

Tesis de grado Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto - UNAB



Hugo Ricardo Ardila Castellanos
Residente Medicina Crítica UNAB
Junio de 2015

“Ecografía pulmonar para la valoración del agua pulmonar extravascular y diagnóstico de edema pulmonar: correlación con el método de termodilución transpulmonar por PiCCO - Estudio piloto”

ESTUDIANTE DE POSTGRADO:

- HUGO RICARDO ARDILA CASTELLANOS

Residente Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto UNAB

DIRECTOR DE TESIS

- DR. FRANCISCO NARANJO JUNOY

Coordinador posgrado Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto UNAB



Introducción

- El agua pulmonar extravascular es la cantidad de agua que está contenida en los pulmones, fuera de la vasculatura pulmonar, y que corresponde a la suma del líquido intersticial, alveolar, intracelular y linfático; exceptuando el líquido pleural.
- Este puede ser medido en la práctica clínica usando el método de termodilución transpulmonar
- Algunos estudios han demostrado la utilidad de la ecografía pulmonar para la medición indirecta del agua pulmonar extravascular y su correlación con técnicas de imágenes diagnósticas y con ecocardiografía, o correlación clínica

Justificación

- A pesar de su condición de monitoria “mínimamente invasiva”, no en todos los pacientes se puede realizar éste tipo de monitoreo de termodilución transpulmonar, sea por dificultades o contraindicaciones en la inserción de la línea arterial o venosa (trastornos de coagulación, infección en sitios de inserción, embarazo, dificultades técnicas en la canulación) o simplemente por la falta de disponibilidad del dispositivo de medición.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

Cuál es el rendimiento de la ecografía pulmonar en pacientes en ventilación mecánica invasiva para el diagnóstico y seguimiento del edema pulmonar?

Ultrasonido en tórax

- Desde las primeras descripciones de los artefactos ultrasonicos a nivel pulmonar, el conocimiento en éste campo ha crecido de forma exponencial, llegando a ser una herramienta altamente sensible y especifica en un gran número de patologias pulmonares.
- El ultrasonido pulmonar es una técnica que ha llegado a ser muy común en los pacientes en cuidado intensivo.
- Hasta la década de los 70's se tenia la creencia que el ultrasonido no tenia función a nivel pulmonar, debido a que su contenido era predominantemente aire.

Principios del Ultrasonido en tórax

- 7 principios básicos deben ser tenidos en cuenta para su correcto manejo:
 1. El equipo debe ser el más sencillo posible que pueda ser usado a la cabecera del paciente
 2. En el tórax, el gas y el líquido tienen localizaciones opuestas o están mezclados por procesos patológicos, generando “artefactos”
 3. El pulmón es el órgano más voluminoso, por lo que se deben tener áreas bien definidas
 4. Todos los signos inician en la línea pleural
 5. Los signos estáticos son principalmente artefactos
 6. Los signos provenientes de la línea pleural son principalmente dinámicos
 7. Casi todos los desordenes que amenazan la vida comprometen la línea pleural





- La línea B siempre es un artefacto en “cola de cometa”, que inicia desde la línea pleural y se mueve a la par con los movimientos pulmonares; casi siempre largas, bien definidas, hiperecoicas y borran las líneas A.
- Los cometas pulmonares se han correlacionado con el síndrome intersticial con un 93% de relación cuando se usa la Rx de torax como referencia, y en un 100% cuando se usa la tomografía de tórax.

Objetivo general y específicos

- **Objetivo general:**

Evaluar la correlación de la medición del agua pulmonar y el diagnóstico de edema pulmonar, entre la ecografía pulmonar y el método de termodilución transpulmonar

- **Objetivos específicos**

*Definir un punto de corte en el número de “cometas pulmonares” por ecografía pulmonar, que se relacione con el diagnóstico de edema pulmonar por termodilución transpulmonar

*Valorar la relación entre los hallazgos ecográficos pulmonares y la medición del agua extravascular pulmonar con el balance de líquidos al momento de la medición y las variables estáticas de medición de las presiones de llenado ventricular

*Evaluar si existe un punto de corte de cometas pulmonares por ecografía que puedan servir para hacer seguimiento de la reanimación hídrica en pacientes diagnosticados con edema pulmonar

Metodología

- **Diseño del estudio:**

Se planteó un estudio de evaluación de tecnología diagnóstica por muestreo transversal, donde se evalúa el rendimiento de la ecografía pulmonar comparando la técnica de conteo de artefactos ultrasonográficos denominados “cometas pulmonares”, con el estándar de referencia para el diagnóstico de edema pulmonar, como lo es el método de termodilución transpulmonar por la técnica PiCCO

- **Población del estudio:**

Pacientes adultos de ambos sexos, quienes por el requerimiento de soporte ventilatorio invasivo se encuentren hospitalizados en la Unidad de Cuidado Intensivo, con diagnóstico probable de edema pulmonar cardiogénico y no cardiogénico

- **Variable Resultado:**

Número de artefactos ultrasonograficos “cometas pulmonares” identificados en la medición de la ecografía pulmonar, que se correlacionen con el diagnostico de edema pulmonar por el Standar de oro definido en la sección Metodología.

- **Instrumentos de recolección:**

ANEXO 1. FORMATO RECOLECCIÓN DATOS ECOGRAFIA

IDENTIFICACIÓN: _____ EDAD: _____ SEXO: _____

FECHA: _____ HORA INICIO: _____ HORA FINAL: _____

UBICACIÓN: _____ REALIZADO POR: _____

| LADO DERECHO | | | Espacio Intercostal | LADO IZQUIERDO | | |
|--------------|----------------------|--|------------------------|----------------|----------------------|--|
| Axilar Media | Medio- Clavicular | | | Axilar Media | Medio- Clavicular | |
| | | | 2 | | | |
| | | | 4 | | | |

ANEXO 2. FORMATO RECOLECCIÓN DATOS

IDENTIFICACIÓN: _____ EDAD: _____ SEXO: _____

FECHA: _____ HORA: _____ UBICACIÓN: _____

REALIZADO POR: _____

Diagnóstico principal _____

Patología pulmonar antecedente Si ___ No ___ Cual _____

Balance acumulado de líquidos (mL) _____ Peso (Kg) _____ Talla (cm) _____

Uso vasoactivos IV Si ___ No ___ Cual _____

Tipo de Líquidos utilizados: Cristaloides _____ Coloides _____ Otros _____

Albumina sérica ___ BNP ___ BUN ___ Creatinina sérica ___ TRR Si ___ No ___

PARAMETROS HEMODINAMICOS

Gasto Cardíaco _____ Índice Cardíaco _____ GEDVI _____ ITBVI _____ SVRI _____

CFI _____ GEF _____ PPV% _____ SVV _____ EVLWI _____ PVPI _____

TA _____ TAM _____ FC _____ PVC _____

Tiene ecocardiograma Si ___ No ___ (FEVI ___ PSAP ___ Disfunción diastólica ___)

PARAMETROS VENTILATORIOS

VMI _____ VMNI _____ No soporte ventilatorio _____ Modo ventilatorio _____

Vt _____ VM _____ PEEP _____ Presión media VA _____ Presión Pico _____

Presión Plateau _____ Compliance _____ PaFi _____ Cuadrantes Rx torax _____

- **Criterios de inclusión:**

Pacientes mayores de 18 años, que se encontraran hospitalizados en las Unidades de Cuidado Intensivo de la Clínica Ardila Lulle, sin importar el tiempo desde su ingreso o la patología de base, y a quienes por indicación del médico especialista de la unidad se les realizara medición hemodinámica con el sistema PiCCO

- **Criterios de exclusión:**

1. Menores de edad

2. Embarazo

3. Imposibilidad para realizar ultrasonido en tórax (Quemaduras, enfisema subcutáneo en tórax, corsé o dispositivos de inmovilización que impidan el procedimiento)

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 20 para el análisis básico de datos, descripción de las variables y cálculo de porcentajes para las variables cualitativas. Para las variables cuantitativas se usaron las medidas de tendencia central como media, desviación estándar, intervalos de confianza 95%.

La correlación inicial fue evaluada por medio de una gráfica de puntos dispersos, y el grado de asociación entre las variables se realizó mediante un coeficiente de correlación, a través del coeficiente de correlación de Pearson, r .

Para el cálculo del mejor punto de corte que sirva para diagnosticar edema pulmonar por medio del conteo de “cometas pulmonares” teniendo como referencia el estándar de oro, se realizó una curva ROC.

Protocolo

- **Entrenamiento del grupo de investigación:**

Los primeros 15 días del mes de Mayo/14 se realizó el entrenamiento de los investigadores encargados de realizar los estudios ecográficos a los pacientes en las UCI, con respecto a los criterios diagnósticos de las “cometas pulmonares” y al protocolo de medición de las mismas. Igualmente, durante éste tiempo se realizó la verificación de la calibración y adecuado entrenamiento del personal de la UCI en la realización de la técnica de termodilución transpulmonar y la familiarización con el instrumento de recolección de datos



- **Recolección de la información:**

Se realizó 1 evaluación ecográfica a los pacientes. Los resultados obtenidos en ésta medición fueron consignados en una urna cerrada por el médico encargado de la ecografía, y recolectados por otro investigador encargado del registro de los datos.

Al tiempo y en un plazo no superior a 10 minutos luego de la realización de la ecografía, se realizó la toma de las variables hemodinámicas y ventilatorias del paciente, obtenidas por el método de termodilución transpulmonar.

Con el fin de mantener el enmascaramiento del estudio, ninguno de los implicados en cada uno de los 2 grupos tenían acceso a los datos obtenidos por los demás.



- **Consideraciones éticas:**

Teniendo en cuenta que la información recolectada se realizó con base en registros de variables fisiológicas de uso rutinario en el manejo de los pacientes en la UCI, y que la realización de ultrasonido no ha demostrado ningún efecto adverso en los humanos, al igual que con los resultados no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participaron en el estudio, la presente investigación se considera una Investigación sin riesgo

Resultados

17 pacientes, sobre los cuales se obtuvo un total de 22 mediciones de ecografía pulmonar con su correspondiente evaluación por termodilución transpulmonar, que ingresaron al análisis final (en 5 pacientes se realizó 2 medidas en días diferentes)

Se tuvo en cuenta para el análisis el número de mediciones de comparación y no el número de pacientes.

El promedio de edad de los pacientes fue de 60.4 años (SD 12.7), con una edad mínima de 43 años y máxima de 77 años; se realizó igual número de mediciones en mujeres y hombres.



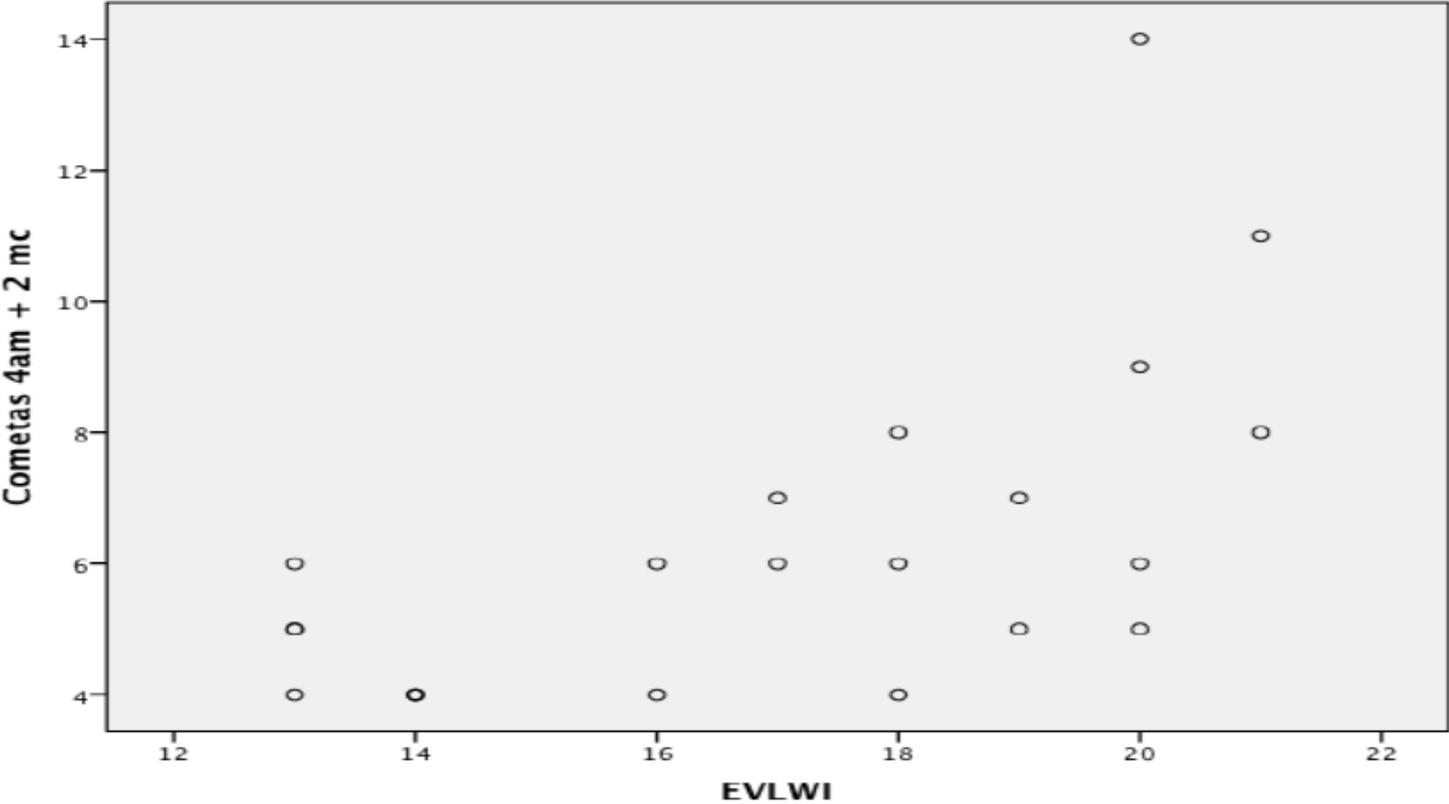
| Medición | Edad | Balance | IC | GEDVI | ITBVI | SVRI | GEF | EVLWI | PVPI | TAM | PVC | PaFi | PEEP | C total |
|----------|------|---------|-----|-------|-------|------|-----|-------|------|-----|-----|------|------|---------|
| 1* | 77 | 25486 | 4,0 | 860 | 955 | 1307 | 26 | 18 | 3,4 | 80 | 17 | 62 | 10 | 14 |
| 2 | 71 | 26784 | 3,9 | 764 | 930 | 1200 | 25 | 18 | 3,7 | 82 | 17 | 64 | 10 | 10 |
| 3* | 77 | 28600 | 3,6 | 854 | 950 | 1323 | 27 | 21 | 3,4 | 74 | 19 | 78 | 12 | 16 |
| 4 | 73 | 28503 | 3,7 | 950 | 1075 | 1300 | 26 | 20 | 3,3 | 76 | 20 | 76 | 12 | 23 |
| 5* | 44 | 28300 | 3,3 | 793 | 994 | 1222 | 18 | 20 | 2,9 | 73 | 15 | 100 | 10 | 22 |
| 6 | 60 | 29640 | 3,5 | 995 | 1004 | 1323 | 19 | 21 | 2,9 | 71 | 16 | 104 | 10 | 14 |
| 7* | 44 | 26560 | 3,4 | 825 | 926 | 1270 | 20 | 20 | 2,8 | 72 | 19 | 110 | 10 | 15 |
| 8 | 43 | 27762 | 3,2 | 923 | 1026 | 1367 | 22 | 21 | 2,9 | 70 | 17 | 106 | 10 | 10 |
| 9* | 47 | 21100 | 3,0 | 900 | 1200 | 1150 | 17 | 19 | 2,6 | 68 | 17 | 122 | 10 | 11 |
| 10 | 48 | 20301 | 3,6 | 810 | 998 | 1200 | 25 | 18 | 2,7 | 69 | 19 | 130 | 8 | 10 |
| 11* | 47 | 18500 | 3,3 | 815 | 940 | 1300 | 22 | 18 | 2,9 | 69 | 18 | 135 | 8 | 12 |
| 12 | 69 | 6350 | 3,0 | 844 | 1299 | 1616 | 18 | 14 | 2,9 | 70 | 23 | 182 | 10 | 12 |
| 13 | 66 | 4370 | 3,2 | 939 | 1347 | 1553 | 16 | 13 | 2,7 | 64 | 22 | 177 | 10 | 10 |
| 14* | 69 | 5180 | 3,1 | 980 | 1110 | 1620 | 18 | 13 | 2,8 | 68 | 23 | 185 | 8 | 9 |
| 15 | 74 | 5200 | 3,2 | 1030 | 1300 | 1410 | 20 | 14 | 2,8 | 69 | 20 | 186 | 8 | 9 |
| 16* | 69 | 4934 | 3,1 | 1280 | 1350 | 1542 | 19 | 13 | 2,9 | 64 | 21 | 179 | 8 | 10 |
| 17 | 64 | 4900 | 3,2 | 1080 | 1160 | 1652 | 19 | 13 | 2,7 | 66 | 22 | 180 | 8 | 10 |
| 18 | 60 | 2320 | 3,3 | 685 | 720 | 1399 | 30 | 16 | 3,4 | 63 | 20 | 82 | 12 | 17 |
| 19* | 60 | 1354 | 3,5 | 735 | 932 | 1300 | 35 | 17 | 3,2 | 62 | 19 | 90 | 12 | 13 |
| 20 | 65 | 2500 | 3,2 | 776 | 922 | 1451 | 37 | 16 | 3,1 | 60 | 18 | 97 | 10 | 14 |
| 21* | 60 | 3042 | 3,1 | 684 | 910 | 1350 | 36 | 16 | 3,3 | 63 | 18 | 105 | 10 | 9 |
| 22 | 55 | 3870 | 3,0 | 810 | 950 | 1520 | 38 | 14 | 3,4 | 60 | 17 | 115 | 12 | 7 |

| | Media | SD |
|---------------------|--------|--------|
| Balance de líquidos | 14.843 | 11.829 |
| Indice cardiaco | 3.3 | 0.3 |
| GEDVI | 865 | 155 |
| ITBVI | 1049 | 172 |
| GEF | 24 | 8.0 |
| EVLWI | 17 | 2.8 |
| PVPI | 3.0 | 0.32 |
| PVC | 19 | 2.1 |
| PEEP | 10 | 1.3 |
| PaO2/FiO2 | 121 | 42 |
| Número cometas | 6.2 | 2.5 |

Variable de resultado

- Con respecto al punto de corte en el número de cometas pulmonares por ecografía que sirve para el diagnóstico de edema pulmonar, no fue posible realizar éste análisis por medio de curva ROC pues todas las mediciones tenían un valor de agua extravascular pulmonar $>$ de 10 mL/Kg, no contando con mediciones control sin diagnóstico de edema pulmonar por el método de referencia.

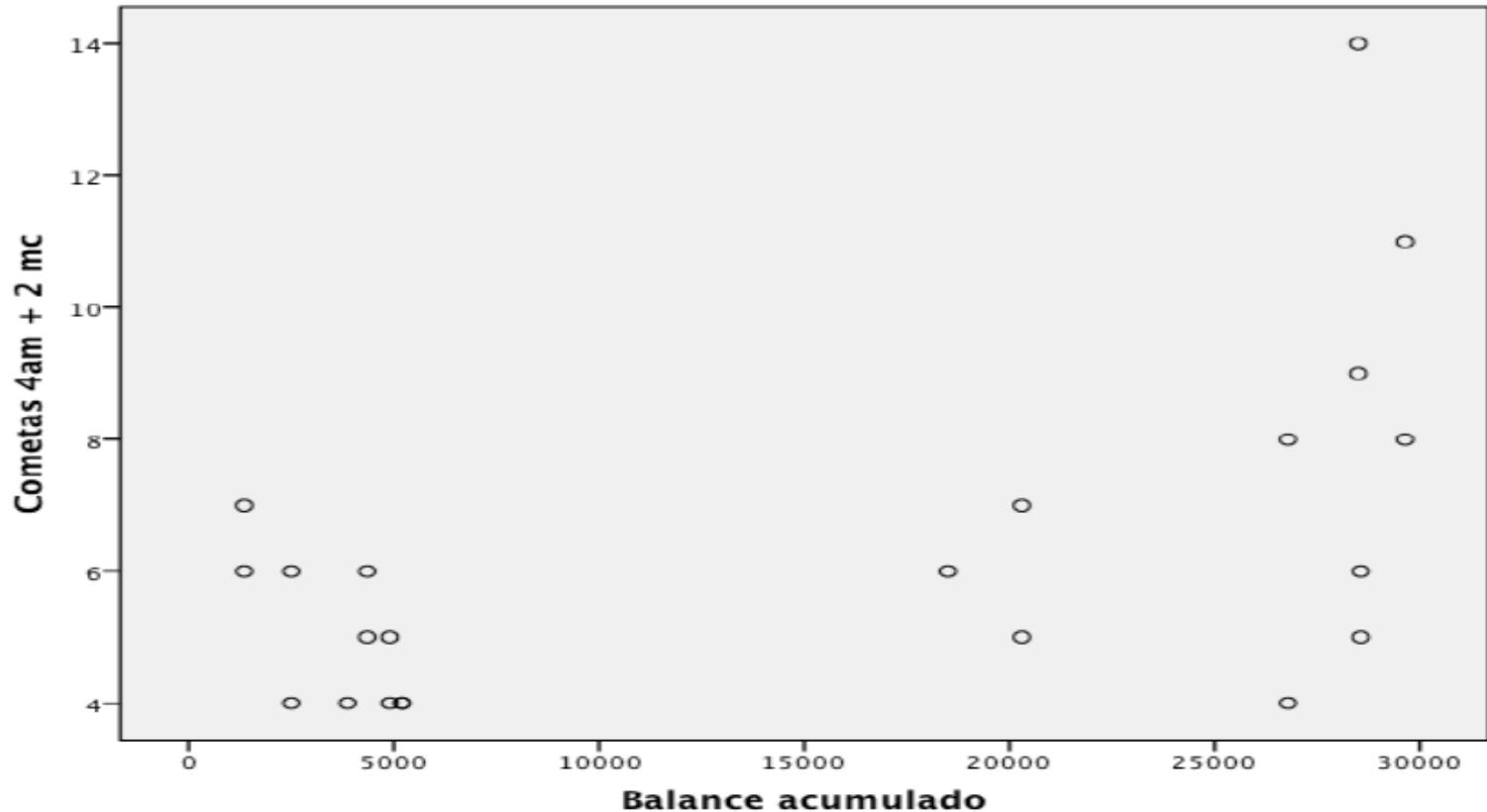
Figura 2. Gráfica de puntos dispersos Cometas pulmonares – EVLWI



n=22, r=0.61, p=0.002.

- Para evaluar la correlación entre las variables a estudiar (Número de cometas pulmonares total y agua pulmonar extravascular indexada) se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, el cual demostró un valor de $r=0.61$, con una correlación positiva entre las variables a una significancia bilateral de 0.002.

Figura 3. Gráfica de puntos dispersos Cometas pulmonares – Balance acumulado



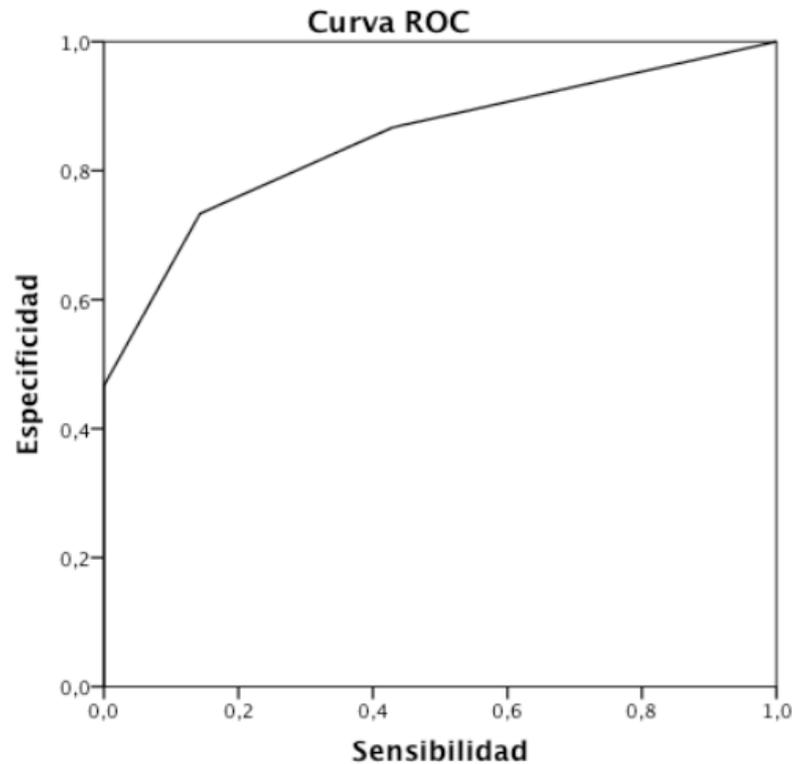
No se encontró correlación entre el número de cometas pulmonares y el balance de líquidos al momento de realizar la ecografía.

- Variables de precarga y el diagnóstico de edema pulmonar: se realizó el cálculo de la correlación entre el agua pulmonar extravascular indexada y la presión venosa central por el mismo método (r de Pearson), encontrando una correlación negativa de $r=-0.73$ con una significancia bilateral de <0.0001 ; con un resultado similar de correlación negativa entre el volumen global de fin de diastole indexado y el agua pulmonar extravascular de $r=-0.29$ pero con significancia bilateral de 0.18.

Otros resultados

- Teniendo en cuenta los reportes de probabilidad de sobrevida en pacientes con edema pulmonar por SDRA, de acuerdo al estado del agua pulmonar extravascular, y con un punto de corte de $EVLWI > 14$ mL/Kg para definir los pacientes con menor sobrevida; se realizó una evaluación del número de cometas pulmonares que tuviera correlación con éste valor, a través de una curva ROC

Figura 4. Curva ROC Número de cometas pulmonares – EVLWI >14mL/Kg



AUC-ROC de 0.84 (IC95%:0.68-1.0), el número de cometas pulmonares que mejor discrimina un valor de EVLWI>14mL/Kg es de >12 cometas (S:93%-E:100%).

Debilidades

- Pequeño tamaño de muestra que impide generalizar los resultados, sin embargo se debe tener en cuenta que se trata de un estudio piloto
- falta de grupo control con EVLWI $<10\text{mL/Kg}$ que nos indicara si el score de líneas B puede servir para descartar pacientes sin diagnóstico de edema pulmonar (la naturaleza doble ciego de la metodología impidió la identificación temprana)

Fortalezas

- Diseño doble ciego que ayuda a prevenir el sesgo del observador
- Uso del método diagnóstico estándar de oro para el diagnóstico de edema pulmonar como lo es el método de termodilución transpulmonar

Conclusión

- A pesar que el objetivo principal del estudio no pudo ser logrado por la falta de inclusión de pacientes sin edema pulmonar, llama la atención la correlación positiva entre el valor del EVLWI y el conteo de cometas pulmonares por ecografía en los pacientes con diagnóstico ya establecido de edema pulmonar y su correlación con un punto de corte que ha demostrado aumento en la mortalidad y complicaciones en pacientes en ventilación mecánica.
- Este hallazgo puede ser de ayuda como guía no invasiva de la reanimación hídrica de pacientes con diagnóstico de edema pulmonar.

