

## 跟骨关节内骨折锁定钢板固定后高压氧辅助治疗的临床效果

许运<sup>1</sup>, 史勇<sup>1</sup>, 欧阳林志<sup>1</sup>, 陶卫建<sup>1</sup>, 简争光<sup>1</sup>, 孙雪峰<sup>1</sup>, 马春艳<sup>1</sup>, 唐天骊<sup>2</sup> (苏州市相城人民医院骨科, 江苏省苏州市 215131; <sup>2</sup>苏州大学附属第一医院骨科, 江苏省苏州市 215006)

### 文章亮点:

试验特点在于观察采用扩大外侧入路切开复位内固定治疗跟骨关节内骨折患者, 固定后 24 h 后开始接受高压氧治疗, 发现其治疗可以预防并降低跟骨骨折经扩大外侧入路手固定后切口并发症的发生比率, 高压氧治疗能够明显提高跟骨骨折固定后近期的临床疗效, 但对随访 2 年后的临床效果改善不明显。

### 关键词:

植入物; 骨植入物; 跟骨; 骨折; 切开复位内固定; 并发症; 高压氧治疗; 临床效果

### 主题词:

跟骨; 高压氧; 钢板; 内固定器

### 摘要

**背景:** 切口感染、皮缘坏死、局部皮肤缺损、骨髓炎等是跟骨扩大外侧手术入路常见并发症, 处理困难。高压氧治疗在严重挤压伤、慢性骨髓炎、慢性皮肤缺损溃疡等骨科疾病领域中有较为广泛的应用, 运用高压氧治疗可能是跟骨骨折固定后切口并发症是一种有效方法。

**目的:** 探索高压氧辅助治疗对跟骨关节内骨折手固定后临床疗效的影响。

**方法:** 收集 2010 年 1 月至 2012 年 9 月收治的采用扩大外侧入路切开复位内固定治疗跟骨关节内骨折 80 例患者, 根据患者治疗方法的不同分为高压氧治疗组和对照组, 各 40 例, 高压氧治疗组患者在固定后 24 h 后开始接受高压氧治疗, 而对照组患者接受的是高压空气。

**结果与结论:** 高压氧治疗组 3 例, 对照组 4 例由于不能耐受高压氧治疗而退出, 其余 73 例患者至少获得 2 年以上的完整随访。两组患者人口学统计学情况差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。高压氧治疗组有 1 例(3%)浅表感染, 对照组固定后切口感染 3 例(8%); 高压氧治疗组总的并发症 4 例(11%), 对照组 12 例(33%), 差异有显著性意义( $P = 0.020$ )。固定后 6 个月两组患者美国足踝外科协会评分、SF-36 评分、目测类比分, 差异有显著性意义( $P < 0.05$ ), 但固定后 2 年后两组患者上述指标的差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。提示高压氧辅助治疗可以预防并降低跟骨骨折经扩大外侧入路手固定后切口并发症的发生比率, 高压氧治疗能够明显提高跟骨骨折固定后近期的临床疗效, 但对随访 2 年后的临床效果改善不明显。

许运, 史勇, 欧阳林志, 陶卫建, 简争光, 孙雪峰, 马春艳, 唐天骊. 跟骨关节内骨折锁定钢板固定后高压氧辅助治疗的临床效果[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(48):7816-7821.

许运, 男, 1977 年生, 江苏省镇江市人, 汉族, 2011 年苏州大学毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事骨科方面的研究。

通讯作者: 史勇, 博士, 副主任医师, 苏州市相城人民医院骨科, 江苏省苏州市 215131

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2014.48.019  
[http://www.crter.org]

中图分类号:R318  
文献标识码:B  
文章编号:2095-4344  
(2014)48-07816-06  
稿件接受: 2014-10-30

## Clinical efficacy of hyperbaric oxygen therapy combined with locking plate for intra-articular calcaneal fractures

Xu Yun<sup>1</sup>, Shi Yong<sup>1</sup>, Ouyang Lin-zhi<sup>1</sup>, Tao Wei-jian<sup>1</sup>, Jian Zheng-guang<sup>1</sup>, Sun Xue-feng<sup>1</sup>, Ma Chun-yan<sup>1</sup>, Tang Tian-si<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Department of Orthopedics, Suzhou Xiangcheng People's Hospital, Suzhou 215131, Jiangsu Province, China; <sup>2</sup>Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China)

### Abstract

**BACKGROUND:** Wound infection, skin flap necrosis, local skin defects, and osteomyelitis are common complications following extensile lateral approach for calcaneal fracture, and these complications are very intractable. Hyperbaric oxygen therapy has been widely applied in treatment of severe crush injury, chronic osteomyelitis, chronic skin ulcers and defects, and other orthopedic diseases. Hyperbaric oxygen therapy may be a potential means to treat wound complications after calcaneal fracture fixation.

**OBJECTIVE:** To assess the effectiveness of hyperbaric oxygen therapy in displaced intra-articular fractures after open reduction and internal fixation through an extensile lateral approach.

**METHODS:** From January 2010 to September 2012, 80 patients with intra-articular calcaneal fractures after open reduction and internal fixation were randomized into two groups, receiving hyperbaric oxygen therapy (HBOT group) or hyperbaric air treatment (control group). Each group contained 40 patients.

**RESULTS AND CONCLUSION:** Three cases in HBOT group and four cases in control group were excluded due to intolerance to hyperbaric oxygen therapy, and the remaining 73 patients were followed and assessed for a minimum of two years of follow-up. The demographic data showed no significant difference between the two groups ( $P > 0.05$ ). The rates of infection were 3% (one case) in HBOT group and 8% (three cases) in control group. The overall complication rates for HBOT group and control group were 11% (four cases) and 33% (12

Xu Yun, Master, Attending physician, Department of Orthopedics, Suzhou Xiangcheng People's Hospital, Suzhou 215131, Jiangsu Province, China

Corresponding author: Shi Yong, M.D., Associate chief physician, Department of Orthopedics, Suzhou Xiangcheng People's Hospital, Suzhou 215131, Jiangsu Province, China

Accepted: 2014-10-30

cases), respectively ( $P = 0.020$ ). At 6 months after hyperbaric oxygen therapy, American Orthopaedic Foot and Ankle Society score, SF-36 score, VAS score were significantly better outcomes for HBOT group as compared with control group ( $P < 0.05$ ). However, these outcome measures did not differ significantly between the two groups after 2 years of follow-up ( $P > 0.05$ ). Adjunctive hyperbaric oxygen therapy would prevent and reduce the overall complication rate after open reduction and internal fixation through an extensile lateral approach. Hyperbaric oxygen therapy obviously improve clinical efficacy after treatment, but has no difference after 2 years.

**Subject headings:** calcaneus; hyperbaric oxygen; bone lamella; internal fixators

Xu Y, Shi Y, Ouyang LZ, Tao WJ, Jian ZG, Sun XF, Ma CY, Tang TS. Clinical efficacy of hyperbaric oxygen therapy combined with locking plate for intra-articular calcaneal fractures. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2014;18(48):7816-7821.

## 0 引言 Introduction

跟骨关节内移位骨折的发生率占全身骨折的1.0%~2.0%，因跟骨及周围解剖结构复杂，软组织覆盖质量差，保守治疗，后遗症多，预后差。跟骨扩大外侧入路手术，显露满意，可获得距下关节面的解剖复位，关节融合率低，目前被认为是治疗跟骨关节内移位骨折的有效方法。

跟骨扩大外侧入路最大缺点是切口感染、皮瓣坏死及跟外侧区皮肤感觉功能障碍发生率高。伤时足跟部微血管的损伤破坏是导致固定后切口并发症的主要原因<sup>[1]</sup>，研究证实跟骨骨折后其外侧壁皮肤内的氧张力明显减低<sup>[2]</sup>。高压氧治疗能够增加机体组织的氧分压、增强氧合作用，通过激发机体免疫系统活力、增强抗生素的作用效应、促进微血管形成、成纤维细胞的活性以及胶原合成而促进伤口愈合<sup>[3]</sup>。文献报道高压氧治疗能够有效预防跟骨骨折软组织并发症<sup>[4-5]</sup>。

试验对高压氧治疗和单纯高压空气治疗的患者进行对比：①评价高压氧辅助治疗对跟骨骨折固定后切口并发症的预防作用。②评价高压氧辅助治疗对跟骨关节内骨折患者固定后疼痛、功能恢复、生活质量的影响。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

**设计：**同期非随机对比观察。

**时间及地点：**试验于2010年1月至2014年7月在苏州大学附属第一医院和苏州市相城人民医院骨科完成。

**对象：**收集2010年1月至2012年9月采用扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折患者。

**诊断标准：**跟骨关节内骨折参考Sanders CT诊断分型进行诊断<sup>[6]</sup>。

**纳入标准：**①符合诊断标准。②年龄 $\geq 18$ 岁。③采用扩大外侧入路切开复位内固定治疗。

**排除标准：**①开放性跟骨骨折。②双侧跟骨骨折患者。③合并有气胸、纵膈气肿，多发性肋骨骨折，胸壁开放性创伤的患者。④严重慢性阻塞性肺病患者、结核性空洞形成并咯血患者。⑤其他对高压氧治疗有禁忌的患者。

共入选80例患者，按治疗方法的不同分为高压氧治疗组和对照组，各40例。试验经苏州市相城人民医院伦理委

员会批准，所有患者或其委托人均知情同意，签署知情同意书。

**材料：**跟骨锁定钢板，购自山东威高骨科材料有限公司、苏州欣荣博尔特医疗器械有限公司、常州康辉医疗器械公司或AO公司，材料为钛金属(图1)。

**方法：**

**扩大外侧入路切开复位内固定：**所有手术由同一组具有一定创伤手术经验的医生完成。采用硬膜外麻醉或全麻，固定前0.5 h静滴头孢类抗生素预防感染。患者取侧卧位，患肢大腿根部上气囊止血带。常规消毒、铺巾。采用扩大外侧入路，L形切口(图2A)，切开皮肤全层，手术刀锐性切开皮下组织直达跟骨外侧骨面，于腓骨长肌腱鞘深面将跟骨外侧壁附着的所有软组织连同骨膜整块向上翻起，形成全厚皮瓣。全厚皮瓣中包括腓骨肌腱及腓肠神经。3枚克氏针依次插入腓骨远端、距骨和骰骨并折弯，完成无接触牵引皮瓣暴露切口。切开距下关节囊的外侧部，充分暴露距下关节及骨折，将另一根克氏针插入纵形插入跟骨结节做为撬拨复位的手柄。如果跟骨外侧壁的骨折块松动并游离可临时取下。用骨膜起子撬起塌陷的后关节面并向后方牵引纠正跟骨长度、高度及内外翻畸形，克氏针临时固定。C形臂X射线光机分别行跟骨侧位、轴位和Broden位透视，观察判断骨折复位情况。距下关节面及Bohler角和Gissane角度恢复满意后，采用跟骨锁定钢板固定。若发现骨折复位后缺损严重，则行自体髂骨植骨。常规放置负压引流管，使用Vicryl\* 2-0 抗菌可吸收缝线(强生(上海)医疗器械有限公司)于切口皮下间断全层缝合皮瓣(图2B-E)。

**高压氧治疗：**高压氧治疗组患者在固定后24 h后开始接受高压氧治疗。治疗前对患者进行心理疏导，消除患者的恐惧、疑虑等心理。采用CY烟台2800型多人氧舱(烟台宏远氧业有限公司)，用面罩吸纯氧，压力0.2 MPa，加压20 min，稳压60 min，减压20 min，中间间歇吸舱内空气10 min，1次/d，6 d为1个疗程，连续治疗两三个疗程。进入高压氧舱时，患肢减少覆盖，尽量在高压氧环境里暴露，与氧气充分接触。而对照组患者接受的是高压空气。

**固定后处理：**固定后常规使用抗生素24~48 h，肿胀严重者使用体积分数20%甘露醇脱水消肿处理。患肢抬高，24 h开始足趾关节被动活动，48 h主动活动足趾和踝关节

的。24–48 h 拔除引流管。固定后8周进行负重锻炼。

**固定后随访:** 常规拍摄跟骨侧位及轴位X射线片, 必要时行CT扫描。在侧位X射线片上测量Bohler角和Gissane角, 跟骨宽度, 观察有无距下关节炎出现, 以及骨折愈合情况, 记录两组患者固定后切口及其他并发症情况。

**临床疗效评价:** 按美国足踝外科协会踝与足评分系统评价临床疗效<sup>[7]</sup>。采用目测类比评分评估两组患者足踝部疼痛的情况<sup>[8]</sup>。0分表示无痛, 10分表示剧烈疼痛。采用SF-36健康调查量表评价生活质量<sup>[9]</sup>。

**主要观察指标:** 患者的治疗效果及并发症情况。

**统计学分析:** 采用SPSS软件18.0进行统计分析。两组的年龄、手术时间、固定后美国足踝外科协会评分、目测类比评分及SF-36量表评分等数值变量的比较采用独立样本 $t$ 检验。两组患者性别分布、骨折分型、固定后并发症比较采用 $\chi^2$ 检验或Fisher确切概率法检验。两组病例距下关节炎发生例数的比较使用非参数检验。 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

**2.1 扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折患者数量分析及一般资料** 共入选80例患者, 其中7例患者在研究过程中不能耐受高压氧治疗而退出(高压氧治疗组3例, 对照组4例)。73例患者进入最终结果分析。其中高压氧治疗组37例, 男26例, 女11例; 年龄(45.19±10.02)岁; Sanders CT分型, II型19例, III型15例, IV3例。对照组36例, 男27例, 女9例; 年龄(42.46±11.22)岁; Sanders CT分型, II型18例, III型16例, IV2例。两组患者人口统计学情况差异均无显著性意义( $P > 0.05$ , 表1)。

**2.2 扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折患者围手术期情况** 两组患者固定前吸烟史、并发糖尿病、下肢周围血管病变情况组间差异无显著性意义( $P > 0.05$ ; 表1)。

**2.3 高压氧治疗扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折患者的短期疗效** 经高压氧治疗10 d, 接受高压氧治疗的患足肿胀、疼痛明显减轻, 切口无水疱形成, 皮肤色泽红, 开始出现皱缩, 未发生切口皮缘发黑坏死病例。对照组患者足部软组织红肿、颜色发暗, 肿胀时间较长, 难以消退, 部分患者跟骨外侧切口边缘皮肤发黑坏死裂开(图3)。

**2.4 高压氧治疗扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折患者的影像学结果** 固定后随访2年时, 两组患者Bohler角和Gissane角与固定前比较均有明显恢复, 跟骨高度宽度纠正, 关节面恢复解剖位置(图4)。2组患者Bohler角和Gissane角差异无显著性意义( $P > 0.05$ ; 数据未显示)。2组患者固定后发展为距下、跟骰、胫距关节炎情况差异无显著性意义( $Z = -0.228$ ,  $P = 0.819$ ; 表2)。

**2.5 高压氧治疗扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折患者的固定后并发症情况** 高压氧治疗组有1例

表1 两组病例患者的人口统计学资料

Table 1 Demographic characteristics of patients in the two groups

项目	高压氧治疗组 (n=37)	对照组 (n=36)	$t / \chi^2$	$P$
年龄( $\bar{x} \pm s$ )	45.19±10.02	42.46±11.22	$t = 1.091$	0.279
性别(男/女, n)	26/11	27/9	$\chi^2 = 0.205$	0.425
吸烟(是/否, n)	20/17	19/17	$\chi^2 = 0.012$	0.913
糖尿病(是/否, n)	5/32	6/30	$\chi^2 = 0.142$	0.707
周围血管病变(是/否, n)	3/34	5/31	$\chi^2 = 0.625$	0.429
Sanders 分型(n)			$\chi^2 = 0.246$	0.884
Sanders II	19	18		
Sanders III	15	16		
Sanders IV	3	2		
伤后至手术时间( $\bar{x} \pm s$ , d)	9.86±2.71	9.97±2.81	$t = -0.163$	0.871
止血带时间( $\bar{x} \pm s$ , min)	79.46±19.14	76.29±18.00	$t = 0.724$	0.472
植骨(是/否, n)	4/33	3/33	$\chi^2 = 0.246$	0.516

(3%)浅表感染, 经口服抗生素, 切口换药治愈, 未发生深部感染病例, 对照组固定后切口感染3例(8%), 深部感染1例, 细菌培养证实为耐药金黄色葡萄菌感染, 经抗感染、反复清创换药等处理, 伤口愈合。2组患者固定后切口感染率差异无显著性意义( $\chi^2 = 1.17$ ,  $P = 0.291$ )。高压氧治疗组所有患者均未发生切口皮缘坏死, 对照组切口边缘坏死4例, 3例坏死面积小, 经换反复换药处理后切口愈合, 1例患者皮瓣坏死面积较大, 钢板外露, 后行钢板取出, 游离植皮覆盖创面。2组切口边缘坏死率差异有显著性意义( $\chi^2 = 4.349$ ,  $P = 0.037$ )。高压氧组与对照组各有1例浅表切口裂开。两组患者随访两年骨折均获骨性愈合。对照组有1例患者(Sanders IV型)。固定后2年随访时感足踝部疼痛明显, 行走时疼痛加剧, 影像学检查示距下关节密度增高, 关节间隙狭窄, 诊断距下关节创伤性关节炎, 而行距下关节融合。2组患者均未发生急慢性骨髓炎、肺栓塞或下肢深静脉血栓形成、下肢骨筋膜室综合征等并发症(表3)。

**2.6 高压氧治疗扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折患者的临床疗效** 固定后随访6个月, 行高压氧治疗患者均获得较为满意的临床效果, 患足外观恢复满意, 患者主观感觉患肢无明显疼痛, 患足无肿胀, 患足活动范围明显恢复, 无内外翻活动受限(图5)。而对照组患者则存在不同程度的患足肿胀, 患者自觉患足酸痛不适, 行走疼痛。2组患者美国足踝外科协会评分、SF-36评分、目测类比评分差异均有显著性意义( $P < 0.05$ )。固定后随访2年, 2组患者患足肿胀、疼痛等症状均有明显改善, 2组患者美国足踝外科协会评分、SF-36评分、目测类比评分差异无显著性意义( $P > 0.05$ ; 表4)。

## 3 讨论 Discussion

高能量的轴向暴力例如高处坠落是跟骨关节内骨折的常见损伤机制。高能量的创伤加之跟骨较为特殊的解剖结

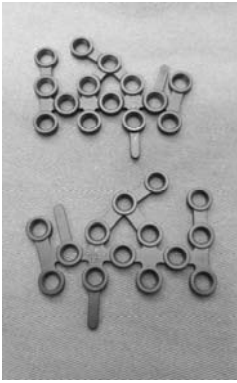


图1 跟骨锁定钢板  
Figure 1 Locking calcaneal plate  
图注: 跟骨锁定钢板材料为钛金属。

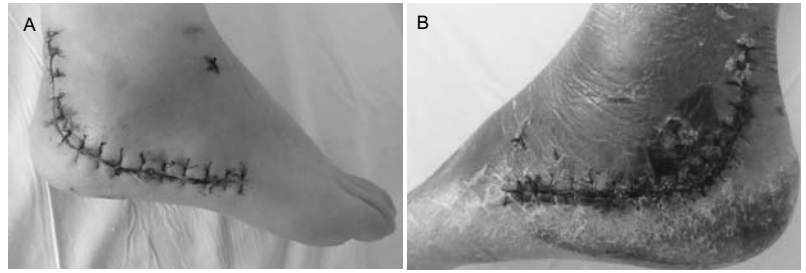


图3 高压氧治疗扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折患者的短期疗效  
Figure 3 Short-term outcomes of patients with displaced intra-articular fractures receiving hyperbaric oxygen therapy after open reduction and internal fixation through an extensile lateral approach

图注: 图中 A 为高压氧治疗 10 d 时, 患者软组织肿胀明显消退皮肤出现皱纹, 切口干燥愈合良好无感染征象; B 为对照组患者足部软组织红肿、颜色发暗, 切口边缘皮肤发黑坏死裂开。

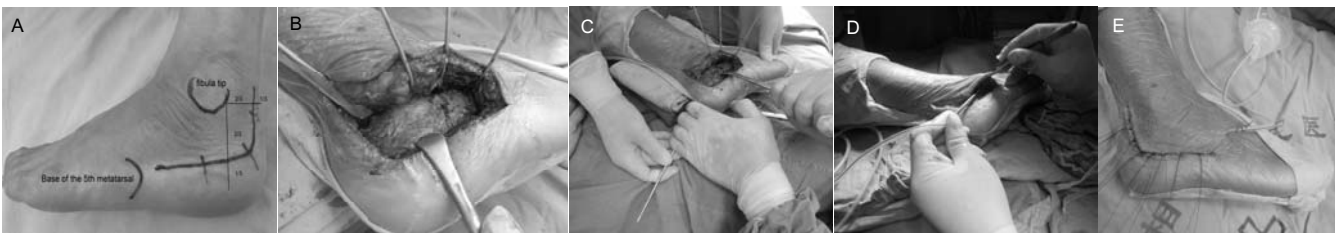


图2 跟骨扩大外侧入路治疗跟骨关节内骨折过程

Figure 2 The procedure of displaced intra-articular fractures treated by open reduction and internal fixation through an extensile lateral approach

图注: 图中 A 为固定前划定 L 形切口; B 为全厚皮瓣剥离, 无接触牵拉技术行皮瓣保护; C 为使用斯氏针撬拨复位恢复关节面解剖; D 为固定后常规放置负压引流; E 为使用 Vicryl\* 2-0 抗菌可吸收缝线于切口皮下间断缝合全层缝合皮瓣。

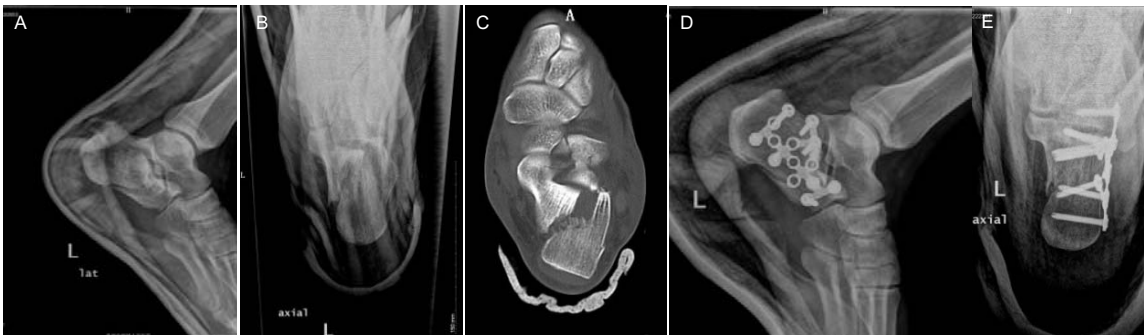


图4 高压氧治疗扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折典型病例

Figure 4 Typical case of displaced intra-articular fractures receiving hyperbaric oxygen therapy after open reduction and internal fixation through an extensile lateral approach

图注: 患者, 男, 28 岁, 高处坠落致伤。图中 A, B 为 X 射线显示跟骨骨关节面压缩、塌陷; C 为 CT 扫描示跟骨关节粉碎移位骨折(Sanders III型); D, E 为跟骨扩大外侧入路行切开复位内固定关节面恢复解剖位置。

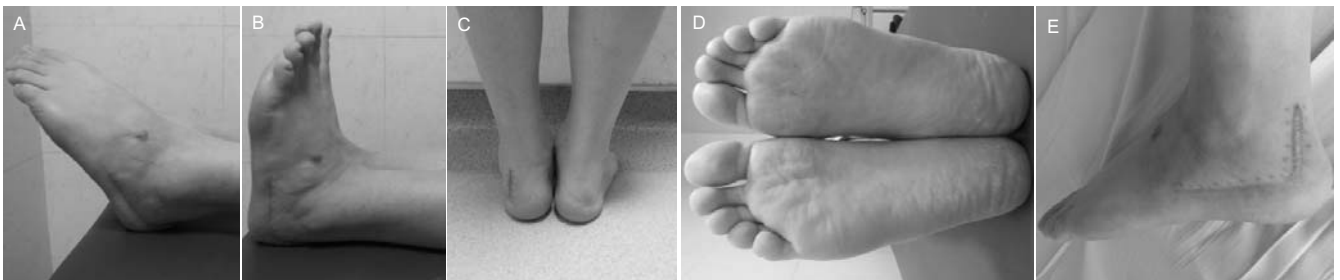


图5 高压氧治疗扩大外侧入路切开复位内固定的跟骨关节内骨折患者的临床疗效

Figure 5 Clinical efficacy of a patient with intra-articular calcaneal fracture receiving hyperbaric oxygen therapy after open reduction and internal fixation through an extensile lateral approach

图注: 患者, 男, 38 岁, 左侧跟骨关节内移位骨折骨折(Sander III型)固定后辅助高压氧治疗 6 个月后, 切口愈合, 患足外型恢复满意, 无内外翻畸形, 跟骨无增宽, 活动范围恢复正常。图中 A 为固定后患者具有良好的跖屈功能, B 显示背伸功能正常, C 显示足跟无增宽, D 显示足弓维持良好无平足, E 显示伤口愈合良好。

表2 随访2年后两组病例发展为创伤性距下关节炎  
Table 2 The severity of patients who developed posttraumatic subtalar arthritis in two groups at 2 years of follow-up (n)

关节炎程度	高压氧治疗组(n=37)	对照组(n=36)
0级	6	4
1级	17	19
2级	13	11
3级	1	2
Z	-0.228	
P	0.819	

表4 两组跟骨关节内骨折患者的临床疗效指标  
Table 4 Clinical outcomes of patients with intra-articular calcaneal fracture in two groups (x̄±s)

项目	高压氧治疗组(n=37)	对照组(n=36)	t	P
美国足踝外科协会评分				
固定后6个月	75.57±7.26	71.83±7.28	2.194	0.032
固定后2年	78.76±6.61	76.72±5.74	1.402	0.165
SF-36评分				
固定后6个月	76.59±5.49	74.06±3.87	2.277	0.026
固定后2年	78.65±4.71	77.17±4.90	1.317	0.192
目测类比分				
固定后6个月	3.03±0.90	3.58±0.84	-2.732	0.008
固定后2年	2.43±0.69	2.53±0.70	-0.588	0.558

构, 软组织覆盖薄弱, 常出现较为严重的软组织并发症。跟骨骨折固定后软组织并发症例如切口感染、皮缘坏死是一个非常棘手的问题。Lim等<sup>[10]</sup>研究显示跟骨骨折手固定后切口并发症达0.4%–32.8%。影响跟骨骨折扩大外侧入路手固定后伤口愈合的因素较多, 局部软组织损伤、微血管的破坏所致的缺血、缺氧是跟骨骨折固定后切口并发症的主要病理基础。Eastwood等<sup>[2]</sup>研究显示跟骨骨折后其外壁皮肤内的氧分压明显减低。氧在整个伤口愈合过程中发挥了重要作用。

高压氧促进低氧伤口愈合的机制<sup>[11-14]</sup>: ①高压氧促使微动脉血管收缩, 有利于伤口周围组织的水肿消退。②增加局部组织氧合, 增加细胞代谢能力。③增加氧张力能够增强白细胞对细菌的杀伤力以噬菌作用, 同时能够增强抗生素的抗菌效应。④通过增加低氧组织的氧弥散促进胶原合成, 当动脉氧分压提高至5.32 kPa以上, 胶原合成水平将明显提高。⑤伤口周围间隙内的氧梯度增高, 促进新生血管发生。⑥局部组织的充分氧合促进上皮细胞迁移, 氧能够调控上皮再生。⑦高压氧促使血小板衍生的生长因子上调, 从而促进肉芽组织形成。由于上述作用, 高压氧对坏死组织感染、严重挤压伤、放射性皮瓣坏死、慢性溃疡、烧伤等所致的难以愈合伤口均有一定的辅助治疗作用<sup>[15]</sup>。

近期, 研究报道高氧治疗能够有效预防降低跟骨骨折局部软组织并发症, 防止跟骨骨折固定后切口皮缘坏死<sup>[4-5]</sup>。本试验结果显示高压氧治疗能够减轻患足疼痛, 促进水肿消

表3 两组跟骨关节内骨折患者扩大外侧入路切开复位内固定后并发症情况

Table 3 Complications of patients with displaced intra-articular fractures receiving hyperbaric oxygen therapy after open reduction and internal fixation through an extensile lateral approach in two groups [n(%)]

并发症类型	高压氧治疗组(n=37)	对照组(n=36)	$\chi^2$	P
切口感染	1(3)	3(8)	1.170	0.291
浅表感染	1(3)	2(5)		
深部感染	0	1(2)		
切口边缘坏死	0	4(11)	4.349	0.037
切口裂开	1(3)	1(2)		
切口皮下血肿	1(3)	2(5)		
急性骨髓炎	0	0		
骨折不愈合	0	0		
距下关节融合	0	1		
内固定取出	0	1		
下肢深静脉血栓形成	0	0		
肺栓塞	0	0		
总计	4(11)	12(33)	5.408	0.020

退。高压氧治疗组37例患者未发生手术切口边缘坏死, 而对照组发生4例, 差异有显著性意义( $\chi^2=4.349, P=0.037$ )。文献报道跟骨骨折切开复位内固定后切口感染率达0–20%<sup>[16]</sup>, 本试验治疗结果显示高压氧治疗组患者固定后感染率为2.7%, 对照组为8.3%, 但差异无显著性意义( $\chi^2=1.17, P=0.291$ )。尽管高压氧能够降手术部位感染率, 但是影响跟骨骨折固定后切口感染率的因素较多, 例如吸烟史、伤后至手术时间、植骨、切口缝合方法、引流方式、手术经验等<sup>[17-18]</sup>。2组病例总的伤口并发症差异有显著性意义( $\chi^2=5.408, P=0.020$ ), 表明高压氧治疗能够有效降低跟骨骨折固定后并发症的发生。2组病例固定后影像学结果差异无显著性意义( $Z=-0.228, P=0.819$ ), 两组患者均有不同程度的距下、跟骰、胫距关节炎的影像学表现, 固定后关节炎的发展可能与骨折损伤程度、关节面的恢复以及负重程度相关。

文献报道高氧治疗能够明显提高患者的临床效果及生活质量<sup>[19-20]</sup>。本试验研究中高压氧治疗后6个月随访结果显示2组患者美国足踝外科协会评分、SF-36评分、目测类比分等指标差异均有显著性意义( $P > 0.05$ )。这一结果表明高氧治疗降低跟骨骨折伤口并发症, 能够有效改善跟骨骨折固定后近期的临床效果, 主要原因可能是由于高压氧促进患肢肿胀消退、疼痛减轻有利于患者进行早期的功能锻炼。然而, 固定后2年随访结果显示美国足踝外科协会评分、SF-36评分、目测类比分等指标差异无显著性意义。Rammelt等<sup>[21]</sup>研究认为跟骨关节内骨折的严重程度与固定后中、远期的临床效果密切相关。笔者认为: 尽管扩大外侧入路治疗跟骨骨折固定后具有较高的伤口并发症, 但是短期的伤口并发症对跟骨骨折固定后中期的临床疗效影响不大, 满意的临床疗效可能与术中骨折解剖复位与固定相关。

综上所述,发现高压氧辅助治疗可以减少跟骨骨折经扩大外侧入路固定后切口皮缘坏死率,降低固定后总的并发症的发生比率,高压氧治疗能够明显提高跟骨骨折固定后的近期的临床疗效,但对随访2年后的临床效果改善不明显。

**致谢:** 感谢苏州市相城人民医院高压氧舱医护人员及影像科对此研究的付出。

**作者贡献:** 第一作者进行试验设计, 试验实施为第三、四、五、六、七作者, 试验评估为第二、八作者, 资料收集为第一、七作者, 第一作者成文, 第二作者审核, 第一作者对文章负责。

**利益冲突:** 文章及内容不涉及相关利益冲突。

**伦理要求:** 试验获得苏州大学附属第一医院和苏州市相城人民医院医学伦理委员会批准。

**学术术语:** 高压氧治疗-患者在高于1个大气压的环境里吸入体积分数100%的氧治疗疾病的过程叫高压氧治疗。临床中患者常吸不到体积分数100%的氧, 但也称高压氧治疗。

**作者声明:** 文章为原创作品, 无一稿两投, 无内容剽窃, 无作者署名争议, 无保密泄露问题, 无与他人课题及专利技术的争执。

#### 4 参考文献 References

- [1] Sanders R. Displaced intra-articular fractures of the calcaneus. J Bone Joint Surg Am. 2000;82(2):225-250.
- [2] Gupta A, Ghalambor N, Nihal A, et al. The modified Palmer lateral approach for calcaneal fractures: wound healing and postoperative computed tomographic evaluation of fracture reduction. Foot Ankle Int. 2003;24(10):744-753.
- [3] Gordillo GM, Sen CK. Revisiting the essential role of oxygen in wound healing. Am J Surg. 2003;186(3):259-263.
- [4] 李彬彬,李厚成,陈文,等.高压氧综合治疗跟骨骨折术后切口皮瓣愈合的临床疗效观察[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2013,20(6):410-411.
- [5] 和艳红,李志强,栗申,等.高压氧治疗跟骨骨折局部软组织损伤的临床观察[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2013,20(2):101-103.
- [6] Bhattacharya R, Vassan UT, Finn P, et al. Sanders classification of fractures of the os calcis. An analysis of inter- and intra-observer variability. J Bone Joint Surg Br. 2005; 87(2):205-208.
- [7] Baumhauer JF, Nawoczenski DA, DiGiovanni BF, et al. Reliability and validity of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Clinical Rating Scale: a pilot study for the hallux and lesser toes. Foot Ankle Int. 2006;27(12):1014-1019.
- [8] Hildebrand KA, Buckley RE, Mohtadi NG, et al. Functional outcome measures after displaced intra-articular calcaneal fractures. J Bone Joint Surg Br. 1996;78(1):119-123.
- [9] Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. Med Care. 1992;30(6):473-483.
- [10] Lim EV, Leung JP. Complications of intraarticular calcaneal fractures. Clin Orthop Relat Res. 2001;(391):7-16.
- [11] Broussard CL. Hyperbaric oxygenation and wound healing. J Vasc Nurs. 2004;22(2):42-48.
- [12] Koomanachai P, Keel RA, Johnson-Arbor KK, et al. Linezolid penetration into wound tissue of two diabetic patients before and after hyperbaric oxygen therapy. Undersea Hyperb Med. 2011;38(1):11-16.
- [13] Thom SR, Milovanova TN, Yang M, et al. Vasculogenic stem cell mobilization and wound recruitment in diabetic patients: increased cell number and intracellular regulatory protein content associated with hyperbaric oxygen therapy. Wound Repair Regen. 2011;19(2):149-161.
- [14] Stoekenbroek RM, Santema TB, Legemate DA, et al. Hyperbaric oxygen for the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2014;47(6): 647-655.
- [15] Dauwe PB, Pulikkottil BJ, Lavery L, et al. Does hyperbaric oxygen therapy work in facilitating acute wound healing: a systematic review. Plast Reconstr Surg. 2014;133(2): 208e-215e.
- [16] Benirschke SK, Kramer PA. Wound healing complications in closed and open calcaneal fractures. J Orthop Trauma. 2004;18(1):1-6.
- [17] Court-Brown CM, Schmied M, Schutte BG. Factors affecting infection after calcaneal fracture fixation. Injury. 2009;40(12): 1313-1315.
- [18] Schepers T, Den Hartog D, Vogels LM, et al. Extended lateral approach for intra-articular calcaneal fractures: an inverse relationship between surgeon experience and wound complications. J Foot Ankle Surg. 2013;52(2):167-171.
- [19] Huang KC, Tsai YH, Hsu RW. Hyperbaric oxygen therapy facilitates surgery on complex open elbow injuries: preliminary results. J Shoulder Elbow Surg. 2007;16(4): 454-460.
- [20] Löndahl M, Landin-Olsson M, Katzman P. Hyperbaric oxygen therapy improves health-related quality of life in patients with diabetes and chronic foot ulcer. Diabet Med. 2011;28(2): 186-190.
- [21] Rammelt S, Zwipp H, Schneiders W, et al. Severity of injury predicts subsequent function in surgically treated displaced intraarticular calcaneal fractures. Clin Orthop Relat Res. 2013; 471(9):2885-2898.