

综述

腰椎融合术后骶髂关节疼痛的临床研究现状

Advancement of sacroiliac joint pain following lumbar fusion surgery

许 舜, 张 帆, 吕飞舟

(复旦大学附属华山医院 200040 上海市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.04.13

中图分类号: R687.3, R619 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2017)-04-0372-05

在过去数十年中,腰椎融合术在脊柱外科广泛开展,用于治疗退变性腰椎间盘突出、腰椎管狭窄症、腰椎滑脱症及脊柱畸形等疾病^[1]。随着内固定技术的进步及内固定材料的发展,腰椎融合术的成功率得以大大提高,但仍存在着 5%~30% 的失败率^[2],且有部分患者在术后会残留持续性腰部疼痛和下肢麻木症状,或在术后出现新发的与术前不完全相同的疼痛症状。这种腰椎、腰骶部或下肢远端术后新发或残留的疼痛被称为腰椎手术失败综合征^[3]。邻近节段退变是脊柱融合手术主要的远期并发症,由于融合手术改变了脊柱的生物力学特性,会导致相邻节段出现新的退变^[4,5]。骶骨是脊柱的末尾节段,与髌骨相互连接共同组成骶髂关节。当腰椎融合手术涉及骶骨时,骶髂关节会出现代偿性的应力增加、活动范围增大、退变加速,并由此产生相应症状。有研究者指出,骶髂关节可能是腰椎融合术后腰骶部持续性疼痛的来源^[6,7]。然而,目前关于腰椎融合术后骶髂关节疼痛的发病原因、流行病学特征、临床表现等诸多问题尚未明确,诊断也较为困难。因此,笔者对已有文献进行综述,以期加深对该疾病的认识,为其诊断和治疗提供参考。

1 骶髂关节的解剖特点

骶髂关节由骶骨的上 3 节骶椎与髌骨的耳状关节面连接而成,平均表面积约 17.5cm²,但仅前 1/3 是滑膜关节,其余则由复杂的韧带结构相互连接^[8]。由于骶髂关节后方关节囊有先天性的缺失或发育不良^[9],因而此处的韧带结构明显加强,它们与邻近的肌肉和筋膜共同固定和限制关节活动,维持关节的稳定,传导和平衡躯干至下肢的应力。由于骶髂关节结构特殊,并需承受躯体的巨大应力,因而在腰痛的发生过程中扮演了重要角色。

有研究指出,骶髂关节后方的神经支配主要来自 L4~S3 神经后支的外侧支^[8]。此外,还有研究发现 L3 和 S4 神经也参与了该区域的支配^[10]。但骶髂关节前方的神经支

配目前还不是十分清楚。有研究发现可能是 L5~S2 神经的前支组成了骶髂关节前方的神经支配^[11]。还有些学者认为骶髂关节前方缺乏神经支配^[12]。在骶髂关节受到各种生理和病理性刺激后,首先出现关节稳定性和活动度的改变,进而关节及其周围组织所受应力发生变化,最终导致相应部位的病理性改变并激活组织中的伤害感受器,通过上述感觉神经纤维传导至中枢神经系统,表现出各种不同的临床症状和体征^[13]。

2 腰椎融合术后骶髂关节疼痛的原因

造成腰椎融合术后骶髂关节疼痛的原因可能主要有以下三个:术后骶髂关节机械应力的增加、自体髌骨植骨、术前骶髂关节综合征的误诊^[14]。

2.1 术后骶髂关节机械应力的增加

既往在腰椎融合术后邻近节段退变的研究中反复证实,腰椎融合内固定术改变了脊柱的运动和生物力学特征,术后邻近节段活动代偿性增大,应力增加^[4,5]。Frymoyer 等^[15]认为这一理论同样可以解释腰椎融合术后骶髂关节的退变,特别是在包含腰骶融合的病例中,骶髂关节就是融合椎体的邻近节段,融合后机械性负载转移至骶髂关节。Ha 等^[16]的研究发现,融合至 S1 的患者比融合至 L5 的患者更容易出现骶髂关节退变。DePalma 等^[17]利用骶髂关节阻滞治疗腰骶融合后出现腰部疼痛的患者,治疗效果明显优于未进行腰骶融合的手术患者。还有一些研究发现,融合术后骶髂关节疼痛的发生率与融合节段的数量有关。例如,Unoki 等^[18]最近发现,多节段融合可以增加术后骶髂关节疼痛的风险。Ivanov 等^[19]也利用脊柱-骨盆的有限元模型证明融合节段的数量与术后骶髂关节所受的应力有关。目前,腰椎融合术后脊柱和骨盆的矢状位形态与术后骶髂关节疼痛的关系也受到了关注。研究发现,术后发生骶髂关节疼痛的患者与未发生骶髂关节疼痛的患者相比,拥有更大的骨盆倾斜角 (pelvic tilt),更小的髌骨倾斜角 (sacral slope) 和更小的腰椎前凸 (lumbar lordosis),上述因素可能导致骶髂关节所受的应力增大^[20,21]。

2.2 自体髌骨植骨

取自体髌骨植骨术也是腰椎融合术后出现骶髂关节

第一作者简介:男(1990-),博士在读,研究方向:脊柱外科

电话:(021)52887136 E-mail:xus16@fudan.edu.cn

通讯作者:吕飞舟 E-mail:lufei Zhou@hotmail.com

疼痛的潜在原因之一。Ebrahim 等^[22]的研究发现,在靠近骶髂关节滑膜处取自体髂骨会增加骶髂关节内表面的破损概率,从而加速骶髂关节变性,并产生疼痛。Ha 等^[16]注意到同一患者两侧的骶髂关节,取松质骨的一侧退变更为显著。还有一些研究表明,取自体髂骨植骨可能会导致骨盆的不稳,并且对骶髂关节产生一些负面的影响^[23,24]。但是,也有许多学者对此持不同意见。Katz 等^[25]发现腰椎融合术后腰部疼痛与取自体髂骨植骨没有明确的相关性,因髂骨取骨造成骶髂关节损伤的可能性并不大。Liliang 等^[26]的研究也同样证实了髂骨取骨与腰椎术后骶髂关节疼痛无关。

2.3 术前骶髂关节综合征的误诊

由于骶髂关节综合征引起的腰部疼痛被误诊,或者是腰椎病变和骶髂关节综合征同时存在,导致单纯的腰椎融合手术并不能解除这类患者腰部疼痛的症状。Sembrano 和 Polly 的研究发现,腰痛患者中 14.5%伴有骶髂关节的病理改变^[27]。在另一项研究中,Weksler 等^[28]发现,部分椎间盘突出伴有腰痛的患者,在试验性的骶髂关节阻滞注射后,他们的 VAS 评分有明显的改善,提示这些患者合并有骶髂关节的病变。因而,骶髂关节综合征的误诊可能也是导致腰椎融合术后骶髂关节疼痛不可忽视的原因,且由此造成的骶髂疼痛的主要特征是在腰椎融合术后患者的症状并不会得到改善。

3 腰椎融合术后骶髂关节疼痛的流行病学

目前尚无关于腰椎融合术后发生骶髂关节疼痛的流行病学调查,我们仅能从一些已知的文献中做简单的推测。Magine 和 Planchon 在 61 例腰椎融合术后出现持续性腰部疼痛的患者中发现,有 14 例患者的疼痛来源于骶髂关节^[29]。基于这一研究,我们可以推测出腰椎融合术后骶髂关节疼痛的发病率为 23%。DePalma 等^[17]在对 28 例腰椎融合术后发生腰部疼痛的病例进行研究时发现,有 12 例(43%)患者的疼痛症状来自骶髂关节,且在这 12 例患者中有 10 例做了腰骶椎的融合。Liliang 等^[26]研究了 130 例腰椎融合术后出现慢性腰部疼痛的患者,通过骶髂关节疼痛激发试验,筛选出了 52 例试验阳性的患者,之后对这些患者进行了骶髂关节诊断性的封闭实验,最后确诊 21 例(16%)患者患有骶髂关节疼痛。基于以上的报道,腰椎融合术后骶髂关节疼痛的发生率应该在 16%~43%。

4 腰椎融合术后骶髂关节疼痛的诊断

4.1 临床表现

以往的研究并未发现腰椎融合术后骶髂关节疼痛有特异性临床表现。因而,要通过下肢疼痛的放射部位来区分骶髂关节疼痛和其他疾病十分困难。Slipman 等^[30]研究了 50 例确诊为骶髂关节疼痛患者症状的特征,发现有 94%的患者疼痛症状会放射至臀部,72%的患者会放射至腰部,50%的患者会放射至下肢,14%的患者会放射至腹股沟区域,此外还有 6%和 2%的患者疼痛放射至背部和腹

部。Kurosawa 等^[31]则认为,骶髂关节的疼痛主要来源于关节后方的韧带区域,且具体的症状与后方韧带结构受累的位置密切相关。而在 Liliang 等^[26]的研究中,有 67%被诊断为腰椎融合术后骶髂关节疼痛的患者疼痛的部位与术前不同,这可能是腰椎融合术后骶髂关节疼痛患者的共同特征。

4.2 体格检查

骶髂关节疼痛的诊断目前仍然十分困难。有数十种体格检查的方法可能有助于骶髂关节疼痛的诊断。包括 Patrick 试验、Yeoman 试验、Gaenslen 试验、Gillet 试验、髋关节挤压试验、髂骨按压试验、髋过伸试验和抗阻力外展下肢试验^[12]。然而,这些疼痛激发试验往往对骶髂关节周围的各种复杂结构同时给予刺激^[4],因而特异性差。诸如髂腰韧带或梨状肌都不能被排除是疼痛的潜在来源^[32,33]。且有研究已经证实并没有特异性的体格检查可以帮助精确地诊断骶髂关节疼痛^[27,34]。Dreyfuss 等^[35]发现有 20%无症状骶髂关节退变的成年人在使用 3 种骶髂关节疼痛激发试验后会有阳性发现。Slipman 等^[36]也报道了基于三项疼痛激发试验诊断出的骶髂关节疼痛阳性预测值为 60%。而 Broadhurst 和 Bond 的研究结果显示三种骶髂关节疼痛激发试验诊断骶髂关节疼痛的敏感性为 77%~87%^[37]。虽然目前还没有针对腰椎融合术后骶髂关节疼痛的特异性体格检查,但是联合使用三种及以上的体格检查方法可能会对诊断有所帮助。

4.3 影像学检查

目前,尚无一种影像学检查可以稳定地识别出骶髂关节退变。骶髂关节 X 线片是常用的骶髂关节影像学检查,但是它能够提供的信息较为有限。Jurik^[38]发现,单纯应用 X 线诊断的敏感性和特异性很低,甚至可能会延误骶髂关节炎的治疗。

CT 平扫对骨质的改变更为敏感。在一项回顾性研究中,Elgafy 等^[39]基于患者 CT 上的骨质硬化、磨损以及骶髂关节间隙变窄等阳性指标对患者进行了初步的骶髂关节疼痛的诊断,但经过骶髂关节阻滞试验验证后发现,基于 CT 的诊断敏感性和特异性分别只有 58%和 69%。

MRI 可以在 CT 图像出现改变之前检测到骨质的水肿,且 MRI 还可以检测到骶髂关节的滑膜炎以及关节外软组织的损伤,如韧带、肌腱、筋膜或其他慢性软组织损伤。有许多研究指出,短 T1 反转恢复成像(STIR)能够更好地显示早期的骨髓水肿,对诊断骶髂关节疼痛有重要的指导作用^[40]。尽管如此,仍然有些学者认为 MRI 对骶髂关节疼痛的诊断并没有帮助^[41]。

骨扫描也曾被应用于骶髂关节疼痛的诊断,有研究者发现在确诊骶髂关节综合征的患者中,骨扫描诊断的敏感性分别只有 46.1%^[42]和 12.9%^[43],特异性分别为 89.5%和 100%,因而骨扫描用作骶髂关节疼痛诊断的影像学检查可能并不合适。

早在 20 世纪 80 年代末期就有学者报道 SPECT 在骶

骶髂关节病变的识别和定位方面比 X 线平片更加敏感^[44]。在近年来的研究中, Cusi 等^[45]联合运用 SPECT 和 CT 对骶髂关节病变的患者进行诊断, 敏感性和特异性分别为 95% 和 99%。Tofuku 等^[46]的研究也发现, 联合运用 SPECT 和 CT 不仅能诊断骶髂关节变性, 而且混合图像上信号的强度与关节变性的程度有关, 因而还可以用于指导治疗和判断预后。

5 腰椎融合术后骶髂关节疼痛的治疗

目前对于腰椎融合术后骶髂关节疼痛的治疗尚无统一标准, 当前的治疗手段主要包括保守治疗和手术治疗两种。

5.1 保守治疗

非甾体类抗炎药是治疗骶髂关节疼痛的首选药物, 该类药物可以减轻患者的疼痛症状, 并在一定程度上消除炎症反应。同时, 抗抑郁药物也可能对腰椎融合术后骶髂关节疼痛有一定的帮助。除药物以外, 骨盆带对骶髂关节疼痛同样有效, 它可以有效限制患者骶髂关节运动, 改善患者的疼痛症状^[47]。康复治疗在改善骶髂关节疼痛、维持关节稳定方面有积极作用。康复治疗强调维持骨盆稳定, 恢复身体正常姿势和肌肉动态平衡, 并纠正异常步态^[48]。当患者被检出存在骨盆运动不协调之后, 可以通过物理治疗针对性地重点拉伸和强化功能较弱的肌肉, 进而达到缓解骶髂关节疼痛的目的。Mooney 等^[49]通过肌电图发现, 骶髂关节疼痛患者在其骶髂关节病变同侧的臀大肌和对侧的背阔肌存在异常的过度运动, 通过针对性的锻炼后, 患者疼痛症状可以得到较好的缓解。在众多保守治疗方案中, 骶髂关节内注射激素和麻醉剂具有很好的疗效。Liliang 等^[50]报道约有 66.7% (26/39) 的患者在接受骶髂关节封闭治疗后疼痛得到了极大的改善, 且疗效持续时间较长, 其中有 12 例患者接受过腰椎融合手术, 5 例患者对封闭治疗敏感; 其余 27 例接受封闭治疗的患者中, 有 21 (78%) 例患者的症状得到了改善。对比发现骶髂关节封闭对于有腰椎融合病史的患者疗效较差。增生疗法和射频神经切断术也曾被用于骶髂关节疼痛的治疗, 且有较好的效果^[51, 52], 但是尚无研究报道上述两种方法对于腰椎融合术后骶髂关节疼痛的治疗效果。此外, 还有文献报道利用神经增强技术治疗骶髂关节疼痛, 也取得了较好的疗效。例如, Calvillo 等^[53]在 2 例腰椎融合术后发生骶髂关节疼痛患者的第三骶神经根处植入神经假体, 并在术后对其进行持续刺激从而达到缓解疼痛的目的。

5.2 手术治疗

在对骶髂关节疼痛患者实施手术治疗之前, 需要通过骶髂关节封闭试验明确疼痛的来源, 并排除合并腰椎疼痛来源的患者, 且经积极的保守治疗无效果的患者再选择手术治疗时也必须十分慎重。手术的方法主要包括融合固定和动力性固定两种方式, 其中融合手术又可以分为开放和微创两种。骶髂关节的开放性手术有前后两种入路, 其

中前入路对关节周围软组织的破坏较小, 手术效果显著^[5]。然而, 有研究报道开放性骶髂关节融合术后严重并发症的发生率为 6%^[54]和 25%^[55]。近期, 微创技术开始被大量应用于骶髂关节融合^[56]。Buchowski 等^[54]的研究评估了 20 例行开放性骶髂关节融合术患者的治疗效果, 在这 20 例患者中, 有 15 例有至少 1 次脊柱手术史, 有 8 例行腰骶椎的融合, 术后这些患者的疼痛和功能都得到了改善。Schutz 和 Grob 在一项回顾性研究中发现, 双侧骶髂关节开放性融合手术的疗效较差, 17 例患者中 8 例有腰骶椎融合病史, 最终 82% 的患者对手术效果不满意, 65% 的患者接受再次手术^[55]。在 Wise 和 Dall 的研究中, 利用表面涂有人重组骨形态发生蛋白-2 (rhBMP-2) 的螺纹钛笼, 对 13 例患者进行微创的骶髂关节融合, 其中有 8 位患者接受过腰骶椎的融合手术, 这些患者术后症状得到了极大的缓解, 整体融合的成功率为 89%^[56]。Khurana 等^[57]利用空心拉力螺钉对 15 例患者进行了微创骶髂关节融合, 其中 6 例患者有脊柱手术病史, 87% 的患者最后取得了良好的治疗效果, 所有患者成功融合且无术后并发症。目前, 尚无研究比较不同手术方法融合的成功率以及疗效之间的差异, 也没有专门针对腰椎融合术后骶髂关节疼痛手术治疗效果的研究。

6 小结

骶髂关节作为腰椎融合术后持续性或新发性疼痛的潜在来源受到了人们越来越多的重视。目前, 我们需要综合利用各种检查手段, 包括体格检查、影像学检查、诊断性骶髂关节封闭来对骶髂关节疼痛进行确诊。诊断明确后, 保守治疗是治疗骶髂关节疼痛的第一选择, 手术治疗骶髂关节疼痛的病例也有报道, 但是目前手术指征尚无统一标准, 且手术的疗效还有待于进一步评估。

7 参考文献

1. Deyo RA, Nachemson A, Mirza SK. Spinal-fusion surgery: the case for restraint[J]. N Engl J Med, 2004, 350(7): 722-726.
2. Fritzell P, Hagg O, Wessberg P, et al. 2001 Volvo Award Winner in Clinical Studies: Lumbar fusion versus nonsurgical treatment for chronic low back pain: a multicenter randomized controlled trial from the Swedish Lumbar Spine Study Group [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2001, 26(23): 2521-2532.
3. Cho JH, Lee JH, Song KS, et al. Treatment outcomes for patients with failed back surgery[J]. Pain Physician, 2017, 20(1): E29-E43.
4. Zhang C, Berven SH, Fortin M, et al. Adjacent segment degeneration versus disease after lumbar spine fusion for degenerative pathology: a systematic review with Meta-analysis of the literature[J]. Clin Spine Surg, 2016, 29(1): 21-29.
5. 楚野, 梁斌, 曾佳兴, 等. 腰椎退变性疾病融合术后邻近节段退变的研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(2): 175-178.
6. Rashbaum RF, Ohnmeiss DD, Lindley EM, et al. Sacroiliac

- joint pain and its treatment[J]. *Clin Spine Surg*, 2016, 29(2): 42–48.
7. Longo UG, Loppini M, Berton A, et al. Degenerative changes of the sacroiliac joint after spinal fusion: an evidence-based systematic review[J]. *Br Med Bull*, 2014, 112(1): 47–56.
8. Cohen SP. Sacroiliac joint pain: a comprehensive review of anatomy, diagnosis, and treatment[J]. *Anesth Analg*, 2005, 101(5): 1440–1453.
9. Bowen V, Cassidy JD. Macroscopic and microscopic anatomy of the sacroiliac joint from embryonic life until the eighth decade[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1981, 6(6): 620–628.
10. Murata Y, Takahashi K, Yamagata M, et al. Sensory innervation of the sacroiliac joint in rats[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2000, 25(16): 2015–2019.
11. Ikeda R. Innervation of the sacroiliac joint: macroscopic and histological studies[J]. *Nihon Ika Daigaku Zasshi*, 1991, 58(5): 587–596.
12. Fortin JD, Kissling RO, O'Connor BL, et al. Sacroiliac joint innervation and pain[J]. *Am J Orthop(Belle Mead NJ)*, 1999, 28(12): 687–690.
13. 顾海峰, 秦安, 范顺武. 骶髂关节源性下腰痛神经传导机制研究进展[J]. *国外医学(骨科学分册)*, 2005, 26(6): 41–43.
14. Yoshihara H. Sacroiliac joint pain after lumbar/lumbosacral fusion: current knowledge[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(9): 1788–1796.
15. Frymoyer JW, Howe J, Kuhlmann D. The long-term effects of spinal fusion on the sacroiliac joints and ilium [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1978, 134: 196–201.
16. Ha KY, Lee JS, Kim KW. Degeneration of sacroiliac joint after instrumented lumbar or lumbosacral fusion: a prospective cohort study over five-year follow-up[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2008, 33(11): 1192–1198.
17. DePalma MJ, Ketchum JM, Saullo TR. Etiology of chronic low back pain in patients having undergone lumbar fusion[J]. *Pain Med*, 2011, 12(5): 732–739.
18. Unoki E, Abe E, Murai H, et al. Fusion of Multiple segments can increase the incidence of sacroiliac joint pain after lumbar or lumbosacral fusion[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2016, 41(12): 999–1005.
19. Ivanov AA, Kiapour A, Ebraheim NA, et al. Lumbar fusion leads to increases in angular motion and stress across sacroiliac joint: a finite element study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34(5): E162–E169.
20. Cho DY, Shin MH, Hur JW, et al. Sagittal sacropelvic morphology and balance in patients with sacroiliac joint pain following lumbar fusion surgery[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2013, 54(3): 201–206.
21. Shin MH, Ryu KS, Hur JW, et al. Comparative study of lumbopelvic sagittal alignment between patients with and without sacroiliac joint pain after lumbar interbody fusion[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2013, 38(21): E1334–E1341.
22. Ebraheim NA, Elgafy H, Semaan HB. Computed tomographic findings in patients with persistent sacroiliac pain after posterior iliac graft harvesting[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2000, 25(16): 2047–2051.
23. St John TA, Vaccaro AR, Sah AP, et al. Physical and monetary costs associated with autogenous bone graft harvesting [J]. *Am J Orthop(Belle Mead NJ)*, 2003, 32(1): 18–23.
24. Chan K, Resnick D, Pathria M, et al. Pelvic instability after bone graft harvesting from posterior iliac crest: report of nine patients[J]. *Skeletal Radiol*, 2001, 30(5): 278–281.
25. Katz V, Schofferman J, Reynolds J. The sacroiliac joint: a potential cause of pain after lumbar fusion to the sacrum[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2003, 16(1): 96–99.
26. Liliang PC, Lu K, Liang CL, et al. Sacroiliac joint pain after lumbar and lumbosacral fusion: findings using dual sacroiliac joint blocks[J]. *Pain Med*, 2011, 12(4): 565–570.
27. Sembrano JN, Polly DJ. How often is low back pain not coming from the back[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(1): E27–E32.
28. Weksler N, Velan GJ, Semionov M, et al. The role of sacroiliac joint dysfunction in the genesis of low back pain: the obvious is not always right[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2007, 127(10): 885–888.
29. Maigne JY, Planchon CA. Sacroiliac joint pain after lumbar fusion: a study with anesthetic blocks[J]. *Eur Spine J*, 2005, 14(7): 654–658.
30. Slipman CW, Jackson HB, Lipetz JS, et al. Sacroiliac joint pain referral zones[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2000, 81(3): 334–338.
31. Kurosawa D, Murakami E, Aizawa T. Referred pain location depends on the affected section of the sacroiliac joint[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(3): 521–527.
32. Benzon HT, Katz JA, Benzon HA, et al. Piriformis syndrome: anatomic considerations, a new injection technique, and a review of the literature [J]. *Anesthesiology*, 2003, 98(6): 1442–1448.
33. Pool-Goudzwaard AL, Kleinrensink GJ, Snijders CJ, et al. The sacroiliac part of the iliolumbar ligament [J]. *J Anat*, 2001, 199(Pt 4): 457–463.
34. Ahn Y, Lee SH. Iatrogenic sacroiliac joint syndrome after percutaneous pedicle screw fixation at the L5–S1 level: case report[J]. *Neurosurgery*, 2010, 67(3): E865–E866, E866.
35. Dreyfuss P, Dryer S, Griffin J, et al. Positive sacroiliac screening tests in asymptomatic adults [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1994, 19(10): 1138–1143.
36. Slipman CW, Sterenfeld EB, Chou LH, et al. The predictive value of provocative sacroiliac joint stress maneuvers in the diagnosis of sacroiliac joint syndrome [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1998, 79(3): 288–292.
37. Broadhurst NA, Bond MJ. Pain provocation tests for the assessment of sacroiliac joint dysfunction[J]. *J Spinal Disord*,

- 1998, 11(4): 341-345.
38. Jurik AG. Technique and radiation dose of conventional X-rays and computed tomography of the sacroiliac joint [J]. *Radiologe*, 2004, 44(3): 229-233.
39. Elgafy H, Semaan HB, Ebraheim NA, et al. Computed tomography findings in patients with sacroiliac pain[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, 382: 112-118.
40. Bredella MA, Steinbach LS, Morgan S, et al. MRI of the sacroiliac joints in patients with moderate to severe ankylosing spondylitis [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 187 (6): 1420-1426.
41. Tuite MJ. Facet joint and sacroiliac joint injection[J]. *Semin Roentgenol*, 2004, 39(1): 37-51.
42. Maigne JY, Boulahdour H, Chatellier G. Value of quantitative radionuclide bone scanning in the diagnosis of sacroiliac joint syndrome in 32 patients with low back pain [J]. *Eur Spine J*, 1998, 7(4): 328-331
43. Slipman CW, Sterenfeld EB, Chou LH, et al. The value of radionuclide imaging in the diagnosis of sacroiliac joint syndrome[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1996, 21(19): 2251-2254.
44. Lusins JO, Danielski EF, Goldsmith SJ. Bone SPECT in patients with persistent back pain after lumbar spine surgery [J]. *J Nucl Med*, 1989, 30(4): 490-496.
45. Cusi M, Saunders J, Van der Wall H, et al. Metabolic disturbances identified by SPECT-CT in patients with a clinical diagnosis of sacroiliac joint incompetence [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(7): 1674-1682.
46. Tofuku K, Koga H, Komiya S. The diagnostic value of single-photon emission computed tomography/computed tomography for severe sacroiliac joint dysfunction [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(4): 859-863.
47. Vleeming A, Buyruk HM, Stoeckart R, et al. An integrated therapy for peripartum pelvic instability: a study of the biomechanical effects of pelvic belts [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 1992, 166(4): 1243-1247.
48. Slipman CW, Whyte WN, Chow DW, et al. Sacroiliac joint syndrome[J]. *Pain Physician*, 2001, 4(2): 143-152.
49. Mooney V, Pozos R, Vleeming A, et al. Exercise treatment for sacroiliac pain[J]. *Orthopedics*, 2001, 24(1): 29-32.
50. Liliang PC, Lu K, Weng HC, et al. The therapeutic efficacy of sacroiliac joint blocks with triamcinolone acetonide in the treatment of sacroiliac joint dysfunction without spondyloarthropathy[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(9): 896-900.
51. Cusi M, Saunders J, Hungerford B, et al. The use of prolotherapy in the sacroiliac joint[J]. *Br J Sports Med*, 2010, 44(2): 100-104.
52. Speldewinde GC. Outcomes of percutaneous zygapophysial and sacroiliac joint neurotomy in a community setting [J]. *Pain Med*, 2011, 12(2): 209-218.
53. Calvillo O, Esses SI, Ponder C, et al. Neuroaugmentation in the management of sacroiliac joint pain: report of two cases [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1998, 23(9): 1069-1072.
54. Buchowski JM, Kebaish KM, Sinkov V, et al. Functional and radiographic outcome of sacroiliac arthrodesis for the disorders of the sacroiliac joint[J]. *Spine J*, 2005, 5(5): 520-529.
55. Schutz U, Grob D. Poor outcome following bilateral sacroiliac joint fusion for degenerative sacroiliac joint syndrome [J]. *Acta Orthop Belg*, 2006, 72(3): 296-308.
56. Wise CL, Dall BE. Minimally invasive sacroiliac arthrodesis: outcomes of a new technique[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21(8): 579-584.
57. Khurana A, Guha AR, Mohanty K, et al. Percutaneous fusion of the sacroiliac joint with hollow modular anchorage screws: clinical and radiological outcome [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2009, 91(5): 627-631.

(收稿日期:2016-12-21 末次修回日期:2017-02-22)

(本文编辑 卢庆霞)