

# 创伤性肋骨骨折手术治疗中国专家共识 (2021 版)

孔令文<sup>1</sup> 黄光斌<sup>1</sup> 易云峰<sup>2</sup> 都定元<sup>1</sup> 姜保国<sup>3</sup> 高劲谋<sup>1</sup> 张连阳<sup>4</sup> 蒋建新<sup>4</sup>  
白祥军<sup>5</sup> 王天兵<sup>3</sup> 赵兴吉<sup>1</sup> 党星波<sup>6</sup> 李占飞<sup>5</sup> 徐峰<sup>7</sup> 刘中民<sup>8</sup> 王如文<sup>4</sup>  
肖颖彬<sup>9</sup> 吴庆琛<sup>10</sup> 吴春<sup>11</sup> 程黎明<sup>12</sup> 余斌<sup>13</sup> 崔树森<sup>14</sup> 吴京兰<sup>15</sup> 杜工亮<sup>6</sup>  
邓进<sup>16</sup> 胡平<sup>1</sup> 杨俊<sup>1</sup> 杨小锋<sup>17</sup> 曾俊<sup>18</sup> 王海东<sup>19</sup> 戴继刚<sup>9</sup> 符勇<sup>20</sup> 侯立军<sup>21</sup>  
梁贵友<sup>22</sup> 林一丹<sup>23</sup> 谭群友<sup>4</sup> 沈岩<sup>17</sup> 胡培阳<sup>24</sup> 陶宁<sup>25</sup> 王成<sup>26</sup> 王达利<sup>27</sup>  
吴旭<sup>13</sup> 钟永富<sup>28</sup> 喻安永<sup>27</sup> 朱东波<sup>29</sup> 肖仁举<sup>30</sup> 邵标<sup>31</sup>

<sup>1</sup>重庆大学附属中心医院/重庆市急救医疗中心 400014; <sup>2</sup>解放军联勤保障部队第九〇九医院/厦门大学附属东南医院,漳州 363000; <sup>3</sup>北京大学人民医院/国家创伤医学中心 100044; <sup>4</sup>陆军军医大学大坪医院,重庆 400042; <sup>5</sup>华中科技大学同济医学院附属同济医院,武汉 430030; <sup>6</sup>陕西省人民医院,西安 710068; <sup>7</sup>苏州大学附属第一医院 215006; <sup>8</sup>同济大学附属东方医院,上海 200120; <sup>9</sup>陆军军医大学新桥医院,重庆 400037; <sup>10</sup>重庆医科大学附属第一医院 400042; <sup>11</sup>重庆医科大学附属儿童医院 400015; <sup>12</sup>同济大学附属同济医院,上海 200065; <sup>13</sup>南方医科大学南方医院,广州 510515; <sup>14</sup>吉林大学附属中日联谊医院,长春 130033; <sup>15</sup>华中科技大学协和深圳医院 518052; <sup>16</sup>贵州医科大学附属医院,贵阳 550004; <sup>17</sup>浙江大学医学院附属第一医院,杭州 310014; <sup>18</sup>四川省人民医院,成都 610072; <sup>19</sup>陆军军医大学西南医院,重庆 400038; <sup>20</sup>南华大学附属第二医院,衡阳 421099; <sup>21</sup>海军军医大学长征医院,上海 200003; <sup>22</sup>贵州医科大学,贵阳 550004; <sup>23</sup>四川大学华西医院,成都 610044; <sup>24</sup>浙江省天台县人民医院,台州 317299; <sup>25</sup>四川省遂宁市中心医院 629099; <sup>26</sup>海南医学院第一附属医院,海口 570102; <sup>27</sup>遵义医科大学附属医院 563003; <sup>28</sup>重庆大学附属三峡医院,万州 400030; <sup>29</sup>南通大学附属医院 226006; <sup>30</sup>贵州省兴义市人民医院 562499; <sup>31</sup>昆明市第一人民医院 650034  
通信作者:都定元, Email:dudingyuan@qq.com, 电话:13983972798

**【摘要】** 肋骨骨折是胸部创伤中最常见的损伤,既往以非手术治疗为主,但高达50%的患者,尤其是合并连枷胸者,会出现慢性疼痛或胸壁畸形,超过30%的人 would 遗留长期残疾,而且往往无法重返全职工作。虽然肋骨骨折手术治疗取得良好救治结局,但普遍存在治疗不规范、疗效差异大等问题。国内外专家共识着重于整体治疗决策和方案的指导,国外相关临床实践指南缺少近几年肋骨骨折手术治疗进展。为此,由中华医学会创伤学分会、中国医师协会创伤外科医师分会组织全国多学科专家共同参与,遵循循证医学原则,本着科学性与实用性,制订了《创伤性肋骨骨折手术治疗中国专家共识》(2021 版),对创伤性肋骨骨折的术前影像学评估、手术指征、手术时机、手术方式、手术固定部位选择、内固定方式和材料选择及肋骨骨折常见合并损伤的处理等7个方面提出建议,为创伤性肋骨骨折的手术治疗提供指导和参考。

**【关键词】** 肋骨骨折; 创伤与损伤; 外科手术; 专家共识

**基金项目:** 国家创伤区域医疗中心(委市共建)重大研究项目(jjzx2021-gjcsqyylzx01)

DOI:10. 3760/ema. j. cn501098-20210604-00327

## Chinese consensus on surgical treatment of traumatic rib fractures (2021)

Kong Lingwen<sup>1</sup>, Huang Guangbin<sup>1</sup>, Yi Yunfeng<sup>2</sup>, Du Dingyuan<sup>1</sup>, Jiang Baoguo<sup>3</sup>, Gao Jinmou<sup>1</sup>, Zhang Lianyang<sup>4</sup>, Jiang Jianxin<sup>4</sup>, Bai Xiangjun<sup>5</sup>, Wang Tianbing<sup>3</sup>, Zhao Xingji<sup>1</sup>, Dang Xingbo<sup>6</sup>, Li Zhanfei<sup>5</sup>, Xu Feng<sup>7</sup>, Liu Zhongmin<sup>8</sup>, Wang Ruwen<sup>4</sup>, Xiao Yingbin<sup>9</sup>, Wu Qingchen<sup>10</sup>, Wu Chun<sup>11</sup>,



Cheng Liming<sup>12</sup>, Yu Bin<sup>13</sup>, Cui Shusen<sup>14</sup>, Wu Jinglan<sup>15</sup>, Du Gongliang<sup>6</sup>, Deng Jin<sup>16</sup>, Hu Ping<sup>1</sup>, Yang Jun<sup>1</sup>, Yang Xiaofeng<sup>17</sup>, Zeng Jun<sup>18</sup>, Wang Haidong<sup>19</sup>, Dai Jigang<sup>9</sup>, Fu Yong<sup>20</sup>, Hou Lijun<sup>21</sup>, Liang Guiyou<sup>22</sup>, Lin Yidan<sup>23</sup>, Tan Qunyou<sup>4</sup>, Shen Yan<sup>17</sup>, Hu Peiyang<sup>24</sup>, Tao Ning<sup>25</sup>, Wang Cheng<sup>26</sup>, Wang Dali<sup>27</sup>, Wu Xu<sup>13</sup>, Zhong Yongfu<sup>28</sup>, Yu Anyong<sup>27</sup>, Zhu Dongbo<sup>29</sup>, Xiao Renju<sup>30</sup>, Shao Biao<sup>31</sup>

<sup>1</sup>Chongqing University Central Hospital/Chongqing Emergency Medical Center, Chongqing 400014, China; <sup>2</sup>909th Hospital of Joint Logistic Support of PLA/Southeast Hospital of Xiamen University, Zhangzhou 363000, China; <sup>3</sup>Peking University People's Hospital/National Center for Trauma Medicine, Beijing 100044, China; <sup>4</sup>Daping Hospital, Army Medical University, Chongqing 400042, China; <sup>5</sup>Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China; <sup>6</sup>People's Hospital of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China; <sup>7</sup>First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, China; <sup>8</sup>Oriental Hospital of Tongji University, Shanghai 200120, China; <sup>9</sup>Xinqiao Hospital, Army Medical University, Chongqing 400037, China; <sup>10</sup>First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400042, China; <sup>11</sup>Children's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400015, China; <sup>12</sup>Tongji Hospital, Tongji University School of Medicine, Shanghai 200065, China; <sup>13</sup>Southern Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; <sup>14</sup>China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033, China; <sup>15</sup>Union Shenzhen Hospital, Huazhong University of Science and Technology, Shenzhen 518052, China; <sup>16</sup>Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China; <sup>17</sup>First Affiliated Hospital, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310014, China; <sup>18</sup>Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610072, China; <sup>19</sup>Southwest Hospital, Army Medical University, Chongqing 400038, China; <sup>20</sup>Second Hospital, University of South China, Hengyang 421099, China; <sup>21</sup>Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China; <sup>22</sup>Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China; <sup>23</sup>West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610044, China; <sup>24</sup>Tiantai People's Hospital of Zhejiang Province, Taizhou 317299, China; <sup>25</sup>Suining Central Hospital, Suining 629099, China; <sup>26</sup>First Affiliated Hospital of Hainan Medical University, Haikou 570102, China; <sup>27</sup>Affiliated Hospital of Zunyi Medical University, Zunyi 563003, China; <sup>28</sup>Chongqing University Three Gorges Hospital, Wanzhou 400030, China; <sup>29</sup>Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226006, China; <sup>30</sup>People's Hospital of Xingyi City, Xingyi 562499, China; <sup>31</sup>First People's Hospital of Kunming, Kunming 650034, China

Corresponding author: Du Dingyuan, Email: dudingyuan@qq.com, Tel: 0086-1398-3972-798

**[Abstract]** Traumatic rib fractures are the most common injury in thoracic trauma. Previously, the patients with traumatic rib fractures were mostly treated non-surgically, of which 50%, especially those combined with flail chest presented chronic pain or chest wall deformities and over 30% had long-term disabilities, being unable to retain a full-time job. In the past two decades, thanks to the development of internal fixation material technology, the surgical treatment of rib fractures has achieved good outcomes. However, there are still some problems in clinical treatment, including inconsistency in surgical treatment and quality control in medical services. The current consensus on the management of regional traumatic rib fractures published at home and abroad mainly focus on the guidance of the overall treatment decisions and plans, and relevant clinical guidelines abroad lacks progress in surgical treatment of rib fractures in recent years. Therefore, the Chinese Society of Traumatology affiliated to Chinese Medical Association and Chinese College of Trauma Surgeons affiliated to Chinese Medical Doctor Association, in conjunction with national multidisciplinary experts, formulate the Chinese Consensus for Surgical Treatment of Traumatic Rib Fractures (2021) following the principle of evidence-based medicine, scientific nature and practicality. This expert consensus puts forward some clear, applicable, and graded recommendations from aspects of preoperative imaging evaluation, surgical indications, timing of surgery, surgical methods, rib fracture sites for surgical fixation, internal fixation methods and material selections, treatment of combined injuries in rib fractures, in order to provide references for surgical treatment of traumatic rib fractures.

**[Key words]** Rib fractures; Wounds and injuries; Surgical procedures, operative; Expert consensus

**Fund program:** National Trauma Regional Medical Center Major Research Project (Co-built by the Municipal Commission) (jjzx2021-gjcsqylzx01)

DOI:10.3760/cma.j.cn501098-20210604-00327

肋骨骨折是胸部创伤中最常见的损伤。2019 年文献报道美国每年约有 24.8 万例肋骨骨折患者,其中 4.6 万例需住院治疗,且呈逐年上升趋势<sup>[1]</sup>。目

前,中国缺乏完善的创伤数据库,很难获得创伤方面的准确数据,但保守估计每年肋骨骨折患者人数可达 150 万~200 万<sup>[2]</sup>。既往肋骨骨折以非手术治疗



为主,但高达 50% 的患者尤其是合并有连枷胸等肋骨骨折的患者出现慢性疼痛或胸壁畸形,超过 30% 的人会遗留长期残疾无法重返全职工作<sup>[3]</sup>。肋骨骨折外科治疗有近百年的历史,从早期的胸壁牵引到 20 世纪 80 年代内固定钢板的应用,发展相对迟缓<sup>[4]</sup>。近二十年来因为材料科学的进步才使得肋骨骨折手术治疗变得简便易行,且取得良好救治结局。但在实际工作中普遍存在手术指征不一致、医疗质量差异大等问题<sup>[2]</sup>。2018 年前国内外发布了 3 部区域性创伤性肋骨骨折管理的相关共识,着重于整体治疗决策和方案的指导<sup>[5-7]</sup>;另 1 篇肋骨骨折手术治疗临床实践指南缺少近期肋骨骨折手术治疗相关进展<sup>[8]</sup>。本专家共识由中华医学会创伤学分会、中国医师协会创伤外科医师分会组织全国多学科专家共同参与制订,结合国内外现行研究资料、临床实践指南,遵循循证医学原则,本着科学性与实用性制订本共识,对创伤性肋骨骨折的手术前影像学评估、手术指征、手术时机、手术方式、手术固定的部位选择、内固定方式及材料选择、肋骨骨折常见合并损伤的处理等 7 个方面,提出明确的建议,为创伤性肋骨骨折的手术治疗提供指导和参考。

## 1 方法与证据

### 1.1 资料来源

英文数据库包括 PubMed、Embase、Clinicaltrial.org 和 Cochrane Library,检索词为“rib fractures”“flail chest”“wounds and injuries”“surgical treatment”“surgical stabilization of rib fractures”“open reduction and internal fixation”等。检索中文数据库包括中国知网、万方数据库,检索词为“肋骨骨折”“连枷胸”“创伤与损伤”“手术治疗”“内固定”等。同时对纳入研究的参考文献辅以二次检索。检索时限为 2000 年 1 月至 2021 年 3 月。

文献纳入标准:(1)与肋骨骨折或连枷胸手术治疗相关的系统评价/Meta 分析;(2)随机对照临床试验、回顾性研究、病例对照研究、病例报告等。文献排除标准:(1)索引目录;(2)非英语或汉语发表的论文;(3)在母语为非英语国家期刊上发表的研究,且无法获得全文;(4)会议壁报、会议摘要、讲座、学位论文;(5)重复论文。

共检索文献 3 198 篇,按上述标准进行文献初筛,保留文献 869 篇,通过阅读摘要二次筛选后保留文献 197 篇并进行精读和整理归纳,最终引用了

81 篇列入参考文献。

### 1.2 推荐级别

本共识参考牛津循证医学中心证据分级方法<sup>[9]</sup>及推荐分级评估、制定与评价(GRADE)系统,结合专家组意见,对研究证据进行分级、评价。

**I A 级:**基于严谨的系统评价/Meta 分析、大型随机对照临床试验,证据充分,专家组一致同意。

**I B 级:**基于严谨的系统评价/Meta 分析、大型随机对照临床试验,证据充分,专家组基本达成共识。

**II A 级:**基于质量一般的系统评价/Meta 分析、小型随机对照研究、大型回顾性研究、病例对照研究,有较好的证据,专家组达成共识。

**II B 级:**基于质量一般的系统评价/Meta 分析、小型随机对照研究、大型回顾性研究、病例对照研究,专家组基本达成共识。

**III 级:**基于非对照性临床研究、病例报告、专家观点,专家组提出相关建议,但存在一定分歧。

### 1.3 共识制订过程

共识制订工作组根据检索文献于 2020 年 8 月开始撰写初稿,邀请部分专家面对面讨论 2 次,提出推荐意见。然后以德尔菲法通过邮件形式发至相关专家反复征求意见,整理意见并反馈,2021 年 6 月修改完成并投稿。

## 2 相关定义

**创伤性肋骨骨折:**直接暴力或间接暴力作用于肋骨,使受力处肋骨向内弯曲折断或暴力作用点以外的部位骨折端向外折断发生的肋骨骨折。

**多发肋骨骨折:**2 根或以上肋骨发生骨折。

**连枷胸:**是指 3 根或以上相邻肋骨和(或)肋软骨发生 2 处及以上骨折,局部胸壁因失去肋骨支撑而软化,出现反常呼吸运动,即吸气时软化区胸壁内陷而不随其余胸廓向外扩展,呼气时软化区向外突出<sup>[10]</sup>。依据损伤部位和范围,连枷胸分为胸骨型、前壁型、前侧壁型、后壁型。胸骨肋软骨关节或邻近肋骨骨折导致的胸骨分离形成的连枷胸为胸骨型连枷胸;连续多根肋骨 2 处及以上骨折可能导致前壁型、前侧壁型或后壁型连枷胸。

## 3 推荐意见

### 3.1 术前影像学评估

**推荐意见:**肋骨骨折术前常规行胸部 CT 检查,必要时 CT 三维重建(II A 级推荐)。

目前用于创伤性肋骨骨折术前评估的影像学检查主要有:胸部 X 线片、超声和胸部 CT。胸部 X 线片是诊断肋骨骨折的最基本方法,尽管敏感度较低,但可以更早更快发现比肋骨骨折本身更严重的损伤,如气胸、血胸、连枷胸或肺挫伤等。标准胸部 X 线片通常足以用于肋骨骨折的评估,因为尚无证据表明未及时发现诊断的单纯肋骨骨折会影响钝性胸部损伤的治疗或预后<sup>[11]</sup>。在肋骨骨折的诊断中,有研究表明超声可能优于胸部 X 线片,但还需要大量的临床随机对照研究加以验证<sup>[12]</sup>。CT 对诊断肋骨骨折灵敏度的提高并不一定改变无相关脏器损伤患者的治疗或救治结局。但对于高能量损伤导致的肋骨骨折,具有合并胸、腹腔脏器损伤的较大风险,因此需要对胸、腹部进行 CT 检查,必要时行增强 CT 检查<sup>[11]</sup>。胸部 CT 也在肋骨骨折的数目、位置和移位方面为手术计划提供了有价值的信息。与单纯使用二维图像相比,CT 三维重建可以提供更多的术前参考信息。较新的技术,包括 3D 打印、经皮导航定位系统及电磁导航技术,是辅助肋骨骨折外科治疗的先进手段,值得进一步研究<sup>[13-16]</sup>。

### 3.2 手术治疗

#### 3.2.1 手术指征

**推荐意见 1:** 连枷胸患者均应考虑肋骨骨折内固定术(SSRF)治疗(ⅡA 级推荐)。

连枷胸所致浮动胸壁的传统非手术治疗方法包括宽胶布固定、棉垫加压包扎、弹力胸带等,以上方法虽然可以减轻疼痛和辅助咳嗽,但因其降低了伤侧胸腔的通气功能而导致肺不张和呼吸功能不全,明显增加了并发症发生概率,骨折断端更达不到解剖固定,目前基本废弃不再使用;胸壁牵引固定法和呼吸机“内固定”法疗效不确实<sup>[17-18]</sup>。近年来,手术治疗连枷胸肋骨骨折取得了重要进展。与非手术治疗比较,5 项前瞻性随机对照试验(RCT)和 1 项前瞻性病例对照研究证实连枷胸患者接受 SSRF 后,机械通气时间、ICU 滞留时间明显缩短,肺部感染、呼吸衰竭发生率、气管切开率明显降低,疼痛减轻,胸廓畸形发生率下降,呼吸功能得到明显改善<sup>[18-23]</sup>。5 篇 Meta 分析也确认了这些临床获益,同时报告了连枷胸患者接受 SSRF 之后总住院时间缩短,病死率明显下降<sup>[24-28]</sup>。另 1 项纳入 625 617 例创伤性肋骨骨折患者的回顾性队列研究亦显示,连枷胸手术治疗可以降低患者病死率<sup>[29]</sup>。应用 CT 评估比较连枷胸术前和术后肺容积,发现术后 CT-肺

活量估计数较术前有所改善<sup>[30]</sup>。1 项来自英国的胸壁损伤数据集 Logistic 回归模型分析表明,控制相关因素后,肋骨骨折内固定的最大预测因素是损伤类型,即单侧连枷胸、双侧连枷胸及 $\geq 3$ 根非连枷胸肋骨骨折的患者比 $< 3$ 根非连枷胸肋骨骨折的患者行肋骨骨折手术的概率更大<sup>[31]</sup>。都定元等<sup>[17]</sup>的 1 项回顾性研究也表明,连枷胸肋骨骨折内固定可以迅速稳定胸壁、减少连枷胸对呼吸功能的影响,恢复胸壁完整形态,明显优于非手术治疗组。

目前连枷胸手术治疗效果已得到普遍认同。尽管临床研究样本总体偏小,不同的方法和结果呈现出一些差异,但总体上连枷胸的手术治疗优于非手术治疗。本共识小组结合目前研究结果,在参考国外相关临床指南<sup>[6, 8]</sup>的基础上,对连枷胸外科治疗作出上述推荐。

**推荐意见 2:** 非连枷胸肋骨骨折有以下情形者可考虑 SSRF:(1)非连枷胸肋骨骨折 $\geq 3$ 根,断端移位(ⅡB 级推荐);(2)非连枷胸肋骨骨折,合并其他需要剖胸探查手术者(Ⅲ级推荐);(3)非连枷胸肋骨骨折伴重度疼痛且早期非手术治疗无效者(ⅡB 级推荐)。

除了对连枷胸肋骨骨折手术内固定治疗的关注外,非连枷胸肋骨骨折的手术内固定治疗也有多项研究。Chien 等<sup>[32]</sup>的 1 项回顾性队列研究纳入肋骨骨折患者 174 例,结果表明肋骨骨折移位越多,胸部并发症可能越多,移位肋骨骨折的数量可能也是发生肺部并发症的一个强有力的预测因素,尤其是 $\geq 3$ 根肋骨骨折或任何肋骨断端移位是胸部并发症最敏感的危险因素,独立于其他危险因素或严重程度指数。值得注意的是,该研究中手术治疗包括肋骨骨折手术内固定治疗患者仅有 4 例(2.3%),其余患者均以非手术治疗为主。2 项前瞻性研究和 1 项回顾性病例对照研究显示,与非手术组比较,非连枷胸多发肋骨骨折( $\geq 3$ 根肋骨骨折,严重移位)手术内固定治疗后疼痛减轻,镇痛药物使用量减少,机械通气时间缩短,并发症降低,ICU 时间、住院时间缩短,病死率降低,呼吸功能障碍相关的生活质量明显改善<sup>[33-35]</sup>。Lin 等<sup>[36]</sup>的 1 项前瞻性研究纳入患者 128 例,结果表明,剖胸探查手术中顺便行肋骨骨折手术内固定治疗仍有上述获益。Khandelwal 等<sup>[37]</sup>的 1 项前瞻性单中心研究纳入患者 118 例,利用肋骨骨折后疼痛程度对患者进行分层管理,轻中度疼痛接受常规治疗,重度疼痛患者最终选择手术治

疗,结果表明,采用肋骨内固定手术治疗可以在更大程度上减轻疼痛和缩短致残/重返工作岗位的时间。

**推荐意见 3:**严重肺挫伤不应被认为是 SSRF 的绝对禁忌证;应根据患者个体情况评估是否行 SSRF (Ⅲ级推荐)。

大约 20% 的成人创伤性肋骨骨折( $\geq 2$  根)合并肺挫伤,其中合并严重肺挫伤(肺挫伤体积 $\geq 20\%$ )患者约占 6%<sup>[38-39]</sup>。有研究表明,肋骨骨折合并肺挫伤患者 SSRF 术后并发呼吸衰竭和气管切开的可能性显著降低,机械通气时间缩短,呼吸功能改善,疼痛减轻,住院时间缩短<sup>[22, 40]</sup>。也有研究表明,合并严重肺挫伤的肋骨骨折采取手术治疗没有明确获益<sup>[41-42]</sup>。总体上合并严重肺挫伤的肋骨骨折是否选择手术内固定治疗存在争议,还需要进一步研究。因此,肋骨骨折内固定治疗是否适用于合并肺挫伤患者可由肺挫伤的严重程度来决定。

**推荐意见 4:**重型颅脑损伤不应被认为是 SSRF 的绝对禁忌证;应根据患者个体情况评估是否行 SSRF (Ⅲ级推荐)。

1 项多中心回顾性队列研究纳入多发肋骨骨折合并中重型颅脑损伤患者 456 例,其中 111 例接受 SSRF 治疗,中位手术时间为 3 d,SSRF 相关并发症发生率仅为 3.6%。与非手术治疗组比较,两组免于机械通气时间没有差异。SSRF 组肺部感染发生率和 30 d 病死率显著降低。按格拉斯哥昏迷评分(GCS)分为两个亚组,其中多发肋骨骨折合并重型颅脑损伤(GCS $\leq 8$  分)患者术后 30 d 病死率也显著降低。这些数据表明 SSRF 在选择性颅脑损伤患者中可能发挥作用<sup>[43]</sup>。另外,早期 SSRF 可改善呼吸功能,减少呼气末正压通气,降低颅内压,进一步改善脑灌注压。对于脑功能恢复期望较大或试图脱机的患者,及时内固定手术将有助于减少镇静、镇痛药物的应用,缩短呼吸机的使用时间,并提高脱机成功率。因此,多发肋骨骨折合并重型颅脑损伤不应被视为 SSRF 的绝对禁忌证,应针对重型颅脑损伤患者进行个体化 SSRF 评估,把握手术干预时机将是一个更为关键的问题<sup>[42]</sup>。

### 3.2.2 手术时机

**推荐意见:**(1)伤后 3 d 内行 SSRF (Ⅱ B 级推荐);(2)肋骨骨折合并胸部以外其他致命损伤时,采取损害控制外科原则优先处理致命伤和初期复苏,条件允许再考虑行 SSRF,即 3~7 d 内手术为宜 (Ⅱ B 级推荐)。

主张早期施行 SSRF。Tanaka 等<sup>[18]</sup>的 1 项 RCT 研究中纳入患者 37 例,SSRF 是在机械通气 5 d 内进行;在 Marasco 等<sup>[20]</sup>最新的 RCT 中纳入患者 46 例,SSRF 在机械通气后 2 d 内进行。近期 1 项回顾性比较研究纳入患者 33 例,也证实伤后 3 d 内行连枷胸 SSRF 较 3 d 以上机械通气时间明显缩短,ICU 时间、住院时间缩短,医疗费用降低<sup>[44]</sup>。Pieracci 等<sup>[45]</sup>的 1 项多中心研究纳入患者 551 例,比较了早期( $< 1$  d)、中期(1~2 d)和晚期(3~10 d)SSRF 的结果,发现入院后 1 d 内行 SSRF 缩短手术时间,显示出良好的结果。总的来说,伤后 3 d 内行 SSRF 技术上更容易,国际上所发表的肋骨骨折手术指南也提倡在这一时间窗内手术<sup>[6, 8]</sup>。对于连枷胸合并肺挫伤或合并胸部以外更致命的损伤,如重型颅脑损伤、腹部脏器损伤和严重骨盆骨折大出血等情况时,高劲谋等<sup>[46]</sup>采用损害控制外科治疗原则,即急诊早期先采用简单的悬吊牵引纠正浮动胸对呼吸的干扰,处理致命伤和改善血流动力学状况后再施行内固定术,取得良好效果。何伟伟等<sup>[47]</sup>的 1 项回顾性研究纳入单纯肋骨骨折手术患者 794 例,结果表明伤后 3~7 d 是行肋骨骨折手术的最佳时间。但该研究属于回顾性分析,时间跨度大,存在一定的局限性。

### 3.2.3 手术方式

**开放手术推荐意见:**(1)开放手术切口入路应根据肋骨骨折部位和胸壁解剖结构确定 (Ⅱ B 级推荐);(2)尽可能采取胸壁肌肉保留技术 (Ⅱ B 级推荐)。

开放手术切口设计的原则:充分暴露术区、损伤小、切口隐蔽美观,原则上切开胸壁且不进入胸腔。术前骨折位置被认为是手术切口设计和确定治疗方案的前提。肋骨骨折位置可大致分组为前方(前胸到腋前线)、侧方(腋前线和腋后线之间)和后方(后胸到腋后线)<sup>[48]</sup>。SSRF 手术不可能有一种全部适用的切口。临床上常用肋骨骨折手术切口入路包括:标准后外侧剖胸切口入路、乳房下皱褶切口入路、腋下切口入路和肩胛下切口入路<sup>[16, 42, 49]</sup>。Greiffenstein 等<sup>[50]</sup>根据肋骨骨折多发部位、胸壁解剖结构,采取肌肉保留技术,以减少手术创伤为出发点,设计出三种常用的肋骨骨折手术切口入路,可以解决大部分肋骨骨折手术,即前外侧纵向切口入路、后外侧听诊三角纵向切口入路、肩胛下切口入路。前外侧纵向切口入路:根据大部分肋骨骨折位置确定切口入路,从腋窝含毛区尾部下缘纵向切开,沿背阔肌前缘解剖并提起背阔肌,解剖分离前



锯肌,注意保护胸长神经。后外侧听诊三角纵向切口入路:从肩胛骨内侧纵向切开,暴露听诊三角,解剖斜方肌、背阔肌、肩胛骨并提起,必要时解剖、分离棘旁肌肉(胸髂肋肌)。肩胛下切口入路:沿肩胛骨内侧弧形切开至肩胛骨下角,暴露听诊三角,解剖斜方肌、阔肌、肩胛骨并提起,必要时切开部分斜方肌和(或)背阔肌。1项回顾性病例研究显示,采用肌肉保留技术肋骨骨折内固定方法有利于肩部功能和力量的恢复。肋骨开放内固定术中发现胸膜有明显破裂者,结合术前影像学提示有较多胸腔积液(血)或凝固性血胸者,可经胸膜破裂口使用吸引器进入胸腔清除胸腔积液(血),甚至可以利用胸腔镜或适当延长胸膜破口,探查胸腔内脏器损伤情况,彻底清除胸腔内积血及血凝块,并在内固定完成后常规安置胸腔闭式引流管<sup>[51]</sup>。

**微创手术推荐意见:**(1)建议开放 SSRF 术中辅助使用胸腔镜(Ⅲ级推荐);(2)建议全胸腔镜下 SSRF(Ⅲ级推荐)。

胸腔镜下微创 SSRF 有两种方式,即在开放 SSRF 术中辅助使用胸腔镜和全胸腔镜下 SSRF。胸腔镜下微创 SSRF 具有以下优势:手术切口小;改善肋骨骨折的可视化,特别是肩胛下及后段骨折;减少胸壁肌肉和神经的损伤;尽量减轻对肺和心脏的损伤;避免因钢板移位、钢板和肩胛骨接触而引起的不适;清除残余血胸,安置胸引管和局部镇痛导管,探查和修复胸腔内损伤;术后疼痛更轻,患者重返工作更快<sup>[52-53]</sup>。

全胸腔镜下 SSRF 是指全胸腔镜下完成肋骨骨折的定位和复位内固定。理论上全胸腔镜下 SSRF 优于开放 SSRF 术中辅助使用胸腔镜,包括手术视野宽广,避免肩胛骨回缩,骨皮质内侧固定术后不会触及胸壁钢板,减小胸膜腔内结构损伤,扩大后肋(靠近脊柱)骨折手术适应证。经过近几年的探索,全胸腔镜下 SSRF 是可能的,国内外均有相关报道<sup>[53-56]</sup>。目前,国内已经有针对全胸腔镜下 SSRF 设计的手术器械和内固定材料,能够实现充分的复位和固定,条件成熟的单位可以尝试应用。

### 3.2.4 肋骨骨折手术固定部位选择

**推荐意见:**(1)肋骨骨折(非连枷胸),固定所有移位肋骨(ⅡB级推荐);(2)肋骨骨折(连枷胸),建议固定多根多处肋骨骨折(Ⅲ级推荐);(3)第 1,2,11 和 12 肋骨骨折不建议手术,在特殊情况下,如明显移位、血管损伤、局部脏器损伤风险或局部难治

性疼痛,可考虑行肋骨骨折固定术(Ⅲ级推荐);(4)距横突 2.5 cm 以内无明显移位的肋骨骨折不建议手术内固定(Ⅲ级推荐);(5)肋软骨骨折可以通过固定到软骨或胸骨来修复(Ⅲ级推荐)。

肋骨骨折部位周围的解剖关系是选择手术内固定治疗时要考虑的因素。第 1,2 肋骨位置较深,不易暴露,移动性较低,且第 1,2 肋骨部位有重要的血管和神经,手术风险相对较高;第 11 和 12 肋骨属于浮肋,骨折后对呼吸功能的影响很小。因此,除非肋骨明显移位导致血管、神经或胸腹腔脏器损伤、器官嵌顿、肺疝或明显胸壁畸形,否则不建议行手术内固定<sup>[8,57-58]</sup>。肋骨骨折部位有明显生理危害的,应优先进行固定,为了消除和减轻危害,还应尽量考虑和评估手术所带来的副损伤。因此,寻求固定效果和手术损伤之间的平衡是非常重要的。外侧和低位肋骨骨折引起的疼痛最剧烈,宜首先固定<sup>[42]</sup>。随着呼吸运动,肋骨骨折部位特别容易发生剪切运动。一旦肋骨骨折完全移位,就会由于呼吸时不可避免的运动而发生剪切。另外,肋骨骨折错位移动也是引起疼痛的主要原因,因此,移位的肋骨骨折应该被认为是手术固定的首选。对于连枷胸,仅在每一根骨折的肋骨上进行一处固定,把连枷胸变成“简单的”肋骨骨折的方法并不能避免畸形和移位,特别是后段肋骨骨折。尽管在影像学研究中已得到证实,但这种情况下对功能或生活质量的影响还没有相关报道。研究还表明,非固定骨折相邻肋骨间骨桥发生率(54%)是固定骨折(23%)的 2 倍,推测骨桥与肋骨骨折部位的骨膜撕裂有关,骨桥的形成可能影响胸廓顺应性,因此,在理想状况下可触及的骨折都应尽可能进行固定<sup>[59]</sup>。但高劲谋<sup>[60]</sup>认为,肋骨固定手术目的是为改善胸壁顺应性,而非增加胸部创伤和破坏胸壁顺应性,建议不应该任意扩大内固定肋骨的数目和做过多的胸壁剥离。

当骨折线两端有足够的肋骨长度时( $\geq 2.5$  cm),现有的肋骨修复系统可以很好地固定并确保有足够的稳定性。对于邻近横突的后背部肋骨骨折和邻近胸骨的前胸部肋骨骨折在固定上相对困难。通过胸腔入路可以扩大邻近横突的后背部肋骨骨折的手术指征<sup>[53]</sup>。前壁型连枷胸可以采用包括钢板、钢丝和缝合等方法固定,合并胸骨骨折时可采用钢板螺钉一并固定<sup>[61]</sup>,但存在影响胸廓顺应性的风险,目前还没有相关研究来证实。也有肋软骨骨折钢板螺钉固定的报道<sup>[62]</sup>。

### 3.2.5 内固定方式及材料选择

**推荐意见:**(1)肋骨骨折可使用解剖钢板、爪形钢板进行固定(II A 级推荐);(2)没有足够的证据建议 SSRF 中到底是双皮质固定还是单皮质固定(II B 级推荐);(3)比起可吸收板,永久性钢板可以提供更优的强度和可靠性(III 级推荐);(4)髓内肋骨夹板、肋骨钉可用于固定单纯性、非粉碎性骨折(III 级推荐)。

肋骨骨折内固定方式通常有骨皮质固定、髓腔内固定两种方式,依据内固定方式选择相应内固定材料。

骨皮质固定根据固定材料的固定方式不同分为环抱固定和钢板螺钉固定,根据固定材料放置位置不同分为骨皮质外侧固定和骨皮质内侧固定,根据螺钉固定深浅程度分为单骨皮质固定和双骨皮质固定。钢板是目前使用的主流产品,特别是 Bottlang 等<sup>[63]</sup>介绍的根据肋骨的生物力学特性设计的肋骨样内固定系统。解剖钢板适用于严重粉碎性肋骨骨折,连枷胸肋骨节段相邻的两处骨折可以使用单一的长解剖钢板置入来进行桥接,是稳定连枷胸的“根本”好处所在<sup>[64]</sup>。由于肋骨的几何形状复杂,术中制备与肋骨轮廓相适应的钢板可能比较困难。有使用一般钢板出现螺钉松动和拔出的报道<sup>[65]</sup>,故术中塑形尤为重要。临床中选择钢板螺钉固定可依据是否存在单根肋骨多段骨折,通常情况下,单根多段肋骨骨折使用长跨度钢板更利于胸廓形态的恢复。另外,若骨折断端位于胸骨旁或脊柱旁,使用钢板螺钉更有利于跨肋骨固定。形状记忆合金环抱器、爪形接骨板固定操作简单,在手术过程中充分剥离骨膜,准确复位骨折端,固定效果确切,适用于多根肋骨骨折的患者,但有压迫肋间神经引起术后慢性疼痛的风险,且不适合肋软骨及脊柱附近骨折使用<sup>[16, 66-68]</sup>。小切口或辅助胸腔镜手术可与肋骨微创钢板系统相结合,该系统能准确塑造肋骨多处骨折的形态,并能牢固固定多处骨折,特别是肋软骨和脊柱附近的骨折<sup>[64]</sup>。与标准前路固定钢板相比,“U”形板长度明显缩短,可减少暴露肋骨断端时间,耐久性上优于标准技术,有利于微创肋骨骨折修复<sup>[69]</sup>。

虽然美国食品药品监督管理局(FDA)目前批准的 SSRF 系统没有特别声明放置钢板的位置(外皮质或内皮质),但所有与结构强度、金属疲劳、钢板柔韧性和螺钉强度相关的研究都是在置于外皮质

的系统上进行的。所有钢板的轮廓都位于外皮层,钢板应放置在肋骨的外皮质层。有研究报道了一种内皮质层固定系统,同样获得了良好的固定和早期随访结果<sup>[53]</sup>。肋骨内侧皮质比肋骨外侧皮质厚 33%,皮质密度是肋骨外侧皮质的 2 倍。理论上讲,任何肋骨骨折固定都应使用较厚且较硬的内侧皮质层,以使固定牢靠<sup>[70]</sup>。但 Choke 等<sup>[71]</sup>研究锁定钢板单皮质与双皮质固定肋骨骨折的生物力学,发现在使用锁定钢板治疗肋骨骨折时,单皮质和双皮质固定的稳定性没有差异,因此,建议行单皮质固定,以避免潜在胸膜损伤、胸腔脏器损伤等并发症。

目前常用的钢板为钛合金板,如重建塑形钢板、微型钛板、“U”形钢板等,环抱器多为镍钛记忆合金纯钛等。接骨板应用广泛、使用方便、固定牢靠、相容性好,但无法牢固固定合并肋软骨的骨折,且为不可降解材料,需二次手术取出。选择固定材料时,外科医师应首先考虑手术操作难易、装置的生物力学性能、并发症的风险和置入物的成本<sup>[25]</sup>。目前大多数的 SSRF 证据都是使用的外皮层钢板加双皮质螺钉固定<sup>[3, 20, 22-23, 36, 64]</sup>。爪形钢板,如形状记忆合金肋骨环抱器、爪形接骨板等在国内使用也比较普遍<sup>[72-74]</sup>。

关于髓腔内固定,目前尚无临床证据表明其优于或差于骨皮质固定。但从生物力学的角度看,髓内支撑杆只提供一个固定点,远端肋骨没有固定点,不能防止骨折线的分离。然而,髓腔内固定切口小、创伤小,避免了骨膜剥离。常用的髓内肋骨夹板是治疗单纯性、非粉碎性骨折的一种微创固定方法,可以替代克氏针肋骨复位固定技术,这种髓内固定方法在后侧肋骨骨折固定中有特殊的优点,但不能用于椎旁肋骨骨折<sup>[64, 75]</sup>。可吸收肋骨钉由聚乳酸聚合物制成,已成功应用于创伤性连枷胸手术<sup>[65]</sup>,缺点是对于前肋骨骨折或粉碎性骨折、肋骨狭窄和骨髓腔小的患者使用有限<sup>[76]</sup>。

### 3.3 肋骨骨折常见合并损伤的处理

#### 3.3.1 肺损伤、气胸

**推荐意见:**(1)肋骨骨折并发血胸和(或)气胸(>300 ml)且有指征行肋骨骨折内固定术的患者,建议 SSRF 中常规行胸腔探查(II A 级推荐);(2)明确胸腔脏器损伤需要行胸膜腔探查者,行胸腔探查,再行 SSRF(III 级推荐);(3)SSRF 时如果发现胸膜腔受损,则需安置胸腔闭式引流管(III 级推荐)。

肋骨骨折的数量与血胸和(或)气胸的发生率

显著相关。肋骨骨折数量越多,并发血胸和(或)气胸的比例越高。钝性胸部损伤无肋骨骨折、1~2根肋骨骨折、>2根肋骨骨折的患者中分别有6.7%、24.9%及81.4%的患者并发血胸和(或)气胸(339例),其中260例(76.7%)患者需要行胸腔闭式引流术<sup>[77]</sup>。Lin等<sup>[78]</sup>针对1621例胸部创伤患者的一项回顾性队列研究也得出类似的结论。血胸有发生脓胸的风险。1项美国创伤外科协会多中心、前瞻性研究结果表明,20个中心328例血胸患者,包括167例穿透性胸伤(刀刺伤/枪伤)患者,脓胸发生率为26.8%,创伤后血胸并发脓胸的独立预测因素包括肋骨骨折、损伤严重程度评分 $\geq 25$ 分,以及胸腔积血的干预情况<sup>[79]</sup>。因此,肋骨骨折并发血胸(>300 ml)和(或)气胸且有指征行SSRF的患者,建议术中常规划行胸腔探查术<sup>[36]</sup>。其目的是清除残余胸腔积血、修补肺损伤、手术处理肺内血肿或血气囊肿,辅助定位肋骨断端、安置胸腔闭式引流管和给予必要的镇痛治疗<sup>[48]</sup>。因肋骨断端移位、粉碎性骨折累及胸膜,术中发现有明确胸膜破裂,原则上常规安置胸腔闭式引流。明确胸腔脏器损伤需要行胸膜腔探查者,术后常规安置胸腔闭式引流管。

### 3.3.2 骨缺损

**推荐意见:**肋骨骨折间隙>10 mm时,采用钢板桥接,并考虑植骨(Ⅲ级推荐)。

解剖复位是骨科手术的基本原则,同样适用于SSRF。在SSRF时复位游离肋骨碎片并固定。一般来说,较小(<10 mm)的肋骨骨折间隙通常可以通过解剖复位来控制,而肋骨缺损>10 mm的骨折间隙使用钢板进行桥接,并考虑植骨。自体移植物和非自体移植物对植骨手术同样有效,但自体骨仍被认为是“金标准”<sup>[80]</sup>,髂骨仍然是最常用于骨移植的部位。无论采用何种技术,所有移植都应力争满足4个要素:结构完整性、骨诱导性、骨传导性和骨整合性。通常单纯的单一肋骨缺损一般不需要手术重建,对呼吸功能影响也不大。

### 3.3.3 胸壁肌肉损伤、缺损

**推荐意见:**有明显胸壁肌肉损伤、缺损,存在肺疝出或肺疝出风险较大时,应考虑通过肋周固定来修补肌肉缺损。如果缺损不能修复,可用带蒂肌皮瓣和(或)补片、网片等修复胸壁缺损(ⅡA级推荐)。

当术中发现有明显胸壁肌肉损伤、缺损,存在肺疝出或肺疝出风险较大时,建议通过肋周固定来修补肌肉缺损。首先考虑用可吸收缝线将相邻的

肋骨进行肋周固定,以闭合或最小化肋间缺损。如果缺损不能修复,可用带蒂肌皮瓣和(或)补片、网片等修复胸壁缺损<sup>[81]</sup>。

## 4 说明

本共识旨在对创伤性肋骨骨折手术治疗提供标准化、规范化的指导,其中的建议是依据现有文献并经过多学科专家多次讨论汇总专家意见,依据循证医学原则形成的最终推荐意见。随着对创伤性肋骨骨折手术治疗研究的深入,以及更多高质量的临床研究证据出现,目前共识的观点可能会随之更新。本共识仅作为学术指导建议,不作为法律依据。在实际临床工作中,患者病情存在个体差异,临床情况复杂多变,应根据具体情况应用本共识。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**志谢** 感谢王正国院士、付小兵院士在共识形成过程中给予的宏观指导!感谢刘良明教授、唐佩福教授、周继红教授、吕德成教授、侯志勇教授、李磊教授、李春明教授、贾燕飞教授、王钢教授、荆珏华教授、连鸿凯教授、李开南教授、葛兵教授等在提炼推荐意见方面给予的宝贵意见和建议!感谢罗渊、宋小林在资料收集与整理中的辛勤付出!

**作者贡献声明** 所有作者参与论文撰写及修改;孔令文:文献检索与分析、论文撰写及修改;黄光斌、易云峰:文献检索与分析、论文撰写;都定元:论文思路设计、论文审阅及定稿

## 参 考 文 献

- [1] Martin TJ, Eltorai AS, Dunn R, et al. Clinical management of rib fractures and methods for prevention of pulmonary complications: a review [J]. *Injury*, 2019, 50(6): 1159-1165. DOI: 10.1016/j.injury.2019.04.020.
- [2] He WW, Yang Y, Wu WM, et al. Chest wall stabilization (CWS) in China: current situation and prospect [J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11 Suppl 8: S1104-S1148. DOI: 10.21037/jtd.2019.03.31.
- [3] Majercik S, Cannon Q, Granger SR, et al. Long-term patient outcomes after surgical stabilization of rib fractures [J]. *Am J Surg*, 2014, 208(1): 88-92. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2013.08.051.
- [4] Bemelman M, Poeze M, Blokhuis TJ, et al. Historic overview of treatment techniques for rib fractures and flail chest [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2010, 36(5): 407-415. DOI: 10.1007/s00068-010-0046-5.
- [5] Brasel KJ, Moore EE, Albrecht RA, et al. Western trauma association critical decisions in trauma: management of rib fractures [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2017, 82(1): 200-203. DOI: 10.1097/TA.0000000000001301.
- [6] Kasotakis G, Hasenboehler EA, Streib EW, et al. Operative fixation of rib fractures after blunt trauma: a practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2017, 82(3): 618-626. DOI: 10.1097/TA.0000000000001350.



- [7] 乔贵宾, 陈刚. 创伤性肋骨骨折的处理: 广东胸外科行业共识 (2017 年版)[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2018, 25(5): 362-367. DOI:10.7507/1007-4848.201710008.
- [8] Pieracci FM, Majercik S, Ali-Osman F, et al. Consensus statement: surgical stabilization of rib fractures rib fracture colloquium clinical practice guidelines[J]. Injury, 2017, 48(2):307-321. DOI:10.1016/j.injury.2016.11.026.
- [9] Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. Explanation of the 2011 OCEBM levels of evidence[EB/OL]. [2021-05-25]. <https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/ocebmlvls-of-evidence>.
- [10] Demetriades D, Inaba K. 创伤急救评估与治疗手册[M]. 吴京兰, 张连阳, 简立建, 等, 译. 7 版. 北京: 科学出版社, 2019:41-42.
- [11] Henry TS, Donnelly EF, Boiselle PM, et al. ACR appropriateness criteria<sup>®</sup> rib fractures[J]. J Am Coll Radiol, 2019, 16(5S): S227-S234. DOI:10.1016/j.jacr.2019.02.019.
- [12] Battle C, Hayward S, Eggert S, et al. Comparison of the use of lung ultrasound and chest radiography in the diagnosis of rib fractures: a systematic review[J]. Emerg Med J, 2019, 36(3): 185-190. DOI:10.1136/emered-2017-207416.
- [13] Zhou XT, Zhang DS, Yang Y, et al. Analysis of the advantages of 3D printing in the surgical treatment of multiple rib fractures: 5 cases report[J]. J Cardiothorac Surg, 2019, 14(1): 105. DOI:10.1186/s13019-019-0930-y.
- [14] Zhou XT, Zhang DS, Xie ZX, et al. Application of 3D printing and framework internal fixation technology for high complex rib fractures[J]. J Cardiothorac Surg, 2021, 16(1): 5. DOI:10.1186/s13019-020-01377-8.
- [15] Pedraza R, Chan EY, Meisenbach LM, et al. Using electromagnetic navigation for intraoperative rib fracture localization during rib plating: a case report[J]. Int J Surg Case Rep, 2018, 53: 386-389. DOI:10.1016/j.ijscr.2018.11.029.
- [16] Zhang Q, Song L, Ning SN, et al. Recent advances in rib fracture fixation[J]. J Thorac Dis, 2019, 11 Suppl 8: S1070-S1077. DOI:10.21037/jtd.2019.04.99.
- [17] 都定元, 苏泓洁, 谭远康, 等. 连枷胸保守治疗与手术治疗对比研究[J]. 创伤外科杂志, 2009, 11(3):196-199. DOI:10.3969/j.issn.1009-4237.2009.03.002.
- [18] Tanaka H, Yukioka T, Yamaguti Y, et al. Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization? A prospective randomized study of management of severe flail chest patients[J]. J Trauma, 2002, 52(4):727-732. DOI:10.1097/00005373-200204000-00020.
- [19] Granetzny A, Abd El-Aal M, Emam E, et al. Surgical versus conservative treatment of flail chest. Evaluation of the pulmonary status[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2005, 4(6):583-587. DOI:10.1510/icvts.2005.111807.
- [20] Marasco SF, Davies AR, Cooper J, et al. Prospective randomized controlled trial of operative rib fixation in traumatic flail chest[J]. J Am Coll Surg, 2013, 216(5):924-932. DOI:10.1016/j.jamcollsurg.2012.12.024.
- [21] Jayle CPM, Allain G, Ingrand P, et al. Flail Chest in polytraumatized patients: surgical fixation using stracos reduces ventilator time and hospital stay[J]. Biomed Res Int, 2015, 2015: 624723. DOI:10.1155/2015/624723.
- [22] Pieracci FM, Lin Y, Rodil M, et al. A prospective, controlled clinical evaluation of surgical stabilization of severe rib fractures[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2016, 80(2):187-194. DOI:10.1097/TA.0000000000000925.
- [23] Liu T, Liu P, Chen JJ, et al. A randomized controlled trial of surgical rib fixation in polytrauma patients with flail chest[J]. J Surg Res, 2019, 242: 223-230. DOI:10.1016/j.jss.2019.04.005.
- [24] Leinicke JA, Elmore L, Freeman BD, et al. Operative management of rib fractures in the setting of flail chest: a systematic review and meta-analysis[J]. Ann Surg, 2013, 258(6):914-921. DOI:10.1097/SLA.0b013e3182895bb0.
- [25] Slobogean GP, MacPherson CA, Sun T, et al. Surgical fixation vs nonoperative management of flail chest: a meta-analysis[J]. J Am Coll Surg, 2013, 216(2):302-311. e1. DOI:10.1016/j.jamcollsurg.2012.10.010.
- [26] Coughlin TA, Ng JWG, Rollins KE, et al. Management of rib fractures in traumatic flail chest: a meta-analysis of randomised controlled trials[J]. Bone Joint J, 2016, 98-B(8):1119-1125. DOI:10.1302/0301-620X.98B8.37282.
- [27] Swart E, Laratta J, Slobogean G, et al. Operative treatment of rib fractures in flail chest injuries: a meta-analysis and cost-effectiveness analysis[J]. J Orthop Trauma, 2017, 31(2): 64-70. DOI:10.1097/BOT.0000000000000750.
- [28] Liang YS, Yu KC, Wong CS, et al. Does surgery reduce the risk of complications among patients with multiple rib fractures? A meta-analysis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2019, 477(1): 193-205. DOI:10.1097/CORR.0000000000000495.
- [29] Tiganelli CJ, Rix A, Napolitano LM, et al. Association between adherence to evidence-based practices for treatment of patients with traumatic rib fractures and mortality rates among US Trauma Centers[J]. JAMA Network Open, 2020, 3(3): e201316. DOI:10.1001/jamanetworkopen.2020.1316.
- [30] Caragounisa EC, Fagevik Olsén M, Granhed H, et al. CT-lung volume estimates in trauma patients undergoing stabilizing surgery for flail chest[J]. Injury, 2019, 50(1):101-108. DOI:10.1016/j.injury.2018.10.016.
- [31] Ingoe HM, Eardley W, McDavid C, et al. Epidemiology of adult rib fracture and factors associated with surgical fixation: analysis of a chest wall injury dataset from England and Wales[J]. Injury, 2020, 51(2):218-223. DOI:10.1016/j.injury.2019.10.030.
- [32] Chien CY, Chen YH, Han ST, et al. The number of displaced rib fractures is more predictive for complications in chest trauma patients[J]. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2017, 25(1): 19. DOI:10.1186/s13049-017-0368-y.
- [33] Pieracci FM, Leasia K, Bauman Z, et al. A multicenter, prospective, controlled clinical trial of surgical stabilization of rib fractures in patients with severe, nonflail fracture patterns (Chest Wall Injury Society NONFLAIL)[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2020, 88(2):249-257. DOI:10.1097/TA.0000000000002559.
- [34] Wu WM, Yang Y, Gao ZL, et al. Which is better to multiple rib fractures, surgical treatment or conservative treatment?[J]. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(5):7930-7936.
- [35] Kane ED, Jeremitsky E, Bittner KR, et al. Surgical stabilization of rib fractures: a single institution experience[J]. J Am Coll Surg, 2018, 226(6):961-966. DOI:10.1016/j.jamcollsurg.2017.11.008.
- [36] Lin HL, Tarng YW, Wu TH, et al. The advantages of adding rib fixations during VATS for retained hemothorax in serious blunt chest trauma-a prospective cohort study[J]. Int J Surg, 2019, 65:13-18. DOI:10.1016/j.ijsu.2019.02.022.
- [37] Khandelwal G, Mathur RK, Shukla S, et al. A prospective single center study to assess the impact of surgical stabilization in patients with rib fracture[J]. Int J Surg, 2011, 9(6): 478-481. DOI:10.1016/j.ijsu.2011.06.003.



- [38] Choi J, Tennakoon L, You JG, et al. Pulmonary contusions in patients with rib fractures; the need to better classify a common injury[J]. *Am J Surg*, 2021, 221(1):211-215. DOI:10.1016/j.amjsurg.2020.07.022.
- [39] Miller C, Stolarski A, Ata A, et al. Impact of blunt pulmonary contusion in polytrauma patients with rib fractures[J]. *Am J Surg*, 2019, 218(1):51-55. DOI:10.1016/j.amjsurg.2019.01.027.
- [40] Jiang YH, Wang X, Teng LX, et al. Comparison of the effectiveness of surgical versus nonsurgical treatment for multiple rib fractures accompanied with pulmonary contusion[J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 25(4):185-191. DOI:10.5761/atcs. oa.18-00295.
- [41] Vana PG, Neubaue DC, Luchette FA. Contemporary management of flail chest[J]. *Am Surg*, 2014, 80(6):527-535. DOI:10.1177/000313481408000613.
- [42] He Z, Zhang DS, Xiao HP, et al. The ideal methods for the management of rib fractures[J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11 Suppl 8:S1078-S1089. DOI:10.21037/jtd.2019.04.109.
- [43] Prins JTH, Van Lieshout EMM, Ali-Osman F, et al. Outcome after surgical stabilization of rib fractures versus nonoperative treatment in patients with multiple rib fractures and moderate to severe traumatic brain injury (CWIS-TBI)[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2021, 90(3):492-500. DOI:10.1097/TA.0000000000002994.
- [44] Su YH, Yang SM, Huang CH, et al. Early versus late surgical stabilization of severe rib fractures in patients with respiratory failure: a retrospective study[J]. *PLoS One*, 2019, 14(4):e0216170. DOI:10.1371/journal.pone.0216170.
- [45] Pieracci FM, Coleman J, Ali-Osman F, et al. A multicenter evaluation of the optimal timing of surgical stabilization of rib fractures[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2018, 84(1):1-10. DOI:10.1097/TA.0000000000001729.
- [46] 高劲谋, 都定元, 刘朝普, 等. 伴多发伤连枷胸的损伤控制外科治疗[J]. *中华创伤杂志*, 2013, 29(4):343-347. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2013.04.014.
- [47] 何伟伟, 杨昇, 吴铭伟, 等. 多发肋骨骨折患者手术时机和合并伤联合手术的临床研究[J]. *上海医学*, 2020, 43(7):407-412. DOI:10.19842/j.cnki.issn.0253-9934.2020.07.006.
- [48] Edwards JG, Clarke P, Pieracci FM, et al. Taxonomy of multiple rib fractures: results of the chest wall injury society international consensus survey[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2020, 88(2):e40-e45. DOI:10.1097/TA.0000000000002282.
- [49] Taylor BC, French BG, Fowler TT. Surgical approaches for rib fracture fixation[J]. *J Orthop Trauma*, 2013, 27(7):e168-e173. DOI:10.1097/BOT.0b013e318283fa2d.
- [50] Greiffenstein P, Tran MQ, Campeau L. Three common exposures of the chest wall for rib fixation: anatomical considerations[J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11 Suppl 8:S1034-S1043. DOI:10.21037/jtd.2019.03.33.
- [51] Taylor BC, Fowler TT, Reddy H, et al. Functional outcomes after muscle-sparing fixation of flail chest injuries[J]. *J Orthop Trauma*, 2019, 33(7):366-369. DOI:10.1097/BOT.0000000000001456.
- [52] Schots JPM, Vissers YLJ, Hulsewé KWE, et al. Addition of video-assisted thoracoscopic surgery to the treatment of flail chest[J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 103(3):940-944. DOI:10.1016/j.athoracsur.2016.09.036.
- [53] Pieracci FM. Completely thoracoscopic surgical stabilization of rib fractures: can it be done and is it worth it?[J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11 Suppl 8:S1061-S1069. DOI:10.21037/jtd.2019.01.70.
- [54] Pieracci FM, Johnson JL, Stoval RT, et al. Completely thoracoscopic, intra-pleural reduction and fixation of severe rib fractures[J]. *Trauma Case Rep*, 2015, 1(5-8):39-43. DOI:10.1016/j.tcr.2015.10.001.
- [55] 苏志勇, 张懿儒, 魏峰, 等. SU's全胸腔镜下肋骨骨折骨板骨钉胸腔内植入固定技术的临床应用[J]. *中国胸心血管外科临床志*, 2013, 20(3):362-364. DOI:10.7507/1007-4848.20130107.
- [56] Ke SK, Duan HB, Cai YJ, et al. Thoracoscopy-assisted minimally invasive surgical stabilization of the anterolateral flail chest using nuss bars[J]. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97(6):2179-2182. DOI:10.1016/j.athoracsur.2013.08.066.
- [57] Marasco S, Saxena P. Surgical rib fixation-technical aspects[J]. *Injury*, 2015, 46(5):929-932. DOI:10.1016/j.injury.2014.12.021.
- [58] Pieracci FM, Rodil M, Stovall RT, et al. Surgical stabilization of severe rib fractures[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2015, 78(4):883-887. DOI:10.1097/TA.0000000000000581.
- [59] Marasco S, Liew S, Edwards E, et al. Analysis of bone healing in flailchest injury: do we need to fix both fractures per rib?[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2014, 77(3):452-458. DOI:10.1097/TA.0000000000000375.
- [60] 高劲谋. 连枷胸救治的进展与争议[J]. *创伤外科杂志*, 2011, 13(2):187-188. DOI:10.3969/j.issn.1009-4237.2011.02.035.
- [61] Gao EJ, Li Y, Zhao TC, et al. Simultaneous surgical treatment of sternum and costal cartilage fractures[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 107(2):e119-e120. DOI:10.1016/j.athoracsur.2018.06.044.
- [62] Sollender GE, White TW, Pieracci FM. Fracture of the costal cartilage: presentation, diagnosis, and management[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 107(4):e267-e268. DOI:10.1016/j.athoracsur.2018.08.076.
- [63] Bottlang M, Walleiser S, Noll M, et al. Biomechanical rationale and evaluation of an implant system for rib fracture fixation[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2010, 36(5):417-426. DOI:10.1007/s00068-010-0047-4.
- [64] Bottlang M, Long WB, Phelan D, et al. Surgical stabilization of flail chest injuries with MatrixRIB implants: a prospective observational study[J]. *Injury*, 2013, 44(2):232-238. DOI:10.1016/j.injury.2012.08.011.
- [65] Lafferty PM, Anavian J, Will RE, et al. Operative treatment of chest wall injuries: indications, technique, and outcomes[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(1):97-110. DOI:10.2106/JBJS.I.00696.
- [66] 徐凤阳, 王楠, 任佳, 等. 解剖型和爪形接骨板固定肋骨骨折的疗效比较[J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(2):232-235. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.02.021.
- [67] Zhang XF, Guo ZQ, Zhao CC, et al. Management of patients with flail chest by surgical fixation using claw-type titanium plate[J]. *J Cardiothoracic Surg*, 2015, 10:145. DOI:10.1186/s13019-015-0363-1.
- [68] Yang Y, Dong LW, Wang J. Memory alloy embracing fixator in treatment of multiple fractured ribs and flail chest[J]. *World J Emerg Med*, 2010, 1(3):212-215.
- [69] Sales JR, Ellis TJ, Gillard J, et al. Biomechanical testing of a novel, minimally invasive rib fracture plating system[J]. *J Trauma*, 2008, 64(5):1270-1274. DOI:10.1097/TA.0b013e31804a7fd5.
- [70] Casha AR, Camilleri L, Manché A, et al. Internal rib structure can be predicted using mathematical models: an anatomic study



- comparing the chest to a shell dome with application to understanding fractures [J]. Clin Anat, 2015, 28 (8) : 1008-1016. DOI: 10. 1002/ca. 22614.
- [71] Choke A, Wong YR, Joethy JV. Biomechanical comparison of monocortical and bicortical plate fixation for rib fractures in a cadaveric model using a locking plate system[J]. J Thorac Dis, 2019, 11(12):4966-4971. DOI:10. 21037/jtd. 2019. 12. 31.
- [72] 吴伟敏, 张剑平, 姜敏炎, 等. 肋骨爪形钢板内固定治疗外伤性浮动胸壁[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2005, 21(1):23. DOI:10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 2005. 01. 024.
- [73] 徐恩五, 乔贵宾, 彭秀凡, 等. 记忆合金环抱器固定肋骨骨折的适应证及手术技巧[J]. 中华创伤杂志, 2012, 28(6): 533-536. DOI:10. 3760/cma. j. issn. 1001-8050. 2012. 06. 014.
- [74] 刘永靖, 于奇, 朱捷, 等. 纯钛肋骨接骨板治疗连枷胸和多发肋骨骨折[J]. 中华创伤杂志, 2013, 9(7): 650-652. DOI:10. 3760/cma. j. issn. 1001-8050. 2013. 07. 019.
- [75] Helzel I, Long W, Fitzpatrick D, et al. Evaluation of intramedullary rib splints for less-invasive stabilisation of rib fractures[J]. Injury, 2009, 40(10):1104-1110. DOI:10. 1016/j. injury. 2009. 06. 004.
- [76] Marasco SF, Sutalo ID, Bui AV. Mode of failure of rib fixation with absorbable plates: a clinical and numerical modeling study[J]. J Trauma, 2010, 68(5): 1225-1233. DOI: 10. 1097/TA. 0b013e3181d27cab.
- [77] Liman ST, Kuzucu A, Tastepe AI, et al. Chest injury due to blunt trauma [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2003, 23 (3) : 374-378. DOI:10. 1016/s1010-7940(02)00813-8.
- [78] Lin FC, Li RY, Tung YW, et al. Morbidity, mortality, associated injuries, and management of traumatic rib fractures[J]. J Chin Med Assoc, 2016, 79(6):329-334. DOI:10. 1016/j. jcma. 2016. 01. 006.
- [79] DuBose J, Inaba K, Okoye O, et al. Development of posttraumatic empyema in patients with retained hemothorax: results of a prospective, observational AAST study [J]. J Trauma Acute Care Surg, 2012, 73(3): 752-757. DOI: 10. 1097/TA. 0b013e31825c1616.
- [80] Wang WH, Yeung KWK. Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: a review[J]. Bioact Mater, 2017, 2(4):224-247. DOI:10. 1016/j. bioactmat. 2017. 05. 007.
- [81] Sanna S, Brandolini J, Pardolesi A, et al. Materials and techniques in chest wall reconstruction: a review[J]. J Vis Surg, 2017, 3: 95. DOI:10. 21037/jovs. 2017. 06. 10.

(收稿日期:2021-06-04)

#### 本文引用格式

孔令文, 黄光斌, 易云峰, 等. 创伤性肋骨骨折手术治疗中国专家共识(2021版)[J]. 中华创伤杂志, 2021, 37(10): 865-875. DOI: 10.3760/cma.j.cn501098-20210604-00327.

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 《中华创伤杂志》新远程稿件管理系统专家审稿说明

《中华创伤杂志》新远程稿件管理系统已于2019年1月7日正式上线,登录网址为: <http://cmaes.medline.org.cn> (或从中华医学会主页 <http://www.cma.org.cn> 中“在线服务”栏的“期刊在线投/审稿”进入)。新系统审稿的具体操作如下。

- 1 本刊邀请您审稿以后,您的邮箱会收到一封“外审邀请信”的邮件。
  - 2 如果您同意审稿,请点击“同意审稿”,直接审稿。具体步骤:将鼠标放到文件下载区,点击“下载”,请勿点击“在线浏览”。请注意:如果直接点击链接打开是乱码,请将网址拷贝到浏览器的地址栏后按回车进入审稿系统。
  - 3 如果您需要上传审稿意见附件,在专家审稿单下方有一上传“外审意见”附件添加按钮,您将附件在此处添加上传即可。
  - 4 如果您拒绝审稿,请点击不接收审稿邀请,拒绝审稿。
  - 5 如果以上方法不能打开系统,请您进入中华医学会杂志社远程稿件管理系统(<http://cmaes.medline.org.cn>),登录专家审稿系统,查看已审稿件和处理待审稿件。
  - 6 您还可以通过系统进行定稿会审稿、查看审稿费以及申请成为作者进行投稿等操作。
- 网络在线审稿时,如遇操作问题,请您向本刊咨询:023-68818654, Email:zhcszz@163.com。