

# Modelo experimental en cerdo recién nacido para el estudio y entrenamiento en ultrasonografía pulmonar del niño crítico

Experimental newborn piglet model for studying and training lung ultrasound in critically ill children

Sebastián González-Dambrauskas<sup>1</sup>, Andrés García-Bayce<sup>2</sup>, Carlos Olagüe<sup>3</sup>, Andrés Vigna<sup>4</sup>, Lucía Vaamonde<sup>5</sup>, Salvador Tellechea<sup>6</sup>, Fernanda Blasina<sup>7</sup>

## Resumen

**Introducción:** la ultrasonografía pulmonar en el paciente crítico (LUCI) ha generado creciente interés en el escenario de los cuidados intensivos. Los modelos animales son herramientas útiles para facilitar el aprendizaje y entrenamiento de los profesionales que la practican. Presentamos el desarrollo de un modelo animal para el estudio y entrenamiento de LUCI en niños críticos.

**Material y métodos:** se utilizó un cerdo recién nacido al que se realizó anestesia, traqueostomía, intubación traqueal y ventilación mecánica (VM) con monitorización convencional. Se aplicaron diferentes niveles de presión telespiratoria (PEEP), se produjo neumotórax y derrame pleural mediante colocación de drenaje en tórax e introducción de aire y suero respectivamente. Se realizó ultrasonografía con transductor lineal de 4-8 MHz. Previo al experimento 12 profesionales recibieron un curso introductorio sobre LUCI dictado por un radiólogo, para luego

observar las diferentes secuencias y practicar LUCI con el animal.

**Resultados:** se obtuvieron imágenes de secuencias pulmonares básicas y sus signos característicos: aireación pulmonar normal en VM basal, confirmación de intubación, sobredistensión y colapso pulmonar, neumotórax y derrame pleural. Todos los participantes encontraron a la experiencia positiva y pudieron identificar las diferentes secuencias ultrasonográficas programadas.

**Conclusiones:** el modelo animal que se presenta permitiría el entrenamiento en LUCI de los profesionales que atienden niños críticos. Asimismo, esto posibilitaría el desarrollo de investigación en patología respiratoria pediátrica.

**Palabras clave:** ULTRASONOGRAFÍA  
PULMÓN  
MODELOS ANIMALES

1. Pediatra. Intensivista. Asistente UCIN-CHPR. Facultad de Medicina. UDELAR.
2. Médico Radiólogo. Prof. Adj. Depto. Imagenología Pediátrica. CHPR. Facultad de Medicina. UDELAR.
3. Pediatra. Intensivista. Ex Asistente UCIN-CHPR. Facultad de Medicina. UDELAR.
4. Pediatra. Emergentólogo. Docente (C). Cátedra de Neonatología. CHPR. Facultad de Medicina. UDELAR.
5. Prof. Adj. Depto. Neonatología, Hospital de Clínicas, Facultad de Medicina. UDELAR.
6. Asistente. Depto. Neonatología, Hospital de Clínicas, Facultad de Medicina. UDELAR.
7. Prof. Agda. Depto. Neonatología, Hospital de Clínicas, Facultad de Medicina. UDELAR. UCIN-CHPR.

Declaramos no tener conflicto de intereses.  
Trabajo inédito.

Fecha recibido: 11 de noviembre de 2016.

Fecha aprobado: 23 de febrero de 2017.

## Summary

**Background:** *lung ultrasound in the critically ill (LUCI) has generated growing interest in the intensive care scenario. Animal models are useful tools for training professionals in its practice. We present an animal model designed for studying and training in LUCI for critically ill children.*

**Method:** *a newborn piglet was anesthetized, traqueostomized, intubated and mechanically ventilated (MV) with conventional monitoring. Different levels of PEEP were applied, and pneumothorax and pleural effusion were produced by the insertion of a thoracic drainage and instillation of air and a saline solution. Lung ultrasound was performed by using a 4-8 MHz linear probe. Prior to the experiment, 12 trainees with no previous experience attended a theoretical course on basic LUCI delivered by a radiologist. Subsequently, they visualized and practiced LUCI in the animal model.*

**Results:** *basic lung ultrasound sequences were obtained, where their typical signs could be seen: normal lung ventilation during standard MV, confirmation of endotracheal tube position, lung overdistension and collapse, pneumothorax and pleural effusion. All trainees found the experience was positive and could identify every sonographic sequence.*

**Conclusions:** *the animal model presented in the study could allow professionals caring for critically ill children to receive training in LUCI. Likewise, it could allow the development of research in pediatric respiratory pathology.*

**Key words:** ULTRASONOGRAPHY  
LUNG  
ANIMAL MODELS

## Introducción

En una carta a editor de 1999, Jeff Miller destacó que la ultrasonografía estaba revolucionando la práctica clínica<sup>(1)</sup>. Recientemente y observando la creciente popularidad de esta técnica entre muchos clínicos, otros colegas se preguntan si la misma tendría la capacidad de reemplazar al estetoscopio<sup>(2)</sup>.

En el ámbito pediátrico la ultrasonografía tiene especial interés pues reduce la exposición a radiación ionizante, es de bajo costo, dirige rápidamente la evaluación de pacientes de difícil cooperación y aporta elementos ocultos a la clínica de gran valor, pudiéndose realizar en forma seriada y evolutiva al lado de la cama del enfermo<sup>(3)</sup>. Esto ha motivado que la Academia Americana de Pediatría haya lanzado formalmente un programa para entrenamiento y certificación en ultrasonografía en algunas áreas pediátricas<sup>(4)</sup>.

Los signos ultrasonográficos pulmonares para indicar patología fueron inicialmente descriptos y estandarizados para la población adulta y luego fueron estudiados y adoptados en niños críticos<sup>(5)</sup>. En Pediatría y Neonatología estos patrones que han sido progresivamente evaluados a estas edades están bien definidos<sup>(6)</sup>. Por todos estos elementos es que LUCI (del inglés *Lung Ultrasound in the Critically Ill*) está siendo cada vez más estudiado y adoptado por los pediatras que atienden niños en las unidades de cuidados críticos pediátrica (UCIP) y/o neonatal (UCIN).

Aún no se sabe cuánto entrenamiento es necesario, ni cuál es la mejor estrategia para realizar una curva de aprendizaje efectiva en LUCI. A su vez, las complicaciones torácicas son relativamente infrecuentes en la práctica clínica como para que los médicos de guardia realicen esta curva en sus turnos. Los modelos animales facilitan la generación de una rápida curva de aprendizaje con buenos resultados educacionales<sup>(7)</sup>, y también son necesarios para obtener evidencia experimental para su comparación con las otras técnicas imagenológicas disponibles<sup>(8)</sup>.

Hasta nuestro conocimiento, en la bibliografía disponible no hay descripciones de modelos animales diseñados específicamente para el estudio de LUCI en niños. En el siguiente artículo se describe la primera experiencia en su desarrollo.

## Objetivos

- Relatar la puesta a punto de un modelo animal diseñado para el estudio de LUCI básica en la edad pediátrica.
- Describir la reproducción de patrones ultrasonográficos pleuropulmonares normales y de lesiones

pleuropulmonares frecuentes en el ámbito de los cuidados intensivos con dicho modelo.

## Material y método

### Sitio de experimentación

El desarrollo del modelo se realizó en el Laboratorio del Área Básica del Departamento de Neonatología del Hospital de Clínicas de la Facultad de Medicina, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

### Modelo animal

El estudio se realizó siguiendo los principios éticos que regulan la experimentación animal determinados por la Declaración de Helsinki, la Sociedad Americana de Fisiología y la Comisión Honoraria de Experimentación Animal de la Universidad de la República, Uruguay (D.O. 21/2/00, Resolución n° 4 del CDC 4/12/2001). Protocolo aprobado N° 070153 - 000645 – 15.

Se utilizó un cerdo recién nacido, de 24 hs de vida, procedente de criadero local (Granja La Familia) con peso de 1.800 g.

El animal se colocó en posición supina. Se realizó sedación y analgesia intravenosa en base a solución de midazolam, fentanilo y ketamina. Se tituló la dosis clínicamente para lograr anestesia general intravenosa total y abolir respiraciones espontáneas del animal.

Se realizó traqueotomía quirúrgica (sonda endotraqueal o SET número 2,5 con balón) y aplicó ventilación mecánica (VM) con respirador Hamilton Modelo C1 ® con sensor de flujo proximal. El modo ventilatorio fue controlado por presión (PCV, del inglés *pressure control ventilation*) con los siguientes parámetros iniciales: PIM 13 cmH<sub>2</sub>O, VTE 6-7 ml, PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O, FR 30 rpm, con Ti 0,75 seg, FiO<sub>2</sub> 0,21 para lograr SatO<sub>2</sub>>95%.

Se cateterizó arteria umbilical con catéter n° 3.5 French y vena umbilical con catéter n° 4 French para infusión de medicación y medición de presión arterial invasiva. Para aporte de fluidos se utilizó suero con dextrosa al 5% a 70 ml/kg/día. Se mantuvo la temperatura central del animal en condiciones basales (38,5 a 39,5 °C) con sistema de calefacción por calor Therma-care ® y bolsa de plástico aislante 3M ®.

La monitorización fue clínica (color, perfusión y pulsos distales, diuresis) frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardíaca (FC), y con instrumentos de medición de constantes vitales: Presión Arterial Sistémica (PAS) invasiva con cateterismo de arteria umbilical, saturometría de pulso (SatO<sub>2</sub>), temperatura rectal con termómetro.

Bajo anestesia general se realizó drenaje de tórax en séptimo espacio intercostal línea axilar media con tubo Jolly n° 2,5 mm (08F), tras incisión cutánea con bisturí.

A través del mismo, se inyectaron alícuotas de 50 ml de aire hasta lograr reproducir neumotórax.

Para producir derrame pleural se inyectó progresivamente suero salino 0,9% por el mismo drenaje. Un vez terminado el experimento, se realizó eutanasia con KCL 10% 10 ml en bolo venoso hasta confirmar paro cardíaco.

### Curso teórico básico previo

La hora previa al experimento un radiólogo experto y autor del trabajo (AGB), presentó una clase teórica sobre nociones básicas de ultrasonografía y los patrones característicos de LUCI reportadas previamente y analizadas para tal fin<sup>(5,6,9,10,11)</sup>. El auditorio consistió en 12 especialistas sin previa experiencia práctica en LUCI: Neonatólogos (n=3), Pediatras intensivistas (n=2), Residentes de Neonatología (n=2), Nurses de cuidados intensivos pediátricos (n=2) y Auxiliares de Enfermería (n=3).

Luego de la clase teórica los participantes practicaron cada secuencia en forma individual en el animal con la asistencia del radiólogo tutor. Al finalizar la sesión de prácticas se realizó evaluación abierta de lo aprendido.

### Secuencias ecográficas

Preparado el animal, se realizó ultrasonografía con equipo portátil General Electric Logic Book XP (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) con transductor lineal de 4-8 MHz.

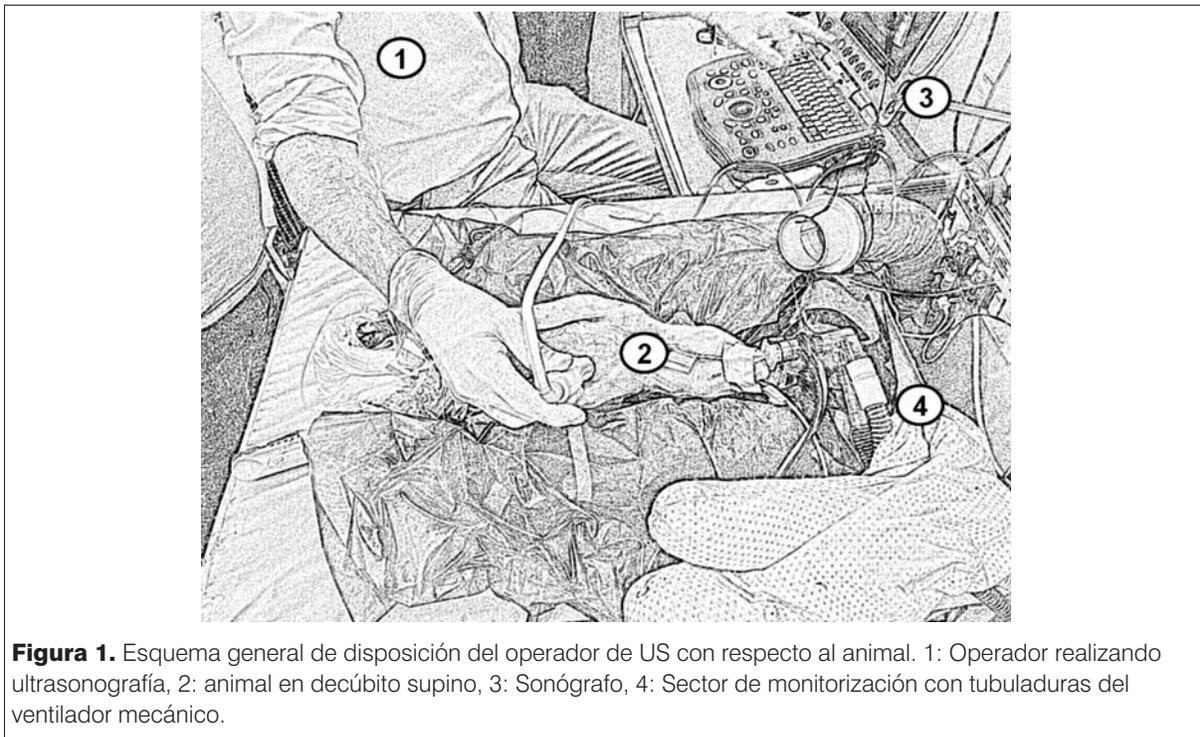
Las secuencias a simular y registrar fueron:

- Patrón pulmonar en condiciones de VM basal normal.
- Confirmación de intubación traqueal (IOT).
- Aumento del nivel de PEEP (Sobredistensión).
- Disminución del nivel de PEEP (Colapso pulmonar).
- Neumotórax.
- Derrame pleural.

Las fotografías de las diferentes secuencias se almacenaron en disco duro del equipo para posterior edición y presentación gráfica como se ve en la sección resultados.

La nomenclatura utilizada fue la siguiente:

- Frecuencia respiratoria (FR) en respiraciones por minuto (rpm), Frecuencia cardíaca (FC) en ciclos por minuto (cpm), Presión arterial (PA) en mmHg y Temperatura axilar (Tax) en grados Celsius (°C).
- Tiempo inspiratorio (Ti) en segundos (seg).
- Presión inspiratoria máxima (PIM) en cmH<sub>2</sub>O.
- Presión teleespiratoria (PEEP) en cmH<sub>2</sub>O.
- Fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>) en porcentaje (%).



- Volumen tidal o corriente espirado (VTE).

## Resultados

En la figura 1 se muestra la disposición del animal durante el experimento en relación al operador del ultrasonido.

Secuencia 1: Patrón pulmonar normal (figuras 2A y 2B)

VM: PIM 12,5 cmH<sub>2</sub>O, PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub> 0,21, VTE 13 ml, FR 20 rpm, Ti 0,75 seg.

Controles: SatO<sub>2</sub> 100% PA 70/41/54 mmHg. FC 149 cpm. Tax 37 °C.

Gasometría: pH 7,53 PCO<sub>2</sub> 39 mmHg PO<sub>2</sub> 73,7 mmHg, HCO<sub>3</sub> 33,4 mEq/L BE 9,7 mEq/L.

Secuencia 2: Intubación traqueal (figura 2C)

Dada la realización de traqueotomía, hubo dificultad en ubicar el transductor en el animal para obtener las imágenes. El signo de la cola de cometa es mejor objetivada con acceso vía oral convencional para intubación.

Secuencia 3: aumento del nivel de PEEP (sobredistensión) (figura 2D)

VM: PIM 23 cmH<sub>2</sub>O, PEEP 15 cmH<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub> 0,21, VTE 10 ml, FR 30 rpm, Ti 0,75 seg.

Controles: SatO<sub>2</sub> 100%, PA 67/40/52 mmHg, FC 109 cpm, Tax 38,5 °C

Secuencia 4: Disminución de nivel de PEEP (colapso pulmonar) (figura 2E).

VM: PIM 10 cmH<sub>2</sub>O, PEEP 3 cmH<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub> 0,3, VTE 8 ml, FR 30 rpm, Ti 0,75 seg.

Controles: SatO<sub>2</sub> 97%, PA 58/31/43 mmHg, FC 103 cpm, Tax 37,2 °C.

Secuencia 5: Neumotórax (figura 2F)

VM: PIM 12,5 cmH<sub>2</sub>O, PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O, VTE 8 ml, FiO<sub>2</sub> 0,30, FR 30 rpm, Ti 0,75 seg.

Controles: SatO<sub>2</sub> 98%, PA 63/36/49 mmHg, FC 115 cpm. Tax 39 °C.

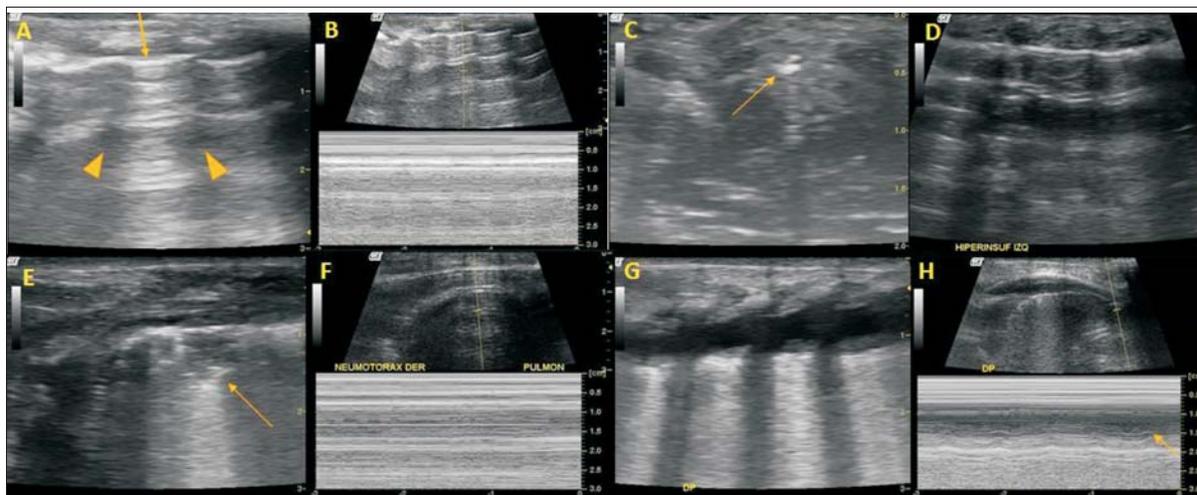
Luego de realizada toracotomía mínima y colocado drenaje se necesitaron inyectar 180 ml de aire con jeringa para producir neumotórax visible.

Se objetivó disminución de VTE a 1,4 ml y desaturación a SatO<sub>2</sub> 87% durante su realización. FC 115 cpm. PA 62/36/48 mmHg. Temp 36,9 °C. Luego se drenó el neumotórax por mismo drenaje para permitir recuperación clínica del animal.

Secuencia 6: Derrame pleural (figuras 2G y 2H)

VM: PIM 13,5 cmH<sub>2</sub>O, PEEP 6 cmH<sub>2</sub>O, VTE 9.8 ml, FIO<sub>2</sub> 0,5, FR 30 rpm, Ti 0,75 seg.

Para visualizar derrame, se necesitaron infundir 60 ml de suero salino 0,9% a través de drenaje de tórax.



**Figura 2.** Secuencias ultrasonográficas obtenidas. **A y B)** Pulmón aireado normal: **A.** Se identifican la línea pleural (flecha) y las líneas A normales en el espacio entre el cono de sombra de dos costillas consecutivas (puntas de flecha). **B.** Encima, líneas A. Debajo (registro en modo M), signo "de la orilla del mar": las líneas horizontales superiores representan planos superficiales inmóviles, el sector inferior de aspecto granulado representa al pulmón en movimiento. **C)** Intubación traqueal. Corte transversal de cuello: se observa hiperecogenicidad dada por pared anterior de tráquea, y posterior a la misma hiperecogenicidad dada por pared anterior de tubo endotraqueal (flecha), que genera signo de "cola de cometa". **D)** Aumento de niveles de PEEP. Se observan líneas A, sin cambios respecto a control normal. **E)** Colapso pulmonar. Signo "del desflecado": límite irregular entre pulmón consolidado y pulmón aireado (flecha). **F)** Neumotórax. Signo "de la estratósfera" (ecografía en modo M): las líneas continuas en toda la imagen indican que el aire visible está inmóvil, y por ende localizado en la cavidad pleural. **G y H)** Derrame pleural: **G.** Se observa líquido anecogénico entre pleuras visceral y parietal. **H,** Signo "del sinusoide": en modo M se observan líneas onduladas correspondientes al pulmón que se acerca y aleja alternadamente a la pared durante el ciclo respiratorio (flecha).

Se objetivó disminución del VTE a 4,2 ml SatO<sub>2</sub> 100% PA 67/39/52 mmHg, FC 122 cpm, Tax 36,5 °C.

### Evaluación posterior de los participantes

Los 12 asistentes lograron identificar las secuencias planificadas. Aunque no se planificó una evaluación sistematizada de lo aprendido, todos los participantes refirieron a los autores del presente trabajo que la experiencia resultó enriquecedora y motivante para profundizar sus conocimientos en LUCI.

### Discusión

El estetoscopio del siglo XXI ha llegado para quedarse al lado de la cama del paciente crítico. Aunque aún es escasa la evidencia para fijar los parámetros de entrenamiento requeridos para lograr experticia suficiente, su inclusión en el currículum de la medicina crítica es cada vez más recomendada por los paneles de expertos<sup>(12,13)</sup>.

A pesar de que se reporta como una técnica rápida, inocua y de fácil realización, la ultrasonografía es la técnica imagenológica más "técnico-dependiente". Esto

motiva a que sea necesario seguir estudiando diferentes estrategias de entrenamiento para su capacitación.

Luego de programas de entrenamiento clínicos, los residentes en cuidados críticos pueden lograr buenas aptitudes en el uso de LUCI<sup>(14)</sup>. Incluso se ha reportado aceptable nivel de aprendizaje entre técnicos no médicos<sup>(15)</sup>.

Pero para mejorar este aprendizaje los modelos animales son necesarios. Algunos modelos porcinos que inspiraron el nuestro como el de Sánchez de Toledo y colaboradores<sup>(7)</sup> han demostrado ser útiles en la capacitación de LUCI. Creemos que esta línea experimental es fundamental a la hora de la capacitación de profesionales que atienden niños críticos. La similitud del modelo de cerdo recién nacido con el humano, tanto desde el punto de vista del uso de la tecnología, respuestas fisiológicas y algunos aspectos anatómicos, hacen que éste sea un modelo ideal para realizar la curva de aprendizaje en condiciones *in vivo*<sup>(16)</sup>.

Estudios recientes han mostrado que LUCI tiene impacto directo y significativo en la toma de decisiones y manejo terapéutico del paciente crítico<sup>(17)</sup>. Si consideramos además que los cuidados intensivos pediátricos están en

pleno cambio de paradigma hacia terapias menos invasivas, la ultrasonografía se ha convertido en una herramienta valiosa al lado del enfermo crítico en este sentido. Por ejemplo, se ha descrito que LUCI tiene superior performance diagnóstica que la radiografía de tórax para la mayoría de las condiciones patológicas de una UCI de adultos y puede ser considerada una alternativa a la tomografía<sup>(18)</sup>. LUCI también puede, además de diagnosticar problemas respiratorios neonatales diversos, monitorizar la función pulmonar y también guiar la necesidad de surfactante en pretérminos con SDR tratados con nCPAP<sup>(19)</sup>. Incluso puede ser tan efectiva como la capnografía para confirmar IOT y más rápida que la radiografía de tórax en la evaluación de altura de IOT, lo que se traduciría en menor uso de la radiografía de tórax en las UCIP y/o UCIN<sup>(20)</sup>. Estas aplicaciones diversas han hecho de LUCI una herramienta atractiva para el pediatra intensivista, convirtiéndose en centros de referencia mundiales una parte integral del examen físico del niño crítico.

Nuestro modelo tiene limitaciones a considerar. Por un lado, para el entrenamiento de la posición de SET, será necesario abordar la vía aérea mediante IOT convencional pues la traqueotomía quirúrgica dificulta su evaluación con ultrasonografía.

A su vez, reportes recientes han mostrado la necesidad de integrar a ultrasonografía pulmonar, la visualización del sistema cardiovascular central (denominada ultrasonografía “torácica”) para lograr mejor performance diagnóstica en situaciones de fallo respiratorio<sup>(21)</sup>. Debemos afinar estos elementos de nuestro modelo, así como testarlo en mayor cantidad de animales para evaluar la reproducibilidad del mismo.

Con el presente estudio, hemos podido cumplir con los objetivos propuestos. Se reprodujeron los diversos patrones ecográficos descritos en la bibliografía disponible. Al no haber realizado una evaluación metódica de lo observado y aprendido por los participantes entrenados que participaron del modelo, no podemos hacer generalizaciones en este aspecto. Sin embargo, todos los participantes refirieron sencillez en el reconocimiento de las distintas secuencias. Futuras investigaciones determinarán su poder y efectividad para el entrenamiento en LUCI de los profesionales que atienden niños graves.

## Conclusiones

- LUCI es una herramienta de potencial impacto asistencial en las unidades de cuidado crítico pediátrico-neonatales.
- Su aplicación y estudio necesita de diferentes estrategias de entrenamiento, uno de los cuales son los modelos animales diseñados con tal fin.

- El modelo animal que se presenta para el estudio de LUCI representa el primer paso en una serie de futuras investigaciones en la materia.

## Agradecimientos

Al Aux. José Barreto, a la Aux. de Enfermería Daniela Vidal, a la Residente de Neonatología Dra. Silvina Tejeira. A granja “La Familia”.

## Referencias bibliográficas

1. **Miller J.** The ultrasound revolution. *Acad Emerg Med* 1999; 6(7):766.
2. **Wittenberg M.** Will ultrasound scanners replace the stethoscope? *BMJ* 2014; 348:g3463.
3. **Vieira R, Bachur R.** Bedside ultrasound in pediatric practice. *Pediatrics* 2014; 133(1):1-3.
4. **Marin JR, Lewis R; American Academy of Pediatrics, Committee on Pediatric Emergency Medicine; Society for Academic Emergency Medicine, Academy of Emergency Ultrasound; American College of Emergency Physicians, Pediatric Emergency Medicine Committee; World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound.** Point-of-care ultrasonography by pediatric emergency medicine physicians. *Pediatrics* 2015; 135(4):e1113-22.
5. **Lichtenstein D.** Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 2009; 10(6):693-8.
6. **Raimondi F, Cattarossi L, Copetti R.** International perspectives: point-of-care chest ultrasound in the neonatal care unit: an italian perspective. *Neoreviews* 2014; 15(1):e2.
7. **Sánchez J, Renter L, Esteves M, Fonseca C, Villaverde I, Rosal M.** Teaching chest ultrasound in an experimental porcine model. *Pediatr Emerg Care* 2016; 32(11):768-772.
8. **Raimondi F, Cattarossi L, Copetti R.** Pediatric chest ultrasound versus conventional radiology: experimental evidence first. *Pediatr Radiol* 2014; 44(7):900.
9. **Lichtenstein D.** Lung ultrasound in the critically ill. *Curr Opin Crit Care* 2014; 20(3):315-22.
10. **Piette E, Daoust R, Denault A.** Basic concepts in the use of thoracic and lung ultrasound. *Curr Opin Anaesthesiol* 2013; 26(1):20-30.
11. **Lichtenstein D, van Hooland S, Elbers P, Malbrain ML.** Ten good reasons to practice ultrasound in critical care. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2014; 46(5):323-35.
12. **Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein D, Mathis G, Kirkpatrick A, et al; International Liaison Committee on Lung Ultrasound for International Consensus Conference on Lung Ultrasound.** International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012; 38(4):577-91.
13. **Expert Round Table on Ultrasound in ICU.** International expert statement on training standards for critical care ultrasonography. *Intensive Care Med* 2011; 37(7):1077-83.
14. **Begot E, Grumann A, Duvoid T, Dalmay F, Pichon N, François B, et al.** Ultrasonographic identification and semi-quantitative assessment of unoculated pleural effusions in

- critically ill patients by residents after a focused training. *Intensive Care Med* 2014; 40(10):1475-80.
15. **See K, Ong V, Wong S, Leanda R, Santos J, Taculod J, et al.** Lung ultrasound training: curriculum implementation and learning trajectory among respiratory therapists. *Intensive Care Med* 2016; 42(1):63-71.
  16. **Judge E, Hughes JM, Egan JJ, Maguire M, Molloy E, O'Dea S.** Anatomy and bronchoscopy of the porcine lung. A model for translational respiratory medicine. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2014; 51(3):334-43.
  17. **Xirouchaki N, Kondili E, Prinianakis G, Malliotakis P, Georgopoulos D.** Impact of lung ultrasound on clinical decision making in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2014; 40(1):57-65.
  18. **Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, Kondili E, Platakis M, Patrianakos A, et al.** Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med* 2011; 37(9):1488-93.
  19. **Brat R, Yousef N, Klifa R, Reynaud S, Shankar S, De Luca D.** Lung ultrasonography score to evaluate oxygenation and surfactant need in neonates treated with continuous positive airway pressure. *JAMA Pediatr* 2015; 169(8):e151797.
  20. **Alonso P, Oulego I, Mora M, Rodríguez S, Mata D, Regueras L.** Utilidad de la ecografía comparada con la capnografía y la radiografía en la intubación traqueal. *An Pediatr* 2014; 81(5):283-8.
  21. **Bataille B, Riu B, Ferre F, Moussot P, Mari A, Brunel E, et al.** Integrated use of bedside lung ultrasound and echocardiography in acute respiratory failure: a prospective observational study in ICU. *Chest* 2014; 146(6):1586-93.

**Correspondencia:** Dr. Sebastián González.  
Correo electrónico: sgdambrauskas@gmail.com