

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2018.05.043

腰椎弹性固定进展研究*

张 翰 闫景龙[△] 奚春阳 王南翔 梁雄杰

(哈尔滨医科大学附属第二医院 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要:对于腰椎退变和不稳的治疗,传统方法是采用后路减压、椎弓根螺钉固定同时行植骨术(僵硬固定)。然而,僵硬固定存在加速周围椎体的退变等缺点。因而,人们逐步把目光投向腰椎弹性固定。最近几年,腰椎弹性固定因具有利于应力分散,防止周围节段退行性变,降低应力遮挡等优点,越来越多地被用于临床。大多数临床资料显示相较于传统坚强固定,弹性固定疗效相当,而固定节段骨萎缩、骨质疏松以及邻近节段退变的发生率显著降低,更利于脊柱生理特性。该文就腰椎弹性固定的发展过程、各种类型弹性固定的工作原理以及临床效果等作一综述。

关键词:腰椎;椎弓根螺钉;弹性固定;动态系统

中图分类号:R687 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2018)05-985-04

The Progress of the Research on the Elastic Fixation of Lumbar Vertebra*

ZHANG Han, YAN Jing-long[△], XI Chun-yang, WANG Nan-xiang, LIANG Xiong-jie(Department of orthopedics, the Second Affiliated Hospital of Harbin Medical University,
Harbin Medical University, Harbin, Heilongjiang, 150081, China)

ABSTRACT: To treat with the degenerative and instability of lumbar vertebra, we used to adopt posterior decompressive interlaminectomy, pedicle screw fixation and bone graft fusion. However, the rigid fixation can accelerate the degeneration of adjacent segment. So people gradually concentrate on the elastic fixation of lumbar vertebra. In recent years, the elastic fixation of lumbar pedicle screw is widely used in clinical application. The elastic fixation can reduce stress shielding and avoid adjacent segment degeneration. Meanwhile, it contributes to the stress dispersion. Clinical study shows that compared with traditional rigid fixation, the occurrence rate of bone resorption, osteoporosis and adjacent segment degeneration is significant reduced in the fixed segments of the elastic fixation, and more conform to spine's physiological stability, while its curative effect is equal with rigid fixation. The article provides a review on the phylogeny, working principles and clinical effects of the elastic fixation of lumbar vertebra.

Key words: Lumbar vertebra; Pedicle screw; Elastic fixation; Dynamic system

Chinese Library Classification(CLC): R687 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2018)05-985-04

前言

手术治疗退变性下腰痛由来已久。起初人们采用单纯椎管减压髓核摘除术,临床效果不显著。随后人们发现椎管减压髓核摘除外加融合术效果明显优于单纯减压术,但是很难做到彻底融合运动阶段。随着需要,腰椎内固定系统逐渐得到广大临床医师的认可。过去四十年间,椎管减压加上坚强的钉棒固定系统成为世界范围内治疗腰椎退行性疾病的主要方式。然而,坚强固定存在诸如应力遮挡、邻近节段退变、内置物疲劳断裂等问题,对坚强固定效果的不满致使人们探索新的内固定系统^[1]。

上世纪 80 年代, Graf 发明了基于椎弓根螺钉的动态固定装置。此弹性装置由椎弓根螺钉和其末端的纤维条带组成。1994 年, Dubois 在原有的 Graf 弹性固定基础上,采用对苯二甲酸酯以及钛质椎弓根钉,并增加了聚碳酸酯型聚氨酯套管,设

计出了 Dynesys 系统。Dynesys 系统有助于改进 Graf 系统的诸如纤维环后方和小关节负荷被加重等缺陷。2005 年,带支柱的弹性固定系统问世,由 Sengupta 设计。该系统又名 FASS 系统。弹性固定系统在欧洲早已应用于临床,还成立了国际软系统固定结果评估组织(ISSOA)^[2]。近年来,亚洲临床应用弹性固定的研究越来越多,其优点已经逐渐得到临床医师的认可。但其远期临床效果及适用范围还有待进一步研究。本文就目前常见的弹性固定系统及其工作原理、适用范围、优缺点做一综述。

1 坚强固定与弹性固定对比

尽管传统的坚强固定术后短时间内症状改善明显,但是存在缺点如因固定节段缺乏微动、相邻椎体的代偿增加导致手术邻近节段椎体退行性变等。另外,植骨的效果不佳,亦与传统固定减少植骨床微动、遮挡植骨节段应力有关;螺钉、内固定棒的

* 基金项目:国家自然科学基金项目(81472107)

作者简介:张翰(1991-),硕士研究生,研究方向:外科学-骨组织工程与脊柱外科,电话:13904813643, E-mail: 1063149956@qq.com

[△] 通讯作者:闫景龙(1964-),男,主任医师、教授、博士生导师,研究方向:外科学-骨组织工程与脊柱外科,

电话:13069715632, E-mail: yjlg4@aliyun.com

(收稿日期:2017-02-28 接受日期:2017-03-23)

断裂等情况与传统固定应力集中有关,导致并发症的增加,后期疗效降低。

而弹性固定技术,用弹性棒代替传统刚性棒,在不牺牲固定椎体的活动性的同时维持了脊柱的稳定性,分散了其上下椎体所承受的应力(有实验表明:脊柱的坚强固定及放开旋转的脊柱固定,均会导致应力的集中,不利于应力的分散;而放开侧弯及屈伸的脊柱固定则有利于应力的分散,应力分散方向与放开的脊柱固定方向一致^[3])进而减缓了邻近节段的退变。弹性固定有助于应力分散,又不遮挡固定节段的受力,在促进椎间融合方面比坚强固定更有生物力学的优越性,使植骨融合质量得到提高,避免了骨质疏松等并发症^[4]。经弹性棒固定的脊柱的生理应力可正常传递,保留间盘活动度,使突出的间盘有修复的机会。且弹性棒的弹性屈伸度优于坚强固定,减少了固定系统的受力,使钉、棒断裂等并发症发生率明显下降。而弹性固定与坚强固定系统操作差别不大,亦可应用于微创手术。有学者选择 12 例患有腰椎退行性疾病的患者,在行腰椎融合术时采用弹性固定,术后对其椎间隙高度的变化、椎间植骨融合率、椎间骨痂形成的情况及各时间点 VAS 评分、ODI 评分进行评估,结果示大量的骨痂形成,全部病例均融合。无内固定物断裂、松动和移位,各评分及疗效均满意^[5]。还有报道曾对比 51 例腰椎管狭窄症患者(坚强固定组 35 例,弹性固定组 16 例),结果术后一年、术后两年改善优良率,术后邻近节段退变情况弹性固定组均优于坚强固定组^[6]。提示弹性固定材料的临床效果优于传统坚强固定,是一种更佳的脊柱固定方案。

2 常用的腰椎后路弹性固定系统

介于临床资料显示腰椎后路弹性固定系统的诸多优势,现弹性固定系统已大量应用于腰椎退行性疾病的治疗。临床常见的后路弹性固定系统如下:棘突间撑开系统、借助椎弓根钉的韧带系统、棘突间压缩系统、借助椎弓根螺钉的半固定系统及其他系统等。下面就各系统工作原理、适应范围及优缺点作一综述。

2.1 棘突间撑开系统

1) Wallis 系统:Wallis 系统由 Sengupta 发明。该系统可支撑开相邻棘突,从而起到固定效果。第二代 Wallis 系统,不再使用坚强的钛棒,取而代之采用聚乙烯材料,使椎体与内固定不再是坚强连接。Senegas 建议适应症:1、大块突出的椎间盘切除术后,导致间盘实质的减少;2、椎间盘再次突出需二次手术;3、融合术后相邻节段的椎间盘退变;4、L5 骶化的椎间盘突出;5、孤立的 Modic I 型损伤导致的慢性下腰痛。Senegas 在 2002 年进行临床实验表明,本棘突间系统作为一种非融合固定,优点在于与固定节段无刚性连接,减少松动风险,对于退变性腰痛患者有显著疗效^[7]。

2) X-STOP 系统:属棘突间动态系统,材质为钛金属。支撑于棘突间,应用于腰椎管狭窄症,通过增大腰椎前屈来扩大椎管。Greger 等对比 X-STOP 和 MID(minimally invasive decompression)治疗有间歇性跛行表现患者,两种方法治疗后症状的改善都很明显,临床效果在任何时期都没有显著差异,X-STOP 的二次手术率高于 MID,而 MID 的并发症症状更严重^[8]。此系统独特优点在于可经局麻下小切口植入,适合中老年及不耐受

全麻的患者^[9]。但对于间盘退变引起的下腰痛,疗效有待进一步研究。

2.2 借助椎弓根钉的韧带系统

1) Graf 韧带系统:最早被应用的动态固定系统。该韧带系统于直径 5-7 mm 的钛质螺钉尾部环套一聚乙烯带(直径 8 mm),拉紧固定,关节突关节在伸直位上固定,进而减少固定节段的异常活动尤其是前屈活动。Kanayama^[10]等通过 43 例患者比较了 Graf 韧带固定系统与后外侧腰椎融合(L4/5)术后五年的临床结果,发现该系统可维持腰椎的曲度并不牺牲腰椎活动度,同时腰痛症状和 JOA 评分有显著改善,亦利于减少周围节段退行性变。此系统优点在于固定同时保留了一定屈伸活动度,但该韧带会加剧侧隐窝狭窄,不适用于关节突关节退变及腰椎前凸后发生黄韧带内折增厚的患者^[11]。

2) 动态中和固定系统(Dynesys 系统):Dynesys 系统由 Graf 系统改进而成。该系统由螺钉、套管及管芯构成。其中除了螺钉为钛质外,管芯与套管均为弹性材料。螺钉锚定于椎体,并产生力学屈伸效应,来保证连接的牢固^[12]。

有学者在应用于腰椎退行性疾病方面对比 Dynesys 系统和后路椎体间融合(PLIF)之间的短期效益。选取于 2009 年 2 月和 2011 年 3 月之间 14 例接受 Dynesys 和 18 例接受 PLIF 治疗的腰椎退行性疾病的患者作比较。得出结论:Dynesys 和 PLIF 在腰椎退行性疾病的治疗中短期效果相似。然而,Dynesys 可以保留手术节段的活动度而不增加相邻节段的负荷,这将促进手术节段间盘的恢复和防止邻近节段的间盘退化^[13]。

Dynesys 系统有如下优点:不牺牲固定节段的运动功能,且能延缓周围椎体的退变。其短期疗效接近刚性固定。但仍有必要增加样本和延长随访以确保其远期疗效。

2.3 棘突间压缩系统

1) 弹性韧带:该系统不需要金属内植物,借助韧带的弹力,将其置于棘突之间,韧带收缩时棘突亦被固定,进而使椎体牢固连接,减轻附件、间盘所受应力。Caserta 等^[14]报道了他们单独利用弹性韧带稳定腰椎或作为融合术后邻近节段的辅助固定,自 1994 年以来已经在 82 例患者中使用了该系统,获得了较好疗效。此韧带适用于椎管狭窄及腰椎退变的患者,优点在于不需要金属内植物,避免了钉棒疲劳断裂等问题,且此韧带即可单独应用、又可作为融合术后辅助固定,使用灵活。但因为未采用金属锚定,单独使用时稳定性问题还有待长期观察随访。

2) 环状韧带:Gamer^[15]等发明的张力带系统,该系统使环状韧带保持张力,然后将其置于棘突之间并固定。该韧带优越之处在于坚固程度类似于钛质韧带,且特制了避免滑动装置来保证韧带张紧。符合椎体棘突表面形状,同时具备坚强固定与弹性固定的长处,又避免了刚性内固定物在椎体做环转运动时对椎体的损伤,并因有聚合物特性与骨面接触良好。但目前国内临床报道较少,具体效果有待考证。

2.4 借助椎弓根螺钉的半固定系统

1) 软固定杠杆系统(FASS 系统):用来解决 Graf 系统出现的问题。针对 Graf 韧带系统存在的普遍问题:1、该系统因使椎体前屈而致椎管变窄、脊髓及脊神经根受压。2、Graf 施加给后柱的压力会导致退变。而 FASS 软固定系统连结在临近节段螺钉上,使纤维环后部张开,借助杠杆原理给前柱以支持力,减少

后部压力。对比研究发现: Graf 系统加大了后方纤维环应力, 进而导致椎管变窄; Dynesys 系统无法确切得知椎管、间盘所受应力情况; FASS 系统能确保减压的效果, 又可维持脊柱的生理稳定性。FASS 系统有以上诸多优点, 然而, 该系统对间盘的减压程度与韧带的拉应力成正比, 在保证减压效果的同时会导致腰椎相应节段僵硬, 而保持相应节段活动度则减压效果又受到了限制。我们建议可以考虑增加支点, 把整体韧带拉应力转化为多个部分拉应力, 从而减少对节段活动度影响。

2) 动态软固定系统(DSS 系统): DSS 系统包括两代系统: 一代由椎弓根钉及其后方的弹簧组合而成, 弹簧材料为钛; 二代由椎弓根钉及其后方的刚性棒组合而成, 此刚性棒中间构成一圆环。DSS I、II 均通过螺钉锚定于椎体。Korovessis 等^[16]比较了动态软固定系统、刚性和半刚性固定 3 种不同内固定器械治疗退变性腰椎管狭窄症的临床结果。经过平均(47±1.4)个月随访发现三组患者在疗效和影像学上并无明显差异, 因为每组患者数量有限, 很难发现三种方法的差异。DSS 系统缺点在于弹簧部分与椎体的瞬间旋转轴至关重要, 此两轴不统一时, 应力会集中在一点并不断增加, 导致内固定系统松动断裂。如何分散应力来维持动态稳定, 成为此系统改进的关键。

2.5 一些其他的固定系统

1) Bioflex 动态稳定系统: 由椎弓根螺钉和弹性棒组合而成, 螺钉为钛质, 弹性棒为镍钛记忆金属, 弹性棒有螺旋结构。北京 309 医院骨科李大伟等应用 Bioflex 系统固定选择椎体间融合或非融合治疗, 根据椎间盘退变程度治疗多节段腰椎退行性疾病 13 例, 术后随访平均 19.5 个月得出结论: Bioflex 系统固定结合椎体间融合是治疗多节段腰椎退行性疾病的一种安全有效的外科方法, 远期效果待进一步观察^[17]。该系统尤其适合多节段腰椎退变患者, 优点在于防止过度后伸以致椎体畸形, 保证未融合腰椎的运动性, 改变力的传导路径, 降低突出间盘的应力。但对于邻近节段活动度影响, 还有待中远期随访确认。

2) Coflex 系统: Coflex 棘突间动态内固定系统通过于棘突间撑开、增大椎间孔面积、限制腰椎后伸来发挥作用。有学者比较单纯间盘切除术和间盘切除术加 Coflex 固定的疗效, 选取从 2007 年 12 月至 2008 年 8 月, 50 例患者(男 31 例, 女 19 例), 平均年龄为 52.5 岁(30-72 岁)。其中有 24 例采取椎间盘切除术加 COFLEX 固定, 其余 26 例单纯切除间盘。得出结论: 治疗间盘突出症, 单纯间盘切除以及间盘切除加 Coflex 固定均有效, 但 Coflex 可以显著增加 HD 和 DIF 用于治疗腰椎间盘突出症时的效果, 并且其对于保留椎体间距离及治疗间盘突出症的神经根症状有有利影响。在预防腰椎退变这一点上, 间盘切除加 Coflex 固定优于单纯间盘切除^[18]。有结论称: Coflex 植入物应避免在骨质疏松症患者, 椎间隙狭窄患者以及冠状位有滑脱或矢状位有不稳定的患者身上应用。此外, 该内植物的选择, 植入的深度, 和内固定夹紧强度要适当^[19]。此系统优点在于可微创操作, 创伤小, 术中及术后相对并发症少^[20]。笔者以为此系统适用于椎间盘突出、椎管狭窄、腰椎失稳、小关节突综合征以及髓核摘除、减压后的内固定; 而不适用于 I 度以上的真性滑脱及棘突间结构存在变异的病例。

3) ISOBAR TTL 内固定系统: 有学者利用磁共振成像(MRI), 分析了后路腰椎 ISOBAR TTL 内固定系统的功效。其

回顾性比较曾接受腰椎坚强固定或 ISOBAR TTL 动态固定腰椎滑脱的 54 例患者的核磁共振。结果: 经测定 ISOBAR TTL 动态固定组 ADC 值在术后 6, 12, 24 个月 MRI 中相较术前均有所升高。结论: MRI 影像学检查结果表明, 腰椎后路 ISOBAR TTL 动态内固定系统可以阻止或延缓椎间盘退变^[21]。亦有学者通过临床随访发现单节段椎间融合联合邻近节段 ISOBAR 动态固定治疗腰椎退变性疾病, 具有手术时间短、术中出血量少、腰椎活动度好的优点^[22]。根据目前研究, ISOBAR TTL 内固定系统适用于单节段腰椎退变的治疗, 可有效阻止邻近节段退变。但应用于双节段以上的退变性疾病效果尚不肯定, 有待进一步观察。

4) PEEK 动态稳定内固定系统: 2005 年美国 FDA 允许 PEEK 材料被使用于单节段腰椎融合。该系统由 6.35 mm 直径 PEEK 棒和钛合金椎弓根钉组成。Ponnappan 等对 PEEK 棒进行了生物力学测试, 得出结果: 5.5 mm PEEK 棒与同直径钛棒在后外侧融合和后路椎体间融合术提供的稳定性相似^[23]。有学者将 PEEK 棒系统应用于腰椎后路融合治疗, 总结道: PEEK 棒系统早期疗效极其显著, 并且具有较高融合率, 极低的合并症发生率, 且未见毗邻节段的腰椎椎体退行性变的发生^[24]。由于 PEEK 动态稳定内固定系统具有较好的动态稳定性, 且能保留固定节段活动度, 作为一种生物学材料其弹性模量介于皮质骨和松质骨之间, 远优于钛棒, 又便于影像学检查, 故临床前景较为广阔^[25,26]。

至于不同类型的弹性固定系统孰优孰劣问题也一直是研究热门, 但是因为缺乏足够量的临床资料, 所以尚无法比较出临床效果最优的弹性固定系统。曾有学者对比 K-ROD 弹性棒、通用弹性棒以及 Dynesys 系统修复腰椎管狭窄和腰椎间盘突出症的效果, 三种系统虽然存在结构的不同、价格的差异, 但是早期治疗效果并无显著差异, 远期效果有待进一步观察^[27]。

3 小结与展望

综合上文所述, 可以看出尽管各种弹性固定系统的工作原理、组成部分、适用范围各不相同, 但均具有降低应力遮挡、减缓邻近节段退变、维持腰椎活动度等优点。然而, 关于动态固定系统的疗效亦有不同的声音。巴西学者研究认为尽管动态固定系统被设计用于避免刚性固定的缺点, 然而过去十年中临床应用动态系统并未表明其有更多的优点, 无论是在临床疗效上还是影像学结果上。与刚性固定相比, 应用动态固定的患者的邻近节段的退行性变发生率并没有显著差异^[28]。而弹性固定的适用范围在目前技术下窄于刚性固定, 并无应用于经皮椎弓根螺钉内固定系统的报道^[29]。

众多临床资料研究表明, 理想状态下的弹性固定系统应该负荷 Denis 的脊柱三柱稳定理论, 能提供固定节段足够的稳定性, 可以分担椎体间应力, 减少应力遮挡, 维持相应节段运动功能, 并预防退行性变的发生, 以及控制固定节段的水平剪切应力^[30,31]。但是, 现阶段的弹性固定亦存在远期疗效不肯定、针对多节段腰椎退变疗效不确切等问题。上文对近年来常见的腰椎弹性固定系统进行了总结, 但未来的弹性固定系统应将脊柱活动度控制在什么范围为宜, 应为椎间盘分担多少负荷为宜, 如何改进以应用于多节段退行性疾病的治疗等问题还有待于我

们进一步研究。随着生物力学研究的进展和临床技术的进步,相信弹性固定的前景会越来越好。

参考文献(References)

- [1] Tuncay K, Ali F. Dynamic stabilization for challenging lumbar degenerative diseases of the spine: A review of the literature [J]. *Advances in Orthopedics*, 2013, 75: 470-483
- [2] 殷渠东, 芮永军, 郑祖根. 腰椎椎弓根螺钉弹性固定研究进展 [J]. *国际骨科学杂志*, 2007, 28(1): 20-22
Yin Qu-dong, Rui Yong-jun, Zheng Zu-gen. The progress of the research on the elastic fixation of lumbar pedicle screw[J]. *Int J Orthop*, 2007, 28(1): 20-22
- [3] 赵俊强, 陈琼, 黄志坚, 等. 脊柱坚强内固定与动态内固定对邻近节段影响比较的生物力学研究[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2013, 28(5): 437-439
Zhao Jun-qiang, Chen Qiong, Huang Zhi-jian, et al. Comparison of biomechanics influence of strong fixation and elastic fixation on spine adjacent segment[J]. *Chin J Bone Joint Injury*, 2013, 28(5): 437-439
- [4] 韦江波, 宋跃明, 刘立岷, 等. 腰椎椎间融合坚强固定与弹性固定生物力学效果的三维有限元分析[J]. *生物医学工程学杂志*, 2015, 32(2): 317-320
Wei Jiang-bo, Song Yue-ming, Liu Li-min, et al. Three-dimensional finite element analysis of biomechanical effect of rigid fixation and elastic fixation on lumbar interbody fusion [J]. *Journal of biomedical engineering*, 2015, 32(2): 317-320
- [5] 韦江波, 宋跃明, 刘立岷, 等. 弹性固定在腰椎椎间融合的临床研究[J]. *华西医学*, 2015, 30(5): 859-864
Wei Jiang-bo, Song Yue-ming, Liu Li-min, et al. Clinical study of elastic fixation in lumbar interbody fusion [J]. *West China Medical Journal*, 2015, 30(5): 859-864
- [6] 江丽强, 岳亚玲, 李建伟, 等. 椎弓根钉棒弹性固定和坚强固定对腰椎管狭窄症疗效的对比观察[J]. *颈腰痛杂志*, 2014, 35(3): 233-234
Jiang Li-qiang, Yue Ya-ling, Li Jian-wei, et al. Flexible pedicle screw fixation and strong fixation comparative study of the efficacy of lumbar spinal stenosis [J]. *The Journal of Cervicodynia and Lumbodynia*, 2014, 35(3): 233-234
- [7] Senegas J. Mechanical supplementation by non-rigid fixation in degenerative intervertebral lumbar segments: the Wallis system [J]. *Eur Spine*, 2002, 11(2): 164-169
- [8] Greger L, Lars G, Ivar R, et al. Minimally invasive decompression versus X-STOP in lumbar spinal stenosis[J]. *Spine*, 2015, 40: 77-85
- [9] Lee J, Hida K, Seki T, et al. An interspinous process distractor (X-STOP) for lumbar spinal stenosis in elderly patients preliminary experiences in 10 consecutive cases[J]. *Spinal Disord Tech*, 2004, 17: 72-77
- [10] Kanayama M, Hashimoto T, Shigenobu K, et al. A minimum 10-years follow-up of posterior dynamic stabilization using Graf artificial ligament[J]. *Spine*, 2007, 32(18): 1992-1997
- [11] 郑应, 谭明生. 腰椎后路非融合固定系统的临床应用[J]. *中国骨伤*, 2007, 20(4): 283-285
Zheng Ying, Tan Ming-sheng. Clinical application of non-fusion posterior lumbar fixation system [J]. *China J Orthop Trauma*, 2007, 20(4): 283-285
- [12] Shih-Liang, Chen-Sheng, Hung-Ming Lin, et al. Effect of spacer diameter of the Dynesys dynamic stabilization system on the biomechanics of the lumbar spine [J]. *Spinal Disord Tech*, 2012, 25 (5): 140-149
- [13] 杨兵, 江庭彪. 动态中和系统与后路腰椎椎间融合治疗腰椎退行性变的比较研究[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2013, 27(2): 140-144
Yang Bing, Jiang Ting-biao. Comparative study of dynamic neutralization system and posterior lumbar interbody fusion in treating lumbar degenerative disease [J]. *Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery*, 2013, 27(2): 140-144
- [14] Caserta S, Lamaida G, Misaggi B, et al. Elastic stabilization alone or combined with rigid fusion in spinal surgery a biomechanical study and clinical experience based on 82 cases [J]. *Eur Spine*, 2002, 11: 192-197
- [15] Gamer MD, Wolfe SJ, Kuslich SD. Development and preclinical testing of a new tension band device for the spine: the Loop system[J]. *Eur Spine*, 2002, 11(2): 186-191
- [16] Korovessis P, Papazisis Z, Koureas G, et al. Rigid semirigid versus dynamic instrumentation for degenerative lumbar spinal stenosis a correlative radiological and clinical analysis of short term results[J]. *Spine*, 2004, 29: 735-742
- [17] 李大伟, 马远征, 胡明, 等. Bioflex 动态稳定系统在多节段腰椎退行性疾病中的应用[J]. *中国骨伤*, 2011, 24(4): 286-289
Li Da-wei, Ma Yuan-zheng, Hu Ming, et al. Application of Bioflex dynamic stabilization system in treating multi-segment lumbar degenerative disease[J]. *China J Orthop Trauma*, 2011, 24(4): 286-289
- [18] 刘进, 刘浩, 李光辉, 等. Coflex 动态固定术治疗腰椎退变性疾病的中期随访[J]. *中华外科杂志*, 2013, 51(2): 142-146
Liu Jin, Liu Hao, Li Guang-hui, et al. The mid-term follow-up of coflex non-fusion internal fixation in the treatment of degenerative lumbar disease[J]. *Chinese Journal of Surgery*, 2013, 51(2): 142-146
- [19] 徐丁, 徐华梓, 陈一衡, 等. 单纯髓核摘除术与髓核摘除辅助 Coflex 动态固定治疗腰椎间盘突出症的疗效对比研究[J]. *中华外科杂志*, 2013, 51(2): 147-151
Xu Ding, Xu Hua-zi, Chen Yi-heng, et al. Discectomy and discectomy plus coflex fixation for lumbar disc herniation, a clinical comparison study[J]. *Chinese Journal of Surgery*, 2013, 51(2): 147-151
- [20] 都芳涛. Coflex 棘突间动态内固定治疗退行性腰椎间盘疾病的临床分析[J]. *中国骨伤*, 2011, 24(4): 291-294
Du Fang-tao. Clinical analysis of interspinous dynamic internal fixation with the Coflex system in treating lumbar degenerative disease [J]. *China J Orthop Trauma*, 2011, 24(4): 291-294
- [21] Jun Gao, Wei-hua Zhao, Xi Zhang, et al. MRI analysis of the ISOBAR TTL internal fixation system for the dynamic fixation of intervertebral discs: a comparison with rigid internal fixation [J]. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2014, 9: 43-49
- [22] 严越茂, 李世平. 单节段椎间融合联合邻近节段 ISOBAR 动态固定治疗腰椎退变性疾病 [J]. *中国骨科临床与基础研究杂志*, 2014, 6 (2): 90-94
Yan Yue-mao, Li Shi-ping. Treatment of single-segment intervertebral fusion with ISOBAR dynamic fixation on adjacent segment for degenerative lumbar diseases[J]. *Chin Orthop J Clin Basic Res*, 2014, 6(2): 90-94

- ar and nuclear envelope-localizing testicular proteins [J]. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, 2013, 1833(12): 3436-3444
- [14] Sáez JE, Gómez AV, Barrios ÁP, et al. Decreased expression of CoREST1 and CoREST2 together with LSD1 and HDAC1/2 during neuronal differentiation[J]. *PloS one*, 2015, 10(6): e0131760
- [15] Marabelli C, Marrocco B, Mattevi A. The growing structural and functional complexity of the LSD1/KDM1A histone demethylase[J]. *Current Opinion in Structural Biology*, 2016, 41: 135-144
- [16] Sáez JE, Gómez AV, Barrios ÁP, et al. Decreased expression of CoREST1 and CoREST2 together with LSD1 and HDAC1/2 during neuronal differentiation[J]. *PloS one*, 2015, 10(6): e0131760
- [17] Ouyang J, Shi Y, Valin A, et al. Direct binding of CoREST1 to SUMO-2/3 contributes to gene-specific repression by the LSD1/CoREST1/HDAC complex[J]. *Molecular cell*, 2009, 34(2): 145-154
- [18] Rochette L, Zeller M, Cottin Y, et al. Growth and differentiation factor 11 (GDF11): Functions in the regulation of erythropoiesis and cardiac regeneration[J]. *Pharmacology & therapeutics*, 2015, 156: 26-33
- [19] Conboy JG. RNA splicing during terminal erythropoiesis [J]. *Current opinion in hematology*, 2017, 24(3): 215-221
- [20] Laurent B, Randrianarison-Huetz V, Frisan E, et al. A short Gfi-1B isoform controls erythroid differentiation by recruiting the LSD1-CoREST complex through the dimethylation of its SNAG domain[J]. *J Cell Sci*, 2012, 125(4): 993-1002
- [21] Nakayama Y, Soeda S, Ikeuchi M, et al. Cytokinesis Failure Leading to Chromosome Instability in v-Src-Induced Oncogenesis[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2017, 18(4): 811-824
- [22] Lamouille S, Xu J, Derynck R. Molecular mechanisms of epithelial-mesenchymal transition [J]. *Nature reviews Molecular cell biology*, 2014, 15(3): 178-196
- [23] Nieto MA. Epithelial plasticity: a common theme in embryonic and cancer cells[J]. *Science*, 2013, 342(6159): 1234850
- [24] Pearlman RL, de Oca MKM, Pal HC, et al. Potential therapeutic targets of epithelial-mesenchymal transition in melanoma [J]. *Cancer Letters*, 2017, 391: 125-140
- [25] Moustakas A, Heldin CH. Mechanisms of TGF β -induced epithelial-mesenchymal transition[J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2016, 5(7): 63-149
- [26] Ying Q, Wu G. Molecular mechanisms involved in podocyte EMT and concomitant diabetic kidney diseases: an update [J]. *Renal Failure*, 2017, 39(1): 474-483
- [27] Ferrari-Amorotti G, Fragliasso V, Esteki R, et al. Inhibiting interactions of lysine demethylase LSD1 with snail/slug blocks cancer cell invasion[J]. *Cancer research*, 2013, 73(1): 235-245
- [28] Liu X, Ji Q, Deng W, et al. JianPi JieDu Recipe Inhibits Epithelial-to-Mesenchymal Transition in Colorectal Cancer through TGF- β /Smad Mediated Snail/E-Cadherin Expression[J]. *BioMed Research International*, 2017, 2017: 1-11
- [29] Massagué J. TGF β signalling in context[J]. *Nature reviews Molecular cell biology*, 2012, 13(10): 616-630
- [30] Vincent T, Neve EPA, Johnson JR, et al. A SNAIL1-SMAD3/4 transcriptional repressor complex promotes TGF- β mediated epithelial-mesenchymal transition [J]. *Nature cell biology*, 2009, 11(8): 943-950
- (上接第 988 页)
- [23] Ponnappan R K, Serhan H, Zardar B, et al. Biomechanical evaluation and comparison of polyetheretherketone rod system to traditional titanium rod fixation[J]. *Spine*, 2009, 9: 263-267
- [24] Athanasakopoulos M, Mavrogenis AF, Triantafyllopoulos G, et al. Posterior spinal fusion using pedicle screws[J]. *Orthopedics*, 2013 36(7): 951-957
- [25] Andreas F Mavrogenis, Christos Vottis, George Triantafyllopoulos, et al. PEEK rod systems for the spine [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2014, 24(1): 111-116
- [26] 吴长福,赵卫东,孙培栋,等.基于椎弓根螺钉的新型聚醚醚酮树脂动态稳定内固定系统的生物力学评价[J]. *中华创伤杂志*, 2013, 15(9): 800-803
- Wu Chang-fu, Zhao Wei-dong, Sun Pei-dong, et al. Biomechanical evaluation of pedicle screw-based polyetheretherketone dynamic stabilization system[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2013, 15(9): 800-803
- [27] 刘涛,王振江,陈凡,等.腰椎椎弓根动态内固定修复腰椎退行性疾病: K-Rod 弹性棒, 通用弹性棒及 Dynesys 系统比较[J]. *中国组织工程研究*, 2014, 18(44): 7111-7116
- Liu Tao, Wang Zhen-jiang, Chen Fan, et al. Dynamic lumbar pedicle fixation in repair of lumbar degenerative disease: K-Rod elastic rod, universal elastic rod and Dynesys system [J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 2014, 18(44): 7111-7116
- [28] Botelho RV, Bastianello RJ, Albuquerque LD, et al. Dynamic compared to rigid fixation in lumbar spine: a systematic review [J]. *Rev Assoc Med Bras*, 2014, 60(2): 151-155
- [29] 韩智涛,陈远明.经皮椎弓根螺钉内固定技术研究进展[J]. *中医正骨*, 2014, 26(8): 64-67
- Han Zhi-tao, Chen Yuan-ming. The Progress of the Research on the percutaneous pedicle screws [J]. *The Journal of Traditional Chinese Orthopedics and Traumatology*, 2014, 26(8): 64-67
- [30] 林周胜,陈建庭,朱青安.脊柱后路经椎弓根螺钉动态固定系统的临床应用及生物力学研究进展 [J]. *医用生物力学*, 2013, 28(6): 684-689
- Lin Zhou-sheng, Chen Jian-ting, Zhu Qing-an. Advances in clinical application and biomechanical studies of the posterior dynamic transpedicular screw fixation system [J]. *Journal of Medical Biomechanics*, 2013, 28(6): 684-689
- [31] 李伟.腰椎后路非融合固定系统的临床应用进展[J]. *临床骨科杂志*, 2009, 12(5): 578-581
- Li Wei. Clinical application prospects of non-fusion posterior lumbar fixation system [J]. *Journal of Clinical Orthopaedics*, 2009, 12(5): 578-581