

双能量 CT 在腰椎影像检查中应用的研究进展

吴强梅¹, 王琳²

(1. 甘肃中医药大学第一临床医学院, 甘肃 兰州 730000;

2. 甘肃中医药大学附属医院, 甘肃 兰州 730000)

摘要 双能量 CT 可同时对病灶进行定性和定量分析, 在减少伪影、优化图像、提高图像分辨率方面具有优势, 在临床中的应用越来越广泛。为帮助临床医师进一步了解双能量 CT 在腰椎影像检查中的应用, 本文从骨密度检测、腰椎相关病变的诊断及腰椎术后检查 3 个方面对相关研究进展进行了综述。

关键词 体层摄影术; X 线计算机; 腰椎; 综述

CT 和 MRI 是诊断肌骨系统疾病常用的影像检查方法。双能量 CT 采用双源或双探测器进行图像采集, 可同时对病灶进行定性和定量分析, 避免了常规 CT 扫描空间分辨率低和 MRI 检查时间长、禁忌证多的问题, 在减少伪影、优化图像、提高图像分辨率方面具有优势, 且与常规 CT 相比不增加 X 线辐射量。从早期的科研测试阶段发展至今, 双能量 CT 各项技术逐渐成熟, 在临床中的应用越来越广泛^[1-2]。双能量 CT 的发展为骨密度检测、腰椎相关病变的诊断、腰椎术后检查提供了新的影像检查方法。为帮助临床医师进一步了解双能量 CT 在腰椎影像检查中的应用, 我们对其研究进展作一综述。

1 骨密度检测

骨质疏松症是一种全身骨代谢疾病, 国际公认的诊断骨质疏松症的金标准是采用双能 X 线吸收检测法检测骨密度^[3]。骨密度的检测部位主要为腰椎、髌部、桡骨远端 1/3 处等, 其中腰椎 L₁ ~ L₄ 节段是最常用的检测部位。双能量 CT 在骨密度检测和骨质疏松症的诊断方面有良好的应用前景^[4-5]。刘斋等^[6]研究发现, 双能量 CT 能谱曲线斜率及骨钙 CT 值能较好地反映腰椎骨密度情况, 为骨质疏松症的诊断及疗效评估提供参考。Booz 等^[7]发现, 双能量 CT 虚拟去钙化技术可对人体中的钙、水、脂肪等进行定量分析。刘正华等^[8]认为, 双能量 CT 虚拟去钙化技术可作为检测骨密度的补充方法。曹国平等^[9]发现, 双能量 CT 虚拟平扫定量参数可反映绝经后女性的腰椎骨密度。双能量 CT 的虚拟去钙化技术、能谱曲线、虚拟平扫定量参数等对骨密度检测有较高的效能, 使机会性骨密度定量测量和骨质疏松证的早期诊断成为可能。

2 腰椎相关病变的诊断

2.1 骨髓水肿

骨髓水肿可见于脊柱炎的活动期、腰椎外伤, 在常规 CT 检查中不易被发现。Wu 等^[10]以 MRI 检查结果作为参照标准, 发现双能量 CT 虚拟去钙化技术对脊柱炎患者的骨髓水肿程度有较好的诊断效能。有学者^[11-12]认为, 进行双能量 CT 检查更易发现骨髓水肿, 双能量 CT 可作为腰椎外伤患者首选的影像检查方法。章辉庆等^[13]发现, 双能量 CT 虚拟去钙化技术在物质相对比值为 1.75 时诊断骨髓水肿的效能最佳。双能量 CT 虚拟去钙化技术对腰椎急性损伤后骨髓水肿有较高的诊断效能^[14-16], 有利于腰椎隐匿性骨折的诊断。

2.2 肿瘤骨髓浸润

骨转移瘤、多发性骨髓瘤等均可发生于腰椎。明确肿瘤骨髓浸润情况, 对手术切除范围及治疗方案的制定非常重要。双能量 CT 骨髓成像诊断脊柱溶骨型骨转移瘤的效能高于常规 CT^[17]。多发性骨髓瘤是骨髓来源的浆细胞增殖性肿瘤^[18]。双能量 CT 的多参数成像及虚拟去钙化技术均可用于评估多发性骨髓瘤的骨髓浸润情况^[19-20]。双能量 CT 的 X 线辐射量与常规 CT 接近, 是一种无创的肿瘤骨髓浸润评估方法, 在腰椎肿瘤影像诊断方面有良好的应用前景。

2.3 椎间盘突出和退变

腰椎间盘突出和退变是腰腿疼痛的主要原因^[21], 可严重影响患者生活质量, 甚至致残。因此, 早期诊断对腰椎间盘突出和退变的治疗具有重要意义^[22]。骆伊丽^[23]研究发现, 双能量 CT 虚拟去钙化技术可定量评估椎间盘退变, 且双能量 CT 通过虚拟

去钙化彩色编码重建,可以显著提高影像医师诊断腰椎间盘突出性的准确性。梁毅等^[24]也对应用双能量 CT 虚拟去钙化技术评估腰椎间盘突出退变的可行性进行了观察,结果发现评估结果与 MRI 检查结果有较高的一致性。双能量 CT 较 MRI 扫描所需时间短,且检查禁忌少,用于腰椎间盘突出和退变的检查具有优势。

2.4 痛风石

痛风是一种常见的代谢性疾病,主要是由于体内嘌呤代谢紊乱,导致尿酸水平升高,尿酸盐结晶沉积在关节和软组织中,引起炎症和疼痛。虽然痛风累及腰椎较少见,但尿酸盐结晶可沉积于腰椎所有结构上形成痛风石,易被误诊为腰椎肿瘤或其他病变^[25-26],双能量 CT 可用于痛风石与其他腰椎相关病变的鉴别诊断。

3 腰椎术后检查

双能量 CT 还可用于腰椎术后检查,以评估手术效果、及早发现术后并发症及制定康复治疗方。对于钢板、螺钉、钉棒等腰椎手术的金属植入物^[27-28],采用常规 CT 扫描会产生金属伪影。投影插值、滤波反投影、迭代重建以及缩小探测器的准直宽度等方法虽可减少金属伪影,但是获得的影像图片无法满足临床诊断要求^[29-30]。双能量 CT 虚拟单能量成像技术在去除腰椎术后金属植入物的伪影、优化图像方面具有优势。Long 等^[31]采用双能量 CT 图像重建联合虚拟单能量成像技术对 20 例腰椎内固定术后患者的金属植入物情况进行检查,发现该方法可显著减少金属植入物产生的伪影。李笑石等^[32]发现,双源 CT 双能量线性融合技术用于腰椎术后检查,能够非常有效地去除腰椎金属植入物的伪影,清晰显示植入物的位置、形态及其他细微结构。

4 小 结

双能量 CT 在腰椎影像检查中的应用,反映了其广泛的应用前景。随着技术的不断升级与更新,双能量 CT 凭借其在影像诊断方面的优势,有望成为有 MRI 检查禁忌证患者的首选腰椎影像检查方法。双能量 CT 的临床应用值得我们进行深入研究。

参考文献

[1] 严福华,金征宇. 开辟双能量 CT 临床应用的新时代[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54(6): 505-507.
[2] 中华医学会放射学分会, 中国医师协会放射医师分会, 安徽省影像临床医学研究中心. 能量 CT 临床应用中国专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(5): 476-487.

[3] INOUE T, MAEDA K, SATAKE S, et al. Osteosarcopenia, the co-existence of osteoporosis and sarcopenia, is associated with social frailty in older adults[J]. Aging Clin Exp Res, 2022, 34(3): 535-543.
[4] ROSKI F, HAMMEL J, MEI K, et al. Bone mineral density measurements derived from dual-layer spectral CT enable opportunistic screening for osteoporosis[J]. Eur Radiol, 2019, 29(11): 6355-6363.
[5] 刘瑛, 陈学志, 于皓. 双能 CT 虚拟平扫定量评估腰椎骨质疏松的价值[J]. 实用放射学杂志, 2021, 37(8): 1335-1339.
[6] 刘斋, 高志梅, 雷立存, 等. 双能 CT 能谱曲线及骨钙 CT 值对骨质疏松的诊断价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28(4): 290-293.
[7] BOOZ C, NOESKE J, ALBRECHT M H, et al. Diagnostic accuracy of quantitative dual-energy CT-based bone mineral density assessment in comparison to Hounsfield unit measurements using dual x-ray absorptiometry as standard of reference[J]. Eur J Radiol, 2020, 132: 109321.
[8] 刘正华, 张玉婷, 黄大耿, 等. 双能量 CT 虚拟去钙技术评价骨质疏松症的价值[J]. 国际医学放射学杂志, 2021, 44(5): 556-560.
[9] 曹国平, 徐驰杰, 宋丹丹, 等. 双能量 CT 虚拟平扫对绝经后女性腰椎骨质疏松的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(5): 790-793.
[10] WU H, ZHANG G, SHI L, et al. Axial spondyloarthritis: dual-energy virtual noncalcium CT in the detection of bone marrow edema in the sacroiliac joints[J]. Radiology, 2019, 290(1): 157-164.
[11] WORTMAN J R, UYEDA J W, FULWADHVA U P, et al. Dual-energy CT for abdominal and pelvic trauma[J]. Radiographics, 2018, 38(2): 586-602.
[12] HAMID S, NICOLAOU S, KHOSA F, et al. Dual-energy CT: a paradigm shift in acute traumatic abdomen[J]. Can Assoc Radiol J, 2020, 71(3): 371-387.
[13] 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.
[14] ABDULLAYEV N, GROßE HOKAMP N, LENNARTZ S, et al. Improvements of diagnostic accuracy and visualization of vertebral metastasis using multi-level virtual non-calcium reconstructions from dual-layer spectral detector computed tomography[J]. Eur Radiol, 2019, 29(11): 5941-5949.
[15] FOTI G, BELTRAMELLO A, CATANIA M, et al. Diagnostic accuracy of dual-energy CT and virtual non-calcium techniques to evaluate bone marrow edema in vertebral compres-

- sion fractures[J]. Radiol Med, 2019, 124(6):487-494.
- [16] 束玲玲, 张发平, 戴春宏, 等. 双能量 CT 虚拟去钙技术对不同经验医师诊断椎体新鲜骨折的价值[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(3):454-458.
- [17] 徐驰杰, 孔玲玲, 曹国平, 等. 双能量 CT 骨髓成像在脊柱转移瘤中的临床应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2021, 31(7):1232-1236.
- [18] 马晓莉, 李莉娟, 李燕鸿, 等. 多发性骨髓瘤的代谢变化及其与肿瘤微环境的相互作用[J/OL]. 医学研究杂志: 1-8[2023-12-22]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5453.R.20231124.1543.002.html>.
- [19] ORMOND FILHO A G, CARNEIRO B C, PASTORE D, et al. Whole-body imaging of multiple myeloma: diagnostic criteria[J]. Radiographics, 2019, 39(4):1077-1097.
- [20] FERVERS P, FERVERS F, KOTTLORS J, et al. Feasibility of artificial intelligence-supported assessment of bone marrow infiltration using dual-energy computed tomography in patients with evidence of monoclonal protein—a retrospective observational study[J]. Eur Radiol, 2022, 32(5):2901-2911.
- [21] SHI J, HUANG H, XU S, et al. XGBoost-based multiparameters from dual-energy computed tomography for the differentiation of multiple myeloma of the spine from vertebral osteolytic metastases[J]. Eur Radiol, 2023, 33(7):4801-4811.
- [22] SCHOL J, SAKAI D. Cell therapy for intervertebral disc herniation and degenerative disc disease: clinical trials[J]. Int Orthop, 2019, 43(4):1011-1025.
- [23] 骆伊丽. 双能量 CT 虚拟去钙成像评估腰椎间盘突出性改变的临床价值[D]. 兰州: 兰州大学, 2021.
- [24] 梁毅, 叶彬, 石慧铃, 等. 双能量 CT 虚拟去钙成像评估腰椎间盘突出退变的可行性[J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6(20):60-63.
- [25] 罗铎, 李东明, 王浩东. 腰椎痛风性关节炎的影像学诊断[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2019, 17(6):655-657.
- [26] 李升旺, 刘君, 温勇坚, 等. 腰椎痛风 2 例并文献复习[J]. 实用放射学杂志, 2021, 37(12):2109-2111.
- [27] 龙江, 徐应堂. 经皮微创脊柱内固定技术治疗创伤性胸腰椎骨折的疗效[J]. 医学信息, 2020, 33(7):109-110.
- [28] 刘海安, 何晓清, 梁汉欢, 等. 双源 CT 单能谱成像技术在减少骨关节金属内固定伪影的应用研究[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(4):95-96.
- [29] 彭刚, 张志伟, 郁斌, 等. 不同 CT 扫描参数与迭代去金属伪影算法效果的相关性[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(4):601-605.
- [30] 梁毅, 徐嗣正, 郭家俊, 等. 双能量 CT 在腰椎疾病诊断中的应用进展[J]. 实用医学影像杂志, 2021, 22(5):512-514.
- [31] LONG Z, DELONE D R, KOTSENAS A L, et al. Clinical assessment of metal artifact reduction methods in dual-energy CT examinations of instrumented spines[J]. AJR Am J Roentgenol, 2019, 212(2):395-401.
- [32] 李笑石, 石磊, 刘豹, 等. 双源 CT 双能量线性融合重建去除腰椎固定物金属伪影的初步研究[J]. 中国医疗设备, 2017, 32(5):19-21.

(收稿日期:2023-12-26 本文编辑:杨雅)

(上接第 50 页)

- [15] 洪顾麒, 吕天润, 宋李军, 等. 经前内及前外侧联合入路治疗复杂过伸型胫骨平台骨折[J]. 中华创伤骨科杂志, 2020, 22(8):687-692.
- [16] 陈金飞, 吴黎明, 余鹏飞, 等. 逆损伤机制复位钢板内固定治疗 Schatzker IV 型胫骨平台骨折[J]. 中医正骨, 2023, 35(10):71-74.
- [17] BERMUDEZ C A, ZIRAN B H, BARRETTE-GRISCHOW M K. Use of horizontal rafting plates for posterior elements of complex tibial plateau fractures: description and case reports[J]. J Trauma, 2008, 65(5):1162-1167.
- [18] 王艺钧, 谭勇海, 王亮, 等. 3D 打印模拟结合骨伤复原汤治疗复杂髌臼骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31(6):493-497.
- [19] 李芳兰, 胡学昱, 王倩, 等. 骨伤复原汤配合 PFNA 治疗股骨粗隆间骨折的临床价值及对患者血清骨折愈合因子表达的影响[J]. 世界中西医结合杂志, 2022, 17(4):816-820.
- [20] 沙志勇, 庄见钦. 红花促进骨折愈合的药理学机制研究及其与不同药物配伍的临床效果[J]. 北方药学, 2016, 13(9):143-144.
- [21] 吴福林, 周柏松, 董庆海, 等. 土鳖虫的药理、药化及其临床的研究进展[J]. 特产研究, 2018, 40(3):67-74.
- [22] 李新, 徐旭, 许浚, 等. 基于活血作用的三七粉质量标志物研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2022, 24(1):35-46.
- [23] 张进, 王东. 基于网络药理学和分子对接技术探讨续断促进骨折愈合的机制[J]. 首都医科大学学报, 2022, 43(2):275-283.
- [24] 上官文姬, 李展春, 程光齐. 骨碎补总黄酮对血管内皮细胞功能和去卵巢大鼠血管形成的影响[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2017, 25(1):5-8.
- [25] 门志涛, 徐敏, 黄承军, 等. 基于网络药理学研究杜仲治疗骨质疏松性骨折的作用机制[J]. 中国骨质疏松杂志, 2021, 27(5):721-726.

(收稿日期:2023-12-09 本文编辑:时红磊)