

# VALORACIÓN DE LA PRESIÓN DEL NEUMOTAPONADOR EN PACIENTES INTUBADOS EN LA UCI (GUÍA PARA ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Cruz L. E. (MD), Gómez A.<sup>1</sup> (MD), Moreno H. (MD),  
Quintero C.<sup>2</sup> (MS), Rodríguez I. (MS),

## Resumen

**Objetivo:** Evaluar las variables que influyen de manera importante en la presión del neumotaponador en pacientes intubados en la UCI del HSJD.

**Diseño:** Estudio retrospectivo de 76 mediciones en 16 pacientes ventilados mecánicamente.

**Mediciones:** Durante las dos fases del ciclo respiratorio se midieron: presión máxima del neumotaponador al final de la fase inspiradora (PNI), presión máxima del neumotaponador al final de la fase espiradora (PNE), el volumen con el cual se insuflaba el neumotaponador hasta evitar el escape de aire (VN). Se tuvo en cuenta también el calibre del tubo (TUBCAT). Igualmente se registraron la presión inspiratoria máxima generada por el ventilador (PIM) y la presión positiva al final de la espiración (PEEP).

**Resultados:** El mejor subconjunto de variables predictoras para PNI fue PIM, VN y TUBCAT ( $p < 0.1$ ) con  $R^2 = 0.52$  y para PNE fue VN y TUBCAT con  $R^2 = 0.43$ .

**Conclusiones:** La presión del neumotaponador que será determinante del sellamiento traqueal y de la lesión traqueal se ve influenciada por VN, PIM y

---

<sup>1</sup> Médico de la UCI del HSJD, Santafé de Bogotá.

<sup>2</sup> Profesor Departamento de Matemáticas y estadística de la U. Nal. de Colombia, Santafé de Bogotá.

TUBCAT. Sin embargo es necesario tener en cuenta otras variables además de las consideradas para disminuir al máximo el riesgo de lesión.

### Abstract

**Objective:** To evaluate the variables that influence in important way tube cuff generated pressure in intubated patients at the Intensive Care Unit.

**Design:** This is a retrospective study, in which 76 measurements were performed, in 16 mechanically ventilated patients, at the San Juan de Dios Hospital Intensive Care Unit.

**Measurements:** During both phases of respiratory cycle, maximal tube cuff pressure at the end of inspiration (PNI) and expiration (PNE), were measured. In the analysis, tube size (TUBCAT), tube cuff injected volume (VN), maximal inspiratory pressure (PIM) and positive end expiratory pressure (PEEP) were taken into account.

**Results:** The best predictors variables subset was selected for PNI was PIM, VN and TUBCAT ( $p < 0,1$ ) with  $R^2 = 0,52$  and for PNE was VN and TUBCAT with  $R^2 = 0,43$ .

**Conclusions:** The tube cuff pressure is what determines tube tracheal seal, as well as its lesion. It influenced by VN, PIM and TUBCAT. However it is necessary to Keep in mind other variables, in different from those evaluated previously in this paper, in order to minimize maximally the risk of tracheal lesion.

## 1. Introducción y objetivos

En las UCI es muy frecuente que los pacientes en razón de su enfermedad, o de las medidas terapéuticas para su manejo, requieran la presencia de algún tipo de ayuda respiratoria que incluya un Tubo Endotraqueal (TET) por periodos variables de tiempo.

La incorporación de un baloncillo inflable con oficio de neumotaponador en el exterior de los TET tiene ventajas importantes como disminuir la broncoaspiración y facilitar la ventilación pulmonar con presión positiva (1,21). Sin embargo, la presencia de un TET puede afectar en grado variable el tracto

## VALORACION DE LA PRESION DEL ...

respiratorio, produciendo lesiones leves manifiestas por tos, dolor a la deglución o disfonía, y también lesiones severas como ulceraciones, granulomas, necrosis y estenosis traquéales (2, 4, 11, 13, 21).

Si bien es cierto que las complicaciones serias son raras durante la Intubación para anestesia general, el soporte ventilatorio prolongado con TET puede asociarse con una incidencia de complicaciones laringotraqueales en un 17 a 65% de los casos (4, 5, 17).

Hay varios factores predisponentes y precipitantes de estas lesiones: edad, hipoxemia, hiperoxia, hipercapnia, enfermedades respiratorias previas, alteraciones neuromotoras, la vía seleccionada para intubación (orotraqueal, nasotraqueal o traqueostomía), tiempo de intubación y de manera importante la relación presión-volumen en los neumotaponadores(6, 8, 12)

En este artículo se presenta el análisis de un estudio llevado a cabo en la UCI del Hospital San Juan de Dios de Santafé de Bogotá, con el objeto de valorar la presión mantenida por el neumotaponador, en función de las fases del ciclo respiratorio, el volumen con el cual se llenó, el diámetro del tubo utilizado, el nivel de PEEP (Presión Positiva al Final de la Espiración) y PPI (Presión Positiva Intermitente) que se utilizó. Igualmente se valora la presencia o no de broncoaspiración.

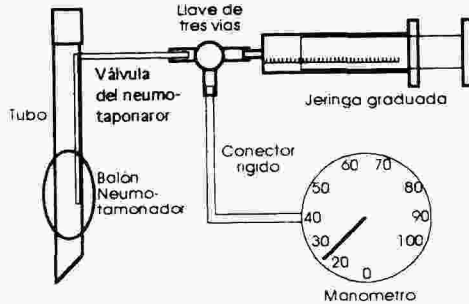
Se hace un énfasis especial en la metodología estadística, la cual se presentará detalladamente con el fin de que sirva como ejemplo para otros estudios.

## **2. Materiales y métodos**

Se realizaron 76 mediciones a intervalos variables de tiempo en 16 pacientes hospitalizados en la UCI del HSDJ. Todos ellos requerían para su manejo de un TET y un soporte ventilatorio con PPI, en modo IMV, o CPAP.

Para realizar las mediciones se utilizó un dispositivo simple consistente en una llave de tres vías, una jeringa de vidrio de 5 ml. de capacidad con un equipo de venoclisis y una regla graduada en cm.

El ensamble del aparato de medida permite el acople de la válvula del neumotaponador a la llave de tres vías, el acople del equipo de venoclisis con la regla de medida a la misma llave y el acople de la jeringa de vidrio también a la llave (ver figura).



Sistema para medir la Distensibilidad del Neumotaponador

El equipo de venoclisis se llenó con solución salina hasta el nivel cero, el punto de referencia para tomar el cero de presión fue la línea axilar media con quinto espacio intercostal, estando el paciente en decúbito supino.

Para los registros se midió primero la presión del neumotaponador y luego se extrajo el volumen contenido (VN) en éste, el que también fue registrado. Posteriormente se insufló nuevamente con el mismo volumen y se obtuvieron los datos de presión al final de la inspiración (PNI) y la espiración (PNE).

Para valorar la posibilidad de broncoaspiración se procedió a administrar por Sonda Nasogástrica (SNG) 30 ml. de una solución de Azul de Metileno al 5% (v/v), cerrándose la SNG durante 30 minutos. Se registró la presencia o no de material coloreado en el momento de la aspiración de secreciones por el TET. Esta observación se repitió 60 y 90 minutos después.

### 3. Metodología Estadística

Se pretende estudiar el efecto de cambios en cada variable independiente sobre la variable dependiente Y, hallar el conjunto de variables independientes que más influyen sobre Y y predecir los valores de la variable dependiente Y en pacientes con las mismas características.

## VALORACION DE LA PRESION DEL ...

La técnica apropiada para el logro de este propósito se llama regresión múltiple.

Esta técnica se propone expresar el valor medio de la variable dependiente en términos de las variables independientes. Como algunas de estas variables independientes pueden estar relacionadas, se prefiere usar los términos variables explicativas, predictoras o covariables.

Los datos para analizar son observaciones de un conjunto de  $n$  individuos (pacientes) para cada uno de los cuales se tiene un valor de la variable dependiente  $Y$  y un valor de cada una de las variables predictoras  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . El número de variables predictoras  $p$  debe ser mucho menor que el número de observaciones  $n$  y para cada individuo deben estar disponibles las mismas  $p$  variables predictoras.

En este caso  $Y = \text{PNI}$  o  $Y = \text{PNE}$ ,  $X_1 = \text{VN}$ ,  $X_2 = \text{PIM}$ ,  $X_3 = \text{PEEP}$ ,  $X_4 = \text{TUBCAT}$ .

La observación de las gráficas PNI vs. cada variable predictoría y PNE vs. cada variable predictoría sugirió que un modelo lineal es el apropiado.

En un modelo lineal se expresa  $Y$  en la forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

Donde  $\varepsilon$  es un término de error.

Se supone que los valores de  $\varepsilon$  para diferentes individuos están distribuidos independientemente con media cero y varianza  $\sigma^2$ . Las constantes  $\beta_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$  se llaman coeficientes de regresión,  $\beta_0$  es el intercepto y representa la respuesta en ausencia de las variables  $X_1, X_2, \dots, X_p$ .  $\beta_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$  representa el cambio de variable dependiente por cada unidad de cambio en  $X_i$  permaneciendo constantes las variables restantes.

Los coeficientes  $\beta_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$  son cantidades teóricamente medibles de un conjunto infinito de observaciones. En la práctica se obtienen estimaciones  $a, b_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$  de estos coeficientes a partir de  $n$  observaciones (datos) y se llega a una ecuación estimada de regresión

$$\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p.$$

Un método conveniente para obtener la ecuación estimada de regresión, conocido como mínimos cuadrados escoge los coeficientes de modo que la suma de cuadrados de los errores sea mínima.

Para la selección de variables predictoras se tiene en cuenta que la variabilidad en la variable respuesta dada por la suma de cuadrados total SSTO se puede descomponer en dos sumas de cuadrados ortogonales:

1. La suma de cuadrados atribuible al modelo, llamada SSR y
2. La suma de cuadrados residuales que toma en cuenta la variación no explicada por el modelo y llamada SSE.

El coeficiente de determinación  $R^2 = SSR/SSTO$  mide la porción de variación total explicada por el modelo. Valores grandes de  $R^2$  indican que el modelo explica una buena porción de la relación lineal entre la variable respuesta y las variables predictoras.

En el proceso de construcción de modelos siempre se busca el conjunto de variables independientes que expliquen la mayor parte de la variación de la variable dependiente, así uno de los objetivos del modelaje es hallar modelos con alta potencia predictora y que contengan el mínimo número de parámetros.

Una tabla de Análisis de varianza como la que se muestra a continuación ayuda en tal proceso.

Tabla de Análisis de Varianza

Fuente	gl	SS	MS	Razón F
Modelo	$p - 1$	SSR	$MSR = SSR/p - 1$	$MSR/MSE$
Error	$n - p$	SSE	$MSE = SSE/n - p$	
Total	$n - 1$	SSTO		

Si la hipótesis de que ninguna de las variables predictoras explica la variación en la respuesta es rechazada a un nivel de significancia prefijado, se prosigue con un análisis de selección de variables explicativas para lo cual se

## VALORACION DE LA PRESION DEL ...

considera la reducción en las sumas de cuadrados parciales y las sumas de cuadrados secuenciales como también el  $R^2$  parcial.

La reducción en la suma de cuadrados parcial debida a la variable  $X_j$  está dada por la SSR atribuible a  $X_j$  dado que las demás variables explicativas están en el modelo.

La reducción en la suma de cuadrados secuencial debida a  $X_j$  cuando están en el modelo las variables  $X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_k}$  es  $SSR(X_j/X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_k})$ .

El proceso secuencial empieza con la variable que por sí sola produce el máximo SSR y se van introduciendo una a una las variables que aumenten significativamente el SSR. La implementación de este procedimiento se conoce en los paquetes estadísticos como selección Forward.

Cuando se inicia con las  $p$  variables independientes en el modelo, se puede hacer el análisis secuencial descartando una por una las variables que no producen reducción significativa en SSR. Este método de selección se conoce como selección Backward.

El proceso simultáneo Forward y Backward se conoce como selección Step-wise.

## 4. Resultados

### 4.1 Evaluación del modelo para PNI

TABLA 1  
Análisis de varianza para la variable PNI

Variable	Grados de libertad	Estimado( $b_i$ )	Prob >  T
Intercepto	1	9.903101	0.0001
VN	1	0.999386	0.0001
PIM	1	0.200942	0.0017
PEEP	1	0.251781	0.1937
TUBCAT	1	-2.111598	0.0196

En la columna 4 de la Tabla 1 se observa que individualmente son significativas las variables VN, PIM y TUBCAT a nivel de 10%. Es decir la Presión del neumatoponador en inspiración estaría influenciada significativamente por el volumen que se inyecta al neumatoponador, la presión inspiradora máxima y el calibre del tubo. Además el valor del intercepto es alto y significativamente diferente de cero.

Los tres métodos Forward, Backward y Stepwise aplicados para seleccionar el mejor subconjunto de variables predictoras dieron los mismos resultados. Por lo tanto es suficiente presentar el resumen del método Stepwise que además de seleccionar el mejor subconjunto de variables predictoras las ordena jerárquicamente (ver Tabla 2).

TABLA 2

Resumen del procedimiento Stepwise para la variable PNI

Variable	R <sup>2</sup> Parcial	F	Prob > F
PIM	0.3598	37.0897	0.0001
VN	0.1166	14.4807	0.0000
TUBCAT	0.0458	6.1407	0.0159

$$R^2 = 0.5226$$

En esta tabla se observa que dicho subconjunto está formado por las variables PIM, VN y TUBCAT.

El R<sup>2</sup> indica que el 52.26% del comportamiento de PNI es explicado por el modelo, así el 35.98% es explicado por PIM, el 11.66% por VN y el 4.58 por TUBCAT.

#### 4.2 Evaluación del modelo para PNE

Al igual que para el caso anterior, primero se estudia el ANOVA para PNE, expuesto en la Tabla 3.

Se observa que las variables que intervienen significativamente en el modelo son VN y TUBCAT con  $\alpha = 0.10$  (Tabla 3, columna 4).



VALORACION DE LA PRESION DEL ...

TABLA 3

Análisis de varianza para variable PNE

Variable	Grados de libertad	Estimado(b <sub>i</sub> )	Prob >  T
Intercepto	1	10.087192	0.0001
VN	1	1.226169	0.0001
PIM	1	0.070192	0.2532
PEEP	1	0.162271	0.3964
TUBCAT	1	-2.531940	0.0052

Como en el caso anterior, los tres métodos Forward, Backward y Stepwise aplicados para seleccionar el mejor subconjunto de variables predictoras dieron los mismos resultados. Por lo tanto es suficiente presentar el resumen del método Stepwise que además de seleccionar el mejor subconjunto de variables predictoras las ordena jerárquicamente (ver Tabla 4).

TABLA 4

Resumen del procedimiento Stepwise para la variable PNE

Variable	R <sup>2</sup> Parcial	F	Prob > F
VN	0.3241	31.6414	0.0001
TUBCAT	0.1042	11.8430	0.0010

$$R = 0.4283$$

En esta Tabla se observa que dicho subconjunto está formado por las variables VN y TUBCAT.

El R<sup>2</sup> indica que el 42.83 % del comportamiento de PNE es explicado por el modelo, así el 31.41% es explicado por VN, el 10.42% por TUBCAT.

Hay diferencia entre las mediciones de la presión del neumotaponador en la fase inspiratoria y las mediciones de la presión del neumotaponador en la

fase espiratoria, lo cual era de esperarse ya que durante la fase inspiratoria la presión en la vía aérea aumenta y hace que aumente el PNI.

PEEP no influye en PNE, lo cual es también esperado dado que su nivel representa el propio control para PNE en el mismo individuo. Probablemente si se comparan dos o más niveles de PEEP en el mismo individuo puede haber un cambio en PNE.

El hecho de que el intercepto es alto y significativamente diferente de cero tanto en los modelos para PNE como para PNI, y de que  $R^2$  es bajo se debe probablemente a no haber tomado en cuenta en el estudio otras variables que podrían tener influencia, tales como diámetro externo del tubo [2], características de la traquea antes de entubar [3], y las especificaciones del neumotaponador [1].

### Bibliografía

- Armitage P., Berry G.**, 1988, *Statistical Methods in medical Research*, 2nd. edition, Blakwell scientific Publications, Oxford.
- Bailar J. C., Mosteller F.**, 1990, *La información estadística que deben proporcionar artículos publicados en revistas médicas*. Bol of Saint Panam 108 (4): 317-332.
- Bailar J. C., Mosteller F.**, 1989, *Requisitos uniformes para preparar los manuscritos que se proponen para publicación en revistas biomédicas*. Bol of Saint Panam 107 (5): 422-432.
- Berlauk J.**, 1986., *Prolonged endotracheal intubation vs. tracheostomy*. Critical Acré Medicine. 14 (8): 742-745.
- Bishop M.**, 1987, *Endotracheal tubes and tracheotomies: Risk and benefit in the OR and ICU*. ASA Refresher: 262.
- Collice G. L., Stukel T. A., Daain B.** *Laryngeal Complications of prolonged intubation*. Chest 96: 77-84.

VALORACION DE LA PRESION DEL ...

- Cox P. Shatz E.**, 1974, *Pressure measurement in endotracheal cuffs: A common error*. Chest 65 (1): 84-87.
- Ching N., Ayres S., et al.**, 1971, *The contribution of cuff volume and pressure in tracheostomy tube damage*. Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery 62 (3): 402-410.
- Dane T. E. B., King E. G.**, 1975, *A prospective study of complications after tracheostomy for assisted ventilation*. Chest: 398-404.
- Dobrin P., Canfield T.**, 1977, *Cuffed endotracheal tubes: Mucosal pressures and tracheal wall blood flow*. American Journal of Surgery 133: 562-568.
- Donnelly W. H.**, 1969, *Histopathology of endotracheal intubation*. Arch Pathology 88: 511-520.
- Dubik M. N., Wright B. D.**, 1978, *Comparison of pathology following long term oral and nasal endotracheal intubations*. Anesthesia and Analgesia 57:663-668.
- Fernandez R., Blanch L.**, 1990, *Endotracheal tube cuff pressure assesment: Pitafalls of finger estimation and need for objective measurement*. Critical Care Medicine 18 (12): 1423-1426.
- Jacoby J.**, 1975, *Laryngeal complications of endotracheal anesthesia 24 years later. A follow up report*. Anesthesia and Analgesia 54: 768-772.
- Kay J.**, 1987, *Control of endotraqueal tube cuff pressure using a simple device*. Anesthesiology 66: 253.
- Lewis F., Scholob ohm R., Thomas A.**, 1978, *Prevention of complications from prolonged intubations*. American Journal of Surgery 135: 452-457.
- Magovern G., Shively J. et al.**, 1971, *The clinical and experimental evaluation of a controlled pressure intratracheal cuff*. Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery 64 (5): 747-756.
- Miller R. D.**, 1986, *Endotracheal Intubation, anesthesia*. Churchill Livingstone: 523-552.

- Nordin U., Lindholm C. E., Wolgast M.**, 1977, *Blood flow in the rabbit tracheal mucosa under normal conditions and under influence of tracheal intubation*. Acta Anest. Scand: 21-81.
- Stauffer J. L., Olson D. E. and Petty T. L.**, 1981, *Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy*. American Journal of Medicine 70: 65-76.
- Weymuller E. A.**, 1983, *Quantification of intralaryngeal pressure exerted by endotracheal tubes*. Annals Otolaryngology 92: 444-447.
- Whited R. E.**, 1984, *A prospective study of laryngotracheal sequelae in long Term Intubation*. Laryngoscope 94: 367-376.