

# 微创脊柱内固定技术新进展

刘进平 冯海龙

**【摘要】** 随着人口老龄化的加剧,脊柱退行性变发病率逐年上升。近年来,脊柱外科迅速发展,成为神经外科的重要组成部分,脊柱外科不仅专注于病变椎体切除和神经减压,而且重视脊柱稳定性的保护和重建。微创脊柱外科技术是脊柱外科的重要组成部分,包括微创减压技术和微创内固定技术。本文拟对近年来常用的微创脊柱内固定技术进行简要概述。

**【关键词】** 脊柱疾病; 脊柱融合术; 内固定术(非 *MeSH* 词); 外科手术,微创性; 综述

## Recent advances in minimally invasive spinal internal fixation

LIU Jin-ping, FENG Hai-long

Department of Neurosurgery, Sichuan Academy of Medical Sciences; Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610072, Sichuan, China

Corresponding author: FENG Hai-long (Email: ryanfhl@163.com)

**【Abstract】** With the acceleration of population aging, the incidence of spinal degenerative diseases increased year by year. Economic and social development and the improvement of medical insurance policy also created conditions of medical treatment for the majority of patients in urban and rural area. Therefore, neurospine surgery has been developing very rapidly in recent years. Neurospine surgery is an important part of neurosurgery. It not only focus on lesion resection and decompression of the nerve, but also pay attention to the protection and reconstruction of spinal stability. Minimally invasive spine surgery is an important part and development direction of neurospine surgery, including minimally invasive techniques of decompression and internal fixation. This paper probes into a brief introduction of commonly used minimally invasive spinal internal fixation technology in recent years.

**【Key words】** Spinal diseases; Spinal fusion; Internal fixation (not in *MeSH*); Surgical procedures, minimally invasive; Review

微创脊柱外科技术的理念为最大程度减少传统手术造成的医源性损伤,减轻术后疼痛,缩短康复时间,减轻或避免对后柱骨性结构的破坏,保持后方关节和韧带完整性。微创脊柱内固定技术是微创脊柱外科技术的重要组成部分。本文拟对常用的微创脊柱内固定技术进行简要概述。

### 一、微创椎弓根螺钉内固定技术

1. 经皮椎弓根螺钉内固定术 传统后入路椎弓根螺钉内固定术对椎旁肌的广泛剥离和长时间牵拉,常导致软组织广泛损伤,椎旁肌坏死、萎缩、去神经化和关节囊破坏等,这可能是术后出现慢性背

部疼痛即椎板切除术后综合征的原因之一<sup>[1]</sup>。经皮椎弓根螺钉内固定术(PPSF)可在获得可靠内固定的同时,有效避免椎旁肌剥离,从而减轻软组织损伤、减少术中出血量、缩短住院时间。常用的经皮椎弓根螺钉植入系统包括 Sextant 微创手术系统(美国 Medtronic 公司)、Mantis 植入物系统(美国 Stryker 公司)和 SNIPER 系统(常州鼎健医疗器械有限公司)等。PPSF 的适应证主要包括:(1)腰椎退行性变,用于辅助经前路腰椎间融合术(ALIF)、经椎间孔腰椎间融合术(TLIF)、经后路腰椎间融合术(PLIF)和直接侧方腰椎间融合术(DLIF)等椎间融合术。(2) I ~ II 度腰椎滑脱(腰椎峡部裂)。(3)已行前路脊柱重建的胸腰椎创伤或肿瘤。(4)无神经症状的胸腰椎压缩性骨折。(5)脊柱侧弯。(6)化脓性椎间盘炎。选择适宜患者是该项技术成功的关键。须在影像学引导下确定进钉点和钉道,影像学

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2016.04.003

作者单位: 610072 成都,四川省医学科学院 四川省人民医院 神经外科

通讯作者: 冯海龙 (Email: ryanfhl@163.com)

检查发现椎弓根结构模糊不清且存在旋转畸形的患者,不宜行此项手术。过度肥胖、骨髓炎、严重骨质疏松等也是此项手术的相对禁忌证。由于上中段胸椎椎弓根较小、 $T_{3-7}$ 椎管管径较窄,且肋骨影响术中成像清晰度,故在该区域行 PPSF 具有一定难度,故一般认为该项技术仅适用于下胸椎和腰椎。然而,随着“O”型臂 X 线、术中 CT 和三维导航技术的应用,PPSF 的应用范围不断扩大,逐渐用于上段胸椎甚至颈椎。“O”型臂 X 线引导下导航系统可明显提高椎弓根螺钉植入准确性,尤其椎弓根解剖学标记模糊时,使用“O”型臂 X 线引导可使螺钉植入失误率由 21.43% 降至 8.33%<sup>[2]</sup>。Santos 等<sup>[3]</sup>应用术中 CT 和三维导航技术显著提高经皮椎弓根螺钉植入的准确性,71 例腰椎退行性变患者共植入 387 根螺钉,无一例术后出现神经症状或需再次手术重新调整螺钉位置。单纯 PPSF 可用于无神经症状且不宜保守治疗的脊柱压缩性骨折(AO 分型 A 型)患者,其疗效与开放式手术差异无统计学意义<sup>[4-5]</sup>。Wild 等<sup>[6]</sup>和 Wang 等<sup>[7]</sup>的研究比较单纯后入路 PPSF 与后入路开放式植骨融合术的术后疗效,结果显示,随访 5 年后疗效差异无统计学意义。脊柱外科医师多将 PPSF 作为一种基本的微创技术,同时联合 ALIF、TLIF、经皮穿刺椎体成形术(PVP)等术式,广泛应用于临床。Miyashita 等<sup>[8]</sup>报告 88 例单节段退行性腰椎滑脱患者,分别采用 PPSF 联合关节突植骨融合术和传统后外侧植骨融合术,前者椎间融合率达 88.60%、行走功能改善率为 93%、腰背部疼痛缓解率为 73%,均优于后者。关节突植骨融合术无需显露横突,对椎旁肌的剥离和牵拉较轻微,联合 PPSF 能够更好地体现出微创外科理念。PPSF 联合微创腰椎间融合术可以有效治疗成人退行性腰椎侧弯。研究显示,PPSF 治疗特发性脊柱侧弯的疗效与开放式手术相似<sup>[9]</sup>。相对于成人,青少年脊柱骨性结构韧性大、愈合能力强,理论上更适宜采用 PPSF 治疗特发性脊柱侧弯。其并发症有关节突关节损伤、感染、神经损伤以及导引导丝致肠道、胸腔和腹膜后脏器损伤等<sup>[9]</sup>。晚近,Spitz 等<sup>[10]</sup>采用无导引导丝的 PPSF 治疗腰椎退行性变,其椎弓根螺钉植入准确度高达 96.67%,每根螺钉植入时间仅为 6.92 分钟,X 线照射时间仅 22.70 秒,从而有效避免导引导丝相关并发症的发生。总之,PPSF 是最基本的微创后入路胸腰椎内固定技术,联合其他微创减压技术,临床应用广泛。在临床实践中,熟练掌握该项

技术,仍需大量开放式手术经验,学习曲线较长,术中 X 线照射剂量较大<sup>[11]</sup>。相信随着微创脊柱外科技术的发展,三维导航技术的应用将更为普遍,PPSF 的应用范围将进一步扩大,术中 X 线照射剂量亦将逐渐减少。

2. 多裂肌间隙入路椎弓根螺钉内固定术 多裂肌间隙入路又称 Wiltse 入路或椎旁肌间隙入路。于中线旁开 2 cm 处椎弓根外缘做一纵形小切口,长度约 1.50 cm,然后在多裂肌与最长肌之间进行分离。逐级扩张软组织,置入 Quadrant 微创可扩张工作通道(美国 Medtronic 公司),显露关节突关节,高速磨钻开口,直视下植入椎弓根螺钉,连接棒预弯后经皮从椎旁肌间隙穿过,可减少椎旁肌的损伤,在工作通道内对峡部、关节突关节、横突行去皮质处理以行植骨融合术。与 PPSF 相比,小切口多裂肌间隙入路椎弓根螺钉植入术可于直视下辨认解剖结构,减少术中 X 线照射剂量,同时可进行一定程度的后方植骨,因此受到部分学者的推崇。

3. 椎弓根皮质骨轨迹螺钉固定技术 椎弓根皮质骨轨迹(CBT)螺钉固定技术由 Santoni 等<sup>[12]</sup>于 2009 年率先报道,是传统椎弓根螺钉内固定术的替代方法之一。该项技术的进钉点更偏向内侧且钉道与皮质骨接触界面更大,具有抗拔力强、创伤小等优点,亦可用于骨质疏松患者。腰椎进钉点位于下关节突关节中线与横突下缘下方 1 mm 水平线交点,钉道偏向头侧(头倾角  $8^{\circ} \sim 9^{\circ}$ )、由内向外倾斜(外倾角  $25^{\circ} \sim 26^{\circ}$ ),进钉深度 3.60 ~ 3.90 cm;螺钉头尾均为皮质髻纹,中间为松质骨髻纹。由于进钉点更接近中线,螺钉植入过程中需显露的肌肉更少、切口更小、创伤更小<sup>[13]</sup>。该项技术在临床的应用刚刚起步,仅见少数个案报道<sup>[14-15]</sup>。皮质骨轨迹螺钉联合传统椎弓根螺钉可起到强化固定作用<sup>[16-18]</sup>。由于椎弓根皮质骨轨迹螺钉固定技术进钉点和钉道与传统螺钉植入术完全不同,无法根据术者手感植入螺钉,因此术中 X 线照射剂量和手术时间明显增加。螺钉直径过大可导致椎弓根骨折,螺钉穿透骨皮质易损伤上位神经根,头倾角较小易损伤下位神经根,因此,该项技术的临床应用前景尚不明朗。

## 二、经椎板关节突关节螺钉固定技术

经椎板关节突关节螺钉固定技术是将螺钉穿过对侧棘突基底、对侧椎板、关节突关节进行固定的方法,这种经椎板和关节突关节的长螺钉又称 Magerl 螺钉。研究结果显示,微创经椎间孔腰椎间

融合术(MIS-TLIF)联合同侧椎弓根螺钉植入术并同侧切口行对侧经椎板关节突关节螺钉植入术治疗腰椎退行性变的疗效与双侧椎弓根螺钉植入术相似<sup>[19]</sup>。该项技术既增加单侧植入椎弓根螺钉的抗旋转能力,又避免剥离双侧椎旁肌造成的创伤和出血,从而达到微创内固定目的。有文献报道一种经椎板关节突关节螺钉固定技术术中导航装置,联合前入路腰椎间融合术具有固定牢固、并发症少、创伤小、手术时间短等优点<sup>[20]</sup>。但关节突关节螺钉固定强度有限,多用于后柱结构完整时;而椎弓根螺钉不仅用于后入路减压和后部结构缺损情况,还可进行加压操作以矫正脊柱畸形。因此,微创腰椎融合术多联合椎弓根螺钉内固定术应用于临床。

### 三、微创椎间融合技术

1. 微创经前路腰椎间融合术 微创经前路腰椎间融合术(MIS-ALIF)是治疗脊柱退行性变的理想手术方法<sup>[21-22]</sup>,包括腹腔镜下 MIS-ALIF 和小切口 MIS-ALIF。(1)腹腔镜下 MIS-ALIF:经腹腔入路,可在腹腔镜下获得良好视野。各种类型椎间融合器(Cage)均可用于病变椎体节段的稳定性重建<sup>[23]</sup>。该项技术适用于有神经症状的椎间盘退行性变或伴椎间孔狭窄、I~II 度腰椎滑脱、后入路手术失败的补救处理等<sup>[24]</sup>。其并发症主要包括血管、神经、腹腔和腹膜后脏器损伤、乳糜腹、肠梗阻、假关节形成和邻近椎体节段退行性变等。有文献报道,腹腔镜下 MIS-ALIF 发生逆行射精的概率高于开放式手术<sup>[25]</sup>。腹腔镜下 MIS-ALIF 的长期疗效满意,邻近椎体节段退行性变发生率较低。经过一定时间的学习曲线,手术相关并发症发生率降低。联合后入路 PPSF 更加安全、可靠。随着 Cage 设计的改进,一体化椎体螺钉经单纯前入路即可以实现减压和固定,显著减少手术创伤、缩短手术时间,使腹腔镜下 MIS-ALIF 的临床应用更为广泛,尤其适用于单纯 L<sub>4-5</sub> 或 L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> 椎间盘源性疼痛、无明显小关节病变、骨质疏松和腹部血管异常、体重指数(BMI) < 35 的患者<sup>[26]</sup>。近年来,应用于临床的球囊扩张后腹膜技术较二氧化碳扩张后腹膜技术更有利于术中灌洗和处理出血,而且无二氧化碳对血流动力学和代谢的影响,便于腹腔镜下 MIS-ALIF 的实施。(2)小切口 MIS-ALIF:通常在 SynFrame 撑开系统辅助下完成。有研究显示,小切口 MIS-ALIF 患者满意度为 90%,术后 2 年椎间融合率可达 95%,且无严重手术相关并发症<sup>[27]</sup>。与传统腹膜后入路 ALIF 相比,小切口

MIS-ALIF 疗效、椎间融合率和并发症发生率差异无统计学意义,但后者手术时间更短、术中失血量更少。相关研究显示,腹腔镜下 MIS-ALIF 与小切口 MIS-ALIF 在症状缓解率、椎间融合率、术中失血量、住院时间等方面差异均无统计学意义,但前者学习曲线较长,后者并发症发生率较低<sup>[28-29]</sup>。因此,近年来前入路小切口 MIS-ALIF 有逐渐替代腹腔镜下 MIS-ALIF 的趋势。

2. 微创经后路腰椎间融合术 微创经后路腰椎间融合术(MIS-PLIF)主要适应证为椎间盘退行性变和腰椎滑脱。在相应病变椎体节段后正中线旁 2~3 cm 处做一长约 2.50 cm 小切口,扩张器分离椎旁肌,置入 METRxX-Tube 微创手术系统工作通道,在工作通道内完成减压、椎间盘摘除和椎间融合<sup>[30]</sup>。其优点是生物力学改善良好、住院时间短、恢复迅速等<sup>[31]</sup>。常见并发症为神经损伤、椎体不稳、假关节形成、邻近椎体节段退行性变。其长期疗效与开放式手术相似,联合皮质骨轨迹螺钉或椎弓根螺钉可获得满意疗效<sup>[32]</sup>。

3. 微创经椎间孔腰椎间融合术 MIS-TLIF 最早由 Foley 和 Gupta<sup>[33]</sup>于 2002 年报告,其近期和远期疗效与开放式手术相似,同时具有术中出血量少、术后疼痛轻微、恢复迅速、住院时间短等优点,故广泛应用于临床。Seng 等<sup>[34]</sup>回顾 40 例行 MIS-TLIF 患者和 40 例行开放式手术患者的临床资料,结果显示, MIS-TLIF 组患者术中出血量(127 ml 对 405 ml,  $P < 0.001$ )和术后镇痛药剂量(8.50 mg 对 24.20 mg,  $P = 0.006$ )均少于开放式手术组,患者离床活动时间(1.50 天对 3 天,  $P < 0.001$ )和住院时间(3.60 天对 5.90 天,  $P = 0.000$ )均短于开放式手术组, X 线照射时间(55.20 秒对 16.40 秒,  $P < 0.001$ )长于开放式手术组,手术时间(185 分钟对 166 分钟,  $P = 0.085$ )略长于开放式手术组但组间差异无统计学意义,而两组临床症状改善、视觉模拟评分(VAS)和并发症发生率差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );术后随访 5 年,两组患者椎间融合率均达 97.50%。Parker 等<sup>[35]</sup>的前瞻性研究显示,与开放式手术组相比, MIS-TLIF 组患者术后康复时间短、恢复迅速,且住院费用平均减少 1758 美元。Barbagallo 等<sup>[36]</sup>采用 MIS-TLIF 联合 PPSF 治疗多节段腰椎退行性变,获得满意疗效,随后他们改进手术操作流程,提出 KCS(K-wire Cage screw)技术,术中先置入双侧导引导丝,经导管完成减压和 Cage 植入,最后植入螺钉,既可避免

先植入螺钉遮挡手术视野和影响操作,又可避免植入螺钉时导引导丝损伤显露的神经根袖。植入导引导丝还可作为 MIS-TLIF 的定位参照物,进而增加手术安全性。有学者尝试采用 MIS-TLIF 联合单侧椎弓根螺钉内固定术<sup>[37]</sup>,尽管尸体解剖结果显示,行单侧椎弓根螺钉内固定术椎体活动度较行双侧椎弓根螺钉内固定术者增加 1 倍以上<sup>[38]</sup>,但随机对照临床试验显示二者椎间融合率和临床症状缓解率差异无统计学意义( $P > 0.05$ )<sup>[39]</sup>。

4. 微创经侧方腰椎间融合术 微创经侧方腰椎间融合术(LLIF)是一种不同于传统前入路或后入路的手术方法。该项技术保持前纵韧带(ALL)和后纵韧带(PLL)的完整性,通过较大的 Cage 以韧带整复法纠正矢状位和冠状位畸形,可以分为直接侧方腰椎间融合术(DLIF)和斜外侧腰椎间融合术(OLIF)。(1) DLIF 也称极外侧腰椎间融合术(XLIF):是一种微创经腹膜后间隙、腰大肌行腰椎间盘摘除、腰椎间融合的方法,是真正意义上的侧方入路。患者侧卧位,经 X 线定位后,采用管状牵开器,经腹膜后间隙、腰大肌达目标位置。该项技术的优点在于显露充分、可于直视下操作、可植入较大的 Cage 以减少融合器沉降风险、可有效纠正脊柱畸形等。主要并发症包括腰大肌和神经丛损伤造成的腰大肌无力、大腿麻木和疼痛、男性逆行射精等,可采用术中电生理学监测以降低神经损伤风险。但是由于髂骨遮挡,该项技术无法到达 L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub>椎间隙,甚至有时难以显露 L<sub>4-5</sub>椎间隙。有学者在尸体标本上比较几种微创椎间融合术在椎间盘摘除和终板处理程度方面的疗效,结果显示,XLIF/DLIF 优于 ALIF、PLIF 和 TLIF<sup>[40]</sup>。在最近发表的一系列病例报道中,绝大多数 XLIF/DLIF 采用单节段或双节段,同时辅以后入路椎弓根螺钉内固定术。Rodgers 等<sup>[41]</sup>分析 66 例腰椎退行性变患者行 XLIF/DLIF 术后 1 年的随访结果,发现约 96.97% 患者(64/66)手术椎体节段融合,大多数患者对临床效果满意或非常满意。另一项前瞻性研究纳入 600 例行 XLIF/DLIF 患者,结果显示,围手术期并发症发生率仅 6.20%,其中手术相关并发症发生率为 2.30%,无一例出现伤口感染、血管损伤和腹腔脏器损伤<sup>[42]</sup>。Oliveira 等<sup>[43]</sup>采用 X 线和 MRI 测量 15 例行 XLIF/DLIF 患者术后椎间隙高度、椎间孔高度和面积,通过植入较大 Cage 以恢复椎间隙高度、扩大椎间孔面积,从而达到对神经根间接减压的目的。该项技术

还用于退行性脊柱畸形的治疗,Anand 等<sup>[44]</sup>的研究显示,12 例退行性脊柱侧弯患者平均融合 3.64 个椎体节段,术后脊柱侧弯角度平均减小 13°,术后随访 2 年,椎间融合率达 100%,矫正角度无丢失。Acosta 等<sup>[45]</sup>随访观察退行性脊柱侧弯患者 XLIF/DLIF 术后的腰椎 MRI 变化,结果显示,术后随访 2 年患者腰椎局部和整体序列均明显改善,认为这可能是患者临床症状和疼痛评分改善的原因之一。(2)斜外侧入路椎间融合术(OLIF):是 LLIF 的改良术式。于左下腹部的腋前线与相应椎间隙平面做一斜形切口,长度 4~5 cm,切开腹壁肌肉,经腹膜后间隙入路,通过髂骨血管与腰大肌的间隙直达椎间隙。置入 OLIF25 微创通道系统(美国 Medtronic 公司),在工作通道内切除椎间盘、植入 Cage。该项技术可以显著增加椎间隙高度,恢复腰椎生理曲度,纠正脊柱侧弯畸形,通过拉伸松弛的后纵韧带,起到间接减压作用,多联合后入路经皮椎弓根螺钉内固定术以减少 Cage 沉降和矫正效果的丢失,长期临床疗效、影像学结果和融合率满意。OLIF25 微创通道系统可用于 L<sub>2-5</sub>节段融合,并逐渐为越来越多学者接受。L<sub>1-2</sub>、L<sub>5</sub>~S<sub>1</sub>节段因有大血管遮挡,显露困难,手术难度较大,但也可见个别病例报道,而髂嵴对手术视野显露的影响较小。该项技术的优点为对腰大肌和腰丛神经的影响小,可以直视神经、输尿管和交感神经,无需术中电生理学监测<sup>[46]</sup>。Fujibayashi 等<sup>[47]</sup>报告 28 例腰椎退行性变患者行 OLIF,融合 52 个椎体节段,术后 3 周复查 MRI 显示,手术节段椎管横截面积(134.30 mm<sup>2</sup>对 99.60 mm<sup>2</sup>)、椎间隙高度(9.90 mm 对 5.40 mm)均较术前明显增加(均  $P < 0.05$ );日本矫形外科学会(JOA)评分较术前明显增加(24.90 分对 15.40 分, $P < 0.05$ ),显示出良好的间接减压作用;每个椎体节段平均手术时间为 72.50 分钟,术中出血量仅为 17.60 ml;无一例出现血管损伤等严重并发症,6 例出现大腿疼痛、麻木,2 例出现屈髋肌肌力减弱,均于 3 个月内自行缓解。OLIF 的适应证包括椎间盘退行性变,伴椎体失稳的轻度椎管狭窄和退行性侧弯,而髓核脱出、小关节病和黄韧带(LF)增生等不宜采用经侧方腰椎间融合术<sup>[47]</sup>。

5. 经骶前间隙入路轴向腰椎间融合术 经骶前间隙入路轴向腰椎间融合术(axial LIF)可用于治疗 L<sub>4</sub>-S<sub>1</sub>椎间盘退行性变、脊柱侧弯和椎体滑脱等。于肛周(尾骨切迹旁)做小切口,X 线引导下置入导针

和管状牵开器,沿无血管的骶前间隙上行,置入骶骨基底,然后在工作通道内减压、植入 Cage 达到神经根减压目的,可联合后入路经皮椎弓根或关节突关节螺钉内固定术。Axial LIF 经皮从骶前间隙到达腰骶部,避免显露脊柱前方、后方和侧方结构,不损伤后方肌肉和韧带,亦无需进入腹腔或牵拉血管和内脏器官。感染是其重要并发症,中期临床效果满意。由于该项技术需专门技术和非常规入路,且术者不能在直视下行椎间盘切除和椎管减压,故手术难度较大。

#### 四、棘突间内固定技术

棘突间内固定技术是一种微创腰椎后入路非融合内固定技术。最常见的适应证是椎间盘源性疼痛,常用材料包括 Coflex 系统(美国 Paradigm Spine 公司)、X-STOP 系统(美国 St. Francis Medical Technologies 公司)等。棘突间内固定技术操作简单、创伤风险小、手术时间短,可限制融合椎体节段的活动度,适用于腰椎生理曲度较好的青年患者,可有效改善疼痛症状,同时保留一定活动度,从而提高生活质量;还可改善脊柱矢状位平衡,增加椎间孔直径。常见并发症有植入物移位和棘突骨折,尤其多见于椎体滑脱和骨质疏松患者。Coflex 系统可有效改善疼痛症状并保留一定活动度。若病例选择不当,可能严重影响手术效果。Epstein<sup>[48]</sup>通过复习棘突间内固定装置的相关文献发现,该项技术对 50 岁以上患者的临床疗效不佳,并发症发生率和再次手术率均较高,因此他对棘突间内固定技术的有效性和安全性提出质疑,建议对其临床应用进行深入评价。

#### 五、颈椎微创内固定技术

颈椎前路椎间融合术和非融合内固定技术利用自然间隙完成减压和固定,亦属于微创内固定技术。经前路颈椎间盘切除植骨融合术(ACDF)是治疗脊髓型颈椎病的经典术式,应用钛金属 Cage 则无需植骨和钢板固定,进一步减小手术创伤,缩短手术时间。微创颈椎非融合内固定技术[包括人工椎间盘置换术、颈椎间动态稳定器(DCI)植入术]也取得较好临床效果。亦有部分学者报道经皮齿状突骨折螺钉内固定术、经皮前路和后路侧块螺钉内固定术等颈椎微创内固定技术<sup>[49]</sup>。

综上所述,微创脊柱内固定技术在减少手术创伤的同时,具有良好的固定效果,逐渐获得越来越多临床医师和患者认可。随着“O”型臂 X 线、术中

导航、脊柱机器人等机械设备的广泛应用,微创脊柱内固定技术必将进一步发展。尽管微创脊柱内固定技术创伤较小,但并不代表手术风险小,相反脊柱外科医师承担更大的手术难度和风险,因此,应熟悉脊柱及其周围结构的三维解剖、严格掌握微创技术适应证,在临床实践中不断总结经验,使微创脊柱外科技术能够更好地造福患者。

#### 参 考 文 献

- [1] Stokes IA, Gardner-Morse M, Henry SM, Badger GJ. Decrease in trunk muscular response to perturbation with preactivation of lumbar spinal musculature. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25: 1957-1964.
- [2] Houten JK, Nasser R, Baxi N. Clinical assessment of percutaneous lumbar pedicle screw placement using the O-arm multidimensional surgical imaging system. *Neurosurgery*, 2012, 70:990-995.
- [3] Santos ER, Sembrano JN, Yson SC, Polly DW Jr. Comparison of open and percutaneous lumbar pedicle screw revision rate using 3-D image guidance and intraoperative CT. *Orthopedics*, 2015, 38:E129-134.
- [4] Palmisani M, Gasbarrini A, Brodano GB, De Iure F, Cappuccio M, Boriani L, Amendola L, Boriani S. Minimally invasive percutaneous fixation in the treatment of thoracic and lumbar spine fractures. *Eur Spine J*, 2009, 18 Suppl 1:71-74.
- [5] Logroscino CA, Proietti L, Tamburrelli FC. Minimally invasive spine stabilisation with long implants. *Eur Spine J*, 2009, 18 Suppl 1:75-81.
- [6] Wild MH, Glee M, Plieschnegger C, Wenda K. Five-year follow-up examination after purely minimally invasive posterior stabilization of thoracolumbar fractures: a comparison of minimally invasive percutaneously and conventionally open treated patients. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2007, 127:335-343.
- [7] Wang ST, Ma HL, Liu CL, Yu WK, Chang MC, Chen TH. Is fusion necessary for surgically treated burst fractures of the thoracolumbar and lumbar spine: a prospective, randomized study? *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31:2646-2652.
- [8] Miyashita T, Ataka H, Kato K, Tanno T. Good clinical outcomes and fusion rate of facet fusion with a percutaneous pedicle screw system for degenerative lumbar spondylolisthesis: minimally invasive evolution of posterolateral fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40:E552-557.
- [9] Mobbs RJ, Raley DA. Complications with K-wire insertion for percutaneous pedicle screws. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 27: 390-394.
- [10] Spitz SM, Sandhu FA, Voyadzis JM. Percutaneous "K-wireless" pedicle screw fixation technique: an evaluation of the initial experience of 100 screws with assessment of accuracy, radiation exposure, and procedure time. *J Neurosurg Spine*, 2015, 22:422-431.
- [11] Mobbs RJ, Sivabalan P, Li J. Technique, challenges and indications for percutaneous pedicle screw fixation. *J Clin Neurosci*, 2011, 18:741-749.
- [12] Santoni BG, Hynes RA, McGilvary KC, Rodriguez-Canessa G, Lyons AS, Henson MA, Womack WJ, Puttlitz CM. Cortical bone trajectory for lumbar pedicle screws. *Spine J*, 2009, 9:366-373.
- [13] Matsukawa K, Yato Y, Nemoto O, Imabayashi H, Asazuma T, Nemoto K. Morphometric measurement of cortical bone trajectory for lumbar pedicle screw insertion using computed

- tomography. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26:E248-253.
- [14] Rodriguez A, Neal MT, Liu A, Somasundaram A, Hsu W, Branch CL Jr. Novel placement of cortical bone trajectory screws in previously instrumented pedicles for adjacent-segment lumbar disease using CT image-guided navigation. *Neurosurg Focus*, 2014, 36:E9.
- [15] Iwatsuki K, Yoshimine T, Ohnishi Y, Ninomiya K, Ohkawa T. Isthmus-guided cortical bone trajectory for pedicle screw insertion. *Orthop Surg*, 2014, 6:244-248.
- [16] Ueno M, Imura T, Inoue G, Takaso M. Posterior corrective fusion using a double-trajectory technique (cortical bone trajectory combined with traditional trajectory) for degenerative lumbar scoliosis with osteoporosis: technical note. *J Neurosurg Spine*, 2013, 19:600-607.
- [17] Chen Z, Jian FZ. Intraspinal tumors and spine stability. *Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2013, 13:986-987. [陈赞, 菅凤增. 椎管内肿瘤与脊柱稳定性. *中国现代神经疾病杂志*, 2013, 13:986-987.]
- [18] Takata Y, Matsuura T, Higashino K, Sakai T, Mishiro T, Suzue N, Kosaka H, Hamada D, Goto T, Nishisho T, Goda Y, Sato R, Tsutsui T, Tonogai I, Tezuka F, Mineta K, Kimura T, Nitta A, Higuchi T, Hama S, Sairyo K. Hybrid technique of cortical bone trajectory and pedicle screwing for minimally invasive spine reconstruction surgery: a technical note. *J Med Invest*, 2014, 61(3/4):388-392.
- [19] Grob D, Bartanusz V, Jeszenszky D, Kleinstück FS, Lattig F, O'Riordan D, Mannion AF. A prospective, cohort study comparing translaminar screw fixation with transforaminal lumbar interbody fusion and pedicle screw fixation for fusion of the degenerative lumbar spine. *J Bone Joint Surg Br*, 2009, 91:1347-1353.
- [20] Jang JS, Lee SH, Lim SR. Guide device for percutaneous placement of translaminar facet screws after anterior lumbar interbody fusion: technical note. *J Neurosurg*, 2003, 98(1 Suppl):100-103.
- [21] Mathews HH, Evans MT, Molligan HJ, Long BH. Laparoscopic discectomy with anterior lumbar interbody fusion: a preliminary review. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1995, 20:1797-1802.
- [22] Park SH, Park WM, Park CW, Kang KS, Lee YK, Lim SR. Minimally invasive anterior lumbar interbody fusion followed by percutaneous translaminar facet screw fixation in elderly patients. *J Neurosurg Spine*, 2009, 10:610-616.
- [23] Zucherman JF, Zdeblick TA, Bailey SA, Mahvi D, Hsu KY, Kohrs D. Instrumented laparoscopic spinal fusion: preliminary results. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1995, 20:2029-2033.
- [24] Chen SH, Chiang MC, Lin JF, Lin SC, Hung CH. Biomechanical comparison of three stand-alone lumbar cages: a three-dimensional finite element analysis. *BMC Musculoskelet Disord*, 2013, 14:281.
- [25] Strube P, Hoff E, Hartwig T, Perka CF, Gross C, Putzier M. Stand-alone anterior versus anteroposterior lumbar interbody single-level fusion after a mean follow-up of 41 months. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25:362-369.
- [26] Udby PM, Bech-Azeddine R. Clinical outcome of stand-alone ALIF compared to posterior instrumentation for degenerative disc disease: a pilot study and a literature review. *Clin Neurol Neurosurg*, 2015, 133:64-69.
- [27] Aunoble S, Hoste D, Donkersloot P, Liqueois F, Basso Y, Le Huec JC. Video-assisted ALIF with cage and anterior plate fixation for L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech*, 2006, 19:471-476.
- [28] Saraph V, Lerch C, Walochnik N, Bach CM, Krismer M, Wimmer C. Comparison of conventional versus minimally invasive extraperitoneal approach for anterior lumbar interbody fusion. *Eur Spine J*, 2004, 13:425-431.
- [29] Zdeblick TA, David SM. A prospective comparison of surgical approach for anterior L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub> fusion: laparoscopic versus mini anterior lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25:2682-2687.
- [30] Cheung NK, Ferch RD, Ghahreman A, Bogduk N. Long-term follow-up of minimal-access and open posterior lumbar interbody fusion for spondylolisthesis. *Neurosurgery*, 2013, 72:443-451.
- [31] Banczerowski P, Czigléczi G, Papp Z, Veres R, Rappaport HZ, Vajda J. Minimally invasive spine surgery: systematic review. *Neurosurg Rev*, 2015, 38:11-26.
- [32] Berjano P, Damilano M, Ismael M, Formica C, Garbossa D. Minimally invasive PLIF with divergent, cortical trajectory pedicle screws. *Eur Spine J*, 2015, 24 Suppl 5:654-655.
- [33] Foley KT, Gupta SK. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine: preliminary clinical results. *J Neurosurg*, 2002, 97(1 Suppl):7-12.
- [34] Seng C, Siddiqui MA, Wong KP, Zhang K, Yeo W, Tan SB, Yue WM. Five-year outcomes of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a matched-pair comparison study. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38:2049-2055.
- [35] Parker SL, Mendenhall SK, Shau DN, Zuckerman SL, Godil SS, Cheng JS, McGirt MJ. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis: comparative effectiveness and cost-utility analysis. *World Neurosurg*, 2014, 82:230-238.
- [36] Barbagallo GM, Certo F, Visocchi M, Sciacca G, Piccini M, Albanese V. Multilevel mini-open TLIFs and percutaneous pedicle screw fixation: description of a simple technical nuance used to increase intraoperative safety and improve workflow. *Neurosurg Rev*, 2015, 38:343-354.
- [37] Hu XQ, Wu XL, Xu C, Zheng XH, Jin YL, Wu LJ, Wang XY, Xu HZ, Tian NF. A systematic review and meta-analysis of unilateral versus bilateral pedicle screw fixation in transforaminal lumbar interbody fusion. *PLoS One*, 2014, 9:E87501.
- [38] He W, Zhang H, He HL, Xu GH, Ye XJ. Evaluation on biomechanical stability of unilateral and bilateral pedicle screw fixation plus interbody fusion cage. *Jie Fang Jun Yi Xue Za Zhi*, 2009, 34:405-408. [何蔚, 张桦, 何海龙, 许国华, 叶晓健. 腰椎单侧及双侧椎弓根螺钉固定椎间融合器的生物力学研究. *解放军医学杂志*, 2009, 34:405-408.]
- [39] Yuan C, Chen K, Zhang H, Zhang H, He S. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation in lumbar interbody fusion: a meta-analysis of complication and fusion rate. *Clin Neurol Neurosurg*, 2014, 117:28-32.
- [40] Tatsumi R, Lee YP, Khajavi K, Taylor W, Chen F, Bae H. In vitro comparison of endplate preparation between four mini-open interbody fusion approaches. *Eur Spine J*, 2015, 24:372-377.
- [41] Rodgers WB, Gerber EJ, Patterson JR. Fusion after minimally disruptive anterior lumbar interbody fusion: analysis of extreme lateral interbody fusion by computed tomography. *SAS J*, 2010, 4:63-66.
- [42] Rodgers WB, Gerber EJ, Patterson J. Intraoperative and early postoperative complications in extreme lateral interbody fusion: an analysis of 600 cases. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011, 36:26-32.
- [43] Oliveira L, Marchi L, Coutinho E, Pimenta L. A radiographic assessment of the ability of the extreme lateral interbody fusion procedure to indirectly decompress the neural elements. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(26 Suppl):331-337.
- [44] Anand N, Rosemann R, Khalsa B, Baron EM. Mid-term to long-term clinical and functional outcomes of minimally invasive

- correction and fusion for adults with scoliosis. Neurosurg Focus, 2010, 28:E6.
- [45] Acosta FL, Liu J, Slimack N, Moller D, Fessler R, Koski T. Changes in coronal and sagittal plane alignment following minimally invasive direct lateral interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar disease in adults: a radiographic study. J Neurosurg Spine, 2011, 15:92-96.
- [46] Berjano P, Lamartina C. Far lateral approaches (XLIF) in adult scoliosis. Eur Spine J, 2013, 22 Suppl 2:242-253.
- [47] Fujibayashi S, Hynes RA, Otsuki B, Kimura H, Takemoto M, Matsuda S. Effect of indirect neural decompression through oblique lateral interbody fusion for degenerative lumbar disease. Spine (Phila Pa 1976), 2015, 40:E175-182.
- [48] Epstein NE. A review of interspinous fusion devices: high complication, reoperation rates, and costs with poor outcomes. Surg Neurol Int, 2012, 3:7.
- [49] Chen Z, Jian FZ, Ling F. Clinical application of screw and rod (plate) internal fixation technique at cranio-cervical junction. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2009, 9:145-148. [陈赞, 菅凤增, 凌锋. 颅颈交界区螺钉-钛棒(板)内固定技术的临床应用. 中国现代神经疾病杂志, 2009, 9:145-148.] (收稿日期:2016-02-03)

## · 小词典 ·

## 中英文对照名词词汇(二)

- 快速眼动睡眠期 rapid eye movement(REM)
- 快速眼动睡眠期行为障碍  
rapid eye movement sleep behavior disorder(RBD)
- 扩散加权成像 diffusion-weighted imaging(DWI)
- 扩散张量成像 diffusion tensor imaging(DTI)
- 扩展残疾状态量表 Expanded Disability Status Scale(EDSS)
- 临床孤立综合征 clinically isolated syndrome(CIS)
- 颅脑创伤 traumatic brain injury(TBI)
- 路易体痴呆 dementia with Lewy bodies(DLB)
- 卵泡刺激素 follicle stimulating hormone(FSH)
- 美国医学结局研究组 Medical Outcomes Study(MOS)
- 蒙特利尔认知评价量表  
Montreal Cognitive Assessment(MoCA)
- 泌乳素 prolactin(PRL)
- 脑实质分数 brain parenchymal fraction(BPF)
- 欧洲五维健康量表  
European Quality of Life-5 Dimensions(EQ-5D)
- 帕金森病 Parkinson's disease(PD)
- Fas 配体 Fas ligand(FasL)
- 皮质骨轨迹 cortical bone trajectory(CBT)
- 前额叶背外侧皮质 dorsolateral prefrontal cortex(DLPFC)
- 前纵韧带 anterior longitudinal ligament(ALL)
- 轻度认知损害 mild cognitive impairment(MCI)
- 缺氧缺血性脑病 hypoxic-ischemic encephalopathy(HIE)
- 认知行为疗法 cognitive-behavioral treatment(CBT)
- 日本矫形外科学会 Japanese Orthopedic Association(JOA)
- 日常生活活动能力量表 Activities of Daily Living(ADL)
- 生长激素 growth hormone(GH)
- 视觉模拟评分 Visual Analogue Scale(VAS)
- 数字减影血管造影术 digital subtraction angiography(DSA)
- 双反转恢复 double inversion recovery(DIR)
- 睡眠障碍国际分类  
International Classification of Sleep Disorders(ICSD)
- 糖化血红蛋白 glycosylated hemoglobin(HbA1c)
- 体重指数 body mass index(BMI)
- 12 条简明健康状况调查表  
Medical Outcomes Study 12-Item Short-Form Health Survey (SF-12)
- 36 条简明健康状况调查表  
Medical Outcomes Study 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36)
- 同型半胱氨酸 homocysteine(Hcy)
- 突触素 synaptophysin(Syn)
- 退行性腰椎侧弯 degenerative lumbar scoliosis(DLS)
- 脱钙骨基质 demineralized bone matrix(DBM)
- 微创经后路腰椎间融合术  
minimally invasive posterior lumbar interbody fusion (MIS-PLIF)
- 微创经前路腰椎间融合术  
minimally invasive anterior lumbar interbody fusion (MIS-ALIF)
- 微创经椎间孔腰椎间融合术  
minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF)
- 细胞外基质 extracellular matrix(ECM)
- 斜外侧腰椎间融合术  
oblique lumbar interbody fusion(OLIF)
- 血管内皮生长因子受体 2  
vascular endothelial growth factor receptor 2(VEGFR2)
- 诱导型一氧化氮合酶 inducible nitric oxide synthase(iNOS)
- 直流电刺激术 direct current stimulation(DCS)
- 直接侧方腰椎间融合术  
direct lateral lumbar interbody fusion(DLIF)
- 质量调整生命年 quality adjusted life year(QALY)
- 轴向腰椎间融合术 axial lumbar interbody fusion(axial LIF)
- 左旋芳香族氨基酸脱羧酶  
aromatic L amino acid decarboxylase(AADC)