

· 综述 ·

# 腰椎峡部裂修复术后愈合相关因素的研究进展<sup>△</sup>

王仪哲<sup>1,2</sup>, 陈龙<sup>1,2</sup>, 张涛<sup>2</sup>, 李松凯<sup>2\*</sup>

(1. 甘肃中医药大学第一临床医学院, 甘肃兰州 730030; 2. 中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院脊柱外科, 甘肃兰州 730050)

**摘要:** 腰椎峡部裂是引起青少年下腰痛的常见病因之一, 最常见的治疗方式为保守治疗。在保守治疗无效或者合并椎体滑脱时常常需要手术治疗。大多数患者经手术治疗后峡部裂的断端可愈合, 而少部分患者因自身内源性因素或者外源性因素引起峡部裂断端的延迟愈合甚至不愈合。目前关于峡部裂修复术后愈合的相关因素并未见相关文献进行具体阐述, 本文通过整理近年来峡部裂修复术后及骨折愈合不良相关文献, 对峡部裂修复术后愈合不良因素进行综述。

**关键词:** 腰椎峡部裂, 修复术, 愈合

**中图分类号:** R681.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2025) 05-0442-06

**Research progress on factors related to healing after lumbar spondylolysis repair // WANG Yi-zhe<sup>1</sup>, CHEN Long<sup>1</sup>, ZHANG Tao<sup>2</sup>, LI Song-kai<sup>2</sup>. 1. First Clinical College, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou, Gansu 730030, China; 2. Department of Spinal Surgery, The 940<sup>th</sup> Hospital, Joint Logistic Support Force of PLA, Lanzhou, Gansu 730050, China**

**Abstract:** Spondylolysis is a prevalent cause of low back pain among adolescents. Conservative treatment is the most commonly prescribed approach. However, surgical intervention becomes necessary if the conservative treatment fails to alleviate the symptoms or when there is a vertebral slippage. Generally, surgical remedies have a high success rate in remedying spondylolysis. Nevertheless, the recovery process may be hindered by multiple factors, such as endogenous items, including the position of the isthmus segment, stages of the isthmus, the condition of the opposite isthmus, metabolic disorders, vitamin D deficiencies, and exogenous factors, involving smoking habits, the choice of internal fixation, the type of bone graft used in the surgical site, environmental factors and medication usage. The purpose of this paper is to provide an all-inclusive scrutiny of the factors leading to inadequate postoperative healing in adolescent spondylolysis.

**Key words:** spondylolysis, repaired, union

腰椎峡部裂 (lumbar spondylolysis) 是指腰椎的一侧或双侧上下关节突之间的骨质不连续或断裂, 也称峡部不连或椎弓崩裂<sup>[1]</sup>。其在 L<sub>5</sub> 最为常见, 是青少年患有下腰痛时首要鉴别的疾病, 患病率在儿童和青少年人群中为 4.4%~4.7%<sup>[2]</sup>。大多数患者经保守治疗后均可缓解症状不需要手术治疗, 但约 9%~15% 的患者经保守治疗后症状不缓解则需要行手术治疗<sup>[3]</sup>。手术治疗包括峡部修复术和椎间融合术, 对于青少年腰椎峡部裂患者首选峡部修复术。目前关于修复术后峡部不愈合的影响因素鲜有探讨。因其解剖位置的特殊性, 目前大量的临床研究表明, 即使峡部裂患者在术后给予常规支具固定, 依然可见部分病例术后峡部不愈合现象。针对这一情况, 本文就影响青少年患者

腰椎峡部裂术后峡部愈合的内源性因素及外源性因素进行综述。

## 1 内源性因素

一部分影响峡部骨愈合造成骨不连的因素与患者自身密切相关, 可称为内源性因素, 主要包括: 峡部裂的节段位置、峡部裂分期及对侧峡部的情况、内分泌疾病等。

### 1.1 峡部裂的节段位置

Shirazi-Adl 等<sup>[4]</sup> 通过三维有限元分析得出了受外力作用时, L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 之间接触力最大, 相应的椎弓根和关节间部受力也是最大。Fujii<sup>[5]</sup> 通过对 134 例患有

DOI:10.20184/j.cnki.issn1005-8478.100958

<sup>△</sup>基金项目: 军队后勤应用基础科研项目 (编号: 2023HQZZ-08); 院内应用基础研究面上项目 (编号: 2021yxky008); 院内临床研究面上项目 (编号: 2023YXKY021)

作者简介: 王仪哲, 硕士研究生, 研究方向: 骨科学, (电子信箱) wangyizhe1226@163.com

\* 通信作者: 李松凯, (电子信箱) Lisongkai1204@qq.com

腰椎峡部裂的青少年进行回顾性分析发现, L<sub>4</sub>峡部裂愈合的比例显著高于 L<sub>5</sub>峡部裂, 其主要原因是椎体位置不同, 峡部受力不同。同时, Hajihosseinali 等<sup>[6]</sup>通过生物力学模型分析发现, 同一体重下无论是直立还是屈曲姿势, L<sub>5</sub>S<sub>1</sub>所受的力的负荷都是最大的, 这一结论也解释了 L<sub>4</sub>峡部裂愈合比例高于 L<sub>5</sub>节段的原因。

### 1.2 峡部裂的分期及双侧峡部裂的情况

青少年腰椎峡部裂的分期是影响峡部骨愈合的显著因素<sup>[5]</sup>。峡部裂早期: 峡部在 CT 上表现为裂缝样; 进展期: 峡部裂缝会增加且缺损的断端成圆钝形; 终末期: 不仅峡部缺损会扩大, 还会出现断端硬化的现象。终末期峡部断端之间的间隙越大, 不稳定性越大, 越不利于骨愈合<sup>[7]</sup>。另外, 终末期腰椎峡部裂患者在脊柱正常活动时, 峡部断端在力的作用下将出现反常活动, 断端反复的活动刺激, 导致纤维组织的增生及断端的骨质硬化, 从而不利于峡部愈合<sup>[8]</sup>。峡部裂双侧的情况也是影响峡部愈合的一个重要因素<sup>[9]</sup>, 这一结论主要来源于骨环形结构: 即椎体后壁、双侧椎弓根和椎板组成环形骨结构, 若峡部裂表现为双侧, 且其中一侧为终末期时, 另一侧则承担更多的负荷, 这样也会影响骨愈合。Yamazaki 等<sup>[10]</sup>在 183 例患者回顾性分析中, 进行了长达 4 年的随访证明: 腰椎峡部裂为双侧时, 其中一侧为终末期则会延缓峡部裂骨愈合。

### 1.3 内分泌疾病

内分泌器官分泌的激素也在骨愈合中发挥作用, 大量文献表明, 甲状腺激素不仅是胎儿出生后生长和骨矿物质积累所必需的, 同时也是成人骨骼的重要调节因子, 是维持成人骨骼结构和强度的基础<sup>[11]</sup>。甲状腺激素刺激成骨和软骨细胞的分化, 加速骨的形成。另外, 当体内的甲状腺激素过量时, 破骨细胞的数量会增加, 功能也会更活跃, 但至于破骨细胞是甲状腺激素的直接靶细胞还是通过其他途径介导的目前尚无定论<sup>[11, 12]</sup>。除了甲状腺激素, 糖尿病也可导致骨愈合延迟, 主要原因是糖尿病会引起某些促炎症介质的升高。有动物实验证明, 肿瘤坏死因子 (tumor necrosis factor, TNF) 水平的升高会使糖尿病患者自身下调炎症介质的能力受限, 还会增加细胞凋亡, 从而减少骨耦合<sup>[13]</sup>。Jiao 等<sup>[14]</sup>通过基础研究发现, 高血糖和晚期糖基化终末产物 (advanced glycation end-products, AGEs) 形成增加、活性氧 (reactive oxygen species, ROS) 生成和炎症这些因素会导致破骨细胞增加、成骨细胞数量减少, 从而影响骨愈合。同时,

骨愈合需要血液的供应, 糖尿病会损害血管内皮细胞的功能, 扰乱内皮细胞和周围细胞之间的通讯从而会影响血液供应, 影响骨愈合<sup>[15]</sup>。1,25-(OH)<sub>2</sub>-VitD<sub>3</sub> 是维生素 D 的活性形式, 这种活性形式能够与肠道、肾脏、甲状旁腺和骨骼中的受体结合, 调节血浆中钙和磷的水平, 进而调节骨骼矿化和成骨质量<sup>[16]</sup>。Amoli 等<sup>[17]</sup>通过测定 39 例儿童腰椎峡部裂患者体内维生素 D 含量, 发现患者无论种族或年龄, 维生素 D 缺乏的发生率都很高。Li 等<sup>[18]</sup>在治疗 1 例多处应力骨折时, 发现患者还伴有继发性甲状旁腺功能亢进和维生素 D 缺乏的潜在内分泌异常, 患者治疗后维生素 D 和甲状腺激素恢复正常水平, 继而上肢应力性骨折及腰椎峡部裂经过治疗后均恢复到能正常活动, 但该患者的腰椎峡部裂采用的是保守治疗, 未行修复术, 该报道属于个案, 仍需要大量临床实验证实。

### 1.4 隐形脊柱裂

脊柱裂 (脊膜脊髓膨出) 是胚胎期神经管发育畸形所致<sup>[19]</sup>, 隐形脊柱裂是其中最常见的一种类型, 其中下腰椎节段发生率最高<sup>[20]</sup>。有调查显示, 隐形脊柱裂的患者比常人更易发生峡部裂的骨折<sup>[21]</sup>。理论上认为隐形脊柱裂的存在, 损害了椎弓根正常的负荷分担, 增加了峡部的负荷。Sairy 等<sup>[22]</sup>认为, 隐形脊柱裂的存在可能改变了脊柱生物力学的方向, 增加关节间的应力, 关节间的受力增加也会影响峡部裂修复术后的愈合, 但他们经过三维有限元建模分析得出结论, 隐形脊柱裂并不会改变腰椎在压力和活动范围的生物力学。Quah 等<sup>[23]</sup>同样经过三维有限元的方式却得出相反的结论: 隐形脊柱裂的存在可以改变椎体的负荷, 从而导致腰椎峡部裂。引起两者不同的主要原因是, 后者在建立模型时考虑了椎弓根的全长, 而前者只考虑了关节间部两点的负荷。另外大多数临床研究证实, 隐形脊柱裂的存在会影响峡部裂的骨性愈合<sup>[24, 25]</sup>。

## 2 外源性因素

除上述内源性因素外, 吸烟、高原环境、峡部裂断端填充的骨移植物、内固定方式的选择、恢复训练的时间及运动方式等都显著影响峡部裂的愈合, 可称之为外源性因素。

### 2.1 吸烟

烟草燃烧的烟雾产生大量毒素, 如尼古丁、一氧化碳、氰化氢等均会影响骨愈合。越来越多的研究证

实,烟草中的尼古丁会通过多种途径影响骨愈合。首先,烟草中的尼古丁对小动脉有不良影响,可引起血管收缩,造成组织灌注不足,导致缺血缺氧,影响骨愈合<sup>[26]</sup>。其次,尼古丁也会抑制成纤维细胞、红细胞、巨噬细胞等骨愈合所需要的多种细胞的生成。另外,Aspera-Werz等<sup>[27]</sup>发现,长时间暴露在香烟烟雾中,会增加间充质干细胞(mesenchymal stem cells, MSC)中的超氧自由基,而且也会减少细胞内谷胱甘肽来诱导氧化应激,对成骨分化产生负面影响。李凯等<sup>[28]</sup>通过367例四肢骨折植骨治疗后随访6~12个月,通过逻辑回归分析得出吸烟与不吸烟对植骨治疗成功率的影响差异有统计学意义,吸烟人群在骨折植骨治疗后骨愈合能力明显低于不吸烟人群,证明吸烟对骨愈合有不利影响。

## 2.2 高原环境

高海拔地区寒冷、缺氧、低气压等因素均会造成骨折的延迟愈合。在高原缺氧环境中,成骨细胞的增殖能力和增殖细胞核抗体的表达能力会降低,影响TGF- $\beta$ 1(transforming growth factor- $\beta$ 1, TGF- $\beta$ 1)等细胞因子的表达,进而延缓骨愈合<sup>[29]</sup>。另外,缺氧时外周血中红细胞数量和血红蛋白含量均会增高,血液黏滞度增加,血流阻力变大,骨折后局部血液循环障碍,氧弥散能力进一步降低,加之在寒冷环境中,血管痉挛、血流缓慢,加重了骨折断端的缺氧,从而延缓骨愈合<sup>[30]</sup>。BMPs(bone morphogenetic proteins)具有诱导未分化间充质细胞向软骨细胞和成骨细胞的分化,进而形成新骨的功能。任起辉等<sup>[31]</sup>研究发现,当周围环境缺氧时,BMP-2在前12h会略有升高,但随后表达会急速下降。因此,缺氧影响BMP-2的表达进而影响骨愈合。骨折端新生血管的形成也是骨愈合的关键因素,任何影响新生血管形成的因素都会延缓骨愈合<sup>[32]</sup>。余金杰<sup>[33]</sup>通过研究发现,降低G蛋白偶联受体激酶结合蛋白1(G-protein-coupled receptorkinase interacting protein1, GIT1)表达或者GIT1中某些重要氨基酸突变均可使骨折区域新生血管形成显著减少,进而引起骨折延迟愈合甚至不愈合。有研究者发现,持续性压力可以促进GIT1磷酸化,从而促进骨愈合<sup>[34]</sup>。而高原地区气压低,人体组织细胞承受的持续性压力也比较低,GIT1的表达会受到抑制,影响新生血管的生成,导致骨延迟愈合。

## 2.3 断端骨移植物的选择

峡部裂断端移植物的选择主要包括自体骨和同种异体骨两种。自体骨主要为患者自体髂骨,异体骨主

要包括:新鲜冰冻骨、冷冻干燥骨、脱钙骨基质。临床中腰椎峡部裂最常用的是自体髂骨进行移植修复并达到了很好的愈合率:赵广民<sup>[35]</sup>通过回顾性分析,随访18个月发现单纯自体髂骨移植的腰椎峡部裂融合率达到了87%;蔡芝军等<sup>[36]</sup>采用钉-钩-棒术式联合自体髂骨移植,峡部愈合率为95%;王辉等<sup>[37]</sup>采用椎弓和椎板钉联合自体髂骨植骨,愈合率达到了93.9%;自体髂骨虽是腰椎骨移植物的金标准,但是自体髂骨也会引起供体部位疼痛、取骨部位的不愈合、感染等多种并发症,从而延长住院时间。上文提到BMP对骨的形成有重要作用,Han等<sup>[38]</sup>在比较rhBMP与自体髂骨植骨融合治疗腰椎滑脱的疗效和安全性中,采取随机对照试验检索11篇文献,进行荟萃分析,结果显示,术后24个月的融合率rhBMP甚至高于自体髂骨。多位临床工作者已经证实当BMP与自体髂骨或异体骨联合应用,可以极大提高峡部裂的愈合率,缩短愈合时间<sup>[35, 39, 40]</sup>。

## 2.4 内固定方式的选择

腰椎峡部裂手术修复的方式很多,包括:Buck(1970)、Morscher(1984)、Scott捆扎法(1986)及椎弓根螺钉修复法(1999)。Nasser Mohammed团队纳入46项研究,共计900例手术治疗的青年腰椎峡部裂患者,荟萃分析显示:Buck、Scott、Morscher和椎弓根螺钉组的融合率分别为83.5%、81.6%、77.7%和90.2%,椎弓根螺钉技术是直接峡部修复治疗峡部裂和轻度滑脱的最佳选择,其峡部融合率最高,并发症发生率最低,其次为Buck法,而Morscher和Scott修复术并发症发生率高,融合率低<sup>[41]</sup>。

## 2.5 恢复运动的时间和运动方式

在术后接受适当的康复训练对于患者来说是必要的,不仅有助于患者生理机能的恢复,也能促进骨的愈合。Herman等<sup>[42]</sup>研究发现,超过50%的临床工作者建议青少年腰椎峡部裂患者在术后6个月内不要做非接触性运动(跑步、网球、羽毛球等),约1/3的临床工作者认为患者在术后1年可以恢复接触性运动(足球、篮球等)。16%的外科医生禁止轻度滑脱的运动员重返接触性运动,而25%的医生禁止重度滑脱的运动员进行碰撞运动。高红亮等<sup>[43]</sup>通过对男性青年志愿者建立几何模型,并对内固定进行最大云图应力分析得知,患者在康复期间,过度后伸及旋转可能存在断钉的风险。因此,在腰椎峡部裂术后所有的运动中,最不建议的主要有:体操、足球、橄榄球、摔跤、举重、跳伞、蹦极。上述运动均会引起腰椎负荷过大,受到碰撞时不利于



腰椎的稳定,影响术后峡部裂的愈合。当峡部裂的内固定断裂时,峡部断端缺少拉力,会引起延迟愈合甚至不愈合。

### 3 总结与展望

青少年腰椎峡部裂行修复术后大多数患者愈合良好,但也有少部分患者因自身内源性或外源性因素导致峡部愈合不良,针对内源性因素引起的峡部愈合不良,临床工作者要着重针对原发性疾病采取针对性措施:如控制血糖,调整甲状腺激素,补充维生素D含量等。在峡部裂早期或双侧病变时,尽早采取措施控制疾病的进展。外源性因素主要包括:吸烟、内固定方式的选择、峡部断端骨移植物选择、地理环境、非甾体类药物的使用等都显著影响峡部裂的骨愈合。在术后恢复过程中,患者除了要戒烟外,在选择康复训练时应避免腰椎负重、极大后伸的动作或运动,以免影响峡部骨愈合,甚至导致内固定物失效而再次手术。另外影响峡部裂愈合的因素众多,具体何种因素为主要影响因素仍需要高质量、多中心、大量的临床数据和研究进行论证。

**利益冲突声明** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 王仪哲:课题设计、实施和论文写作、文献的收集、论文审阅;陈龙:课题实施、论文审阅;张涛:文章修改、论文审阅;李松凯:课题设计、论文审阅、获取研究经费、提供行政及技术支持、支持性贡献

### 参考文献

[1] 尹进,彭宝淦. 腰椎峡部裂的治疗策略[J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24(2): 151-154. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.02.12.  
Yin J, Peng BG. Treatment strategy of lumbar spondylolysis [J]. Orthopedic Journal of China, 2016, 24(2): 151-154. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.02.12.

[2] Berger RG, Doyle SM. Spondylolysis 2019 update [J]. Curr Opin Pediatr, 2019, 31(1): 61-68. DOI: 10.1097/mop.0000000000000706.

[3] Debnath UK. Lumbar spondylolysis - Current concepts review [J]. J Clin Orthop Trauma, 2021, 21: 101535. DOI: 10.1016/j.jcot.2021.101535.

[4] Shirazi-Adl A, Parnianpour M. Role of posture in mechanics of the lumbar spine in compression [J]. J Spinal Disord, 1996, 9(4): 277-286.

[5] Fujii K, Katoh S, Sairyo K, et al. Union of defects in the pars interarticularis of the lumbar spine in children and adolescents [J]. J Bone Joint Surg Br, 2004, 86-B(2): 225-231. DOI: 10.1302/0301-620x.86b2.14339.

[6] Hajihosseinali M, Arjmand N, Shirazi-Adl A. Effect of body

weight on spinal loads in various activities: A personalized biomechanical modeling approach [J]. J Biomechanics, 2015, 48(2): 276-282. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2014.11.033.

[7] Tatsumura M, Gamada H, Okuwaki S, et al. Factors associated with failure of bony union after conservative treatment of acute cases of unilateral lumbar spondylolysis [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 75. DOI: 10.1186/s12891-020-03940-9.

[8] Kim HJ, Green DW. Spondylolysis in the adolescent athlete [J]. Curr Opin Pediatr, 2011, 23(1): 68-72. DOI: 10.1097/MOP.0b013e32834255c2.

[9] Gamada H, Tatsumura M, Okuwaki S, et al. Conservative treatment for lumbar spondylolysis in children of elementary school age [J]. J Clin Neurosci, 2021, 92: 197-202. DOI: 10.1016/j.jocn.2021.08.018.

[10] Yamazaki K, Kota S, Oikawa D, et al. High defect stage, contralateral defects, and poor flexibility are negative predictive factors of bone union in pediatric and adolescent athletes with spondylolysis [J]. J Med Invest, 2018, 65(12): 126-130. DOI: 10.2152/jmi.65.126.

[11] Williams GR, Bassett JHD. Thyroid diseases and bone health [J]. J Endocrinol Invest, 2017, 41(1): 99-109. DOI: 10.1007/s40618-017-0753-4.

[12] Bassett JH, Williams GR. Role of thyroid hormones in skeletal development and bone maintenance [J]. Endocr Rev, 2016, 37(2): 135-187. DOI: 10.1210/er.2015-1106.

[13] Pacios S, Andriankaja O, Kang J, et al. Bacterial infection increases periodontal bone loss in diabetic rats through enhanced apoptosis [J]. Am J Pathol, 2013, 183(6): 1928-1935. DOI: 10.1016/j.ajpath.2013.08.017.

[14] Jiao H, Xiao E, Graves DT. Diabetes and its effect on bone and fracture healing [J]. Curr Osteop Rep, 2015, 13(5): 327-335. DOI: 10.1007/s11914-015-0286-8.

[15] O'Halloran K, Coale M, Costales T, et al. Will my tibial fracture heal? Predicting nonunion at the time of definitive fixation based on commonly available variables [J]. Clin Orthop Relat Res, 2016, 474(6): 1385-1395. DOI: 10.1007/s11999-016-4821-4.

[16] Dusso AS, Brown AJ, Slatopolsky E. Vitamin D [J]. Am J Physiol Renal Physiol, 2005, 289(1): F8-28. DOI: 10.1152/ajprenal.00336.2004.

[17] Amoli MA, Sawyer JR, Tyler Ellis R, et al. Pediatric patients with spondylolysis have high rates of vitamin-D deficiency [J]. J Surg Orthop Adv, 2019, 28(4): 257-259.

[18] Li X, Heffernan MJ, Mortimer ES. Upper extremity stress fractures and spondylolysis in an adolescent baseball pitcher with an associated endocrine abnormality: a case report [J]. J Pediatr Orthop, 2010, 30(4): 339-343. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181dac0c1.

[19] 刘福云,李甲振,郭永成,等. 小儿显性脊柱裂与脊髓栓系综合征[J]. 中国矫形外科杂志, 1997, 4(6): 28-29, 97.  
Liu FY, Li JZ, Guo YC, et al. Dominant spina bifida and tethered spinal cord syndrome in children [J]. Orthopedic Journal of China, 1997, 4(6): 28-29, 97.

[20] Graham P. Spina bifida occulta [J]. Orthop Nurs, 2021, 40(4): 259-261. DOI: 10.1097/nor.0000000000000775.

- [21] Sakai T, Sairyo K, Takao S, et al. Incidence of lumbar spondylolysis in the general population in Japan based on multidetector computed tomography scans from two thousand subjects [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34 (21): 2346–2350. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b4abbe.
- [22] Sairyo K, Goel VK, Vadapalli S, et al. Biomechanical comparison of lumbar spine with or without spina bifida occulta. A finite element analysis [J]. *Spinal Cord*, 2006, 44 (7): 440–444. DOI: 10.1038/sj.sc.3101867.
- [23] Quah C, Yeoman MS, Cizinauskas A, et al. Finite element investigation of the effect of a bifid arch on loading of the vertebral isthmus [J]. *Spine J*, 2014, 14 (4): 675–682. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.08.040.
- [24] Gamada H, Tatsumura M, Okuwaki S, et al. Effects of spina bifida occulta on bone union in fifth lumbar spondylolysis [J]. *Spine Surg Relat Res*, 2023, 7 (4): 390–395. DOI: 10.22603/ssr.2022–0255.
- [25] Guo X, Li Z, Guo Z, et al. Factors associated with non-fusion after direct pars repair of lumbar spondylolysis with pedicle screw and lamina hook: a clinical and CT-assessed study [J]. *BMC Musculoskeletal Disord*, 2024, 25 (1): 152. DOI: 10.1186/s12891–024–07252–0.
- [26] Harvey EJ, Agel J, Selznick HS, et al. Deleterious effect of smoking on healing of open tibia-shaft fractures [J]. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 2002, 31 (9): 518–521.
- [27] Aspera-Werz RH, Ehnert S, Heid D, et al. Nicotine and cotinine inhibit catalase and glutathione reductase activity contributing to the impaired osteogenesis of SCP-1 cells exposed to cigarette smoke [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2018, 2018: 1–13. DOI: 10.1155/2018/3172480.
- [28] 李凯, 叶招明, 张中伟, 等. 自体骨移植治疗四肢骨折术后骨不连失败因素分析 [J]. *中国骨伤*, 2013, 26 (4): 272–276. DOI: 10.3969/j.issn.1003–0034.2013.01.003.
- Li K, Ye ZM, Zhang ZW, et al. Analysis of failure factors of non-union after autologous bone grafting for limb fractures [J]. *China Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 2013, 26 (4): 272–276. DOI: 10.3969/j.issn.1003–0034.2013.01.003.
- [29] Steinbrech DS, Mehrara BJ, Saadeh PB, et al. Hypoxia regulates VEGF expression and cellular proliferation by osteoblasts in vitro [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1999, 104 (3): 738–747. DOI: 10.1097/00006534–199909030–00019.
- [30] 邓江涛, 高建华, 曲恒顺, 等. 高海拔地区下肢开放性骨折的治疗体会 [J]. *中国骨伤*, 2021, 34 (12): 1132–1135. DOI: 10.12200/j.issn.1003–0034.2021.12.008.
- Deng JT, GAO JH, Qu HS, et al. Treatment of open fracture of lower limb in high altitude area [J]. *China Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 2021, 34 (12): 1132–1135. DOI: 10.12200/j.issn.1003–0034.2021.12.008.
- [31] 任起辉, 王稚英, 陈晓靖. 缺氧对成骨细胞 VEGF 和 BMP-2 表达的影响 [J]. *锦州医学院学报*, 2004, 25 (4): 14–17. DOI: 10.3969/j.issn.1674–0424.2004.04.005.
- Ren QH, Wang ZY, Chen XJ. Effect of hypoxia on the expression of VEGF and BMP-2 in osteoblasts [J]. *Journal of Jinzhou Medical College*, 2004, 25 (4): 14–17. DOI: 10.3969/j.issn.1674–0424.2004.04.005.
- [32] Segar CE, Ogle ME, Botchwey EA. Regulation of angiogenesis and bone regeneration with natural and synthetic small molecules [J]. *Curr Pharm Des*, 2013, 19 (19): 3403–3419. DOI: 10.2174/1381612811319190007.
- [33] 余金杰, 张宁, 凡进, 等. GIT1 蛋白通过调节血管形成促进骨折愈合 [J]. *南京医科大学学报 (自然科学版)*, 2014, 34 (10): 1324–1328. DOI: 10.7655/NYDXBNS20141007.
- Yu JJ, Zhang N, Fan J, et al. GIT1 protein promotes fracture healing by regulating angiogenesis [J]. *Journal of Nanjing Medical University (Natural Science Edition)*, 2014, 34 (10): 1324–1328. DOI: 10.7655/NYDXBNS20141007.
- [34] 史亮亮, 张柏江, 林俊安, 等. 持续性压力通过影响 ERK1/2 和 GIT1 的结合促进大鼠成骨细胞的迁移 [J]. *南京医科大学学报 (自然科学版)*, 2009, 29 (7): 934–938. DOI: 1007–4368(2009)07–0934–05.
- Shi LL, Zhang BJ, Lin JA, et al. Continuous pressure promotes the migration of rat osteoblasts by affecting the binding of ERK1/2 and GIT1 [J]. *Journal of Nanjing Medical University (Natural Science Edition)*, 2009, 29 (7): 934–938. DOI: 1007–4368(2009)07–0934–05.
- [35] 赵广民, 孟浩, 王俊峰, 等. 自体骨与骨形态蛋白修复青年腰椎峡部裂比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (19): 1752–1756. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2020.19.06.
- Zhao GM, Meng H, Wang JF, et al. Comparison of autologous bone and bone morphogenetic protein in the repair of lumbar spondylolysis in young adults [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2020, 28 (19): 1752–1756. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2020.19.06.
- [36] 蔡芝军, 何晓清, 浦路桥, 等. 双侧腰椎峡部裂钉-钩-棒固定联合植骨术 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (23): 2186–2189. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.23.16.
- Cai ZJ, He XQ, Pu LQ, et al. Bilateral lumbar spondylolysis screen-hook-rod fixation combined with bone grafting [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (23): 2186–2189. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.23.16.
- [37] 王辉, 张志宏, 吴奇平, 等. 椎弓和椎板钉固定青少年症状性峡部裂 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (3): 265–268. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2023.03.15.
- Wang H, Zhang ZH, WU QP, et al. Pedicle screws and laminar screws for fixation of symptomatic lumbar spondylolysis in adolescents [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (3): 265–268. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2023.03.15.
- [38] Han PF, Chen TY, Zhang ZL, et al. rhBMP in lumber fusion for lumbar spondylolisthesis: A systematic review and meta-analysis [J]. *Chin J Traumatol*, 2019, 22 (1): 51–58. DOI: 10.1016/j.cjtee.2018.10.003.
- [39] Meng H, Gao Y, Zhao G, et al. Use of recombinant human bone morphogenetic protein-2 with iliac crest bone graft instead of iliac crest bone graft alone in lumbar spondylolysis [J]. *Clin Spine Surg*, 2022, 35 (2): E314–e319. DOI: 10.1097/bsd.0000000000001251.
- [40] Snyder LA, Shuffelbarger H, O'Brien MF, et al. Spondylolysis out-

comes in adolescents after direct screw repair of the pars interarticularis [J]. J Neurosurg Spine, 2014, 21 (3): 329-333. DOI: 10.3171/2014.5.Spine13772.

- [41] Mohammed N, Patra DP, Narayan V, et al. A comparison of the techniques of direct pars interarticularis repairs for spondylolysis and low-grade spondylolisthesis: a meta-analysis [J]. Neurosurgical Focus, 2018, 44 (1): E10. DOI: 10.3171/2017.11.Focus17581.
- [42] Herman MJ, Pizzutillo PD, Cavalier R. Spondylolysis and spondylolisthesis in the child and adolescent athlete [J]. Orthop Clin North Am, 2003, 34 (3): 461-467. DOI: 10.1016/s0030-5898(03)00034-8.

[43] 高红亮, 李旭升, 王振虎, 等. 空心拉力螺钉治疗腰椎峡部裂的三维有限元分析 [J]. 中国组织工程研究, 2023, 27 (22): 3451-3456. DOI: 10.12307/2023.375.

Gao Hong-liang, Li Xu-sheng, Wang Zhen-hu, et al. Three-dimensional finite element analysis of hollow lag screw for lumbar spondylolysis [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2023, 27 (22): 3451-3456. DOI: 10.12307/2023.375.

(收稿: 2023-12-26 修回: 2024-07-05)

(同行评议专家: 王丹, 孙亮, 郭群峰, 邓银栓, 陈金水)

(本文编辑: 宁桦)

## 读者 · 作者 · 编者

### 本刊提醒作者严防各种形式诈骗的公告

近期, 骗子又出新花样, 以主管编辑或杂志社编辑 (如: 主管编辑黄思敏、邢静静编辑、雷老师等) 的名义, 冒充我刊主编或编辑, 以传送检索报告及电子全文等理由, 通过电子邮件或短信要求本刊作者添加其个人微信 (加微信后, 以主办学术会议需要发邀约、征集稿件等理由, 要求将其拉入相关的群中), 其实际目的是从事稿件、专著挂名售卖等非法活动, 此行为严重损害了学术界的形象, 严重扰乱了广大读者、作者的正常工作, 损害了编辑部的合法权益。

科研诚信是科技创新的基石, 学术不端行为不仅背离科学的精神, 更严重损害了学术环境的整体生态, 最终将损害受害者的根本权益, 敬请广大作者、读者坚决抵制此类行为。在此, 我们提醒广大读者、作者:

(1) 本刊工作人员不会以邮件或短信的形式通知作者添加个人微信; (2) 以编辑部工作人员之名找各种借口要求与作者、读者添加微信的行为均为假冒; (3) 骗子的微信开头一般以“A”“B”“1”“2”等开头, 请广大作者注意甄别; (4) 本刊专用电子信箱: jiaoxingtougao@163.com; jxwk1994@126.com; 财务专用信箱: jiaoxingwaikecaiwu@163.com; (5) 不明事宜可电话咨询: 0538-6213228。

请广大读者提高警惕, 注意甄别消息来源和真伪, 严防信息泄露, 避免上当受骗。

特此公告!

《中国矫形外科杂志》编辑部

#### 附: 诈骗微信的内容形式

