



腰交感神经阻滞穿刺技术研究进展

仇志杰 周华成[△]

(哈尔滨医科大学附属第四医院疼痛科, 哈尔滨 150001)

摘要 腰交感神经阻滞术临床应用始于20世纪20年代, 主要用于治疗慢性疼痛及血管痉挛性疾病。临床上常于L₂椎体、L_{2/3}椎间盘水平进行穿刺。经典盲穿法穿刺成功率低、并发症发生率高, 逐渐被取代。X线斜位同轴引导穿刺成功率高; CT引导穿刺时血管神经显影清晰, 安全性更高; MRI引导穿刺因成像时间长发展受限; 超声引导安全、成熟值得推荐, 尤其适用于偏瘦人群; 机器人引导辅助穿刺高效、精准, 或将成为新兴引导方式。临床上常选用椎体旁入路, 但易损伤腰动脉及腰大肌内结构; 经腰椎间盘入路可避免上述损伤, 但存在椎间盘损伤和神经根损伤等潜在风险。本文综述了腰交感干的解剖定位、阻滞节段选择及穿刺入路, 主要综述影像学引导下的腰交感神经阻滞穿刺技术, 为临床治疗提供参考。

关键词 腰交感神经阻滞; 腰交感干; 超声引导; 穿刺入路; 定位及穿刺方法

腰交感神经阻滞术最早报道于20世纪20年代, 主要用于治疗慢性疼痛及血管痉挛性疾病^[1-4]。该技术最初在盲探下进行, 但成功率低、并发症发生率高, 逐渐被取代。目前常使用X线或CT引导, 但频繁透视辐射剂量高。超声引导因其穿刺方法丰富、无辐射、成功率有保证成为研究热点。本文主要综述影像学引导的腰交感神经阻滞穿刺技术, 重点综述X线、CT及超声引导, 为临床治疗提供参考。

一、腰交感干解剖定位及阻滞节段选择

腰交感干属腹膜外组织, 位于脊柱和两侧腰大肌之间, 表面有深筋膜覆盖。腰交感干前邻腹主动脉、下腔静脉等大血管, 后方为脊柱和腰大肌, 外侧有生殖股神经和股外侧皮神经。Gandhi等^[5]通过尸体解剖研究发现, 交感神经节在L₂椎体水平出现率最高, 其次在L_{2/3}椎间盘水平。Hong等^[6]发现相较于L₃、L₄椎体水平, 于L₂椎体水平行腰交感神经阻滞术更少出现腰大肌内给药等并发症。Feigl等^[7]通过对118具尸体进行尸检进一步发现, 腰交感干与生殖股神经之间的距离在L_{2/3}椎间盘平面为(8.8±5.2) mm, 显著大于其他节段(L_{3/4}为8.5±6.7 mm, L_{4/5}为6.1±3.6 mm)。因此临床上常在L₂椎体、L_{2/3}椎间盘水平行腰交感神经阻滞术。在其他节段行腰交感神经阻滞术时, An等^[8]对比L₃、L₄椎体水平行腰交感神经阻滞, 认为左侧L₄椎体下1/3和右侧L₃椎体下缘为较佳的靶点位置。

二、腰交感神经穿刺技术

腰交感神经阻滞穿刺方法有盲穿法和X线、

CT、MRI、超声等影像学技术引导下的穿刺。X线和CT引导的穿刺较多见, 偶见MRI引导穿刺的报道, 超声引导的穿刺方法目前逐渐丰富。随着人工智能技术进步, 机器人辅助腰交感神经穿刺或将成为可能。

1. 经典盲穿法

经典盲穿法起源于20世纪20年代。病人取患侧向上侧卧位, 腰向后弓, 以L₂棘突上缘旁开4 cm处(横突尖部)为进针点。皮肤消毒后, 穿刺点局部麻醉, 穿刺针经皮垂直刺入, 针尖触及横突后, 退针至皮下, 针尖向头侧倾斜30°, 同时内偏30°刺向椎体, 逐渐调整角度直至针尖滑过椎体前缘, 回吸无血和脑脊液则可缓慢注药^[9]。盲穿法优势在于无须影像设备; 弊端在于无法直观观察到针尖位置, 安全性低, 逐渐被其他方法取代^[10,11]。

2. X线引导腰交感神经阻滞术

X线引导腰交感神经穿刺分为平片测量法和X线透视法。

(1) X线平片测量法: 根据病人腰椎侧位X线平片(见图1), 于侧位片上测量体表至L₂椎体下1/3前缘的距离(线段AB), A'B'为过椎弓根中点与AB平行且相等的直线。进针点位于L₂棘突旁开中线5 cm处(点C), 于正位片上测量椎弓根中点至中线的距离(线段AA')。在截面上, 可构成一个两直角边(A'C与A'B')已知的直角三角形, 根据几何关系可计算出进针深度(CB')和角度(∠CB'A'), 黄乔东等^[12]报道为(9.7±0.4) cm和

[△] 通信作者 周华成 zhouhuacheng@163.com

(17.3 ± 1.7)°。病人取俯卧位，下腹部垫一薄枕，使腰曲变直，常规消毒铺巾后，在 L₂ 棘突上缘旁开中线 5 cm 处 (C 点) 以上述角度进针，抵到横突后，滑过其上缘，到达预定的深度，然后在 X 线透视下观察针尖的位置 [12]。

(2) X 线透视法：分为正侧位引导和斜位同轴引导方法。①正侧位引导：体位同 X 线平片测量法，以横突尖部 (棘突上缘旁开 4 cm 左右) 为进针点，垂直刺入皮肤直至触及横突，退针至皮下，调整角度内偏 20°，滑过横突下缘，在 X 线正侧位透视引导下滑过椎体外侧缘到达 L₂ 椎体下 1/3 外侧前缘 [12-14]。

②斜位同轴引导：体位同平片测量法，在正位视野下，挪动 C 形臂使 L₂ 椎体位于视野中央；C 形臂投照器向患侧旋转 20°~25°，使 L₂ 横突尖部与椎体前缘重合，以 L₂ 横突尖部为进针点，进针方向与 C 形臂照射方向平行；触及椎体后，正位透视可见针尖位于关节突关节线上，侧位视野可见针尖位于椎体前 2/3，侧位透视下调整针尖角度直至滑过椎体前缘；通过正位、侧位、斜位透视及造影剂确认针尖到达预设靶点 [15,16]。

X 线平片测量法优点在于根据病人腰部 X 片来设计进针点、进针角度和深度，理论上可减少个体差异造成的穿刺并发症；弊端在于测量误差大，X 线照射方向及体位变化进一步加大误差，导致穿刺成功率低 (35%)、神经刺激症状发生率高 (60%) [12]。X 线透视正侧位引导优点在于立体定向能较好保证穿刺的准确性，避免穿刺失误，神经刺激症状发生率低 (20%)、穿刺成功率高 (100%) [12]，但 Dev 等 [17] 以穿刺到位后注射 1.5 ml 局部麻醉药，下肢温度上

升 2℃ 为标准，穿刺成功率仅为 49.5%。斜位同轴引导结合了两者的优点，根据病人横突尖部与椎体下 1/3 的空间关系设计进针路径，在 X 线实时引导下进针，配合使用尖端弯折的可控弯针，可调整针尖走行，提高穿刺成功率 [18]。X 线引导的腰交感神经阻滞术应用广泛，技术成熟，优势在于操作简单，实时引导显像直观；弊端在于影像为重叠影像，穿刺路径上的血管神经不显影，有损伤风险；频繁透视对病人和医师有辐射风险 [19]。

3. CT 引导腰交感神经阻滞术

20 世纪 70 年代，CT 引导技术应用于腰交感神经阻滞。病人取俯卧位，下胸和腹部各垫一薄枕，使腰部呈水平位，皮肤表面摆放金属条定位，CT 扫描定位 L₂ 椎体，确定进针点、进针角度、进针深度，消毒铺巾，局部麻醉后，由标记点进针，按照预设穿刺角度斜向刺入，到达测量的穿刺深度时停止进针，经 CT 扫描确认针尖裸端位于椎体外下 1/3 处前外侧缘，回抽无血后注入造影剂，造影剂分布于脊柱前外侧，穿刺成功 [20,21]。

CT 引导的优势在于能避免 X 线的影像重叠，软组织分辨率优于 X 线，能准确定位针尖位置，近年穿刺成功率接近 100%，输尿管损伤、射精障碍等严重并发症少见，但可见一过性腰背痛、下肢无力等并发症 [22,23]。其弊端在于成像设备要求高，辐射量高。

4. MRI 引导腰交感神经阻滞术

20 世纪 90 年代，MRI 引导技术应用于腰交感神经阻滞。病人取俯卧位，常规消毒铺巾后，进入 MRI 扫描仪，根据病人磁共振图像设计进针点及穿

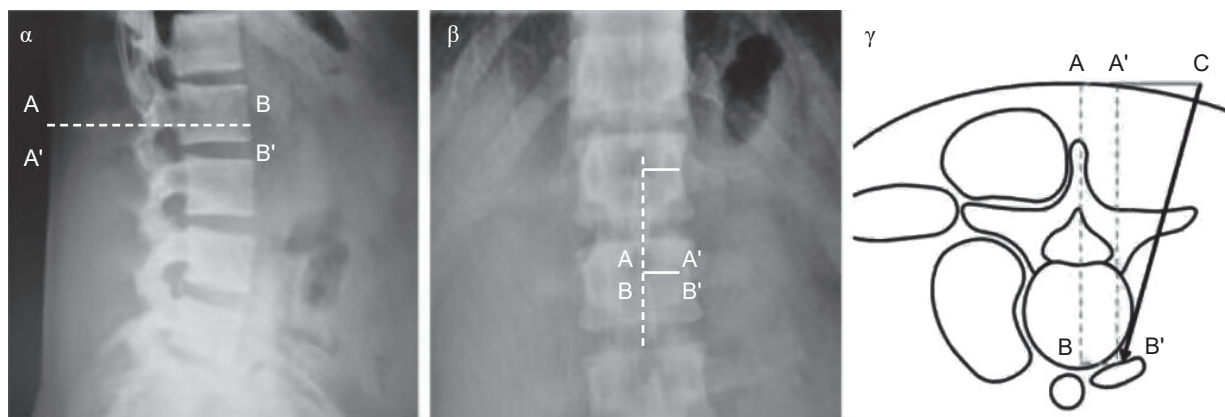


图 1 α 为腰椎侧位片，β 为腰椎正位片，γ 为腰部截面图

A 为 L₂ 棘突在后正中线的投影点，B 为椎体前缘，A'B' 为过椎弓根中点与 AB 平行且相等的直线，C 为进针点 (L₂ 棘突旁开中线 5 cm)。通过 X 线正侧位片可测量线段 A'B' 及 AA' 的长度，将三角形 CB'A' 近似为直角三角形，根据直角三角形特性，可计算出进针角度 ∠CB'A' 及深度 CB'

刺靶点,按照预设路径穿刺至预定深度后,MRI扫描定位针尖位置,注射造影剂再次确认^[24]。亦有报道高分辨率磁共振3D投影技术应用用于腰交感神经穿刺,其主要结构由磁共振仪、半透明显示屏、红色激光定位仪三部分组成,磁共振仪扫描身体结构后投影于半透明显示屏,红色激光线作为穿刺的体表标记。病人取俯卧位,进入MRI扫描仪,扫描后设计穿刺路径,通过3D Slicer软件标记进针点及穿刺靶点,移动检查床使虚拟影像和身体组织对应匹配,在红色激光线和重叠影像定位下将穿刺针推入到靶点,移动检查床进入磁共振仪,确认针尖位置^[25]。

MRI引导的腰交感神经阻滞优势在于MRI软组织分辨率极高,能有效预防重要脏器和个别变异的解剖结构的损伤,且安全性高,无辐射。劣势在于成像时间长、需使用特制无磁穿刺针^[24]。

5. 超声引导腰交感神经阻滞术

1992年,Kirvela等^[26]首次于超声引导下下行腰交感神经阻滞。近年来,超声技术飞速发展,超声引导下腰交感神经穿刺方法不一而足。根据超声图像与穿刺针的关系,可分为平面内进针技术和平面外进针技术;根据探头与脊柱的位置关系可分为脊柱旁短轴定位法和侧方短轴定位法(“三叶草”定位法)。

(1) 脊柱旁短轴扫描平面内进针技术:病人取俯卧位,下腹部垫一薄枕使腰曲变平,消毒铺巾后,使用2~5 MHz的凸阵探头,先使用与脊柱平行的纵截面定位腰骶关节或L₁与L₂椎体^[27],超声探头

置于距离脊柱中线3~4 cm的纵轴截面上,城垛样影像为腰椎横突,移动超声探头位置至L₂或L₃水平,于L_{2/3}横突间隙处使用短轴扫描,可见腰大肌内部低回声椎体,向外偏移的腰方肌,上端肌肉为竖脊肌。使用彩色多普勒超声定位肾下极和腹部大血管,以腰大肌前内侧缘、贴近脊柱处为靶点,设计穿刺路径(见图2)。采用平面内进针技术,从探头外侧端进针(距脊柱中线8.8 cm),在超声直视下将穿刺针推入靶点,注射1.5 ml生理盐水确认针尖位置,超声下能观察到椎体、腰大肌间不规则低回声区,以及高回声声晕围绕等情况^[27,28]。

(2) 侧方短轴扫描(“三叶草”定位法)平面内进针技术:病人取患侧向上侧卧位,采用2~5 MHz的凸阵探头,在脊柱旁3~4 cm处,使用与脊柱长轴平行的纵截面确定L₂横突后,沿L₂横突向外做脊柱的垂线,该线与患侧腋后线的交点为探头大致位置。超声图像上可获得清晰的“三叶草”影像:上部肌肉是腰方肌、后侧肌肉是竖脊肌、前方肌肉是腰大肌,三块肌肉均围绕着L₂横突(叶茎)(见图3)。在“三叶草”影像上可见腰大肌下方轮廓较完整的L₂椎体影及前方的下腔静脉或腹主动脉^[29]。消毒铺巾后,稍旋转探头角度,见到L₂椎体弧面稍“鼓起”,使用彩色多普勒超声模式,在椎体旁6~8 cm处局部麻醉,采用平面内进针技术,穿刺至L₂椎体外前侧缘,到达目标部位后,回吸无血,缓慢注入局部麻醉药,超声图像上可见L₂椎体、腰大肌与大血管之间出现液性暗区,药物注射完毕后拔出穿刺针^[30,31]。

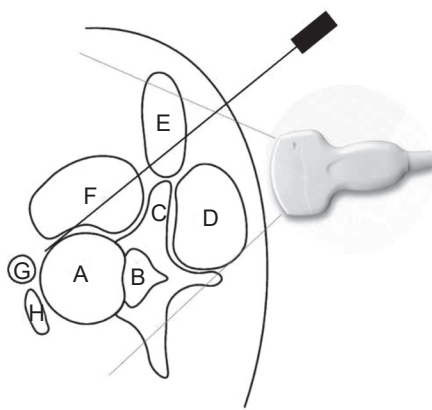


图2 脊柱旁短轴扫描平面内入路示意图,超声探头位于横突间隙垂直于脊柱
A为椎体,B为椎管,C为横突,D为竖脊肌,E为腰方肌,F为腰大肌,G为腹主动脉,H为下腔静脉。

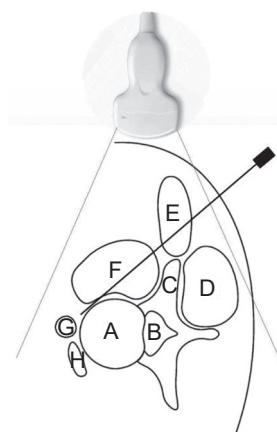


图3 侧方短轴扫描(“三叶草”定位)平面内进针示意图,探头位于身体侧面,垂直于脊柱长轴
A为椎体,B为椎管,C为横突,D为竖脊肌,E为腰方肌,F为腰大肌,G为腹主动脉,H为下腔静脉。超声图像上,腰大肌、腰方肌、竖脊肌三块肌肉(叶)围绕L₂横突(叶茎)组成“三叶草”图像。

(3) 平面外进针技术: 病人取患侧向上侧卧位, 使用 2~5 MHz 的凸阵探头, 调节至腹部超声模式, 探头置于身体侧面, 垂直于脊柱长轴, 与髂嵴平行, 移动探头至肾下极水平, 此时可见椎体侧面以及周围软组织, 随呼吸上下移动的肾下极。人为将椎体侧面分为由后向前排列的 I、II、III、IV 四个区域, 用以预估针尖位置 (见图 4) [32]。使用神经电刺激针头, 以肾下极的位置为进针点, 穿刺针紧贴探头侧面, 朝向脊柱前缘进针。针尖影像消失后, 使用电刺激仪, 通过股四头肌反射、超声影像、骨接触情况来预估针尖位置。若针尖位于 I 区, 电流刺激椎旁腰大肌内的腰丛神经, 出现股四头肌反射 (+)、针体穿过腰大肌 (+)、骨接触 (+); II 区: 股四头肌反射 (-)、针体穿过腰大肌 (+)、骨接触 (+); III 区: 股四头肌反射 (-)、针体穿过腰大肌 (-)、骨接触 (+); IV 区: 股四头肌反射 (-)、针体穿过腰大肌 (-)、骨接触 (-)。通过预估位置调整穿刺针角度, 直至滑过椎体前缘, 注射造影剂, 使用 X 线确定针尖位置 [32,33]。

平面内进针技术的优势在于能实时动态的监测针尖位置, 有效避免穿刺路径上的重要结构损伤。缺点在于穿刺路径长, 病人体验感差。平面外进针技术优势在于穿刺路径短, 病人舒适度高, 针头更容易到达椎体前缘; 缺点在于操作复杂, 需要 X 线确认位置 [32]。侧方短轴扫描 (“三叶草” 定位) 技术常用于腰丛神经阻滞 [29,34,35], 该技术用于腰交感神经阻滞的优势在于椎体侧方结构及椎体前血管辨识度高, 有利于避免大血管损伤, 提高穿刺针到位率 [30]。

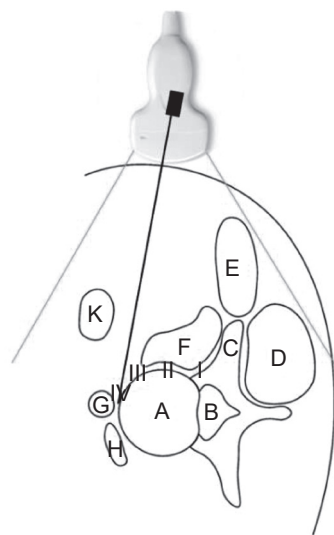


图 4 平面外进针技术示意图

A 为椎体, B 为椎管, C 为横突, D 为竖脊肌, E 为腰方肌, F 为腰大肌, G 为腹主动脉, H 为下腔静脉, K 为肾下极。人为将椎体侧面由后向前划分为 I、II、III、IV 四个区域。

超声引导的优势在于无辐射, 安全性高。劣势在于对深部组织显影效果差, 且易受骨质声影遮挡。据文献 [27] 报道, 超声引导穿刺成功率 65%, X 线 74%, 两者差异无统计学意义, 且均无明显并发症发生。超声引导触及椎体次数少于 X 线引导, 但操作时间更长。张景卫等 [36] 通过随机对照试验对比了 46 例单侧腰交感神经阻滞, CT 引导和超声引导平均用时分别为 368 s、204 s, 超声引导误入椎间孔率低、操作时间短、无辐射、环境要求低。综上所述, 超声引导与 X 线引导的穿刺成功率无差别, 穿刺时间上 X 线 < 超声 < CT, 但超声引导更少触及骨质且无辐射优势明显。

6. 技术展望

机器人辅助穿刺作为一种新兴技术, 具有高效、精准、稳定等优点 [37]。将机器人固定于地面或指定位置, 在体表放置定位格栅, 对目标部位行 0.625 mm 薄层 CT 扫描, 穿刺系统根据扫描结果进行 CT 三维重建, 以目标神经 (节) 为穿刺靶点, 应用 3D 打印技术设计穿刺路径, 命令机器人移动至设定姿态后, 术者沿持针器角度置入穿刺针到达预定深度, X 线/CT 确认穿刺至预定靶点 [37,38]。机器人辅助腰神经根穿刺可缩短操作时间、减少穿刺次数及提高一次成功率 [37], 目前尚未见机器人辅助腰交感神经阻滞的报导。腰交感神经位置深, 穿刺难度大, 机器人辅助穿刺或将成为技术突破的新方向之一。

三、穿刺入路

穿刺入路方式有椎体旁入路和经椎间盘入路, 穿刺前常使用影像技术设计穿刺路径。

1. 椎体旁入路

目前多在 X 线、CT、超声等影像学引导下进行, 在棘突旁开 6~9 cm 处进针, 先刺及椎体后 1/2 处某点, 然后逐渐调整角度直至针尖滑过脊柱前缘, 具体操作方法见前文。此入路途经竖脊肌、腰大肌等结构。

2. 经椎间盘入路

常选择 L_{2/3} 或 L_{3/4} 椎间盘水平, 使用 X 线引导, 病人取俯卧位, 下腹部垫一薄枕, 使腰椎生理弧度变直。根据下位椎体上关节突和椎间盘后外侧缘的几何关系设计穿刺路径, 常以椎间盘外缘 (关节突关节未张开) 或椎间盘外侧 1~2 cm 处 (关节突关节张开) 在体表的投影点为进针点 [39]。正位透视下, 穿刺针紧贴下位椎体上关节突刺入椎间盘, 进入椎间盘后使用侧位透视引导, 缓慢进针直至突破前纵韧带。此入路途经竖脊肌、椎间盘、前纵韧带等结构 (见图 5)。

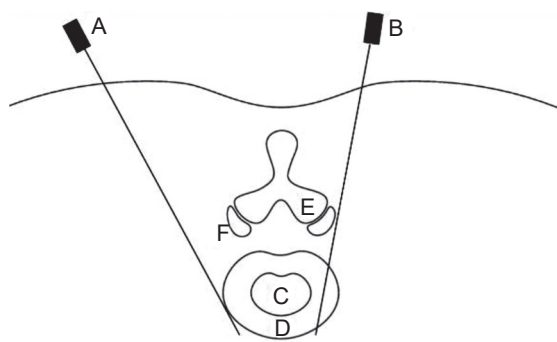


图5 腰交感神经阻滞穿刺入路示意图

A 为椎体旁入路, B 为经椎间盘入路, C 为椎间盘髓核, D 为纤维环, E 为下关节突, F 为上关节突。

椎体旁入路技术成熟, 不损伤椎间盘; 缺点为易发生腰动脉及腰大肌内结构损伤, 血管内给药和腰大肌内给药的风险相对较高^[6]。经椎间盘入路的优势在于能有效避免损伤腰大肌及其内部重要结构; 缺点在于可能发生椎间盘损伤、椎间盘炎、椎间盘突出、神经根损伤等潜在危险^[39]。极少数病人肾脏贴近 L₂ 椎体, 椎体旁入路有损伤肾脏风险, 此时经椎间盘入路为最佳选择。

四、小结

临床上常在 L₂ 椎体或 L_{2/3} 椎间盘平面行腰交感神经阻滞。X 线斜位同轴引导根据病人自身解剖结构设计进针路线, 穿刺成功率高; 1 mm 薄层 CT 可良好分辨血管、神经组织, 能准确定位针尖位置更值得推荐; MRI 引导因成像时间长、需特制无磁穿刺针等原因应用受到限制; 超声引导穿刺方法丰富, 可有效辨识重要血管, 尤其适用于偏瘦人群。机器人辅助腰交感神经阻滞或将成为穿刺技术突破的新方向。虚拟现实技术能显著缓解病人穿刺过程中的疼痛及术后焦虑^[16], 为提高病人舒适度提供了新思路。椎体旁入路临床上常用, 但穿过腰大肌, 容易引起生殖股神经损伤等并发症; 而经椎间盘入路不经过腰大肌, 避免了腰大肌内结构损伤, 但因穿过椎间盘所造成的潜在损伤需进一步研究证实。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] Yoo Y, Lee CS, Kim J, *et al.* Botulinum toxin type A for lumbar sympathetic ganglion block in complex regional pain syndrome: a randomized trial[J]. *Anesthesiology*, 2022, 136(2):314-325.
- [2] Ozturk EC, Sencan S, Gunduz OH. Lumbar sympathetic block for intractable lower-limb postherpetic neuralgia: report of two cases[J]. *Pain Pract*, 2020, 21(3):353-356.
- [3] McCormick ZL, Hendrix A, Dayanim D, *et al.* Lumbar sympathetic plexus block as a treatment for postamputation pain: methodology for a randomized controlled trial[J]. *Pain Med*, 2018, 19(12):2496-2503.
- [4] Ogawa S, Ueno H, Maruyama A, *et al.* Extensive lumbar sympathetic ganglion block combined with epidural block for primary erythromelalgia: a case report[J]. *A A Pract*, 2020, 14(12):e01325.
- [5] Gandhi KR, Verma VK, Chavan SK, *et al.* The morphology of lumbar sympathetic trunk in humans: a cadaveric study[J]. *Folia Morphol (Warsz)*, 2013, 72(3):217-222.
- [6] Hong JH, Kim AR, Lee MY, *et al.* A prospective evaluation of psoas muscle and intravascular injection in lumbar sympathetic ganglion block[J]. *Anesth Analg*, 2010, 111(3):802-807.
- [7] Feigl GC, Dreu M, Ulz H, *et al.* Susceptibility of the genitofemoral and lateral femoral cutaneous nerves to complications from lumbar sympathetic blocks: is there a morphological reason?[J]. *Br J Anaesth*, 2014, 112(6):1098-1104.
- [8] An JW, Koh JC, Sun JM, *et al.* Clinical identification of the vertebral level at which the lumbar sympathetic ganglia aggregate[J]. *Korean J Pain*, 2016, 29(2):103-109.
- [9] 刘立. 腰交感神经阻滞治疗腰源性腹痛 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2000, 16(10): 527.
- [10] Xu Y, Jiang Q, Xu X, *et al.* The tourniquet ischemia test effectively predicts the efficacy of lumbar sympathetic block in patients with lower extremity complex regional pain syndrome type 1[J]. *J Pain Res*, 2022, 15:1659-1667.
- [11] Zhu XY, Kohan LR, Morris JD, *et al.* Sympathetic blocks for complex regional pain syndrome: a survey of pain physicians[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2019, 44(7): 736-741.
- [12] 黄乔东, 卢振和, 陈金生, 等. X 线透视法在腰交感神经节阻滞穿刺中的应用 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2005, 21(11):748-749.
- [13] Gupta A, Portonova B, Dadachanji C. Successful treatment of post thrombotic syndrome with sequential lumbar sympathetic block[J]. *Pain Physician*, 2015, 18(1):E65-E69.
- [14] Kanao-Kanda M, Kanda H, Iida T, *et al.* Clinical application of laser speckle flowgraphy to assess changes in blood flow to the foot after a lumbar sympathetic ganglion block: a case report[J]. *J Pain Res*, 2021, 14: 1451-1456.
- [15] Spiegel MA, Hingula L, Chen GH, *et al.* The use of L₂ and L₃ lumbar sympathetic blockade for cancer-related pain, an experience and recommendation in the onco-



- logic population[J]. *Pain Med*, 2020, 21(1):176-184.
- [16] Joo Y, Kim EK, Song HG, *et al*. Effectiveness of virtual reality immersion on procedure-related pain and anxiety in outpatient pain clinic: an exploratory randomized controlled trial[J]. *Korean J Pain*, 2021, 34(3): 304-314.
- [17] Dev S, Yoo Y, Lee HJ, *et al*. Does Temperature Increase by sympathetic neurolysis improve pain in complex regional pain syndrome? A retrospective cohort study[J]. *World Neurosurg*, 2018, 109: e783-e791.
- [18] Joo EY, Kong YG, Lee J, *et al*. Change in pulse transit time in the lower extremity after lumbar sympathetic ganglion block: an early indicator of successful block[J]. *J Int Med Res*, 2017, 45(1):203-210.
- [19] Cohen SL, Schneider R, Carrino JA, *et al*. Radiation dose practice audit of 6,234 fluoroscopically-guided spinal injections[J]. *Pain Physician*, 2019, 22(2):E119-E125.
- [20] Liu M, Ni H, Tao J, *et al*. Lumbar sympathetic nerve modulation using absolute ethanol for the treatment of primary lower-extremity hyperhidrosis: a dose-effect pilot study[J]. *Med Sci Monit*, 2021, 27:e928209.
- [21] Tao JC, Huang B, Wang TT, *et al*. Observation on the efficacy of CT-guided lumbar sympathetic chemical destructive block in the treatment of cold sensation of limbs[J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2020, 100(33):2586-2590.
- [22] Sun H, He M, Pang J, *et al*. Continuous lumbar sympathetic blockade enhances the effect of lumbar sympatholysis on refractory diabetic neuropathy: a randomized controlled trial[J]. *Diabetes Ther*, 2020, 11(11): 2647-2655.
- [23] 赵婷伟, 李美睿, 李京玉, 等. 腰交感神经毁损治疗下肢冷觉异常的疗效观察 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2021, 27(8):627-630.
- [24] Konig CW, Schott UG, Pereira PL, *et al*. MR-guided lumbar sympathicolysis[J]. *Eur Radiol*, 2002, 12(6): 1388-1393.
- [25] Marker DR, U Thainual P, Ungi T, *et al*. 1.5 T augmented reality navigated interventional MRI: paravertebral sympathetic plexus injections[J]. *Diagn Interv Radiol*, 2017, 23(3):227-232.
- [26] Kirvela O, Svedstrom E, Lundbom N. Ultrasonic guidance of lumbar sympathetic and celiac plexus block: a new technique[J]. *Reg Anesth*, 1992, 17(1):43-46.
- [27] Ryu JH, Lee CS, Kim YC, *et al*. Ultrasound-assisted versus fluoroscopic-guided lumbar sympathetic ganglion block: a prospective and randomized study[J]. *Anesth Analg*, 2018, 126(4):1362-1368.
- [28] Moon JY, Choi JK, Shin JY, *et al*. A brief report on a technical description of ultrasound-guided lumbar sympathetic block[J]. *Korean J Pain*, 2017, 30(1):66-70.
- [29] Gobbi F, Fusco P, Di Carlo S, *et al*. The use of lumbar plexus block with Shamrock technique and continuous sciatic nerve block for thigh amputation in high risk patients[J]. *Minerva Anesthesiol*, 2020, 86(9):996-997.
- [30] 包萌萌, 王云, 马丹旭, 等. “三叶草”超声影像引导腰交感神经节阻滞的临床效果 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2016, 36(9):1130-1133.
- [31] Zhang L, Qiu Y, Zhao WX, *et al*. Ultrasound-guided lumbar sympathetic ganglion block: a visual teaching method[J]. *Asian J Surg*, 2022, 45(11):2382-2383.
- [32] Punj J, Marada S. Ultrasound lumbar sympathetic block: out of plane approach with insulated stimulation needle-Case series of three patients[J]. *Indian J Anaesth*, 2020, 64(2):148-150.
- [33] Marada S, Punj J, Dhar A, *et al*. To assess technical feasibility of ultrasound lumbar sympathetic block with electrical stimulation needle in out of plane needle orientation: a prospective interventional study[J]. *Pain Med*, 2021, 23(5):873-877.
- [34] Strid JMC, Sauter AR, Ullensvang K, *et al*. Ultrasound-guided lumbar plexus block in volunteers; a randomized controlled trial[J]. *Br J Anaesth*, 2017, 118(3): 430-438.
- [35] Boretsky K, Hernandez MA, Eastburn E, *et al*. Ultrasound-guided lumbar plexus block in children and adolescents using a transverse lumbar paravertebral sonogram: initial experience[J]. *Paediatr Anaesth*, 2018, 28(3):291-295.
- [36] 张景卫, 蒋文臣, 王淮, 等. 超声引导腰交感神经节阻滞术的效果: 与CT引导比较 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(9):1151-1152.
- [37] 王乃堃, 王然, 韩影, 等. 机器人辅助腰神经根穿刺的实验研究 [J]. *生物医学工程与临床*, 2020, 24(4): 363-368.
- [38] 董生, 张晓磊, 李伟, 等. 机器人辅助三叉神经半月节球囊压迫治疗三叉神经痛 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2021, 27(6):474-476.
- [39] Ohno K, Oshita S. Transdiscal lumbar sympathetic block: a new technique for a chemical sympathectomy[J]. *Anesth Analg*, 1997, 85(6):1312-1316.