

Herramienta de Aprendizaje sobre Pruebas de Respiración Espontánea en Pacientes Intoxicados con Compuestos Organofosforados

M. B. Salazar Sánchez¹, A. M. Hernández Valdivieso¹, M. A. Mañanas Villanueva², C. Cortés Daza³, Y. Agudelo Berruecos³

¹ Grupo de Investigación GIBIC, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Calle 67 N.º 53-108, Medellín, Colombia, bernarda.salazar@udea.edu.co, alher.hernandez@udea.edu.co.

² Centro de Investigación en Ingeniería Biomédica CREB, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España, miguel.angel.mananas@upc.edu.

³ Hospital Universitario San Vicente Fundación, Medellín, Colombia, cesarcortesdaza@gmail.com, yabx@sanvicentefundacion.com

Resumen

Los compuestos Organofosforados (OP) son ampliamente utilizados como pesticidas y producen compromiso neuromuscular después de exposición aguda generando parálisis en los músculos de la caja torácica. Dada la falla respiratoria aguda en este tipo de pacientes, se requiere manejo mediante ventilación mecánica en una Unidad de Cuidados Intensivos. Según la Organización Mundial de la Salud, cerca del 20% de las intoxicaciones en el mundo son por pesticidas organofosforados [1]. El manejo clínico de esta población es difícil, debido al desconocimiento de la evolución en la intoxicación y a los largos períodos de ventilación mecánica que son requeridos. La falla en la determinación del momento ideal para la desconexión del paciente del ventilador, aumenta no solo el tiempo de asistencia sino también la probabilidad de muerte [2]. Por lo tanto, el desarrollo de herramientas que faciliten la difusión del conocimiento del efecto de la intoxicación sobre la mecánica ventilatoria, contribuirá de manera importante a la seguridad de los pacientes. En este artículo se presenta una herramienta de aprendizaje del efecto de la intoxicación sobre la mecánica ventilatoria mediante la interacción con el manejo de diferentes casos clínicos de pacientes intoxicados que requirieron ventilación mecánica.

1. Introducción

Los compuestos organofosforados son pesticidas constituidos por ésteres químicos derivados del ácido fosfórico, que inhiben de forma irreversible las colinesterasas (acetilcolinesterasa y butirilcolinesterasa), impiden así la degradación de la acetilcolina en la brecha sináptica y producen una sobre estimulación colinérgica en la sinapsis. El manejo de la toxicidad grave es difícil, requiriendo el ingreso a cuidados intensivos y la utilización de atropina y de los reactivadores de la acetilcolinesterasa tipo Oximas [3]. Dichos pesticidas son utilizados en el mundo como insecticidas agrícolas y domésticos [4]. En países en vía de desarrollo, se consideran como uno de los tipos de agentes más involucrados en intoxicaciones voluntarias, ocupacionales y accidentales por su alta toxicidad, amplia disponibilidad y por las malas prácticas en su uso y almacenamiento [5].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) las exposiciones tóxicas en el mundo (por año) se dividen en un millón de casos accidentales y dos millones debidos a contactos voluntarios, principalmente por intentos de suicidio, de los cuales doscientos mil individuos fallecen, la mayoría, en países en desarrollo [6]. La mortalidad secundaria a intoxicación por pesticidas organofosforados en el mundo es de alrededor del 20 %, pero puede ser tan alta como el 46 %, debido a la falta de investigaciones que respalden protocolos de tratamiento [1].

Después de una exposición aguda a estos compuestos, puede producirse síndrome intermedio (20 % de los pacientes intoxicados aproximadamente), lo cual es una alteración con alta morbilidad debida al compromiso de los músculos de la caja torácica, lo que conlleva detrimento de la actividad respiratoria que exige manejo mediante ventilación mecánica [7]. En los casos en los que el proceso de desconexión del ventilador (extubación) no es exitoso, además de incrementarse los tiempos de asistencia ventilatoria por la necesidad de reiniciar el proceso de ventilación mecánica, la morbilidad y mortalidad aumentan [2]. Por lo tanto, el proceso de ventilación en estos pacientes se reviste de una elevada complejidad debido al desconocimiento de la evolución de la intoxicación y a los largos y costosos períodos de ventilación mecánica.

En este artículo se presenta una herramienta de aprendizaje orientada a la difusión de conocimiento acerca del efecto de la intoxicación sobre la mecánica ventilatoria con un módulo interactivo de toma de decisiones que facilita el entrenamiento en el manejo del paciente intoxicado en una unidad de cuidados intensivos (UCI).

2. Metodología

La estructura de la aplicación tiene dos módulos, tal como se presenta en la Figura 1. El primero permite el *entrenamiento* del usuario a través de la exposición a distintos casos clínicos y el segundo módulo brinda la posibilidad de interacción a través de la toma de

decisiones durante una prueba de destete. La maniobra de destete es el proceso gradual de disminución del soporte ventilatorio (según las condiciones establecidas por el médico intensivista), hasta que el paciente pueda soportar su respiración espontánea normal y ser extubado.

La información alojada en esta herramienta se ha obtenido de un estudio retrospectivo de pacientes con diagnóstico de intoxicación por organofosforados admitidos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Universitario San Vicente Fundación en Medellín, Colombia. Se obtuvo el consentimiento informado previa realización del estudio avalado por el Comité de Ética de la institución.

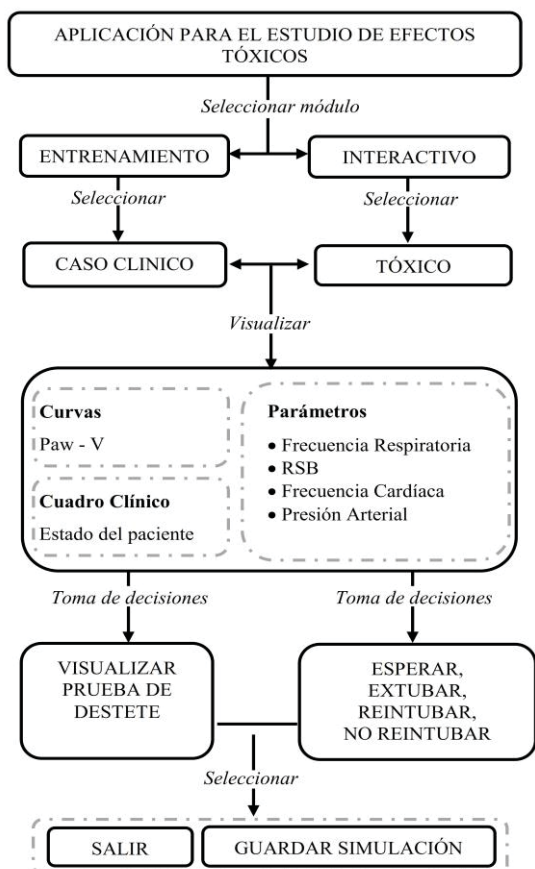


Figura 1. Diagrama de bloques de la Herramienta de Aprendizaje sobre Pruebas de Respiración Espontánea en Pacientes Intoxicados con OP. Paw: presión en la vía aérea, V: volumen circulante.

Una vez las pruebas clínicas indicaron la conveniencia de iniciar maniobra de destete ventilatorio, el personal médico realizó la prueba de respiración espontánea (WT, por sus siglas en inglés *weaning test*) para confirmar que las condiciones fueran óptimas para el retiro del soporte ventilatorio.

Las variables disponibles como fuente de información diaria en UCI en los dos módulos son: frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), presión sistólica/diastólica (PAS/PAD), índice de respiración superficial rápida (RSB, por sus siglas en inglés *Rapid shallow breathing*), presión parcial de oxígeno (PaO₂) y de dióxido de carbono (PaCO₂), saturación de oxígeno (SaO₂), intervalo QT (QT), intervalo QT corregido (QTc)

e índice RASS (RASS, por sus siglas en inglés *Richmond Agitation-Sedation Scale*).

2.1. Módulo de Entrenamiento

En el módulo de entrenamiento se puede visualizar un grupo de casos clínicos reales de pacientes intoxicados durante las pruebas de respiración espontánea que les fueron realizadas. Alrededor del caso clínico se expone la condición clínica del paciente durante el día en que fue realizada la prueba, tal que el usuario pueda analizar la situación desde la sintomatología, pasando por la evolución, hasta la toma de decisiones del personal médico durante la prueba de destete. Tal como se presenta en la Figura 1 (Módulo de entrenamiento), una vez el usuario ha seleccionado el caso clínico que desea analizar, (ver Figura 2) podrá tener acceso a: (a) **Curvas de presión – volumen**, se distingue el tramo inspiratorio y espiratorio en la curva, a partir del cual se puede inferir información sobre la variabilidad de la compliancia y la resistencia del sistema respiratorio [8]. Además se muestra qué presión soporte (Psupp), presión positiva al final de la espiración (PEEP) y fracción inspirada de oxígeno (FiO₂) fueron configuradas en el ventilador durante la prueba de respiración espontánea seleccionada. (b) **Valor del Índice RSB**, el cual cuantifica la medida en que las respiraciones son superficiales y rápidas [9]. (c) **Variables de medición diaria en UCI**: FR, FC, SaO₂, FiO₂, PaO₂, PaCO₂, PAS, PAD. La tendencia en estas mediciones está disponible en el *panel de tendencias*, ello con el fin de tener un panorama sobre la evolución del paciente con el transcurso de los días en la UCI. (d) **Cuadro clínico**, en el cual se relaciona el estado clínico del paciente durante la prueba de respiración espontánea y las posibles causas de fallo de la prueba. Entiéndase fallo de la prueba de destete, cuando el médico determina que el paciente no está listo para ser extubado.

Todas las pruebas de destete a las que fue sometido el paciente están disponibles al cargar el caso clínico, así mismo se dispone de un *panel de notas*, para consignar toda la información que el usuario considere relevante durante el análisis del caso clínico. Las notas pueden ser guardadas cuando el usuario lo considere.

2.2. Módulo Interactivo

En el módulo interactivo se dispone de la selección entre dos niveles de intoxicación. Alrededor de la selección de la severidad de la intoxicación, se expone la condición clínica del paciente correspondiente al día en que fue realizada la primera prueba de respiración espontánea. El acceso a las demás pruebas de destete, a la extubación o reintubación del paciente depende de las decisiones del usuario (cada decisión debe ser justificada en la casilla dispuesta para tal fin):

- *Esperar*, si la condición clínica que observa del paciente le permite inferir que no está listo para ser extubado, por lo cual debe decidir cuántas horas esperará hasta la realización de la siguiente prueba de destete.
- *Extubar*, si considera que es pertinente extubar al paciente.

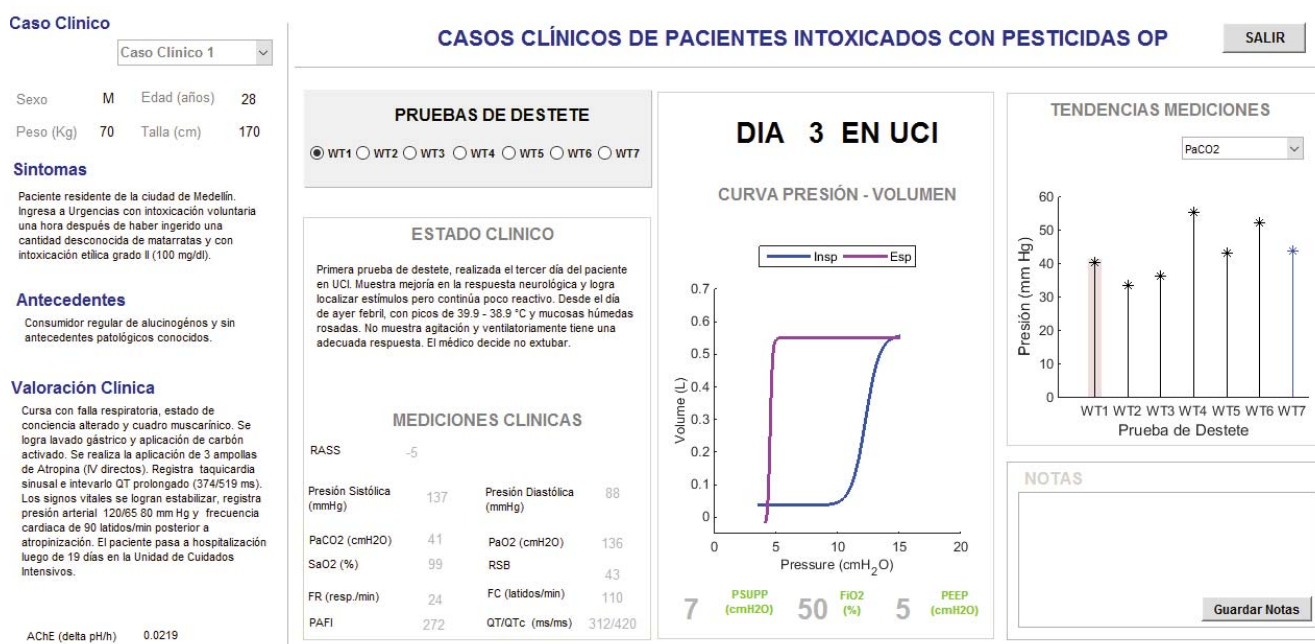


Figura 2. Módulo de Entrenamiento, cuenta con casos clínicos reales de pacientes intoxicados con compuestos organofosforados. En los paneles de la parte, izquierda: se relaciona el caso clínico seleccionado; centrales: se presenta la información clínica relacionada con la prueba de destete seleccionada; derecha: el estado de la mecánica ventilatoria y la tendencia de las variables. WT: prueba de destete.

- *Ver evolución clínica después de ser extubado*, panel que se habilita al extubar al paciente, el usuario decide si desea ver las siguientes horas de evolución del paciente antes de decidir si requiere o no reintubación.
- *Reintubar*, se reintuba al paciente y se decide cuántas horas se esperarán hasta la siguiente prueba de destete.
- *No Reintubar*, el paciente es dado de alta de la UCI.

A diferencia del módulo de entrenamiento en el módulo interactivo, la tendencia en las distintas mediciones se va construyendo de acuerdo a las decisiones tomadas por el usuario.

3. Resultados

3.1. Módulo de Entrenamiento

En la Figura 2 se presenta el módulo de entrenamiento de la herramienta cuando se ha seleccionado el **caso clínico 1**: paciente de sexo masculino que ingresó a urgencias con intoxicación voluntaria una hora después de haber ingerido una cantidad desconocida de un pesticida organofosforado y cursa con falla respiratoria. El paciente pasa a hospitalización luego de 19 días en la UCI y le fueron realizadas 7 pruebas de destete (WT1 a WT7).

3.2. Módulo Interactivo

Para presentar el panel interactivo, se ha seleccionado un nivel de severidad de intoxicación AGUDO y el paciente se encuentra en la tercera prueba de destete (WT3), como puede verse en la Figura 3, la condición clínica del paciente el sexto día de estancia en la UCI, muestra que moviliza volúmenes cercanos a 450 ml (curva presión –

volumen) y presenta un aumento de la presión arterial durante la prueba de destete. El resto de mediciones clínicas permanecen estables. El paciente fue extubado tras la segunda prueba de destete, sin embargo, requirió reintubación por inestable intercambio de gases, reflejado en la tendencia de la PaCO₂. En la gráfica de tendencias se puede ver la evolución de las diferentes variables desde WT1 hasta WT3.

Una vez se ha decidido finalizar la interacción, al presionar el botón <GENERAR REPORTE>, se guarda un informe con la experiencia del usuario en el módulo. Este reporte puede utilizarse para procesos de evaluación o simplemente para consulta futura. En dicho reporte además se cuenta con la información del caso clínico real equivalente para que pueda realizarse una comparación de las dos situaciones.

Conclusiones

Se ha presentado una herramienta que permite visualizar casos reales de pacientes intoxicados con compuestos organofosforados en una unidad de cuidados intensivos, con las variables que estarían disponibles en la práctica clínica habitual. Esta aplicación facilita la práctica de forma interactiva, toda vez que su interfaz gráfica permite conocer el resultado de cada decisión terapéutica y posteriormente analizar las diferencias y similitudes con la evolución clínica registrada en el caso clínico real. Además, se facilita el estudio de la mecánica ventilatoria del paciente intoxicado mediante el análisis de las curvas presión en la vía aérea – volumen circulante.

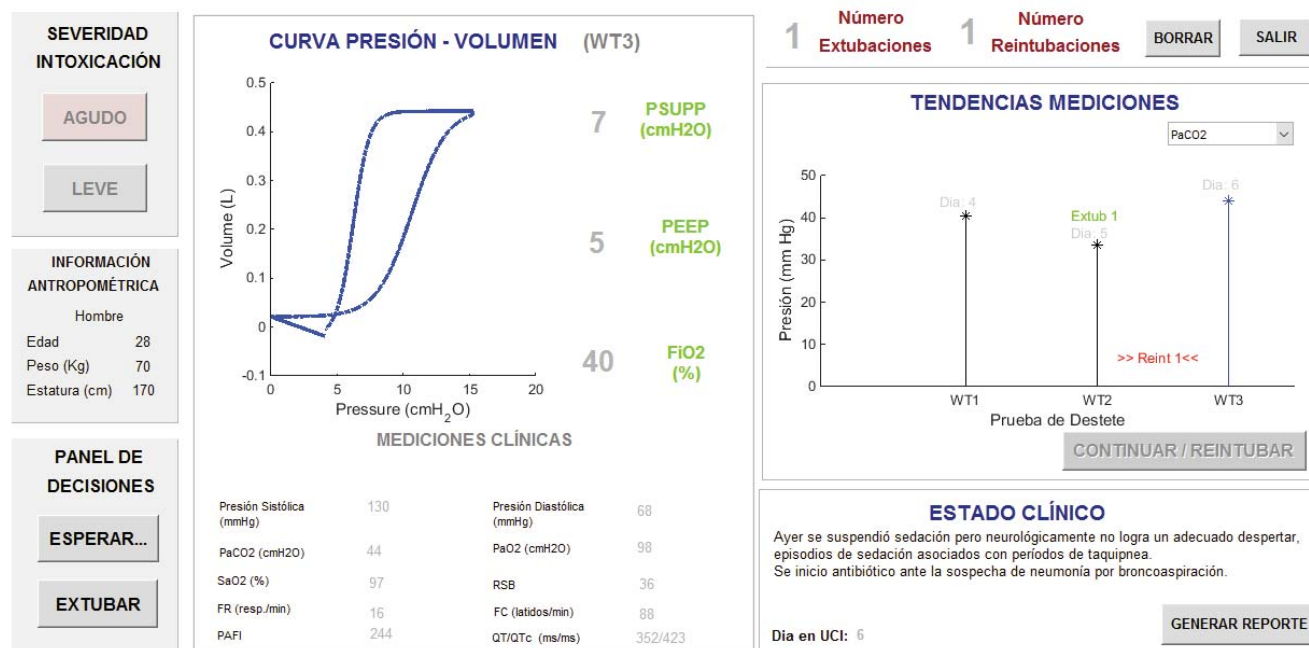


Figura 3. Módulo Interactivo, la extubación, reintubación o continuación de la intubación del paciente es dependiente de la toma de decisiones del usuario.

Esta herramienta, pone a disposición del usuario una experiencia en el tratamiento de pacientes intoxicados por compuestos organofosforados, situación que en otro caso, sería solo posible a partir de la práctica clínica en entornos caracterizados por elevada tensión y en los que se estudian múltiples y diversos casos clínicos simultáneamente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Fondo Nacional de Regalías de la República de Colombia mediante el proyecto titulado "Fortalecimiento de plataforma tecnológica para la formación especializada en el área de la salud y el desarrollo de tecnología biomédica", código interno Ruta N 139C.

Referencias

- [1] M. J. Abedin, A. A. Sayeed, A. Basher, R. J. Maude, G. Hoque, and M. a Faiz, "Open-label randomized clinical trial of atropine bolus injection versus incremental boluses plus infusion for organophosphate poisoning in Bangladesh," *J. Med. Toxicol.*, vol. 8, no. 2, pp. 108–17, Jun. 2012.
- [2] J.-M. J. Boles, J. Bion, A. Connors, M. Herridge, B. Marsh, C. Melot, R. Pearl, H. Silverman, M. Stanchina, A. Vieillard-Baron, and others, "Weaning from mechanical ventilation," *Eur. Respir. J.*, vol. 29, no. 5, pp. 1033–1056, 2007.
- [3] M. Eddleston, P. Eyer, F. Worek, F. Mohamed, L. Senarathna, L. von Meyer, E. Juszczak, A. Hittarage, S. Azhar, W. Dissanayake, M. H. R. Sheriff, L. Szinicz, A. H. Dawson, and N. A. Buckley, "Differences between organophosphorus insecticides in human self-poisoning: a prospective cohort study," *Lancet*, vol. 366, no. 9495, pp. 1452–9, 2005.
- [4] M. Sungur and M. Güven, "Intensive care management of organophosphate insecticide poisoning," *Crit. Care*, vol. 5, no. 4, pp. 211–215, 2001.
- [5] D. Pose, S. De Ben, N. Delfino, and M. Burger, "Intoxicación aguda por organofosforados. Factores de riesgo," *Rev. Med. Uruguay*, vol. 16, pp. 5–13, 2000.
- [6] J. Jeyaratnam, "Acute pesticide poisoning: a major global health problem," *World Heal. Stat Q*, vol. 43, no. 3, pp. 139–144, 1990.
- [7] I. C. Barguil-Díaz, N. L. Mosquera, J. Pinto, J. Aristizábal, I. C. Barguil Díaz, N. Lozano Mosquera, J. K. Pinto Maquilón, and J. J. Aristizábal Hernández, "Síndrome intermedio en intoxicación aguda por organofosforados: reporte de caso," *Med. UPB*, vol. 31, no. 1, pp. 53–58, 2012.
- [8] B. Cabello and J. Mancebo, "Work of breathing," *Intensive Care Med.*, vol. 32, no. 9, pp. 1311–1314, Sep. 2006.
- [9] E.-J. Kang, S.-J. Seok, K.-H. Lee, H.-W. Gil, J.-O. Yang, E.-Y. Lee, and S.-Y. Hong, "Factors for determining survival in acute organophosphate poisoning," *Korean J. Intern. Med.*, vol. 24, no. 4, pp. 362–7, Dec. 2009.