

·非血管介入 Non vascular intervention·

旋转 DSA 的软组织断层重建技术在经皮椎体成形术后并发症诊断中的价值

顾一峰, 吴春根, 程永德, 李 敏, 王 珏, 张培蕾, 杜倬婴, 李明华

【摘要】 目的 探讨旋转 DSA 的软组织断层重建技术(Dyna CT)在经皮椎体成形术后并发症诊断中的应用价值。方法 对 30 例中 36 个胸椎和腰椎行经皮椎体成形术(PVP),术后经 X 线摄片、Dyna CT 和螺旋 CT 扫描,对聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)的椎体外渗漏和胸膜腔的图像和临床情况进行分析。结果 所有病例的手术都获得成功。所有病例术中术后未出现严重的并发症。在经 PVP 术后的 36 个椎体中,30 个椎体的无椎体外渗漏,都经 X 线正侧位、Dyna CT 和 CT 确诊。6 个椎体出现椎体外渗漏,经 X 线正侧位、Dyna CT 和 CT 检查确诊,其中 2 例中 2 个椎体出现椎间盘渗漏;2 例 2 个椎体出现椎旁软组织渗漏;1 例 1 个椎体出现静脉丛渗漏。1 例椎弓根渗漏在侧位 X 线片怀疑为椎体后缘硬膜外渗漏,但在 Dyna CT 重建图像和螺旋 CT 显示,PMMA 位于两侧椎弓根内,椎管内并无 PMMA。X 线摄片和 Dyna CT、CT 都未发现气胸和胸腔积液。结论 Dyna CT 对 PVP 术后并发症的迅速判断提供了有益的信息。

【关键词】 经皮椎体成形术;并发症;血管造影术;数字减影;图像处理;计算机辅助

中图分类号: 文献标识码: 文章编号:1008-794X(2006)-09-0547-05

The application value of soft-tissue reconstructed imaging with rotational DSA in the diagnosis of the complication after percutaneous vertebroplasty GU Yi-feng, WU Chun-gen, CHENG Yong-de, LI Min, WANG Jue, ZHANG Pei-lei, DU Zhuo-ying, LI Ming-hua. Department of Radiology, Affiliated Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China

【Abstract】 Objective To discuss the application value of soft-tissue reconstructed imaging with rotational DSA in the diagnosis of the complication after percutaneous vertebroplasty (PVP). **Methods** Polymethylmethacrylate (PMMA) was injected into the vertebrae of 30 cases (36 thoracic and lumbar vertebrae) guided by fluoroscopy. Radiography, soft-tissue reconstructed imaging with rotational DSA (Dyna CT) scan and spiral CT scan were performed in all patients postoperatively. The images and clinical data of 30 cases after PVP were analyzed to evaluate the presence of cement leakage and pleural lesion. **Results** The operations were successful in all cases without severe complications during and after procedure. Distribution of cement in 30 vertebrae of 30 cases was satisfactory. The other 6 vertebrae of 5 cases showed leakages of cement outside the vertebral body including cement leakage into the adjacent intervertebral discs in 2 vertebrae of 2 cases, into the paravertebral soft tissue in 2 vertebrae of 2 cases, and into the paravertebral venous plexus in 1 vertebrae of 1 case. Another vertebrae in 1 case on lateral radiographic film showed small amount of cement at the posterior vertebral margin suggesting leakage into the spinal canal. But Dyna CT and CT scans demonstrated that this small amount of cement was actually located inside the bilateral pedicles with no cement leakage into the spinal canal. All of 30 cases showed no occurrences of pneumothorax and pleural effusion under radiography, Dyna CT and spiral CT. **Conclusion** The soft-tissue reconstructed imaging with Dyna CT can immediately display the signs of cement leakage and pleural lesion. It plays an important role in diagnosing the PVP complications. (J Intervent Radiol, 2006, 15: 547-551)

【Key words】 Percutaneous vertebroplasty; Complication; Angiography; digital subtraction; Image processing; computer-assisted

作者单位:200233 上海交通大学附属第六人民医院放射科(顾一峰、吴春根、李 敏、王 珏、张培蕾、杜倬婴、李明华);南京军区介入放射中心(程永德)

通讯作者:吴春根

经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty PVP) 已被广泛应用于椎体溶骨性转移瘤、血管瘤、骨髓瘤以及骨质疏松症合并椎体压缩性骨折的治疗。因其创伤小,疼痛缓解率高,起效快等优点,已成为这些疾病主要的治疗手段。虽然 PVP 的并发症很少^[1],但在术中经常出现 PMMA 椎体外的渗漏,以及穿刺时损伤肺组织的风险,都可能导致严重并发症。因此在术中及早发现和处理这些并发症,成为最关心的课题。旋转 DSA 的软组织断层重建技术 (Dyna CT) 作为一项新的 DSA 技术,我院自 2005 年 7 月启用西门子公司 AXIOM Artis dFA 的 C 臂血管造影系统以来,根据 Dyna CT 在 PVP 的应用特点,总结出一些经验,以供参考。

1 材料和方法

1.1 临床资料

30 例患者中男 12 例,女 18 例,年龄在 58 ~ 82 岁,平均 72 岁。所有患者都感腰背部剧烈酸痛,卧床翻身困难,其中 24 例不能自己下床行走,22 例诉向两侧季肋部束带状放射痛。体检:背部有叩击痛,双下肢活动正常。30 例经临床病理或影像检查诊断,9 例为脊柱转移瘤、16 例为原发性骨质疏松,5 例为脊柱血管瘤。30 例中有 26 个椎体继发压缩骨折,10 例椎体形态完整。30 例中椎体病变 36 处,其中胸椎病变 24 个,腰椎病变 12 个。经全面检查,所有患者都具有经皮椎体成形术的适应证。适应证主要包括:①侵袭性椎体的血管瘤;②椎体转移瘤:疼痛症状明显,化疗或放疗后不能缓解者,或椎体不稳者;③骨质疏松症以及骨质疏松引起椎体压缩性骨折,经治疗后疼痛症状不能缓解或为防止长期卧床可能引发并发症;④无凝血功能障碍或心肺严重疾病者。

1.2 手术材料和设备

Cook 公司的 Murphy M2 (13 G, 15 cm) PVP 专用针;一次性螺旋加压注射器;充填剂为 Simplex P 聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA, 俗称骨水泥);经高温消毒的纯硫酸钡粉;导向设备为 siemens AXIOM Artis dFA 平板 C 臂血管造影系统;X-Leonardo VA60B 工作站;Siemens SOMARTOM 螺旋 CT 扫描机。

1.3 手术过程

手术在心电监护下进行。患者俯卧位,前后位透视,影像增强器向矢状面足侧成角 10° 左右,使椎体上下缘无双边影,作皮肤和椎弓根周围麻醉,以 Cook 13 G 斜面骨穿针对准椎弓根上缘向内下缘

斜行穿刺,当针尖到达椎体后缘时,作侧位透视,用外科锤将穿刺针钉入椎体前 1/3 处,正位在椎体中线。穿刺成功后,调和 PMMA 并掺入 20% 的硫酸钡粉混匀,注入一次性螺旋加压注射器,PMMA 进入糨糊期时,在 C 臂 X 线机监视下,通过注射器缓慢注入椎体内,发现 PMMA 向椎间孔或椎管内渗漏、沿血管方向走行,立即停止注射,改变穿刺针方向。当 PMMA 在生面团期时旋转退针,术后患者俯卧休息 20 min,然后拍摄俯卧位脊柱正侧位片和旋转 DSA 扫描。

1.4 图像采集及后处理

DSA 采用 Siemens AXIOM Artis dFA 的平板 C 臂血管造影系统,经定位后,C 臂 X 球管沿患者轴位旋转 217°,以 0.4°/幅的速度,持续 20 s 曝光图像采集,传送至 X-Leonardo VA60B 工作站处理,第一次经 InSpace 重建 (Dyna CT),产生 400 幅类似横断面 CT 的软组织图像,矩阵 512 × 512,然后经多平面重建法 (multiplanar reformat, MPR) 第 2 次重建产生横断面、冠状面和矢状面图像,重建间隔 2mm。

1.5 术后处理

PVP 术后立即行脊柱螺旋 CT 扫描检查。CT 为 Siemens SOMARTOM 螺旋 CT 扫描机,行横断面扫描,层厚 5 mm,重建间隔 2 mm,螺距 0.75,矩阵 256 × 256。扫描条件为 180 ~ 300 mA, 120 kV。

患者无不适应状者保持卧位,24 h 后下地活动,并应用抗生素预防感染。5 d 后无并发症发生,可予出院。

1.6 术后影像和临床资料评价

对于所有经 PVP 术的椎体,2 名有经验的介入医师分别根据在术后拍摄 X 线正侧位片、Dyna CT 的横断面、冠状面和矢状面图像和螺旋 CT 横断面图像以及临床资料进行分析比较。

2 结果

2.1 手术及手术后的临床资料

所有病例均成功地施行了 PVP,术中和术后患者生命体征平稳,无心血管异常表现及肺栓塞、气胸征象。26 例患者在术后 12 h 内出现注射部位酸胀感,24 h 后均消失。所有病例经 PVP 术后 3 ~ 24 h,疼痛基本缓解,未出现神经根刺激和脊髓受压症状,未发生注射椎体和穿刺点感染和出血。平均住院 5 ~ 7 d。所有病例为单侧穿刺。穿刺胸椎骨水泥充填量 3.5 ~ 4.4 ml,平均 4.2 ml,腰椎 5.3 ~ 6.9 ml,平均 6.2 ml。良性病变胸椎骨水泥充填量 3.6 ~ 4.4

ml, 平均 4.3 ml, 腰椎 5.6 ~ 6.9 ml, 平均 6.4 ml, 恶性病变胸椎骨水泥充填量 3.5 ~ 4.2 ml, 平均 4.1 ml, 腰椎 5.3 ~ 6.2 ml, 平均 6.0 ml。

2.2 PVP 术后 PMMA 分布情况的影像学检查比较

在经 PVP 术后的 36 个椎体中, 骨水泥呈点、片状或沿穿刺道在椎体内分布, 未发现椎体继续压缩或相邻椎体出现新的压缩。30 (30/36) 个椎体的 PMMA 全部位于椎体内, 无椎体外渗漏, 在 X 线正侧位、Dyna CT 和 CT 图像中显示 PMMA 都位于椎体内, 未超过椎体边缘(图 1)。在未发生渗漏的椎体注入 PMMA 量为胸椎 3.5 ~ 4.3 ml, 平均 4.2 ml, 腰椎 5.3 ~ 6.8 ml, 平均 6.1 ml。5 例 6 个椎体的 PMMA 大部分位于椎体内, 少部分存在椎体外渗漏, 按病例计算, 其发生外渗的比率为 16.7%(5/30), 按治疗的椎体计算, 外渗的比率为 16.7 % (6/36)。在发生渗漏的椎体注入 PMMA 量为胸椎 3.8 ~ 4.4 ml, 平均 4.3 ml, 腰椎 5.8 ~ 6.9 ml, 平均 6.3 ml。

2 例椎间盘渗漏为 1 例骨质疏松患者继发 T11 椎体骨折, 1 例为乳腺癌 L3 转移瘤。X 线片正侧位表现 PMMA 经椎体渗入相邻的椎间盘内。在 Dyna CT 的矢状面重建显示 PMMA 在手术椎体和相邻的椎间盘分布(图 2)。螺旋 CT 横断面图像显示手术椎体和相邻的椎间盘内可见高密度的 PMMA 影。

2 例椎旁软组织渗漏为 1 例骨质疏松继发 T11 椎体骨折。X 线片侧位表现 PMMA 经椎体渗入椎体外前方。在 Dyna CT 矢状面重建显示, 椎体外的 PMMA 位于 T11 椎体前方。螺旋 CT 横断面图像显示 T11 椎体和椎体前方的前纵韧带内 PMMA 相连。1 例为肺癌 L2 转移瘤。X 线片正位表现 PMMA 经椎体渗入椎体右旁软组织内。在 Dyna CT 冠状面重建显示, 椎体外的 PMMA 位于右侧腰大肌内。螺旋 CT 横断面图像显示 L2 椎体和右侧腰大肌内

PMMA 相连。

1 例椎外静脉丛渗漏为 T11 椎体血管瘤患者, X 线片正位表现为 T11 椎体内的 PMMA 影和椎体右外缘的条状 PMMA 相连。在 Dyna CT 的横断面和冠状面重建(图 3)及螺旋 CT 横断面图像显示 T11 椎体血管瘤已被 PMMA 完全充填, 椎体右外缘见细条状 PMMA 影与椎体血管瘤内 PMMA 相连, 为 PMMA 充填 T11 椎体血管瘤后渗入右椎外静脉。

1 例椎弓根渗漏为骨质疏松症继发 L1 椎体骨折患者, 经右侧椎弓根穿刺, 在 X 线片侧位显示大部分 PMMA 分布于椎体内, 少量 PMMA 越过椎体后壁线, 怀疑为椎体后缘硬膜外渗漏, 但在 Dyna CT 横断面和冠状面重建和螺旋 CT 横断面图像显示, 少量越过椎体后壁线的 PMMA 位于两侧椎弓根内, 椎管内并无 PMMA(图 4A、B、C、D)。渗漏部位统计见表 1。

表 1 36 个椎体 PMMA 渗漏情况在 X 线、Dyna CT 和 CT 的统计

渗漏部位	X 线	Dyna CT	螺旋 CT
无椎体外渗漏	30	30	30
椎间盘渗漏	2	2	2
椎旁软组织渗漏	2	2	2
静脉丛渗漏	1	1	1
椎弓根渗漏	0	1	1
硬膜外渗漏	1	0	0

2.3 气胸和胸腔积液的影像学征象分析

在 X 线胸部卧位和水平位片, 24 例胸椎穿刺后未发现肺压缩征象, Dyna CT 和螺旋 CT 在术后也未发现脏层胸膜线的显示和无肺组织的特别透亮区。在胸部卧位和水平位 X 线片和 Dyna CT、螺旋 CT 都未发现胸膜损伤后出现的胸腔积液。

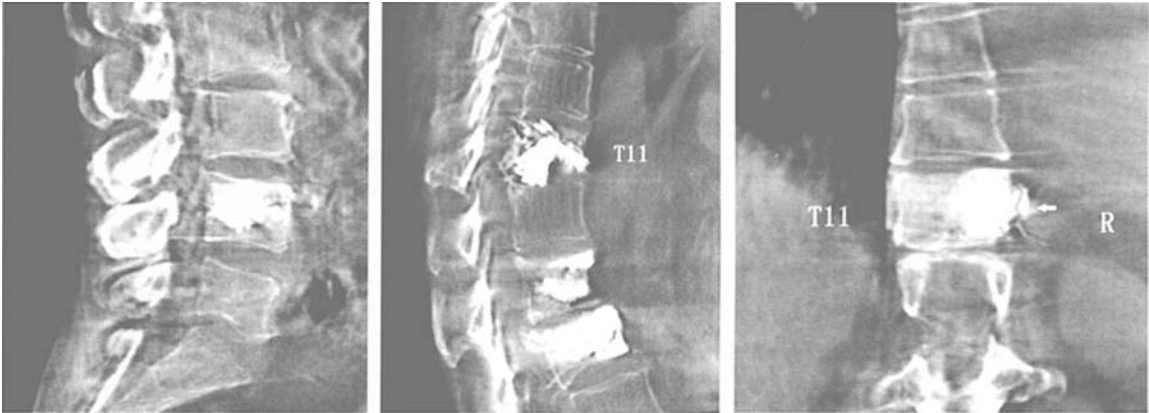


图 1 PVP 术后 Dyna CT 矢状面重建图像, PMMA 位于 L4 椎体内, 无渗漏 图 2 PVP 术后 Dyna CT 矢状面重建图像, 显示 PMMA 渗漏至 T11-T12 椎间盘内 图 3 PVP 术后俯卧位 Dyna CT 冠状面重建图像, 显示 T11 右侧椎外静脉 PMMA 渗漏

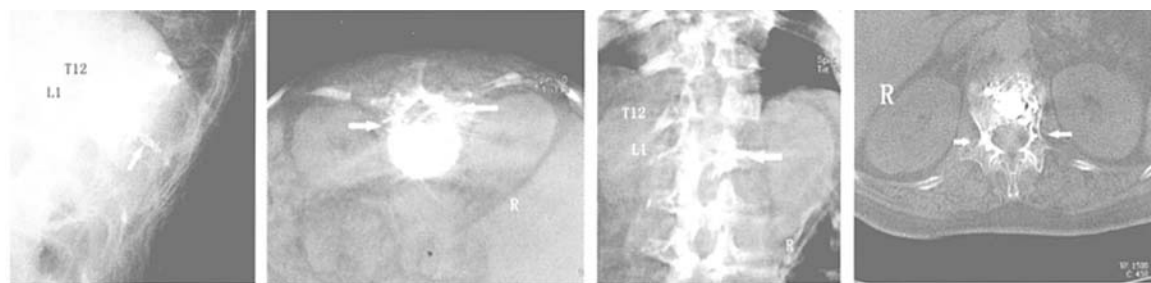


图 4A PVP 术后俯卧位胸腰椎侧位图像, L1 椎体后缘可见 PMMA
图 4B PVP 术后俯卧位 Dyna CT 横断面重建图像。少量 PMMA 位于 L1 两侧椎弓根内, 右侧椎弓根内 PMMA 较左侧多
图 4C PVP 术后俯卧位 Dyna CT 冠状面重建图像。椎管内无 PMMA, L1 右侧椎弓根内少量 PMMA
图 4D PVP 术后仰卧位 L1 横断面螺旋 CT 图像。少量 PMMA 位于两侧椎弓根内, 右侧椎弓根内 PMMA 较左侧多, 椎管内无 PMMA

3 讨论

3.1 PVP 的并发症分析

PVP 最常见的并发症是 PMMA 的渗漏。Cotton 等^[2]报道 PVP 术中出现的渗漏有硬膜外和椎间孔渗漏, 静脉丛渗漏, 椎间盘渗漏和椎旁软组织渗漏。PMMA 外漏至椎旁组织和椎间盘, 最常见, 但不具有临床重要意义。PMMA 外漏至椎旁静脉丛, 虽然产生临床症状的很少, 但也有发生肺栓塞^[3]和脑栓塞^[4]的报道, 如果出现这类并发症, 后果可能相当严重。PMMA 外漏至硬膜外或椎间孔, 不仅可能发生压迫脊髓和神经根, 而且 PMMA 聚合时放热也可能造成神经组织的永久性损伤^[5]。当椎体后壁骨皮质破坏或骨折时, 此类渗漏的发生率更高, 尽管很少患者有症状, 但有时需紧急手术减压^[6]。因此椎旁静脉丛和硬膜外渗漏是最容易产生严重并发症的渗漏。Ryu 等^[7]分析 347 个 PVP 治疗的椎体, 外漏发生率为 26.5%, 认为无症状的外漏不应归于并发症。本组中 36 个椎体经 PVP 术出现 6 个椎体外渗漏占 16.7%, 本组虽然出现 1 例椎旁静脉丛栓塞, 但患者都无症状发生, 因此严格地说本组未发生 PMMA 渗漏并发症。Martin 等^[8]认为控制骨水泥的注入量是避免骨水泥渗漏的关键, 注入量与渗漏发生率呈正相关。目前骨水泥合适的注入量无统一意见, 而本组发生渗漏的椎体 PMMA 平均注入量略高于未发生渗漏的椎体。本组胸腰椎采用经椎弓根入路或后外侧入路, 在胸椎穿刺时容易穿破肺泡和胸膜、大血管, 会出现气胸^[9]和胸腔积液的危险。本组病例未发生气胸和胸腔积液。术中使用高质量的影像监视设备是安全和成功进行 PVP 的关键之一^[10]。

3.2 Dyna CT 技术在 PVP 术后的作用

Dyna CT 为一种新的技术, 通过平板 C 臂血管造影系统的球管旋转采集, 并重建获得人体内部软

组织图像。与以往的 DSA 只能显示造影的血管图像有所不同, 这些图像能够显示软组织的密度, 类似与 CT 图像, 如可看到颅内出血和清晰地显示实质脏器的肿瘤组织, 从而使医师在做介入手术时能迅速作出判断。避免在介入手术之中或之后还要将患者转移到 CT 室, 不仅节省了时间, 而更重要的是, 它增加了医师在介入治疗过程中准确诊断所需的软组织清晰度, 提高介入治疗效率, 降低手术风险。

Dyna CT 目前主要应用于神经放射介入等领域^[11], 实际上这项技术也可应用于脊柱的 PVP 术后观察。由于 PMMA、椎体和椎管和椎旁软组织, 以及肺存在极大的密度差异。在 Dyna CT 图像中 PMMA 为极高密度影, CT 值范围在 1000 Hu 以上, 椎体也为高密度影, CT 值范围在 100 ~ 300 Hu, 椎管内和椎旁软组织为等密度影, CT 值范围在 30 ~ 75 Hu, 液体 CT 值范围在 20 Hu 左右, 肺为极低密度影, CT 值范围在 -200 到 -1000 Hu 之间。目前西门子的 Dyna CT 技术具有 10 Hu 的密度分辨率和 10 mm 的空间分辨率的能力, 可以很明确地区分 PMMA、椎体、软组织、液体和肺的差异。

本组 6 个椎体经 PVP 术后, 出现椎体外渗漏, 其中 2 个椎体出现椎间盘渗漏; 1 个椎体出现静脉丛渗漏; 2 个椎体出现椎旁软组织渗漏。经 X 线正侧位、Dyna CT 和 CT 3 种检查方法观察都完全吻合。另有 1 个椎体出现椎弓根渗漏, 患者为骨质疏松继发 L1 压缩骨折, X 线侧位显示少量 PMMA 越过椎体后壁线, 怀疑为椎体后缘硬膜外渗漏, 但当时患者无明显临床症状。经 Dyna CT 横断面和冠状面重建显示, 少量越过椎体后壁线的 PMMA 位于两侧椎弓根内, 而以右侧椎弓根较多, 椎管内无 PMMA, 并经 CT 证实。这可能为术中少量 PMMA 向椎体后渗出至两侧椎弓根, 右侧有针道存在, 渗出

较多。椎弓根的渗漏一般不会产生严重症状,也无需处理。由于两侧椎弓根内都有 PMMA,所以即使应用多角度透视观察,也无法排除 PMMA 渗漏至椎管内可能,但经 Dyna CT 图像证实,椎管内无 PMMA 渗漏,就无需进一步处理。在气胸和胸腔积液征象的观察中,X 线平片、Dyna CT 和 CT 表现基本一致。但对少量气胸和胸腔积液的观察,横断面的 Dyna CT 和 CT 图像明显优于 X 线平片,并且较为可靠。

Dyna CT 技术可以通过横断面、矢状面和冠状面重建成像,如出现 PMMA 椎体外渗漏,可在 Dyna CT 重建的各个平面观察 PMMA 分布,如横断面可显示椎管内和椎间孔渗漏情况,冠状面可显示椎体旁渗漏情况,矢状面可显示椎间盘渗漏情况。而在 X 线平片正位上椎体内和椎体后缘的 PMMA 重叠,在侧位上椎体后缘 PMMA 与椎弓重叠,无法区分 PMMA 位于椎弓还是椎管内,因此 Dyna CT 明显优于 X 线平片正侧位,对椎体后缘硬膜外或椎间孔渗漏可以明确诊断,避免不必要的治疗。另外,如肺组织或胸膜被穿刺针损伤出现少量气胸或胸腔积液征象,也可确诊。

但是目前 Dyna CT 技术不能完全代替螺旋 CT。根据西门子的 Dyna CT 技术,首先 Dyna CT 图像不是 CT 图像,它的性能与螺旋 CT 的亚毫米级的空间分辨率和小于 3 Hu 的密度分辨率有很大的差距。其次使用 Dyna CT 技术的 DSA 旋转采集需时 20 s,对于屏气较差的患者,产生的呼吸运动伪影影响图像的质量。因此,如出现怀疑有并发症的患者仍应当立即作螺旋 CT 检查,才能完全确诊。

由于 PVP 术后,患者需俯卧 10 ~ 20 min,等待 PMMA 的完全凝固,如出现椎体外渗漏,患者也不能马上搬动到 CT 室进行扫描确诊,否则可能加重 PMMA 的渗漏。Dyna CT 图像采集可以在 DSA 机床上即刻进行,减少了搬动和等待时间的麻烦,而且 Dyna CT 脊柱重建图像虽然不能完全代替螺旋 CT,但能清晰地显示 PMMA 在椎体及周围的分布情况,并能发现少量气胸和胸腔积液,明显优于 X 线平片,有助于及早发现并发症。

国内外有人使用 CT 和 C 臂机联合监视^[5]也能达到同样效果,但在大多数医院内不具备这样的条件。虽然 Dyna CT 技术的空间分辨率还有待于提

高,而且这项技术目前只应用于高档的平板探测器 DSA 中,也限制其应用范围。但 Dyna CT 技术已能清晰地显示 PMMA 在椎体及周围的分布和胸膜腔情况,并与普通螺旋 CT 的扫描结果基本符合,比 C 臂机多角度观察,具有一定的优势,有助于早期发现 PVP 术后 PMMA 渗漏和胸膜腔损伤的并发症。相信随着技术的发展和进步,它对 PVP 术后并发症的迅速判断提供了有用的信息。

[参考文献]

- [1] Gangi A, Guth S, Imbert JP, et al. Percutaneous vertebroplasty: indications, technique, and results [J]. Radiographics, 2003, 23: e10.
- [2] Cotton A, Dewatre F, Cortet B, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion filling and the leakage of methylmethacrylate at clinical follow-up [J]. Radiology, 1996, 200: 525 - 530.
- [3] Jang JS, Lee SH, Jung SK. Pulmonary embolism of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty: a report of three cases [J]. Spine, 2002, 27: E416 - E418.
- [4] Scroop R, Eskridge J, Britz GW. Paradoxical cerebral arterial embolization of cement during intraoperative vertebroplasty: case report [J]. AJNR, 2002, 23: 868 - 870.
- [5] Gangi A, Dietemann JL, Guth S, et al. Computed tomography (CT) and fluoroscopy-guided vertebroplasty: results and complications in 187 patients [J]. Sem Intervent Radiol, 1999, 16: 137 - 142.
- [6] Lee BJ, Lee SR, Yoo TY. Paraplegia as a complication of percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate: a case report [J]. Spine, 2002, 27: E419 - E422.
- [7] Ryu KS, Park CK, Kim MC, et al. Dose-dependent epidural leakage of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures [J]. J Neurosurg, 2002, 96: 56 - 61.
- [8] Martin JB, Jean B, Sugiu K, et al. Vertebroplasty: clinical experience and follow-up results [J]. Bone, 1999, 25: 115 - 155.
- [9] Mathis JM. Percutaneous bone augmentation to treat pain associated with vertebral fracture. In: 24 th annual scientific meeting of Society of Cardiovascular [M]. Interventional Radiology. Orlando, Floridar: SCVIR, 1999: 350 - 361.
- [10] John M. Percutaneous vertebroplasty: complication avoidance and technique optimization [J]. AJNR, 2003, 24: 1697 - 1706.
- [11] Heran NS, Song JK, Namba K, et al. The utility of DynaCT in neuroendovascular procedures [J]. AJNR, 2006, 27: 330 - 332.

(收稿日期:2006-04-05)