

超声引导下腰椎注射技术相关研究进展

The research progress in the technique of ultrasound-guided lumbar injection

任伟靖^{1,2}, 王方永^{1,2}, 洪毅^{1,2}, 郭忆^{1,3}, 宋明洁^{1,2}, 谭依立^{1,2}

(1 首都医科大学康复医学院; 2 中国康复研究中心北京博爱医院脊柱脊髓外科; 3 超声科 100068 北京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.11.11

中图分类号: R445.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2019)-11-1027-06

腰背部疼痛常常由腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症、小关节病变等引起, 是目前的常见病和多发病。临床上常使用腰椎注射技术来治疗腰背部疼痛, 以往多在无影像设备引导的情况下进行, 随着临床对安全性和科学性要求的提高, 腰椎注射逐渐开始在影像学的引导下进行。目前在临床上腰椎注射常在 X 线或 CT 引导下进行, 但由于超声有诸多的优点, 比如操作便捷、可以大大减少患者和医护

人员接受的辐射量、穿刺整个过程实时可见等, 因此逐渐在临床上普及。目前临床上常使用的腰椎注射包括小关节腔注射、腰神经后内侧支注射、神经根周围注射及经椎间孔硬膜外注射等。随着超声技术的不断发展, 腰椎注射的成功率不断提高, 并发症的发生率也有所下降。目前超声引导下腰椎注射是一项安全性高, 准确率高, 发展前景好的技术。笔者就超声引导下腰椎注射的相关研究进展进行综述, 报道如下。

基金项目: 首都卫生发展科研专项项目(2018-3-6012); 中国康复研究中心项目(2017ZX-02); 中国康复研究中心项目(2017ZX-23)

第一作者简介: 女(1994-), 医学硕士研究生, 研究方向: 康复医学与理疗学、脊柱脊髓损伤

电话: (010)87569065 E-mail: renweijingrwj@163.com

通讯作者: 洪毅 E-mail: hongyihyy@163.com; 王方永 E-mail: wfybeijing@163.com

1 超声引导腰椎注射技术应用原则及优缺点

1.1 超声探头选择

一般来说, 在超声仪器的探头选择时, 图像分辨率和探查深度两者不可兼得。使用较高频率的探头扫描图像时, 图像分辨率较高, 但探测的深度就会比较浅; 相反, 当使用较低频率的探头扫描图像时, 探测的深度会增加, 但

- perforation rates influenced by registered or unregistered vertebrae in multilevel registration using a CT-based navigation system in the setting of scoliosis[J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(10): 2211-2217.
42. Radermacher K, Portheine F, Anton M, et al. Computer assisted orthopaedic surgery with image based individual templates[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1998, 354: 28-38.
43. Liu K, Zhang Q, Li X, et al. Preliminary application of a multi-level 3D printing drill guide template for pedicle screw placement in severe and rigid scoliosis [J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(6): 1684-1689.
44. Pan Y, Lü G H, Kuang L, et al. Accuracy of thoracic pedicle screw placement in adolescent patients with severe spinal deformities: a retrospective study comparing drill guide template with free-hand technique [J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(2): 319-326.
45. Putzier M, Strube P, Cecchinato R, et al. A new navigational tool for pedicle screw placement in patients with severe scoliosis: a pilot study to prove feasibility, accuracy, and identify operative challenges[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(4):

E430-E439.

46. Fan Y, Peng Du J, Liu JJ, et al. Radiological and clinical differences among three assisted technologies in pedicle screw fixation of adult degenerative scoliosis [J]. *Scientific Reports*, 2018, 8(1): 890.
47. Azimifar F, Hassani K, Saveh AH, et al. A medium invasiveness multi-level patient's specific template for pedicle screw placement in the scoliosis surgery[J]. *Biomed Eng Online*, 2017, 16(1): 130.
48. Takemoto M, Fujibayashi S, Ota E, et al. Additive-manufactured patient-specific titanium templates for thoracic pedicle screw placement: novel design with reduced contact area[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(6): 1698-1705.
49. Chan A, Aguilon J, Hill D, et al. Precision and accuracy of consumer-grade motion tracking system for pedicle screw placement in pediatric spinal fusion surgery [J]. *Med Eng Phys*, 2017, 46: 33-43.

(收稿日期: 2019-07-27 末次修回日期: 2019-10-08)

(本文编辑 彭向峰)

图像分辨率就会比较低。由于腰椎小关节、横突以及椎管结构较深,因此在腰椎超声成像方面,临床多选择低频探头,即凸形探头^[1]。

1.2 平面内穿刺及平面外穿刺选择

超声引导下腰椎注射可大致分为两类,平面内穿刺和平面外穿刺。平面内穿刺即穿刺针平行于超声束所在平面,扫描图像可见穿刺针全长,安全准确性较高,因此临床上多选用平面内穿刺技术。而平面外穿刺即穿刺针未平行于超声束所在平面,扫描图像不可见穿刺针全长,一般仅看见针尖,因此常在不适合平面内穿刺的情况下使用。

1.3 超声引导腰椎注射的优缺点

目前在临床上,腰椎注射仍常常使用 X 线或 CT 引导。但由于超声有其独特的优势,在临床上越来越多的医生开始尝试使用这项工具。比如操作的便捷性高,有望应用于门诊及床旁治疗;辐射量少;对于肌肉、韧带等软组织及血管可见;在注射整个过程中可以做到全程实时引导,针尖位置实时可见;有时,还可见注射药物的扩散等。当腰椎注射技术全程仅需超声引导时,可避免部分患者使用造影剂的过敏反应及肾损害^[2]。当然,使用超声也有其一定的局限性,例如声窗较窄;深层组织的图像分辨率有限;有些组织由于骨声影的掩盖而探测不清;在较肥胖的患者身上使用时因脂肪组织影响超声成像而较为受限;某些老年人由于存在腰椎退行性变也会对超声成像有一定影响^[3]。除此之外,目前脊柱超声的普及率并不高,还需要教学和学习成本等。

2 超声扫描腰椎成像

2.1 超声扫描腰椎步骤

近年来在超声引导腰椎注射方面开展了很多的研究,最常用的腰椎超声扫描方法为三步法,即用 3 个扫描层面来观察腰椎的重要解剖结构。患者取俯卧位,腹部可垫薄枕,从而打开腰椎间隙,便于观测。第一步,将弧形探头置于患者背部后正中线上,将探头长轴平行于背部后正中线上,可以看到腰椎的棘突,呈一个个间断的弧形高回声^[4],我们知道,L5 的棘突往往是最小的,因此我们可以很容易在超声图像中找到 L5/S1 的间隙,之后目标节段的腰椎棘突即可从此间隙开始往头侧计数,来确定腰椎的节段。第二步,将超声探头由以上位置向一侧平行移动,扫描腰椎的旁矢状位层面,可看到一个连续的波浪形高回声,称其为“驼峰征”^[5],为腰椎的小关节,每个波峰代表相邻两个椎体的小关节上下关节突的交汇处。第三步,将探头由以上位置继续向一侧平行移动,可见一个个间断的波浪形高回声,称其为“三叉戟征”,为腰椎的横突。2013 年 Provenzano 等^[6]还提出了更加详细的超声扫描腰椎方法,共分为 7 个扫描层面来观察腰椎,这几个扫描层面分别为将超声探头置于患者后背后正中线的棘突层面、斜向椎板层面、小关节层面、横突层面,以及将探头旋转 90°,观察的横向棘突层面、椎板间层面、斜向椎间孔层面。其中在轴位

扫描椎板间层面,由于没有骨质结构的阻挡,是可以看到椎管相关结构的。斜向椎间孔层面有助于观察椎间孔及椎旁解剖结构,有时可见神经根,除此之外,也可看见竖脊肌、腰大肌、腰方肌等。

2.2 超声扫描腰椎成像特点

如前所述,超声可探测到很多腰椎骨性标志,椎旁肌肉,甚至是硬脊膜、黄韧带、椎管、椎体、椎间孔等。Brinkmann 等^[6]应用尸体研究,发现女性和男性尸体的平均椎管深度分别为 $3.21 \pm 0.71 \text{cm}$ 和 $4.74 \pm 0.59 \text{cm}$ 。Karmakar 等^[7]提出在成人腰椎的神经结构的深度大约在 5~7cm。王晓刚等^[7]指出在超声成像中,腹侧硬脊膜与背侧硬脊膜可有典型的“等号样”强回声,而硬膜囊内为低回声,神经组织由多发点状低回声神经束及细线状强回声神经束膜共同形成筛网状结构。

3 腰椎不同部位的超声引导下注射

3.1 超声引导下小关节注射

小关节源性疼痛为腰背痛的常见原因,但此种疾病不能直接通过临床检查及影像学来诊断。1933 年,小关节综合征被首次描述为伴或不伴坐骨神经痛的腰部疼痛,尤其与腰骶部的扭转相关。有一些证据表明女性的发病率更高,疼痛可能是单侧或者双侧的,并且在腰部过度伸展或增加对小关节关节面的压力时疼痛会加重^[8]。目前常采用脊神经背内侧支注射或小关节腔注射来诊断和治疗此类疾病。

腰椎背支从起点大约 5mm 处分为内侧支、外侧支和中间支。内侧支位于上关节突底部的凹槽中,之后朝后下方向穿过横突。Greher 等^[9]通过尸体研究及临床研究证实超声引导下背内侧支注射治疗小关节源性疼痛是临床上的一种新手段并有可能被大规模临床采用,注射的靶点为横突的上边缘与上关节突底部的凹槽内,采用平面内技术在横轴视图下完成穿刺,后旋转探头在长轴视图上再次确认针尖位置。但作者同样指出,该研究样本量小,并且由于骨骼的阻挡,该研究未涉及 L5 背支阻滞,仍需进一步探索。之前的研究都是针对正常体重或者偏重人群,而 Rauch 等^[9]在临床可行性研究中评估了肥胖患者实时超声检查的成功率,他们对 20 例肥胖患者 ($\text{BMI} > 30 \text{kg/m}^2$) 行 84 次背内侧支阻滞,超声引导穿刺成功率仅为 62%,认为肥胖患者内侧支阻滞不适于在超声引导下进行。Shim 等^[10]对 20 例患者在超声引导下进行 101 次腰椎内侧支阻滞,所有注射的穿刺针均成功置于正确节段,有 96 次针尖位置准确,成功率为 95%,但有 2 次注射出现了血管内注射的并发症。文传兵等^[11]指出超声下探测横突根部与上关节突之间的凹槽准确率高,可以可靠的行超声引导下腰椎脊神经后支阻滞。2017 年有一项回顾性对比研究比较超声引导及透视引导下内侧支阻滞,通过 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)、言语数字疼痛量表 (verbal numeric pain scale, VNS) 来对比两组的疼痛缓解

及功能改善,最终认为超声引导下内侧支注射与透视引导并没有显著差异^[12]。

Galiano 等^[13]于 2005 年验证了超声引导下小关节注射的可行,第一部分在超声扫描下确认和描述小关节间隙,关节间隙的中点为靶点,分别在超声下及 CT 下测量靶点至棘突尖端中点的距离及靶点至棘突尖端中点的水平距离,并进行统计学分析,第二部分在 1 具尸体完成双侧 L1~S1 共 10 次小关节注射,超声引导下穿刺完成后,用 CT 来验证针尖位置。结果认为超声成像能准确可靠地描述关节面内针尖的位置,但仍需临床试验进一步验证。Galiano 等^[14]2007 年将 40 例患者随机分为两组,每组 20 人,行超声引导下小关节注射,超声组注射成功率为 90%,这是第一个比较超声引导下与 CT 引导下小关节注射的前瞻性临床研究。朱婷等^[15]近年对 40 例患者行小关节注射治疗,并随访 12 周应用视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 来评定疗效,结果认为超声引导下小关节注射切实可行,疗效确切。2018 年也有相关研究通过对比超声引导与小剂量 CT 引导小关节注射,认为超声能准确显示腰椎小关节间隙。与小剂量 CT 相比,超声引导下腰椎小关节注射的可行性、准确性和临床疗效基本相同,除此之外,作者指出小关节腔的正常容量为 1~2ml,所以当注射药物>2ml 时,可能会导致注射药物的囊外漏液,药物扩散至硬膜外间隙或椎间孔也有一定治疗效果影响实验结果,因此推荐使用 2ml 注射量。接下来的研究应按照不同年龄段分组进行研究,因为不同年龄段患者的解剖结构及对治疗的反应可能有所不同^[16]。

Greher 等^[17]2015 年首次对超声引导下 L5 背支阻滞进行了研究,由于髂嵴的阻挡,使超声引导下 L5 背支阻滞变得困难。穿刺方法为首先在旁正中矢状面上找到 L5 横突及骶骨头端,之后将探头旋转 90°获得横轴视图,将探头靠近中线侧偏向头侧放置,即可观察到髂嵴、骶骨翼、上关节突、L5/S1 小关节和 L5 棘突等,之后在此视图下将针平面外穿刺置于靶点,靶点为骶骨翼与上关节突的移行处,穿刺完成后再次旋转探头回至旁正中矢状面,在此平面上可确认针尖位置,针尖应在骶骨翼的最头侧最浅层,否则需要重新定位,在两个图像中针尖均达到指定位置才算成功。在 20 次注射中,16 次仅需 1 次尝试即可达到目标,但在失败的 4 次注射中,尸体均有严重的腰椎退行性变及椎体滑脱,因此如果排除此种情况导致的注射失败,此方法成功率可达 100%。

3.2 超声引导下腰椎神经根周围注射

腰椎间盘突出症是目前的常见病,由于椎间盘病变,纤维环破裂,髓核突出对神经根刺激或产生压迫,并释放化学物质导致炎症反应,常常可引起腰腿部疼痛、麻木等症状^[18]。临床上常常通过药物注射来治疗腰椎间盘突出症,常常采用局麻药、糖皮质激素、营养神经药物等^[19]。除此之外,神经根性腰痛通常由腰椎间盘突出、腰椎管狭窄和椎间盘退变引起,选择性神经根注射是最常见的微创

介入治疗方法之一。腰椎神经根注射即选择性神经根阻滞,即将药物沿腰神经注射使之扩散,而不是将药物注射到硬膜外间隙,在临床上,我们通常将它作为一种诊断手段,来明确疼痛的来源等^[20]。

Galiano 等^[21]在 2005 年对超声引导下神经根注射进行研究,并将其分为两部分,第一部分为可行性研究,超声扫描下将轴向扫描层面所见小关节最外侧缘设置为靶点,测量靶点至棘突尖部,靶点至棘突垂直距离及至椎间盘距离,与 CT 所测距离做比较;第二部位为临床研究,采用平面内穿刺技术将针尖置于椎间孔背侧三分之一处,认为超声引导下神经根注射可行且精确。Loizides 等^[22]2012 年时进行了一项前瞻性随机对照临床研究,将超声引导与 CT 引导神经根周围注射做对比,比较两种方式的准确性、穿刺时间、辐射剂量及疗效,穿刺方式采取平面内穿刺,穿刺针尖穿过横突间韧带后即可到达神经根周围,用 CT 来验证针尖位置,最终超声引导下神经根周围注射准确率可达 90%,两种引导方式疗效无统计学差异,并且此种方式可以大大减少穿刺时间及辐射暴露。近年 Kim 等^[23]将超声引导下旁正中矢状位与旁正中斜矢状位神经根周围注射进行对比,旁正中斜矢状位入路造影剂弥散更佳,疼痛缓解更加显著,原因可能与旁正中斜矢状位入路下针尖位置可以更加靠近内侧有关。Sato 等^[24]2009 年对超声引导 L5 神经根阻滞结合神经刺激方法来进行研究,在总计 78 次注射中,除 3 例因关节突侧方突出,L5 横突和骶骨之间没有足够的间隙而无法完成阻滞,其余均疼痛缓解。因此这种方法对于 L5 横突和骶骨之间空间不足的患者来说,是很难进行的。Kim 等^[25]近年提出一种新的腰椎神经根注射方法,他们共对 61 例腰椎管狭窄患者行 96 次神经根阻滞,首先通过纵向扫描关节突层面来确定目标节段,之后旋转探头 90°变为横轴层面,在目标节段头侧及尾侧均行内侧支阻滞,之后再在纵向视图上在两针之间平面外置入与头尾侧内侧支阻滞针同样角度同样长度的穿刺针,但神经根阻滞针的深度需要比其他两内侧支阻滞针深度更深 10mm。最终成功率为 89.5%。最近有研究将超声引导下腰神经根周围注射平面内及平面外技术进行对比,共招募 46 例慢性单侧腰神经根性痛患者,分别行平面内注射及平面外注射,平面内注射组采用轴位像进针,穿刺针与皮肤呈 45°,靶点为椎板外侧缘或者上关节突内侧,平面外注射组在旁矢状位像(可见关节突边缘处)进针,穿刺针与皮肤呈 70°,靶点为目标节段相邻关节面中间。最终穿刺成功率大于 50%,并且两组穿刺后疼痛缓解程度无统计学差异,认为超声引导下神经根周围注射治疗腰椎单侧神经根痛是可行的^[26]。最近有研究提出超声引导下选择性神经根阻滞有较陡的学习曲线,并且结果主要决定于操作者,提出一种新的方法来进行注射,通过注射一部分气泡来提高针尖的可视化能力,并且证明气泡对针尖的定位精度达到 80%,此研究虽样本量较小,但有统计学意义,不过仍需更多的临床实践研究来进一步评估^[27]。

3.3 超声引导经椎间孔硬膜外注射

与前述腰椎神经根周围注射不同的是,经椎间孔硬膜外注射是将药物注射入硬膜外间隙,使药物沿着脊髓扩散。相比腰椎神经根注射常作为诊断手段来说,经椎间孔硬膜外注射常作为治疗手段,它不可明确症状具体源于哪一个节段,但可通过药物沿疾病所在的硬膜外前间隙扩散,从而控制炎症达到止痛目的。在临床上,经椎间孔硬膜外注射通常应用于腰痛、腰椎管狭窄症或腰神经根性病变等患者,大多数患者的初始注射疗效较好,但通常由于患者疼痛模式的改变或者疼痛症状的再次出现,需要重复注射^[28]。

Tecer^[29]曾提出经椎间孔硬膜外注射类固醇类药物对腰椎间盘突出症引起的神经根性疼痛有较好的治疗效果。Sariyildiz^[30]曾提出,经椎间孔硬膜外注射类固醇治疗腰椎间盘突出症不仅对神经根性疼痛有较好的治疗效果,还可以改善睡眠质量和抑郁症状。

在临床上,超声引导下腰椎经椎间孔硬膜外注射常用于治疗神经根性疼痛等,这些注射常常在透视或 CT 引导下进行,由于超声诸多的优点,也有大量的学者开始研究超声引导下腰椎经椎间孔硬膜外注射。Gofeld 等^[31]2012 年通过尸体研究提出一种方式行经椎间孔硬膜外注射,共采用 3 例女性,2 例男性尸体,每具尸体双侧 L1/2~L5/S1 共 10 个椎间孔,共完成 50 次注射。尸体位于俯卧位,首先通过旁正中矢状面长轴扫描横突层面来确定节段,之后在目标节段两相邻横突之间旋转探头 90°,可同时显像棘突、椎板和椎体后缘,之后采用平面内穿刺方式朝向椎体后缘最内侧穿刺,针触及骨面后注射药物,最终用正侧位透视检验穿刺针位置。结果有 4 次注射因无法探及 L5 椎体被排除,剩下 46 次注射穿刺针在透视检验下均被证实正确椎间孔内,在正位透视下针尖位于椎弓根 6 点钟方向,侧位透视下针尖位于椎间孔腹侧,造影剂证实为椎间孔内 42 次(91.3%),神经根周围 4 次(8.7%),其中有 3 次发生了血管内注射,作者认为用钝头针可能可以减少血管内注射的发生率。2016 年, Yang 等^[32]采用前瞻性随机临床研究评估了超声引导下腰椎经椎间孔硬膜外注射的准确性、安全性及止痛效果,共有 80 例腰椎间盘突出症或腰椎管狭窄症患者入组,随机分为透视引导组及超声引导组,超声引导组首先后正中中线长轴扫描通过棘突来确定节段,之后旋转探头横轴扫描可显示棘突、椎板、小关节、横突,当椎板清晰可见时,针与皮肤大约呈 45°,平面内进针直达椎板的最外侧,之后再次旋转探头 90°至矢状面确认针尖位于相邻小关节中间,随后针尖向外移动滑向椎板旁,并略向更深处移动,直到阻力消失,最后行透视检验针尖位置。此方法以可在轴向扫描探及目标节段椎板为前提,若椎板不可探及,则该方法不可行。最终穿刺总成功率为 85%,所有患者均未出现严重并发症,两组的治疗效果无统计学差异。在此研究前超声引导下经椎间孔硬膜外注射均在尸体上进行,而此研究是在真正的病人身上进行的。

3.4 超声引导下骶管注射

Park 等^[33]在 2013 年将 120 例单侧神经根痛的患者随机分为两组,分别应用 X 线及超声引导下行骶管硬膜外注射,结果两组患者在注射后 2 周和 12 周的疼痛评分和 ODI 指数均有改善,且两组之间没有观察到统计学差异。Park 等^[34]2015 年将超声引导与透视引导下骶管硬膜外注射行对比,共给予 110 例患者行注射治疗,比较两组注射前及最后一次注射后 3、6 和 12 个月的 ODI、VNS,且成功的结果定义为 VNS 评分改善 50%以上,ODI 改善 40%以上,最终两组在最后一次注射后 3、6 和 12 个月,ODI 和 VNS 均有所改善,两组之间无统计学差异。在以往的研究中,只观察到针的位置、安全性及短期治疗效果,本研究更注重评估两种方式在单侧腰骶部根性疼痛的长期疼痛缓解及功能改善,因此提出超声引导下骶管硬膜外注射在单侧腰骶部神经根痛保守治疗中值得考虑。

3.5 超声引导腰椎注射结合其他技术的应用

付强等^[35]2016 年应用超声容积导航技术引导腰椎经皮后外侧入路内镜下椎间孔穿刺,并评估了此技术的可行性和临床疗效,所有操作均顺利完成,穿刺成功率达 100%,均无严重并发症的发生,因此提出超声容积导航技术能准确引导腰椎经皮后外侧入路内镜下椎间孔穿刺,还可以大大减少穿刺时间和暴露辐射量。邱鹏程等^[36]2017 年开展了联合超声引导下经皮穿刺脊柱内镜治疗腰椎间盘突出症的临床研究,术前均以 CT 为标准来设计穿刺路径,选取好相应体表的穿刺点及穿刺角度,最终将穿刺针置于上关节突尖部,之后继续磨除上关节突及置脊柱内镜等操作,取得了良好的临床应用价值。还有研究对二维、GPS 和多平面超声机平面内技术完成硬膜外注射进行对比,GPS 系统在屏幕上可以显示有关针相对于超声探头位置的更多信息,并具有允许操作员在穿刺过程中调整针轨迹的额外优势,可降低实时超声引导穿刺即注射的技术难度,研究结果认为 GPS 针跟踪系统虽不会减少总穿刺时间,但可以提高操作人员的舒适性、针的可视性,显著减少穿刺次数及针的重新定位等^[37],除此之外,为了便于超声引导下腰椎注射技术的普及和推广,也有很多研究提出大量教学训练方法,例如使用聚氯乙烯凝胶制作成脊柱和周围组织的假体,并将凝胶的性质做调整,使其穿刺时更类似于真实的组织,供学员练习穿刺及注射等^[38-41]。

4 展望

腰背部疼痛常常由腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症、小关节病变等疾病引起,是目前的常见病和多发病。临床上常常使用腰椎注射技术来治疗腰背部疼痛,以往曾使用无影像学引导的方法注射,之后随着不断对安全性和科学性要求的提高,逐渐开始在影像学的引导下进行。目前腰椎注射技术仍多在透视或 CT 引导下进行,但超声由于其独特的优点,超声引导下腰椎注射已逐渐普及。根据大量的研究显示,由于小关节所处位置相对较浅,因此目前临

床上小关节腔注射和脊神经后内侧支注射发展较为成熟,而腰椎神经根周围注射及经椎间孔硬膜外注射则相关研究比较少,尤其 L5/S1 层面注射由于髂嵴的阻挡,常常不得不使用平面外技术注射,且此方面的临床病例数相对较少,但目前也已经被证实可行性及安全性。除此之外,我们也不可忽视超声引导腰椎注射的不足,例如临床上很多过于肥胖或者腰椎严重退行性变的老年患者腰椎超声成像往往不理想,且超声图像受操作者的操作经验影响较大,重复性和稳定性可能不如透视或者 CT 等,但是相信随着超声专业技能、评估手段的不断完善及多学科之间的交流学习,超声引导腰椎注射在将来有望取代透视和 CT 引导腰椎注射而成为标准手段。

5 参考文献

1. Korbe S, Udoji EN, Ness TJ, et al. Ultrasound-guided interventional procedures for chronic pain management [J]. *Pain Manag*, 2015, 5(6): 465-482.
2. Choi S, Brull R. Is ultrasound guidance advantageous for interventional pain management? a review of acute pain outcomes[J]. *Anesth Analg*, 2011, 113(3): 596-604.
3. Provenzano DA, Narouze S. Sonographically guided lumbar spine procedures[J]. *J Ultrasound Med*, 2013, 32(7): 1109-1116.
4. Loizides A, Peer S, Plaikner M, et al. Ultrasound-guided injections in the lumbar spine[J]. *Med Ultrason*, 2011, 13(1): 54-58.
5. Karmakar MK, Li X, Kwok WH, et al. Sonoanatomy relevant for ultrasound-guided central neuraxial blocks via the paramedian approach in the lumbar region[J]. *Br J Radiol*, 2012, 85(1015): e262-269.
6. Brinkmann S, Tang R, Vaghadia H, et al. Assessment of a real-time ultrasound-guided spinal technique using SonixGPS™ in human cadavers [J]. *Can J Anaesth*, 2012, 59 (12): 1156-1157.
7. 王晓刚, 常洪波, 刘颖, 等. 腰椎及其毗邻结构的超声检查方法与临床意义[J]. *中华超声影像学杂志*, 2016, 25(5): 417-421.
8. Greher M, Scharbert G, Kamolz LP, et al. Ultrasound-guided lumbar facet nerve block: a sonoanatomic study of a new methodologic approach[J]. *Anesthesiology*, 2004, 100(5): 1242-1248.
9. Rauch S, Kasuya Y, Turan A, et al. Ultrasound-guided lumbar medial branch block in obese patients: a fluoroscopically confirmed clinical feasibility study[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2009, 34(4): 340-342.
10. Shim JK, Moon JC, Yoon KB, et al. Ultrasound-guided lumbar medial-branch block: a clinical study with fluoroscopy control[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2006, 31(5): 451-454.
11. 文传兵, 周勤, 刘慧. 超声引导腰椎脊神经后支阻滞的可行性研究[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2014, 20(8): 569-571.
12. Han SH, Park KD, Cho KR, et al. Ultrasound versus fluoroscopy-guided medial branch block for the treatment of lower lumbar facet joint pain: a retrospective comparative study[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2017, 96(16): e6655.
13. Galiano K, Obwegeser AA, Bodner G, et al. Ultrasound guidance for facet joint injections in the lumbar spine: a computed tomography-controlled feasibility study [J]. *Anesth Analg*, 2005, 101(2): 579-583.
14. Galiano K, Obwegeser AA, Walch C, et al. Ultrasound-guided versus computed tomography-controlled facet joint injections in the lumbar spine: a prospective randomized clinical trial[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2007, 32(4): 317-322.
15. 朱婷, 肖礼祖, 单莉莉, 等. 超声引导下小关节注射治疗腰椎小关节综合征[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2015, 21(3): 202-205.
16. Ye L, Wen C, Liu H. Ultrasound-guided versus low dose computed tomography scanning guidance for lumbar facet joint injections: same accuracy and efficiency[J]. *BMC Anesthesiol*, 2018, 18(1): 160.
17. Greher M, Moriggl B, Peng PW, et al. Ultrasound-guided approach for L5 dorsal ramus block and fluoroscopic evaluation in unpreselected cadavers [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2015, 40(6): 713-717.
18. Chou R, Atlas SJ, Stanos SP, et al. Nonsurgical interventional therapies for low back pain: a review of the evidence for an American Pain Society clinical practice guideline [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(10): 1078-1093.
19. 周宝丽, 张燕伟. 药物注射治疗腰椎间盘突出症研究现状[J]. *武警后勤学院学报(医学版)*, 2018, 184(1): 89-94+98.
20. Zhang GL, Zhen P, Chen KM, et al. Application of selective nerve root blocks in limited operation of the lumbar spine[J]. *Zhongguo Gu Shang*, 2014, 27(7): 601-604.
21. Galiano KI, Obwegeser AA, Bodner G, et al. Real-time sonographic imaging for periradicular injections in the lumbar spine: a sonographic anatomic study of a new technique [J]. *J Ultrasound Med*, 2005, 24(1): 33-38.
22. Loizides A, Gruber H, Peer S, et al. Ultrasound guided versus CT-controlled paravertebral injections in the lumbar spine: a prospective randomized clinical trial[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2013, 34(2): 466-470.
23. Kim YH, Park HJ, Moon DE. Ultrasound-guided paravertebral injection in the lumbar spine: a comparative study of the paramedian sagittal and paramedian sagittal oblique approaches[J]. *Pain Pract*, 2015, 15(8): 693-700.
24. Sato M, Simizu S, Kadota R, et al. Ultrasound and nerve stimulation-guided L5 nerve root block [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34(24): 2669-2673.
25. Kim D, Choi D, Kim C, et al. Transverse process and needles of medial branch block to facet joint as landmarks for ultrasound-guided selective nerve root block[J]. *Clin Orthop*

- Surg, 2013, 5(1): 44-48.
26. Wan Q, Wu S, Li X, et al. Ultrasonography-guided lumbar periradicular injections for unilateral radicular pain [J]. *Biomed Res Int*, 2017, 2017: 8784149.
27. Chumnanvej S, Kittayapirom K, Chumnanvej S. Visualization of Needle-Tip localization by ultrasound guidance with contrast bubble in lumbar selective nerve root block: clinical pilot study[J]. *World Neurosurg*, 2018, 111: e418-e423.
28. Eckel TS, Bartynski WS. Epidural steroid injections and selective nerve root blocks[J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2009, 12(1): 11-21.
29. Tecer D, Adiguzel E, Tan AK, et al. Role of magnetic resonance imaging in ascertaining the success of transforaminal epidural steroid injection for lumbar radicular pain [J]. *Pain Med*, 2017, 18(4): 645-650.
30. Sariyildiz MA, Batmaz I, Yazmalar L, et al. The effectiveness of transforaminal epidural steroid injections on radicular pain, functionality, psychological status and sleep quality in patients with lumbar disc herniation[J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2017, 30(2): 265-270.
31. Gofeld M, Bristow SJ, Chiu SC, et al. Ultrasound-guided lumbar transforaminal injections: feasibility and validation study[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(9): 808-812.
32. Yang G, Liu J, Ma L, et al. Ultrasound-guided versus fluoroscopy-controlled lumbar transforaminal epidural injections: a prospective randomized clinical trial[J]. *Clin J Pain*, 2016, 32(2): 103-108.
33. Park Y, Lee JH, Park KD, et al. Ultrasound-guided vs fluoroscopy-guided caudal epidural steroid injection for the treatment of unilateral lower lumbar radicular pain: a prospective, randomized, single-blind clinical study[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2013, 92(7): 575-586.
34. Park KD, Kim TK, Lee WY, et al. Ultrasound-guided versus fluoroscopy-guided caudal epidural steroid injection for the treatment of unilateral lower lumbar radicular pain: case-controlled, retrospective, comparative study[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2015, 94(50): e2261.
35. 付强, 刘彦斌, 李军, 等. 超声容积导航技术引导椎间孔镜穿刺技术的应用[J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36(1): 1-8.
36. 邱鹏程, 潘略韬, 邱鹏远, 等. 超声引导下脊柱内镜治疗腰椎间盘突出症的临床研究[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2017, 23(11): 861-864.
37. Menacé C, Choquet O, Abbal B, et al. Comparison of a GPS needle-tracking system, multiplanar imaging and 2D imaging for real-time ultrasound-guided epidural anaesthesia: a randomized, comparative, observer-blinded study on phantoms[J]. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2017, 36: 83-89.
38. Moulton E, Ungi T, Welch M, et al. Ultrasound-guided facet joint injection training using Perk Tutor [J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2013, 8(5): 831-836.
39. Ramlogan R, Niazi AU, Jin R, et al. A virtual reality simulation model of spinal ultrasound: role in teaching spinal sonoanatomy[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2017, 42(2): 217-222.
40. Kwon SY, Hong SH, Kim ES, et al. The efficacy of lumbosacral spine phantom to improve resident proficiency in performing ultrasound-guided spinal procedure[J]. *Pain Med*, 2015, 16(12): 2284-2291.
41. Sutherland C, Hashtrudi-Zaad K, Abolmaesumi P, et al. Towards an augmented ultrasound guided spinal needle insertion system [J]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2011, 2011: 3459-3462.

(收稿日期:2019-05-23 末次修回日期:2019-09-20)

(本文编辑 姜雅浩)