

# 烧伤合并吸入性损伤的治疗及预测因素的研究进展

孙永霞 晁生武\*

青海大学附属医院 青海西宁 810000

**摘要:** 吸入性损伤在烧伤患者中较为常见,是烧伤患者三大死亡原因之一。吸入性损伤会增加严重并发症和死亡的风险。既往在吸入性损伤的诊断和治疗上已经积累了丰富的临床经验,但是对于一些新的循证学证据及诊疗措施的认识仍十分有限。本文讨论了新的治疗策略[如气管插管、机械通气、纤维支气管镜灌洗治疗、体外膜肺氧合(ECMO)支持等]及预测因素[如预测烧伤患者吸入性损伤的机器学习方法、预测吸入性损伤的严重程度、预测吸入性损伤及肺炎的风险、预测吸入性损伤患者的死亡率等],总结了针对吸入性损伤治疗和预测因素的新的综合方案以及循证学证据。吸入性损伤的救治是多方面、多学科的综合诊疗,深入探讨诊疗的新原则与新策略对于提高救治水平具有重要的临床意义。

**关键词:** 烧伤;吸入性损伤;呼吸支持;预测因素

全世界每年约有18万人死于热烧伤。大多数烧伤可以在当地医院治疗,但6.5%需要专业烧伤护理。严重烧伤患者的初步急诊评估、复苏和重症监护面临着重大挑战,需要多学科的方法。复苏室对这些患者的管理会影响重症监护室持续护理的有效性<sup>[1]</sup>。在美国每年估计有60万人遭受烧伤,值得紧急护理<sup>[2]</sup>。管理严重烧伤是一个高度复杂的过程,需要专门的护理和基础设施来改善结果。大面积烧伤,特别是超过50%TBSA的烧伤,发病率和死亡率很高,年龄、严重程度和吸入性损伤等因素会影响预后。多学科方法对于治疗至关重要,不仅要解决烧伤问题,还要解决全身并发症,来预防多器官功能衰竭甚至死亡的发生<sup>[3]</sup>。

吸入性损伤是预测烧伤患者死亡率的重要因素。大约80%的火灾死亡不是由于呼吸道烧伤,而是由于吸入有毒产品,特别是一氧化碳和氰化氢气体。吸入性损伤通常是由热烧伤引起的,主要局限于上呼吸道。吸入性损伤可能会出现主要的气道、肺部和全身并发症,从而增加烧伤患者的死亡率<sup>[4]</sup>。吸入性损伤与早期发病率和死亡率的增加有关,但与出院后死亡率或再入院无关。这些发现对与患者和家属共同决策以及评估初次住院后的医疗利用率具有重要意义<sup>[5]</sup>。

尽管在管理烧伤患者的吸入性损伤方面拥有丰富的经验,但它们仍然是发病率和死亡率的重要原因。诊断和准确测量其损伤是复杂的,治疗基本上是基于支持措施。考虑到挑战、影响和潜在的严重性,吸入性损伤代表了一个有前景的研究领域,需要进一步的研究来理解

和促进其更好的发展<sup>[6]</sup>。

## 一、治疗

### (一) 液体复苏

在第三军医大学(TMMU)方案的指导下,患有吸入性损伤的严重烧伤患者可能不需要额外的液体给药<sup>[7]</sup>。通过研究单独使用白蛋白或晶体进行烧伤复苏,以设计未来的前瞻性随机试验的研究表明白蛋白的使用与年龄较大、烧伤较大和较深以及就诊时更严重的器官功能障碍有关。当初始晶体速率高于预期目标并提高输入/输出(I/O)比时,开始补充白蛋白。在最初的24小时内收到的液体等于或高于帕克兰公式的估计值<sup>[8]</sup>。通过进行相关性和线性回归分析。得出尽管全层烧伤面积(FTBA)和部分厚度烧伤面积(PTBA)在统计学上存在差异,但在估计该患者组的复苏容量要求时,可能不需要区分它们。应进一步研究不同深度的流体<sup>[9]</sup>。研究表明不能否认吸入性损伤对输血量没有影响的零假设。烧伤面积较大、患者年龄较大、机械通气和血流感染是严重烧伤患者输率的重要决定因素<sup>[10]</sup>。大容量液体复苏在严重烧伤的早期治疗中仍然是不可替代的。目前,临床上常用每小时尿量指标来指导液体复苏。美国烧伤协会实践指南建议,滴定输液可使尿液排出量达0.5 ~ 1.0 mL/(kg·h)<sup>[11]</sup>。

### (二) 呼吸支持

#### 1. 气管插管

目前吸入性损伤气管切开术的理想时机和实施方式尚未确定。研究表明气管切开术与更长的住院时间和肺炎有关。潜在的肺损伤与气管切开术本身对这些观察结

果的影响尚不清楚。吸入性损伤严重程度的挑战仍然存在<sup>[12]</sup>。在面部烧伤患者的管理中,常规体检中的阳性体征可能并不总是预示着吸入性损伤和急诊中气管插管的需要。应更加关注呼吸急促和体表面积高的面部烧伤患者。对于没有吸入性损伤的面部烧伤患者,由于其相关的损伤和治疗,需要气道保护<sup>[13]</sup>。通过多变量逻辑回归分析显示,预防性气管切开术、不进行气管切开术和机械通气是影响呼吸道感染的独立危险因素<sup>[14]</sup>。研究发现严重烧伤患者在院前经常接受过量液体给药,这与血流动力学稳定性或预后无关。在队列研究中,患者经常在院前插管,这与死亡率增加有关。进一步的研究和急救医务人员培训应侧重于充分使用液体,并对院前插管的禁忌症和适应症做出谨慎的决策<sup>[15]</sup>。在疑似吸入性损伤的患者中,pH值和PaO<sub>2</sub>:FiO<sub>2</sub>比值(P/F比值)是适当插管的良好预测因素。将这些参数纳入ABA插管标准提高了它们的临床实用性<sup>[16]</sup>。

## 2. 机械通气

使用国家烧伤资料库(NBR)来确定皮肤烧伤和吸入性损伤患者的住院情况的研究结果表明,对于该数据库中的患者,高压氧(HBO)是死亡率的独立预测因素。很难确定国家烧伤资料库(NBR)中吸入性损伤的严重程度,因此接受HBO治疗的患者理论上可能会有更严重的吸入性损伤。机械通气是严重烧伤患者生命支持的重要手段。然而,延长机械通气(PMV)会增加并发症的发生率和住院时间<sup>[17]</sup>。高频振荡通气(HFOV)可能对有或没有急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征(ARDS)的烟雾吸入性损伤的烧伤患者有益,因为它可以改善氧合并最大限度地减少呼吸机引起的肺损伤。它也可能在改善爆炸性肺损伤、肺挫伤、伴有大量漏气的气胸和ARDS的创伤患者的氧合方面发挥作用;然而,其对死亡率的益处尚不清楚。尽管一些研究显示了与高频振荡通气(HFOV)相关的前景和改善的结果,但我们建议将其用作常规通气失败患者的救援方式<sup>[18]</sup>。研究表明严重烧伤患者入院时ABSI%、吸入性损伤、白蛋白和乳酸是延长机械通气(PMV)的危险因素。此外,在我们的研究中,PMV组的呼吸机相关并发症高于非PMV组<sup>[19]</sup>。特重度烧伤合并重度吸入性损伤患者行呼吸机辅助通气治疗时采取呼吸机同步间歇指令通气(SIMV)模式,辅以低呼气末正压(PEEP)并给予小潮气量(VT)的保护性通气,可维持患者的呼吸功能,纠正缺氧状态,通气后3天每天复查动脉血气分析PO<sub>2</sub>、PCO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、Lac四项指标结果趋于满意,无相关呼吸机并发症发生,值得大力推广<sup>[20]</sup>。

## (三) 雾化治疗药物

### 1. 肝素

在常规气雾剂治疗的基础上,肝素雾化吸入可以进一步减少肺损伤,改善肺功能,缩短持续机械通气时间(DOMV)和住院时间,降低死亡率,尽管它不能降低肺炎的发生率和/或计划外再插管率。凝血异常的病理生理机制可能是由烟雾吸入性损伤(SII)引起的。肝素雾化吸入是治疗肺部疾病的常见方法<sup>[21]</sup>。通过研究旨在动物模型中使用荟萃分析来检验雾化肝素对SII的有效性。结果表明肝素雾化吸入似乎对SII更有效,并改善了心肺功能<sup>[22]</sup>。通过肝素/N-乙酰半胱氨酸:烧伤吸入性损伤治疗的佐剂:不同剂量的研究,得出结论:雾化肝素10000IU可降低肺损伤评分和机械通气持续时间,但对ICU住院时间和死亡率没有影响。此外,雾化肝素10000IU是安全的,对凝血参数没有影响<sup>[23]</sup>。研究表明,可吸入肝素和己酮可可碱的生产是可行的,并且可能成为更传统的全身给药途径的一种有吸引力的给药替代方案<sup>[24]</sup>。

### 2. 肾上腺素

烧伤和烟雾吸入引起的急性肺损伤(BSI-ALI)的严重程度与肺泡和间质水肿、支气管痉挛和气管粘膜充血有关。此前报道了肾上腺素雾化对BSI-ALI的有益作用。然而,雾化肾上腺素有益作用的潜在机制尚不清楚。研究表明,雾化肾上腺素比沙丁胺醇或苯肾上腺素更有效地改善了BSI-ALI的严重程度,这可能是由于其 $\alpha$ 1-和 $\beta$ 2-激动剂的联合特性有关<sup>[25]</sup>。通过雾化肾上腺素限制烧伤和烟雾吸入损伤绵羊肺血管对水和蛋白质的通透性的研究。得出结论:在未来对烧伤和烟雾吸入性损伤患者的临床研究中,应考虑使用雾化肾上腺素<sup>[26]</sup>。

### 3. 纤维支气管镜灌洗

纤维支气管镜气道灌洗(FBAL)治疗极重度烧伤合并严重吸入性损伤患者有效。它可以改善肺部的氧合状态,减少患者的全身炎症反应,缩短机械通气和ICU住院时间,降低并发症的发生率<sup>[27]</sup>。电子支气管镜-肺泡灌洗治疗重度吸入性损伤患者效果显著,可以进行临床推广应用<sup>[28]</sup>。纤维支气管镜局部灌洗治疗可有效的降低烧伤伴吸入性损伤患者血清炎症因子水平,改善患者的肺功能,减少肺部并发症的发生率<sup>[29]</sup>。

### 4. 体外膜肺氧合

目前关于体外膜肺氧合(ECMO)在吸入性损伤中的文献有限,但越来越多的证据表明,对于常规治疗失败的严重烟雾吸入性损伤的治疗应包括ECMO。烧伤是

世界上最令人衰弱的伤害之一，也是儿童意外残疾和死亡的主要原因之一<sup>[30]</sup>。通过研究儿童在接受ECMO治疗后，烧伤患者的呼吸和循环系统明显改善。因此，ECMO是支持烧伤患者的可行替代方案<sup>[31]</sup>。回顾体外膜肺氧合（ECMO）在成年患者群体中治疗烧伤和烟雾吸入损伤的作用。尽管越来越多的证据支持ECMO作为成年患者群体烧伤治疗的一种选择，但如果预计会有成功的结果，则应考虑采用这种策略<sup>[32]</sup>。研究结果显示，接受体外膜肺氧合治疗的烧伤患者死亡风险更高。然而，选定的患者，包括吸入性损伤患者和Baux评分超过90的患者，将从治疗中受益。作者建议，对于吸入性损伤或Baux评分超过90的烧伤患者，应考虑进行治疗并尽早转移到体外膜肺氧合中心。分析体外膜肺氧合（ECMO）治疗烧伤并发急性呼吸窘迫综合征（ARDS）的临床效果<sup>[33]</sup>。研究表明：ECMO是烧伤并发ARDS抢救治疗的有效策略。此外，在使用ECMO的过程中，应强调出血、感染和器官功能障碍的预防和治疗。更重要的是，烧伤循证指南<sup>[34]</sup>。对于严重烧伤并发吸入性损伤和ARDS的患者，体外生命支持（ECLS）可能是改善持续低氧血症的挽救性治疗方法。然而，血流动力学支持的疗效有限。确定明确的ECLS适应症和严格的患者选择将有助于改善临床结果<sup>[35]</sup>。

### 5. 吸入性损伤的创新治疗方法。

研究探讨了涂有聚N-异丙基丙烯酰胺（PNIPAM）、聚乙二醇（PEG）和盐酸氨溴索（AH）的痰液可穿透磁性纳米粒子（MNP<sub>s</sub>）的修复潜力和潜在机制（MNP<sub>s</sub>@PNIPAM-AH@PEG）作为吸入性损伤的创新治疗方法。PNIPAM涂层是一种热响应聚合物，旨在增强外部刺激下的靶向药物释放。PEG组分旨在减轻疏水排斥和静电力，促进纳米试剂渗透粘液屏障，这是吸入性损伤治疗的障碍。PEG的亲水性与磁性吸引的NP相结合，能够深入渗透粘附在粘液上皮上的粘液层。热效应打破MNP的外层热壳，加速药物释放，溶解痰液，减少炎症。结果显示，通过显著减少炎症、增强粘液纤毛清除和促进组织修复，改善了治疗效果。此外MNP<sub>s</sub>@PNIPAM-AH@PEG-NP<sub>s</sub>在体外和体内均表现出良好的生物相容性和生物安全性。这项研究强调了MNP<sub>s</sub>@PNIPAM-AH@PEG-NP<sub>s</sub>作为吸入性损伤的一种新型治疗策略，为急诊医学和呼吸护理的创新治疗铺平了道路<sup>[36]</sup>。

## 二、预测因素

### （一）预测烧伤患者吸入性损伤的机器学习方法

利用机器学习方法来识别预测轻度和重度吸入性损

伤的风险因素，以及烧伤患者是否经历过吸入性损伤。研究了两种二分法模型预测临床结果的能力，包括死亡率、肺炎和住院时间。目前开发了第一个机器学习工具，用于区分轻度和重度吸入性损伤，以及烧伤患者是否存在吸入性损伤。当支气管镜检查无法立即进行时，这很有帮助。两种模型预测的二分分类与临床结果相关<sup>[37]</sup>。

### （二）预测吸入性损伤的严重程度

全身表面积（TBSA）、III°烧伤面积（占总TBSA的百分比）、呼吸道感染病例、ARDS发病率、死亡率、急性生理学和慢性健康评估II、肺损伤预测评分、乳酸、白细胞（WBC）、丙氨酸转氨酶、血尿素氮、血清肌酐和尿酸是随着SII严重程度的增加而升高的指标。然而，红细胞、血红蛋白、血小板计数、总蛋白、白蛋白和白蛋白/球蛋白随着SII严重程度的增加而降低（ $P < 0.05$ ）。白细胞 $> 20.91$ （ $10^9/l$ ）是严重吸入性损伤的可靠指标。乳酸 $> 9.60$ （ $mmol/l$ ）在预测吸入性损伤患者ARDS发展方面具有很高的准确性。血红蛋白 $< 83.00$ （ $g/l$ ）在预测死亡率方面具有很高的准确性。总之，突出显示的评估参数可用于制定改进的治疗计划，以预防病情恶化（如休克、ARDS、多器官功能障碍综合征和死亡）<sup>[38]</sup>。休克期血清PCT水平是评估烧伤严重程度的潜在指标，而感染期PCT水平可作为严重全身感染的预警指标。休克和感染期间PCT峰值水平高表明预后不良的风险增加，因此需要有针对性的治疗<sup>[39]</sup>。

### （三）预测吸入性损伤及肺炎的风险

高呼吸系统序贯器官衰竭评估（SOFA）评分是严重烧伤患者住院期间吸入性损伤的一个强有力的独立预测因素。当与TBSA结合使用时，呼吸SOFA评分可以动态评估患者肺损伤的严重程度，并提高预测水平<sup>[40]</sup>。通过回顾性研究纳入了546名吸入性损伤的烧伤患者。他们被分为训练队列和验证队列。采用最小绝对收缩和选择算子（LASSO）回归分析和二元逻辑回归分析来识别肺炎的危险因素。基于这些因素，构建了一个预测烧伤吸入性损伤患者肺炎的列线图。受试者工作特征曲线下面积（AUC）、校准图和决策曲线分析（DCA）用于评估训练和验证队列中列线图的效率。肺炎风险列线图可以准确预测烧伤合并吸入性损伤患者患肺炎的风险，帮助专业人员在早期识别高危患者，并做出明智的临床决策<sup>[41]</sup>。

### （四）预测吸入性损伤患者的死亡率

烧伤程度和年龄是吸入性损伤患者死亡的独立危险因素<sup>[42]</sup>。研究发现，烧伤时间越长，吸入性损伤和深度烧伤是死亡的最有效因素。修订后的Baux（R Baux）和

简化烧伤严重程度指数 (ABSI) 评分在预测死亡率方面具有很高的价值<sup>[43]</sup>。通过年龄、自伤、皮肤烧伤面积和机械通气需求被确定为独立预测因素, 因此制定了 mABSI (1-17量表)。开发并验证了准确预测住院死亡率的改良的简化烧伤严重程度 (mABSI)<sup>[44]</sup>。通过比较了几种烧伤死亡率评分系统及其预测死亡率。患者的烧伤严重程度指数 (ABSI) 评分估计死亡率与我们的死亡率相似。因此, 人们认为 ABSI 包括所有与死亡率相关的参数<sup>[45]</sup>。烧伤是一种严重的伤害。天冬氨酸转氨酶与丙氨酸转氨酶比值 (De Ritis 比值, 定义为天冬氨酸转氨酶与丙氨酸转氨酶比值, 可用于预测不良结果。研究结论显示: 术前 De Ritis 比率是烧伤手术后 1 年死亡率的危险因素。De Ritis 比值 >1.9 与烧伤手术后 1 年死亡率增加显著相关。这些发现强调了识别 De Ritis 比率增加的烧伤患者以降低烧伤手术后死亡率的重要性<sup>[46]</sup>。De Ritis 比值可作为严重烧伤患者的预后指标, 可以通过血液检查方便地获得。无论预测的是 30 天还是 90 天的死亡率, 准确率仍然很高。此外, 与血清白蛋白水平相比, De Ritis 比值在评估大面积烧伤患者的预后方面更为优越<sup>[47]</sup>。研究表明在我们的全球研究人群中, 年龄较大、TBSA 较高、ARDS 和肺炎是死亡率的独立预测因素。年龄较大和 TBSA 较高是唯一被发现可以预测吸入性损伤患者死亡率的独立因素<sup>[48]</sup>。

### 结论

烧伤吸入性损伤是烧伤相关死亡和发病的主要原因。尽管发布了实践指南, 但对于吸入性损伤的诊断和管理最佳策略尚未达成共识。对于不同严重程度的吸入性损伤的最佳诊断和管理存在不确定性。未来的研究应调查支气管镜下烧伤吸入性损伤分级的准确性、不同严重程度组支气管灌洗的价值以及不同严重程度吸入性损伤雾化治疗的有效性。严重烧伤吸入性损伤是危重烧伤患者死亡的重要危险因素。治疗方式数量有限, 缺乏明确的诊断标准或分级系统来指导治疗方式, 阻碍了医疗专业人员评估和管理吸入性损伤。需要进一步临床研究来解决这一严重问题, 以更好地为这一患者群体服务。

### 参考文献

[1] Gwyn-Jones, A., Afolabi, T., Bonney, S., Gurusinge, D., Tridente, A., Mahambrey, T., & Nee, P. (2024). Major burns in adults: a practice review. *Emerg Med J*, 41(10), 630-634.

[2] Ivanko, A., Garbuzov, A. E., Schoen, J. E., Kearns, R.,

Phillips, B., Murata, E., Danos, D., Phelan, H. A., & Carter, J. E. (2024). The Burden of Burns: An Analysis of Public Health Measures. *J Burn Care Res*, 45(5), 1095-1097.

[3] Bordeanu-Diaconescu EM, Grosu-Bularda A, Frunza A, Andrei GM, Costache RA, Dumitru CS, Neagu TP, Lascar I, Hariga CS. The Impact of Burns Involving Over 50% of Total Body Surface Area – a Six-Year Retrospective Study. *Maedica (Bucur)*. 2024 Jun;19(2):247-254.

[4] Megahed, M. A., Ghareeb, F., Kishk, T., El-Barah, A., Abou-Gereda, H., El-Fol, H., El-Sisy, A., & Omran, A. M. (2008). Blood gases as an indicator of inhalation injury and prognosis in burn patients. *Ann Burns Fire Disasters*, 21(4), 192-198.

[5] Witt, C. E., Stewart, B. T., Rivara, F. P., Mandell, S. P., Gibran, N. S., Pham, T. N., & Arbabi, S. (2021). Inpatient and Postdischarge Outcomes Following Inhalation Injury Among Critically Injured Burn Patients. *J Burn Care Res*, 42(6), 1168-1175.

[6] Herdy Guerra Avila, J. E., Aniceto Santana, L., Rabelo Suzuki, D., Maldaner da Silva, V. Z., Duarte, M. L., Mizusaki Imoto, A., & Ferreira Amorim, F. (2024). Frequency, complications, and mortality of inhalation injury in burn patients: A systematic review and meta-analysis protocol. *PLoS One*, 19(4), e0295318.

[7] Xiao, S., Pan, Z., Li, H., Zhang, Y., Li, T., Zhang, H., & Ning, J. (2024). The impact of inhalation injury on fluid resuscitation in major burn patients: a 10-year multicenter retrospective study. *Eur J Med Res*, 29(1), 283.

[8] Greenhalgh, D. G., Cartotto, R., Taylor, S. L., Fine, J. R., Lewis, G. M., Smith, D. J., Jr., Marano, M. A., Gibson, A., Wibbenmeyer, L. A., Holmes, J. H., Rizzo, J. A., Foster, K. N., Khandelwal, A., Fischer, S., Hemmila, M. R., Hill, D., Aballay, A. M., Tredget, E. E., Goverman, J., ... Sood, R. (2023). Burn Resuscitation Practices in North America: Results of the Acute Burn Resuscitation Multicenter Prospective Trial (ABRUPT). *Ann Surg*, 277(3), 512-519.

[9] Ning, F., Jiang, H., Qiu, J., & Wang, L. (2022). Different Depths May Not Determine the Fluid Resuscitation Volume in Early-stage Management of Severe Burns: A Model-comparison Retrospective Analysis of Fluid Volume Determining Factors. *J Burn Care Res*, 43(2), 412-418.

[10] Cartotto, R., Taylor, S. L., Holmes, J. H., Arnoldo, B., Peck, M., Cochran, A., Col, B. T. K., Bhavsar, D.,

Tredget, E. E., Stapelberg, F., Friedman, B., Mozingo, D., Greenhalgh, D., Pollock, B. H., & Palmieri, T. L. (2019). Inhalation Injury Does Not Influence the Amount of Blood Transfused to Major Burn Patients: A Secondary Analysis from the Transfusion Requirement in Burn Care Evaluation Study. *J Burn Care Res*, 40(6), 757–762.

[11]Pham TN, Cancio LC, Gibran NS; American Burn Association. American Burn Association practice guidelines burn shock resuscitation. *J Burn Care Res*. 2008 Jan–Feb;29(1):257–66.

[12]Ruiz, S., Puyana, S., McKenney, M., Hai, S., & Mir, H. (2023). Outcomes of Tracheostomy on Burn Inhalation Injury. *Eplasty*, 23, e43.

[13]Huang RY, Chen SJ, Hsiao YC, Kuo LW, Liao CH, Hsieh CH, Bajani F, Fu CY. Positive signs on physical examination are not always indications for endotracheal tube intubation in patients with facial burn. *BMC Emerg Med*. 2022 Mar 8;22(1):36.

[14]Jiang, Y., Wang, Z. F., Wang, B., Hu, L., Zhu, B., Wu, G., Sun, Y., & Xia, Z. (2021). [Epidemiological characteristics and outcome analysis of inhalation injury patients combined with burn area less than 30% total body surface area in a single center from 2008 to 2016]. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*, 37, 1–10.

[15]Josuttis, D., Kruse, M., Plettig, P., Lenz, I. K., G ü mbel, D., Hartmann, B., Kuepper, S. S., Gebhardt, V., & Schmittner, M. D. (2024). Prehospital treatment of severely burned patients: a retrospective analysis of patients admitted to the Berlin burn centre. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 32(1), 70.

[16]Chotalia, M., Pirrone, C., Ali, M., Mullhi, R., Torlinska, B., Mangham, T., England, K., & Torlinski, T. (2021). The utility of arterial blood gas parameters and chest radiography in predicting appropriate intubations in burn patients with suspected inhalation injury—A retrospective cohort study. *Burns*, 47(8), 1793–1801.

[17]Nygaard, R. M., & Endorf, F. W. (2021). Hyperbaric Oxygen and Mortality in Burns With Inhalation Injury: A Study of the National Burn Repository. *J Burn Care Res*, 42(5), 900–904.

[18]Dilday, J., Leon, D., & Kuza, C. M. (2023). A review of the utility of high–frequency oscillatory ventilation in burn and trauma ICU patients. *Curr Opin Anaesthesiol*,

36(2), 126–131.

[19]Xiao, K., Chen, W. X., & Li, X. J. (2023). Analysis of risk factors of prolonged mechanical ventilation in patients with severe burn injury. *Clin Respir J*, 17(8), 791–798.

[20]曹瑞珂.特重度烧伤合并重度吸入性损伤患者的呼吸机治疗回顾性分析[D].宁夏医科大学, 2019.

[21]Lan, X., Huang, Z., Tan, Z., Huang, Z., Wang, D., & Huang, Y. (2020). Nebulized heparin for inhalation injury in burn patients: a systematic review and meta–analysis. *Burns Trauma*, 8, tkaa015.

[22]Sang, L., Guo, X., Zhao, Y., Shi, J., Niu, Z., Wu, Z., Hou, S., Fan, H., & Lv, Q. (2023). Protective Effect of Nebulized Heparin in the Animal Models of Smoke Inhalation Injury: A Meta–analysis and Systematic Review of Experimental Studies. *J Burn Care Res*, 44(1), 42–52.

[23]Elsharnouby, N. M., Eid, H. E., Abou Elezz, N. F., & Aboelatta, Y. A. (2014). Heparin/N–acetylcysteine: an adjuvant in the management of burn inhalation injury: a study of different doses. *J Crit Care*, 29(1), 182.e181–184.

[24]Thai, A., Xiao, J., Ammit, A. J., & Rohanzadeh, R. (2010). Development of inhalable formulations of anti–inflammatory drugs to potentially treat smoke inhalation injury in burn victims. *Int J Pharm*, 389(1–2), 41–52.

[25]Fukuda, S., Lopez, E., Ihara, K., Niimi, Y., Andersen, C. R., Jacob, S., Cox, R. A., Rojas, J. D., Prough, D. S., & Enkhbaatar, P. (2020). Superior Effects of Nebulized Epinephrine to Nebulized Albuterol and Phenylephrine in Burn and Smoke Inhalation–Induced Acute Lung Injury. *Shock*, 54(6), 774–782.

[26]Lopez, E., Fujiwara, O., Lima–Lopez, F., Suman, O. E., Mlcak, R. P., Hawkins, H. K., Cox, R. A., Herndon, D. N., Prough, D. S., & Enkhbaatar, P. (2016). Nebulized Epinephrine Limits Pulmonary Vascular Hyperpermeability to Water and Protein in Ovine With Burn and Smoke Inhalation Injury. *Crit Care Med*, 44(2), e89–96.

[27]Jiang, N. N., Wang, D. Y., Xi, M. M., Luan, X. G., Jiang, M. J., Li, F., & Xie, W. G. (2020). [Retrospective study of fiberoptic bronchoscopy airway lavage in the treatment of extremely severe burn patients with severe inhalation injury]. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*, 36(4), 252–259.

[28]邱洪亮.电子支气管镜–肺泡灌洗在重度吸入性损伤中的临床应用效果研究[J].智慧健康, 2023, 9(12): 200–204.DOI: 10.19335/j.cnki.2096–1219.2023.12.047.

- [29]王锦涛, 李晓亮, 禹彩霞. 纤维支气管镜局部灌注对吸入性损伤后血清炎症因子及肺功能影响的临床观察[J]. 中国医学工程, 2023, 31(02): 68-72. DOI: 10.19338/j.issn.1672-2019.2023.02.013.
- [30]Peters, R. A., Cancio, J. M., Glenn, K., & Cancio, L. C. (2024). Extracorporeal Membrane Oxygenation in a Patient with Severe Inhalation Injury: Multidisciplinary Burn Team Care. *J Burn Care Res*, 45(3), 796-800.
- [31]Wang, Y., Deng, K., Qian, J., & Tan, L. (2023). Use of extracorporeal membrane oxygenation in children with burn injury: Case report and literature review. *Medicine (Baltimore)*, 102(24), e34029.
- [32]Capoccia, M., Maybauer, D. M., Brewer, J. M., & Maybauer, M. O. (2023). Extracorporeal Life Support in Adult Burn Care: A Systematic Review. *Int J Artif Organs*, 46(6), 321-328.
- [33]Chiu, Y. J., Huang, Y. C., Chen, T. W., King, Y. A., & Ma, H. (2022). A Systematic Review and Meta-Analysis of Extracorporeal Membrane Oxygenation in Patients with Burns. *Plast Reconstr Surg*, 149(6), 1181e-1190e.
- [34]Li, H. S., Yuan, Z. Q., Song, H. P., Luo, Q. Z., Xiang, F., Ma, S. Y., Zhou, J. Y., Tan, J. L., Zhou, L., Peng, Y. Z., & Luo, G. X. (2021). [Clinical application of extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of burn patients with acute respiratory distress syndrome: a retrospective analysis and systematic review]. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*, 37(10), 911-920.
- [35]Huang CH, Tsai CS, Tsai YT, Lin CY, Ke HY, Chen JL, Tzeng YS, Liu HH, Lai CY, Hsu PS. Extracorporeal Life Support for Severely Burned Patients with Concurrent Inhalation Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome: Experience from a Military Medical Burn Center. *Injury*. 2023 Jan;54(1):124-130.
- [36]Waheed, S., Huang, G., Shekh, M., Wang, F., Li, Z., & Wu, J. (2024). A magnetic mucus-penetrating nanoagent boosting phlegm elimination for inhalation injury treatment. *Biomater Sci*, 12(18), 4713-4726.
- [37]Yang SY, Huang CJ, Yen CI, Kao YC, Hsiao YC, Yang JY, Chang SY, Chuang SS, Chen HC. Machine learning approach for predicting inhalation injury in patients with burns. *Burns*. 2023 Nov;49(7):1592-1601.
- [38]Niu Z, Ding Z, Chan Y, Yan L, Zhang W, Wang H, Shi J, Lv Q, Hou S, Guo X, Fan H. Clinical characteristics and predictors of burn complicated with smoke inhalation injury: A retrospective analysis. *Exp Ther Med*. 2022 Nov 9;24(6):758.
- [39]Liu, Z., Li, D., Liu, X., Zhang, B., Zang, Y., Ma, J., Zhang, W., Niu, Y., & Shen, C. (2022). Elevated Serum Procalcitonin to Predict Severity and Prognosis of Extensive Burns. *J Invest Surg*, 35(7), 1510-1518.
- [40]Ji, Q., Tang, J., Li, S., & Chen, J. (2023). Survival and analysis of prognostic factors for severe burn patients with inhalation injury: based on the respiratory SOFA score. *BMC Emerg Med*, 23(1), 1.
- [41]Xie, X., Luo, P., Yuan, H., & Shen, C. (2024). Development and validation of a nomogram for pneumonia risk in burn patients with inhalation injury: a multicenter retrospective cohort study. *Int J Surg*, 110(5), 2902-2909.
- [42]Lam, N. N., & Minh, N. T. N. (2022). Risk Factors For Death And Prognosis Value Of Revised Baux Score For Burn Patients With Inhalation Injury. *Ann Burns Fire Disasters*, 35(1), 41-45.
- [43]G ü r b ü z K, Demir M. Epidemiological and clinical characteristics and outcomes of inpatient burn injuries in older adults: Factors associated with mortality. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2022 Jan;28(2):162-169.
- [44]Yamamoto, R., Shibusawa, T., Aikawa, N., & Sasaki, J. (2021). Modified abbreviated burn severity index as a predictor of in-hospital mortality in patients with inhalation injury: development and validation using independent cohorts. *Surg Today*, 51(2), 242-249.
- [45]Yazıcı H, Uçar AD, Namdaroğlu O, Yıldırım M. Mortality prediction models for severe burn patients: Which one is the best? *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2022 Jun;28(6):790-795.
- [46]Yu, J., Kim, H. Y., Kong, Y. G., Park, J. H., Seo, Y. J., & Kim, Y. K. (2021). De Ritis ratio as a predictor of 1-year mortality after burn surgery. *Burns*, 47(8), 1865-1872.
- [47]Wang B, Hu L, Chen Y, Zhu B, Kong W, Zhu Z, Wang K, Yu Q, Zhang W, Wu G, Sun Y, Xia Z. Aspartate transaminase/alanine transaminase (De Ritis ratio) predicts survival in major burn patients. *Burns*. 2022 Jun;48(4):872-879.
- [48]Monteiro, D., Silva, I., Egipto, P., Magalhães, A., Filipe, R., Silva, A., Rodrigues, A., & Costa, J. (2017). Inhalation injury in a burn unit: a retrospective review of prognostic factors. *Ann Burns Fire Disasters*, 30(2), 121-125.