

# 踝关节开放性骨折手术治疗的研究进展

刘志刚<sup>1</sup>, 陈晓<sup>1</sup>, 郝振海<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>山东第一医科大学, 山东 济南

<sup>2</sup>山东第一医科大学附属省立医院, 山东 济南

收稿日期: 2022年2月16日; 录用日期: 2022年3月9日; 发布日期: 2022年3月21日

## 摘要

踝关节开放性骨折多见于成年人, 是临床较为常见的一类关节内开放性骨折, 其发生率呈现出逐年上升的发展趋势, 已经引起骨科的高度重视。本文基于踝关节解剖特点及Gustilo分型, 结合近年来相关文献报道, 对其手术方式的选择及疗效分析进行综述。

## 关键词

开放性踝关节骨折, Gustilo分型, 手术治疗, 固定

# Research Progress of Surgical Treatment for Open Ankle Fracture

Zhigang Liu<sup>1</sup>, Xiao Chen<sup>1</sup>, Zhenhai Hao<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Shandong First Medical University, Jinan Shandong

<sup>2</sup>Shandong Provincial Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan Shandong

Received: Feb. 16<sup>th</sup>, 2022; accepted: Mar. 9<sup>th</sup>, 2022; published: Mar. 21<sup>st</sup>, 2022

## Abstract

Open fracture of ankle joint is found more in adults. It is a kind of common intra-articular open fracture in clinic. Its incidence shows an increasing trend year by year, which has attracted great attention of orthopedics. Based on the anatomical characteristics of ankle joint and Gustilo typing, combined with relevant literature reports in recent years, this paper summarizes the selection of

\*通讯作者。

operation methods and curative effect analysis.

## Keywords

Open Ankle Fracture, Gustilo Typing, Surgical Treatment, Fixed

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

踝关节开放性骨折位常见于高能量暴力冲击或机械绞伤, 随着我国城镇交通和工业化的快速发展, 意外伤害增加, 该类骨折人数也在逐渐增多, 且骨折程度多较为严重[1] [2]。踝关节开放性骨折治疗难度大, 一方面是因属于下肢重要负重关节, 其解剖复位难度大, 骨折后活动会受限, 若治疗不及时或方法不当会影响到踝部灵活性和稳定性, 并会引发创伤性关节炎等并发症。另一方面, 因踝关节周围软组织较为薄弱, 踝关节周围的骨折常常刺穿皮肤形成开放性骨折, 通常合并较为严重的软组织损伤和皮肤缺损, 且踝部接近地面, 创面污染相对较严重, 手术后常出现软组织覆盖问题, 若治疗结果不理想, 术后踝关节活动受限, 且极易出现感染、骨髓炎以及皮肤坏死的问题, 严重者还存在截肢的风险[2] [3] [4] [5]。

早期骨折端牢固的固定是治疗踝关节开放性骨折的重要环节, 降低了骨折端对软组织的进一步损伤, 减少了污染进一步扩散, 有助于血管及新生骨的形成, 利于患者早期负重、功能锻炼, 促进功能的恢复[6] [7]。近年来, 临床治疗踝关节开放性骨折开始趋向于手术固定方式, 但是受创面大小、固定方式及术后处理等因素影响, 手术适应证存在很多争议, 手术方式选择也是有很大的差别, 尚未形成统一标准的治疗方案[1] [3] [4] [5] [8] [9]。现就踝关节开放性骨折手术治疗取得了进展综述如下。

## 2. 踝关节的解剖

踝关节是由骨与韧带组成的复合体, 前者指胫骨、腓骨下端及距骨成, 其中胫骨远端内侧突出部位、后缘唇状突出部分和腓骨远端突出部分构成踝穴并包容距骨; 后者指内侧副韧带、外侧副韧带和和下胫腓韧带, 三者共同将踝关节各组成部分紧密连接为一个整体, 防止其向不同方向外翻, 保证了踝关节的灵活性和稳定性, 使其能够承受来自不同方向的应力。因踝关节周围软组织较为薄弱, 踝关节周围的骨折常常刺穿皮肤形成开放性骨折, 通常合并较为严重的软组织损伤, 且踝关节附近有许多重要的神经和血管经过, 前者包括胫神经、腓肠神经、腓深神经、腓浅神经内侧支, 后者包括胫前动脉、胫后动脉, 以上两条血管几乎囊括了足的全部血流量, 任何一个损伤都会对足的血供造成很大的影响, 对后期患足的恢复有一定影响。目前临床治疗踝关节开放性骨折的治疗更倾向于选择手术治疗, 原因在于踝关节骨折是关节内骨折, 治疗要求较高, 要保证距骨在踝穴中正确对合。有学者认为, 若距骨外移 1 mm, 胫骨与距骨接触面积减少 42%; 距骨外移 3 mm, 则胫距关节接触面积减少 60% [10]。由于接触面积减少而使局部压力增加, 必然导致创伤性关节炎发生。这就要求踝关节面达到解剖复位, 恢复踝关节稳定的生物力学环境, 防止踝穴增宽、变窄及踝关节不稳[7] [11]。而且患者开放性伤口也需要外科清创治疗, 同时手术治疗有助于减少患者痛苦及心理负担, 更有助于维持踝关节正常的解剖结构和骨折的复位, 使患者尽快恢复踝关节功能。

### 3. 踝关节开放性骨折的分型

开放性骨折是指骨折端与外界空气相通，开放性骨折最大的特点就是感染的风险会明显的增加。临床上踝关节开放性骨折的分型有很多种，最常用的是 Gustilo-Anderson 分型，简称 Gustilo 分型，由 Gustilo 和 Anderson 在 20 世纪 80 年代提出[12]，现已被临床广泛接受并使用，其将开放性骨折分为 Gustilo I、II、III 型。I 型是伤口的长度小于 1 cm，一般是局部的地方骨头刺出皮肤，软组织损伤比较轻微，无明显的挫裂伤。II 型伤口长度超过 1 cm，局部软组织损伤较为广泛，但是无明显的撕脱伤，同时伤口有中度污染，骨折一般来说属于粉碎型骨折。III 型是软组织广泛的损伤，包括肌肉、皮肤、血管、神经都有损伤，而且伴随明显的污染。随后，Gustilo III 型又被细分为 III A、III B、III C 型[13]。III A 型尽管软组织有很大面积的裂伤，但是骨折部位仍有足够的软组织覆盖；III B 型大面积软组织缺损伴有骨膜剥脱及骨外露，常伴有严重污染；III C 型伴有动脉损伤，并进行修复的开放性骨折，与骨折类型无关。该分型方法为治疗方法的选择以及手术方案的制定提供了有效的参照依据。

顾立强[14]等于 2017 年提出了改良 Gustilo 开放性骨折分型，将开放性骨折的软组织损伤、缺损类型分为五大类于若干亚型，补充拓展了 Gustilo III D 型\* (1 个节段性肢体毁损伤，远端肢体完整但缺血，相当于 Gustilo III B 型 + III C 型)、IV 型(2 个节段或以上的广泛性肢体毁损伤，远端于 Gustilo III B 型 + III C 型)及 V 型(原为闭合性骨折，因各种原因转化为开放性骨折)，进一步强调了开放性骨折中软组织损伤的重要性。

### 4. 骨折固定方式

早期伤口处理对于开放性骨折，尤其是关节内开放性骨折，传统观念认为一期作内固定是禁忌的，原因是早期清创不可能彻底，金属内固定容易造成感染，导致关节废用，并且常出现软组织覆盖问题[14]，近年来有观点认为经过严格坚强内固定后，有利于控制骨折端的感染，要求清创后应在无张力下缝合，对无生机的皮肤及组织不要勉强保留。如果皮肤缺损较多，可用游离植皮，局部或岛状皮瓣转移，这样可使感染率大大降低[4] [15] [16]。在某一组研究中疗效评价为差的 3 例中，有 2 例由于在张力下勉强缝合，造成皮肤坏死感染，后经换药植皮伤口愈合[17]。因此目前临床上对于踝部骨折多采用切开复位内固定治疗，虽然该方法能够促进骨折端的固定与解剖复位，且费用低、不影响外观等优点，但是术后并发症较多，尤其患者合并有软组织问题时，在临床上应用上有一定的自限性[18] [19] [20] [21]。

而骨折外固定架治疗骨折对于开放性骨折治疗也是一种公认的有效治疗手段，对于软组织条件要求较低。骨折外固定架具有可调节性强、操作简便、安全性高、手术时间短等优点，对于软组织条件要求较低，术后发生感染的概率要相对低一个等级，感染程度也并没有十分严重，且可对骨折的二期处理提供稳定的环境[8] [9] [20] [21] [22] [23]。因此，对合并严重软组织损伤且创面污染严重的踝关节开放性骨折，外固定架仍是首选[8] [24] [25]。在何江孟[23]的研究中对观察组患者采用组合式踝关节三维外固定架治疗，结果显示，观察组软组织优良率 86.95%，明显高于对照组 56.52% (P = 0.022)，也证明了外固定架对于踝关节开放伤的感染控制有着良好的作用。不仅如此，后期对于外固定架的取出也具有操作简单、创伤小等优点。但随着骨折的愈合，固定针处骨质的吸收，导致外固定架与骨的整体强度降低，可能会影响骨折端的愈合，且针道的感染也是一常见并发症。对于患者来说，外固定架钢针尾端的切割作用，就日常生活质量有着明显影响，会导致患者不愿主动锻炼，且外固定架使用耗材较多，费用昂贵。另外，二期是否更换内固定治疗仍然存在较大争议。陈雪松等[26]认为正确使用外固定技术且在骨折端足够稳定的情况下，如患者可耐受外固定带来的不便，无需二期手术更换内固定，可作为一种终极固定方式进行固定。

## 5. 手术方式的选择及时机

### 5.1. 治疗原则

清创时机和方式：开放性骨折需要及时清创，复位且固定骨折端，减少感染的风险。开放性骨折伤口愈合情况与最初伤口清创是否彻底密切相关，彻底清创是开放性骨折，尤其是 Gustilo III 型开放性骨折一期修复与重建的重要前提。随着对清创的重视及早期抗生素的应用，Schenker 等[27]研究表明，延迟清创未必会增加开放性骨折感染的风险，伤后 6 h 内与 6 h 后清创，感染率无明显差别。且 BOA (British Orthopaedic Association——英国矫形协会)和 BAPRAS (英国整形重建美容学会专题讨论会)也于 2009 年再次修订指南，将伤后 6 h 内完成初次清创术延长至 24 h 内[28]。所以，不必过分强调清创时机，充分彻底清创较手术时机更为重要。清创时，刷洗在麻醉和止血带下进行，以消除疼痛，并防止刷洗造成创面出血过多。清创应按照皮肤、皮下组织、筋膜、肌肉、肌腱、骨骼先外后里依次进行。皮肤的清创一般切除其伤口边缘 2 mm 即可，伤口内污染的皮下组织、筋膜、肌肉等应切除，凡肌肉组织黯淡无光泽，且用手术钳夹之无反应者也需切除，不影响骨质缺损的游离小碎骨片应取出。清创时要细致止血，避免术后形成血肿，为骨折愈合奠定基础。另外，大量学者研究认为，对于 Gustilo III 型开放性骨折，一期使用负压引流 VSD 技术可明显降低患处发生感染的概率[5] [9] [22] [29] [30] [31] [32]，因此污染较重且不能彻底清创的踝关节开放性骨折应常规使用 VSD 负压引流控制感染。

血液循环建立时机：Gustilo III C 型骨折伴有动脉损伤，需要修复血管。肢体缺血超过 8~12 h，会导致肢体永久性功能障碍，Gustilo III C 型骨折要求必须于 8 h 内修复血管、重建肢体血运[33]。手术方式为彻底清创、探查、骨折复位固定后再行血管修复手术，但肢体长时间缺血易致截肢率升高。

针对 Gustilo III B 和 Gustilo III C 型的踝关节是否需要截肢，Johansen 等[34]于 1990 年根据开放性骨折患者的骨与软组织损伤程度、肢体缺血严重程度、血压和休克持续时间及年龄等方面提出了 MESS 评分系统。MESS 评分小于 6 分，预后良好，可行保肢治疗；MESS 评分大于 7 分时，则有截肢指征，多需一期截肢。MESS 评分系统对于 Gustilo III C 型开放性踝关节骨折保肢或截肢治疗的决策较 Gustilo III B 型更具有临床指导意义。顾立强[14]等提出 MESS 评分 7 分甚至 7 分以上的踝部开放性骨折，仍有保肢可能，尤其是在远端肢体完整、足底感觉存在时。Fowler 等[35]的 Meta 分析研究表明，血管损伤及缺血时间并非截肢的重要指标，但合并神经损伤预后较差，是截肢的重要参考依据。租地感觉丧失是否是判断是否截肢的一项重要指标，但 Boser 等[36]对 29 例肢体足底感觉丧失的患者进行保肢治疗，2 年随访结果表明，55%的患者恢复了正常的足底感觉，故认为足底感觉是否丧失不能作为判断预后功能的决定性指标。但 MESS 评分系统、患肢的热缺血时间和足底感觉是否丧失不能作为判断是否截肢的唯一标准，应结合患者的具体伤情综合分析，由医护团队与患者及其家属沟通后选择。

### 5.2. 疗效评价

对于踝关节开放性骨折的术后恢复疗效评价，多数研究学者[19] [23] [37]采用以下几种标准综合评价：

- ① 治疗有效率：显效：骨折完全愈合，踝关节功能恢复，骨折线完全消失；有效：骨折基本愈合，踝关节功能明显改善，骨折线完全明显改善；无效：骨折未愈合，踝关节功能没有改善，骨折线清晰。治疗有效率为显效率与有效率之和。
- ② 软组织优良率：评定为优良：伤口一期愈合，术后肢体无水泡形成，无伤口坏死，感染，钢板、骨外露；评定为差，有下列情况之一者：伤口需要二期处理，术后水泡形成，伤口坏死，感染坏死，钢板骨外露。
- ③ 对两组患者术后行 6 个月随访，以 AOFAS 评分表、并参考王栋梁及 Calderone D R 的解剖评分表[38] [39]对治疗效果进行评价，见表 1。

**Table 1.** Ankle anatomy score  
**表 1.** 踝关节解剖评分表

		评分	
踝的外侧间隙		≤3 mm	5
		>3 mm	0
踝的内侧间隙		≤3 mm	5
		>3 mm	0
移位	内踝	无	2
		有	0
	外踝	无	3
		有	0
	后踝	无	5
		有	0
下胫腓联合		≤5 mm	5
		>5 mm	0
合计			25

### 5.3. 手术方式的选择及疗效分析

在这种骨折中,选择合适的固定方法是恢复踝关节功能的基础。踝关节承受全身重量,要求稳定好,灵活性高。对关节面的确切复位和早期活动练习是治疗踝关节骨折获得良好效果评价的最基本点,所以适当的固定不仅可以保持骨折端的解剖复位和距骨在踝穴中的正常解剖关系,有利于软组织的修复、骨折的愈合,也为日后早期的功能锻炼奠定了良好的基础。

对于踝关节 Gustilo I 型开放性骨折,鉴于创面小,污染较轻,多数学者认为,只要骨折断端达到解剖复位,术后进行适当的功能锻炼,此类型踝关节开放性骨折的所有患者的均行内固定治疗,能明显提高愈合率,减少其他并发症发生,疗效评价均可达到显效标准。

而相较于踝关节 Gustilo I 型开放性骨折, Gustilo II 型开放性骨折伤口大,污染较重,行坚强内固定的风险增加,有些研究认为在术后使用抗生素的加持下,有限内固定结合外固定架的手术固定方法成为该类型踝关节开放性骨折的标准术式,这种手术方法不仅可以降低踝关节开放性骨折术后感染的风险,而且对于此类型骨折经常出现的粉碎性骨块也固定作用,这对于后期治疗和患者早期康复锻炼以及减少创伤性关节炎是一种不可忽视的因素[19]。但也有不少研究学者认为,外固定架在患者术后康复锻炼中也是一种污染源,钉道链接骨髓腔,需患者自行护理,在缺乏专业的护理的情况下,易发生感染,拆除之后患者有一定的几率发生骨髓炎,对患者的生活及心理造成不小的负担,因此,使用坚强内固定,术后加强抗生素的使用,延长患者的住院观察时间,是一种较外固定架更好的手术方式,且患者术后的生活质量会有明显的提升。

在 Gustilo III 型踝关节开放性骨折中,患者多数软组织损伤重,容易发生坏死及感染,传统内固定虽然可以给予骨折复位以及愈合的有效支撑,但在手术期间需要剥离骨膜,使原本创伤所导致的血液功能受到破坏,对伤口以及骨折愈合带来非常大的不利影响,严重者还会引发感染,造成手术失败[19] [40]。而外固定支架不但可以对骨折愈合提供必要的支撑,同时可以有效避免软组织损伤,为临床操作提供一定的空间[41]。因为骨折部位在踝关节,其骨折片体积不足以维持外固定支架的固定螺钉,因此,需要采

取跨关节固定，而骨折片则使用空心螺钉或克氏针有限内固定。但是要特别注意的是在手术中要适当安置外支架的位置，在对处理伤口不受影响的情况下，其中包括清理创面、更换药物，更换敷料等，进而保证骨折固定的有效性。除此之外，外固定支架的可调节性在内外踝开放性骨折伴踝关节脱位的处理中起到非常重要的作用，手术后 14~28 d，将踝关节固定栓给予适当松动，初期踝关节要进行适当活动，对踝关节功能早期康复起到良好的促进作用[42] [43]。临床手术以后还能够根据 X 线复查骨折愈合情况，对复位遗留问题给予有效处理。

对于 Gustilo III 型踝关节开放性骨折的软组织处理，有研究表明，Gustilo III A 型患者多数可以一期闭合创面，但是由于在早期手术时往往不能精确判断皮瓣血运，因而后期有部分病例发生皮瓣局部坏死。因此对于彻底清创后创面皮肤缺损不能直接缝合，形成张力，最好转移皮瓣移植和植皮覆盖。对软组织缺损多，污染重或一期难以彻底清创的 Gustilo III B 型患者，创面采用一期彻底清创、肿胀减压、VSD 负压吸引 + 外固定架固定，二期植皮修复的办法。而存在动脉损伤的 Gustilo III C 型患者，经原来的开放伤口进行手术，将异物及丧失活性组织给予彻底清除，保留有血液供应的骨膜和软组织，对碎骨块不进行游离。在直视下进行复位骨折，特殊情况时采取有效切开，使踝穴形态以及关节面平整得以恢复，采取克氏针给予有效固定。跨过踝关节置入 T 型外固定架或者 Orthofix 可微动外支架，牵引维持踝关节在 90°中立位，旋紧外固定当中的各个部件，使骨折给予有效固定。给予有效固定后再吻合断裂的血管，对受损的肌腱、肌肉等相关软组织结构给予有效修复，之后再一次采取生理盐水对伤口进行冲洗，之后关闭整个创面。陈道维等[44]大量学者研究显示，Gustilo III 型踝关节骨折脱位严重，有限内固定物的力学强度可能不足，因而加用外固定支架来辅助固定，这样可以同时兼顾软组织开放损伤的处理，能够降低感染发病率、直接观察肢体或创面情况，有助于后期的治疗及早期进行关节活动锻炼。手术后，采取初期功能恢复训练，能够使其血液循环得到明显改善，血管痉挛得以消除，对患者骨折部位的功能恢复起到良好的促进作用，加速骨折愈合。外固定支架治疗组临床优良率为 94.74%，单一内固定对照组为 78.95%，治疗组临床优良率明显高于对照组( $P < 0.05$ )，对内外踝开放性骨折并踝关节脱位采取外固定支架治疗，取得了显著的治疗效果，对骨折愈合起到良好的促进作用。

王正波等[21]研究认为，针对严重踝关节开放性骨折，分期手术治疗不免为另一种有效的治疗方法。在此研究中，采用一期清创 VSD 负压引流 + 克氏针与张力带弹性固定，二期再次严格清创后坚强内固定的方法。此 37 例分期手术患者，一期手术均使用 VSD 技术，覆盖了创面，降低了创面及院内交叉感染风险，同时保存了创面裸露的肌腱、骨膜的活性。术后仅仅出现 2 例浅层皮缘处感染，加强换药后好转，深部感染发生率为 0%。但文中并未交代其他并发症及踝关节功能评分的情况，所以分期手术对于降低感染率以外的治疗效果仍有待进一步的考究。

对于踝关节粉碎性骨折，若碎骨块经过清创清洗之后，污染部分彻底清除的情况下，可以一期采用在外固定架固定的基础上采用尽量用少的螺钉或克氏针对粉碎性骨折块进行固定；若碎骨块污染清洗不彻底，就需要清除掉，在骨折近端与远端断端由外固定架固定好正常的相对位置后，面对骨缺损可行二期植骨，一般不建议一期植入自体骨或异体骨，因为开放伤造成的骨缺损一期植骨后血肿发生率及感染率明显增加[45]。肖坚等[46]研究发现采用抗生素骨水泥联合外固定支架对下肢开放性粉碎性骨折造成的骨缺损患者进行一期治疗，二期再予以植骨固定，可明显降低发生感染及骨髓炎的概率。

## 6. 总结与展望

对踝关节开放性骨折合并脱位患者进行手术治疗的目的在于恢复患者踝关节的完整性以及距骨正常位置，从而恢复患者受伤部位功能，对患者日常生活质量进行最大程度的保障。及早进行伤口彻底清创及骨折端固定手术治疗，恢复踝关节生物力学环境，患者将获得理想功能恢复。

综上, 踝关节开放性骨折应尽早清创及使用抗生素, 在创面无明显感染的情况下, 应及时无张力一期缝合, 缺损较大时行皮瓣移植, 争取一期闭合创面。伤口污染较重的患者, 创面采用一期彻底清创、肿胀减压、VSD 负压吸引, 二期修复的办法。对于固定方式的选择, 每种固定方式各有利弊, 具体选择何种固定方式, 应根据骨折的部位、类型、软组织损伤的严重程度、污染情况、患者的身体状况及术者的自身情况而定。目前, 对于 III 度踝关节开放骨折, 由于存在严重软组织污染、缺损所致骨外露, 而局部抗感染能力低, 所以不推荐进行内固定, 外固定架仍是首选, 并视一期手术情况决定是否行二期手术。对于 Gustilo I、II 型开放性骨折, 若软组织条件允许且是身体状况良好的青壮年患者, 坚强内固定即可取得满意的效果。

## 参考文献

- [1] Davis, M.E., Blum, L., Talusan, P.G. and Hake, M.E. (2019) Irrigation and Debridement of an Open Ankle Fracture with Open Reduction and Internal Fixation and Syndesmotic Fixation Using a Suture Button Device. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **33**, S40-S41. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001526>
- [2] Ovaska, M.T., Madanat, R., Honkamaa, M. and Mäkinen, T.J. (2015) Contemporary Demographics and Complications of Patients Treated for Open Ankle Fractures. *Injury*, **46**, 1650-1655. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.04.015>
- [3] 吴其鹏, 刘国辉, 夏天, 熊元, 陈熹, 刘毅, 吉力力·艾合买提, 刘静. 外固定架联合有限内固定治疗复杂开放性踝关节骨折的疗效观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(8): 882-883.
- [4] 周志文. 开放性踝关节骨折脱位急诊内固定手术疗效分析[J]. 中国实用医药, 2019, 14(33): 65-66.
- [5] Sohn, O.J. and Kang, D.H. (2011) Staged Protocol in Treatment of Open Distal Tibia Fracture: Using Lateral MIPO. *Clinics in Orthopedic Surgery*, **3**, 69-76. <https://doi.org/10.4055/cios.2011.3.1.69>
- [6] Franklin, J.L., Johnson, K.D. and Hansen, S.T. (2020) Immediate Internal Fixation of Open Ankle Fractures: Report of Thirty-Eight Cases Treated with a Standard Protocol. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **34**, S1-S8. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001736>
- [7] 吴金伟, 卢盛华, 余英剑. 踝关节开放性骨折合并脱位的急诊手术治疗[J]. 中国医药指南, 2013, 11(12): 441-443.
- [8] 李庆阳, 于晶. 开放性踝关节骨折脱位的手术治疗[J]. 中国民族民间医药, 2012, 21(4): 88.
- [9] Armstrong, L., Jackson, J. and Riddick, A. (2018) Tibiotalocalcaneal Nail Fixation and Soft Tissue Coverage of Gustilo-Anderson Grade 3B Open Unstable Ankle Fractures in a Frail Population, a Case Series in a Major Trauma Centre. *Foot and Ankle Surgery*, **24**, 347-352. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2017.03.015>
- [10] 何永清, 顾宣歆, 凌巍. 踝关节旋前-外旋型骨折的手术治疗[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2008, 23(7): 606-607.
- [11] Sitnik, A., Beletsky, A. and Schelkun, S. (2017) Intra-Articular Fractures of the Distal Tibia: Current Concepts of Management. *EFORT Open Reviews*, **2**, 352-361. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.2.150047>
- [12] Gustilo, R.B. and Anderson, J.T. (1976) Prevention of Infection in the Treatment of One Thousand and Twenty-Five Open Fractures of Long Bones: Retrospective and Prospective Analyses. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, **58**, 453-458. <https://doi.org/10.2106/00004623-197658040-00004>
- [13] Gustilo, R.B., Mendoza, R.M. and Williams, D.N. (1984) Problems in the Management of Type III (Severe) Open Fractures: A New Classification of Type III Open Fractures. *The Journal of Trauma*, **24**, 742-746. <https://doi.org/10.1097/00005373-198408000-00009>
- [14] 顾立强, 朱庆棠, 戚剑. 开放性骨折改良 Gustilo 分型与保肢策略[J]. 中华显微外科杂志, 2017, 40(1): 13-15.
- [15] 李兴旺, 黄家福, 刘小年, 王贤芳, 黄杰, 肖庆华. 内固定治疗踝关节开放性骨折 65 例分析[J]. 赣南医学院学报, 2011, 31(3): 372-373.
- [16] Liao, Q., Weng, X., Li, K., Zhu, Y., Tang, J. and Yan, A. (2009) One-Stage Management of Open Distal Tibial Pilon Fractures. *Journal of Central South University. Medical Sciences*, **34**, 1003-1007.
- [17] 张继东, 程婷, 刘浩. 踝关节开放骨折治疗体会[J]. 实用骨科杂志, 2002(6): 447-448. <https://doi.org/10.13795/j.cnki.sgkz.2002.06.025>
- [18] Jung, G.H., Chung, H., Baek, S.H. and Sohn, H.S. (2021) Percutaneous Bridge Plating of Extra-Articular Distal Fibular Fracture for the Management of Distal Tibia Type III Open Fracture. *Asian Journal of Surgery*, **44**, 363-368. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2020.09.016>
- [19] 孙东东, 刘群, 孙明林. 骨科损伤控制理念指导下应用克氏针结合外固定支架治疗胫腓骨远端开放性骨折[J].

- 中华创伤骨科杂志, 2018(9): 768-773.
- [20] 李庆虎, 傅佰圣, 赵闯, 王永会, 周东生, 毕丛丛, 卢舜. Pilon 骨折术后感染的危险因素分析[J]. 实用骨科杂志, 2021, 27(7): 598-600+606.
- [21] 王正波, 曾升友, 黄伟. 37 例严重踝关节开放性骨折的分期治疗[J]. 双足与保健, 2019, 28(13): 143-144.
- [22] Ali, M., Reda, F.M., Abbassi, H., Issaoui, H., Gargouri, M. and Razanabola, F. (2020) Management of a Severe Degloving Injury with a Type 2 Open Tibia Fracture Using Negative Pressure Wound Therapy with Instillation and Dwell Time. *Wounds*, **32**, E110-E113.
- [23] 何江孟. 组合式踝关节三维外固定架治疗开放性三踝骨折的临床研究[J]. 临床医药文献电子杂志, 2017, 4(36): 6954-6955.
- [24] 井晟, 尚修超, 孟祥圣, 孙晓. 有限内固定及外固定架固定治疗开放性踝关节骨折探讨[J]. 解放军预防医学杂志, 2019, 37(11): 147-148.
- [25] 李强, 冷元曦, 周雄, 支乐, 夏启水, 邓晖. 跨踝关节外固定架联合有限内固定治疗复杂开放性 Pilon 骨折疗效观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2020, 35(8): 855-857.
- [26] 陈雪松, 徐永清, 陈建明, 何金顺, 张黎明, 余晓军, 江珉, 吉丽, 李小松. Gustilo IIIB、IIIC 型小腿及足踝部开放性骨折的一期修复与重建[J]. 中华创伤骨科杂志, 2014, 16(11): 939-945.
- [27] Schenker, M.L., Yannascoli, S., Baldwin, K.D., Ahn, J. and Mehta, S. (2012) Does Timing to Operative Debridement Affect Infectious Complications in Open Long-Bone Fractures? A Systematic Review. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, **94**, 1057-1064. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.00582>
- [28] Ali, A.M., McMaster, J.M., Atkins, B., et al. (2011) Compliance with BOA/BAPRAS Standards for the Management of Open Fractures of the Lower Limb (September 2009) in a Specialist Centre. *Injury Extra*, **42**, 129-130. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.06.298>
- [29] 康涵威, 王昱林. 外固定支架联合负压封闭引流术治疗下肢开放性粉碎性骨折对患者踝关节功能影响观察[J]. 双足与保健, 2018, 27(16): 145-146.
- [30] 周楚坤. 超踝关节外固定架结合负压封闭引流技术治疗踝关节开放性骨折的临床效果[J]. 中国当代医药, 2017, 24(34): 77-80.
- [31] 谢玉山, 黄振平, 何淳. 简易负压装置冲洗治疗严重踝关节开放性骨折合并感染的临床效果[J]. 湖北科技学院学报(医学版), 2017, 31(1): 39-41.
- [32] 程永涛, 王维, 赵岩, 张海洋, 张述才. 外固定支架与有限内固定及负压封闭引流修复 Gustilo II、III 型关节骨折: 时效性与分阶段概念[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(4): 554-561.
- [33] Lu, X.W., Idu, M.M., Ubbink, D.T. and Legemate, D.A. (2006) Meta-Analysis of the Clinical Effectiveness of Venous Arterialization for Salvage of Critically Ischaemic Limbs. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **31**, 493-499. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2005.12.017>
- [34] Johansen, K., Daines, M., Howey, T., Helfet, D. and Hansen, S.T. (1990) Objective Criteria Accurately Predict Amputation Following Lower Extremity Trauma. *The Journal of Trauma*, **30**, 568-573. <https://doi.org/10.1097/00005373-199005000-00007>
- [35] Fowler, J., Macintyre, N., Rehman, S., Gaughan, J.P. and Leslie, S. (2009) The Importance of Surgical Sequence in the Treatment of Lower Extremity Injuries with Concomitant Vascular Injury: A Meta-Analysis. *Injury*, **40**, 72-76. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2008.08.043>
- [36] Bosse, M.J., McCarthy, M.L., Jones, A.L., et al. (2005) The Insensate Foot Following Severe Lower Extremity Trauma: An Indication for Amputation? *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, **87**, 2601-2608. <https://doi.org/10.2106/JBJS.C.00671>
- [37] 戚晓阳, 邱旭升, 施鸿飞, 陈一心. 踝关节骨折术后关节功能的影响因素分析[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19(9): 762-768.
- [38] 王栋梁, 周之德, 姜其为. 踝关节骨折的治疗与术后功能评估[J]. 骨与关节损伤杂志, 1998(6): 323-325.
- [39] Calderone, D.R., Loder, B.G., Denny, D., Sticha, R.S. and Wertheimer, S.J. (1996) Retrospective Analysis of Operative Ankle Fractures. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **35**, 230-236. [https://doi.org/10.1016/S1067-2516\(96\)80103-7](https://doi.org/10.1016/S1067-2516(96)80103-7)
- [40] Ovaska, M.T., Madanat, R. and Mäkinen, T.J. (2016) Predictors of Postoperative Wound Necrosis Following Primary Wound Closure of Open Ankle Fractures. *Foot & Ankle International*, **37**, 401-406. <https://doi.org/10.1177/1071100715609182>
- [41] 崔虎. 骨外固定支架治疗胫腓骨骨折的应用及相关指标观察[J]. 中国社区医师, 2021, 37(2): 20-21.

- 
- [42] 胡胜焯, 陈辉, 芮云峰. 踝关节骨折脱位的研究进展[J]. 足踝外科电子杂志, 2019, 6(3): 30-36.
- [43] 陈卫华. 踝关节开放性骨折脱位 60 例报告[J]. 创伤外科杂志, 2004(1): 37.
- [44] 陈道维. 外固定支架在内外踝开放性骨折并踝关节脱位中应用探讨[J]. 中外医学研究, 2016, 14(8): 143-145.
- [45] 詹晓欢, 陈元荣, 罗桦杰, 张家盛, 高峻青, 付记乐. Gustilo III B 和 III C 型骨折治疗进展[J]. 中华显微外科杂志, 2018, 41(3): 310-313.
- [46] 肖坚, 毛兆光, 朱慧华, 郭亮. 抗生素骨水泥联合外固定支架在下肢开放性骨折骨缺损中的早期应用[J]. 中国骨伤, 2017, 30(3): 270-273.