

· 综 述 ·

# 经皮椎弓根螺钉内固定技术研究进展

韩智涛, 陈远明

(广西中医药大学, 广西 南宁 530001)

**摘 要** 经皮椎弓根螺钉内固定术以其切口小、创伤小、出血少、恢复快等优势逐渐成为脊柱外科的重要手段。以该项技术为基础, 与其他微创技术相结合, 越来越多的脊柱相关疾病可实现微创治疗。文章回顾近年来国内外相关文献, 就经皮椎弓根螺钉内固定术的研究进展进行综述。

**关键词** 椎弓根螺钉 经皮 内固定器 综述

许多脊柱相关疾病难以通过非手术治疗获得理想的疗效, 此时常需要外科手术的干预。外科手术治疗脊柱相关疾病包括解除神经压迫、矫正脊柱畸形、重建脊柱稳定。椎弓根螺钉内固定技术是稳定脊柱的主要手段, 传统的开放手术需广泛剥离脊柱两旁的肌肉才能得到理想的置钉位置, 其手术切口大、软组织损伤重、术中出血多、术后恢复时间长、远期并发症较多, 为了避免上述弊端, 经皮椎弓根螺钉内固定技术问世。

## 1 经皮椎弓根螺钉内固定技术的演变历程

20 世纪 80 年代 Magerl<sup>[1]</sup> 首次报道 X 线监测下经皮置钉, 避免了对肌肉的广泛剥离, 但该器械钉尾及连接棒露于体外, 患者术后平卧困难, 钉道周围容易感染, 同时因为螺钉力臂过长, 易导致断钉。1995 年 Mathews 等<sup>[2]</sup> 报道将连接器埋置于皮下, 避免了的钉尾暴露体外, 降低了术后感染的风险。由于连接器表浅, 螺钉力臂过长等原因, 患者平卧时不适, 断钉、松动等发生率高。20 世纪初 Foley 等<sup>[3]</sup> 报道应用 Sextant 系统进行经皮椎弓根螺钉内固定术, 该系统可使钉棒顺利的穿过肌肉深层, 准确的安置在万向螺钉的凹槽, 避免了内固定物表浅、螺钉力臂长的弊端, Sextant 系统的问世标志着经皮椎弓根螺钉内固定术的初步成熟。早期的 Sextant 系统主要用于胸腰椎骨折的固定, 经过改进后的 Sextant-R 系统具备了提拉复位的功能, 能适用于腰椎滑脱症的治疗。随后枢法模公司于 2005 年推出了第 2 代 Sextant 系统, 它使经皮椎弓根螺钉固定技术进一步完善, 可用于多节段、复杂的脊柱手术。目前临床常用的经皮椎弓根螺钉系统还有 Mantis 系统和 Viper 系统, 也有部分学者采用自主设计的设备行该术。

## 2 经皮椎弓根螺钉内固定术的应用

经皮椎弓根螺钉内固定技术最初主要用于无神经症状、后凸畸不明显的胸腰椎骨折。随着该技术的不断改进, 其应用范围越来越广, 目前经皮椎弓根螺钉内固定技术可作为一项基础技术与其它手术方式结合, 使越来越多的脊柱相关疾病能够在微创下治疗。

**2.1 单独应用** 经皮椎弓根螺钉内固定技术可单独应用于无神经损伤症状, 无需行椎管减压的胸腰椎爆裂骨折。Ni 等<sup>[4]</sup> 对 36 例胸腰椎骨折病人行经皮椎弓根螺钉内固定术, 术中平均出血 75 mL, 平均随访 48.5 个月, 优良率 86.1%, 认为该技术安全可靠, 是治疗胸腰椎爆裂骨折的有效手段。以往的固定方式以跨伤椎为主, 随后不断有学者提出, 附加伤椎置钉能加强稳定, 有助于提高疗效。2007 年 Mahar 等<sup>[5]</sup> 报道证实传统开放手术附加伤椎置钉内固定较跨伤椎内固定能明显增强脊柱的稳定性, 而且有利于矫正后凸畸形, 恢复脊柱高度。2013 年 Marco 等<sup>[6]</sup> 报道附加伤椎经皮椎弓根螺钉内固定术治疗胸腰椎骨折疗效优越, 推荐伤椎置钉。

近年, 国外有学者尝试使用经皮椎弓根螺钉内固定技术对感染椎间盘的上下椎进行制动, 以缓解疼痛症状, 辅助抗感染的治疗开展。Deiniger 等<sup>[7]</sup> 报道了利用该技术治疗 12 例胸腰部化脓性椎间盘炎, 发现经微创内固定使脊柱制动后, 患者疼痛能立即减轻, 术前 VSA 9~10 分, 术后为 1.7 分, 联合 61 d 持续抗感染治疗后, 疼痛完全消失, 白细胞及 C 反应蛋白降至正常, 证实该经皮椎弓根螺钉内固定术联合抗感染是治疗化脓性椎间盘炎的有效方式。

**2.2 联合应用** 单纯的经皮椎弓根螺钉内固定技术适用范围十分有限, 但以此项技术为基础, 结合其他



术式使用,则能使其优势更广泛的发挥。

**2.2.1 联合前路手术** 2004 年 Lee 等<sup>[8]</sup>采取经皮椎弓根螺钉内固定术结合前路椎间融合(ALIF)方法治疗 73 例患者,避免了对脊旁肌肉的剥离及后柱的破坏,平均出血量 135 mL、术后平均住院天数 4.1 d,优良率 94.5%,融合率 97%,认为该技术安全可靠,具有出血少、恢复快的优点。2010 年 Kim 等<sup>[9]</sup>回顾性调查了上述患者中的 63 例,平均随访时间 72 个月,长期优良率 88.9%,并发现经皮椎弓根螺钉内固定术联合 ALIF 能有效减少术后临近节段退变的发生率,是治疗下腰椎滑脱的有效方式。Jang 等<sup>[10]</sup>对 44 例患者行经皮椎弓根螺钉内固定术联合 ALIF,优良率为 90.9%,融合率为 95.8%,总疗效与同期行金标准 PSF 的 40 例比较无明显差异。

**2.2.2 联合后路手术** 2004 年池永龙等<sup>[11]</sup>报道 50 胸腰椎骨折患者,行经皮置钉后,于椎管占位较重侧作 4 cm 小切口行半椎板切除减压,与同期行传统切开椎弓根螺钉内固定的 50 例患者进行比较,手术效果无显著差异。Logroscino 等<sup>[12]</sup>对 20 例腰椎退变性失稳的患者行经皮椎弓根螺钉内固定术+小切口后路椎间融合(PLIF),其中 15 例为退行性腰椎滑脱,5 例为腰椎间盘突出并失稳,认为该方法治疗退变性腰椎失稳安全可行。Ralph<sup>[13]</sup>等指出该方法治疗腰椎滑脱中远期疗效与开放手术相近,但早期恢复具有明显优势。Gepstein 等<sup>[14]</sup>报道对 30 例腰椎间盘突出症单纯开窗术后复发的患者行经皮椎弓根螺钉内固定+后路椎间融合术,疗效可靠。

**2.2.3 联合微创通道** 早在 2002 年 Foley 就提出将经皮椎弓根螺钉技术联合其他微创技术来治疗脊柱退行性疾病,从而最大程度的减小手术创伤。Beringer<sup>[15]</sup>报道 8 例椎间盘退行性疾病患者在 MetRx 系统下行后外侧椎间融合(TLIF)后单侧经皮椎弓根螺钉内固定,获得理想疗效,推荐使用。Choi 等<sup>[16]</sup>使用 MetRx 系统对病变节段行椎间盘摘除+TLIF,再行单侧或双侧经皮椎弓根螺钉内固定术,发现微创通道下处理病变阶段后单侧固定的疗效与双侧固定无显著差别。Gary 等<sup>[17]</sup>对 21 例腰椎间盘退变性疾病患者在 Quadrant 系统下行椎间盘摘除椎管减压+TLIF,联合经皮椎弓根螺钉内固定术,平均随访 12 个月以上,总体优良率 84.7%,认为该方法微创、安全、可行。Said 等<sup>[18]</sup>报道 60 例被诊断为腰椎退变性失稳或椎

管狭窄的病人,椎间孔镜下行椎间盘摘除减压、椎间融合(XLIF),后经皮椎弓根螺钉内固定,术中失血 57.6 mL,术后平均住院时间 2.6 d,认为这是目前治疗该类疾病最微创的手术方式之一。据 Steven 等<sup>[19]</sup>统计,经皮轴向椎间融合(AxiaLIF)的融合率为 85%~93%,并发症为 0%~3%,认为此方法安全、有效,既能显著改善症状,又能加快术后恢复。Gabriel 等<sup>[20]</sup>报道尝试对 3 例 L<sub>5</sub>/S<sub>1</sub>前滑脱合并椎管狭窄病人行 AxiaLIF 联合经皮椎弓根螺钉内固定术,融合器自尾部经皮送入,于骶 1 前下方轴向穿骶 1 椎体至腰 5 或腰 4 椎体内,术中出血约 50 mL,通过间接减压患者症状皆获得理想的改善,随访 1 年,疗效理想,是治疗腰椎滑脱的理想方式之一。Anand 等<sup>[21-22]</sup>报道了使用经皮椎弓根螺钉技术联合椎间孔镜行 XLIF、经皮 AxiaLIF 等方式治疗腰椎退变性侧弯 28 例,术前 Cobb 角平均为 22°,术后纠正至 7°,平均随访 22 个月,显示该术式中远期疗效与开放手术无显著差异,认为退行性侧弯能够在微创的条件下得到有效的治疗。

### 3 技术优势

经皮椎弓根螺钉内固定技术具有切口小,术中出血少,肌肉损伤小,术后疼痛轻、并发症少等优势<sup>[8-9]</sup>。Petr 等<sup>[23]</sup>应用 MRI 扫描和肌力测量评估经皮和开放椎弓根螺钉固定对术后患者腰背肌的影响,结果发现:经皮椎弓根螺钉固定组患者多裂肌萎缩少、腰背肌的肌力更强等优点。Regev 等<sup>[24]</sup>在尸体上比较微创小切口与经皮椎弓根内固定术对脊神经内侧支的损伤,结果显示经皮椎弓根螺钉技术对脊神经内侧支的横断损伤率明显低于微创小切口入路,从而降低多裂肌因失神经支配所引起术后患者腰部力量减弱、慢性腰痛和邻近节段退变。

### 4 技术难题及解决情况

经皮椎弓根螺钉内固定技术的关键在于精确的定位,要保证椎弓根螺钉准确的置入椎弓根内而不损伤周围的神经、血管,置钉全过程在 X 线机透视下进行,为置钉提出极高的技术要求,使其推广普及较困难,并且手术过程中反复透视,医生和患者受到的辐射较多,无形损伤尚难以估计。随着计算机导航系统的发展,CT 导航系统已逐渐被临床应用,利用 CT 导航系统,仅需在术前行一次 CT 扫描,通过特软件和相应的参照标志,将扫描的三维图像与患者实际体位配准,可安全准确的将螺钉置入,大大的减少了术中辐



射量。Castro<sup>[25]</sup>使用 O 型臂导航系统定位安置椎弓根钉,准确率为 98.81%。Lieberman 等<sup>[26]</sup>报道获取 CT 图像后用微型机器人定位导航下在尸体上行经皮椎弓根螺钉固定术,能精准的经皮安置螺钉,目前 Renaissance 机器人辅助定位已用于临床。结合术中诱发肌电图检测技术则能更好的避免神经损害,Amer 等<sup>[27]</sup>报道在诱发肌电图监测下置入 937 枚椎弓根螺钉,12.2% 导致椎弓根内侧或外侧皮质破裂,但所有病人术后无神经损害症状,认为诱发肌电图监测安全可靠。

由于颈椎椎弓根结构特殊,周围走行的神经、血管复杂,经皮椎弓螺钉内固定术应用于颈椎的相关报道较少。闫亮等<sup>[28]</sup>测量 40 名正常成人中立位寰枢椎 CT 水平位及矢状位图像,从理论上推断:在充分考虑个体差异情况下,行枢椎经皮椎弓根螺钉内固定具有一定的安全性和可操作性,率先为颈椎经皮置钉打开理论基础。2011 年 Schaefer 等<sup>[29]</sup>报道使用经皮技术对 15 位患者安置颈椎或上胸椎椎弓根螺钉,76.4% 的螺钉被精确置入,余螺钉位置虽不理想,但未引起严重并发症,认为经皮颈椎椎弓根螺钉内固定有较好的前景,但需要投入更多的研究。

尽管许多报道显示经皮椎弓根螺钉内固定术较传统手术能有效延迟邻近节段退变的发生,但坚强固定始终无法理想的解决该问题。2002 年 Mulholland 等<sup>[30]</sup>提出了弹性固定的概念,以求脊柱内固定术后能尽量接近原来的生物力学状况。Schmoelz 等<sup>[31]</sup>发现弹性固定可使腰椎内固定融合术后相邻节段退变的发生率明显降低。我们正在研制可经皮置入的动态内固定系统,初衷是既能达到微创的效果,又能使脊柱在术后能尽量保持原有的生物力学状况。

## 5 展 望

经皮椎弓根螺钉内固定技术既能到达稳定脊柱的目的,又可以减小术中创伤,代表了脊柱外科的发展方向,必将作为一项基础技术广泛应用。随着影像技术、定位导航技术及各种监测手段的发展,经皮椎弓根螺钉内固定技术的应用会更加安全、方便,术中损伤会更小。同时,脊柱生物力学的研究可能推动着经皮椎弓根螺钉技术由刚性固定向弹性固定发展。

## 6 参考文献

[1] Magerl F. External skeletal fixation of the lower thoracic and the lumbar spine [M]. In: Unthoff HK, Stahl E, eds. Current concepts of external fixation of fractures. New York: Spring

Verlag, 1982; 353 - 366.

- [2] Mathews HH, Long BH. Endoscopy assisted percutaneous anterior interbody fusion with subcutaneous suprafascial internal fixation: evolution of technique and surgical considerations [J]. Orthop Int ED, 1995, 3: 496 - 500.
- [3] Foley KT, Gupta SK, Justis JR, et al. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine [J]. Neurosurg Focus, 2001, 10(4): 10.
- [4] Ni WF, Huang YX, Chi YL, et al. Percutaneous pedicle screw fixation for neurologic intact thorolumbar burst fractures [J]. Spine Disord Tech, 2010, 23(8): 530 - 537.
- [5] Mahar A, Kim C, Wedemeyer M, et al. Short-segment fixation of lumbar burst fractures using pedicle fixation at the level of the fracture [J]. Spine, 2007, 32(14): 1503 - 1507.
- [6] Marco Cimatti, Stefano Forcato, Filippo Polli, et al. Pure percutaneous pedicle screw fixation without arthrodesis of 32 thoraco-lumbar fracture: clinical and radiological outcome with 36-month follow-up [J]. Eur Spine, 2013, 22(6): 925 - 932.
- [7] Deiniger MH, Unfried MI, Vougioukas VI, et al. Minimally invasive dorsal percutaneous spondylodesis for the treatment of adult pyogenic spondylodiscitis [J]. Acta Neurochir, 2009, 151(11): 1451 - 1457.
- [8] Lee SH, Choi WG, Lim SR, et al. Minimally invasion anterior lumbar interbody fusion followed by percutaneous pedicle screw fixation for isthmic spondylolisthesis [J]. Spine, 2004, 4(6): 644 - 649.
- [9] Kim JS, Choi WG, Lee SH. Minimally invasive anterior lumbar interbody fusion followed by percutaneous pedicle screw fixation for isthmic spondylolisthesis: minimum 5-year follow-up [J]. Spine, 2010, 10(5): 404 - 409.
- [10] Jang JS, Lee SH. Clinical analysis of percutaneous facet screw fixation after anterior lumbar interbody fusion [J]. Neurosurg Spine, 2005, 3(1): 40 - 46.
- [11] 池永龙, 徐华梓, 林焱, 等. 微创经皮椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎骨折初步探讨 [J]. 中华外科杂志, 2004, 42(21): 1307 - 1311.
- [12] Logroscino CA, Proietti L, Pola E, et al. A minimally invasive posterior lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spine instabilities [J]. Eur Spine, 2011, 20(1): 41 - 45.
- [13] Ralph J Mobbs, Praveenan Sivabalan, Jane Li, et al. A Combination of Open Decompression and Percutaneous Pedicle Screw Fixation [J]. Orthopaedic Surgery, 2013, 5(2): 135 - 141.
- [14] Gepstein R, Shabat, Reichel M, et al. Treatment of postdiscectomy low back pain by percutaneous posterior lumbar interbody fusion versus open posterior lumbar fusion with ped-



- icle screws[J]. Spine, 2008, 8(5): 741 - 746.
- [15] Beringer WF, Mobasser JP. Unilateral pedicle screw instrumentation for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Neurosurg Focus, 2006, 20(3): E4.
- [16] Choi UY, Park JY, Kim KH, et al. Unilateral versus bilateral percutaneous pedicle screw fixation in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Neurosurg Focus, 2013, 35(2): E11.
- [17] Gary Rau, Chang Jung, Chiang, et al. Minimal invasive transforaminal lumbar interbody fusion and percutaneous pediclefixation A preliminary experience [J]. Formosan Journal of Musculoskeletal Disorders, 2010, 1(1): 26 - 30.
- [18] Said G, Osman. Endoscopic transforaminal decompression, interbody fusion, and percutaneous pedicle screw implantation of the lumbar spine: A case series report[J]. The International Journal of Spine Surgery, 2012, 6(1): 157 - 166.
- [19] Steven M Rapp, Larry E Miller, Jon E Block. AxiaLiF system; minimally invasive device for presacral lumbar interbody spinal fusion[J]. Med Devices (Auckl), 2011, 4: 125 - 131.
- [20] Gabriel C Tender, Larry E Miller, Jon E Block. Percutaneous pedicle screw reduction and axial presacral lumbar interbody fusion for treatment of lumbosacral spondylolisthesis: A case series[J]. Journal of Medical Case Reports, 2011, 5: 454 - 461.
- [21] Anand N, Baron EM, Thaiyananthan G, et al. Minimally Invasive Multilevel Percutaneous Correction and Fusion for Adult Lumbar Degenerative Scoliosis [J]. Spinal Disord Tech, 2008, 21(7): 459 - 467.
- [22] Anand N, Rosemann R, Khalsa B, et al. Mid-term to long-term clinical and functional outcomes of minimally invasive correction and fusion for adults with scoliosis[J]. Neurosurg Focus, 2010, 28(3): 6.
- [23] Petr Vanek, Renata Konopkova, et al. Treatment of thoracolumbar trauma by short-segment percutaneous transpedicular screw instrumentation: prospective comparative study with a minimum 2-year follow-up [J]. Neurosurg Spine, 2014, 20(2): 150 - 156.
- [24] Regev GJ, Lee YP, Taylor WR, et al. Nerve Injury to the Posterior Rami Medial Branch During the Insertion of Pedicle Screws Comparison of Mini-Open Versus Percutaneous Pedicle Screw Insertion Techniques [J]. Spine, 2009, 34(11): 1239 - 1242.
- [25] Castro Castro J, Rodino Padin J. Posterior lumbar fusion using the O - armsurgical imaging system; initial experience [J]. Neurocirugia (Astur). 2013, 24(1): 1 - 8.
- [26] Lieberman IH, Togawa D, Kayanja MM, et al. Bone-mounted miniature robot guidance for pedicle screws translaminar facet screw placement: part I-technical development and a test case result. Neurosurgery, 2006, 59(3): 641 - 650.
- [27] Amer F Samdani, Mark Tantorski, Patrick J, et al. Triggered electromyography for placement of thoracic pedicle screws: is it reliable? [J]. Eur Spine, 2011, 20(6): 869 - 874.
- [28] 闫亮, 池永龙, 黄其杉, 等. 经皮椎椎弓根螺钉内固定的影像学研究[J]. 浙江创伤外科, 2008, 13(2): 95 - 96.
- [29] Schaefer C, Begemann P, Fuhrhop I, et al. Percutaneous instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine using pedicle screws: preliminary clinical results and analysis of accuracy[J]. European Spine Journal, 2011, 20(6): 977 - 985.
- [30] Mulholland RC, Sengupta DK. Rationale principles and experimental evaluation of the concept of soft stabilization [J]. Eur Spine J, 2002, 11(12): 198 - 205.
- [31] Schmoelz W, Huber JF, Nydegger T, et al. Dynamic stabilization of the lumbar spine and its effects on adjacent segments: an vitro experiment[J]. Spinal Disord Tech, 2003, 16(4): 418 - 423.

(2014-03-27 收稿 2014-05-20 修回)

## · 简 讯 ·

### 《中医正骨》编辑部重要声明

近期,本刊编辑部在处理稿件时,发现部分作者仍然通过传统的邮寄方式投稿或通过发送电子邮件投稿,同时发现极少数作者投稿时存在一稿两投或抄袭他人论文的情况。在此,本刊编辑部郑重声明:1、本刊实行网上在线投稿,不接受纸质稿件及E-mail投稿。请作者登录本刊网站 [www.zygzgzz.cn](http://www.zygzgzz.cn) 注册后投稿,稿件实时处理情况可登陆本刊网站在线查询。2、作者通过本刊网站(稿件远程处理系统)在线投稿后,须提供单位介绍信(或单位推荐信),注明稿件内容真实、署名无争议、无抄袭、无一稿两投等,单位介绍信加盖公章后邮寄至本刊编辑部。3、稿件一经录用,作者须签署《论文著作权转让书》(模板从本刊网站首页的下载专区下载),并邮寄至本刊编辑部。4、本刊恕不接受已公开发表的文章,并严禁一稿两投。在稿件处理过程中,一旦发现稿件内容存在编造、抄袭、一稿两投等情况,本刊将对该稿件作退稿处理,并依据单位介绍信、单位推荐信或《论文著作权转让书》,同作者所在单位取得联系并反映情况。上述情况一经核实,编辑部将把该作者姓名加入本刊黑名单,并适时在本刊网站上予以公布。