

ARTÍCULO ORIGINAL

# Prevalencia, diagnóstico y tratamiento de las lesiones pulmonares traumáticas

## Prevalence, diagnosis, and treatment of traumatic pulmonary injuries

Patrizio Petrone<sup>1</sup>, Adriana Ruano-Campos<sup>2</sup>, Amir Gendy<sup>2</sup>, Collin E.M. Brathwaite<sup>3</sup>, D'Andrea K. Joseph<sup>4</sup>

1 Director of Surgical Research, Department of Surgery, Associate Professor of Surgery, NYU Winthrop Hospital, NYU Long Island School of Medicine, Mineola, New York, USA

2 Division of Trauma and Acute Care Surgery, Department of Surgery, NYU Winthrop Hospital, NYU Long Island School of Medicine Mineola, New York, USA

3 Chairman, Department of Surgery, Associate Professor of Surgery, NYU Winthrop Hospital, NYU Long Island School of Medicine, Mineola, New York, USA

4 Chief, Division of Trauma and Acute Care Surgery, Department of Surgery, NYU Winthrop Hospital, NYU Long Island School of Medicine, Mineola, New York, USA

### Resumen

La lesión pulmonar es relativamente infrecuente en el paciente politraumatizado y, posiblemente, subdiagnosticada inicialmente debido a su habitual asociación con otras lesiones aparentemente más graves, en particular tras el traumatismo cerrado. Por ello, es de vital importancia su diagnóstico precoz ya que puede conllevar consecuencias fatales si no se diagnostica a tiempo.

Dada su localización anatómica, es habitual que se acompañe de lesiones concomitantes de otros órganos y estructuras vasculares intratorácicas, lo cual, unido a la necesidad ocasional de maniobras quirúrgicas críticas, resulta en altas tasas de morbilidad y mortalidad.

El objetivo del trabajo fue estudiar las características de estas lesiones, incluyendo su incidencia, su mecanismo, y las técnicas diagnósticas y opciones terapéuticas disponibles, tanto quirúrgicas como no quirúrgicas. Además, se analizaron la evolución y el pronóstico de estos pacientes, con base en una revisión bibliográfica de 1965 hasta 2018.

**Palabras clave:** lesión pulmonar; heridas y lesiones; epidemiología; diagnóstico; tratamiento de urgencia; terapéutica; cirugía.

### Abstract

In the trauma patient, lung injury is relatively uncommon, possibly underdiagnosed due to its frequent association with other apparently more serious injuries, especially in cases of blunt trauma. Therefore, early diagnosis is of vital importance, as lung injuries can lead to fatal consequences. Due to their anatomical location, it is common for them to be associated with other organ and intrathoracic vascular structures, which together with the occasional need for critical surgical maneuvers, result in high rates of morbidity and mortality.

The aim of the study is to describe the characteristics of pulmonary injuries including their incidence, mechanisms of injury, diagnostic techniques and available therapeutic options, both surgical and conservative. An analysis of the prognostic factors of these patients based on a review of the literature from 1965 to 2018 is included.

**Key words:** lung injury; wounds and injuries; epidemiology; diagnosis; emergency treatment; therapeutics; surgery

Fecha de recibido: 16/10/2018 – Fecha aceptación: 15/11/2018

Correspondencia: Patrizio Petrone, MD, PhD, MPH, MHSA, FACS, 222 Plaza Station North, Suite 300, Mineola, NY 11501, USA, Teléfonos +1 516-663-9571

Correo electrónico: patrizio.petrone@gmail.com y patrizio.petrone@nyulangone.org

Citar como: Petrone P, Ruano-Campos A, Gendy A, Brathwaite CEM, Joseph DK. Prevalencia, diagnóstico y tratamiento de las lesiones pulmonares traumáticas. Rev Colomb Cir. 2019;34:132-43. <https://doi.org/10.30944/20117582.107>

Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons - BY-NC-ND <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

## Introducción

El tórax es la región más frecuentemente afectada en los pacientes politraumatizados, con una incidencia aproximada del 45 al 65 %. Asimismo, es la causa más común de mortalidad en este tipo de pacientes, con cifras que alcanzan hasta el 25 %, tan solo superada por los traumatismos craneales graves <sup>1,2</sup>.

El primero en describir una lesión pulmonar en ausencia de trauma de la caja torácica, fue el anatomista italiano Morgagni en 1761 <sup>3</sup>. Los pulmones suelen lesionarse directa o indirectamente, al ocupar gran parte del tórax y encontrarse en íntima relación con las estructuras óseas que los contienen <sup>4</sup>.

El objetivo de este trabajo consistió en hacer una revisión de la literatura científica sobre los traumatismos pulmonares, con especial énfasis en su prevalencia, diagnóstico y tratamiento.

Se hizo una revisión de la literatura científica sobre lesiones pulmonares postraumáticas. Para ello, se llevó a cabo una búsqueda específica mediante las bases de datos Scopus y PubMed, desde 1965 hasta 2018, utilizando las siguientes palabras clave: *pulmonary parenchyma, lung, blunt, penetrating, injury, contusion, laceration*, asociando estas palabras a *trauma*. Se hallaron 2.229 artículos; tras una revisión manual exhaustiva, y aplicando los criterios de inclusión y exclusión, se identificaron 60 series, y se obtuvo un total de 13.654 pacientes (figura 1).

## Incidencia

La incidencia de las lesiones traumáticas pulmonares es difícil de estimar. Los traumatismos torácicos raramente ocurren sin lesión subyacente, puesto que se trata de una región corporal especialmente expuesta y vulnerable.

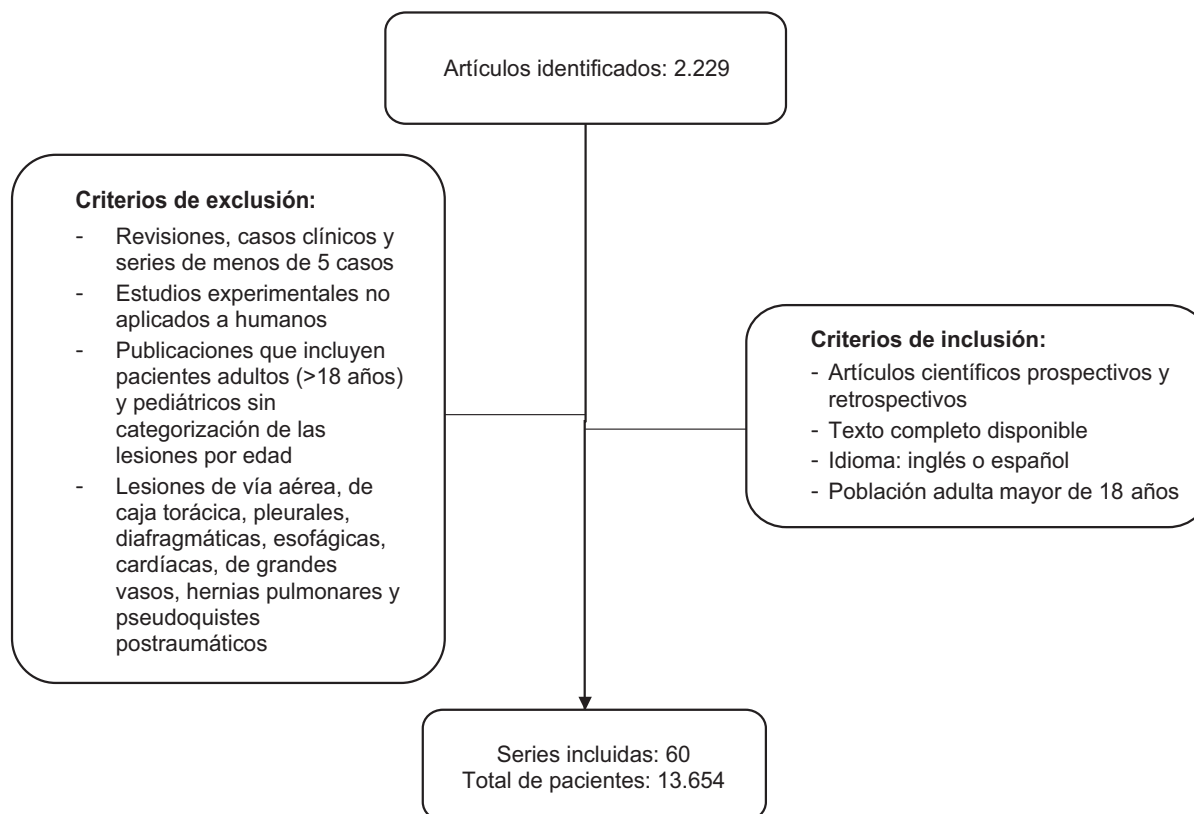


Figura 1. Criterios de inclusión y exclusión usados en el proceso de selección de artículos

Su prevalencia es variable y, para efectos prácticos, pueden dividirse en las que acontecen en la población civil y en aquellas de los heridos en conflictos bélicos <sup>5</sup>.

El rango de prevalencia de la lesión pulmonar fue del 3,4 al 28,8 %, y el 78,5 % de los pacientes eran varones, con una edad media de 30 años, según las series con datos demográficos disponibles <sup>6-47</sup>.

En las situaciones de guerra, estas cifras pueden verse modificadas. La exposición a diferentes mecanismos de lesiones en combate puede conducir a diferentes patrones de incidencias. En la presente revisión, cinco series con un total de 4.938 pacientes pertenecían a este grupo <sup>48-52</sup>. De la serie más reciente reportada por Keneally y Szpiskaj <sup>48</sup> en el 2013, entre los pacientes lesionados en operaciones militares en Irak y Afganistán, el 10 % sufrieron traumatismos torácicos y, de estos, el 54,2 % presentaron lesiones pulmonares. Sobre la epidemiología en este contexto en la literatura, Belmont, *et al.* <sup>53</sup>, analizaron una cohorte de heridos de guerra, incluidas las lesiones torácicas, en la cual observaron una edad media de 26 años y una población predominantemente masculina (98,8 %).

### Mecanismos de las lesiones

El mecanismo de lesión del trauma pulmonar se divide en contuso y penetrante. Su distribución varía según las series (tabla 1). Tras analizar los datos, 2.568 (78 %) de las lesiones pulmonares fueron contusas, mientras que 725 (22 %) fueron de origen penetrante. No obstante, el medio en el que acontecen dichas lesiones puede variar esta proporción.

En la población civil, el principal mecanismo de lesión fue el contuso en el 80,8 %, lo cual coincide con publicaciones recientes que lo identifican hasta en el 98 % en el trauma torácico <sup>54</sup>. Hasta el 78 % de los traumatismos torácicos contusos son secundarios a accidentes de tránsito, seguido de las caídas, aproximadamente, en el 20 % <sup>30</sup>, datos que se asimilan a los de esta revisión. A medida que la edad de la población estudiada aumenta, la incidencia de las caídas

**Tabla 1.** Mecanismo de lesión pulmonar en el traumatismo torácico

Autor y año (pacientes, n)	Contuso n	Penetrante n
Moguissi, <i>et al.</i> , <sup>7</sup> 1971 (6)	6	0
Roscher, <i>et al.</i> , <sup>32</sup> 1974 (62)	62	0
Bugge-Asperheim, <i>et al.</i> , <sup>31</sup> 1980 (18)	18	0
Tsehai, <i>et al.</i> , <sup>50</sup> 1980 (66)	0	66
Bowling, <i>et al.</i> , <sup>43</sup> 1985 (8)	2	6
Thompson, <i>et al.</i> , <sup>46</sup> 1988 (61)	11	50
Wiencek, <i>et al.</i> , <sup>47</sup> 1988 (25)	0	25
Arajärvi, <i>et al.</i> , <sup>56</sup> 1989 (123)	123	0
Jones, <i>et al.</i> , <sup>8</sup> 1989 (32)	32	0
Kishikawa, <i>et al.</i> , <sup>57</sup> 1991 (32)	32	0
Shapiro, <i>et al.</i> , <sup>45</sup> 1992 (30)	30	0
Roostar, <i>et al.</i> , <sup>9</sup> 1993 (73)	0	73
Marts, <i>et al.</i> , <sup>10</sup> 1994 (106)	106	0
Stewart, <i>et al.</i> , <sup>11</sup> 1997 (32)	12	20
Wall, <i>et al.</i> , <sup>33</sup> 1998 (16)	0	16
Stanić <sup>49</sup> , 1998 (50)	0	50
Wall, <i>et al.</i> , <sup>13</sup> 1998 (27)	0	27
Velmahos, <i>et al.</i> , <sup>35</sup> 1999 (40)	0	40
Rashid, <i>et al.</i> , <sup>58</sup> 2000 (81)	75	6
Miller, <i>et al.</i> , <sup>34</sup> 2001 (49)	0	49
Karmy-Jones, <i>et al.</i> , <sup>36</sup> 2001 (143)	28	115
Karmy-Jones, <i>et al.</i> , <sup>79</sup> 2001 (107)	16	91
Cothren, <i>et al.</i> , <sup>14</sup> 2002 (36)	2	34
Hoth, <i>et al.</i> , <sup>55</sup> 2003 (28)	8	20
Amital, <i>et al.</i> , <sup>37</sup> 2009 (13)	13	0
Nishiumi, <i>et al.</i> , <sup>59</sup> 2010 (27)	27	0
Wang, <i>et al.</i> , <sup>39</sup> 2011 (60)	60	0
Strumwasser, <i>et al.</i> , <sup>38</sup> 2011 (106)	106	0
De Moya, <i>et al.</i> , <sup>19</sup> 2011 (274)	274	0
Clarke, <i>et al.</i> , <sup>19</sup> 2011 (12)	0	12
Halonen-Watras, <i>et al.</i> , <sup>44</sup> 2011 (7)	2	5
Becher, <i>et al.</i> , <sup>40</sup> 2012 (202)	202	0
Bilello, <i>et al.</i> , <sup>20</sup> 2013 (163)	163	0
Stübig, <i>et al.</i> , <sup>21</sup> 2013 (28)	28	0
Subhani, <i>et al.</i> , <sup>23</sup> 2014 (164)	164	0
Chou, <i>et al.</i> , <sup>42</sup> 2014 (88)	88	0
Turkalj, <i>et al.</i> , <sup>60</sup> 2014 (47)	47	0
Alisha, <i>et al.</i> , <sup>41</sup> 2015 (16)	16	0
Daurat, <i>et al.</i> , <sup>24</sup> 2016 (329)	329	0
Elbaih, <i>et al.</i> , <sup>25</sup> 2016 (22)	22	0
Pyke, <i>et al.</i> , <sup>27</sup> 2017 (60)	60	0
Mahmood, <i>et al.</i> , <sup>26</sup> 2017 (226)	226	0
Boddaert, <i>et al.</i> , <sup>29</sup> 2017 (20)	0	20
Bader, <i>et al.</i> , <sup>28</sup> 2018 (178)	178	0
Total (N=3.293)	2.568 (78 %)	725 (22 %)

como causa de lesiones pulmonares superan la de los accidentes automovilísticos<sup>27</sup>. Asimismo, en cuanto al tipo de traumatismo penetrante, predominaron las heridas pulmonares por arma de fuego sobre las producidas por arma blanca<sup>9,11,14,18,29,33,35,36,43,44,47,55</sup>.

Por otro lado, en el terreno de combates, predominó el mecanismo penetrante<sup>48-50</sup>. Sin embargo, cabe mencionar que los patrones clásicos de lesión en este contexto están cambiando, y se ha invertido la proporción de heridos por arma de fuego respecto a aquellos heridos por explosivos. Dada su estructura, el parénquima pulmonar es particularmente vulnerable a la onda expansiva. De las series analizadas, hasta el 48,5 % de las lesiones pulmonares fueron originadas por un mecanismo explosivo, mientras que el 40 % fueron secundarias a lesiones por arma de fuego<sup>51,52</sup>.

A pesar de que la explosión como mecanismo de lesión pulmonar es excepcional en la población civil, existen estudios que revelan que puede suceder en el contexto de los accidentes domésticos, por lo que debe ser considerada. En este análisis, se incluyó una serie de 9 de 71 pacientes con contusión pulmonar tras una explosión por un escape de gas<sup>16</sup>.

### Lesiones asociadas

Los traumatismos torácicos graves se asocian con lesiones extratorácicas en el 70 al 90 % de los pacientes<sup>60</sup>. La lesión pulmonar no suele tratarse de una lesión aislada debido, principalmente, a su disposición anatómica. De hecho, en múltiples ocasiones puede incluso pasar desapercibida, sobretodo en el traumatismo cerrado, probablemente debido a su frecuente asociación con otras lesiones aparentemente más graves<sup>58</sup>. DeMuth describió en 1965 la aparición de una lesión pulmonar aislada únicamente en 14,9 % de los pacientes<sup>6</sup>.

Las lesiones intratorácicas más frecuentes fueron las fracturas costales (englobando aquellos casos de tórax inestable) en el 42,3 %, seguidas de hemotórax y neumotórax en el 22,5 % y en el 21,7 %, respectivamente (tabla 2). Respecto

**Tabla 2.** Lesiones intratorácicas asociadas

Tipo o localización de la lesión	n	%
Fractura costal <sup>6,7,12,19,22,28,31,32,34,37,39,42,43,57,59</sup>	763	42,3
Hemotórax <sup>7,12,19,22,28,31,32,37,39,43,50,59</sup>	406	22,5
Neumotórax <sup>7,12,19,22,31,32,37,39,43,50,59</sup>	393	21,7
Vascular <sup>7,13,14,33,36,47,59</sup>	87	4,8
Corazón <sup>6,13,14,36,37,43,47,59</sup>	32	1,8
Contusión de caja torácica o hematoma extrapleural <sup>59</sup>	24	1,3
Enfisema subcutáneo <sup>43,59</sup>	23	1,3
Columna torácica <sup>6,13,14,59</sup>	19	1,1
Diafragma <sup>6,7,13,14,43,59</sup>	15	0,8
Disrupción traqueobronquial <sup>7,36,43,46</sup>	10	0,6
Fractura clavicular <sup>37,59</sup>	10	0,6
Fractura escapular <sup>13,37,59</sup>	8	0,4
Fractura esternal <sup>37,59</sup>	7	0,4
Neumomediastino <sup>59</sup>	3	0,2
Esófago <sup>36</sup>	2	0,1
Conducto torácico <sup>14</sup>	1	0,1
Embolia gaseosa	0	0
Total	1.803	100

a las lesiones vasculares, se incluyeron el hilio pulmonar, los grandes vasos, y las arterias subclavia y mamaria interna.

En cuanto a las lesiones asociadas extratorácicas (tabla 3), las fracturas de huesos largos y las pélvicas fueron incluidas como “musculo-esqueléticas”, etiquetando como ‘pelvis’ a aquellos órganos alojados en dicha localización, como las vías urinarias y la vejiga, siendo los únicos órganos lesionados en esta región. Se incluyeron bajo el ítem ‘cabeza’ a aquellas lesiones intracraneales y óseas, incluso las fracturas faciales. De todas las lesiones extratorácicas, las óseas, las craneales y las intraabdominales fueron las más numerosas, 38 %, 33,9 % y 27,4 %, respectivamente.

El traumatismo torácico cerrado tiene más probabilidades de presentar múltiples lesiones asociadas<sup>11,23,38,55,58</sup>. La mayoría de las fracturas de la caja torácica se deben a traumatismos contusos de gran impacto, y la fractura costal es la más comúnmente relacionada con las lesiones pulmonares, y se encuentran presentes hasta en el 60 % de los casos de tórax inestable<sup>61</sup>. Las fracturas escapulares y las esternales son un ha-

**Tabla 3.** Lesiones asociadas extratorácicas

Localización de los órganos afectados	n	%
Musculoesquelético <sup>6,7,13,32,34,26,28,39,42,59</sup>	315	38,0
Cabeza y cuello <sup>14,15,22,28,32,34,39,42,43,59</sup>	281	33,9
Abdomen <sup>6,7,13,14,22,28,32,34,39,42,43,47,59</sup>	227	27,4
Pelvis <sup>6,59</sup>	6	0,7
Total	829	100

llazgo excepcional, y se reportan hasta en el 8 %. El neumotórax es causado principalmente por fracturas costales que conducen a laceraciones pulmonares <sup>30</sup>. En la presente revisión, el neumomediastino se relacionó con el traumatismo pulmonar contuso <sup>58</sup>, y se ha podido atribuir al efecto Macklin, cuyo mecanismo principal es la rotura alveolar que condiciona la fuga aérea que diseca hacia el mediastino. El neumomediastino de dicha etiología puede aparecer hasta en el 10 %, y son menos frecuentes la rotura traqueo-bronquial y la lesión esofágica como posibles causas <sup>62</sup>.

Las lesiones pulmonares penetrantes tienden a limitarse al tórax, con la consiguiente afectación de las estructuras que se encuentran en su mismo trayecto <sup>30,59</sup>. En cerca del 15 % de los pacientes con lesiones pulmonares centrales, estas se asocian con daño del hilio pulmonar <sup>13</sup>. La embolia gaseosa, a pesar de ser excepcional, ocurre sobre todo en presencia de heridas parenquimatosas penetrantes, aunque también se ha descrito en las contusas <sup>63</sup>. Esto sucede debido a la creación de una comunicación entre una disrupción traqueo-bronquial o laceración pulmonar con el sistema venoso pulmonar <sup>33,64</sup>; de ahí, la necesidad del control vascular del hilio pulmonar independientemente del control hemorrágico <sup>11</sup>. En la serie de Karney-Jones, *et al.* <sup>36</sup>, en la que las lesiones pulmonares fueron en su mayoría penetrantes (80,4 %), predominaron las lesiones esofágicas, las cardíacas, las vasculares y las traqueo-bronquiales, resultados que coinciden con otras series estudiadas <sup>58</sup>.

## Clasificación

La *American Association for the Surgery of Trauma* (AAST) estableció una escala de lesiones pulmonares postraumáticas en 1994 (tabla 4) <sup>65</sup>. Con esta escala se determina el grado de lesión pulmonar basándose, fundamentalmente, en una descripción anatómica, y califica de 1 a 5 la gravedad de las lesiones <sup>66</sup>. En la literatura médica, se describen dos tipos de lesión pulmonar: la contusión y la laceración.

La contusión pulmonar se define como una hemorragia alveolar producida por las fuerzas de desaceleración aplicadas sobre la pared torácica <sup>45,67,68</sup>. Se produce hasta en el 75 % de los traumatismos torácicos cerrados, incidencia que no ha cambiado desde los años 80 <sup>31,69,70</sup>, y aparece en el 79,3 % de los pacientes incluidos <sup>6,8,10,12,15-17,19-32,34,37-42,45,48,51,52,56-58,60,71-73</sup>.

**Tabla 4.** Escala de lesión pulmonar de la *American Association for the Surgery of Trauma* (AAST) <sup>65</sup>

Grado <sup>a</sup>	Tipo de lesión	Descripción <sup>b</sup>
I	Contusión	Unilateral, <1 lóbulo
II	Contusión	Unilateral, un único lóbulo
	Laceración	Neumotórax simple
III	Contusión	Unilateral, >1 lóbulo
	Laceración	Fuga aérea persistente (>72 horas) de la vía aérea distal
	Hematoma	No expansivo, intraparenquimatoso
IV	Laceración	Fuga aérea mayor (segmentaria o lobar)
	Hematoma	Expansivo, intraparenquimatoso
	Vascular	Disrupción vascular de una rama principal intrapulmonar
V	Vascular	Disrupción vascular hilar
VI	Vascular	Sección completa del hilio pulmonar

<sup>a</sup>. Escalar un grado en caso de lesiones múltiples hasta grado III. El hemotórax se puntúa con la escala de lesión vascular torácica.

<sup>b</sup>. Basada en la evaluación más precisa durante la autopsia, la cirugía o el estudio radiológico.

La escala TTS (*Thoracic Trauma Severity*) al ingreso, descrita por Pape, *et al.*<sup>74</sup>, predice con precisión la aparición del síndrome agudo de dificultad respiratoria del adulto en los pacientes con traumatismo torácico cerrado y contusión pulmonar<sup>24</sup>, y considera al intercambio gaseoso o al estado clínico del paciente como los principales determinantes en la evaluación del riesgo respiratorio y en el pronóstico<sup>25</sup>, elementos que no se evalúan en la escala AIS (*Abbreviated Injury Scale*) ni en el puntaje ISS (*Injury Severity Score*).

Las laceraciones pulmonares se objetivan con menos asiduidad, son más habituales tras los traumatismos penetrantes y son responsables hasta del 50 % de las hemorragias intratorácicas tras traumatismos torácicos cerrados, en cuyo caso se suelen acompañar de fracturas costales<sup>59</sup>. Su incidencia fue del 20,6 %<sup>7,9,11,13,14,18,19,29,30,33,35,36,42-44,46-50,52,55,56,58,59,71,73,75-77</sup>.

## Diagnóstico

Las manifestaciones clínicas de una lesión pulmonar pueden ser insidiosas y los hallazgos radiográficos hacerse evidentes de forma tardía. El mecanismo de lesión y su sospecha son imprescindibles para el diagnóstico<sup>67</sup>. Es importante tener en cuenta que estos pacientes pueden presentar síntomas y signos de hemo neumotórax, y se debe prestar especial atención a las lesiones concomitantes. Los pacientes rara vez presentan hemoptisis<sup>7,32,51</sup>.

La radiografía y la tomografía computarizada (TC) son los dos métodos diagnósticos principales. A pesar de recurrirse a la radiografía como primera herramienta diagnóstica, esta puede que no identifique inicialmente los cambios parenquimatosos ya que, generalmente, se hacen visibles cuatro a seis horas después de la lesión. Hasta el 60 % de las contusiones pulmonares aisladas presentan una radiografía inicial positiva<sup>19</sup>. Un número escaso de contusiones de las series analizadas se diagnosticaron radiográficamente como consolidaciones bien definidas. En los casos de laceración pulmonar, estas consolidaciones se asociaron habitualmente con la aparición de hemotórax, neumotórax o ambos<sup>6-8,12,20,22,23,28,32,41,45,50,57-59,72</sup>.

En cambio, la TC presenta una gran sensibilidad y permite tanto la clasificación como la cuantificación de las lesiones pulmonares, y es la herramienta de elección para el diagnóstico precoz<sup>10,19,39,73</sup>. Wagner demostró en 1989 que las laceraciones pulmonares a menudo se subdiagnosticaban mediante la radiografía simple<sup>71</sup>. Además, introdujo una clasificación de laceración pulmonar basada en los hallazgos de la TC, según su ubicación y el mecanismo traumático, que posteriormente se ha seguido utilizando (tabla 5).

La laceración más frecuente fue la de tipo III, encontrada habitualmente en los pacientes de mayor edad, sujetos a un mayor número de fracturas costales debido a la pérdida de la elasticidad de la caja torácica<sup>67</sup>, seguida en frecuencia por la de tipo I. Cabe destacar que la mayoría de las laceraciones o de los desgarros parenquimatosos importantes se diagnosticaron intraoperatoriamente, debido, principalmente, a la inestabilidad hemodinámica de los pacientes<sup>7,9,11,13,14,18,33,35,36,43,44,46,47,49,55,59,75,77</sup>. La TC también ha de-

**Tabla 5.** Clasificación de Wagner para la laceración pulmonar diagnosticada por tomografía<sup>71</sup>

Tipo de laceración	Descripción	n (%)
I <sup>30,71</sup>	Lesión pulmonar central, producida por un desgarro entre el parénquima pulmonar y el árbol traqueobronquial	72 (31,2)
II <sup>30,71</sup>	Lesión tubular localizada en los lóbulos inferiores, producida por la compresión de la caja torácica inferior contra los cuerpos vertebrales	30 (13)
III <sup>42,71</sup>	Lesión pequeña, redondeada y de localización periférica, frecuentemente asociada con fracturas costales y neumotórax	126 (54,5)
IV <sup>71</sup>	Desgarro pulmonar por tracción de adherencias pleuropulmonares, previamente formadas sobre el parénquima	3 (1,3)
Total		231 (100)

mostrado ser la mejor técnica diagnóstica para visualizar las contusiones pulmonares, y se han propuesto métodos para estimar su tamaño con el fin de establecer su pronóstico e identificar los pacientes de alto riesgo<sup>10,15-17,19,20,22,23-26,28,30,34,38-42,60,71-73</sup>.

La localización anatómica de dichas lesiones no se describe normalmente; Moguissi fue el primer autor de las series estudiadas en hacerlo<sup>7</sup>. Las lesiones parenquimatosas cuya localización se reportó, fueron aquellas que requirieron cirugía; se encontraron por igual en el pulmón derecho y en el izquierdo, y fueron más frecuentes en los lóbulos inferiores<sup>7,13,43,58</sup>. Asimismo, se observaron lesiones pulmonares centrales, algunas con daño del hilio pulmonar<sup>47,77</sup>. Entre los hallazgos radiológicos relevantes en la contusión, cabe mencionar su distribución y el número de lóbulos afectados<sup>38</sup>, fueron unilaterales y bilaterales en la misma proporción, con afectación de más de dos lóbulos en la mayoría de las series<sup>17,23-26,34,42</sup>.

La ecografía en el trauma torácico ha demostrado su utilidad, sobre todo en el diagnóstico del neumotórax y del hemotórax. En ninguna de las series estudiadas, se utilizó como técnica diagnóstica principal de las lesiones pulmonares, aunque en algunos pacientes puede resultar útil como herramienta adicional para visualizar dichas lesiones asociadas indicativas de daño parenquimatoso<sup>59</sup>.

La colocación de un tubo intratorácico puede ser tanto diagnóstica como terapéutica<sup>7,8,42,50,58,75</sup>, y ayuda a establecer la indicación de toracotomía. Nishiumi, *et al.*<sup>59</sup>, reportaron la dificultad para rescatar los pacientes con traumatismo torácico cerrado del choque hemorrágico, en función de las indicaciones de toracotomía según el volumen drenado por el tubo intratorácico, dictadas por las guías actuales<sup>78</sup>. Karmy-Jones, *et al.*<sup>79</sup> consideran que un componente significativo del retraso de la intervención quirúrgica, parece estar relacionado con el período prolongado de observación de lo drenado por el tubo intratorácico, especialmente, después de un traumatismo contuso. El riesgo de muerte aumenta 3,2 veces cuando se comparan 1.500 ml con 500 ml o menos.

Con base en este aumento de la mortalidad, vale la pena considerar el practicar una toracotomía en estos pacientes dentro de las 24 horas de su hospitalización, aunque no presenten signos de choque. Al utilizar este criterio, es posible simplificar las indicaciones de toracotomía para no depender solamente del resultado del tubo intratorácico ya que, en efecto, la mortalidad no se relaciona con el momento en que practique la toracotomía, sino con la cantidad de la pérdida sanguínea, con lo cual se evita distraerse con el concepto del último resultado horario del tubo intratorácico.

Entre las herramientas diagnósticas invasivas, se encuentra la videotoracoscopia, que permite la evaluación directa del parénquima pulmonar con la ventaja de poder tratar simultáneamente las lesiones<sup>66</sup>. De esta forma, Paci, *et al.*, diagnosticaron y trataron los pacientes con estabilidad hemodinámica, con lesiones pulmonares y fuga aérea persistente<sup>76</sup>.

## Tratamiento

La contusión pulmonar merece especial atención ya que, si no se trata precozmente, puede llevar a una insuficiencia respiratoria con consecuencias fatales<sup>31,45</sup>, aunque esto puede ser difícil de evaluar debido a que la mayoría de los pacientes presentan importantes lesiones asociadas<sup>27</sup>.

El arsenal terapéutico incluye: la oxigenoterapia, el correcto mantenimiento del equilibrio hídrico, la fisioterapia respiratoria agresiva, el uso de nebulizadores cuando corresponda y la adecuada analgesia<sup>28,58</sup>. Estas medidas, asociadas a corticoides según algunos autores, se han usado desde los años 80, con escasas variaciones. La utilidad de la administración profiláctica de antibióticos no está ampliamente demostrada<sup>6,8,17,70</sup>. Históricamente, las estrategias en el manejo de la fluidoterapia se han ido alejando de la reanimación agresiva. No obstante, en la actualidad, todavía no existe un consenso en cuanto al tipo y el volumen de líquidos que se les debe aportar a estos pacientes<sup>58</sup>.

Respecto a las contusiones graves, pueden ser necesarias la intubación y la asistencia respirato-

ria mecánica<sup>8,10,12,19,20,26,37,41</sup>. La tabla cinética, cuyo fundamento se basa en la mejora del intercambio gaseoso con los cambios posturales, también se ha utilizado como medida efectiva<sup>45</sup>.

Aunque la mayoría de los pacientes puede tratarse de forma conservadora mediante el tubo intratorácico<sup>9,50</sup>, la toracotomía debe practicarse sin demora cuando sea necesario, especialmente en los pacientes inestables hemodinámicamente<sup>11,47</sup>. Esta se practica en cerca del 10 al 15 % de los traumatismos penetrantes<sup>9,36,58</sup>. Entre el 5 y el 20 % de los traumatismos torácicos, cerrados o penetrantes, requieren diversos grados de reparación pulmonar<sup>36,46</sup>, y llegan a cifras del 61,5 % en una de las series estudiadas<sup>9</sup>. La serie más numerosa en este contexto fue la de Karmy-Jones, *et al.*, en la que 143 pacientes (31 %) requirieron algún tipo de resección pulmonar<sup>36</sup>. De todas las toracotomías urgentes, se procedió a la resección parenquimatosa en el 17 % tras un traumatismo contuso y en el 40 % tras una lesión penetrante, cifras que superan a las reportadas en la literatura científica<sup>36</sup>. Entre las opciones de tratamiento quirúrgico, se encuentran la neumorrafia, la resección en cuña, la tractotomía, la lobectomía y la neumonectomía.

Las laceraciones pulmonares extensas y centrales, a menudo, requieren lobectomía o neumonectomía<sup>7,9,11,14,29,35,36,43,46,49,52,59,77</sup>. En la serie reportada por Karmy-Jones, *et al.*, el 25 % de los pacientes requirió algún tipo de resección mayor, lo cual supera la incidencia publicada<sup>36</sup>. La lobectomía anatómica se practicó en poco más del 50 %, a diferencia de la lobectomía mecánica, cifra que supera de nuevo a las de otras series, aunque no se han demostrado diferencias significativas entre los dos tipos de abordaje.

La morbilidad asociada con estas técnicas<sup>11,26,35,43</sup> ha motivado un cambio importante en la cirugía del trauma pulmonar con el desarrollo de nuevas maniobras, en las últimas dos décadas<sup>36,44,46</sup>. Las técnicas de preservación pulmonar han ido abriéndose camino con buenos resultados<sup>13,33,35</sup>.

La tractotomía con ligadura vascular selectiva se desarrolló paralelamente con la hepatotomía para las lesiones hepáticas traumáticas y está

indicada, fundamentalmente, en pacientes relativamente estables. Esta técnica quirúrgica ha evolucionado desde su descripción original en 1994 por Wall, *et al.*, quienes reportaron excelentes resultados en su serie de 16 pacientes con heridas pulmonares penetrantes<sup>33</sup>. Inicialmente, practicaron una tractotomía utilizando pinzas vasculares y suturando el parénquima pulmonar. Posteriormente, Wall<sup>13</sup> y Velmahos, *et al.*<sup>35</sup>, introdujeron una modificación que incluye el uso de endograpadoras lineales a lo largo del trayecto de la herida, lo cual facilita la identificación y el tratamiento de las lesiones subyacentes al abrir el parénquima. Esto permitió el control de la hemorragia y de la fuga del aire sin necesidad de resecciones formales más agresivas en la mayoría de pacientes.

Recientemente, la tractotomía mecánica ha demostrado ser rápida y efectiva, lo cual enfatiza la necesidad de resecciones mínimas y sencillas, propias de la cirugía de control de daños<sup>13,14,35,36</sup>. Generalmente, no es necesario reforzar la línea de grapas, a no ser que el parénquima incluido sea demasiado grueso<sup>13</sup>. En los pacientes con lesiones en más de un lóbulo pulmonar, las maniobras ahorradoras de parénquima pulmonar como esta, pueden evitar una cirugía más radical, y se recomiendan siempre que sea factible y que el estado clínico del paciente lo permita.

Generalmente, las lesiones periféricas pueden repararse mediante resecciones pulmonares atípicas (o en cuña), aunque esta decisión depende de su tamaño<sup>9,11,14,29,35,36,49,59,77</sup>. La neumorrafia se lleva a cabo, principalmente, en la reparación de laceraciones superficiales<sup>9,29,35,36,46,49,77</sup>. Este tipo de lesión raramente requiere intervención quirúrgica, por lo que, a pesar de que fue la técnica mayoritaria entre las resecciones menores (seguida de la tractotomía), cada vez es menos común<sup>35</sup>. Se debe prestar especial atención en no dejar una cavidad subyacente durante la sutura primaria, ya que esto aumenta el riesgo de hemorragia recurrente y de embolia gaseosa. Por esta razón, las heridas que atraviesan el pulmón nunca deben manejarse suturando los orificios de entrada y salida sin haber inspeccionado el parénquima a lo largo de su trayecto<sup>35</sup>.



El pinzamiento o la sujeción con pinzas del hilio pulmonar es una maniobra rápida y eficaz para el control inmediato de la hemorragia, y es especialmente útil en las lesiones pulmonares centrales<sup>13,46,47,58,77</sup>. La mortalidad en tales casos es alta, sobre todo en aquellos pacientes que requieren una neumonectomía asociada en el caso de imposibilidad de reparación vascular, pero en quienes dicho procedimiento puede salvarles la vida<sup>11,47,77</sup>.

La cirugía asistida por videotoracosopia se ha convertido en una alternativa mínimamente invasiva para el tratamiento de las lesiones pulmonares, asociada al drenaje de colecciones pleurales residuales, cuando esté indicado. De esta forma, se repararon las laceraciones pulmonares de 54 pacientes<sup>42,58,76</sup>.

Al final de cualquier procedimiento, la reexpansión pulmonar permite revisar minuciosamente la hemostasia y la presencia de fugas de aire. Asimismo, especialmente después de una tractotomía, ante la aparición de necrosis parenquimatosa de los bordes de las heridas, se aconseja el desbridamiento mediante la resección del tejido isquémico<sup>35</sup>.

## Morbilidad

Las contusiones pulmonares aumentan el riesgo de síndrome agudo de dificultad respiratoria del adulto, descrito hasta en el 45 % de los casos, así como de disfunción respiratoria a largo plazo. Esto, a su vez, aumenta la probabilidad de la necesidad de asistencia respiratoria mecánica y, por tanto, de neumonía asociada; esta última se ha descrito hasta en el 35 % de los casos<sup>8,17,22,31,34,37,39,57,60,67</sup>. La medición del volumen de la contusión permite identificar los pacientes en riesgo de desarrollar dicho síndrome. Los pacientes con más del 20 % de volumen pulmonar afectado, presentaron mayor riesgo de complicaciones respiratorias, mayor necesidad de asistencia respiratoria mecánica y estadias prolongadas en la unidad de cuidados intensivos<sup>10,19,26-28,34,37-40,70</sup>. Además, el síndrome agudo de dificultad respiratoria del adulto se asoció a períodos más prolongados de asistencia respiratoria mecánica y mayores necesidades de presión positiva respiratoria<sup>32,73</sup>.

Los procedimientos ahorradores de parénquima pulmonar se asocian, en general, con menores tasas de morbilidad frente a las resecciones mayores, en la reparación de las lesiones pulmonares graves, y llegan prácticamente al doble en este segundo grupo<sup>14</sup>. Las complicaciones aparecieron hasta en el 50 % del total de los procedimientos; entre las más frecuentes, se presentaron neumonía y dificultad respiratoria, además de fuga aérea y empiema<sup>9,13,14,33,35,43,44,46,50</sup>. La fuga aérea se produjo hasta en el 40 %, y algunos pacientes requirieron reparación del muñón bronquial<sup>44</sup>. El empiema se diagnosticó hasta en el 11 %, el cual se resolvió en determinados casos con decorticación en un segundo tiempo quirúrgico<sup>46</sup>.

## Mortalidad

En los artículos revisados se consideraron como factores de mal pronóstico la inestabilidad hemodinámica, el grado de lesión y el traumatismo cerrado, fundamentalmente, debido a las lesiones asociadas. Los traumatismos torácicos contusos son responsables del 20 al 25 % de las muertes en el paciente politraumatizado<sup>19,28,71</sup>; además, requieren resecciones pulmonares más extensas<sup>36</sup>.

La combinación entre el choque hemorrágico y la necesidad de toracotomía, asociada a algún tipo de resección mayor, fue la principal causa de mortalidad hasta en el 60 % de los pacientes, según algunas series<sup>43,46,47,59,77</sup>. La mortalidad aumenta a medida que lo hace la complejidad de la técnica quirúrgica; las resecciones menores se asocian con un mejor pronóstico<sup>14,36</sup>. Las resecciones anatómicas, como la lobectomía, presentaron una mortalidad hasta del 77 %<sup>14,36</sup>, aumentando al 80 o al 100 % en el caso de la neumonectomía<sup>43,46</sup>. En cambio, se presentó una mortalidad del 15 al 20 % después de la tractotomía<sup>13,33,36</sup>.

La contusión pulmonar conlleva tasas de mortalidad que oscilan entre el 10 y el 40 %<sup>6,22,31,32,34,41,42,45</sup>, y alcanzan el 50 % cuando se asocia con el síndrome agudo de dificultad respiratoria del adulto<sup>19,39</sup>. Las contusiones unilaterales presentaron un mejor pronóstico que las bilaterales<sup>23</sup>.

## Conclusiones

Las lesiones pulmonares que requieren toracotomía son poco habituales. Sin embargo, ante condiciones de gravedad, como la inestabilidad hemodinámica del paciente, debemos recurrir a ella sin demora.

La tractotomía pulmonar mecánica se ha convertido en el procedimiento de preservación pulmonar por excelencia, al cual se recurre cada vez con mayor frecuencia. Otras técnicas más simples, como la neumorrafia o las resecciones atípicas, se llevan a cabo con bastante frecuencia.

Se recomienda optar por técnicas de preservación pulmonar en la cirugía de control de daños siempre que sea posible, teniendo en cuenta que las resecciones mayores, incluida la neumonectomía, pueden ser indispensables debido a la gravedad de la lesión. Por lo tanto, todo cirujano de trauma debe estar familiarizado con un abanico de procedimientos que puedan salvar la vida del paciente.

A pesar de los recientes avances en la cirugía de trauma, las lesiones pulmonares, en especial las que requieren resecciones mayores, se caracterizan por su asociación con altas tasas de morbimortalidad.

**Conflicto de interés:** ninguno reportado.

**Fuente de financiación:** autofinanciado.

## Referencias

- Miele V, Buquicchio GL, Piccolo CL, Stasolla A, Galuzzo M. Lung injury. In: Scaglione M, Linsenmaier U, Schueller G, Berger F, Wirth S, editors. Emergency radiology of the chest and the cardiovascular system. Basel, Switzerland: Springer; 2016. p. 3-121. doi: 10.1007/174\_2016\_51
- Požgain Z, Kristek D, Lovrić I, Kondža G, Jelavić M, Kocur J, *et al.* Pulmonary contusions after blunt chest trauma: Clinical significance and evaluation of patient management. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2018;44:773-7. doi: 10.1007/s00068-017-0876-5
- Ganie FA, Lone H, Lone GN, Wani ML, Singh S, Dar AM, *et al.* Lung contusion: A clinico-pathological entity with unpredictable clinical course. *Bull Emerg Trauma.* 2013;1:7-16.
- Miller DL, Mansour KA. Blunt traumatic lung injuries. *Thorac Surg Clin.* 2007;17:57-61.
- Asensio JA, Petrone P, Pérez-Alonso A, Templin T, Shetty S, Pust GD, *et al.* Operative management of pulmonary injuries: Lung-sparing and formal resections. In: Asensio JA, Trunkey D, editors. Current therapy of trauma and surgical critical care. Second edition. Philadelphia: Elsevier; 2016. p. 260-73.
- DeMuth WE, Smith JM. Pulmonary contusion. *Am J Surg.* 1965;109:819-23.
- Moguissi K. Laceration of the lung following blunt trauma. *Thorax.* 1971;26:223-8.
- Jones NS. An audit of the management of 250 patients with chest trauma in a regional thoracic surgical centre. *Arch Emerg Med.* 1989;6:97-106.
- Roostar L. Indications for surgery in penetrating chest injuries. *Ann Chir Gynaecol.* 1993;82:177-81.
- Marts B, Durham R, Shapiro M, Mazuski JE, Zuckerman D, Sundaram M, *et al.* Computed tomography in the diagnosis of blunt thoracic injury. *Am J Surg.* 1994;168:688-92.
- Stewart KC, Urschel JD, Nakai SS, Gelfand ET, Hamilton SM. Pulmonary resection for lung trauma. *Ann Thorac Surg.* 1997;63:1587-8.
- Voggenreiter G, Neudeck F, Aufmkolk M, Obertacke U, Schmit-Neuerburg KP. Operative chest wall stabilization in flail chest--outcomes of patients with or without pulmonary contusion. *J Am Coll Surg.* 1998;187:130-8.
- Wall MJ Jr, Villavicencio RT, Miller CC 3rd, Aucar JA, Granchi TA, Liscum KR, *et al.* Pulmonary tractotomy as an abbreviated thoracotomy technique. *J Trauma.* 1998;45:1015-23.
- Cothren C, Moore EE, Biffl WL, Franciose RJ, Offner PJ, Burch JM. Lung-sparing techniques are associated with improved outcome compared with anatomic resection for severe lung injuries. *J Trauma.* 2002;53:483-7.
- Leone M, Albanèse J, Rousseau S, Antonini F, Dubuc M, Alliez B, *et al.* Pulmonary contusion in severe head trauma patients: Impact on gas exchange and outcome. *Chest.* 2003;124:2261-6.
- Busche MN, Gohritz A, Seifert S, Herold C, Ipatkchi R, Knobloch K, *et al.* Trauma mechanisms, patterns of injury, and outcomes in a retrospective study of 71 burns from civil gas explosions. *J Trauma.* 2010;69:928-33.
- Perna V, Morera R. Prognostic factors in chest traumas: A prospective study of 500 patients. *Cir Esp.* 2010;87:165-70.
- Clarke DL, Quazi MA, Reddy K, Thomson SR. Emergency operation for penetrating thoracic trauma in a metropolitan surgical service in South Africa. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142:563-8.
- de Moya MA, Manolakaki D, Chang Y, Amygdalos I, Gao F, Alam HB, *et al.* Blunt pulmonary contusion: Admission computed tomography scan predicts mechanical ventilation. *J Trauma.* 2011;71:1543-7.
- Bilello JF, Davis JW, Cagle KM, Kaups KL. Predicting extubation failures in blunt trauma pa-

- tients with pulmonary contusion. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;75:229-33.
21. Stübig T, Brand S, Zeckey C, Beltran MJ, Otte D, Krettek C, *et al.* Thoracic injuries sustained by severely injured front-seat passengers and drivers: Injury patterns and their relationship to crash characteristics. *Int J Inj Contr Saf Promot.* 2013;20:313-20.
  22. Jin H, Tang LQ, Pan ZG, Peng N, Wen Q, Tang YQ, *et al.* Ten-year retrospective analysis of multiple trauma complicated by pulmonary contusion. *Mil Med Res.* 2014;1:7. doi: 10.1186/2054-9369-1-7
  23. Subhani SS, Muzaffar MS, Siddiqui FR. Blunt thoracic trauma -an analysis of 264 patients in Rawalpindi, Pakistan. *J Pak Med Assoc.* 2014;64:375-8.
  24. Daurat A, Millet I, Roustan JP, Maury C, Taourel P, Jaber S. Thoracic trauma severity score on admission allows to determine the risk of delayed ARDS in trauma patients with pulmonary contusion. *Injury.* 2016;47:147-53.
  25. Elbaih A, Elshaboury I, Kalil N, El-Aouty H. Evaluation of thoracic trauma severity score in predicting the outcome of isolated blunt chest trauma patients. *Int J Surg Med.* 2016;2:100-6.
  26. Mahmood I, El-Menyar A, Younis B, Ahmed K, Nabir S, Ahmed MN, *et al.* Clinical significance and prognostic implications of quantifying pulmonary contusion volume in patients with blunt chest trauma. *Med Sci Monit.* 2017;23:3641-8.
  27. Pyke OJ Jr, Rubano JA, Vosswinkel JA, McCormack JE, Huang EC, Jawa RS. Admission of elderly blunt thoracic trauma patients directly to the intensive care unit improves outcomes. *J Surg Res.* 2017;219:334-40.
  28. Bader A, Rahman U, Morris M, McCormack JE, Huang EC, Zawin M, *et al.* Pulmonary contusions in the elderly after blunt trauma: Incidence and outcomes. *J Surg Res.* 2018;230:110-6.
  29. Boddaert G, Mordant P, Le Pimpec-Barthes F, Martinod E, Aguir S, Leprince, P *et al.* Surgical management of penetrating thoracic injuries during the Paris attacks on 13 November 2015. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017;51:1195-202.
  30. Ozmen CA, Onat S, Aycicek D. Radiologic findings of thoracic trauma. *Ther Clin Risk Manag.* 2017;13:1085-9.
  31. Bugge-Asperheim B, Svennevig JL, Birkeland S. Haemodynamic and metabolic consequences of lung contusion following blunt chest trauma. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg.* 1980;14:295-9.
  32. Roscher R, Bittner R, Stockmann U. Pulmonary contusion. *Arch Surg.* 1974;109:508-10.
  33. Wall MJ Jr, Villavicencio RT, Miller CC 3rd, Aucar JA, Granchi TA, Liscum KR, *et al.* Pulmonary tractotomy as an abbreviated thoracotomy technique. *J Trauma.* 1998;45:1015-23.
  34. Miller PR, Croce MA, Bee TK, Qaisi WG, Smith CP, Collins GL, *et al.* ARDS after pulmonary contusion: Accurate measurement of contusion volume identifies high-risk patients. *J Trauma.* 2001;51:223-8.
  35. Velmahos GC, Baker C, Demetriades D, Goodman J, Murray JA, Asensio JA. Lung-sparing surgery after penetrating trauma using tractotomy, partial lobectomy, and pneumonorrhaphy. *Arch Surg.* 1999;134:186-9.
  36. Karmy-Jones R, Jurkovich GJ, Shatz DV, Brundage S, Wall MJ Jr, Engelhardt S, *et al.* Management of traumatic lung injury: A Western Trauma Association Multicenter review. *J Trauma.* 2001;51:1049-53.
  37. Amital A, Shitrit D, Fox BD, Raviv Y, Fuks L, Terner I, *et al.* Long-term pulmonary function after recovery from pulmonary contusion due to blunt chest trauma. *Isr Med Assoc J.* 2009;11:673-6.
  38. Strumwasser A, Chu E, Yeung L, Miraflor E, Sadjadi J, Victorino GP. A novel CT volume index score correlates with outcomes in polytrauma patients with pulmonary contusion. *J Surg Res.* 2011;170:280-5.
  39. Wang S, Ruan Z, Zhang J, Jin W. The value of pulmonary contusion volume measurement with three-dimensional computed in predicting acute respiratory distress syndrome development. *Ann Thorac Surg.* 2011; 92:1977-83.
  40. Becher RD, Colonna AL, Enniss TM, Weaver AA, Crane DK, Martin RS, *et al.* An innovative approach to predict the development of adult respiratory distress syndrome in patients with blunt trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73:1229-35.
  41. Alisha C, Gajanan G, Jyothi H. Risk factors affecting the prognosis in patients with pulmonary contusion following chest trauma. *J Clin Diagn Res.* 2015;9:OC17-9.
  42. Chou YP, Kuo LC, Soo KM, Tarng YW, Chiang HI, Huang FD, *et al.* The role of repairing lung lacerations during video-assisted thoracoscopic surgery evacuations for retained haemothorax caused by blunt chest trauma. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;46:107-11.
  43. Bowling R, Mavroudis C, Richardson JD, Flint LM, Howe WR, Gray LA Jr. Emergency pneumonectomy for penetrating and blunt trauma. *Am Surg.* 1985;51:136-9.
  44. Halonen-Watras J, O'Connor J, Scalea T. Traumatic pneumonectomy: A viable option for patients in extremis. *Am Surg.* 2011;77:493-7.
  45. Shapiro MJ, Keegan MJ. Continuous oscillation therapy for the treatment of pulmonary contusion. *Am Surg.* 1992;58:546-50.
  46. Thompson DA, Rowlands BJ, Walker WE, Kuykendall RC, Miller PW, Fischer RP. Urgent thoracotomy for pulmonary or tracheobronchial injury. *J Trauma.* 1988;28:276-80.
  47. Wiencek RG Jr, Wilson RF. Central lung injuries: A need for early vascular control. *J Trauma.* 1988;28:1418-24.
  48. Keneally R, Szpisjak D. Thoracic trauma in Iraq and Afghanistan. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;74:1292-7.

49. Stanić V. The advantages of limited resection vs. suture in the primary management of penetrating lung war wounds. *Vojnosanit Pregl.* 1998;55:583-90.
50. Tsehai G, Wolde-Michael G. Treatment of penetrating wounds of the chest. *Ethiop Med J.* 1980;18:81-9.
51. Smith JE. The epidemiology of blast lung injury during recent military conflicts: A retrospective database review of cases presenting to deployed military hospitals, 2003-2009. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2011;366:291-4.
52. Propper BW, Gifford SM, Calhoon JH, McNeil JD. War-time thoracic injury: Perspectives in modern warfare. *Ann Thorac Surg.* 2010;89:1032-5.
53. Belmont PJ Jr, McCrskin BJ, Sieg RN, Burks R, Schoenfeld AJ. Combat wounds in Iraq and Afghanistan from 2005 to 2009. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73:3-12.
54. Fallouh H, Dattani-Patel R, Rathinam S. Blunt thoracic trauma. *Surgery.* 2017;35:262-8.
55. Hoth JJ, Scott MJ, Bullock TK, Stassen NA, Franklin GA, Richardson JD. Thoracotomy for blunt trauma: Traditional indications may not apply. *Am Surg.* 2003;69:1108-11.
56. Arajärvi E, Santavirta S. Chest injuries sustained in severe traffic accidents by seatbelt wearers. *J Trauma.* 1989;29:37-41.
57. Kishikawa M, Yoshioka T, Shimazu T, Sugimoto H, Yoshioka T, Sugimoto T. Pulmonary contusion causes long-term respiratory dysfunction with decreased functional residual capacity. *J Trauma.* 1991;31:1203-8.
58. Rashid MA, Wikström T, Ortenwall P. Outcome of lung trauma. *Eur J Surg.* 2000;166:22-8.
59. Nishiumi N, Inokuchi S, Oiwa K, Masuda R, Iwazaki M, Inoue H. Diagnosis and treatment of deep pulmonary laceration with intrathoracic haemorrhage from blunt trauma. *Ann Thorac Surg.* 2010;89:232-8.
60. Turkalj I, Petrović K, Stojanović S, Petrović D, Brakus A, Ristić J. Blunt chest trauma-an audit of injuries diagnosed by the MDCT examination. *Vojnosanit Pregl.* 2014;71:161-6.
61. Bastos R, Calhoon JH, Baisden CE. Flail chest and pulmonary contusion. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;20:39-45.
62. Carzolio-Trujillo HA, Navarro-Tovar F, Padilla-Gómez CI, Hernández-Martínez IA, Herrera-Enríquez J. Blunt chest trauma with pneumomediastinum and pneumoperitoneum secondary to Macklin effect. Case report. *Cir Cir.* 2016;84:409-14. doi: 10.1016/j.cir-cir.2015.05.055
63. Mercurio I, Capano D, Torre R, Taddei A, Troiano G, Scialpi M, et al. A case of fatal cerebral air embolism after blunt lung trauma: Postmortem computed tomography and autopsy findings. *Am J Forensic Med Pathol.* 2018;39:61-8. doi: 10.1097/PAF.0000000000000375
64. Boffard KD. Manual of definitive surgical trauma care. Fourth edition. Boca Raton, FL: CRC Press; 2016. p. 342.
65. Moore EE, Malangoni MA, Cogbill TH, Shackford SR, Champion HR, Jurkovich GJ, et al. Organ injury scaling. IV: Thoracic vascular, lung, cardiac, and diaphragm. *J Trauma.* 1994;36:299-300.
66. Petrone P, Asensio JA. Surgical management of penetrating pulmonary injuries. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2009;17:8. doi: 10.1186/1757-7241-17-8
67. Cohn SM, Dubose JJ. Pulmonary contusion: An update on recent advances in clinical management. *World J Surg.* 2010;34:1959-70.
68. Durso AM, Caban K, Munera F. Penetrating thoracic injury. *Radiol Clin North Am.* 2015;53:675-93.
69. Zreik NH, Francis I, Ray A, Rogers BA, Ricketts DM. Blunt chest trauma: Soft tissue injury in the thorax. *Br J Hosp Med.* 2016;77:78-83. doi: 10.12968/hmed.2016.77.2.78
70. Freixinet J, Ramírez ME, Gallardo G, Moreno P. Traumatismos torácicos. *Arch Bronconeumol.* 2011;47(Suppl.3):9-14.
71. Wagner RB, Jamieson PM. Pulmonary contusion. Evaluation and classification by computed tomography. *Surg Clin North Am.* 1989;69:31-40.
72. Błasińska-Przerwa K, Pachó R, Bistry I. The application of MDCT in the diagnosis of chest trauma. *Pneumonol Alergol Pol.* 2013;81:518-26.
73. Lang P, Kulla M, Kerwagen F, Lefering R, Friemert B, Palm HG. The role of whole-body computed tomography in the diagnosis of thoracic injuries in severely injured patients - a retrospective multi-centre study based on the trauma registry of the German trauma society (Trauma Register DGU®). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2017;25:82. doi: 10.1186/s13049-017-0427-4
74. Pape HC, Remmers D, Rice J, Ebisch M, Krettek C, Tscherne H. Appraisal of early evaluation of blunt chest trauma: Development of a standardized scoring system for initial clinical decision making. *J Trauma.* 2000;49:496-504.
75. Mattila SP. Penetrating chest injuries. *Ann Chir Gynaecol Fenn.* 1974;63:297-303.
76. Paci M, Annessi V, de Franco S, Ferrari G, Sgarbi G. Videothoroscopic evaluation of thoracic injuries. *Chir Ital.* 2002;54:335-9.
77. Mokoena T. Emergency surgery for major pulmonary injury. *J Coll Physicians Surg Pak.* 2016;26:60-2. doi: 01.2016/JCPSP.6062
78. ATLS Subcommittee; American College of Surgeons' Committee on Trauma; International ATLS working group. Advanced trauma life support (Student Course Manual ATLS®). 9<sup>th</sup> edition. Chicago, IL; 2012. p. 392.
79. Karmy-Jones R, Jurkovich GJ, Nathens AB, Shatz DV, Brundage S, Wall MJ Jr, et al. Timing of urgent thoracotomy for hemorrhage after trauma: A multicenter study. *Arch Surg.* 2001;136:513-8.