumen es inversamente proporcional a la presión. Una lesión del parénquima pulmonar produce una fuga de aire o líquido causando un aumento de la presión intratorácica o pleural, la cual lleva a una disminución del volumen pulmonar que no permite la expansión pulmonar, dada por diferencia de presión.



La colocación de un drenaje torácico permite la restauración de la presión negativa en este espacio al estar el sistema de drenaje abierto al aire, es decir, sometido a la presión atmosférica.

Aspiración de secreciones



Ley de Poiseuille $R = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}$

Si el radio de la vía aérea se redujera por la mitad, la Ley de Poiseuille predice que el caudal de aire que pasa por ese trayecto reducido tendría que oponerse a una resistencia 16 veces mayor, siendo que la resistencia al flujo es inversamente proporcional al radio elevado a la cuarta potencia.

En usuarios con presencia de secreciones en las vías aéreas, se ve comprometida la luz de las mismas ocasionado por edema y adhesión de secreciones a las paredes, aumentando la resistencia del flujo aéreo hacia los alveolos.

La aspiración de secreciones ayuda a disminuir las mismas, al aplicar efecto vacío, permitiendo así que la luz de las vías aéreas aumente con la consecuente disminución de la resistencia del flujo aéreo hacia los alvéolos, favoreciendo el intercambio gaseoso pulmonar.

V. DISCUSIÓN

El apropiado empleo y accionar de las tecnologías y técnicas en enfermería, suponen un elemental pilar para la rehabilitación de un usuario cursando cualquier proceso de salud-enfermedad. En la comprensión del proceso fisiopatológico y de su tratamiento augura una enfermera científica.

Posición Fowler

1. DEFINICIÓN:

La posición Fowler es una importante posición en el campo de la enfermería y la medicina por su manera en que ayuda a dar cuidados al usuario. Hace el proceso salud-enfermedad extremadamente fácil y relajante para el usuario y su rehabilitación.

La posición Fowler se trata de una posición dorsal en un plano inclinado de tal modo que la espalda forme un ángulo de 45° con la horizontal. Se obtiene al elevar 40-50 cm la cabecera de la cama. Las extremidades inferiores pueden mantenerse flexionadas en mayor o menor ángulo o mantenerse extendidas.

2. USOS

La posición Fowler se emplea en usuarios con problemas respiratorios (asma, enfermedad obstructiva crónica, enfisemas) o cardíacos, para relajación de músculos abdominales, para facilitar actos como comer, para realizar exploraciones de otorrinolaringología, oftalmología, cabeza, cuello y tórax.

El mecanismo de acción en el sistema respiratorio consiste en lograr la normal expansión torácica, permitiendo la contracción del diafragma y así favorecer el aumento del volumen torácico en sentido vertical, así como en menor proporción en el sentido antero posterior, llevando entonces a una correcta ventilación.

3. PROCEDIMIENTO

Este procedimiento requiere de un par de almohadas y una cama articulada. Se eleva la cabecera de la cama entre 45° y 60°. Para mayor confort se coloca una

almohada debajo de los muslos si las piernas están flexionadas, una almohada debajo de cada brazo si es necesario y otra almohada si requiere, debajo de la cabeza.

Para la realización del procedimiento se debe tener en cuenta aspectos como la higiene de manos previa y posterior, el informar al usuario del procedimiento, la preservación de su intimidad si amerita y el registro en la historia clínica de la tolerancia al procedimiento.¹

4. ANÁLISIS – DISCUSIÓN

Existen seriadados estudios que pretenden determinar el efecto de las posiciones anatómicas en la fisiología humana, como es en el caso de una adecuada ventilación-perfusión.

Un estudio cuasi-experimental, realizó repetidas mediciones del efecto las posiciones anatómicas en la oxigenación (Saturación de Oxígeno), presión sanguínea, respiración y pulso, en usuarios con patologías unilaterales de pulmón. Treinta y nueve usuarios con patologías unilaterales de pulmón fueron posicionados en decúbito lateral con el hemitórax sano hacia abajo (“good lung down”), con el hemitórax afectado hacia abajo y en posición Fowler. Se midió saturación de oxígeno y signos vitales al comienzo, a los 15 y 30 minutos. Los resultados desembocaron en que no hubo relación significativa desde la estadística entre niveles de oxigenación o presión arterial sistólica.

Sin embargo, la respiración, pulso y presión arterial diastólica sí variaron significativamente con la posición Fowler, mejorando los parámetros.²

Otro estudio del efecto de las posiciones anatómicas en el sistema cardiorespiratorio de 26 adultos mayores sanos midió la frecuencia cardíaca, presiones sanguíneas arteriales y saturación de oxígeno en 5 posiciones anatómicas estandarizadas. Se concluyó que decúbito dorsal (o supino) y

¹ Costabel, M. Manual de Tecnologías y Técnicas en Enfermería. Montevideo: Oficina del libro FEFMUR; 2009

² PubMed [Internet]. Journal of Advanced Nursing; January 1996. The effect of body positioning upon maximal oxygenation of patients with unilateral lung pathology. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8708224 [consulta: 16 mayo 2012].

posición Fowler son posiciones seguras para favorecer la función respiratoria, no siendo así la posición decúbito dorsal horizontal.³

Un estudio fue realizado para medir el efecto de la postura en la oxigenación y la fuerza de la musculatura respiratoria en 30 neonatos hospitalizados de una media de edad gestacional de 33 y 34.5 semanas, determinó que la oxigenación fue mayor en posición de decúbito dorsal semi-Fowler y decúbito prono, y la fuerza de la musculatura respiratoria fue superior en decúbito dorsal que en decúbito prono.⁴

Otro estudio pretendió estudiar el efecto de la posición corporal en la frecuencia respiratoria en 19 usuarios adultos que tenían comprometido el sistema respiratorio (EPOC, síndromes de distress respiratorio, neumonía, trasplante de pulmón) y con perímetro abdominal aumentado por ascitis, obesidad y distensión abdominal. Los usuarios fueron colocados en diferentes ángulos de posicionamiento, decúbito dorsal horizontal, Fowler (45°), Fowler alta (90°) y Trendelemburg inversa. La frecuencia respiratoria fue más baja en posición Fowler (21/minuto) comparada con Fowler alta. El testimonio de la mayoría de los usuarios mostró su preferencia por la posición Fowler o Trendelemburg inversa, no siendo así por posición Fowler alta.⁵

Se realizó un estudio en adultos mayores resultando ser que la oxigenación era mayor en posición decúbito dorsal Fowler que en decúbito dorsal horizontal, concluyéndose que el respaldo de la cama de los usuarios debe ser de al menos 30°, para mejorar la mecánica ventilatoria.⁶

Sin embargo existen estudios que plantean hipótesis sobre el posicionamiento del usuario en decúbito lateral como una mejora para la ventilación-perfusión. En todos, se encontraron que no hay efecto beneficioso para el intercambio

³ Medline [Internet]. Archives of Gerontology and Geriatrics; Jan-Feb 2011. Body position and Cardio-respiratory variables in older people. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19948363> [consulta: 16 mayo 2012].

⁴ PubMed [Internet]. Official Journal of the American Academy of Pediatrics; July 2003. Effect of posture on oxygenation and respiratory muscle strength in convalescent infants. Disponible en: <http://www.pediatricsdigest.mobi/content/112/1/29.full> [consulta: 16 mayo de 2012].

⁵ Google [Internet]. American Journal of Nursing; February 1996. High Fowler's Won't Always Ease Breathing. Disponible en: http://www.nursingcenter.com/library/JournalArticle.asp?Article_ID=102279 [consulta: 16 mayo de 2012].

⁶ PubMed [Internet]. Advanced Critical Care; July-September 2009. Physiological Rationale and Current Evidence for Therapeutic Positioning of Critically Ill Patients. Disponible en: <http://www.ferronfred.eu/files> [consulta: 16 mayo de 2012].

gaseoso, siendo que la dinámica de compliance ventilatoria disminuyó durante el decúbito lateral.

Del mismo modo existe un estudio innovador que pretende demostrar la mejoría de la mecánica ventilatoria en posición decúbito prono en usuarios con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Se estudió 10 usuarios en diferentes grados de posiciones anatómicas. Los resultados demostraron que la posición decúbito prono incrementó la dinámica ventilatoria, elastancia y oxigenación en comparación con decúbito dorsal horizontal y Fowler y mejoró la eliminación de CO₂.⁷

Con aquel estudio único hasta el momento, se intentó demostrar y dar pie a futuros estudios para consolidar la información recabada, que la posición decúbito prono mejora la mecánica ventilatoria y en conclusión la oxigenación en comparación con el "gold standard" de la posición Fowler.

Oxigenoterapia

1. DEFINICIÓN

La oxigenoterapia es el conjunto de técnicas que permiten la administración de oxígeno (O₂) por vía inhalatoria a concentraciones mayores que las del aire ambiente.

El oxígeno es un componente gaseoso normal de la atmósfera terrestre cuya concentración se expresa como fracción inspirada de oxígeno (FiO₂) y vale normalmente 0,21, es decir, el 21% de la composición gaseosa terrestre (aire) es oxígeno.

Al hablar del oxígeno atmosférico se debe definir también el término PIO₂, que relaciona la presión atmosférica con la FiO₂ y se calcula de la siguiente manera:

$$PIO_2 = (\text{Presión atmosférica} - \text{Presión de vapor de agua}) FiO_2$$

⁷ PubMed [Internet]. Journal Article: [Anesthesia & Analgesia](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12761008); Jun 2003. Prone position improves lung mechanical behavior and enhances gas exchange efficiency in mechanically ventilated chronic obstructive pulmonary disease patients. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12761008> [consulta: 16 mayo de 2012].

Sabiendo que un individuo respira aire ambiente a nivel del mar, a una presión atmosférica de 760 mm Hg, si se sustituye la ecuación anterior con valores se obtiene que:

$$PIO_2 = (760 - 47^8) 0,21 = 149 \text{ mmHg}$$

El oxígeno debe ser considerado como un fármaco y como tal tiene indicaciones formales, vías específicas de administración, efectos fisiológicos, efectos colaterales o tóxicos y contraindicaciones.

Se administra en dosis que se miden y durante todo el tiempo que dure la falla respiratoria, con base a la condición clínica afectada, según prescripción médica, y en lo posible fundamentada en la medición de gases arteriales.

2. USOS

El objetivo de la oxigenoterapia consiste en mantener unos niveles de oxigenación adecuados a fin de que eviten la hipoxia tisular. Esto se consigue cuando la presión parcial de O_2 en sangre arterial alcanza valores superiores a los 60 mmHg, lo cual corresponde a una saturación de la hemoglobina del 90% aproximadamente.

La oxigenoterapia se puede emplear en situaciones de hipoxia aguda o crónica.

Un ejemplo de estas situaciones es la neumonía. La neumonía altera el intercambio gaseoso debido a la presencia de líquidos y secreciones en el pulmón y disminuye la difusión de O_2 desde el pulmón hacia el torrente sanguíneo arterial. Usuarios con bronquitis crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), puede presentar una concentración arterial de O_2 durante el día normal, pero durante el sueño puede producirse desaturación, una disminución de la concentración arterial de oxígeno, por lo que resulta necesaria la administración de oxígeno por la noche, para evitar la hipoxia. Un usuario con enfisema, otro tipo de EPOC, puede presentar una concentración de oxígeno baja de forma permanente o asociada con un aumento de la actividad, lo que se denomina hipoxia inducida por el ejercicio. Los usuarios con EPOC y retención de CO_2 corren el riesgo de presentar narcosis por CO_2 ,

⁸ 47 mmHg corresponde a la presión parcial del vapor de agua en el aire inspirado

inducida por la administración de concentraciones de oxígeno demasiado elevadas. En usuarios con EPOC y retención de dióxido de carbón o por elevación crónica de CO_2 , el aumento de la concentración de CO_2 , o estímulo normal de la respiración, no responde a cambios en el CO_2 . Por lo tanto, en éstos, los cambios en la concentración de oxígeno, producen alteraciones en la ventilación. Si se les administra oxígeno a concentraciones elevadas, se elimina el estímulo de la espiración. La administración de oxigenoterapia no está exenta de posibles complicaciones, como toxicidad por oxígeno (síndrome de distrés respiratorio del adulto, edema pulmonar no cardiogénico) aumento de la retención de CO_2 (confusión, cefaleas, disminución del grado de conciencia, somnolencia), narcosis por CO_2 y paro respiratorio.

Con respecto a la elección del dispositivo de administración de oxígeno, ésta depende de la concentración de oxígeno que el usuario necesita, según la gravedad de la hipoxia y el proceso de salud-enfermedad existen otros factores que deben ser considerados como la edad del usuario, su estado general y el nivel de conciencia, la existencia de una vía aérea artificial, un contexto hospitalario o domiciliario, en ambiente familiar y el tipo de aporte necesario y de los cuidados administrados después del alta.

Existe una gran variedad de dispositivos de oxígeno. El oxígeno administrado en medios hospitalarios o centros asistenciales consiste en un reservorio de oxígeno líquido diseñado para almacenar oxígeno a -34°C y eliminarlo en forma de gas, por medio de una toma en la pared de la habitación, asimismo, es necesario un medidor de flujo para regular el volumen de oxígeno liberado en litros (flujímetro). Un regulador de oxígeno o medidor de flujo controla el volumen de oxígeno liberado por la fuente.

Existen dos sistemas para la administración de oxígeno: los sistemas de bajo flujo y los sistemas de alto flujo.

Los **sistemas de bajo flujo** son la cánula nasal, máscara de oxígeno simple o flujo libre, máscara de reinhalación parcial o máscara con reservorio, tiendas de oxígeno y máscara de traqueostomía. Una característica común a todos los sistemas de bajo flujo es que no abastecen toda la atmósfera inspirada por el usuario en cada ciclo respiratorio. Por lo tanto, una parte variable del volumen

corriente inspirado proviene del aire ambiental. Con estos sistemas se pueden proporcionar concentraciones altas o bajas de oxígeno; concentraciones entre 21 y 80 % dependiendo del dispositivo y el ajuste del flujo de oxígeno. Sin embargo, la FIO_2 resultante es muy difícil de controlar y depende de varios factores: capacidad del reservorio de oxígeno, flujo de Q_2 (L/min) y patrón ventilatorio del usuario, siendo entonces la FIO_2 aproximada.

Dispositivos específicos de bajo flujo

CÁNULA NASAL

Es un dispositivo que libera el oxígeno mediante una tubuladura que en su parte proximal tiene un orificio para la conexión con el flujímetro y en su parte distal, tiene dos sondas que se introducen en las fosas nasales. Estos tubos son mantenidos en la posición correcta por apoyos o enganches alrededor de los pabellones auriculares. Son muy confortables, sobre todo cuando se emplean en tratamientos muy prolongados, siendo generalmente bien toleradas por la mayoría de los usuarios. El flujo de Q_2 está limitado a cifras menor o igual a 5 L/min y no debe ser humidificado. Flujos mayores desecan la mucosa nasal, produciendo irritación y dolor, y no aumentan mayormente la FIO_2 . La cánula nasal, como todos los sistemas de bajo flujo, proporciona una FIO_2 variable.

MÁSCARA FACIAL SIMPLE

Son los dispositivos de uso más común para la administración de oxígeno. Pueden dar una FIO_2 algo mayor que las cánulas nasales, porque incrementan el volumen del reservorio anatómico. Así, la propia máscara sirve como un reservorio de O_2 adicional, aunque también puede acumular parte del CO_2 , por ello, los flujos de oxígeno menores de 3-5 litros no producen suficiente barrido del gas espirado y pueden determinar un incremento de trabajo respiratorio por reinhalación de dióxido de carbono. La máscara simple tiene orificios laterales que permiten la mezcla de aire atmosférico con el oxígeno aportado desde la fuente de gas. Con flujos de gas de 5-8 L/min, la FIO_2 suministrada oscila en rangos que van de 0,40 a 0,60 y al igual que con todos los sistemas de bajo flujo varía con los cambios del patrón respiratorio.

TUBO EN T

La vía aérea artificial evita el proceso de filtrado normal y de humidificación de la nariz y de la boca, por tanto estos usuarios requieren una humidificación continua del aire ambiental.

El tubo en T o adaptador de Briggs es un dispositivo que humidifica la vía aérea artificial. Tiene forma de T con una conexión que une la fuente de oxígeno con una vía aérea artificial por ejemplo un tubo endotraqueal o una traqueostomía.

Este sistema de humidificación proporciona un alto grado de humedad cuando se conecta a un nebulizador. Uno de los brazos de la T se conecta a este último y el otro al aire ambiental, la cual debe dar salida a una nube de aire, prueba de que el aire ambiental no diluye la concentración de oxígeno.

Este sistema de oxigenación es muy utilizado como evaluación de destete del usuario del respirador, manteniéndose la vía aérea artificial mientras se valora la ventilación espontánea con suplemento de oxígeno.

Este sistema se puede transformar en uno de alto flujo si se conecta a un sistema Venturi.

Cabe mencionar, que existen otros dispositivos de administración de oxígeno de bajo flujo como los catéteres nasales y las máscaras faciales con bolsa de reservorio, pero estas no son descritas en este trabajo de investigación.

Los **sistemas de alto flujo** son aquellos en que el flujo de oxígeno y la capacidad de reservorio son suficientes para proporcionar el volumen minuto requerido. La mayoría de estos utilizan el sistema Venturi que aplican el principio físico de Bernoulli. Estos sistemas aportan mezclas preestablecidas de gas con fracciones de oxígeno bajas o altas a velocidades de flujo que exceden las demandas del usuario, proporcionan una fracción de oxígeno entre 24-50%.

Las máscaras de traqueostomía, el tubo en T y las tiendas faciales pueden funcionar como sistema de alto flujo si se conectan a un sistema Venturi y a un micronebulizador. Los sistemas de aporte de oxígeno controlado se utilizan en usuarios que presentan una retención crónica de CO₂, en los cuales el estímulo

respiratorio es la hipoxia, por lo que la concentración de oxígeno debe controlarse y graduarse de acuerdo a los valores gasométricos. Si se administra oxígeno libremente se suprime el estímulo químico que regula la respiración pudiendo llegar a un paro respiratorio.

Dispositivos específicos de alto flujo

MÁSCARA DE FLUJO CONTROLADO

La FIO_2 que suministra es determinada por el flujo de oxígeno, el tamaño del orificio por donde pasa el jet y el tamaño de la puerta de arrastre de aire ambiente. Estas máscaras tienen puertas de entrada fijas de diferentes tamaños y vienen con indicadores que señalan las relaciones entre flujos de gas y FIO_2 . En el armado del circuito se deben respetar estos indicadores, como también evitar obstruir las ventanas o puertas de aire. El aire arrastrado alrededor de la máscara diluye la FIO_2 cuando el flujo total del sistema no se ajusta al flujo inspiratorio demandado por el usuario. Para asegurar una FIO_2 exacta se necesita un flujo total de gas, un 30% superior al pico del flujo inspiratorio. La máscara de flujo controlado al 24% suministra una FIO_2 de 0,24. El flujo de oxígeno que entra a la base de la máscara debe estar entre 3-4 L/min. Un flujo en ese rango determinará una entrada de 25 L de aire ambiente por cada litro de oxígeno, lo cual será suficiente para satisfacer la demanda inspiratoria pico.

3. PROCEDIMIENTO

TÉCNICA DE OXIGENOTERAPIA

Para llevar a cabo la siguiente técnica se necesita una toma de oxígeno central o balón de oxígeno, frasco lavador (si requiere), humidificador (si requiere), dispositivo de administración de oxígeno, flujímetro, 250 cc de agua bidestilada (si requiere) y oxímetro de pulso.

Para el desarrollo de la técnica, primero se debe informar al usuario del procedimiento, realizar higiene de manos y reunir el material necesario en la unidad del usuario. Debe verificarse la completitud de la fuente de oxígeno.

Se debe colocar al usuario en posición Fowler o semi-Fowler, comprobar la permeabilidad de la vía aérea y realizar Técnica de aspiración de secreciones nasofaríngeas, orofaríngeas, traqueal y técnica de higiene de narinas o de boca si requiere.

Medir concentración de oxígeno con oxímetro de pulso mientras ventila al aire, valorar frecuencia, amplitud, tipo de respiración y coloración de piel y mucosas.

Se procede a colocar agua bidestilada en el humidificador o frasco lavador al nivel recomendado. Luego conectarlo a la salida del oxígeno, verificando que el sistema de oxígeno esté permeable y sin fugas. Ajustar los ml de oxígeno/hora en el flujímetro de acuerdo al dispositivo a utilizar.

Colocarle al usuario el dispositivo de oxigenación y valorar a los 15 minutos parámetros respiratorios y oximetría de pulso.

Al finalizar la técnica se procede a registrar en historia clínica.

OXIGENOTERAPIA CON CÁNULA NASAL

Comenzando con la técnica en cuestión, se debe conectar la cánula nasal a la fuente de oxígeno comprobando que el sistema funciona y que fluya el oxígeno correctamente. Ajustar en el flujímetro la cantidad indicada de litros/minuto de oxígeno.

Adecuar la medida de las cánulas nasales a cara del usuario, para su mayor comodidad y aprovechamiento del oxígeno y ajustar los salientes del oxígeno de la cánula en la nariz, pasando el tubo que provee el oxígeno por encima de las orejas, evitando la presión excesiva que pueda producir lesiones en piel, y ajustar en el mentón a modo de barbijo.

Informar al usuario la importancia de respirar por la nariz y no por la boca.

OXIGENOTERAPIA CON MÁSCARA FACIAL SIMPLE

Se procede a conectar el dispositivo a la tubuladura de conexión intermedia y éstos al frasco lavador el cual está en conexión directa con el flujímetro y éste a la fuente de oxígeno.

Ajustar en el flujímetro la cantidad indicada de litros/minuto de oxígeno.

Colocar la máscara cubriendo la nariz y boca del usuario explicándole que debe ajustarse perfectamente a la cara y el aire exhalado se elimina por los orificios a ambos lados de la máscara. Ajustar la máscara pasando la banda elástica alrededor de la cabeza, inmediatamente por encima de las orejas, comprobando que la cinta no irrite el cuero cabelludo, las orejas y/o mejillas.

Se debe vigilar que no haya fugas de oxígeno por fuera de la máscara, especialmente hacia los ojos. Por último, controlar la mucosa nasal y labial y lubricarla si es necesario. Valorar parámetros respiratorios y registrar en la historia clínica la técnica.

OXIGENOTERAPIA POR TUBO EN T

Ajustar en el flujímetro la cantidad indicada de litros/minuto de oxígeno. Aplicar la fuente de oxígeno humidificada a la rama lateral del tubo T, colocar el extremo de menor diámetro de la rama longitudinal del tubo T al extremo del tubo endotraqueal o de la traqueostomía. Verificar que el ciclo respiratorio se realice con el otro extremo libre de la rama longitudinal del tubo T.

Se debe colocar un rollo pequeño de gasa debajo de la conexión con la vía de aire artificial, para que no traccione de la misma el peso del tubo T. Valorar parámetros respiratorios y realizar registros en historia clínica.

OXIGENOTERAPIA CON MÁSCARA DE FLUJO CONTROLADO

Ajustar en el flujímetro estrictamente la cantidad de litros/minuto de oxígeno acorde al porcentaje indicado. Colocar la máscara cubriendo nariz y boca del usuario, ajustar la misma pasando la banda elástica alrededor de la cabeza inmediatamente por encima de las orejas. Valorar parámetros respiratorios y hacer registros en la historia clínica.

4. ANÁLISIS – DISCUSIÓN

Analizando en profundidad, la oxigenoterapia favorece la mecánica ventilatoria en variadas dimensiones.

Por un lado, el aumento del volumen pulmonar es favorecido por la temperatura de los gases inspirados.

Recordando que la vía aérea superior calienta y humidifica los gases inspirados, recupera el calor de los gases espirados (25%), aumentando así la capacidad máxima y añadiendo vapor de agua, de manera que el aire llegue al interior a temperatura corporal, es aquí donde el dispositivo de humidificador o frasco lavador es meramente importante para el cumplimiento de la Ley de Charles. La Ley de Charles establece que el volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta, asumiendo que la presión se mantiene constante. Es decir, cuando el aire entra en los pulmones, generalmente más calientes que el ambiente, se expanden aumentando el volumen pulmonar.

En usuarios con tubo endotraqueal o traqueostomía la respiración no atraviesa la nasofaringe y orofaringe, que son las que normalmente acondicionan los gases inspirados. Las funciones de acondicionamiento de gases y de recuperación de calor y humedad pasarán directamente a las vías aéreas inferiores, las que normalmente no se ven exigidas de donar calor y humedad; si esto ocurre, se provoca una pérdida de calor y humedad que favorece a la reducción de la apertura de las vías aéreas y compliance pulmonar, viéndose comprometido el cumplimiento de la Ley de Charles.

De otro modo, en la oxigenoterapia con máscara facial simple, si bien el oxígeno pasa por la naso-orofaringe, si este se suministra frío y seco puede provocar resequedad e inflamación de las vías aéreas superiores. La mucosa nasal es el primer tejido por donde pasa este gas, y como se ha mencionado, el mayor contribuyente a su acondicionamiento. La inspiración de un gas a bajo nivel de humedad y calor y de grandes flujos de oxígeno puede sobrecargar las capacidades de acondicionamiento de la mucosa nasal y provocar la resequedad de las vías aéreas. Las reservas del sistema no pueden recuperar la pérdida de humedad lo suficientemente rápido y en poco tiempo las funciones de acondicionamiento gaseoso y de recuperación de calor y humedad se verán comprometidas. Si se permite que esto continúe, estas

funciones se moverán físicamente a áreas más profundas en las vías aéreas que normalmente no se ven exigidas a donar calor y humedad.

Existen seriados consensos que refieren al uso de humidificadores con oxigenoterapia por cánula nasal. En Japón, el oxígeno es humidificado rutinariamente en casi todos los hospitales. En contraste, en Europa y Norteamérica, el oxígeno no es humidificado si el flujo del mismo es menor a 4-5 L/min, según la guía para oxigenoterapia de ACCP-NHLBI⁹ en 1984 y por AARC¹⁰ en 1992. En un artículo japonés se demostró matemáticamente que el oxígeno recibido a través de cánula nasal de 0,5 a 4 L/min constituye solo un pequeño porcentaje de la fracción de volumen inspiratorio de los usuarios (2.4-19%). El déficit de humedad causado por inhalación de oxígeno no humidificado a través de una cánula nasal de 0.5-4 L/min es muy pequeño comparado con el contenido de agua y humedad entregado por el aire. El déficit de humedad es fácilmente compensado por el incremento relativo de la humedad en una habitación. Se concluye, en aquel estudio que la rutina de humidificación de bajo flujo de oxígeno no es justificable en usuarios que necesitan oxigenoterapia puesto que la humedad de la habitación es suficiente.¹¹

Otro estudio, evaluó los efectos subjetivos de la humidificación y la no humidificación en usuarios con oxigenoterapia con cánula nasal. De los 185 evaluados en un período de tres meses, 99 recibieron oxígeno humidificado y 86 recibieron oxígeno seco. Nariz y garganta seca fueron quejas comunes en ambos grupos, concluyendo que la humidificación rutinaria en oxigenoterapia por cánula nasal no es justificable.¹²

Por otro lado, como ya se ha mencionado, el objetivo de la oxigenoterapia consiste en mantener niveles de oxigenación adecuados a fin de evitar la hipoxia tisular. Esto se consigue cuando la PO₂ en sangre arterial alcanza

⁹ American College of Chest Physicians - National Heart, Lung, and Blood Institute; *National Conference on Oxygen Therapy*

¹⁰ American Association for Respiratory Care

¹¹ Medline [Internet]. Miyamoto K; Feb 2004. Is it necessary to humidify inhaled low-flow oxygen or low-concentration oxygen? Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15007913> [consulta: 3 de junio 2012].

¹² Medline [Internet]. Chest; Feb 1988. Subjective effects of humidification of oxygen for delivery by nasal cannula. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3338294> [consulta: 3 de junio 2012].

valores superiores a 60 mmHg lo cual corresponde a una saturación de la hemoglobina del 90% aproximadamente.

La oxigenoterapia aumenta la presión parcial de oxígeno en el gas alveolar, aumentando el gradiente para su difusión hacia los capilares pulmonares. Con ello se logra una mejora de la oxigenación arterial.

De aquella frase se desprende un análisis que: 1) la oxigenoterapia mejora los niveles de presión parcial de oxígeno en el gas alveolar, culminando el proceso en la elevación de la presión parcial de oxígeno arterial; este pensamiento consolidado en la Ley de Dalton establece que en una mezcla de gases cada gas ejerce su presión como si los restantes gases no estuvieran presentes. La presión específica de un determinado gas en una mezcla se llama presión parcial. La presión total de la mezcla se calcula simplemente sumando las presiones parciales de todos los gases que la componen. En usuarios que requieren oxigenoterapia, la presión parcial de oxígeno arterial se encuentra alterada.

2) La oxigenoterapia mejora los valores de presión parcial de O_2 arterial, lo que equivale fisiológicamente al aumento de la fracción de oxígeno disuelta en plasma. La Ley de Henry establece que un gas disuelto en un líquido es proporcional a la presión parcial de ese gas.

3) La oxigenoterapia favorece la difusión alveolo-capilar, es decir favorece una adecuada difusión del oxígeno desde el alvéolo a la sangre capilar

La presión parcial de O_2 del aire contenido en los alvéolos pulmonares es mayor que la de la sangre venosa que entra en los capilares pulmonares. Esta diferencia origina un flujo de O_2 desde los alvéolos hacia los capilares. Fisiológicamente, la Ley de difusión de Fick, es el sustento científico de los fenómenos de intercambio gaseoso en el ámbito de la membrana alveolo-capilar. Ésta ley expresa que la difusión de un gas a través de una membrana de tejido, es directamente proporcional a la diferencia de presión del gas a cada lado de la membrana, y a la superficie de difusión, e inversamente proporcional al espesor de la membrana. La diferencia de presiones a cada

lado de la membrana, es decir presión arterial de O_2 y presión venosa de O_2 debe ser lo suficientemente amplia para favorecer la difusión alveolo capilar.

Drenaje torácico

1. DEFINICIÓN:

El drenaje torácico es una técnica que pretende drenar y liberar de manera continuada el espacio pleural de la presencia anómala de aire o líquido excesivo restaurando así, la presión negativa necesaria para una adecuada expansión pulmonar; por lo tanto con la técnica se pretende evitar el colapso pulmonar. Consiste en la inserción de un tubo en la cavidad pleural y su conexión a un sistema cerrado de drenaje.

Los objetivos de ésta técnica son retirar la acumulación de aire, líquidos (sangre, pus, quilo, líquido seroso, jugo gástrico) o de sólidos (coágulos de sangre) de la cavidad pleural; restablecer la presión negativa en el espacio pleural; expandir el pulmón colapsado total o parcialmente.

Los sistemas de drenaje torácico tradicionales se basan en la utilización de frascos descartables simples o interconectados en un sistema doble, triple y hasta cuádruple, que por gravedad y/o aspiración permiten el drenaje y la restauración de la presión negativa.

El sistema de cámara única se utiliza principalmente para el tratamiento del neumotórax. Permite que el aire del neumotórax barbote fuera de la cámara sellada con agua y escape a través de la salida de aire, al tiempo que impide que entre aire en el espacio intrapleural. También existe sistemas de dos, tres o más cámaras que pueden drenar de forma eficaz tanto neumotórax como hemotórax. En estos, la primera cámara consta de un compartimiento para el drenaje de líquido o sangre, y de un solo compartimiento para el agua o para una válvula unidireccional. El tercer compartimiento es para controlar la aspiración que puede utilizarse o no.

En el drenaje por gravedad, el sistema cerrado de drenaje torácico estará sometido a la presión atmosférica al mantenerse abierto al aire el dispositivo o tubo de látex, según el modelo, de la parte superior de la cámara de sello de agua. Para verificar su correcto funcionamiento se debe observar y registrar la presencia o no de barboteo y oscilaciones en dicha cámara.

El drenaje por aspiración se utiliza cuando se debe evacuar gran cantidad de aire y/o líquido del espacio pleural o se desea una reexpansión pulmonar más rápida, con el objetivo de aumentar la velocidad de drenaje, manteniendo sobre la cavidad pleural una presión negativa pre-determinada estable.

2. USOS

El drenaje torácico está indicado en diferentes situaciones, específicamente en neumotórax diversos; en el neumotórax cerrado o entrada de aire en el espacio pleural desde el pulmón, que puede producirse de manera espontánea o por traumatismo torácico no penetrante, siempre que supongan un compromiso respiratorio para el usuario. En el neumotórax abierto se utiliza debido a la entrada de aire exterior al espacio pleural y/o hemotórax o colección de sangre en dicho espacio, habituales en politraumatizados. En el neumotórax iatrogénico como complicación de la ventilación mecánica, en cuyo caso siempre deberán ser evacuados; o por perforación no intencionada del pulmón durante procedimientos invasores como la inserción de catéteres centrales a subclavia o yugular. El neumotórax a tensión, supone una urgencia vital provocada por la acumulación excesiva de aire en el espacio pleural, con un aumento de la presión intratorácica hasta el punto de provocar el colapso pulmonar y el desplazamiento de las estructuras mediastínicas vitales hacia el lado contralateral.

El drenaje torácico también es usado en los derrames pleurales o acumulación de líquido que sean persistentes o conlleven compromiso respiratorio. El hidrotórax es un tipo específico de derrame iatrogénico que puede ocurrir por colocación incorrecta de una vía central o extravasación de la misma. Los derrames paraneumónicos que constituyan empiemas o exudados tabicados puedan requerir de tratamientos específicos a través del tubo torácico.

El drenaje torácico es utilizado en post-operados de cirugía cardíaca para liberar el mediastino en su zona antero y retrocardíaca de la posibilidad de sangrado, previniendo el riesgo de taponamiento cardíaco, así como en la mayoría de post-operados de neumectomías para poder evacuar el excedente de líquidos de la zona intervenida y recuperar de manera más fisiológica y progresiva el equilibrio de presiones entre ambos hemitórax.

De acuerdo al objetivo terapéutico a conseguir, es el lugar anatómico donde se ubica el tubo torácico.

Para drenar neumotórax, su ubicación será próxima al vértice pulmonar a través del segundo espacio intercostal siguiendo el borde superior de la costilla inferior, sobre la línea media clavicolar anterior, ya que el aire acumulado en el espacio pleural tenderá a subir.

Por el contrario, el drenaje de los derrames pleurales requiere de implantación baja a través habitualmente del 4º-6º espacio intercostal y línea axilar media o posterior siguiendo también el borde superior de la costilla inferior para evitar la lesión de la vena, arteria o nervio intercostal situados en el borde inferior de la misma.

Situaciones mixtas de derrame pleural más neumotórax o hemoneumotórax pueden requerir la colocación de dos catéteres de drenaje torácico que podrán conectarse en Y a un único sistema cerrado de drenaje torácico.

En los post-operados de cirugía torácica dicha colocación se realiza en quirófano al final de la intervención. Su ubicación mediastínica dependerá de las regiones, precardíacas, retrocardíacas o pulmonares que se pretendan drenar. En estos casos, suele ser habitual la colocación de 2 tubos de drenaje torácico conectados en Y a un único sistema cerrado de drenaje torácico.

3. PROCEDIMIENTO

La colocación de un drenaje torácico es un procedimiento estéril, realizado por un médico, que requiere la ayuda de enfermería.

La enfermera preparara los materiales, administra sedo-analgesia si es necesaria (en niños), ayuda a cargar la anestesia local, realiza las conexiones,

monitoriza las constantes vitales, evalúa las pérdidas de aire, oscilaciones, conecta si es necesario a la fuente de aspiración.

En lo que respecta al usuario, colabora con el mismo a colocarse en la posición óptima y brinda apoyo emocional.

Luego del procedimiento se debe comprobar cada 8 horas la permeabilidad del drenaje observando el sello de agua y su oscilación con la respiración del usuario y que los tubos no estén acodados.

Valorar las características y cantidad del producto drenado y comunicar si se observa cualquier anomalía.

Cambiar el apósito oclusivo y desinfectar la zona, cada 24 horas y siempre que este sucio, mojado o fuera de lugar, aprovechando el cambio para valorar la zona de inserción del catéter y su fijación.

Informar al usuario que tenga precaución cuando se mueva. Puede ser útil colocar cintas adhesivas sujetando la goma del drenaje.

4. ANÁLISIS – DISCUSIÓN

Confiriendo un enfoque biofísico, la técnica de drenaje torácico favorece el cumplimiento de la Ley de Boyle, perteneciente a la ley de los gases ideales que relaciona volumen y presión a temperatura constante, mencionando que el volumen es inversamente proporcional a la presión. La ventilación pulmonar, es decir el paso de aire por las vías aéreas, está dado por diferencia de presiones entre el interior del pulmón y el medio ambiente.

Las tendencias elásticas del pulmón y del tórax, que hacen que uno tienda a separarse del otro, generan una presión negativa en el espacio intrapleurales (que contiene 4 ml de líquido lubricante), llamado presión pleural o intratorácica. Para que los pulmones se expandan, debe mantenerse una presión intrapleurales negativa.

Durante la inspiración, los músculos intercostales empujan hacia afuera y el diafragma se contrae y empuja hacia arriba, de este modo se incrementa el tamaño de la cavidad torácica. Este incremento de tamaño provoca un

incremento de la presión negativa (efecto de vacío) que se ejerce en el espacio intrapleural.

La inspiración se produce cuando el incremento de la presión negativa empuja los pulmones hacia la pared de la cavidad torácica agrandándola, lo que expande su tamaño. Los pulmones en expansión provocan una presión intrapulmonar inferior a la presión atmosférica. Este incremento de la presión negativa en el interior de los pulmones provoca que el aire entre en los pulmones, hasta que se iguala a la presión intrapulmonar con la presión atmosférica. Cuando la cavidad torácica interrumpe su expansión y los pulmones están llenos de aire, los músculos respiratorios y el diafragma se relajan, por lo que la cavidad torácica vuelve a su estado de relajación. En este momento, la presión intrapulmonar es igual a la atmosférica. Durante la espiración, la relación pasiva de los músculos respiratorios provoca que el espacio de la cavidad torácica se reduzca. Esta disminución produce un incremento de la presión intrapulmonar, lo que fuerza la salida del aire del interior de los pulmones hacia la atmósfera.

El procedimiento de drenaje torácico se utiliza en situaciones en que la presión intratorácica o pleural se torna más positiva con respecto a la atmosférica. Esto es provocado por una lesión en el parénquima pulmonar que produce una fuga de aire o de líquido, llevando a que la presión pleural vaya aumentando gradualmente al punto que cese la ventilación efectiva y no permita que los pulmones se expandan, llevando a los mismos a un colapso pulmonar.

Entonces, la colocación de un tubo en el espacio intrapleural (drenaje torácico) permite la restauración de la presión negativa en este espacio al estar el sistema de drenaje abierto al aire, es decir, sometido a la presión atmosférica.

Ya sea por gravedad o por aspiración, al ser la presión más negativa en el sistema de drenaje que en el espacio intrapleural se favorecerá la salida de aquel líquido o aire anómalo, permitiendo así la reexpansión pulmonar gracias a la restauración de la presión negativa en el espacio intrapleural. Es entonces que podemos afirmar que tanto en la ventilación pulmonar espontánea como en el drenaje de tórax se hace presente la Ley de Boyle la cual genera y favorece la mecánica ventilatoria.

Aspiración de secreciones nasofaríngeas/orofaríngeas - Aspiración de secreciones traqueales

1. DEFINICIÓN

Es la eliminación por aspirado de secreciones retenidas en la boca, faringe, laringe y tráquea a través de la boca o la nariz, o bien mediante traqueostomía, la cual mantiene las vías respiratorias permeables. Implica insertar una sonda y aplicar entonces una presión negativa para retirar las secreciones.

Las principales diferencias entre la aspiración faríngea y traqueal son la aspiración profunda y la posibilidad de presentar futuras complicaciones.

La aspiración faríngea solo elimina las secreciones de la parte posterior de la faringe, mientras que la aspiración traqueal se extiende hasta las vías respiratorias inferiores.

Estos procedimientos promueven la ventilación pulmonar, manteniendo la vía aérea permeable, favoreciendo entonces, un adecuado intercambio gaseoso alveolo-capilar.

Así mismo, evitan complicaciones indirectas causadas por la acumulación de secreciones.

Generalmente la presión negativa ejercida por el aspirador debe establecerse entre 60 y 120 mm Hg, el cual varía dependiendo la edad del usuario.

2. USOS

La técnica de aspiración de secreciones se utiliza en aquellos usuarios que no pueden mantener activamente la vía aérea permeable por medio de la tos y expectoración de secreciones.

Está contraindicado en usuarios con desviación del tabique nasal, trastornos hemorrágicos, edema o espasmos laríngeos, várices esofágicas, cirugía traqueal y gástrica alta, e infarto de miocardio

3. PROCEDIMIENTO

En lo que refiere a recursos materiales, el procedimiento de aspiración de secreciones requiere un aspirador portátil o central, sondas de aspiración estériles, lubricante estéril hidrosoluble, guantes estériles, gasas estériles, gafas para el operador, campo protector del usuario, bolsas de residuo con código rojo, jeringa con suero fisiológico, 100 cc de agua bidestilada o suero fisiológico.

Se comienza colocando al usuario en posición de semi-Fowler, con el cuello hiperextendido y si es posible con la cabeza hacia un lado. Se debe oxigenar al usuario previo al procedimiento, o entre cada aspiración si es necesario.

Luego de encender el aspirador y colocarse guantes estériles, conectar el extremo de la sonda a la tubuladura del aspirador sin retirarla de su envase estéril. Se procede a introducir la sonda (previa lubricación de la misma y oxigenación del usuario) con sonda pinzada para evitar irritación y/o lesión de las mucosas. Cuando se logra estimular la tos y el usuario desprende y hace ascender las secreciones despinzar la sonda de aspiración. Aspirar retirando la sonda con movimientos giratorios o rotativos. La misma no debe superar los 15 segundos, ya que se debe tener en cuenta que luego de los 5 segundos de aspiración se produce una importante caída de la oxigenación.

Entre una y otra inserción de la sonda (hasta 3 veces con la misma sonda) se debe dejar al usuario que realice 4 o 5 respiraciones y oxigenar. Limpiar la sonda con gasa estéril por fuera y aspirar con agua bidestilada para higienizar la misma por dentro tantas veces como fuera necesario.

En caso de que las secreciones sean espesas, se debe instilar suero fisiológico con una jeringa por una de las narinas y de manera que se fluidifiquen las secreciones.

En usuarios con traqueostomía o intubación orotraqueal se debe aspirar éstas primero y en segundo lugar se aspira por boca y narina con sonda diferente.

Dependiendo del estado del usuario, la aspiración puede ser necesaria como mínimo cada 8 horas y como máximo.

4. ANÁLISIS – DISCUSIÓN

Profundizando el mecanismo de acción de la aspiración de secreciones, se entiende que esta favorece el cumplimiento de la Ley de Poiseuille la cual tiene aplicación en la ventilación pulmonar.

La misma describe el efecto que tiene el radio de las vías respiratorias sobre la resistencia del flujo de aire en dirección a los alveolos.

De este modo, si el radio de la vía aérea se redujera por la mitad, la ley de Poiseuille predice que el caudal de aire que pasa por ese trayecto reducido tendría que oponerse a una resistencia 16 veces mayor, siendo que la resistencia al flujo es inversamente proporcional al radio elevado a la cuarta potencia.

En usuarios con presencia de secreciones en las vías aéreas, se ve comprometida la luz de las mismas ocasionado por inflamación y adhesión de secreciones a las paredes, aumentando la resistencia del flujo aéreo hacia los alveolos.

La aspiración de secreciones promete una disminución de las mismas, al aplicar efecto vacío, permitiendo así que la luz de las vías aéreas aumente con la consecuente disminución del flujo aéreo hacia los alveolos, favoreciendo el intercambio gaseoso pulmonar.

CONCLUSIONES

Habiendo analizado las tecnologías y técnicas en enfermería que favorecen el cumplimiento de los principios biofísicos presentes en la ventilación pulmonar, destacamos que desde la biofísica, la posición Fowler favorece la contracción del diafragma, permitiendo que este descienda para que se produzca un adecuado llenado pulmonar.

Por otro lado, el aporte de oxígeno adicional a usuarios que requieren del mismo, mejora las variables biofísicas y por ende los parámetros respiratorios desencadenando en una progresiva mejoría en el usuario. Por un lado favorece el aumento del volumen pulmonar gracias al oxígeno humidificado inspirado (Ley de Charles).

El aporte de oxígeno mayor a 5 L/min, debe ser aportado junto a vapor de agua mediante el humidificador de manera de evitar sobrecargar las capacidades de acondicionamiento de la mucosa nasal y de las vías aéreas inferiores evitando resecar las vías aéreas superiores e inferiores. Así mismo, permite que se mantengan los valores de presión parcial de oxígeno en sangre arterial (Ley de Dalton), lo que lleva a una oxigenación tisular adecuada (Ley de Henry, y por difusión alveolo capilar Ley de Fick).

Aludiendo al drenaje torácico, éste permite una restauración de la presión negativa intratorácica, favoreciendo así la expansión pulmonar (Ley de Boyle). Es entonces que se puede mencionar que es el tratamiento por excelencia en situaciones en las que se ve comprometida la ventilación pulmonar.

En usuarios con presencia de secreciones en las vías aéreas, la técnica de aspiración de secreciones supone un tratamiento oportuno, al permitir mantener las vías aéreas permeables, disminuyendo así la resistencia al flujo de aire en dirección a los alvéolos (Ley de Poiseuille), contribuyendo con un adecuado intercambio gaseoso.

A partir de lo anteriormente expuesto podemos afirmar que se logró profundizar conocimientos de enfermería relacionándola con fundamentos biofísicos, establecidos por una revisión bibliográfica avanzada conociendo el efecto que

tienen las tecnologías y técnicas en enfermería mencionadas sobre los principios biofísicos presentes en la Mecánica Ventilatoria.

Los postulados aludidos anteriormente reflejan el para qué y por qué las tecnologías y técnicas en enfermería requieren para su aplicación de conocimiento científico.

A través de este trabajo se ha impulsado el pensamiento crítico en todo lo relacionado con la práctica profesional y se hace indiscutible que la enfermería es una disciplina científica basada en evidencias que sustentan el accionar enfermero en lo que respecta al cuidado.

Como se ha mencionado, la enfermería es una disciplina científica y como tal evoluciona rápidamente en el transcurso del tiempo, debiéndose estar en continua relación con conocimientos pioneros.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ☛ Alberto B. Houssay, Horacio Cingolani. Fisiología Humana de Houssay. 7ª ed. Buenos Aires: El Ateneo; 2006.
- ☛ Anne Griffin Perry, Patricia A. Potter. Enfermería clínica: Técnicas y procedimientos. 4ª ed. Madrid: Editorial Harcourt Brace; 1999
- ☛ Antonio S. Frumento. Biofísica. 3ª ed. Madrid: Mosby-Doyma Libros; 1995.
- ☛ Diccionario de la lengua española. Real Academia Española [Internet]. Madrid: Real academia española; c2010. Disponible en: <http://www.rae.es/rae.html> [consulta: 10 set 2011].
- ☛ E. Cruz Mena, R. Moreno Bolton. Aparato respiratorio: Fisiología y clínica 3ª ed. Santiago de Chile: Editorial Mediterráneo; 1990.
- ☛ Gray José. Nuevo Manual de la Enfermería. 8ª ed. Barcelona: Océano/Centrum; 2011.
- ☛ Javier Hurtado, Cristina Santos. Medicina Intensiva Respiratoria. 1ª ed. Montevideo: Editorial Oficina del libro FEFMUR; 2005.
- ☛ Joan M. Bauman, Patrice A. Castle. Manual de Cuidados respiratorios. 3ª ed. Barcelona: Editorial Doyma; 1991.
- ☛ John B. West. Fisiología Respiratoria. 7ª ed. Buenos Aires: Editorial Panamericana. [s.d.].
- ☛ Marriner, Tomey y Ann. Modelos y Teorías en Enfermería. 3ª ed. España: Editorial Mosby Doyma; 1994.
- ☛ Miriam Costabel. Manual de Tecnologías y Técnicas en Enfermería. Montevideo: Oficina del libro FEFMUR; 2009.

- ☛ Roberto Hernández Sampieri. Metodología de la investigación. 5ª ed.
México: Editorial Mc Graw Hill; 2010.