

文章编号 1006-8147(2015)03-0275-03

综述

脊柱融合术后假关节形成的影像学评估进展

吕波 综述,徐富河 审校

(天津市红桥医院骨科,天津 300134)

关键词 脊柱;融合;影像学;假关节

中图分类号 R681.5

文献标志码 A

自1911年Albee^[1]和Hibbs^[2]引入脊柱融合术治疗脊柱结核距今已有一个多世纪。自此以后,脊柱融合术已成为治疗脊柱退行性病变、脊柱畸形、脊柱创伤以及一系列其他脊柱疾病的主要治疗方法。但脊柱融合术失败导致假关节仍是脊柱外科术后常见的并发症^[3]。虽然内固定以及不断优化的骨移植物的使用明显提高了融合率,然而假关节形成仍然是个突出问题。由于融合节段、手术入路、融合材料、内固定器械、病人一般状况以及随访时间的不同,文献报道中的假关节形成的发病率为0%~56%不等^[4-6]。在所有假关节病人中,已报道有50%的病例无临床症状,这使得仅仅依靠临床症状对此病诊断十分困难^[7]。在术后早期(1~3年)通过射线影像显示的不融合结果并不会影响病人的最终预后^[8]。然而,术后长期随访来看(5年以上),许多通过影像学检查显示的假关节患者预后欠佳,并需要进一步干预^[9]。评估脊柱融合及假关节形成用到许多不同的影像技术,如平片、CT、MRI、骨扫描、放射立体照相测量分析^[9],但没有一种评估方法最完美。虽然术中探查仍然是诊断假关节的金标准^[3],但使用无创方法来评估融合状况则更能被普遍接受。本文目的是针对颈椎和腰椎融合及假关节形成的常用影像学方法作一概述,并分析每种影像学方法的优缺点,供脊柱外科医师和相关研究者参考。

1 分类

Heggeness等^[10]根据拟融合节段影像学表现,把脊柱假关节分为4类:萎缩型、横向型、片状型以及混合型。萎缩型在所有分型中是最严重的,包括融合部位整体萎缩和移植骨吸收;混合型最少,以融合区存在多个临近的骨缺损为特征;片状型存在大量成熟的移植骨但融合区存在缺损,移植骨间接通过矢状面,融合区形成洋葱皮状表现;横向型最常见,存在大量活性重建骨,与融合临近面持续相连,该区水平或横向不连续^[10]。这种分类的理念是为了将来评估多种融合技术和假关节的不同类型。然而,这一分类系统并没有得到广泛地临床应用。

2 静态位X线检查

通常在随访中用平片来评估融合与假关节状况。为此,96%的外科医生在颈椎ACDF术后使用前后正位、侧位片作为常规随访检查手段^[11]。尽管正侧位平片主要用于排除内固定失败或者脊柱序列失衡问题,这项检查还是提供了一些融合进展及假关节的信息。植骨界面之间逐渐变得不透明或桥接的骨小梁通过,都可以判断融合,此表现可在术后的6~12周看到,在愈合的早期阶段通常会出现骨吸收^[12]。融合界面

中出现任何透亮线都可以诊断是假关节形成,其他不融合症状包括进行性椎体沉降或畸形。植入物周围射线透射增加或周围光晕说明有内置物松动,但CT通常看得更清楚。迟发内固定失败导致持续内固定应力负荷增加以及假关节形成。

大多数情况下,体内使用内固定给影像评估带来困难。事实上,在假阴性率比较高的研究中证明平片诊断与手术探查的一致性只有43%~82%,这使得平片对检查假关节并不敏感^[5,9,13]。

3 动力位X线检查

动力位片(侧位过伸过屈位)可以为评估融合及假关节状况提供进一步有效信息。例如,近一半的外科医生在颈椎ACDF术后例行随访中检查过伸过屈位片^[11]。FDA发布了融合与否的影像学指南:腰椎平移小于3mm,角度小于5°。对颈椎融合的测量没有给出具体的衡量标准。然而,此标准仍然存在争议,比如没有指明屈伸活动度多少及什么类型的活动出现此标准才能表明是不融合;另外,在融合术过程中越来越多的使用内固定,这意味着不活动并不一定表明骨性融合^[3]。

通过Cobb屈伸角度的变化可以评估移动。但是这种方法却由于移动程度太细微而无法精确测定。因此,关于不融合的角度标准问题仍然存在争议;对腰椎融合来说,Kuslich等^[14]建议标准:角度变化超过7°表明不融合,角度变化少于3°表明融合,角度变化区于3°到7°表明不确定融合状态,还有学者认为不融合角度应为大于5°^[15]。在颈椎中,角度变化超过2°则普遍认定为不融合^[16-18]。Cannada等^[18]在研究中报道,这一方法的特异性为39%,敏感性为82%。观察者间对动态影像的评估一致性较低。由Taylor等^[19]在2007年的一项颈椎融合研究中,3个放射科医生、3个骨科医生和1个神经外科医生间一致性的Kappa统计值为0.17。

由于利用Cobb角方法评估融合的缺陷,Cannada等^[18]提出采用在动力位平片上测量任意相邻棘突间距的变化方法进行评价,如果这一距离变化大于2mm就提示不融合,这一方法的特异性为89%,敏感性为91%,在不同观察者间的一致性 α 值为0.95。

计算机定量动态分析是用上述标准,在过伸过屈位平片上评估确切融合的方法。这些特定程序是在用户输入过伸过屈位平片后采用模式匹配软件进行评估的,这种方法大大提高了不同观察者之间的一致性和准确性^[17]。在2011年,Ghiselli等^[17]通过与开放手术探查对比,利用计算机技术评估颈椎融合的各种标准,发现椎间角度变化小于1°的标准最接近确切融合的真实状况。而Bono等^[20]采用复合模型模拟腰椎活动,最终得出结论,在众多不同方法评估中,小于4.1°活动度可以预测腰椎融合。

总的来看,计算机分析平片上成角的变化是最优判断脊

作者简介 吕波(1963-),男,副主任医师,研究方向:骨科;E-mail: anke_tj@126.com。

柱融合的方法,除此之外,测量棘突间距的变化方法也是评估假关节的可靠方法,它比 Cobb 角变化评估更准确^[21-22]。尽管矢状面位置变化距离也通常是评估融合的方法,但相对于比角度变化评估融合敏感性更差,有学者已经建议椎间活动度在 2~5 mm 可以诊断不融合^[23]。

最近,有学者质疑术后常规平片检查的实用价值,因为 X 线片给患者增加不必要的放射暴露,提高医疗花费,但对于治疗指导价值却十分有限^[24-25]。有研究发现,单独平片检查仅对 0.9% 门诊无症状患者产生治疗方案的改变,增加的治疗费用却高达 35 000 美元^[24]。另一方面,即使在少数患者中发生误诊也会产生巨大的潜在危害,同时充满诉讼纠纷的医疗环境也不得不让我们对此提高警惕。虽然平片检查的确有较差的特异性,但高敏感性与费用低使其成为有效而重要的影像检查手段^[16,18]。

4 计算机断层成像

CT 现在被认为是诊断脊柱融合的金标准,另外也用于在平片检查中不能明确判断骨桥的病例^[17]。有学者建议在融合术后 3、6、12、24 个月或者在明确融合前进行 CT 检查^[26],而大多数医生并不进行如此规律的检查,直至临床症状怀疑出现假关节^[11,27]。

CT 上融合指标包括融合节段的骨小梁通过及透亮带消失。内置物沉降、终板囊性变及内置物周围光晕(提示松动),都是不融合的重要表现^[26]。因为 CT 在显示有无骨桥方面更有优势,使得比平片更好地判断骨性融合。

在许多研究中发现,CT 表现与术中探查结果的相关性强于平片检查^[5,11,28-29]。2008 年, Buchowski 等^[13]在颈椎前路融合术研究中发现,CT 检查与手术中探查诊断吻合率为 78.6%~85.7%,观察者之间一致性的 Kappa 值为 0.81;而平片检查吻合率为 71.4%~92.8%,观察者之间一致性的 Kappa 值仅有 0.677。这一结果与 2007 年 Carreon 等^[30]的研究结果一致:CT 与术中探查诊断腰椎后外侧融合的吻合率为 74%~96%。

尽管 CT 检查有很多优势,但它还是在解读时有一定的主观性,容易产生 I 型和 II 型错误。如果把颈椎过伸过屈位活动度大于 1° 作为平片上诊断不融合的标准,CT 有相同的敏感性和阳性预测值及略低的阴性预测值^[17]。相对于平片来讲,CT 是一种更为精确的影像形式,如果通过分析软件进行分析,甚至可以看到非常细微的位置变化,但平片在假关节的诊断中仅能提供一些粗略的信息^[3]。金属植入物产生的伪影现象对于任何的先进的影像技术来讲都是一个不能回避的问题。金属的伪影可以使 CT 的成像模糊,但最新一代钛金属植入物比不锈钢的伪影显著减小。而 CT 产生的金属伪影显著地小于 MRI。CT 操作软件的进步能够进一步对影像重建参数进行选择,使金属植入物产生的伪影最小化^[31]。以前评估神经结构受压迫情况时,CT 造影具有巨大优势,能非常清楚的显示如融合、植入物及狭窄等细节情况。

CT 的缺点是射线暴露及相关的费用问题。有研究预测,一次颈椎 CT 检查所释放的有效放射量大致相当于 55 张胸片,胸椎 CT 检查的有效放射量大致相当于 225 张胸片,而腰椎 CT 检查的有效放射量大致相当于 240 张^[32]。另一项研究显示颈、腰椎 CT 放射量平均为 6 mSv,相当于 300 张正位胸片(0.02 mSv)^[33]。所以,在进行 CT 检查时必须权衡此类检查手段的利弊。

5 磁共振成像

MRI 由于金属植入物产生明显的伪影以及对骨性结构

显示不佳^[3,13],因此不作为评估融合及假关节的常规手段。MRI 大多数用于检测假关节疑似病例,如果有潜在的症状残留、复发或新发的狭窄等症状时,我们考虑翻修手术的话,也需要进行 MRI 检查。另外,MRI 可以用来评估由于假关节带来的邻椎病问题。

在融合椎体相邻节段,如发现软骨下骨髓低信号强度的 T₂ 加权像或高信号强度的 T₁ 加权像提示融合;相反,高信号强度的 T₂ 加权像或低信号强度的 T₁ 加权像提示不融合^[34]。因为伪影较小,快速自旋回波序列往往显得很有价值。Buchowski 等^[13]在 2008 年也指出了这种局限性。据其报道,MRI 与术中探查所见的一致性为 66.7%,Kappa 值为 0.48。另一项研究中,一组病例使用碳纤维融合器的腰椎 PLIF 辅以后路内固定,一致性的 Kappa 值为 0.88^[35]。与传统金属器械相比,一些合成材料器械在 MRI 检查中产生的伪影更小^[25]。

总体来讲,在评估脊柱融合及假关节方面,MRI 检查不如其它影像检查方法更有价值。

6 骨扫描

单光子放射计算机断层扫描技术(SPECT)能提示脊柱的代谢活动变化,并提示可能的不融合,融合部位不断增加的生物学活动与血供可使局部吸收更多的放射标志物,在 SPECT 扫描中能发现这种变化^[36-37]。值得注意的是,由于术后 1 年内不考虑不融合,这期间之前增加的扫描量并不能诊断假关节,术后 6 个月使用这种检查假阳性率高达 50%^[38],术后 1 年之后进行扫描,标志物的增强表明持续的骨活动,因此可提示为假关节形成。这种形式在诊断假关节方面也有局限性。1998 年 Albert 等^[39]报道,与开放手术探查相比,SPECT 在诊断非融合方面的敏感度为 50%,特异性为 58%(假阳性率 48%)。

7 超声

有学者建议在诊断假关节时使用超声作为备用检测手段^[40]。Jacobson 等^[40]做了一项由 10 名患者组成的小型研究,研究者对比了后外侧融合手术患者的超声检查与翻修手术中所见,发现所有手术中判断的非融合都在术前使用超声检查出来。在超声中邻近脊柱拟融合节段间出现强回声、阴影界面即可诊断融合。另外,如果未显示桥接界面或在融合部位出现了分散的或非桥接的回声点则怀疑该病例为假关节形成。对于那些由于金属植入物而使其他影像学检查产生伪影的病例,超声技术有其明显优势。当然,因为超声检查只适用于观测脊柱后方结构,对于评估非后路融合术作用有限。

8 放射线比重测定分析(RSA)

RSA 可以提供在体脊柱活动三维成像。在初次手术中,在目的椎体上方及下方节段各植入细小的金属珠子,据此拍摄正交片,包括动力位片及计算机辅助运动分析,可以实现脊柱动态三维重建。颈椎 ACDF 术后 RSA 分析显示,80% 融合病例屈伸活动度小于 1.5°,60% 不融合病例的屈伸活动度大于 1.5°^[41]。但这一结果是根据平片对融合做出的诊断,而不是根据手术探查这一金标准。在大多数情况下,由于文献报道 RSA 的高精确性,这种检查手段更倾向于用于研究而不是临床。尽管如此,在评估颈椎前路内固定融合术和腰椎融合术中,这项技术和平片结合使用有非常良好的应用前景^[42]。

9 结论

颈腰椎术后假关节形成仍是脊柱外科临床中的难点与热点问题^[42-43]。通常,我们将临床表现结合各种影像学检查综合分析进行诊断,但没有一种影像学方法可以绝对诊断假关

节形成。相对来说,薄层 CT 和动力位平片计算机动态分析是目前最好的影像学检查手段。然而,手术探查仍是金标准的方法。尽管如此,恰当的定义融合与假关节形成并非易事,这一点对于研究与临床同样具有重大意义。

参考文献:

- [1] Albee F H. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease: a preliminary report 1911[J]. Clin Orthop Relat Res, 2007,460:14
- [2] Hibbs R A. An operation for progressive spinal deformities: a preliminary report of three cases from the service of the orthopaedic hospital[J]. Clin Orthop Relat Res, 2007,460:17
- [3] Raizman N M, O'Brien J R, Poehling-Monaghan K L, et al. Pseudarthrosis of the spine[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2009,17(8):494
- [4] Kaiser M G, Mummaneni P V, Matz P G, et al. Management of anterior cervical pseudarthrosis[J]. J Neurosurg Spine, 2009,11(2): 228
- [5] Brodsky A E, Kovalsky E S, Khalil M A. Correlation of radiologic assessment of lumbar spine fusions with surgical exploration[J]. Spine, 1991,16(6):S261
- [6] Farey I D, McAfee P C, Davis R F, et al. Pseudarthrosis of the cervical spine after anterior arthrodesis. treatment by posterior nerve-root decompression, stabilization, and arthrodesis[J]. J Bone Joint Surg Am, 1990,72(8):1171
- [7] Fischgrund J S, Mackay M, Herkowitz H N, et al. 1997 Volvo award winner in clinical studies. degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective, randomized study comparing decompressive laminectomy and arthrodesis with and without spinal instrumentation[J]. Spine, 1997,22(24):2807
- [8] Tsutsumimoto T, Shimogata M, Yoshimura Y, et al. Union versus nonunion after posterolateral lumbar fusion: a comparison of long-term surgical outcomes in patients with degenerative lumbar spondylolisthesis[J]. Eur Spine J, 2008,17(8):1107
- [9] Sugiyama S, Wullschlegel M, Wilson K, et al. Reliability of clinical measurement for assessing spinal fusion: an experimental sheep study[J]. Spine, 2012,37(9):763
- [10] Heggeness M H, Esses S I. Classification of pseudarthroses of the lumbar spine[J]. Spine, 1991,16(8 Suppl):S449
- [11] Bohl D D, Hustedt J W, Blizzard D J, et al. Routine imaging for anterior cervical decompression and fusion procedures: a survey study establishing current practice patterns[J]. Orthopedics, 2012, 35(7): e1068
- [12] Hilibrand A S, Dina T S. The use of diagnostic imaging to assess spinal arthrodesis[J]. Orthop Clin North Am, 1998,29(4):591
- [13] Buchowski J M, Liu G, Bunmaprasert T, et al. Anterior cervical fusion assessment: surgical exploration versus radiographic evaluation[J]. Spine, 2008,33(11):1185
- [14] Kuslich S D, Ulstrom C L, Griffith S L, et al. The Bagby and Kuslich method of lumbar interbody fusion. History, techniques, and 2-year follow-up results of a United States prospective, multicenter trial[J]. Spine, 1998,23(11):1267
- [15] McAfee P C, Boden S D, Brantigan J W, et al. Symposium: a critical discrepancy—a criteria of successful arthrodesis following interbody spinal fusions[J]. Spine, 2001,26(3):320
- [16] Lee C S, Chung S S, Choi S W, et al. Critical length of fusion requiring additional fixation to prevent nonunion of the lumbosacral junction[J]. Spine, 2010,35(2):E206
- [17] Ghiselli G, Wharton N, Hipp J A, et al. Prospective analysis of imaging prediction of pseudarthrosis after anterior cervical discectomy and fusion: computed tomography versus flexion-extension motion analysis with intraoperative correlation[J]. Spine, 2011,36(4):463
- [18] Cannada L K, Scherping S C, Yoo J U, et al. Pseudoarthrosis of the cervical spine: a comparison of radiographic diagnostic measures[J]. Spine, 2003,28(1):46
- [19] Taylor M, Hipp J A, Gertzbein S D, et al. Observer agreement in assessing flexion-extension X-rays of the cervical spine, with and without the use of quantitative measurements of intervertebral motion[J]. Spine J, 2007,17(6):654
- [20] Bono C M, Khandha A, Vadapalli S, et al. Residual sagittal motion after lumbar fusion: a finite element analysis with implications on radiographic flexion-extension criteria[J]. Spine, 2007,32(4):417
- [21] Kaiser M G, Mummaneni P V, Matz P G, et al. Radiographic assessment of cervical subaxial fusion[J]. J Neurosurg Spine, 2009, 11(2):221
- [22] Boustani H N, Rohlmann A, van der Put R, et al. Which postures are most suitable in assessing spinal fusion using radiostereometric analysis [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2012, 27(2):111
- [23] Kanayama M, Hashimoto T, Shigenobu K, et al. A prospective randomized study of posterolateral lumbar fusion using osteogenic protein-1 (OP-1) versus local autograft with ceramic bone substitute: emphasis of surgical exploration and histologic assessment[J]. Spine, 2006,31(11):1067
- [24] Shau D N, Bible J E, Samade R, et al. Utility of post-operative radiographs for cervical spine fusion: a comprehensive evaluation of operative technique, surgical indication, and duration since surgery [J]. Spine, 2012, 37(24):1994
- [25] Bartels R H, Beems T, Schutte P J, et al. The rationale of postoperative radiographs after cervical anterior discectomy with stand-alone cage for radicular pain[J]. J Neurosurg Spine, 2010,12 (3): 275
- [26] Williams A L, Gornet M F, Burkus J K. CT evaluation of lumbar interbody fusion: current concepts [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2005, 26(8):2057
- [27] Nouh M R. Spinal fusion—hardware construct: Basic concepts and imaging?review[J]. World J Radiol, 2012, 4(5):193
- [28] Pai V S, Hodgson B. Assessment of bony union following surgical stabilisation for lumbar spondylolysis: a comparative study between radiography and computed tomography[J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2006,14(1):17
- [29] Ploumis A, Mehdor A, Garvey T, et al. Prospective assessment of cervical fusion status: plain radiographs versus CT-scan[J]. Acta Orthop Belg, 2006,72(3):342
- [30] Carreon L Y, Djurasovic M, Glassman S D, et al. Diagnostic accuracy and reliability of fine-cut CT scans with reconstructions to determine the status of an instrumented posterolateral fusion with surgical exploration as reference standard[J]. Spine, 2007,32(8):892
- [31] Stradiotti P, Curti A, Castellazzi G, et al. Metal-related artifacts in instrumented spine. Techniques for reducing artifacts in CT and MRI: state of the art[J]. Eur Spine J, 2009,18(Suppl 1):S102
- [32] Biswas D, Bible J E, Bohan M, et al. Radiation exposure from musculoskeletal computerized tomographic scans [J]. J Bone Joint Surg Am, 2009,91(8):1882
- [33] Fazel R, Krumholz H M, Wang Y, et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures[J]. N Engl J Med, 2009, 50 (6): 1526
- [34] Lee C, Dorcil J, Radomisl T E. Nonunion of the spine: a review[J]. Clin Orthop Relat Res, 2004(49):71
- [35] Kroner A H, Eyb R, Lange A, et al. Magnetic resonance imaging evaluation of posterior lumbar interbody fusion[J]. Spine, 2006,31 (12): 1365
- [36] Rager O, Amzalag G, Varoquaux A, et al. SPECT-CT assessment of pseudarthrosis after spinal fusion: diagnostic pitfall due to a broken screw[J]. Case Rep Orthop, 2013,2013:502517
- [37] Rager O, Schaller K, Payer M, et al. SPECT/CT in differentiation of pseudarthrosis from other causes of back pain in lumbar spinal fusion: report on 10 consecutive cases[J]. Clin Nucl Med, 2012, 37(4):339
- [38] Lin P M. Posterior lumbar interbody fusion technique: Complications and pitfalls[J]. Clin Orthop Relat Res, 1985,193:90
- [39] Albert T J, Pinto M, Smith M D, et al. Accuracy of SPECT scanning in diagnosing pseudoarthrosis: a prospective study[J]. J Spinal Disord, 1998,11(3):197
- [40] Jacobson J A, Starok M, Pathria M N, et al. Pseudarthrosis: US evaluation after posterolateral spinal fusion: work in progress [J]. Radiology, 1997, 204(3):853
- [41] Park S, Fayyazi A H, Ordway N R, et al. Correlation of radiostereometric measured cervical range of motion with clinical radiographic findings after anterior cervical discectomy and fusion [J]. Spine, 2009,34(7):680
- [42] Lee M J, Dettori J R, Standaert C J, et al. Indication for spinal fusion and the risk of adjacent segment pathology: does reason for fusion affect risk. A systematic review[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37 (22 Suppl):S40
- [43] Alsaleh K A, Tougas C A, Roffey D M, et al. Osteoconductive bone graft extenders in posterolateral thoracolumbar spinal fusion: a systematic review[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012,37(16):E993

(2014-12-11 收稿)