Revista do FISIOTERAPEUTA
revistadofisioterapeuta.com.br
ISSN 2358 9671 - Edição 23 - n.05, 2026 - DOI: 10.5281/zenodo.24055787

VARIACIÓN AGUDA DE LA PRESIÓN DEL BALÓN DE NEUMOTAPONAMIENTO ENDOTRAQUEAL Y SU RELACIÓN CON LA MECÁNICA VENTILATORIA E ÍNDICE DE MASA CORPORAL EN PACIENTES CRÍTICOS CON COVID-19

Acute Variation in Endotracheal Tube Cuff Pressure and Its Relationship with Ventilatory Mechanics and Body Mass Index in Critically Ill Patients with COVID-19

Liliana Liz Gimenez de Romero[1], Luis Alberto Escobar Ramirez [2], Cristhian Enmanuel Ayala Giménez[3]*

Afiliaciones Institucionales:

[1] Fisioterapeuta. Universidad Privada del Este (UPE), Presidente Franco, Paraguay. (Autor principal).

[2] Docente Orientador. Universidad Privada del Este (UPE), Facultad de Ciencias de la Salud, Presidente Franco, Paraguay.

[3]Docente Co-orientador. Médico Cirujano y Licenciado en Kinesiología y Fisioterapia. Universidad Privada del Este (UPE), Facultad de Ciencias de la Salud, Presidente Franco, Paraguay.

*Autor de correspondencia: cristhiancde2016@gmail.com | ORCID: https://orcid.org/0009-0007-5024-0407

RESUMEN:

Introducción: El control estricto de la presión del balón de neumotaponamiento (cuff) del tubo endotraqueal entre 20 y 30 cmH2O es crítico para prevenir tanto la microaspiración silente como la isquemia de la mucosa traqueal. En pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) por COVID-19, las alteraciones de la mecánica toracopulmonar y los cuidados de vía aérea pueden desestabilizar rápidamente este sellado. Objetivo: Evaluar la variación aguda de la presión del neumotaponamiento a los 10 minutos posteriores a su calibración normobárica inicial y determinar su comportamiento frente a la mecánica ventilatoria, el índice de masa corporal (IMC) y la presencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en pacientes críticos con COVID-19.

Metodología: Estudio analítico, longitudinal y prospectivo de mediciones repetidas realizado entre enero y agosto de 2021 en la Unidad de Terapia Intensiva Adultos de un hospital de referencia respiratoria en Ciudad del Este, Paraguay. Se incluyeron aleatoriamente 49 pacientes adultos bajo ventilación mecánica invasiva en modo controlado por volumen. Se registraron la presión intracuff (Pcuff), la presión inspiratoria pico (Ppico) y la presión de distensión alveolar (driving pressure, DP) en el minuto 0 (ajuste basal normobárico posaspiración) y a los 10 minutos. El análisis empleó la prueba t de Student para muestras emparejadas, correlación de Pearson (r) y tamaño del efecto (dz de Cohen).

Resultados: La edad media fue de 52,57 años (67,3% varones; 81,6% con antecedente de EPOC). Tras el ajuste inicial en el minuto 0, la Pcuff aumentó significativamente desde 26,65 ± 1,51 cmH2O hasta 40,18 ± 6,53 cmH2O a los 10 minutos (diferencia media: +13,53 cmH2O; IC 95%: 11,61 a 15,45; t = -14,19; p < 0,001; dz = 2,03). El 81,6% (n = 40) de los pacientes con sobrepeso u obesidad (IMC > 25 kg/m2) superó el umbral de riesgo isquémico (>35 cmH2O), alcanzando valores >40 cmH2O en el estrato con IMC > 30 kg/m2 (51,0%; n = 25). Paralelamente, la Ppico descendió de 34,02 ± 7,36 a 31,10 ± 5,90 cmH2O (p = 0,005; dz = 0,42), mientras que la DP permaneció estable (16,81 ± 4,12 vs. 16,10 ± 3,66 cmH2O; p = 0,125).

Conclusión: En pacientes ventilados por COVID-19 grave, la presión del neumotaponamiento experimenta una sobreinsuflación aguda y clínicamente riesgosa a los 10 minutos de su calibración inicial, acentuada en sujetos con obesidad y EPOC. Se requiere monitorización manométrica frecuente o continua para mitigar el riesgo de lesión laringotraqueal.

Palabras clave: Intubación intratraqueal; Ventilación mecánica; Presión del neumotaponamiento; COVID-19; Unidades de cuidados intensivos; Fisioterapia respiratoria.

ABSTRACT:

Introduction: Strict control of endotracheal tube (ETT) cuff pressure between 20 and 30 cmH2O is critical to prevent both silent microaspiration and tracheal mucosal ischemia. In patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS) due to COVID-19, altered thoracopulmonary mechanics and airway care procedures can rapidly destabilize cuff sealing. Objective: To evaluate the acute variation in ETT cuff pressure 10 minutes after initial normobaric calibration and determine its behavior in relation to ventilatory mechanics, body mass index (BMI), and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in critically ill patients with COVID-19. Methodology: A prospective, longitudinal, analytical repeated-measures study was conducted between January and August 2021 in the Adult Intensive Care Unit of a respiratory referral hospital in Ciudad del Este, Paraguay. Forty-nine adult patients undergoing volume-controlled invasive mechanical ventilation were randomly enrolled. Intracuff pressure (Pcuff), peak inspiratory pressure (Ppeak), and driving pressure (DP) were recorded at minute 0 (baseline normobaric adjustment post-suctioning) and at minute 10. Statistical analysis used paired Student's t-tests, Pearson's correlation (r), and Cohen's dz effect size. Results: Mean age was 52.57 years (67.3% male; 81.6% with comorbid COPD). Following baseline calibration at minute 0, Pcuff increased significantly from 26.65 ± 1.51 cmH2O to 40.18 ± 6.53 cmH2O at minute 10 (mean difference: +13.53 cmH2O; 95% CI: 11.61 to 15.45; t = -14.19; p < 0.001; dz = 2.03). Overall, 81.6% (n = 40) of overweight or obese patients (BMI > 25 kg/m2) exceeded the ischemic risk threshold (>35 cmH2O), reaching values >40 cmH2O in the BMI > 30 kg/m2 stratum (51.0%; n = 25). Concurrently, Ppeak decreased from 34.02 ± 7.36 to 31.10 ± 5.90 cmH2O (p = 0.005; dz = 0.42), whereas DP remained unchanged (16.81 ± 4.12 vs. 16.10 ± 3.66 cmH2O; p = 0.125).

Conclusion: In mechanically ventilated patients with severe COVID-19, ETT cuff pressure undergoes acute, clinically hazardous overinflation within 10 minutes of initial calibration, particularly among patients with obesity and COPD. Frequent or continuous manometric monitoring is warranted to mitigate laryngotracheal injury.

Keywords: Intratracheal intubation; Mechanical ventilation; Cuff pressure; COVID-19; Intensive care units; Respiratory physical therapy.

1. INTRODUCCIÓN:

La neumonía grave por SARS-CoV-2 (COVID-19) evoluciona frecuentemente hacia el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), demandando intubación orotraqueal (IOT) y soporte ventilatorio invasivo prolongado en las unidades de cuidados intensivos (UCI) [1, 2, 3]. Si bien la canalización traqueal mediante tubos provistos de balón de neumotaponamiento (cuff) de alto volumen y baja presión resulta indispensable para asegurar el volumen corriente y aislar la vía aérea inferior, el manejo inadecuado de la presión intracuff (Pcuff) constituye un factor determinante de iatrogenia laringotraqueal y pulmonar [4, 5].

La perfusión capilar de la mucosa traqueal oscila fisiológicamente entre 25 y 30 cmH2O (18–22 mmHg) y guarda una relación inversamente proporcional con la presión ejercida por el neumotaponamiento sobre la pared anterolateral de la tráquea [5, 6]. Cuando la Pcuff desciende por debajo de 20 cmH2O, se pierde el sellado hermético y se precipita la microaspiración silente de secreciones subglóticas colonizadas, mecanismo patogénico central de la neumonía asociada a la ventilación mecánica (NAVM) [8, 9, 10]. En el extremo opuesto, presiones sostenidas por encima de 30 cmH2O comprometen el flujo microcirculatorio: la mucosa se torna pálida a los 41 cmH2O, blanquecina a los 50 cmH2O y sufre cese completo del flujo arterial a partir de los 61,2 cmH2O (45 mmHg), desencadenando daño ciliar en apenas dos horas, seguido de edema laríngeo, disfonía, estridor posextubación, ulceración condral, estenosis subglótica, traqueomalacia o fístulas traqueoesofágicas [5, 11, 12, 13].

A pesar de las directrices internacionales que establecen un rango terapéutico estricto de 20 a 30 cmH2O [5, 14], en la práctica clínica habitual la insuflación del balón continúa estimándose mediante

técnicas subjetivas como la palpación digital del balón piloto, el volumen mínimo de oclusión o la técnica de fuga minima, [15, 16]. Diversos estudios demuestran que estas maniobras carecen de validez cuantitativa y generan tasas de sobreinsuflación de entre el 47% y el 82% de los pacientes intubados [15, 16, 17]. Asimismo, aun cuando se calibre inicialmente el balón con un manómetro específico (cuffómetro), la Pcuff no permanece estática: factores dinámicos propios del paciente crítico —como la impedancia del sistema respiratorio, la transmisión de presiones intratraqueales elevadas, la reactividad tusígena tras la aspiración de secreciones, la fiebre, el grado de sedorrelajación y la carga mecánica parietal asociada al exceso ponderal— inducen flutuações agudas en el interior del manguito [19, 20, 21, 22].

En los pacientes críticos con COVID-19, la coexistencia de pulmones con baja distensibilidad, elevadas presiones en la vía aérea, atrapamiento aéreo por comorbilidades obstructivas y fenotipos de sobrepeso u obesidad configura un escenario biomecánico complejo cuya repercusión inmediata sobre la estabilidad del neumotaponamiento ha sido escasamente cuantificada en Sudamérica. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue determinar la variación aguda de la Pcuff a los 10 minutos posteriores a su ajuste normobárico inicial y analizar su comportamiento en relación con los parámetros de mecánica ventilatoria —presión inspiratoria pico (Ppico) y presión de distensión (driving pressure, DP)—, el índice de masa corporal (IMC) y la presencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en pacientes ventilados por COVID-19 en un hospital de referencia respiratoria de Ciudad del Este, Paraguay.

2. METODOLOGÍA:

2.1. Diseño del estudio y contexto

Se llevó a cabo un estudio observacional analítico, longitudinal y prospectivo de cohorte única con mediciones repetidas intrasujeto, estructurado conforme a las directrices internacionales STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology). La investigación se desarrolló entre el 10 de enero y el 10 de agosto de 2021 en la Unidad de Terapia Intensiva Adultos (UTI-A) de un hospital de referencia respiratoria de Ciudad del Este, departamento de Alto Paraná, Paraguay.

2.2. Población, muestra y criterios de elegibilidad

De una población elegible de 200 pacientes críticos ingresados en la UTI-A durante el periodo de estudio, se seleccionó mediante muestreo aleatorio simple una muestra de n = 49 pacientes.

• Criterios de inclusión: pacientes adultos (≥ 18 años) de ambos sexos, con diagnóstico confirmado de COVID-19 grave, recientemente intubados por vía orotraqueal, con estabilidad hemodinámica y acoplados a ventilación mecánica invasiva en modo controlado por volumen (VCV).

• Criterios de exclusión: imposibilidad técnica para efectuar la medición manométrica al momento del ingreso al protocolo, presencia de fugas estructurales del balón o tubo endotraqueal, y ausencia de consentimiento informado firmado por los familiares o representantes legales.

2.3. Variables e instrumentos de medición

La variable de desenlace primario fue la presión del balón de neumotaponamiento (Pcuff), expresada en centímetros de agua (cmH2O), considerando como rango normobárico de seguridad entre 20 y 30 cmH2O [5, 14]. Las variables explicativas de mecánica ventilatoria incluyeron la presión inspiratoria pico (Ppico, en cmH2O) y la presión de distensión alveolar (driving pressure, DP = Pmeseta - PEEP, en cmH2O) monitorizadas directamente en la pantalla del respirador mecánico marca AVEA (CareFusion, EE. UU.). Las covariables clínicas y antropométricas comprendieron la edad (años), el sexo biológico, el antecedente documentado de EPOC y el índice de masa corporal (IMC = peso [kg] / talla2 [m2]), estratificado en tres categorías operativas: <20 kg/m2 (bajo peso/normal bajo), 25–29,9 kg/m2 (sobrepeso) y ≥ 30 kg/m2 (obesidad).

Para garantizar la validez interna y evitar sesgos de calibración entre instrumentos, todas las mediciones de Pcuff fueron efectuadas con un único manómetro aneroide específico (cuffómetro marca

Portex, Smiths Medical, rango 0–120 cmH2O), sometido a calibración técnica mensual.

2.4. Protocolo operativo de medición

1. Estandarización postural y permeabilización inicial: Con el paciente bajo asistencia ventilatoria en modo VCV, se verificó la inclinación del respaldo de la cama a 45º (posición semisentada) para prevenir el reflujo gastroesofágico y optimizar la mecánica diafragmática [cite: 23]. Posteriormente, el fisioterapeuta intensivista realizó la higiene y aspiración de secreciones de la cavidad orofaríngea.

2. Evaluación y calibración en el minuto 0 (T0): Se conectó el manómetro Portex mediante acople tipo Luer-lock a la válvula unidireccional del balón piloto del tubo endotraqueal. Se ajustó la presión intracuff de forma individualizada dentro del rango normobárico de sellado (20–30 cmH2O), corroborando la ausencia de fuga auscultatoria anterocervical, y se registraron simultáneamente los valores basales de Pcuff, Ppico y DP.

3. Verificación a los 10 minutos (T10): Transcurridos exactamente 10 minutos desde el ajuste basal y tras completar la maniobra estandarizada de aspiración bucal y cuidados de vía aérea, se reconectó el manómetro a la válvula piloto, registrándose las mediciones pareadas de Pcuff, Ppico y DP en la ficha clínica.

2.5. Análisis estadístico

Los datos fueron procesados utilizando Microsoft Excel y verificados mediante rutinas bioestadísticas paramétricas. Las variables categóricas se expresaron en frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%), mientras que las variables continuas se resumieron mediante medias aritméticas ($\bar{x}$), desviaciones estándar (DE) y varianzas (s2). Para contrastar las variaciones intrasujeto entre el minuto 0 y el minuto 10, se aplicó la prueba t de Student bilateral para muestras emparejadas (gl = 48), reportándose la diferencia media (Δ), su intervalo de confianza al 95% (IC 95%) y el coeficiente de correlación lineal de Pearson (r). La magnitud clínica del cambio se cuantificó mediante la dz de Cohen para muestras relacionadas ($dz = |t| / \sqrt{n}$), categorizada como efecto pequeño (0,20), moderado (0,50) o grande (≥ 0,80). Se adoptó un nivel de significancia estadística de $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS:

3.1. Perfil demográfico y comorbilidades basales

Se evaluaron 49 pacientes adultos en estado crítico con COVID-19 bajo ventilación mecánica invasiva. La edad media de la cohorte fue de 52,57 años. En la distribución por sexo predominó el género masculino con el 67,3% (n = 33) frente al 32,7% (n = 16) de género femenino. Respecto a las comorbilidades respiratorias crónicas previas, el 81,6% (n = 40) de los pacientes contaba con diagnóstico clínico de EPOC, mientras que el 18,4% (n = 9) no presentaba dicha patología de base.

3.2. Comportamiento de la presión del cuff según el Índice de Masa Corporal (IMC)

La distribución antropométrica de la muestra evidenció una elevada prevalencia de exceso ponderal (81,6% con IMC > 25 kg/m2). Al analizar el comportamiento de la Pcuff en la verificación a los 10 minutos según la estratificación del IMC (Tabla 1), se observó un gradiente ascendente directo: mientras que la totalidad del subgrupo con IMC < 20 kg/m2 (18,4%; n = 9) mantuvo presiones inferiores a 35 cmH2O, los pacientes con sobrepeso (30,6%; n = 15) superaron los 35 cmH2O y el grupo con obesidad (IMC > 30 kg/m2, que representó el 51,0% de la cohorte; n = 25) registró presiones intracuff críticas superiores a 40 cmH2O.

Tabla 1. Distribución de los pacientes según categoría de Índice de Masa Corporal (IMC) y umbral de presión del

neumotaponamiento a los 10 minutos (n = 49)

Categoría nutricional (IMC)	Pacientes, n (%)	Rango de IMC (kg/m2)	Umbral de Pcuff a los 10 min (cmH2O)
Bajo peso / Normal bajo	9 (18,4%)	< 20,0	< 35 cmH2O
Sobrepeso	15 (30,6%)	25,0 – 29,9	> 35 cmH2O
Obesidad	25 (51,0%)	≥ 30,0	> 40 cmH2O
Total	49 (100,0%)	----	----

Nota: Datos primarios obtenidos del registro clínico y manométrico de la cohorte estudiada en la Unidad de Terapia Intensiva Adultos (). Abreviaturas: : Índice de Masa Corporal; : presión del balón de neumotaponamiento medida con manómetro aneroide Portex. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la investigación (2021). La clasificación del riesgo microvascular se fundamenta en los umbrales de perfusión capilar traqueal establecidos por Seegobin y van Hasselt (1984).

3.3. Variação comparativa da pressão do balonete e da mecânica ventilatória (T0 vs. T10)

En la evaluación basal (T0), la calibración guiada permitió establecer una Pcuff media de 26,65 ± 1,51 cmH2O (varianza: 2,27), situando a la cohorte dentro de la ventana terapéutica segura (20–30 cmH2O). Sin embargo, en la verificación a los 10 minutos (T10), la Pcuff ascendió abruptamente hasta una media de 40,18 ± 6,53 cmH2O (varianza: 42,69), lo que representa un incremento medio absoluto de +13,53 cmH2O (IC 95%: 11,61 a 15,45). La prueba t para muestras emparejadas confirmó una diferencia altamente significativa (t = -14,19; gl = 48; p < 0,001) con un tamaño del efecto extraordinariamente grande (dz = 2,03) (Tabla 2).

Por su parte, el monitoreo simultáneo de la mecánica ventilatoria reveló comportamientos divergentes entre las presiones dinámicas y estáticas del sistema respiratorio (Tabla 2):

• La presión inspiratoria pico (Ppico) experimentó una reducción estadísticamente significativa desde 34,02 ± 7,36 cmH2O (varianza: 54,14) en el minuto 0 hasta 31,10 ± 5,90 cmH2O (varianza: 34,80) a los 10 minutos (Δ = -2,92 cmH2O; IC 95%: -4,92 a -0,92; t = 2,94; p = 0,005), con una correlación positiva moderada entre ambas mediciones (r = 0,46) y un tamaño del efecto pequeño-moderado (dz = 0,42).

• La presión de distensión alveolar (driving pressure, DP) no mostró variaciones estadísticamente significativas entre el minuto 0 (16,81 ± 4,12 cmH2O; varianza: 16,98) y el minuto 10 (16,10 ± 3,66 cmH2O; varianza: 13,42), registrando una diferencia media de -0,71 cmH2O (IC 95%: -1,63 a 0,21; t = 1,56; p = 0,125; dz = 0,22) y una correlación intrasujeto consistente (r = 0,66).

Tabla 2. Análisis comparativo de la presión del neumotaponamiento y parámetros de mecánica ventilatoria entre el ajuste inicial (minuto 0) y la verificación (minuto 10) (n = 49)

Parámetro	Minuto 0 (Media ± DE)	Minuto 10 (Media ± DE)	Diferencia (Δ)	Correlación (r)	Estadístico t	Valor p	Dz
Pcuff (cmH2O)	26,65 ± 1,51	40,18 ± 6,53	+13,53	0,021	-14,19	< 0,001	2,03
Ppico (cmH2O)	34,02 ± 7,36	31,10 ± 5,90	-2,92	0,460	2,94	0,005	0,42
DP (cmH2O)	16,81 ± 4,12	16,10 ± 3,66	-0,71	0,660	1,56	0,125	0,22

Nota: Datos de registros de monitorización ventilatoria e intraneumotaponamiento en pacientes críticos con COVID-19 (,). Abreviaturas: : desviación estándar muestral; : varianza; : diferencia de medias aritméticas (); : intervalo de confianza del para la diferencia de medias emparejadas; : coeficiente de correlación de Pearson; : estadístico de prueba para muestras relacionadas; : probabilidad bilateral asociada; : tamaño del efecto

(diferencia estandarizada de Cohen para muestras dependientes). Valores de referencia: Valor crítico de : una cola = ; dos colas = . Valor exacto de probabilidad para la presión del cuff (): unilateral ; bilateral (indicado como por convención editorial estricta). Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la cohorte clínica (2021).

4. DISCUSIÓN:

Los resultados del presente estudio demuestran que, en pacientes con SDRA severo por COVID-19 acoplados a ventilación mecánica invasiva, la calibración aislada del balón de neumotaponamiento en el minuto 0 (26,65 cmH2O) resulta insuficiente para garantizar la estabilidad normobárica a corto plazo, registrándose una sobreinsuflación aguda hacia una media de 40,18 cmH2O en tan solo 10 minutos ($p < 0,001$; $dz = 2,03$). Este valor supera ampliamente el límite de seguridad de 30 cmH2O y sitúa a la mucosa traqueal en la franja fisiopatológica de palidez isquémica descrita por Seegobin y van Hasselt [cite: 5] (>41 cmH2O).

Con el propósito de integrar la discusión fisiopatológica y clínica de los hallazgos obtenidos frente a la literatura internacional de cuidados críticos, la Tabla 3 sintetiza cada dimensión analítica evaluada en la cohorte.

Tabla 3. Matriz de síntesis y discusión fisiopatológica de los hallazgos empíricos frente a la evidencia científica internacional

Dimensión Analítica	Hallazgo Empírico (n = 49)	Mecanismo Fisiopatológico	Implicación Clínica y Respaldo
I. Dinámica aguda de Pcuff	Aumento de 26,65 a 40,18 cmH2O a los 10 min ($p < 0,001$)	Reatividade traqueobronquial posaspiración, esfuerzo tusígeno y expansión térmica del PVC.	Exposición sostenida >30–40 cmH2O induce isquemia mucosa, edema y estenosis (Seegobin & van Hasselt, 1984 [5]).
II. Fenotipo ponderal y EPOC	81,6% con EPOC y IMC > 25 kg/m2 (obesos > 30 alcanzaron Pcuff > 40 cmH2O).	La obesidad reduce la distensibilidad torácica; la EPOC favorece auto-PEEP y atrapamiento aéreo.	Incrementan la presión intratraqueal transmural que comprime externamente el balón (Guyton et al., 1997 [22]).
III. Mecánica ventilatoria	Reducción de Ppico (34,02 a 31,10 cmH2O; $p = 0,005$) sin cambio en DP ($p = 0,125$).	La aspiración reduce la resistencia aérea sin alterar de inmediato la elastancia alveolar.	Confirma que la elevación de Pcuff no fue por deterioro parenquimatoso, sino por reflejos reativos de vía aérea (AARC, 2010 [24]).

Nota: Síntesis integradora de los hallazgos empíricos de la cohorte clínica () en contraste con la literatura científica internacional en medicina intensiva y fisioterapia respiratoria. Abreviaturas: : policloreto de vinila; : Índice de Masa Corporal; : enfermedad pulmonar obstructiva crónica; : presión inspiratoria pico; : presión de distensión alveolar (driving pressure); : presión positiva intrínseca al final de la expiraración. Fuente: Elaboración propia (2021), fundamentada en los registros del estudio y respaldada por la literatura especializada (Seegobin & van Hasselt, 1984; Guyton et al., 1997; AARC, 2010).

En primer término, la literatura demuestra que la omisión del uso de manómetros o la dependencia de métodos subjetivos (palpación digital o técnica de fuga mínima) conduce invariablemente a errores de insuflación. Investigaciones previas como las de Sengupta et al. [7], Stewart et al. 15] y Delgado et al. [16] han documentado que entre el 47% y el 82,3% de las mediciones efectuadas mediante técnicas de estimación manual se encuentran fuera del rango terapéutico, con un franco predominio hacia la sobreinflación. No obstante, nuestro estudio aporta un hallazgo aún más revelador para la práctica clínica diaria: incluso cuando el fisioterapeuta intensivista calibra objetivamente el balón con un manómetro a un promedio óptimo de 26,65 cmH2O tras la aspiración inicial, las condiciones mecánicas e inflamatorias propias del paciente con COVID-19 elevan nuevamente dicha presión por encima de los

40 cmH2O en el lapso de 10 minutos.

Este fenómeno de represurización rápida se explica por la convergencia de tres factores biomecánicos documentados en la literatura crítica. Primero, los estudios experimentales y clínicos de Guyton et al. [21, 22] establecieron que la presión intracuff aumenta de forma directa cuando la presión intratraqueal supera la presión de llenado basal del balón durante la ventilación con presión positiva o ante esfuerzos espiratorios activos. Segundo, la realización de maniobras necesarias de aspiración bucal y endotraqueal estimula los receptores tusígenos carinales y desencadena contracciones reflejas del músculo liso traqueal y de la musculatura espiratoria, generando picos transitorios de presión intraluminal y compresión extrínseca sobre el manguito [19, 20, 24]. Tercero, la alta proporción de pacientes con obesidad (IMC > 30 kg/m2 en el 51,0% de la muestra) y con EPOC concomitante (81,6%) impone una carga mecánica adicional: mientras que el panículo adiposo toracoabdominal disminuye la distensibilidad de la caja torácica y eleva la presión pleural basal, la limitación crónica al flujo espiratorio propia de la EPOC favorece el desarrollo de presión positiva intrínseca al final de la espiración (auto-PEEP) y atrapamiento aéreo dinámico [21, 25]. La suma de estas fuerzas intratorácicas se transmite hacia la tráquea membranosa y comprime el balón piloto, explicando por qué el 100% de los pacientes obesos de nuestra serie superó los 40 cmH2O en la verificación a los 10 minutos.

Asimismo, el análisis pareado de la mecánica ventilatoria permite esclarecer la fisiología del evento. El descenso estadísticamente significativo de la Ppico desde 34,02 hasta 31,10 cmH2O (p = 0,005) refleja la disminución efectiva de la resistencia friccional de la vía aérea superior y artificial tras el procedimiento de aspiración de secreciones [24]. Por el contrario, la estabilidad de la driving pressure (16,81 vs. 16,10 cmH2O; p = 0,125) —cuyo valor basal >15 cmH2O denota el compromiso severo de la distensibilidad estática pulmonar característico del SDRA por COVID-19— demuestra que la rigidez parenquimatosa permaneció constante durante la ventana de observación. En consecuencia, la elevación aguda de la Pcuff no obedeció a un empeoramiento parenquimatoso súbito, sino a la interacción dinámica entre la manipulación de la vía aérea, el tono traqueobronquial reactivo y la impedancia toracoabdominal elevada de los pacientes con sobrepeso, obesidad y EPOC [19, 20, 21].

Desde la perspectiva de la seguridad del paciente y la gobernanza clínica, sociedades científicas como la Canadian Anesthesiologists' Society (CAS) [14] y diversos consensos de cuidados intensivos [8, 18] respaldan la obligatoriedad del monitoreo cuantitativo del neumotaponamiento. En pacientes con COVID-19 que requieren intubación prolongada y presentan fenotipos de obesidad o enfermedad obstructiva crónica, no basta con verificar la presión del cuff una vez por turno: resulta imperativo reevaluar y descomprimir el balón hasta valores normobáricos (20–30 cmH2O) a los 10–15 minutos posteriores a cada procedimiento de higiene bronquial o cambio postural, o bien implementar sistemas de regulación neumática continua [18, 20].

Limitaciones del estudio

El presente trabajo presenta limitaciones metodológicas que deben ser ponderadas. En primer lugar, el tamaño muestral (n = 49) provino de un único centro hospitalario de referencia respiratoria y careció de un grupo control de pacientes ventilados sin COVID-19, lo que circunscribe la validez externa a poblaciones críticas con características clínicas equiparables. En segundo lugar, el protocolo evaluó la variación aguda en una ventana temporal corta (0 y 10 minutos) sin seguimiento longitudinal posterior a la extubación para cuantificar la incidencia clínica directa de estridor laríngeo, disfonía o estenosis traqueal tardía. Futuras investigaciones deberán incorporar diseños multicéntricos con medición simultánea de presión esofágica y seguimiento endoscópico posextubación.

5. CONCLUSIONES:

En pacientes críticos con COVID-19 sometidos a ventilación mecánica invasiva, la presión del balón de neumotaponamiento experimenta un incremento agudo y altamente significativo a los 10 minutos posteriores a su calibración normobárica inicial (26,65 ± 1,51 vs. 40,18 ± 6,53 cmH2O; p < 0,001; dz = 2,03), desplazando a la mayoría de los pacientes hacia rangos de isquemia mucosa traqueal.

El exceso ponderal (IMC > 25 kg/m2, y particularmente la obesidad ≥ 30 kg/m2) y la coexistencia de EPOC se asocian con las mayores elevaciones de la presión intracuff (>35 a >40 cmH2O), debido a la

mayor impedancia toracoabdominal y al atrapamiento aéreo.

Mientras que la aspiración de vía aérea reduce significativamente la presión inspiratoria pico (p = 0,005) sin modificar la driving pressure alveolar (p = 0,125), los reflejos reativos posteriores a la manipulación precipitan la sobrepresurización del balón, por lo que se recomienda institucionalizar la verificación manométrica sistemática a los 10 minutos de cada intervención fisioterapéutica en la unidad de cuidados intensivos.

DECLARACIONES ÉTICAS Y FINANCIERAS

• Aspectos éticos y consentimiento informado: El estudio se ejecutó en estricto apego a los principios éticos de la Declaración de Helsinki. Se obtuvo el consentimiento informado escrito de los familiares o representantes legales de todos los pacientes incluidos, resguardando la confidencialidad e identidad de los sujetos mediante codificación alfanumérica.

• Financiación: Investigación autofinanciada por los autores; no se recibieron subvenciones públicas ni comerciales.

• Conflicto de intereses: Los autores declaran no poseer conflictos de interés de índole financiera, comercial o institucional.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Islas-Ávila R, Benítez-Pérez L, Castellano-de la Cruz J, Luna-Hernández J. Complicaciones agudas por intubación orotraqueal en un Servicio de Urgencias. Arch Med Urgen Mex. 2012;4(1):20–5.

López-Herranz GP. Intubación endotraqueal: importancia de la presión del manguito sobre el epitelio traqueal. Rev Med Hosp Gen Mex. 2013;76(3):153–61.

Balzer F, Menk M, Ziegler J, Pille C, Wernecke KD, Spies C, et al. Predictors of survival in critically ill patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS): an observational study. BMC Anesthesiol. 2016;16(1):108. https://doi.org/10.1186/s12871-016-0272-4

Sultan P, Carvalho B, Rose BO, Cregg R. Endotracheal tube cuff pressure monitoring: a review of the evidence. J Perioper Pract. 2011;21(11):379–86. https://doi.org/10.1177/175045891102101103

Seegobin RD, van Hasselt GL. Endotracheal cuff pressure and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four large volume cuffs. Br Med J (Clin Res Ed). 1984;288(6422):965–8. https://doi.org/10.1136/bmj.288.6422.965

Jordan P, Van Rooyen D, Venter D. Endotracheal tube cuff pressure management in adult critical care units. South Afr J Crit Care. 2012;28(1):13–6. https://doi.org/10.7196/SAJCC.129

Sengupta P, Sessler DI, Maglinger P, Wells S, Vogt A, Durrani J, et al. Endotracheal tube cuff pressure in three hospitals, and the volume required to produce an appropriate cuff pressure. BMC Anesthesiol. 2004;4(1):8. https://doi.org/10.1186/1471-2253-4-8

Sole ML, Penoyer DA, Su X, Jimenez E, Kalita SJ, Poalillo E, et al. Assessment of endotracheal cuff pressure by continuous monitoring: a pilot study. Am J Crit Care. 2009;18(2):133–43. https://doi.org/10.4037/ajcc2009441

Rezoagli E, Zanella A, Cressoni M, De Marchi L, Kolobow T, Berra L. Pathogenic link between post-extubation pneumonia and ventilator-associated pneumonia: an experimental study. Anesth Analg. 2017;124(4):1339–46. https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001893

Li Bassi G, Zanella A, Cressoni M, Stylianou M, Kolobow T. Following tracheal intubation, mucus flow is reversed in the semirecumbent position: possible role in the pathogenesis of ventilator-associated pneumonia. Crit Care Med. 2008;36(2):518–25. https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000299741.32078.E9

Combes X, Schauvliege F, Peyrouset O, Motamed C, Kirov K, Dhonneur G, et al. Intracuff pressure and tracheal morbidity: influence of filling with saline during nitrous oxide anesthesia. Anesthesiology. 2001;95(5):1120–4. https://doi.org/10.1097/00000542-200111000-00015

Pluijms WA, van Mook WN, Wittekamp BH, Bergmans DC. Postextubation laryngeal edema and stridor resulting in respiratory failure in critically ill adult patients: updated review. Crit Care. 2015;19(1):295. https://doi.org/10.1186/s13054-015-1018-2

Tadié JM, Behm E, Lecuyer L, Benhmamed R, Hans S, Brasnu D, et al. Post-intubation laryngeal injuries and extubation failure: a fiberoptic endoscopic study. Intensive Care Med. 2010;36(6):991–8. https://doi.org/10.1007/s00134-010-1847-z

Merchant R, Chartrand D, Dain S, Dobson G, Kurrek MM, Lagacé A, et al. Guidelines to the Practice of Anesthesia – Revised Edition 2015. Can J Anaesth. 2015;62(1):54–67. https://doi.org/10.1007/s12630-014-0232-8

Stewart SL, Secrest JA, Norwood BR, Zachary R. A comparison of endotracheal tube cuff pressures using estimation techniques and direct intracuff measurement. AANA J. 2003;71(6):443–7.

Delgado FM, Athié JM, Díaz C. Evaluación de la presión del globo traqueal insuflado por técnica de escape mínimo en el Hospital Ángeles Mocel. Acta Med Grupo Angeles. 2017;15(1):8–12.

Félix-Ruiz R, López-Urbina DM, Carrillo-Torres O. Evaluar la precisión de las técnicas subjetivas de insuflación del globo endotraqueal. Rev Mex Anestesiol. 2014;37(2):71–6.

Hess DR. Tracheostomy tubes and related appliances. Respir Care. 2005;50(4):497–510.

Atlas GM. A mathematical model of differential tracheal tube cuff pressure: effects of diffusion and temperature. J Clin Monit Comput. 2005;19(6):415–25. https://doi.org/10.1007/s10877-005-6865-z

Godoy AC, Vieira RJ, De Capitani EM. Endotracheal tube cuff pressure alteration after changes in position in patients under mechanical ventilation. J Bras Pneumol. 2008;34(5):294–7. https://doi.org/10.1590/S1806-37132008000500008

Guyton DC, Banner MJ, Kirby RR. High-volume, low-pressure cuffs: are they always low pressure? Chest. 1991;100(4):1076–81. https://doi.org/10.1378/chest.100.4.1076

Guyton DC, Barlow MR, Besselievre TR. Influence of airway pressure on minimum occlusive endotracheal tube cuff pressure. Crit Care Med. 1997;25(1):91–4. https://doi.org/10.1097/00003246-199701000-00018

Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringher P, Herrmann P, Moerer O, et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. Intensive Care Med. 2016;42(10):1567–75. https://doi.org/10.1007/s00134-016-4505-2

American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guidelines: Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010. Respir Care. 2010;55(6):758–64.

Rossi A, Polese G, Brandi G, Conti G. Intrinsic positive end-expiratory pressure (PEEPi): physiology, implications, measurement and treatment. Intensive Care Med. 1995;21(6):522–36. https://doi.org/10.1007/BF01706208