

CT 改良骨窗在急性隐匿性骨质疏松性椎体压缩骨折诊断中的应用价值

方金平, 刘飞斌, 李冬冬, 郑登峰, 卢卫龙, 王哲翔

(台州市博爱医院, 浙江 台州 318050)

摘要 目的:探讨 CT 改良骨窗在急性隐匿性骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)诊断中的应用价值。方法:纳入 46 例急性 OVCF 患者的胸腰椎 CT 图像,由 2 名影像专业副主任医师在 PACS 工作站分别采用常规骨窗(窗宽 1500 Hu、窗位 500 Hu)和改良骨窗(窗宽 400 Hu、窗位 214 Hu)诊断急性隐匿性 OVCF,记录诊断结果及阅片时间,评价 2 名医师诊断结果的一致性;与 MRI 诊断结果比较,分析常规骨窗和改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确度。结果:共纳入 367 个椎体的 CT 图像,常规骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 椎体 38 个,其中假阳性椎体 4 个;改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 椎体 47 个,其中假阳性椎体 1 个;MRI 确诊急性 OVCF 椎体 50 个。2 名医师诊断结果的一致性较好($Kappa$ 值=0.856)。常规骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度为 68.0%、特异度为 98.7%、阳性预测值为 89.5%、阴性预测值为 95.1%、准确度为 94.5%;改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度为 92.0%、特异度为 99.7%、阳性预测值为 97.9%、阴性预测值为 98.7%、准确度为 98.6%。改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度、阴性预测值、准确度均高于常规骨窗($\chi^2=9.000, P=0.003; \chi^2=7.091, P=0.008; \chi^2=12.960, P=0.000$)、阅片时间短于常规骨窗[(58.1±12.4)s, (117.5±27.1)s, $t=39.873, P=0.000$], 2 种骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的特异度、阳性预测值比较,组间差异无统计学意义($\chi^2=1.814, P=0.178; \chi^2=2.593, P=0.107$)。结论:采用 CT 改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF,与常规骨窗相比,敏感度、阴性预测值和准确度高,且阅片时间短,具有较高的应用价值。

关键词 脊柱骨折;骨折,压缩性;骨质疏松性骨折;隐匿性;体层摄影术,X 线计算机;窗技术

骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)是常见的骨质疏松性骨折类型之一,以腰背部疼痛、畸形为主要临床表现,严重影响患者的生活质量,能够导致患者远期死亡率增加^[1-2]。早期检查和诊断 OVCF 可显著降低患者死亡率^[3]。对于椎体无形变或椎体高度轻微丢失的隐匿性 OVCF,应行 MRI 或单光子发射计算机断层成像予以鉴别^[4]。然而, MRI 检查存在禁忌证较多、扫描时间长等不足^[5];单光子发射计算机断层成像设备昂贵,且对检查人员要求较高,基层医疗机构鲜有配备。CT 检查具有普及率高、检查速度快等优点,常用于多种类型腰背部疼痛的检查,能够有效诊断椎体变形明显的 OVCF,但对于椎体无形变或椎体高度轻微丢失的隐匿性 OVCF 易漏诊^[6-10]。漏诊的主要原因可能是常规骨窗对于骨髓水肿导致的细微骨质密度异常显示不佳。为了探讨更佳的诊断急性隐匿性 OVCF 的窗技术,我们提取了急性 OVCF 患者的影像资料,分别采用常规骨窗和改良骨窗盲法诊断急性隐匿性

OVCF,现总结报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料 纳入研究的患者 46 例,男 11 例,女 35 例。年龄 53 ~ 96 岁,中位数 73.5 岁。均为 2017 年 1 月至 2020 年 12 月在台州市博爱医院住院治疗的急性 OVCF 患者。受伤至影像学检查时间 1 ~ 30 d,中位数 2 d。试验方案经医院医学伦理委员会审查通过。

1.2 诊断标准 参照中国医师协会骨科学分会脊柱创伤专业委员会发布的《急性症状性骨质疏松性胸腰椎压缩骨折椎体强化术临床指南》中的相关内容制定急性 OVCF 的诊断标准:①临床可见椎体棘突及相应节段存在明显的叩击痛和(或)压痛;②受伤至影像学检查时间 < 6 周;③ MRI 显示急性椎体骨折征象,即 T1WI 显示为低信号、T2WI 显示为高信号、压脂像显示明显的高信号;④双能 X 线法测定骨密度, T 值 ≤ -2.5 且合并 1 处以上的脆性骨折,或定量 CT 法测定骨密度 ≤ 80 mg · cm⁻³。

1.3 纳入标准 ①符合上述诊断标准;②行 CT、MRI 检查,且 2 项检查均于 1 周内进行;③ MRI 显示椎体

未变形或椎体高度轻微丢失;④病例资料完整。

1.4 排除标准 ①病理性骨折者;②合并先天性脊柱畸形或发育不良者;③缺少 CT 矢状位多平面重建图像者。

2 方法

2.1 检查方法 采用联影 uCT760 64 层螺旋 CT 扫描胸椎或腰椎,患者仰卧位,管电压 120 kV,管电流 150 ~ 220 mAs,准直宽度 64 mm × 0.6 mm,螺距 0.937。骨和软组织重建层厚 0.625 mm,重叠 50% 的数据由 uWS-CT 后处理工作站进行冠状位和矢状位多平面重建,横断位、冠状位、矢状位多平面重建均取无间隔层厚 3 mm。采用 GE Signa 1.5T 超导磁共振扫描仪扫描胸椎或腰椎,8 通道脊柱表面线圈;患者仰卧位,行矢状位 T1WI、T2WI、STIR 及横断位 T2WI 序列扫描,层厚 4 mm,层间距 1 mm,视野 200 mm × 200 mm 至 350 mm × 350 mm,激励次数 1 ~ 2 次。

2.2 分析方法 由 2 名影像专业副主任医师在 PACS 工作站采用常规骨窗(窗宽 1500 Hu、窗位 500 Hu)观察纳入椎体的矢状位、冠状位、横断位的 CT 图像,采用软组织窗观察椎体的横断位 CT 图像。急性隐匿性 OVCF 的诊断依据为无骨质破坏的皮质/终板断裂,可见骨小梁骨折线、高密度条带征^[11-12]。2 名医师分别记录各自的观察结果,意见不一致时经讨论取得一致意见,并记录每例患者的阅片时间。6 周后,2 名医师再次在 PACS 工作站采用改良骨窗(窗宽 400 Hu、窗位 214 Hu)观察纳入椎体的矢状位、冠状位、横断位的 CT 图像,在软组织窗观察椎体的横断位 CT 图像。急性隐匿性椎体压缩骨折的诊断依据为椎体密度异常增高且合并椎体边缘水肿,部分伴有骨小梁结构模糊,其中椎体密度异常增高是指连续 2 个以上的层面显示椎体密度低于骨皮质密度、高于正常椎体髓腔密度。2 名医师分别记录各自的观察结果,意见不一致时经讨论取得一致意见,并记录每例患者的阅片时间。与 MRI 确诊结果比较,分别计算常规骨窗和改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确度。所有 CT 图像

资料均隐藏临床资料和诊断结果。

2.3 数据统计方法 采用 SPSS26.0 统计软件对所得数据进行统计学分析。2 名医师诊断结果的一致性评价采用 Kappa 检验,Kappa 值 ≥ 0.8 为一致性较好,0.4 ≤ Kappa 值 < 0.8 为一致性一般,Kappa 值 < 0.4 为一致性较差。2 种骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确度的组间比较均采用 χ^2 检验,阅片时间的比较采用 t 检验。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

3 结果

共纳入 367 个椎体的 CT 图像,常规骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 椎体 38 个,其中假阳性椎体 4 个;改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 椎体 47 个,其中假阳性椎体 1 个;MRI 确诊急性 OVCF 椎体 50 个(表 1)。2 名医师的诊断结果的一致性较好(Kappa 值 = 0.856)。常规骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度为 68.0%、特异度为 98.7%、阳性预测值为 89.5%、阴性预测值为 95.1%、准确度为 94.5%;改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度为 92.0%、特异度为 99.7%、阳性预测值为 97.9%、阴性预测值为 98.7%、准确度为 98.6%。改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度、阴性预测值、准确度均高于常规骨窗($\chi^2 = 9.000, P = 0.003; \chi^2 = 7.091, P = 0.008; \chi^2 = 12.960, P = 0.000$)、阅片时间少于常规骨窗[(58.1 ± 12.4) s, (117.5 ± 27.1) s, $t = 39.873, P = 0.000$],2 种骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的特异度、阳性预测值比较,组间差异无统计学意义($\chi^2 = 1.814, P = 0.178; \chi^2 = 2.593, P = 0.107$),见表 2、表 3。典型病例影像图片见图 1。

4 讨论

急性隐匿性 OVCF 是指椎体无形变或高度轻微丢失的骨折,临床上对于此类骨折是否需要手术干预仍存在争议^[4]。但多项研究表明^[9-10],如不能采取有效的治疗措施,急性隐匿性 OVCF 可在短期内发展为重度压缩骨折,引起椎体塌陷。因此,采取有效的诊断方法早期发现隐匿性 OVCF 就显得尤为重要。

表 1 急性隐匿性骨质疏松性椎体压缩骨折椎体分布

单位:个

项目	总数	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
检查椎体	367	3	3	5	5	5	11	14	19	37	47	49	48	48	39	34
CT 常规窗诊断椎体	38	0	0	0	0	0	1	1	2	4	3	5	5	6	5	6
CT 改良窗诊断椎体	47	0	0	0	0	0	1	1	3	4	6	9	5	8	5	5
MRI 确诊椎体	50	0	0	0	1	0	1	1	3	4	7	9	5	8	6	5

表 2 CT 常规骨窗诊断急性隐匿性骨质疏松性

椎体压缩骨折的结果

单位:个

CT 常规骨窗	MRI		合计
	阳性	阴性	
阳性	34	4	38
阴性	16	313	329
合计	50	317	367

表 3 CT 改良骨窗诊断急性隐匿性骨质疏松性

椎体压缩骨折的结果

单位:个

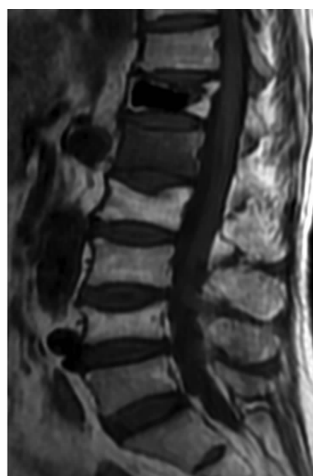
CT 改良骨窗	MRI		合计
	阳性	阴性	
阳性	46	1	47
阴性	4	316	320
合计	50	317	367



(1) CT常规骨窗



(2) CT改良骨窗



(3) MRI T1WI



(4) MRI STIR

图 1 急性隐匿性骨质疏松性椎体压缩骨折患者的影像图片

注:患者,女,71岁,摔伤后14d行影像学检查;(1)CT常规骨窗显示L₁椎体未见异常;(2)CT改良骨窗显示L₁椎体密度异常增高、局部骨小梁结构模糊,提示L₁椎体压缩性骨折;(3)(4)MRI显示L₁椎体弥漫性异常信号,T1WI呈低信号,STIR序列图像显示高信号且下终板条带状低信号,提示存在骨髓水肿和骨折线,诊断为L₁椎体急性压缩骨折。

临床上影像学检查主要通过观察椎体形态的异常改变、骨折线及骨髓水肿等来诊断OVCF。Szulc^[13]认为,伤椎与其相邻椎体在形态上的不一致是诊断OVCF的关键。Genant目视半定量判定法是OVCF相关研究中常用的评价OVCF严重程度的方法^[14]。然而,由于不同椎体的前后高度比不同,导致该方法诊断OVCF特异性较差^[15]。CT多平面重建图像能够发现椎体终板的轻微变形以及椎体前缘的骨皮质断裂,能够从形态学上提高诊断OVCF的准确性。但对于无形变的OVCF,其诊断的特异性显著下降。对于无形变的OVCF,常规CT检查漏诊的主要原因是不能有效地发现骨髓水肿。CT能谱成像技术能够通过虚拟去钙图技术检测骨髓水肿,提高诊断隐匿性OVCF的敏感性^[16],但所需设备昂贵,仅有少数区域医疗中心配备。因此,探索在常规CT图像上发现骨髓水肿的方法成为CT诊断隐匿性OVCF的关键。

急性OVCF常导致髓腔出血水肿,并引起骨小梁结构模糊、椎体骨质密度异常等。因此,多项研究探讨通过测定CT值评价骨髓水肿,从而诊断急性OVCF。Henes等^[8]测量了急性OVCF患者矢状位所有椎体的CT值,结果显示,急性OVCF椎体的CT值

显著高于正常椎体,而在椎体最小CT值的基础上增加29.6Hu可用于诊断骨髓水肿。然而,该方法存在一定的不足:①需测量患者的所有椎体的CT值,才能进行诊断;②对于椎体外侧部骨折,其诊断敏感性显著下降。因此,该方法并不具备较高的临床应用价值。Chen等^[7]研究发现,骨髓水肿可导致伤椎密度增高,其CT值与正常椎体CT值的差异有统计学意义。Chang等^[12]测量了急性OVCF患者伤椎的骨小梁CT值,并与骨质疏松患者正常椎体的骨小梁CT值进行比较,结果发现CT值增加是诊断OVCF的重要特征。这些研究均为改良窗技术奠定了理论基础。

常规CT图像是X线穿透人体后形成的以黑白亮度灰阶显示的图像。人眼能够识别大约16级灰阶,而CT图像显示的灰阶级数远远大于16级。因此,需采取合理的方法去除无效信息,增强有效信息的显示。窗技术是调节数字影像灰阶亮度的一种技术,主要包括窗宽和窗位的选择与组合。窗宽是指显示图像的CT值,窗宽缩小能够增强组织密度的分辨率,较小的窗宽常用于评价密度差异较小的组织;窗位的数值大小主要影响图像的亮度,通常选择观察组织的CT值。常规骨窗的窗宽为1500~2000Hu,窗

位为 350 ~ 500 Hu^[17],我们对常规骨窗进行了改良,采用窗宽 400 Hu、窗位 214 Hu 的骨窗加强组织对比、凸显骨髓水肿。结果显示,采用改良骨窗能够诊断常规骨窗漏诊的 12 个隐匿性 OVCF 椎体;改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF 的敏感度显著提高。改良骨窗漏诊隐匿性 OVCF 椎体 4 个,其中 3 个椎体显示椎体密度异常增高,但并未合并椎体边缘水肿,故未诊断为隐匿性 OVCF;另 1 个椎体仅 1 个层面显示椎体密度异常,且并未合并椎体边缘水肿,MRI 显示上终板下细微骨折线且合并轻度骨髓水肿。漏诊的 4 个椎体均不合并椎体边缘水肿,可能与外力作用较小、骨皮质未明显受累有关。因此,在临床诊断中,当患者由于扭伤等低能量损伤导致腰背部疼痛,而改良骨窗 CT 片上可见椎体骨质密度异常增高,则临床医师应提出存在隐匿性 OVCF 的可能,必要时可行 MRI 检查进一步确诊。改良骨窗用于诊断隐匿性 OVCF 具有以下优点:①操作方便,通过在 PACS 工作站上预设改良骨窗参数,点击快捷键即可观察改良骨窗的影像图片;②敏感性高;③阅片时间短;④诊断一致性良好。然而,改良式骨窗并不能完全替代常规骨窗。在评估骨皮质结构方面,常规骨窗更具优势。

本研究结果显示,采用 CT 改良骨窗诊断急性隐匿性 OVCF,与常规骨窗相比,敏感度、阴性预测值和准确度高,且阅片时间短,具有较高的应用价值。

参考文献

- [1] SAMELSON E J, HANNAN M T, ZHANG Y Q, et al. Incidence and risk factors for vertebral fracture in women and men; 25 - year follow - up results from the population - based Framingham study [J]. J Bone Miner Res, 2006, 21(8): 1207 - 1214.
- [2] XU J C, WU G H, ZHOU L L, et al. Two unilateral puncturation comparative analyses of multiple - level fresh osteoporotic vertebral body compression fractures treated with percutaneous vertebroplasty guided by C - arm fluoroscopy or in senile patients [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2017, 21(7): 1456 - 1461.
- [3] HOWLETT D C, DRINKWATER K J, MAHMOOD N, et al. Radiology reporting of osteoporotic vertebral fragility fractures on computed tomography studies: results of a UK national audit [J]. Eur Radiol, 2020, 30(9): 4713 - 4723.
- [4] 中国医师协会骨科学分会脊柱创伤专业委员会. 急性症状性骨质疏松性胸腰椎压缩骨折椎体强化术临床指南 [J]. 中华创伤杂志, 2019, 35(6): 481 - 489.
- [5] EGGENBERGER E, HILDEBRAND G, VANG S, et al. Use of CT vs. MRI for diagnosis of hip or pelvic fractures in elderly patients after low energy trauma [J]. Iowa Orthop J, 2019, 39(1): 179 - 183.
- [6] FRIEDMAN B W, CHILSTROM M, BIJUR P E, et al. Diagnostic testing and treatment of low back pain in United States emergency departments: a national perspective [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(24): E1406 - E1411.
- [7] CHEN H J, XIAO Z G, YU R H, et al. CT measurement and analysis of the target vertebral body in elderly patients with uncompressed osteoporotic thoracolumbar fractures [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2018, 22(1 Suppl): 36 - 44.
- [8] HENES F O, GROTH M, KRAMER H, et al. Detection of occult vertebral fractures by quantitative assessment of bone marrow attenuation values at MDCT [J]. Eur J Radiol, 2014, 83(1): 167 - 172.
- [9] PHAM T, AZULAY - PARRADO J, CHAMPSAUR P, et al. "Occult" osteoporotic vertebral fractures: vertebral body fractures without radiologic collapse [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(21): 2430 - 2435.
- [10] 王云清, 李华, 朱自强, 等. 骨质疏松性椎体骨折短期进展成重度压缩骨折的诊治体会 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(7): 726 - 728.
- [11] KUBOTA T, YAMADA K, ITO H, et al. High-resolution imaging of the spine using multidetector-row computed tomography: differentiation between benign and malignant vertebral compression fractures [J]. J Comput Assist Tomogr, 2005, 29(5): 712 - 719.
- [12] CHANG M Y, LEE S H, HA J W, et al. Predicting bone marrow edema and fracture age in vertebral fragility fractures using MDCT [J]. AJR Am J Roentgenol, 2020, 215(4): 970 - 977.
- [13] SZULC P. Vertebral fracture: diagnostic difficulties of a major medical problem [J]. J Bone Miner Res, 2018, 33(4): 553 - 559.
- [14] GENANT H K, JERGAS M. Assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis research [J]. Osteoporos Int, 2003, 14(Suppl 3): S43 - S55.
- [15] MATSUMOTO M, OKADA E, KANEKO Y, et al. Wedging of vertebral bodies at the thoracolumbar junction in asymptomatic healthy subjects on magnetic resonance imaging [J]. Surg Radiol Anat, 2011, 33(3): 223 - 228.
- [16] 章辉庆, 刘海燕, 邱晓晖, 等. 双能量 CT 虚拟去钙图诊断椎体骨髓水肿 [J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(2): 260 - 263.
- [17] 石明国. 医用影像设备 (CT/MR/DSA) 成像原理与临床应用 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 147 - 149.

(收稿日期: 2021-06-04 本文编辑: 吕宁)