



UNIVERSIDAD
Finis Terrae

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

**EFFECTO DE LA POSICIÓN DE LA MASCARILLA FULL FACE DE
VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA EN LA PRESIÓN FACIAL
Y PARÁMETROS VENTILATORIOS ENTREGADOS POR EL
VENTILADOR MECÁNICO IN VITRO.**

MARCELO PABLO DEL CAMPO ÁLVAREZ
DIEGO IGNACIO MORENO FERNÁNDEZ
CONSTANZA ANDREA SOTO AHUMADA

Tesis presentada en la Escuela de Kinesiología de la Universidad Finis Terrae,
para optar al título de Kinesiólogo.

Profesor Guía: Hugo Riquelme M.

Santiago, Chile

2018

INFORME DE APROBACIÓN TESIS DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Kinesiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Finis Terrae, que la tesis presentada por los candidatos:

MARCELO PABLO DEL CAMPO ÁLVAREZ

DIEGO IGNACIO MORENO FERNÁNDEZ

CONSTANZA ANDREA SOTO AHUMADA

Ha sido aprobada por la comisión informante de Tesis como requisito para optar al título de Kinesiólogo, en el examen de defensa de Tesis rendido el

DOCENTE GUÍA DE TESIS

Hugo Riquelme M.

COMISIÓN INFORMANTE DE TESIS

David Wood

Santiago Martínez

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primer lugar a nuestras familias quienes nos han formado y apoyado durante toda nuestra vida, motivándonos a seguir incluso en aquellas situaciones en que se nos hacía muy difícil continuar.

En segundo lugar a nuestro profesor guía Hugo Riquelme quien siempre tuvo la buena disposición de resolver nuestras inquietudes y orientarnos en este largo proceso.

En tercer lugar queremos agradecer a las autoridades y docentes de la Escuela de Kinesiología de la Universidad Finis Terrae quienes nos han formado desde el ingreso a esta hermosa carrera y entregado las herramientas necesarias para desenvolvernos como tales.

En cuarto lugar nos gustaría agradecer a la Unidad De Paciente Crítico Pediátrico del Complejo Asistencial Dr. Sótero del Río, los cuales nos facilitaron sus dependencias e implementos para llevar a cabo ésta investigación.

“Un paciente no es un sistema u órgano dañado, un paciente es una persona y familia que luchan por sanar”

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	RESUMEN.....	vii
II.	ABSTRACT	viii
IV.	INTRODUCCIÓN.....	1
	A) Presentación del problema	1
	B) Marco teórico	2
	B.1 Mecanismo de acción VM.....	3
	B.2 Tipos de VM	3
	B.3 Ventajas VMNI	3
	B.4 Génesis de UPPF	4
	B.5 Clasificación UPPF	4
	B.6 Incidencia de UPPF relacionada con VMNI	5
	B.7 Interfases	5
	B.8 Mascarilla full face.....	6
	B.9 Elección de la interfaz.....	7
	B.10 Efectos adversos de la mascarilla de VMNI	7
V.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	9
VI.	OBJETIVOS	10
VII.	HIPÓTESIS	11
VIII.	METODOLOGÍA.....	12
	A. Diseño de la investigación	12
	B. Materiales	12
	C. Metodología de la obtención de datos	12
	D. Variables dependientes	16
	E. Variable independiente.....	16
IX.	RESULTADOS.....	17

X.	DISCUSIÓN	27
XI.	CONCLUSIÓN	30
XII.	BIBLIOGRAFÍA	31
XIII.	ANEXOS	34
	Anexo 1: Fantoma conectado a VMNI con full face (vista frontal).	34
	Anexo 2: Grupo control.....	34
	Anexo 3: Asimetría hemicara	35
	Anexo 4: No paralelismo	35
	Anexo 5: 8 grupos de estudio.....	36
	Anexo 6: Fantoma conectado a VMNI con full face (vista lateral).....	37
	Anexo 7: Sensor de fuerza resistivo.....	37
	Anexo 8: Medidor de presión.	38
	Anexo 9: Hoja de registro.....	39
	Anexo 10: Tabla registro grupo control.....	40
	Anexo 11: Tabla registro asimetría hemicara derecha/no paralelismo frente.	41
	Anexo 12: Tabla registro asimetría hemicara izquierda/no paralelismo frente.	42
	Anexo 13: Tabla registro asimetría hemicara derecha/no paralelismo mentón.	43
	Anexo 14: Tabla registro asimetría hemicara izquierda/no paralelismo mentón.	44
	Anexo 15: Tabla registro asimetría hemicara derecha.....	45
	Anexo 16: Tabla registro asimetría hemicara izquierda.....	46
	Anexo 17: Tabla registro no paralelismo frente.....	47
	Anexo 18: Tabla registro no paralelismo mentón.....	48

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Gráfico 1: Presión 1 Frente en cada posición.....	16
Gráfico 2: Presión 2 Mentón en cada posición.....	17
Gráfico 3: Presión 3 Pómulo derecho en cada posición.....	18
Gráfico 4: Presión 4 Pómulo izquierdo en cada posición.....	19
Gráfico 5: Fuga en cada posición.....	20
Gráfico 6: Volumen corriente en cada posición.....	21
Gráfico 7: Flujo en cada posición.....	22
Gráfico 8: IPAP en cada posición.....	23
Gráfico 8: EPAP en cada posición.....	24
Tabla 1: Tabla resumen de presiones y variables ventilatorias en cada posición..	25

I. RESUMEN

Introducción: La ventilación mecánica no invasiva (VMNI) consiste en la entrega de presión positiva a través de una vía aérea fisiológica, utilizando una mascarilla facial como interfase. Una complicación frecuente es la generación de úlceras por presión facial (UPPF) mediada por la sobrepresión ejercida por la mascarilla en la piel de la cara. Para evitar la sobrepresión facial, parece ser fundamental una correcta posición de la mascarilla. Sin embargo, existe escasa evidencia científica acerca del efecto de la posición de la mascarilla en la presión facial y su repercusión en la entrega de parámetros ventilatorios.

Objetivo: Determinar el efecto de la posición de la mascarilla de VMNI mediante la tensión de los tirantes del arnés en la presión facial y en parámetros ventilatorios entregados por el ventilador mecánico no invasivo.

Método: En un modelo simulado de VMNI binivelada con mascarilla full face, se midió la presión facial simultáneamente en 4 puntos claves de apoyo de la mascarilla (frente, mentón, pómulos), utilizando sensores de presión (Interlinks). Se modificó la tensión de los tirantes del arnés de la mascarilla en 8 posiciones distintas respecto a un grupo control, variando simetría y paralelismo de ésta respecto a la cara. Se realizaron 14 mediciones por cada grupo en días aleatorios. Se midió también fuga de la mascarilla (fuga), flujo máximo inspiratorio (FMI), volumen corriente espirado (V_{te}) y presión positiva inspiratoria en vía aérea (IPAP).

Resultados: Grupo paralelismo simétrico es el que generó menor presión (presión frente 6,0 mmhg, mentón 8,0 mmhg, pómulo derecho 13,0 mmhg y pómulo izquierdo 14,8 mmhg) y en relación a las variables ventilatorias el grupo paralelismo simétrico es el que menos variación presenta.

Conclusión: La tensión de los tirantes del arnés de la mascarilla full face influye en la generación de sobrepresión facial. La posición paralelismo simétrico es la que genera menor presión facial total y al mismo tiempo no altera la entrega de variables ventilatorias.

Palabras clave: Ventilación mecánica no invasiva, úlcera por presión facial, mascarilla full face, interfase de VMNI.

II. ABSTRACT

Introduction: Non-invasive mechanical ventilation (NIMV) consists in the delivery of positive pressure through a physiological airway, using a face mask as an interface. A common complication is the generation of facial pressure ulcers (UPPF) mediated by the overpressure exerted by the mask on the skin of the face. To avoid facial overpressure, a correct position of the mask seems to be fundamental. However, there is little scientific evidence about the effect of the position of the mask on facial pressure and its impact on the delivery of ventilatory parameters.

Objective: To determine the effect of the position of the NIMV mask through the tension of the harness straps in the facial pressure and in ventilatory parameters delivered by the non-invasive mechanical ventilator.

Method: In a simulated NIMV model with full-face mask, the facial pressure was measured simultaneously in 4 key points of support of the mask (forehead, chin, cheekbones), using pressure sensors (Interlinks). The tension of the harness straps of the mask was modified in 8 different positions with respect to a control group, varying its symmetry and parallelism with respect to the face. 14 measurements were made for each group on random days. We also measured mask leakage (leakage), maximum inspiratory flow (FMI), exhaled tidal volume (V_{te}) and positive inspiratory airway pressure (IPAP).

Results: Symmetric parallelism group was the one that generated the lowest pressure (pressure versus 6.0 mmhg, chin 8.0 mmhg, right cheekbone 13.0 mmhg and left cheekbone 14.8 mmhg) and in relation to the ventilatory variables the symmetric parallelism group It is the one that less variation presents.

Conclusion: The tension of the harness straps of the full face mask influences the generation of facial overpressure. The symmetrical parallelism position is the one that generates less total facial pressure and at the same time does not alter the delivery of ventilatory variables.

Key words: Noninvasive mechanical ventilation, facial pressure ulcer, full face mask, NIMV interface.

III. ABREVIATURAS

AHD	Asimetría hemicara derecha
AHI	Asimetría hemicara izquierda
EPAP	Presión positiva espiratoria
FMI	Flujo máximo inspiratorio
IPAP	Presión positiva inspiratoria
NPF	No paralelismo frente
NPM	No paralelismo mentón
P1	Presión frente
P2	Presión mentón
P3	Presión pómulo derecho
P4	Presión pómulo izquierdo
UPPF	Úlcera por presión facial
VMNI	Ventilación Mecánica No Invasiva
Vte	Volumen corriente espirado

IV. INTRODUCCIÓN

A) **Presentación del problema**

La ventilación mecánica no invasiva (VMNI) puede definirse como un soporte ventilatorio administrado sin necesidad de intubación endotraqueal (Del Castillo D., 2010), reconocida como una estrategia efectiva y eficiente en el manejo respiratorio escalonado del paciente crítico pediátrico y que evita las complicaciones de una vía aérea artificial, logrando menor incidencia de lesiones en las vías respiratorias superiores, estenosis laríngea, neumonía nosocomial, así como una reducción en la necesidad de sedantes/paralizantes, estancia hospitalaria y mortalidad (Yamaguti W., 2014). En este sentido, la interfaz utilizada es de gran importancia en el éxito o el fracaso de la terapia, porque como dispositivo que comunica y sella la vía aérea del enfermo con el ventilador mecánico, influye directamente en el confort del paciente/tolerancia (Meduri G.,1996);(Mehta S., 2001) (claustrofobia, daños en la piel e irritación ocular) (Schönhofer B., 2002) (Meduri G., 2001) en el logro de una correcta sincronía paciente-ventilador y entrega de parámetros ventilatorios óptimos.

En la práctica clínica habitual de la VMNI, las mascarillas son ajustadas para lograr un acople hermético (sellado), con el objetivo de disminuir las fugas de atmósfera alrededor de la misma; que de no ser controlada disminuye la entrega de presión positiva programada. De esta forma, el control de la fuga a través de la fijación de la mascarilla causa puntos de sobrepresión, fundamentalmente donde hay muy poco tejido subcutáneo (mentón, pómulos, frente y puente nasal), (Maruccia M., 2015) (Artacho R., 2000) (Baumgarten M., 2006) (Tleyjeh I., 2012) lo que de persistir en el tiempo o ser francamente excesiva se transformará en una úlcera por presión facial (UPPF). La UPPF, cuya incidencia llega incluso al 50%, además de generar problemas estéticos y menoscabo de la calidad de vida del

paciente, aumentan los costos de hospitalización, con potenciales implicancias médico-legales para los profesionales de salud (Riquelme H., 2017).

En la actualidad, una estrategia fundamental para el manejo de las UPPF es la prevención de la misma seleccionando una mascarilla adecuada (liviana, blanda, transparente, mínimo espacio muerto) y logrando su correcta posición, lo que en la mayoría de los casos significa mantener una posición centrada de la mascarilla (respecto a hemicara izquierda/derecha) que permita disminuir la fuga. Sumado a lo anterior, la movilidad del paciente en VMNI varía frecuentemente la posición de fijación de la mascarilla y teóricamente también la presión ejercida por ésta en la piel condiciona la génesis de una UPPF. Sin embargo, actualmente no existe descrita universalmente una posición correcta y menos aún el impacto de diferentes posiciones de la mascarilla en la presión facial y la repercusión de éstas en las variables ventilatorias programadas.

B) Marco teórico

En las 2 últimas décadas el uso de la ventilación mecánica no invasiva (VMNI) se ha triplicado, consolidándose como estrategia inicial para el abordaje de la insuficiencia respiratoria tanto en adultos como en pediatría. Sin embargo, la aplicación de la VMNI sigue asociándose a la aparición de lesiones cutáneas relacionadas con los dispositivos clínicos que se utilizan durante la terapia (Raurell-Torredà, M., 2017). La VMNI inicialmente estaba restringida a unidades de cuidados intensivos y salas de cuidado respiratorio; sin embargo, en los últimos años, su uso se ha extendido a los departamentos de emergencia. La VMNI también se usa en la atención prehospitalaria y para atender pacientes en el hogar con afecciones crónicas (Otero D, 2017).

B.1 Mecanismo de acción VM

La ventilación mecánica es un tratamiento de soporte vital, en el que utilizando una máquina que suministra un soporte ventilatorio y oxigenatorio, facilitamos el intercambio gaseoso y el trabajo respiratorio de los pacientes con insuficiencia respiratoria. El ventilador mecánico, mediante la generación de un gradiente de presión entre dos puntos (boca / vía aérea – alvéolo) produce un flujo por un determinado tiempo, lo que genera una presión que tiene que vencer las resistencias al flujo y las propiedades elásticas del sistema respiratorio, obteniendo un volumen de gas que entra y luego sale del sistema. (Gutiérrez Muñoz, F, 2011).

B.2 Tipos de VM

La ventilación mecánica puede ser invasiva, a través de un tubo orotraqueal, o de forma no invasiva, permitiendo que la vía aérea superior permanezca intacta. De acuerdo con el mecanismo generador de la corriente de flujo aéreo, hay 2 formas de asistencia ventilatoria no invasiva, la ventilación de presión negativa y la ventilación de presión positiva. En la actualidad, la VMNI se ha convertido en el tratamiento de elección de multitud de enfermedades respiratorias, especialmente las que cursan con fracaso de la bomba ventilatoria (Romero, J., 2010).

B.3 Ventajas VMNI

La VMNI proporciona ventajas con respecto a la ventilación invasiva evitando las complicaciones de esta última relacionadas con: a) el proceso de intubación: trauma en dientes o faringe, arritmias, hipotensión o barotrauma; b) la pérdida de los mecanismos de defensa: colonización crónica bacteriana, neumonía asociada al ventilador; c) la retirada del tubo endotraqueal: hemoptisis, disfunción de cuerdas vocales o estenosis traqueal, y d) mantenimiento del nivel de conciencia y la relación con el medio. (Romero, J., 2010).

B.4 Génesis de UPPF

Las UPPF se producen como consecuencia del aplastamiento tisular entre una prominencia ósea y la superficie externa durante un período prolongado.

Se sabe que la isquemia provocada por la presión a 35 mmHg o 47.6 cm de H₂O sobre la piel durante dos horas seguidas es suficiente para producir daño a los tejidos, ya que con esta presión hay oclusión de la microcirculación generando la isquemia tisular. Esta isquemia se da aún más rápido en pacientes con hipotensión, como es muy frecuente en un sujeto que se encuentra en la unidad de paciente crítico (UPC). (Ahmad, Venus et al. 2013; Berlowitz 2014; Bhattacharya, S. Mishra R.K. 2015).

B.5 Clasificación UPPF

Las úlceras por presión se clasifican en cuatro grados;

Grado 1: Piel intacta con enrojecimientos que no blanquea. Se encuentra en un área localizada, generalmente sobre una prominencia ósea.

Grado 2: Pérdida parcial del espesor de la dermis que se presenta como una úlcera poco profunda, abierta, con una herida rosa-roja brillante o seca.

Grado 3: Pérdida completa del grosor del tejido. La grasa subcutánea puede ser visible, pero tendón, hueso, o músculo no están expuestos.

Grado 4: pérdida total del espesor del tejido con exposición de tendón, hueso o músculo. Puede estar presente tejido necrótico. (González Maestro, M., 2012).

En la formación de la UPP parece tener más importancia la continuidad en la presión que en la intensidad de la misma, ya que la piel puede soportar presiones elevadas, pero sólo durante cortos períodos de tiempo, por lo que se puede afirmar que la presión y el tiempo son inversamente proporcionales. (Abellán, 2006).

Se ha descrito el uso de la VMNI como una terapia que conlleva a generar UPPF produciendo sufrimiento y dolor durante su uso, y más tarde, en forma de cicatrices que desfiguran la cara.

B.6 Incidencia de UPPF relacionada con VMNI

Se ha encontrado una incidencia del 20% de UPPF relacionadas con la VMNI en pacientes de la unidad de cuidados intensivos (UCI) ventilados con máscaras oro-nasales. Sin embargo, no abordaron el posible efecto de las medidas preventivas para evitar el desarrollo de UPPF relacionadas con la VMNI (Otero D, 2017).

En el estudio de Schallom se comparó la incidencia de ulcera por presión en pacientes con mascarilla full face versus mascarilla oro-nasal en VMNI, obteniendo como resultado un 20% UPPF en el grupo con mascarilla oro-nasal y un 2% en el grupo con mascarilla full face. (Schallom M, et al., 2015)

B.7 Interfases

Se denomina interfase al dispositivo que conecta el paciente al ventilador. La elección de una apropiada interfase resulta intuitivamente crítica para el éxito de la VMNI, en la medida que el grado de confort que ésta proporcione favorecerá la aceptación del procedimiento por parte del paciente. En el caso de la VMNI, las mascarillas son las interfases de preferencia, que pueden ser nasales u oronasales. Asimismo, existen las piezas bucales, las almohadillas nasales, las máscaras faciales totales y los cascos (Díaz O., 2008).

Sea cual sea la interfaz elegida, la primera valoración de la piel y mucosas afectadas por el dispositivo (interfaz y arnés) debería realizarse durante las primeras 2-4 h de inicio de la VMNI, coincidiendo con la valoración respiratoria y gasométrica que debe hacerse para evaluar la efectividad de la terapia. En caso de que el paciente no tolere la retirada de la interfaz, o en caso de que haya

prescripción médica de no retirar el dispositivo, el equipo multidisciplinar debería revalorar la indicación de intubación traqueal y ventilación mecánica invasiva, porque la demora en la identificación de los signos y síntomas de fallo de la VMNI se asocia a una mayor mortalidad. Si se decide continuar con la VMNI, debe reevaluarse el estado de la piel y las mucosas cada 4 h si el paciente lo tolera a nivel respiratorio y gasométrico. En el caso de los pacientes que necesitan VMNI continua, teniendo en cuenta que el tiempo máximo de utilización de una interfaz sin descanso son 11h, y en particular en aquellos pacientes que presentan inestabilidad durante la recolocación de la interfaz, debe retirarse la máscara y dejar reposar piel y mucosas en un intervalo entre 4h (recomendable) y 11 h (de riesgo). Se recomienda retirar la interfaz como mínimo 10 min para garantizar la oxigenación, siendo deseable 30 min, para comprobar si el enrojecimiento desaparece o se debe considerar úlcera de categoría I (Raurell-Torredà, M., 2017).

Cuando hay lesiones, lo primero es retirar la interfaz que provoca presión sobre la piel dañada, recomendando como alternativa el casco Helmet®, tratar la infección, gestionar el exudado y estimular piel perilesional (Raurell-Torredà, M., 2017).

B.8 Mascarilla full face

La mascarilla full face es una alternativa razonable a las máscaras tradicionales nasales-oral tanto para disminuir la claustrofobia, disminuir fugas, mejorar la ventilación y tolerancia a la VMNI, como para disminuir la incidencia de úlceras por presión relacionadas con la máscara de ventilación no invasiva, debido a su mayor área de superficie de contacto para la distribución de presión, como frente, mejillas y zonas laterales de la cara (Schallom M, et al., 2015) (González Maestro, M., 2012).

B.9 Elección de la interfaz

La elección de la interfaz y la colocación correcta de la máscara son pasos esenciales para la realización de un efectivo y bien tolerado proceso de ventilación mecánica no invasiva, donde la mayoría de las fallas de ventilación con máscara no invasiva se deben a problemas técnicos como fugas de aire, incomodidad de la máscara y lesiones en la piel.

B.10 Efectos adversos de la mascarilla de VMNI

Entre los efectos adversos de la mascarilla de ventilación mecánica no invasiva se encuentran las lesiones de la piel en los sitios de contacto de la mascarilla, donde luego de unas pocas horas se generan las injurias, esta complicación frecuente, que varía desde un 2% hasta un 70% (Ahmad Z., 2013). La necrosis cutánea y tisular relacionada con la presión es una limitación de la VMNI, donde la causa más importante es la presión por encima de la presión de llenado capilar normal de la piel, junto con factores contribuyentes como la hidratación deficiente, la hipotensión y la delgadez de la piel debido a la anatomía y el uso de corticosteroides. La isquemia inducida por presión a 35 mmhg durante dos horas es suficiente para inducir daño tisular y necrosis (Rathore, F., 2016). Estudios previos han informado que la incidencia acumulada de úlceras por presión relacionadas con la máscara de la VMNI es tan alta como 20.0-60.8%, que se debe principalmente a la dificultad para ajustar adecuadamente la máscara. (Shikama, M., 2018). Un artículo reciente evaluó cómo optimizar las intervenciones en la VMNI. Los autores siguieron a 387 pacientes hospitalizados principalmente en unidades de cuidados intensivos. Las lesiones nasales cutáneas se presentaron como eventos adversos y parecían estar directamente correlacionadas con el nivel de fugas de aire alrededor de las máscaras. La incidencia de lesiones cutáneas nasales fue del 2,4%. La posible causa, tal como lo sugirieron los autores, fue el hecho de que las enfermeras tendían a presionar la máscara con fuerza contra la piel (Otero D, 2017).

En la mayoría de los casos, la mascarilla se ajusta con tal fuerza de que no se produzcan fugas, lo que favorece la aparición de úlceras por presión facial en zonas de menor tejido cutáneo. (Maruccia M., 2015)

Sin embargo, los clínicos no tienen una manera de confirmar el grado de presión de contacto requerido al colocar una máscara VMNI en el entorno clínico. Por lo tanto, se necesita una capacitación adecuada para aplicar correctamente una máscara a varias formas faciales, al tiempo que se minimiza el volumen de fugas y se evitan tensiones excesivas. En particular, puede ser difícil colocar la máscara en pacientes demacrados, pacientes que usan una sonda nasogástrica o aquellos que no pueden insertar dentaduras postizas, un problema que puede aumentar riesgo de pérdida de volumen. (Shikama, M., 2018).

V. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Afecta la posición de la mascarilla de VMNI mediante la tensión de los tirantes del arnés en la presión facial, presiones, flujos y volúmenes entregados por el ventilador mecánico in vitro?

VI. OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar el efecto de la posición de la mascarilla de VMNI mediante la tensión de los tirantes del arnés en la presión facial y en parámetros ventilatorios entregados por el ventilador mecánico no invasivo.

Objetivos Específicos

-Determinar el efecto de diferentes posiciones de la mascarilla de VMNI mediante la tensión de los tirantes del arnés en la presión facial.

-Determinar el efecto de diferentes posiciones de la mascarilla de VMNI mediante la tensión de los tirantes del arnés en variables ventilatorias entregadas por el Ventilador Mecánico No Invasivo (IPAP, EPAP, flujo inspiratorio máximo, volumen corriente, fuga).

VII. HIPÓTESIS

Hipótesis de Trabajo

La posición de la mascarilla de VMNI mediante la tensión de los tirantes influirá directamente en la génesis de sobrepresión facial. Una posición simétrica entre hemicaras y paralela a frente-mentón generará menor presión facial y menor deterioro en las variables ventilatorias entregadas por el ventilador.

Hipótesis Nula

La posición de la mascarilla de VMNI mediante la tensión de los tirantes, no influirá directamente en la génesis de sobrepresión facial. Una posición simétrica entre hemicaras y paralela a frente-mentón no generará menor presión facial y menor deterioro en las variables ventilatorias entregadas por el ventilador.

VIII. METODOLOGÍA

A. Diseño de la investigación

Estudio experimental prospectivo longitudinal analítico.

B. Materiales

Es un modelo de simulación utilizando un fantoma con vía aérea fisiológica (ALS PRO+) en posición supino Semi-Fowler de 45° (Anexo 2), el cual se conectó a un Ventilador Mecánico No Invasivo modelo Trilogy 100 Respironics®, modalidad binivelada utilizando una mascarilla full face (PerforMax tamaño S, Respironics®). La fijación de la mascarilla se realizará con un arnés en gorro de cuatro puntas (Softcap, Respironics®). La presión facial se medirá con sensores de presión modelo FSR 402 redondo, Interlinks Electronics® (Anexo 3). Se realizó en Unidad de Paciente Crítico Pediátrico del Centro Asistencial Sotero del Río por los tesisistas.

C. Metodología de la obtención de datos

Se midió la presión en cuatro puntos de la cara: frente, mentón, pómulo derecho y pómulo izquierdo. Los sensores se ubicaron de la siguiente manera; el sensor frontal se ubica en la línea media a 3 cm sobre las cejas, el sensor del mentón está en la línea media a 2 cm bajo el labio inferior y por último los sensores derecho e izquierdo se encuentran a 7 cm hacia anterior del conducto auditivo externo (Anexo 1). La fuerza de fijación a través de la tensión de los tirantes del arnés de la mascarilla full face se determinó por criterio clínico de “congruencia de la mascarilla con la superficie de la cara que permitió un juego leve de la misma con la menor fuga posible según la posición control” (Riquelme H., 2017). Una vez determinada la fuerza de fijación desde los tirantes del arnés de la mascarilla full

face, esta se estandarizó para todas las mediciones (fuerza de fijación constante) y se fijaron los tirantes de manera paralela entre ellos y en 90° respecto a la cara del paciente. En relación a los parámetros programables del ventilador mecánico, se mantuvieron constantes durante las mediciones, estos son: modo Timed, IPAP 14 cmH₂O, EPAP 8 cmH₂O, frecuencia de respaldo de 12 rpm, tiempo inspiratorio de 0,85 seg, FIO₂ de 21%. Los parámetros de nivel de fuga de la mascarilla, flujo inspiratorio máximo, volumen corriente espirado y presión positiva en la vía aérea entregada, fueron evaluados mediante un neumotacógrafo del ventilador Trilogy 100

Para determinar el grupo control se utilizó una tensión de los tirantes del arnés que permitiera obtener valores de presión facial similares entre los sensores de los puntos de apoyo del pómulo derecho e izquierdo, al igual que entre los sensores de los puntos de apoyo de la frente y mentón, objetivados por el sensor de fuerza resistivo. La posición de la mascarilla full face determinada por la tensión de los tirantes del arnés es la siguiente: simetría hemicara izquierda/derecha (posición equidistante de la mascarilla para cada hemicara medida desde el tabique nasal) con mascarilla paralela a frente/mentón (mascarilla sin angulación respecto a frente y a mentón). (Anexo 2)

Los grupos de estudio fueron definidos variando la tensión de los tirantes del arnés de la mascarilla full face, modificándose la simetría y/o paralelismo respecto al grupo control. Asimetría de hemicara significará modificar la tensión de los dos tirantes del arnés de la mascarilla full face de su respectivo lado (derecha e izquierda) desplazando el extremo de los tirantes 2 centímetros hacia posterior respecto al grupo control (Anexo 3), mientras que no paralelismo se generó modificando la tensión de dos tirantes del arnés de la mascarilla full face en 2 centímetros hacia posterior respecto al grupo control de su respectivo lado (superior e inferior), provocando un ángulo de 5 ° entre mascarilla y frente o mentón. (Anexo 4)

Es así que existen 8 grupos de estudio: grupo asimetría hemicara izquierda, grupo asimetría hemicara derecha, grupo no paralelismo frente, grupo no paralelismo mentón, grupo asimetría hemicara izquierda/no paralelismo frente, grupo asimetría hemicara derecha/no paralelismo frente, grupo asimetría hemicara izquierda/no paralelismo mentón, grupo asimetría hemicara derecha/no paralelismo mentón. (Anexo 5)

Por cada grupo se realizó un total de 14 mediciones, registrándose una medición por día. La medición diaria se determinó registrando el valor obtenido después de 8 registros (confiabilidad). Cada medición se obtiene después de 1 minuto de haber fijado la mascarilla con el arnés y en el momento de entregar la IPAP. El tiempo de duración por cada posición de la mascarilla fue de 2 minutos. En cada medición se registró presión facial en los 4 puntos, IPAP, EPAP, Volumen corriente, Flujo Inspiratorio Máximo y Fuga. Las variables dependientes de esta investigación son: Fuga, que se define como escape de gas por una abertura en la mascarilla de VMNI, se aceptó una fuga controlada de 30 L/min, IPAP, que se conoce como nivel de presión programado en el VMNI durante la inspiración, con valores de 10-20 cmH₂O. EPAP, definida como nivel de presión programado en el VMNI durante la espiración, con valores de 5-8 cmH₂O. Volumen Corriente espirado, el cual es la cantidad de aire desplazado durante la inspiración y espiración, con valores de 4-10 ml/kg de peso ideal. Flujo, definido como rapidez con que el VMNI suministra un volumen, entre 40-80 L/min. El instrumento utilizado para medir estas cinco variables dependientes es el neumotacógrafo del Ventilador Trilogy 100. Mediante estadística descriptiva se representaron las variables continuas obteniendo de esta forma el promedio y la desviación estándar, las cuales se analizaron mediante la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Para las variables que se obtenga distribución normal se utilizó ANOVA de dos vías y para las variables con distribución no normal se utilizó el test de Friedman. Se ocupó Post Hoc Dunn,s para diferencias estadísticamente significativas.

El análisis se realizó con un nivel de confianza de un 95% y un error máximo de 5%, considerando alfa igual a 0.05. El análisis se ejecutó mediante el programa estadístico computacional GraphpadPrism®.

D. Variables dependientes

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Fuga	Salida o escape de un gas por una abertura producida en la mascarilla (Orejóna R., 2005)	15-30 L/min	L/min	neumotacógrafo (VMNI)
EPAP	Nivel de presión programado en el VMNI durante la espiración (Prado F. et al, 2008)	5-8 cmH ₂ O	cmH ₂ O	VMNI
IPAP	Nivel de presión programado en el VMNI durante la inspiración (Prado F. et al, 2008)	10-20 cmH ₂ O	cmH ₂ O	VMNI
Flujo	Rapidez con que el VMNI suministra un volumen (Orejóna R., 2005)	40-80 lpm,	L/min	VMNI
Volumen corriente	Cantidad de aire desplazado durante la inspiración y espiración (West J., 2009)	4 - 10 ml/kg peso ideal	mL	VMNI

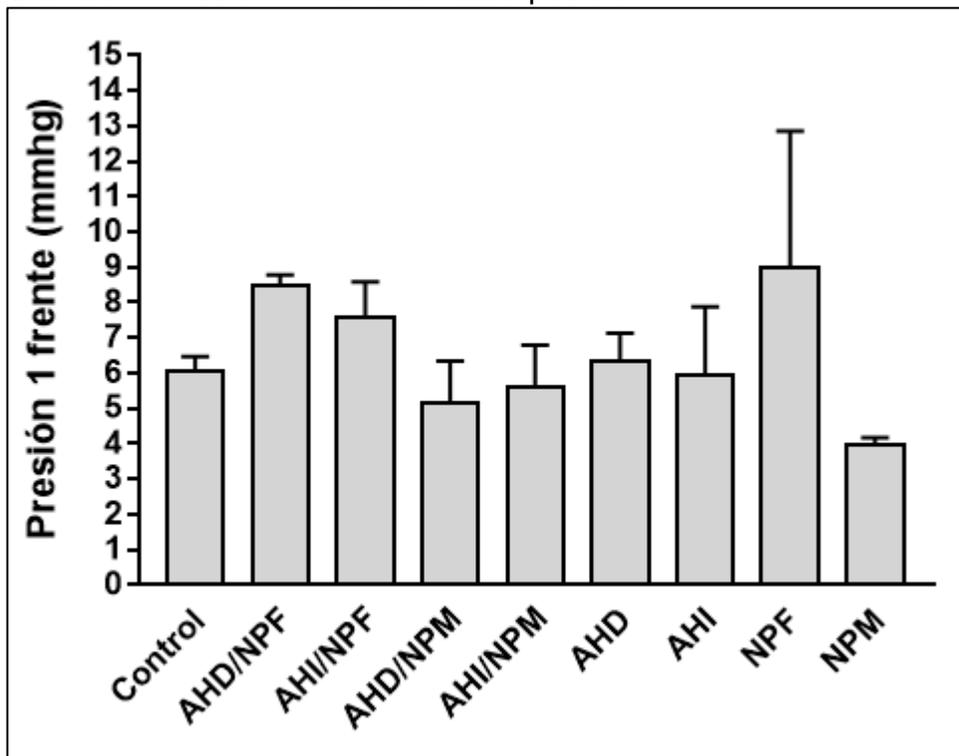
E. Variable independiente

La variable independiente es la posición de la mascarilla.

IX. RESULTADOS

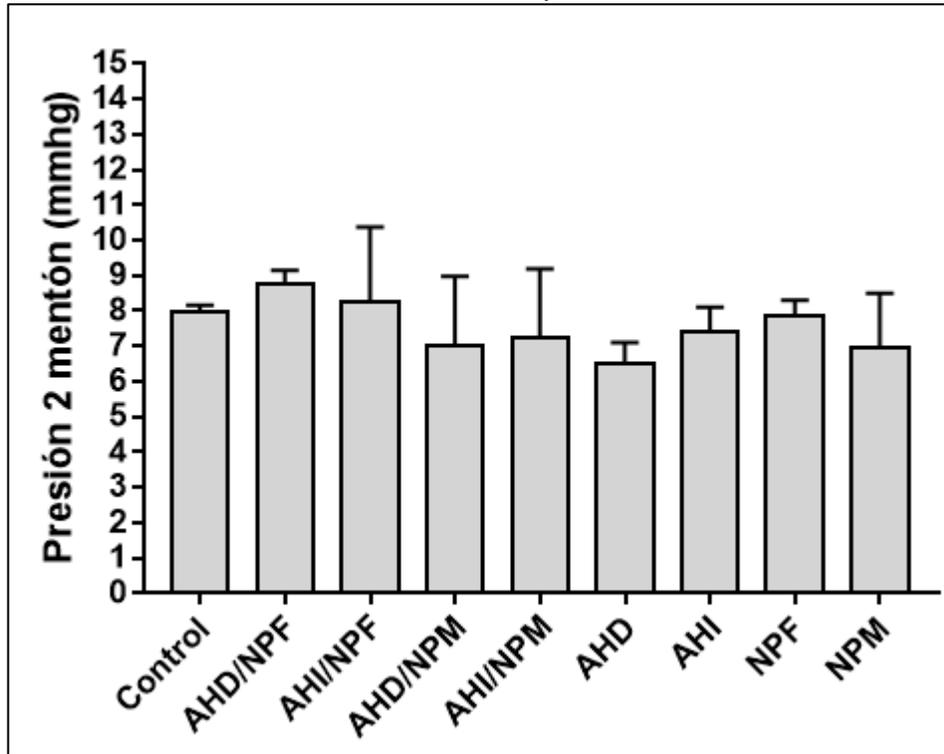
Los resultados obtenidos en cuanto a las presiones ejercidas en los distintos puntos sobre la superficie del fantoma por cada posición son:

Gráfico 1: Presión 1 Frente en cada posición.



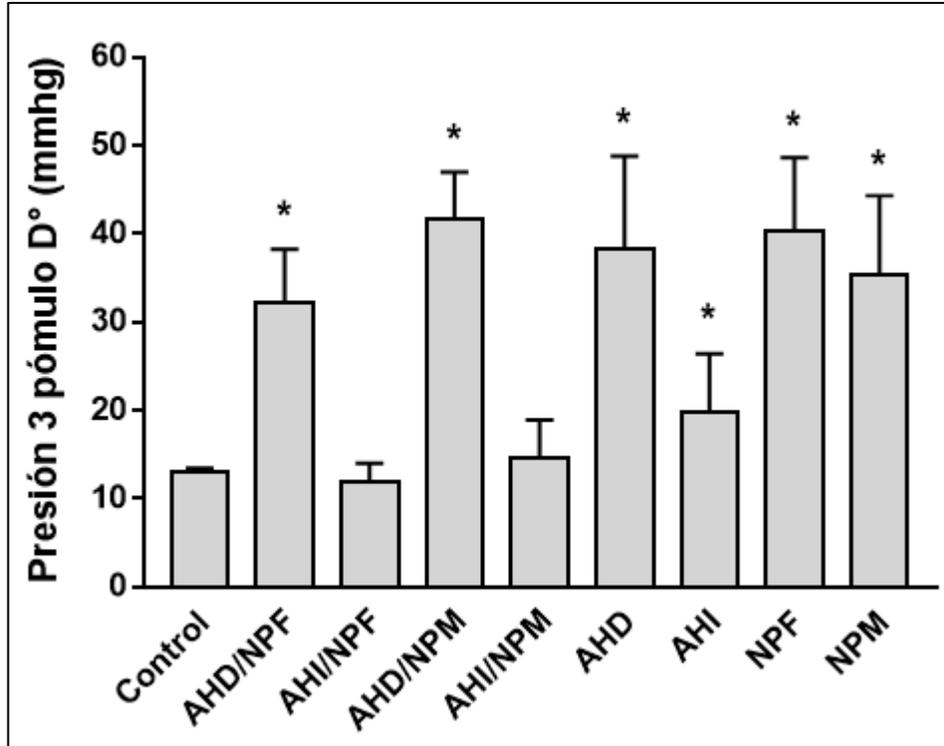
En relación a la presión ejercida en la frente, podemos recalcar que la posición no paralelismo frente (NPF) es aquella que presentó mayor presión alcanzando 8,98 mmhg, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la presión de la frente en las distintas posiciones de cada grupo.

Gráfico 2: Presión 2 Mentón en cada posición.



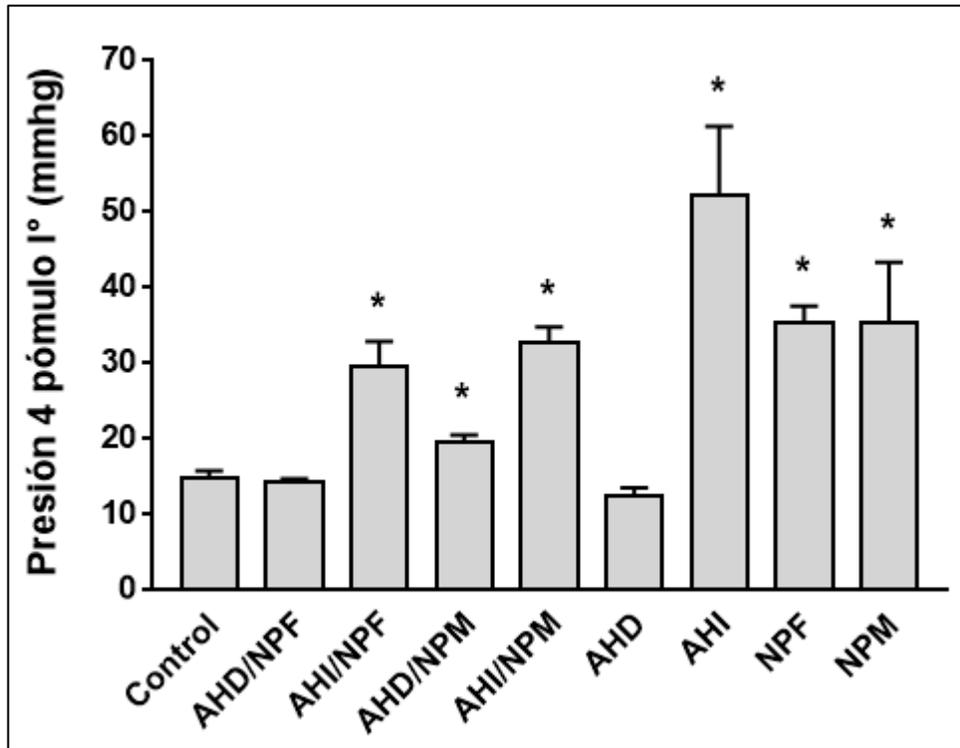
En cuanto a la presión ejercida en el mentón los resultados obtenidos son similares entre los grupos. Obteniendo como máximo promedio la posición AHD/NPF con 8,78 mmhg y el promedio mínimo es de la posición AHD con 6,5 mmhg. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la presión del mentón en las distintas posiciones de cada grupo.

Gráfico 3: Presión 3 pómulo derecho en cada posición.



En relación a la presión ejercida en el pómulo derecho se puede evidenciar que en las posiciones AHI/NPF presenta 11,8 mmhg y AHI/NPM 14,5 mmhg, por lo cual, son bastante similares a la posición control que tiene 13,0 mmhg. Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos AHD/NPF, AHD/NPM, AHD, AHI, NPF y NPM. Dentro de los resultados estadísticamente significativos se puede mencionar que el que presentó un mayor promedio de presión fue AHD/NPM con 41,6 mmhg y el que menos promedio de presión tuvo fue AHD/NPF con 32,2 mmhg.

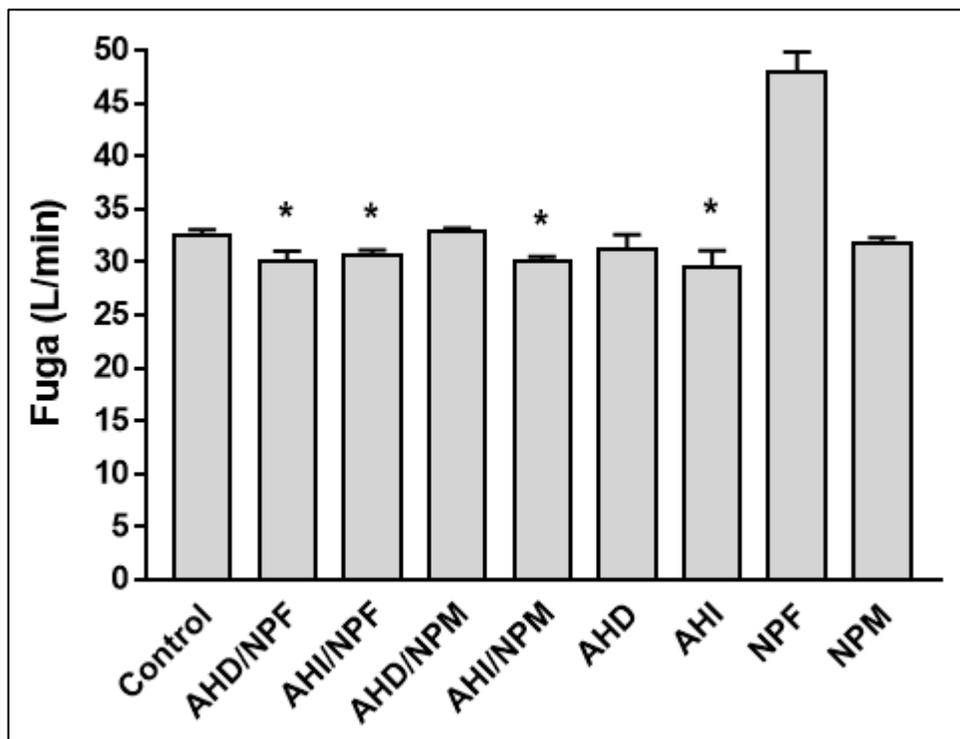
Gráfico 4: Presión 4 pómulo izquierdo en cada posición.



No hubo diferencias estadísticamente significativas en las posiciones AHD/NPF y AHD con valores de 14,3 mmhg y 12,3 mmhg respectivamente. Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en las presiones ejercidas de las posiciones AHI/NPF, AHD/NPM, AHI/NPM, AHI, NPF y NPM. El promedio de presión que destaca es en la posición AHI con 52 mmhg.

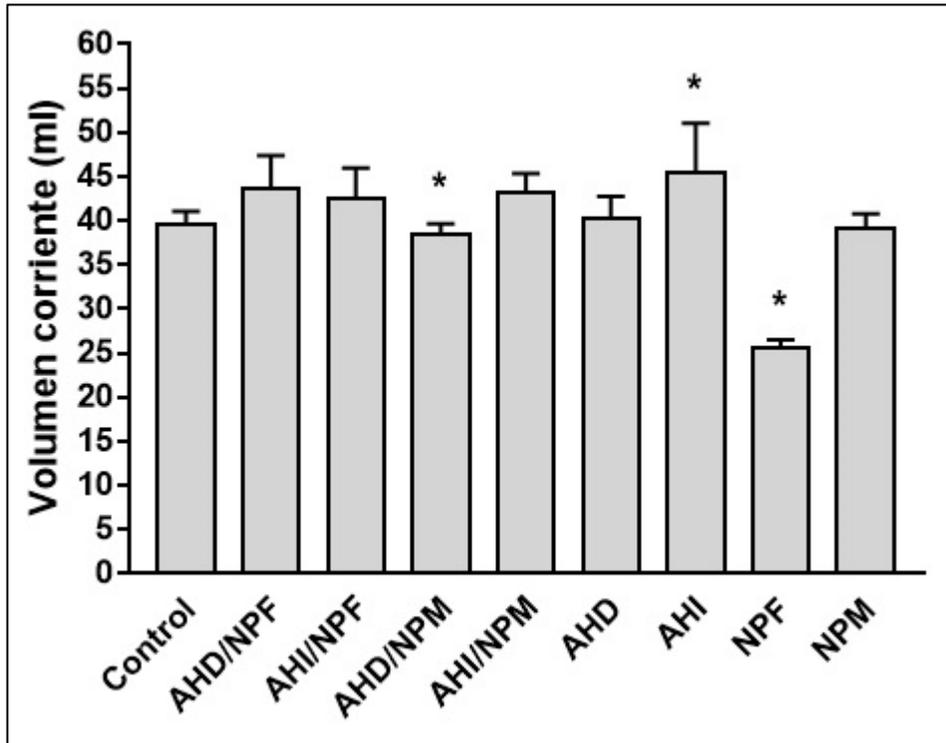
Los resultados obtenidos en cuanto a las variables ventilatorias en las distintas posiciones son:

Gráfico 5: Fuga en cada posición.



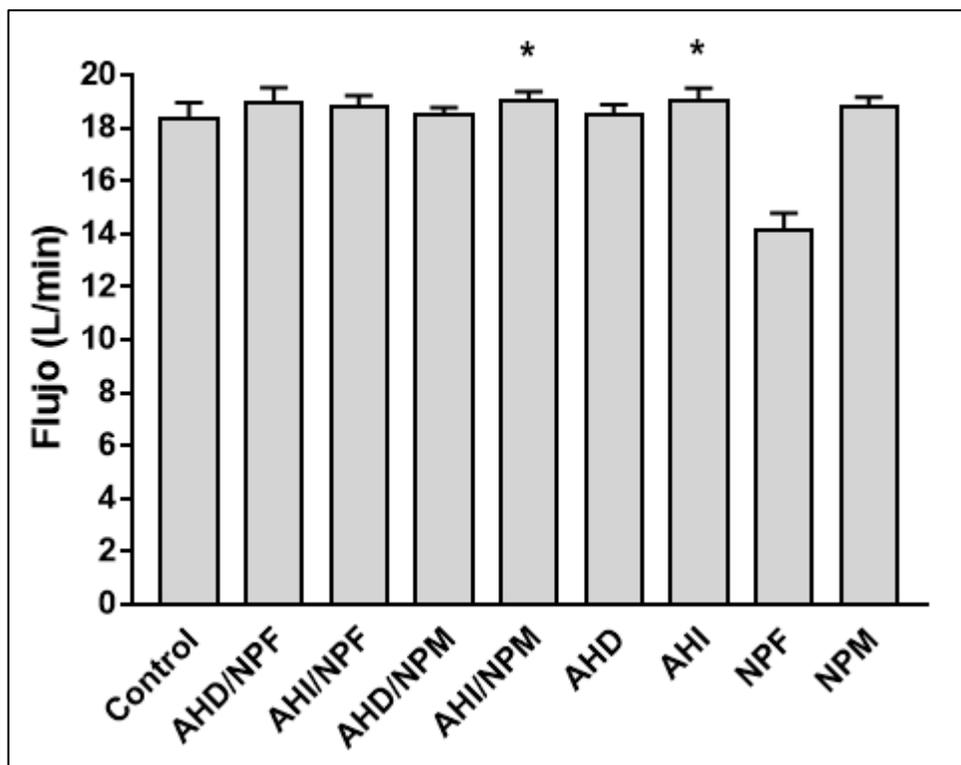
Se encontraron diferencias significativas en relación a la fuga en las siguientes posiciones: AHD/NPF, AHI/NPF, AHI/NPM y AHI. A pesar de no presentar una diferencia estadísticamente significativa destaca la fuga presentada en la posición NPF con 48,0 l/min. el cual será analizado en la discusión.

Gráfico 6: Volumen corriente en cada posición.



Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los grupos AHD/NPM con 38,5 ml, AHI 45,5 ml y NPF con 25,6 ml.

Gráfico 7: Flujo en cada posición.



Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los grupos AHI/NPM y AHI ambos con valor de 19 L/min.

Gráfico 8: IPAP en cada posición.

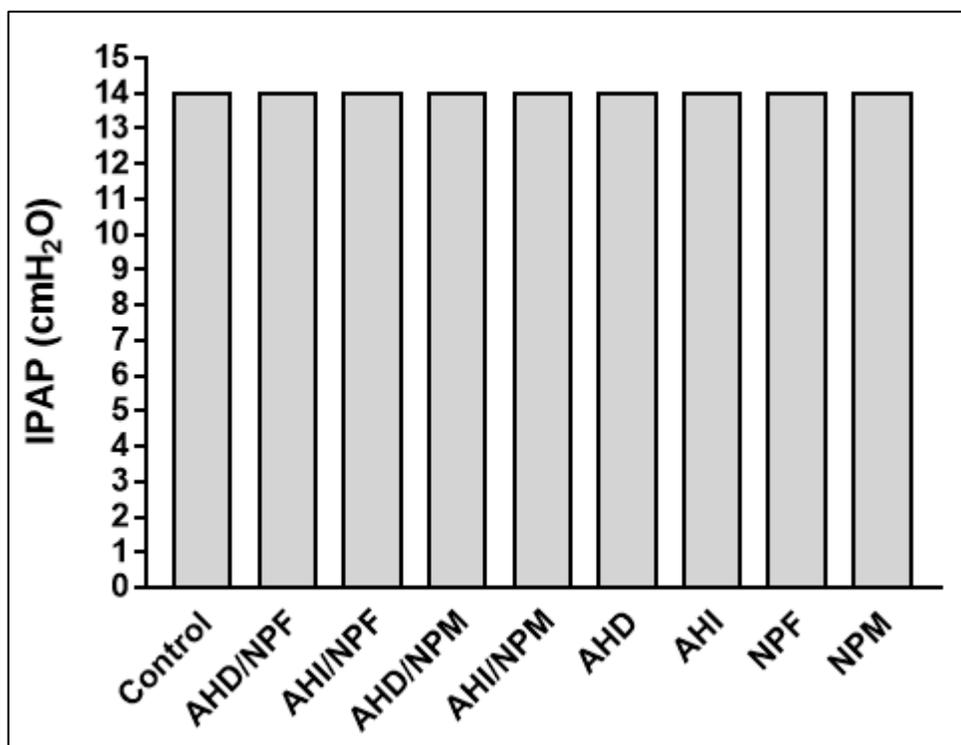
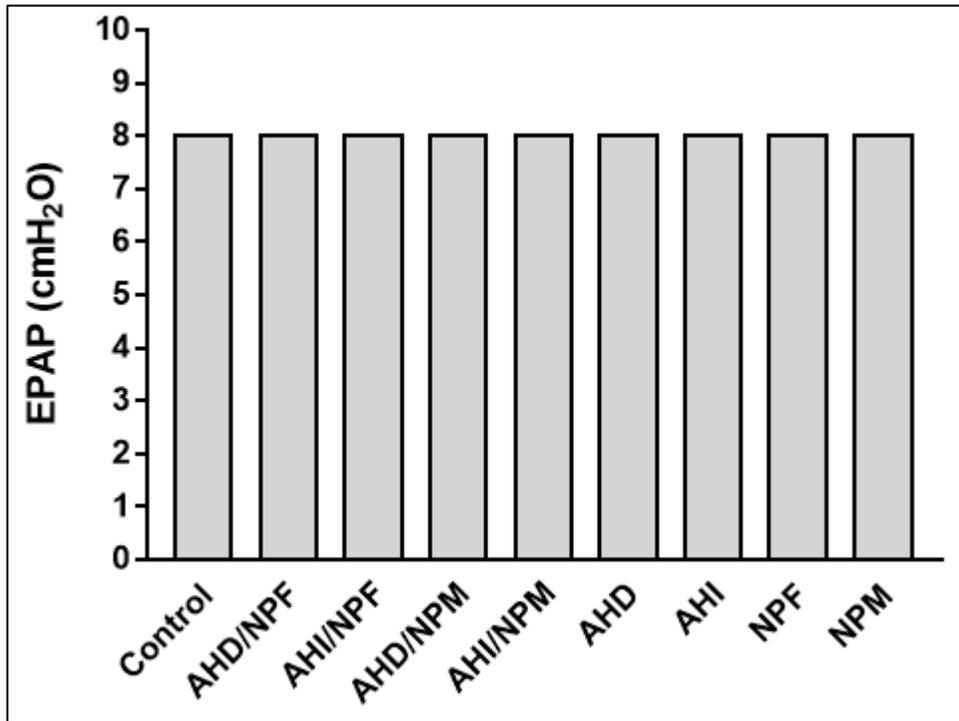


Gráfico 9: EPAP en cada posición.



En cuanto a los valores obtenidos de IPAP y EPAP en las distintas posiciones, se debe mencionar que se mantuvieron constantes en 14 cmh₂o y 8 cmh₂o respectivamente.

Tabla 1: Tabla resumen de presiones y variables ventilatorias en cada posición.

		Control	AHD/NPF	AHI/NPF	AHD/NPM	AHI/NPM	AHD	AHÍ	NPF	NPM
Fuga	L/min	32,4 ± 0,65	30 ± 1,04	30,6 ± 0,5	32,9 ± 0,27	30,1 ± 0,36	31,3 ± 1,27	29,5 ± 1,56	48 ± 1,84	31,7 ± 0,61
	CV	1,99%	3,46%	1,62%	0,81%	1,20%	4,05%	5,28%	3,83%	1,93%
Flujo	L/min	18,4 ± 0,59	19,0 ± 0,55	18,8 ± 0,46	18,5 ± 0,26	19,0 ± 0,38	18,5 ± 0,4	19,0 ± 0,47	14,1 ± 0,65	18,8 ± 0,37
	CV	3,22%	2,91%	2,43%	1,38%	1,99%	2,15%	2,46%	4,56%	1,95%
VC	mL	39,6 ± 1,5	43,6 ± 3,8	42,6 ± 3,4	38,5 ± 1,2	43,3 ± 2,1	40,2 ± 2,6	45,5 ± 5,6	25,6 ± 0,9	39,1 ± 1,7
	CV	3,65%	8,70%	8,02%	3,01%	4,92%	6,33%	12,27%	3,67%	4,23%
P1	mmhg	6,0 ± 0,4	8,47 ± 0,32	7,57 ± 1,02	5,15 ± 1,2	5,57 ± 1,21	6,32 ± 0,8	5,97 ± 1,9	8,98 ± 3,89	3,95 ± 0,22
	CV	6,95%	3,76%	13,50%	23,24%	21,76%	12,69%	31,86%	43,26%	5,54%
P2	mmhg	8,0 ± 0,2	8,78 ± 0,36	8,25 ± 2,12	7,04 ± 1,93	7,24 ± 1,95	6,5 ± 0,6	7,4 ± 0,7	7,85 ± 0,45	6,97 ± 1,52
	CV	2,33%	4,09%	25,74%	27,46%	26,94%	9,21%	9,43%	5,67%	21,76%
P3	mmhg	13,0 ± 0,4	32,2 ± 6,04	11,8 ± 2,18	41,6 ± 5,38	14,5 ± 4,35	38,3 ± 10,6	19,9 ± 6,53	40,2 ± 8,42	35,3 ± 8,99
	CV	3,25%	18,76%	18,48%	12,93%	29,88%	27,61%	32,88%	20,96%	25,46%
P4	mmhg	14,8 ± 0,9	14,3 ± 0,3	29,4 ± 3,35	19,5 ± 0,94	32,7 ± 2,01	12,3 ± 1,15	52 ± 9,22	35,2 ± 2,24	35,1 ± 8,12
	CV	6,29%	2,08%	11,40%	4,85%	6,15%	9,36%	17,74%	6,36%	23,12%

VC= Volumen corriente; P1= Presión frente; P2= Presión mentón; P3=Presión pómulo derecho; P4= Presión pómulo izquierdo; AHD/NPF= Asimetría hemicara derecha/no paralelismo frente; AHI/NPF=Asimetría hemicara izquierda/no paralelismo frente; AHD/NPM=Asimetría hemicara derecha/no paralelismo mentón; AHI/NPM= Asimetría hemicara izquierda/no paralelismo mentón; AHD=Asimetría hemicara derecha; AHI=Asimetría hemicara izquierda; NPF= No paralelismo; NPM=No paralelismo mentón; CV=Coeficiente de variación. Valores expresados como media ± desviación estándar.

X. DISCUSIÓN

Los resultados de nuestro modelo de simulación evidencian que la posición control (paralelismo simétrico) es la que menos presión facial ejerció en los 4 puntos de apoyo, lo que sustentaría la premisa clínica de que existe una posición óptima para la fijación de la mascarilla. Obteniendo como resultados las siguientes presiones: frente 6,0 mmhg, mentón 8,0 mmhg, pómulo derecho 13,0 mmhg y pómulo izquierdo 14,8 mmhg.

Al realizar una fijación asimétrica de la posición de la mascarilla de VMNI desde el arnés, la presión facial aumenta en el lado que éste se tensa, traduciéndose en sobrepresión facial que aumentará el riesgo de génesis de UPPF. Al respecto, nuestros resultados evidencian que en 5 de las 8 posiciones estudiadas, en al menos 1 de los 4 puntos de apoyo la presión facial iguala o sobrepasa la presión límite, lo que posiblemente podría generar una UPPF: en el Pómulo derecho (sensor P3) sobrepasó la presión en las posiciones ADH/NPM, AHD, AHI, NPF, NPM y en el Pómulo izquierdo (sensor P4) en las posiciones AHI, NPF y NPM. En los 3 grupos restantes la presión aumentó respecto al grupo control pero bajo el límite de 35 mmhg: Pómulo derecho AHD/NPF y AHI, y en Pómulo izquierdo AHI/NPF, AHI/NPM y AHD/NPM.

Resulta interesante considerar que en todas las posiciones (AHD/NPF, AHI/NPF , AHD/NPM, AHI/NPM, AHD, AHI, NPF, NPM) existen puntos de apoyo con presiones más bajas que el grupo control, pero se debe considerar que en éstas, simultáneamente hay puntos de apoyo con presiones que sobrepasan el límite de 35 mmhg. Al respecto, en la práctica clínica habitual no se posiciona la mascarilla ajustando los puntos de apoyo independientemente el uno del otro; sino que se posiciona en su totalidad la mascarilla de VMNI, por lo que analizando el contexto en su globalidad, sería menos deletéreo que los 4 puntos de presión estén bajo la

presión límite. Pareciera ser que esto último es lo que se lograría fácilmente con la posición paralelismo simétrica (posición control).

En nuestro estudio, al cambiar la posición control, los puntos de apoyo que recibieron mayor presión se pueden ordenar de la siguiente manera: pómulo derecho, pómulo izquierdo, mentón y frente, lo cual podría estar indicando que la asimetría (sobrepresión en pómulos) impacta más que el no paralelismo (sobrepresión en mentón y frente); lo que en la práctica clínica podría tener implicancia relevantes al momento de priorizar una posición de la mascarilla full face cuando la posición óptima no puede ser alcanzada (por movimiento, asimetrías faciales, escasez de tamaños de máscara, etc.). Debe mencionarse, que de los 4 puntos de apoyo medidos, si bien hubo sobrepresión, se superó la presión límite de 35 mmhg sólo en los pómulos, evidenciándose mayor presión en el derecho. Esto se evidenció en 4 posiciones de las 8 para el pómulo derecho (AHD/NPM, AHD, NPF y NPM), mientras que en el pómulo izquierdo en 3 de las 8 posiciones (AHI, NPF y NPM).

En cuanto a las variables ventilatorias entregadas por el ventilador, las posiciones asimétricas y/o no paralelas a la cara evidencian que existen cambios tanto en el flujo, volumen corriente y fuga. En relación a la fuga se mostró que hubo disminución en 6 de las 8 posiciones, donde hubo diferencias significativas en las posiciones AHD/NPF, AHI/NPF, AHI/NPM y AHI, sin embargo, hubo un aumento en la posición NPF. El flujo aumentó en 7 de 8 posiciones siendo estadísticamente significativa en AHI/NPM y AHI, mientras que en la posición NPF sufrió una disminución. En relación al volumen corriente 5 de 8 posiciones aumentó, siendo significativo en las posiciones AHD/NPF, AHI/NPF, AHI/NPM, AHD y AHI, y disminuyó en AHD/NPM, y NPF. A pesar de las diferencias significativas encontradas, no hubo una variación en los parámetros IPAP y EPAP, esto se explica debido a que el ventilador mecánico utilizado contiene un sistema

compensatorio de parámetros para así entregar una buena terapia. Al respecto, parece ser que las posiciones asimétricas entre hemicaras influyen más que el no paralelismo entre frente-mentón, incluso optimizando la entrega de parámetros ventilatorios (a iguales presiones disminuyen fuga, aumentan flujo inspiratorio máximo, pero por sobre todo aumentan el volumen corriente). No obstante lo anterior, la posición control no empeoró la entrega de parámetros ventilatorios y al mismo tiempo distribuyó mejor la presión facial. Por tanto pareciera que la posición óptima de la Mascarilla full face de VMNI, debiera equilibrar la presión facial y la entrega de parámetros ventilatorios. Al respecto la posición control logra este objetivo.

Dentro de este estudio es importante considerar que existen limitaciones dadas principalmente por las diferencias fisiológicas y anatómicas entre un fantoma y un ser humano. La irrigación, temperatura, sudoración, roce por gesticulación facial, textura, movimiento de cabeza, respiración espontánea; son variables que podrían afectar la presión facial y variables ventilatorias.

Para futuras investigaciones sugerimos que la medición se realice en seres humanos ya conectados a VMNI para poder visualizar y ser más verosímil en el comportamiento de la presión y las variables ventilatorias, y que el tiempo de medición sea de 2 minutos, replicando este trabajo.

No obstante las limitaciones del estudio, cabe destacar que la posición control es la que se busca habitualmente en la práctica clínica, pero que sin embargo, antes de este estudio no existía evidencia que avalara este criterio. Los buenos resultados en la simulación nos permiten sugerir que esta posición debiera ser mantenida durante toda la VMNI, incluso a pesar de la movilidad del paciente, para lo cual la dirección y mantención de los tirantes es clave.

XI. CONCLUSIÓN

La tensión de los tirantes del arnés de la mascarilla de VMNI influye en la generación de sobrepresión facial. La posición paralelismo simétrico de la mascarilla de VMNI es la que genera menor presión facial y al mismo tiempo no altera la entrega de variables ventilatorias in vitro.

XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Abellán, G, Abizanda, S, Alastuey, C, Albó, A, Alfaro, A, Alonso, M, Alonso, J. & Yela, G. (2006). En Tratado de geriatría para residentes. España: Sociedad española de geriatría y gerontología.
2. Ahmad, Z., Venus, M., Kisku, W., & Rayatt, S. S. (2013). A case series of skin necrosis following use of non invasive ventilation pressure masks. *International wound journal*, 10(1), 87-90.
3. Artacho, R., García de la Cruz, J. et al. (2000) Ventilación mecánica no invasiva. Utilidad clínica en urgencias y emergencias. *Emergencias*; 12: 328-36.
4. Baumgarten, M., Margolis, D. et al. (2006). Pressure ulcers among elderly patients early in the hospital stay. *Journal of Gerontology: Medical Science*; 61(7): 749–54.
5. Berlowitz, B. Epidemiology, pathogenesis and risk assessment of pressure ulcers. Uptodate. (Accessed on Abril, 2018) Available from: <http://www.uptodate.com/contents/epidemiology-pathogenesis-and-risk-assessment-of-pressure-ulcer>
6. Bhattacharya, S., Mishra, R.K. (2015).Pressure ulcers: Current understanding and newer modalities of treatment *Indian. J Plast Surg*, 48(1), 4–16.
7. Blanco R., López E., Quezada C., & García M. (2015). Guía de recomendaciones basadas en la evidencia en prevención y tratamiento de las úlceras por presión en adultos. *Osakidetza*, 7.
8. Defloor, T. (2000). The effect of position and mattress on interface pressure. *Applied nursing research*, 13(1), 2-11.
9. Del Castillo D., Cabrera C., Arenas M. & Valenzuela F. (2010). Ventilación mecánica no invasiva . *Neumosur*, 167-184.
10. Díaz O. (2008). Equipamiento en ventilación no invasiva. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 251-262.
11. González Maestro, M. (2012). Cuidados de enfermería y prevención de las úlceras faciales durante la ventilación mecánica no invasiva. 21-24.

12. Maruccia, M., Ruggieri, M., et al. (2015). Facial skin breakdown in patients with non-invasive ventilation devices: report of two cases and indications for treatment and prevention. *Int Wound J*;12(4):451-5.

13. Meduri GU.(1996). Noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute respiratory failure. *Clin Chest Med*; 17(3):513-553.

14. Meduri GU, Spencer SE. (2001) Noninvasive mechanical ventilation in the acute setting. Technical aspects, monitoring and choice of interface. *Eur Respir Mon*; 16:106-24.

15. Mehta S, Hill NS (2001). Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*; 163(2):540-7.

16. Orejóna, R. U., Tolsadaa, P. U., Orejónb, S. U., Garridoa, E. M., & Jiménezb, A. C. (2005). Ventilación mecánica no invasiva. *Rev. Esp. Anesthesiol. Reanim*, 2, 88-100.

17. Otero, D. P., Domínguez, D. V., Fernández, L. H., Magariño, A. S., González, V. J., Klepzing, J. G., & Montesinos, J. B. (2017). Preventing facial pressure ulcers in patients under non-invasive mechanical ventilation: a randomised control trial. *Journal of wound care*, 26(3), 128-136.

18. Prado, F., Salinas, P., Pizarro, G., Campos, C., & Zenteno, D. (2008). Asistencia ventilatoria no invasiva en pediatría. *Revista chilena de pediatría*, 79(6), 580-592.

19. Rathore, F. A., Ahmad, F., & Zahoor, M. U. U. (2016). Case Report of a Pressure Ulcer Occurring Over the Nasal Bridge Due to a Non-Invasive Ventilation Facial Mask. *Cureus*, 8(10), e813. <http://doi.org/10.7759/cureus.813>

20. Raurell-Torredà, M., Romero-Collado, A., Rodríguez-Palma, M., Farrés-Tarafa, M., Martí, J. D., Hurtado-Pardos, B., & Esquinas, A. M. (2017). Prevención y tratamiento de las lesiones cutáneas asociadas a la ventilación mecánica no invasiva. Recomendaciones de expertos. *Enfermería Intensiva*, 28(1), 31-41.

21. Riquelme H., Wood D., Martínez S., Carmona F., Peña A. & Wegner A. (2017). Uso de parches protectores faciales no reduce la presión facial en

un modelo simulado de ventilación mecánica no invasiva. Revista chilena de pediatría, 354-359.

22. Romero, J. M. G., García, T. G., Chust, J. N. S., & Martínez, M. G. (2010). Ventilación no invasiva. *Archivos de Bronconeumología*, 46, 14-21.
23. Schallom M, et al. (2015). Pressure Ulcer Incidence in Patients Wearing Nasal-Oral Versus Full-Face Noninvasive Ventilation Masks. *American Journal of Critical Care*, 349-356.
24. Schönhofer B, Sortor-Leger S.(2002) Equipment needs for noninvasive mechanical ventilation. *Eur Respir J*;20(4):1029-36.
25. Shikama, M., Nakagami, G., Noguchi, H., Mori, T., & Sanada, H. (2018). Development of Personalized Fitting Device With 3-Dimensional Solution for Prevention of NIV Oronasal Mask-Related Pressure Ulcers. *Respiratory care*, respcare-05691.
26. Tleyjeh, I., Berlowitz, D., et al. (2012) Infectious complications of pressure ulcers. *Uptodate*
27. West, J. B. (2009). *Fisiología respiratoria* (No. 612.215). Wolters Kluwer
28. Yamaguti W., Moderno E., Yamashita S., Gomes T., Maida A., Kondo C., de Salles I., de Brito C. (2014). Treatment-Related Risk Factors for Development of Skin Breakdown in Subjects With Acute Respiratory Failure Undergoing Noninvasive Ventilation or CPAP. *Respiratory Care*, 1530-1536.

XIII. ANEXOS

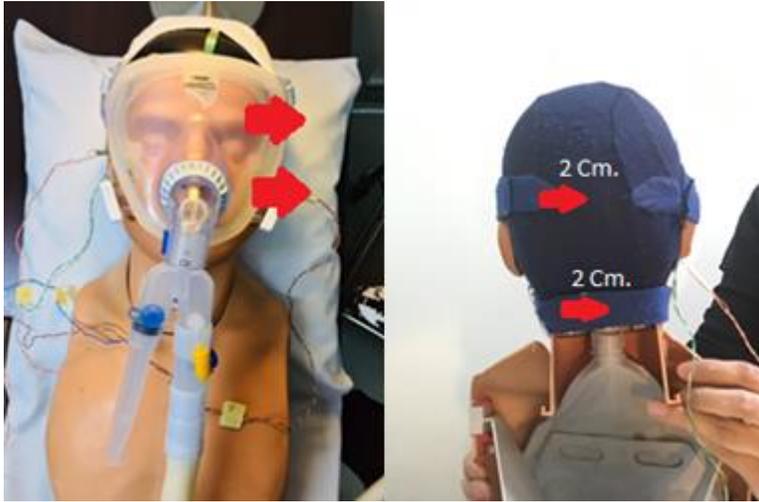
Anexo 1: Fantoma conectado a VMNI con full face (vista frontal).



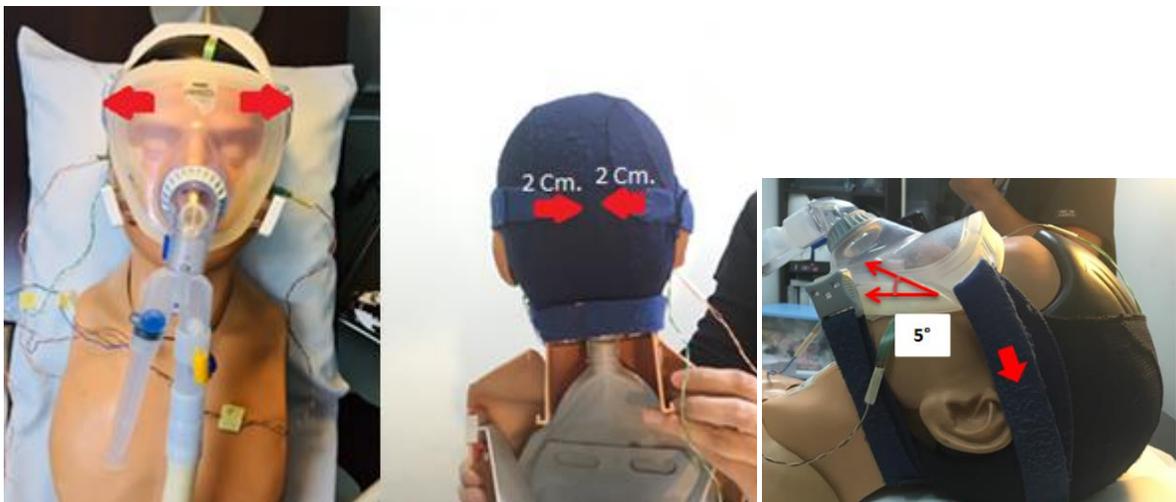
Anexo 2: Grupo control



Anexo 3: Asimetría hemicara



Anexo 4: No paralelismo



Anexo 5: 8 grupos de estudio



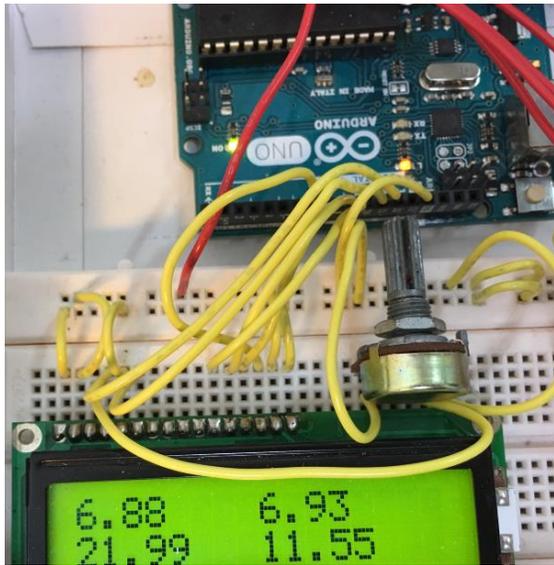
Anexo 6: Fantoma conectado a VMNI con full face (vista lateral).



Anexo 7: Sensor de fuerza resistivo.



Anexo 8: Medidor de presión.



Anexo 9: Hoja de registro.

Grupo: _____

	P1	P2	P3	P4	VC	FMI	FUGA	IPAP	EPAP
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									

Anexo 10: Tabla registro grupo control.

				Grupo Control					
	Presión 1 frente (mmhg)	Presión 2 mentón (mmhg)	Presión 3 pomulo D° (mmhg)	Presión 4 pomulo I° (mmhg)	Volumen Corriente (mL)	Flujo (Lt/min)	Fuga (Lt/min)	IPAP (Cm H2o)	EPAP (CmH2o)
1	6.44	7.98	13.3	13.8	40	18.1	33	14	8
2	6.49	7.92	13.1	14.11	40	17.8	33	14	8
3	6.53	7.92	13	14.42	40	18.2	33	14	8
4	6.39	8.04	13.49	13.59	38	18.2	33	14	8
5	6.34	8.1	13.59	13.49	41	17.5	33	14	8
6	6.44	8.04	13.59	13.9	37	18.2	33	14	8
7	6.49	7.98	13.3	14.21	39	18.7	33	14	8
8	5.64	7.58	12.72	14.97	41	19.9	32	14	8
9	5.64	7.69	12.72	15.3	41	18.4	32	14	8
10	5.59	8.1	12.62	15.76	41	19	32	14	8
11	5.59	8.22	12.53	15.76	41	18.8	31	14	8
12	5.72	7.86	12.62	15.53	39	18.1	32	14	8
13	5.68	7.98	12.53	15.53	40	18.1	32	14	8
14	5.64	8.28	12.44	16.24	37	18	32	14	8

Anexo 11: Tabla registro asimetría hemicara derecha/no paralelismo frente.

				Asimetría hemicara derecha / No paralelismo frente					
	Presión 1 frente (mmhg)	Presión 2 mentón (mmhg)	Presión 3 pomulo D° (mmhg)	Presión 4 pomulo I° (mmhg)	Volumen Corriente (mL)	Flujo (Lt/min)	Fuga (Lt/min)	IPAP (Cm H2o)	EPA P (Cm H2o)
1	8.28	8.92	36.64	14	40	17.7	31	14	8
2	8.59	8.85	36.92	14.21	39	18.6	31	14	8
3	8.53	8.98	37.74	14.21	40	19.3	31	14	8
4	8.59	9.32	38.88	14.21	41	18.8	31	14	8
5	8.66	9.18	38.31	14.21	45	19.5	31	14	8
6	8.85	9.12	38.88	14.53	42	19	31	14	8
7	9.18	9.12	38.31	14.97	41	19.5	31	14	8
8	7.92	8.22	25.12	14.32	48	18.5	29	14	8
9	8.28	8.34	25.88	13.9	45	19.5	29	14	8
10	8.28	8.34	26.46	14.11	47	19.5	29	14	8
11	8.47	8.53	26.66	14.21	44	18.5	29	14	8
12	8.04	8.98	27.26	14.86	43	19.5	29	14	8
13	8.4	8.53	26.85	14.42	53	18.5	29	14	8
14	8.47	8.53	26.66	14.32	43	19.1	29	14	8

Anexo 12: Tabla registro asimetría hemicara izquierda/no paralelismo frente.

				Asimetría hemicara izquierda/ No paralelismo frente					
	Presión 1 frente (mmhg)	Presión 2 mentón (mmhg)	Presión 3 pomulo D° (mmhg)	Presión 4 pomulo I° (mmhg)	Volumen Corriente (mL)	Flujo (Lt/ min)	Fuga (Lt/ min)	IPAP (Cm H2o)	EPA P (Cm H2o)
1	6.58	9.32	13.39	25.5	45	18.9	31	14	8
2	6.49	9.96	13.9	26.07	42	18.6	31	14	8
3	6.58	10.19	14.11	26.27	44	18.4	30	14	8
4	6.58	10.19	14.11	26.46	50	18.2	30	14	8
5	6.58	10.97	14.11	26.85	42	19	30	14	8
6	6.63	10.65	13.9	26.27	48	19.9	30	14	8
7	6.68	10.57	13.9	26.66	45	18.6	30	14	8
8	8.34	6.02	9.82	30.45	40	19	31	14	8
9	8.4	6.11	9.82	32.31	42	18.2	31	14	8
10	8.47	6.2	9.82	32.79	40	18.8	31	14	8
11	8.53	6.39	9.74	32.79	39	18.8	31	14	8
12	8.79	6.2	9.46	32.55	39	18.4	31	14	8
13	8.79	6.3	9.53	32.79	40	19.3	31	14	8
14	8.47	6.44	9.89	34.28	40	18.6	31	14	8

Anexo 13: Tabla registro asimetría hemicara derecha/no paralelismo mentón.

				Asimetría hemicara derecha/ No paralelismo mentón					
	Presión 1 frente (mmhg)	Presión 2 mentón (mmhg)	Presión 3 pomulo D° (mmhg)	Presión 4 pomulo I° (mmhg)	Volumen Corriente (mL)	Flujo (Lt/min)	Fuga (Lt/min)	IPAP (CmH2o)	EPAP (Cm H2o)
1	6.11	8.72	45.42	18.14	38	18.8	33	14	8
2	6.2	8.72	46.09	18.41	39	18.9	33	14	8
3	6.25	8.98	46.78	18.41	40	18.2	33	14	8
4	6.3	9.12	47.13	18.41	38	18.6	33	14	8
5	6.44	8.47	46.09	19.25	38	18.6	33	14	8
6	6.39	9.05	47.83	18.69	39	18.9	33	14	8
7	6.39	9.18	47.48	18.97	40	18.6	32	14	8
8	3.98	5.19	34.03	20.27	36	18.4	33	14	8
9	3.98	5.27	35.05	20.12	38	18.4	33	14	8
10	3.98	5.23	36.11	20.57	40	18.5	33	14	8
11	4.01	5.19	36.92	20.73	37	18.5	33	14	8
12	4.01	5.16	37.47	20.42	38	18	33	14	8
13	4.01	5.12	38.03	20.27	39	18.4	33	14	8
14	4.01	5.12	38.59	19.83	39	18.3	33	14	8

Anexo 14: Tabla registro asimetría hemicara izquierda/no paralelismo mentón.

				Asimetría hemicara izquierda/ No paralelismo mentón					
	Presión 1 frente (mmhg)	Presión 2 mentón (mmhg)	Presión 3 pomulo D° (mmhg)	Presión 4 pomulo I° (mmhg)	Volumen Corriente (mL)	Flujo (Lt/min)	Fuga (Lt/min)	IPAP (Cm H2o)	EPAP (CmH2o)
1	4.32	8.72	17.35	31.14	45	18.7	31	14	8
2	4.35	8.85	17.35	32.79	41	19	31	14	8
3	4.22	9.05	19.11	33.53	41	19	30	14	8
4	4.35	9.18	19.11	34.54	41	19.1	30	14	8
5	4.51	9.39	19.39	35.84	43	17.9	30	14	8
6	4.55	9.32	19.11	35.05	41	19.1	30	14	8
7	4.58	9.25	19.39	35.84	45	19.2	30	14	8
8	6.53	5.27	10.44	30.01	45	18.7	30	14	8
9	6.73	5.31	10.43	30.23	42	19.1	30	14	8
10	6.73	5.31	10.57	30.91	42	19.5	30	14	8
11	6.78	5.35	10.49	31.14	48	19.1	30	14	8
12	6.93	5.35	10.26	31.37	43	19	30	14	8
13	6.73	5.51	10.42	32.79	45	19.2	30	14	8
14	6.73	5.47	10.19	32.55	44	19.3	30	14	8

Anexo 15: Tabla registro asimetría hemicara derecha.

				Asimetría hemicara derecha					
	Presión 1 frente (mmhg)	Presión 2 mentón (mmhg)	Presión 3 pomulo D° (mmhg)	Presión 4 pomulo I° (mmhg)	Volumen Corriente (mL)	Flujo (Lt/min)	Fuga (Lt/min)	IPAP (Cm H2o)	EPAP (Cm H2o)
1	5.59	6.88	47.48	10.49	37	18.1	32	14	8
2	5.55	6.93	47.13	10.97	39	18.3	32	14	8
3	5.59	6.98	48.9	11.13	40	18.8	32	14	8
4	5.55	6.93	48.9	11.21	37	17.9	33	14	8
5	5.64	7.19	48.9	11.55	39	17.8	33	14	8
6	5.51	7.3	48.54	11.64	39	18.8	33	14	8
7	5.47	7.25	48.9	11.72	40	18.7	32	14	8
8	6.83	5.93	25.88	13	45	18.7	31	14	8
9	7.04	5.89	27.05	13.1	42	18.2	30	14	8
10	7.04	6.02	28.28	13.3	44	19	30	14	8
11	7.14	6.02	29.13	13.49	39	18.3	30	14	8
12	7.19	5.98	28.49	13.59	44	19.1	30	14	8
13	7.09	5.93	28.49	13.59	39	18.5	30	14	8
14	7.3	5.8	29.57	13.49	39	18.6	30	14	8

Anexo 16: Tabla registro asimetría hemicara izquierda.

				Asimetría hemicara izquierda					
	Presión 1 frente (mmhg)	Presión 2 mentón (mmhg)	Presión 3 pomulo D° (mmhg)	Presión 4 pomulo I° (mmhg)	Volumen Corriente (mL)	Flujo (Lt/min)	Fuga (Lt/min)	IPAP (Cm H2o)	EPAP (Cm H2o)
1	4.1	7.86	13	59.28	45	18.3	31	14	8
2	4.07	7.86	13.1	60.61	40	18.4	31	14	8
3	4.16	8.1	13.39	57.98	38	18.5	31	14	8
4	4.16	8.1	13.9	60.16	42	18.5	31	14	8
5	4.19	8.04	13.7	62.43	40	18.7	31	14	8
6	4.16	8.34	14	62.43	44	18.9	31	14	8
7	4.13	8.1	14	62.43	43	19.2	31	14	8
8	7.52	6.49	25.88	40.95	54	19.3	28	14	8
9	7.75	6.68	26.07	41.86	55	19.2	28	14	8
10	7.75	6.73	26.46	43.44	50	19.7	28	14	8
11	7.86	6.68	26.07	43.44	45	19.4	28	14	8
12	7.98	6.88	25.88	43.77	42	19.5	28	14	8
13	7.92	6.98	26.07	44.09	54	19.5	28	14	8
14	7.8	6.78	26.66	45.08	45	19.3	28	14	8

Anexo 17: Tabla registro no paralelismo frente.

				No paralelismo frente					
	Presión 1 frente (mmhg)	Presión 2 mentón (mmhg)	Presión 3 pomulo D° (mmhg)	Presión 4 pomulo I° (mmhg)	Volumen Corriente (mL)	Flujo (Lt/m in)	Fuga (Lt/m in)	IPAP (Cm H2o)	EPAP (Cm H2o)
1	11.9	6.83	43.12	34.03	25	15.1	49	14	8
2	12.35	6.93	45.42	35.58	26	14.6	49	14	8
3	12.62	7.75	47.48	36.92	25	14.3	49	14	8
4	12.81	8.04	49.63	37.47	25	13.4	49	14	8
5	13.1	7.92	50.37	37.74	25	13.4	50	14	8
6	13.1	7.92	50.37	37.74	26	13.9	50	14	8
7	13.1	7.75	50	37.74	26	14.5	50	14	8
8	5.16	8.28	30.45	30.45	28	12.7	50	14	8
9	5.23	8.1	31.14	32.31	24	14.6	46	14	8
10	5.19	7.98	32.07	34.03	25	14.6	46	14	8
11	5.35	8.28	32.79	34.79	26	14.7	46	14	8
12	5.31	8.22	33.04	35.31	26	13.8	46	14	8
13	5.23	7.8	33.28	35.05	25	14.3	46	14	8
14	5.27	8.04	33.53	33.28	26	14	46	14	8

Anexo 18: Tabla registro no paralelismo mentón.

				No paralelismo mentón					
	Presión 1 frente (mmhg)	Presión 2 mentón (mmhg)	Presión 3 pomulo D° (mmhg)	Presión 4 pomulo I° (mmhg)	Volumen Corriente (mL)	Flujo (Lt/min)	Fuga (Lt/min)	IPAP (Cm H2o)	EPA P (Cm H2o)
1	3.95	8.16	41.86	40.34	43	18.8	32	14	8
2	3.95	8.1	40.64	39.46	41	18.9	32	14	8
3	3.92	8.1	42.18	41.25	38	19	31	14	8
4	3.92	7.98	43.44	42.49	39	19.4	31	14	8
5	4.32	8.92	45.75	45.08	41	18.7	31	14	8
6	4.35	8.92	47.13	46.78	40	18.9	31	14	8
7	4.35	8.47	45.42	43.2	38	18.5	31	14	8
8	3.81	6.44	28.49	28.49	38	18.6	33	14	8
9	3.8	5.98	30.01	29.57	38	18.4	32	14	8
10	3.81	5.47	24.86	23.32	37	19.6	32	14	8
11	3.78	5.51	26.46	28.07	38	18.3	32	14	8
12	3.78	5.31	25.5	27.05	39	18.6	32	14	8
13	3.78	5.16	26.27	28.49	40	18.5	32	14	8
14	3.82	5.12	26.6	28.28	38	18.8	32	14	8