

窦椎神经介入技术在椎间盘源性腰痛中的应用 *

杨敬涵¹ 孙 焱¹ 尹蔓兴² 秦向征^{3△}

(延边大学医学院¹麻醉学系; ²临床医学; ³人体解剖学教研室, 延吉 133000)

摘 要 椎间盘源性腰痛 (discogenic low back pain, DLBP) 患病率较高, 且呈越来越年轻化趋势。大量研究表明脊神经的分支——窦椎神经 (sinuvertebral nerve, SVN) 与 DLBP 关系密切, 是可能导致 DLBP 的因素之一。本文回顾性分析 SVN 介导 DLBP 的机制、解剖学研究现状及如今的临床进展, 旨在揭示 SVN 与 DLBP 之间的关系, 为 DLBP 的临床治疗提供更多解剖学依据。

关键词 窦椎神经; 椎间盘源性腰痛; 解剖学; 治疗措施

腰痛已成为全球普遍存在的健康问题, 为公共卫生带来了突出的社会经济负担^[1]。在世界许多地区, 腰痛是导致残疾的最大原因, 也是日常生活中活动受限和工作缺勤的首要原因^[2]。其中最常见的类型便是椎间盘源性腰痛 (discogenic low back pain, DLBP), 总体患病率为 26%~42%^[3]。其机制可能与椎间盘退行性改变导致生物力学不稳定、炎症和神经生长有关^[4,5]。但由于 DLBP 的临床表现缺乏特异性, 且诊断方法不明确, 如何选择正确的手术入路仍存在争议, 导致现阶段的治疗技术往往达不到理想的治疗效果且术后并发症较多。近来, 临床上已将向椎间盘内生长的窦椎神经 (sinuvertebral nerve, SVN) 作为治疗目标。一系列针对 SVN 的介入技术已被用于治疗 DLBP, 病人在手术后取得了显著疗效^[6-9]。本文对 SVN 解剖结构及其介导 DLBP 的机制、诊断方法和当今的临床治疗进展进行回顾性分析, 旨在为临床治疗 DLBP 提供新的思路和解剖学基础。

一、DLBP

典型的 DLBP 是腰部中心、臀部或大腿的深沉钝痛。肥胖、吸食烟草制品、久坐、举重和振动暴露病人 DLBP 的发生率较高^[10,11]。

正常椎间盘是无神经和血管分布的。机械负荷过重、氧化应激、过度活动、代谢紊乱和年龄增长等都会引起椎间盘退行性改变^[12], 如低分子量糖蛋白增加、髓核含水量丢失、胶原纤维沉积、椎间盘变薄等一系列因素均会造成椎间盘结构松弛、髓核失去弹性和纤维环撕裂^[4]。当纤维环破裂后, 免疫系统会识别暴露的髓核, 引发的自身免疫反应会促进炎症物质的释放, 如肿瘤坏死因子- α 、白介素和

神经生长因子等^[4]。神经末梢和肉芽组织会在修复纤维环时长入, 甚至延伸到髓核内, 导致椎间盘神经化^[13]。有大量解剖学与组织学研究表明 SVN 广泛分布在后纤维环、后纵韧带和硬脊膜腹侧^[14-18], 其接收脊神经腹侧支和灰交通支, 因此既包含交感神经也包含躯体神经^[14,19]。纤维环破裂后, 在炎症因子的作用下 SVN 可生长并延伸到破裂的椎间盘内^[20], 在各种机械和化学刺激下, 疼痛信号主要通过 SVN 经灰交通支到达交感干进而上传到 L₂ 背根神经节, 最后进入神经中枢形成痛觉^[18], 导致 DLBP。目前国内外文献可明确认为 SVN 是 DLBP 的主要传导通路^[9,21-24]。临床上兴起了以 SVN 为目标, 通过一系列介入手段切断或捣毁 SVN 来阻断椎间盘源性痛觉信号传导的技术, 本文中统称为窦椎神经介入技术, 该技术在 DLBP 的诊断和治疗中均具有广阔的应用前景。

对于 DLBP 的诊断, 较为公认的诊断金标准是椎间盘造影^[25], 但这项操作本身可能会对椎间盘造成医源性损伤, 注射的造影剂碘海醇会增加椎间盘退变的风险^[26], 并且造影结果有一定的假阳性率^[27]。因此尚未取得广泛共识和大规模临床应用^[21,26-28]。那么探索出一种更加微创且安全的诊断方法至关重要。Schliessbach 等^[28]认为 SVN 阻滞术可能是一种较为理想的诊断 DLBP 的方法。赵庆豪^[9]应用 SVN 阻滞试验来筛选病人, 在 C 形臂 X 线引导下于上下节段的椎弓根外侧缘连线与椎间盘交叉的区域注射小剂量利多卡因, 若术后病人疼痛缓解且术后第 2 天疼痛逐渐出现则为阻滞阳性。刘则征^[21]纳入 32 例病人, 在 X 线引导下于椎间孔处注射 0.3 ml 利多卡因溶液, 精准地阻滞腰 SVN 的起始部分, 共有 24

* 基金项目: 吉林省科技厅项目 (YDZJ202201ZYTS208)

△ 通信作者 秦向征 qinxzh@ybu.edu.cn

例病人术后3天内腰痛明显缓解,证实了经椎间孔SVN阻滞对DLBP具有诊断价值,与椎间盘造影相比更加安全、有效,但仍不能完全替代椎间盘造影。

二、SVN

1. SVN 解剖学概述

腰部SVN是介导DLBP的神经^[22]。与脊髓相连的腹侧根和背侧根在椎间孔内汇合成一条很短的脊神经。每个脊神经出椎间孔后会分为较大的腹侧支和较小的背侧支。其中腹侧支返回椎间孔的分支被称为SVN。SVN从每条脊神经的腹侧支两侧发出,与腹侧支分离后,它向内侧行进2~3 mm,与灰交通支的分支连接^[14]。此分支为SVN提供交感神经,同时腹侧支提供躯体神经(见图1A)。因此SVN是一种混合神经^[14],可传导本体感觉和伤害性感觉。SVN通过椎间孔重新进入椎管,位于神经根前,与脊髓节段血管相关^[14],其分支可追踪至后纵韧带^[15]、纤维环的外层^[16]和腹侧硬脊膜^[17]。在椎管内,每条SVN形成一个升支,从腹侧通过,它向后纵韧带发出分支,平行于后纵韧带,并终止于下一个更高的椎间盘^[29],见图1B。

但目前关于腰部SVN的解剖学结构尚未达成共识,还存在分歧。Zhao等^[16]在所有椎间孔中均观察到了SVN,并将其分为副支和主干。约有12.1个分支平均分布在每个椎间孔中。副支起源于脊神经节的腹侧面或灰交通支起始处,主干与副支起源相似。主干伴随着脊柱动脉中央后支进入椎管;副支不进入椎管内,分布在椎间盘的后外侧缘和部分椎体。与Zhao等^[16]的结论相反,Quinones等^[29]将SVN副支归类为外侧腰椎区域的小分支或解剖错误的结果,但发现了与Zhao等^[16]一致的与脊柱动脉密切相关的SVN主干。Chen等^[15]发现了与Zhao

相同的结果,通过解剖L₁~L₂至L₅S₁节段发现每个椎间孔至少包含1个SVN主干。主干拥有广泛的神经支配,除了最内侧的椎间盘外,它几乎支配了椎管的所有其他区域。副支主要支配椎间盘的后外侧和椎弓根下椎体。在L₁~L₂至L₅S₁的节段,观察到39个同侧吻合,连接升支至上层主干或脊神经,在L₅观察到1个对侧吻合。Quinones等^[29]在一些椎间孔中没有发现SVN副支,可能是因为SVN太细并且与周围组织联系复杂。明确SVN主干和副支的分布可能对镜下彻底毁损神经阻断痛觉信号传导、改善远期疗效具有重大意义。

关于SVN的起源,既往的研究表明了三种情况:脊神经和交感神经双重起源^[16]、单一交感神经起源^[30]、单一脊神经起源^[31]。Quinones等^[29]共评价43个腰椎节段,发现几乎所有节段均找出了脊神经和交感神经双重起源的SVN,但并未发现单一交感神经或脊神经起源的SVN。Bremer等^[22]发现L₂节段的SVN有90%为脊神经和交感神经双重起源,而在L₅节段只有40% SVN为双重起源,其余为单一交感神经来源。虽然双重起源假说得到了支持,但其仅证实了一部分的腰椎节段^[22,29]。Chen等^[15]研究了L₁~L₂至L₅S₁节段,发现SVN的副支主要起源于脊神经,部分起源于交感神经,没有发现双重起源。SVN主干主要为双重起源和单一交感神经起源,只有一小部分是单一脊神经起源,并且从L₁~L₂至L₅S₁节段,双重起源的神经比例逐渐下降,单一交感神经起源的比例增加。因此治疗DLBP不仅要阻断交感神经的痛觉传导信号,还要阻断脊神经的痛觉传导。赵庆豪^[9]基于良好的解剖学基础,认为在椎间孔镜可视条件下将SVN起始段毁损,阻断椎间盘内疼痛信号的传导,远期疗效较好。

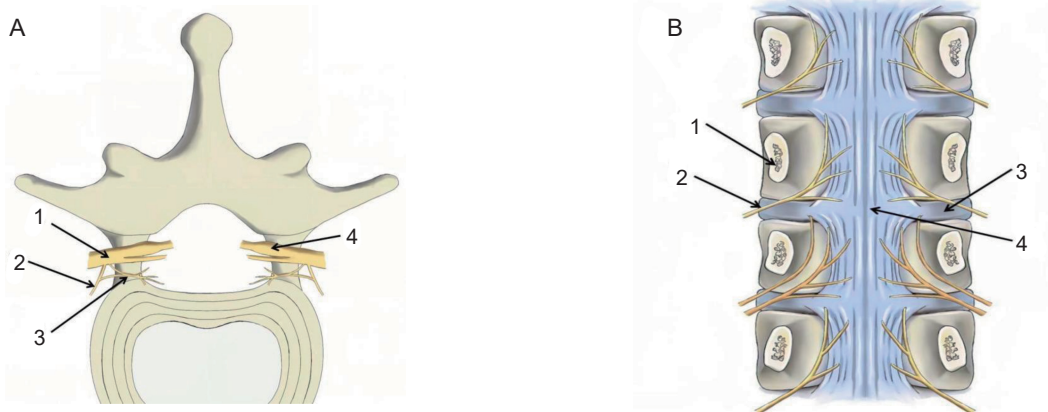
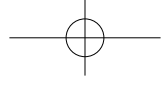


图1 腰椎神经的解剖学起源与分布

(A) 椎管和椎间孔的横切面,显示神经之间的关系 1. 脊神经腹侧支; 2. 灰交通支; 3. 腰椎神经; 4. 脊神经节
(B) 腰椎神经在椎间孔内的走行与分布(后面观) 1. 椎弓根; 2. 腰椎神经; 3. 椎间盘; 4. 后纵韧带



另外,对于相邻节段的椎管内 SVN 的分支、走行及分布的研究结果仍未取得广泛共识^[15,16,22,29]。Zhao 等^[16]发现 SVN 升支和降支不跨节段进入相邻节段的椎间盘,其分布仅限于椎体的上、下平面。Quinones 等^[29]认为 SVN 发于椎下切迹以下,在椎管内表现为升支、总支分叉成两支、双升支、降支。这些分支在相邻结构之间伸展后,止于后纵韧带的深处。其分支倾向于产生同侧或对侧吻合。两个分支结合后,神经在椎下切迹附近以循环的方式进入椎管内。因此在两个相邻节段的椎下切迹水平阻断 SVN 可能疗效较好^[29]。Bremer 等^[22]发现 SVN 分为升支和降支主要发生在 L₂ 和 L₅ 的椎管内;腰椎后部椎间盘由 SVN 的降支和下一节段 SVN 的升支配。在 Chen 等^[15]的研究中,SVN 的主干主要穿过椎弓根下椎体,在椎间孔中分为升支、横支和降支,其分支形成扇形神经丛,支配后纵韧带、椎间盘、椎体和血管。虽然文献仍不一致,但多数研究均认为 SVN 可跨节段分布,因此射频消融 SVN 时需要考虑多节段分布问题,以保证彻底毁损 SVN 提高临床疗效。

2. SVN 引起 DLBP 的组织学研究

通过解剖学研究可以直观地发现 SVN 广泛分布于后纵韧带、后纤维环和腹侧硬脊膜^[15-17,29]。组织学研究也进一步证实了 SVN 介导 DLBP 的病理变化机制。使用酪氨酸血管活性肠肽和 P 物质的免疫活性染色的研究结果表明,后纵韧带中存在节后交感神经纤维^[19]。Kontinen 等^[32]使用降钙素基因相关肽和 P 物质的研究表明,SVN 沿后纵韧带的浅层和深层分布都存在痛觉纤维。在健康个体中,椎间盘在后纤维环处仅通过 SVN 小范围地支配。在退行性椎间盘疾病的情况下,增加的负荷会产生炎症反应,释放生长因子,导致椎间盘感觉神经末梢深入髓核。特异性的乙酰胆碱酯酶和免疫反应染色,发现神经纤维延伸得更深^[13]。此时,轻微的机械或化学刺激便会使高敏状态的 SVN 末端的伤害性感受器兴奋而引起 DLBP。

三、临床进展

DLBP 可能的病理机制包括:神经生长、炎症和椎间盘的过度机械活动。针对这些机制的调控是治疗的关键。多项研究表明 SVN 可能在慢性 DLBP 中发挥重要作用^[6-9,18,21,33,34]。将以向椎间盘内生长的 SVN 为目标,通过切断或毁损 SVN 来阻断疼痛信号传导的技术手段称为 SVN 介入技术,该项技术包括经椎间孔 SVN 阻滞术^[21]、椎间盘内脉冲射频^[6,35]、低温等离子射频消融联合盘内注射技术^[8]、

射频消融手术^[7]、内镜下 SVN 毁损术^[9]、经椎间孔镜激光消融术^[34]和热环手术^[1,36]等。这些技术均以 SVN 为靶点,通过低温、射频或激光来切断和消融 SVN,破坏痛觉传导通路,术后病人可获得良好的疼痛缓解。本文重点阐述 SVN 介入技术在 DLBP 中的临床治疗进展,根据上述标准,我们通过检索文献把叙述性综述和系统性综述排除在外,共纳入了 8 项 SVN 介入治疗 DLBP 的临床病例研究(见表 1)。临床上常采用视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分和 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 评分等评估治疗效果。

Yang 等^[35]回顾性分析脉冲射频 (pulsed radio frequency, PRF) 疗法,在 9 项研究中,除 1 项研究外,椎间盘内脉冲射频在所有研究中均有效缓解了疼痛。椎间盘由 SVN 支配,大部分 SVN 位于纤维环的外围。然而,在 DLBP 中,SVN 会穿透纤维环进入椎间盘内^[20]。椎间盘内脉冲射频会向 SVN 提供电场和热量,对伤害性感觉纤维造成微观损伤^[38],同时控制电极尖端温度不超过 42℃,来避免损伤周围正常结构和非疼痛相关感觉纤维,对病人预后和维持椎体正常功能有益处^[6]。

低温等离子射频消融术可减轻椎间盘内部压力,同时最大限度损毁延伸到椎间盘髓核内引起疼痛敏化的 SVN,消融术后向椎间盘髓核内部注入适量复方倍他米松与利多卡因混悬液,来抑制局部真空所致的炎症因子聚集。周密等^[8]对 53 例 DLBP 病人应用低温等离子射频消融联合盘内注射技术,术后缓解疼痛的效果要比单纯使用低温等离子射频消融术效果好。

Kim 等^[7]对 23 例病人行射频消融术,将内镜停靠在同侧关节突关节与椎间盘水平线的交界处,在可视化条件下使用双极射频电凝器消融椎弓根上区周围超敏的椎基底神经以及后纤维环和后纵韧带之间的 SVN,发现这些神经被椎间盘和椎弓根附近伴有粘连的新生血管所覆盖,射频消融这些新生血管可以同时消融 SVN,能有效治疗 DLBP。Kim 等^[34]利用椎间孔镜确定椎间盘后纤维环和后纵韧带之间的空间后,将激光对准后纤维环消融 SVN。赵庆豪^[9]在 X 线机引导下,使穿刺针头位于双侧上下椎弓根外侧缘连线与椎间盘上缘交叉的区域,置入导丝并取出穿刺针,于椎间孔外口处建立工作通道,置入椎间孔镜,可视下识别上关节突及纤维环,在脊神经根腹侧找到 SVN,刺激并复制病人疼痛后毁损 SVN 主干和副支,由于彻底毁损 SVN 起始段,对于单节段椎间盘退变的病人该技术远期疗效更佳。

表 1 窦椎神经介入技术治疗椎间盘源性腰痛

作者及年份	病人数量	随访时间	治疗方法	评估方法	结果	结论
刘则征 ^[21] (2023)	32 例椎间盘源性腰痛病人	3 个月	经椎间孔窦椎神经阻滞术	VAS 评分、ODI 评分	27 例病人在术后 3 天内获得了满意的疗效，其中有 24 例病人的疗效持续了较长时间，术后 VAS 和 ODI 评分均有改善	窦椎神经阻滞术能在短期内有效缓解腰痛，且可通过多次阻滞缓解症状
Kim DH 等 ^[6] (2022)	1 例顽固性椎间盘源性腰痛病人	1 个月	椎间盘内脉冲射频	ODI 评分	术后病人的疼痛立即消退。在 1 个月的随访中，腰痛完全缓解	椎间盘内脉冲射频是治疗椎间盘源性腰痛一种有效且安全的技术
周密等 ^[8] (2022)	53 例椎间盘源性腰痛病人	12 个月	低温等离子射频消融联合盘内注射技术	VAS 评分、ODI 评分	术后 1 个月及术后 12 个月病人各项评分均降低	低温等离子射频消融联合盘内注射技术对椎间盘源性腰痛治疗有效
Kim JY 等 ^[7] (2021)	23 例慢性椎间盘源性腰痛病人	12 个月	射频消融术	VAS 评分、ODI 评分、MacNab 标准	在 1 周、3 个月和最终随访时术后疼痛和残疾评分均显著改善。MacNab 标准显示，12 例结果优良，11 例良好	射频消融硬膜外粘连新生血管区域可有效治疗慢性椎间盘源性腰痛
Kim HS 等 ^[33] (2020)	30 例椎间盘源性腰痛病人	6 个月	全内镜射频消融术	VAS 评分、改良的 Oswestry 残疾指数、MacNab 标准	在 1 周、6 个月和最终随访时残疾评分较术前改善。MacNab 标准显示，17 例结果优良，11 例良好，2 例一般	窦椎神经和椎基底神经射频消融可有效改善病人的疼痛
赵庆豪 ^[9] (2020)	40 例单节段椎间盘源性腰痛病人	6 个月	内镜下腰窦椎神经毁损术	VAS 评分、ODI 评分、改良的 Oswestry 残疾指数、MacNab 标准	术后疼痛评分均显著下降。37 例 (92.5%) 术后 12 个月腰痛 VAS 评分 ≤ 2；31 例 (77.5%) 术后 12 个月 ODI 评分 ≤ 14 分	内镜下窦椎神经毁损术对治疗椎间盘源性腰痛有效
Kim HS 等 ^[34] (2017)	52 例椎间盘源性腰痛病人	10 个月	经椎间孔镜激光消融术	VAS 评分、MacNab 标准、ODI 评分	96.1% 病人缓解疼痛有效。消融后，疼痛立即减轻，术后疼痛评分显著下降	经椎间孔镜激光消融窦椎神经治疗椎间盘源性腰痛效果较好
He L 等 ^[37] (2015)	17 例椎间盘源性腰痛病人	6 个月	射频热凝纤维环成形术	VAS 评分、MacNab 标准	12 例、11 例、10 例和 10 例病人报告术后 1 周以及术后 1、3 和 6 个月疼痛明显缓解，疼痛评分显著改善	射频热凝纤维环成形术是治疗椎间盘源性腰痛的一种有效、安全的手术

热环手术包括椎间盘内电热疗法、射频热凝纤维环成形术、双极射频椎间盘髓核成形术。热环手术可产生热损伤，使作用范围内的 SVN 末梢受损，同时使长入的肉芽组织变性、收缩，修复松弛的纤维环^[1]。Helm 等^[36]对 49 例热环手术的系统综述表明双极射频椎间盘髓核成形术可作为治疗慢性顽固性 DLBP 的一线治疗方法。一项纳入 27 例研究的结果显示，在严格选择的病人中，椎间盘内电热疗法可能会消除长时间的手术干预需求，报道很少有不良反应，并且可以完全避免外科手术的需要^[39]。但使用椎间盘内电热疗法、连续射频和射频热凝纤维环成形术时，可能会出现脊髓或脊神经的热损伤，加速椎间盘退化^[36]。另有研究发现，当进行射频消融时，始终保持硬膜外周围温度在 37℃ 以下，可以防止热损伤^[40]。

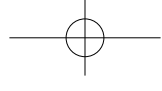
上述治疗手段均可被列为 SVN 介入技术，其治疗 DLBP 有良好的临床疗效，显示出巨大潜力，但各有优缺点，对可视化条件下精确定位 SVN、避免损伤周围结构、减少术后并发症及改善椎体功能

方面仍需更多高质量的解剖学及临床研究。

四、讨论与展望

DLBP 是一种在影像学上无明显特异性病理改变的腰痛，无论有无髓核突出均不压迫脊神经根，不同于髓核突出所致的神经根性疼痛^[1]。髓核突出压迫神经根时在影像学上可被明显发现。DLBP 可能是随着年龄增长人类脊椎退变过程中所呈现出的最早期临床病理表现。因此早期发现、早期诊断和早期治疗 DLBP 就显得至关重要，可以减轻社会经济负担和医疗资源的紧张。

DLBP 起始于纤维环的破裂，之后局部会出现大量的炎症细胞，分泌的炎症因子可导致神经纤维和肉芽组织沿破裂区域的生长。SVN 是一系列穿过椎间孔的细丝，由脊神经腹侧支的回返分支和灰交通支共同组成，其可分为升支、横支和降支，支配椎间盘后缘、后纵韧带及腹侧硬脊膜^[15]，并与节段血管关系密切^[7,14]。因此，根据 SVN 的解剖分布及 DLBP 的发病机制可以明确 SVN 及其分支是 DLBP 的主要传导通路^[9,14-18,20-24]。



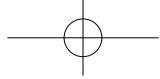
目前有很多方法治疗 DLBP。最初是保守治疗,如持续活动、物理疗法、心理疗法、针灸疗法、镇痛药和肌肉松弛药^[41,42]。如果保守治疗失败,通常会考虑手术或微创介入治疗。通过切断或毁损 SVN 而阻断疼痛信号传导的 SVN 介入技术兴起,该技术展现出了良好的临床应用前景。SVN 阻滞、椎间盘内脉冲射频、热环手术、射频消融术、经椎间孔镜激光消融术等 SVN 介入技术治疗 DLBP 均能获得良好的疼痛缓解效果。与脊柱融合手术和椎间盘置换术等传统手术相比,该技术创伤更小,术后恢复时间较短,病人满意度更高^[9,21],但同时该技术也存在一些并发症。射频消融后 SVN 易再生或未彻底消融 SVN 的复杂分支可能导致疼痛复发。热环手术及射频消融术所产生的热量可能会损伤周围正常组织^[36]。另外,经椎间孔镜或内镜消融 SVN 等可视化技术因操作区域有血管和硬膜等重要结构,为防止术后严重并发症需要十分清晰的镜下视野。对于上述 SVN 介入技术的局限性就更加迫切需要明确 SVN 的走行、分布及与周围组织的解剖学关系。

最重要地是这些技术的应用缺少大规模临床试验及对照试验,且随访时间不足够长,远期疗效和相关并发症不明。未来需要更加深入的解剖学、影像学及临床研究来完善 SVN 介入技术对 DLBP 的早期诊断及治疗,改善病人生活质量,减轻社会经济负担。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] 胡梦莹,丁得方,李荣春. 窦椎神经靶向治疗椎间盘源性腰痛的研究进展[J]. 中国疼痛医学杂志, 2022, 28(9):692-696.
- [2] Hoy D, March L, Brooks P, *et al.* The global burden of low back pain: estimates from the global burden of disease 2010 study[J]. *Ann Rheum Dis*, 2014, 73:968-974.
- [3] Verrills P, Nowesenitz G, Barnard A. Prevalence and characteristics of discogenic pain in tertiary practice: 223 consecutive cases utilizing lumbar discography[J]. *Pain Med*, 2015, 16(8):1490-1499.
- [4] Zhao L, Manchikanti L, Kaye AD, *et al.* Treatment of discogenic low back pain: current treatment strategies and future options-a literature review[J]. *Current Pain and Headache Reports*, 2019, 23:86.
- [5] Yang G, Liao W, Shen M, *et al.* Insight into neural mechanisms underlying discogenic back pain[J]. *Int Med Res*, 2018, 46(11):4427-4436.
- [6] Kim DH, Jeong KW, Jo W, *et al.* Therapeutic effect of intradiscal pulsed radiofrequency on internal disc disruption: a case report[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101(6):E28831.
- [7] Kim JY, Kim HS, Wu PH, *et al.* Alleviating paravertebral muscle spasm after radiofrequency ablation treatment of hypersensitive basivertebral and sinuvertebral nerves for chronic discogenic back pain[J]. *Pain Physician*, 2021, 24(6):E883-E892.
- [8] 周密,刘芳琳,高嵩,等. 低温等离子射频消融联合盘内注射治疗椎间盘源性腰痛的效果[J]. 局解手术学杂志, 2022, 31(9):830-833.
- [9] 赵庆豪. 内镜下窦椎神经毁损术治疗盘源性腰痛的临床解剖学研究与应用[D]. 广州:南方医科大学, 2020.
- [10] He L, Hu X, Tang Y, *et al.* Efficacy of coblation annuloplasty in discogenic low back pain: a prospective observational study[J]. *Medicine*, 2015, 94:E846.
- [11] Suseki K, Takahashi Y, Takahashi K, *et al.* Sensory nerve fibres from lumbar intervertebral discs pass through rami communicantes. A possible pathway for discogenic low back pain[J]. *Bone Joint Surg Br*, 1998, 80(4):737-742.
- [12] Fujii K, Yamazaki M, Kang JD, *et al.* Discogenic back pain: literature review of definition, diagnosis, and treatment[J]. *J BMR Plus*, 2019, 3(5):E10180.
- [13] Freemont AJ, Peacock TE, Goupille P, *et al.* Nerve growth into diseased inter vertebral disc in chronic low back pain[J]. *Lancet*, 1997, 350:178-181.
- [14] Shayota B, Wong TL, Fru D, *et al.* A comprehensive review of the sinuvertebral nerve with clinical applications[J]. *Anat Cell Biol*, 2019, 52(2):128-133.
- [15] Chen J, Liu Z, Xu Y, *et al.* Anatomic zone division and clinical significance of the lumbar sinuvertebral nerves[J]. *Spine J*, 2023, 23(8):1223-1233.
- [16] Zhao Q, Cheng L, Yan H, *et al.* The anatomical study and clinical significance of the sinuvertebral nerves at the lumbar levels[J]. *Spine*, 2020, 45(2):E61-E66.
- [17] Edgar MA, Nundy S. Innervation of the spinal dura mater[J]. *Neurol Neurosurg Psychiatr*, 1966, 29:530-534.
- [18] Lee S, Kang HS. Percutaneous endoscopic laser annuloplasty for discogenic low back pain[J]. *World Neurosurg*, 2010, 73(3):198-206.
- [19] Imai S, Hukuda S, Maeda T. Dually innervating nociceptive networks in the rat lumbar posterior longitudinal ligaments[J]. *Spine*, 1995, 20:2086-2092.
- [20] Sun D, Li Q, Tang Y, *et al.* Comparison of coblation annuloplasty and radiofrequency thermocoagulation for treatment of lumbar discogenic pain[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96:E8538.
- [21] 刘则征. 经椎间孔窦椎神经阻滞术诊断椎间盘源性腰痛的解剖学基础与临床应用[D]. 广州:南方医科大学, 2023.



- [22] Breemer MC, Malessy MJA, Notenboom RGE. Origin, branching pattern, foraminal and intraspinal distribution of the human lumbar sinuvertebral nerves[J]. *Spine J*, 2022, 22(3):472-482.
- [23] Shayota B, Wong TL, Fru D, *et al.* A comprehensive review of the sinuvertebral nerve with clinical applications[J]. *Anat Cell Biol*, 2019, 2:128-133.
- [24] Fischgrund JS, Rhyne A, Franke J, *et al.* Intraosseous basivertebral nerve ablation for the treatment of chronic low back pain: 2-year results from a prospective randomized double-blind sham-controlled multicenter study[J]. *Int J Spine Surg*, 2019, 13(2):110-119.
- [25] Manchikanti L, Soin A, Benyamin RM, *et al.* An update of the systematic appraisal of the accuracy and utility of discography in chronic spinal pain[I]. *Pain Physician*, 2018, 21(2):91-110.
- [26] 王伟恒, 孙子杰, 黄晓东, 等. 椎间盘造影中碘海醇剂量对大鼠椎间盘退行性变的影响 [J]. *脊柱外科杂志*, 2020, 18(5):325-330.
- [27] Holt EJ. The question of lumbar discography[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1968, 50(4):720-726.
- [28] Schliessbach J, Siegenthaler A, Heini P, *et al.* Blockade of the sinuvertebral nerve for the diagnosis of lumbar diskogenic pain: an exploratory study[J]. *Anesth Analg*, 2010, 111(1):204-206.
- [29] Quinones S, Kenschake M, Aguilar LL, *et al.* Clinical anatomy of the lumbar sinuvertebral nerve with regard to discogenic low back pain and review of literature[J]. *Eur Spine J*, 2021, 30(10):2999-3008.
- [30] Raoul S, Faure A, Robert R, *et al.* Role of the sinuvertebral nerve in low back pain and anatomical basis of therapeutic implications[J]. *Surg Radiol Anat*, 2003, 24(6):366-371.
- [31] Higuchi K, Sato T. Anatomical study of lumbar spine innervation[J]. *Folia Morphol (Warsz)*, 2002, 61(2):71-79.
- [32] Kontinen YT, Grönblad M, Antti-Poika I, *et al.* Neuro-immunohistochemical analysis of peridiscal nociceptive neural elements[J]. *Spine*, 1990, 15:383-386.
- [33] Kim HS, Wu PH, Jang IT. Lumbar degenerative disease part 1: anatomy and pathophysiology of intervertebral discogenic pain and radiofrequency ablation of basivertebral and sinuvertebral nerve treatment for chronic discogenic back pain: a prospective case series and review of literature[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(4):1483.
- [34] Kim HS, Paudel B, Chung SK, *et al.* Transforaminal epiduroscopic laser ablation of sinuvertebral nerve in patients with chronic diskogenic back pain: technical note and preliminary result[J]. *Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2017, 78(6):529-534.
- [35] Yang S, Boudier-Revéret M, Chang MC. Use of pulsed radiofrequency for the treatment of discogenic back pain: a narrative review[J]. *Pain Pract*, 2021, 21(5):594-601.
- [36] Helm Ii S, Simopoulos TT, Stojanovic M, *et al.* Effectiveness of thermal annular procedures in treating discogenic low back pain[J]. *Pain Physician*, 2017, 20(6):447-470.
- [37] He L, Hu X, Tang Y, *et al.* Efficacy of coblation annuloplasty in discogenic low back pain: a prospective observational study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2015, 94(19):E846.
- [38] Erdine S, Bilir A, Cosman ER, *et al.* Ultrastructural changes in axons following exposure to pulsed radiofrequency fields[J]. *Pain Pract*, 2009, 9(6):407-417.
- [39] Gelalis I, Gkias I, Spiliotis A, *et al.* Current concepts in intradiscal percutaneous minimally invasive procedures for chronic low back pain[J]. *Asian J Neurosurg*, 2019, 14(3):657-669.
- [40] Lin GX, Sharma S, Liu Y, *et al.* Changes in temperature following radiofrequency thermal ablation of the nucleus pulposus and annulus fibrosus: a cadaveric study[J]. *Pain Physician*, 2022, 25(7):E1073-E1079.
- [41] Cruz MA, Hom WW, DiStefano TJ, *et al.* Cell-seeded adhesive biomaterial for repair of annulus fibrosus defects in intervertebral discs[J]. *Tissue Eng Part A*, 2018, 24(3-4):187-198.
- [42] Sloan SR Jr, Lintz M, Hussain I, *et al.* Biologic annulus fibrosus repair: a review of preclinical in vivo investigations[J]. *Tissue Eng Part B Rev*, 2018, 24(3):179-190.