

论 著

CT征象诊断无症状高尿酸血症患者尿酸结石的价值研究

丁冠瑶 胡雅婷*

咸阳市第一人民医院内分泌科

(陕西 咸阳712000)

【摘要】目的 探讨CT诊断无症状高尿酸血症患者尿酸结石的价值。**方法** 回顾性分析2023年4月至2024年4月期间116名来院参加的无症状高尿酸血症患者的CT资料,均进行双能CT(DE-CT)扫描。同时纳入8名在DE-CT上确认为尿酸结石的参与者。基于三种算法(ppLapl-MaxHU, MaxHU, KNN-ppLapl-MaxHU)对比CT价值。**结果** 124例无症状高尿酸血症患者中106例为非尿酸结石,37例为尿酸结石。对尿酸和非尿酸结石,KNN-ppLapl-MaxHU的敏感性、特异性和准确性分别为100%(37/37)、97%(103/106)和98%(140/143),ppLapl-MaxHU为95%(35/37)、98%(104/106)和97%(139/143),MaxHU为92%(34/37)、94%(100/106)和94%(134/143)。**结论** 定量单能量CT(SE-CT)方法(KNN-ppLapl-MaxHU)对尿酸结石的分类准确率可与DE-CT相当。

【关键词】 高尿酸血症;尿酸结石;CT诊断
【中图分类号】 R364.2+5
【文献标识码】 A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.12.042

CT Diagnosis of Uric Acid Stones in Asymptomatic Patients with Hyperuricemia during Physical Examination

DING Guan-yao, HU Ya-ting*

Department of Endocrinology, The First People's Hospital of Xianyang City, Xianyang 712000, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate CT diagnosis of uric acid stones in asymptomatic hyperuricemia patients. **Methods** The CT data of 116 asymptomatic patients with hyperuricemia who came to our hospital for health examination from April 2023 to April 2024 were retrospectively analyzed, and dual-energy CT(DE-CT) scans were performed in all of them. Eight participants with uric acid stones confirmed on DE-CT were also included. CT value was compared based on three algorithms (ppLapl-MaxHU, MaxHU, KNN-ppLapl-MaxHU). **Results** Among 124 asymptomatic patients with hyperuricemia, 106 were non-uricolithiasis and 37 were uricolithiasis. The sensitivity, specificity and accuracy of KNN-ppLapl-MaxHU for uric acid and non-uric acid stones were 100%(37/37), 97%(103/106) and 98%(140/143), respectively. ppLapl-MaxHU was 95%(35/37), 98%(104/106), and 97%(139/143), and MaxHU was 92%(34/37), 94%(100/106), and 94%(134/143). **Conclusion** The accuracy of quantitative single energy CT(SE-CT) (KNN-ppLapl-MaxHU) in the classification of uric acid stones is comparable to that of DE-CT.

Keywords: Hyperuricemia; Uric Acid Calculus; CT Diagnosis

目前,尿酸(UA)结石成分分析大多采用双能量CT(DE-CT),在多项研究中显示出较高的准确度^[1]。而非增强单能量CT(SE-CT)在测量结石大小和预测自发性结石通道方面具有很高的重复性^[2]。有研究认为^[3],结石中体素最高(峰值)衰减(MaxHU)是结石成分的预测指标,但为了提高特异性,其提出了一种更定量的SE-CT方法,称为ppLapl-MaxHU。与通常用于尿路结石测量的MaxHU和ppLapl相比,ppLapl-MaxHU研究较少。KNN是一种学习算法,最近有研究推导出KNN-ppLapl-MaxHU^[4]。我们推测,kNNppLapl-MaxHU和ppLapl-MaxHU方法可以区分UA和非UA结石,其敏感性和特异性与DE-CT相当,且高于仅使用结石的峰值衰减(MaxHU)^[5]。因此,本研究特评估CT诊断无症状高尿酸血症患者尿酸结石的价值。

1 资料与方法

1.1 研究资料 回顾性分析2023年4月至2024年4月期间116名来院参加的无症状高尿酸血症患者的CT资料,均进行双能CT(DE-CT)扫描。同时纳入8名在DE-CT上确认为尿酸结石的参与者。116人男性74人,女性42人,平均年龄(51.3±11.7)岁。

1.2 研究方法 所有参与者均行DE-CT,SE-CT的平均剂量长度乘积为185±55 mGy*cm(范围98~432),平均体积CT剂量指数为4.5mGy(2.7~10),DE-CT检查的平均剂量长度乘积为189±101 mGy*cm(范围54~637),平均体积CT剂量指数为16(5.6~41)。DE-CT扫描长度3.8~61cm,平均10.7cm。ppLapl-MaxHU, MaxHU, KNN-ppLapl-MaxHU均已在先前的研究上发表^[1,6-7],这三种指数测试目前都还没有商业化。用于结石类型预测的两个定量变量是(1)结石中最高衰减体素(MaxHU)和(2)与缩放拉普拉斯滤波图像中的MaxHU相同位置的值(PpLapl)^[8]。对ppLapl的解释是计算最高衰减体素与周围26个体素的加权平均值之间的衰减差。所有数据输出到MatLab,生成MaxHU和ppLapl-MaxHU值。计算SE-CT分类方法(kNNppLapl-MaxHU、ppLapl-MaxHU和MaxHU)预测UA结石的敏感度、特异度和准确度。

1.3 统计学方法 所有使用SPSS 26.0和MatLab进行分析,指数法之间差异的统计学意义采用McNemar检验(显著性水平:P<0.05)。

2 结果

2.1 结石示例分析 具体如图1所示,图1上为指数测试(a)和参考测试(b)评估左侧11×5 mm尿酸(UA)肾结石,患者为66岁男性。a指数测试:红色表示根据峰值拉普拉斯最大衰减(ppLapl-MaxHU)算法UA组成:在这种情况下,峰值衰减为693HU(<1000HU),该峰值衰减与周围26个体素的平均值98HU(<195HU)之间的差值。b参考测试:红色表示含有UA成分。

图1下为指数测试(a)和参考测试(b)评估一位78岁男性左侧5×3mm非尿酸(非尿酸)输尿管结石。a指数测试:医生标记输尿管结石后,进行1 mm单能量、非增强轴位CT扫描。根据峰值拉普拉斯-最大衰减(ppLapl-MaxHU)算法,蓝色星指示非UA成分:峰值衰减为≥1000HU(在本例中为1398HU)或该峰值衰减与≥195HU(在本例中为182HU)周围体素的加权平均值之间的差将其定义为非UA成分的石头。b参考测试:应用程序对轴

【第一作者】丁冠瑶,男,主治医师,主要研究方向:内分泌与代谢病。E-mail: golike89@126.com

【通讯作者】胡雅婷,女,副主任医师,主要研究方向:内分泌与代谢病。E-mail: huyatin1986@163.com

向、双能量CT图像进行后处理。蓝色表示非UA成分。
2.2 指数测试分析 具体如图2所示，KNN预测方法是基于ppLapl-MaxHU方法的，该曲线在散点图中将预测的UA和非UA结石分开(图2B)。因此，与原始方法(图2A)中UA结石的矩形面积相比，UA结石与非UA结石之间的区别是更平滑的曲线。第三个

指标测试只使用了前面定义的最优最大HU- 745HU。
2.3 散点图分析 具体如图3所示，三种不同的单能量CT(SE-CT)方法对尿酸(UA)结石和非UA结石进行分类的散点图。红点：双能CT(DE-CT)显示的UA结石。蓝点：DE-CT定义的非UA结石。左：ppLapl-MaxHU方法。中：KNN-ppLaplmax HU法。右：最大HU法。

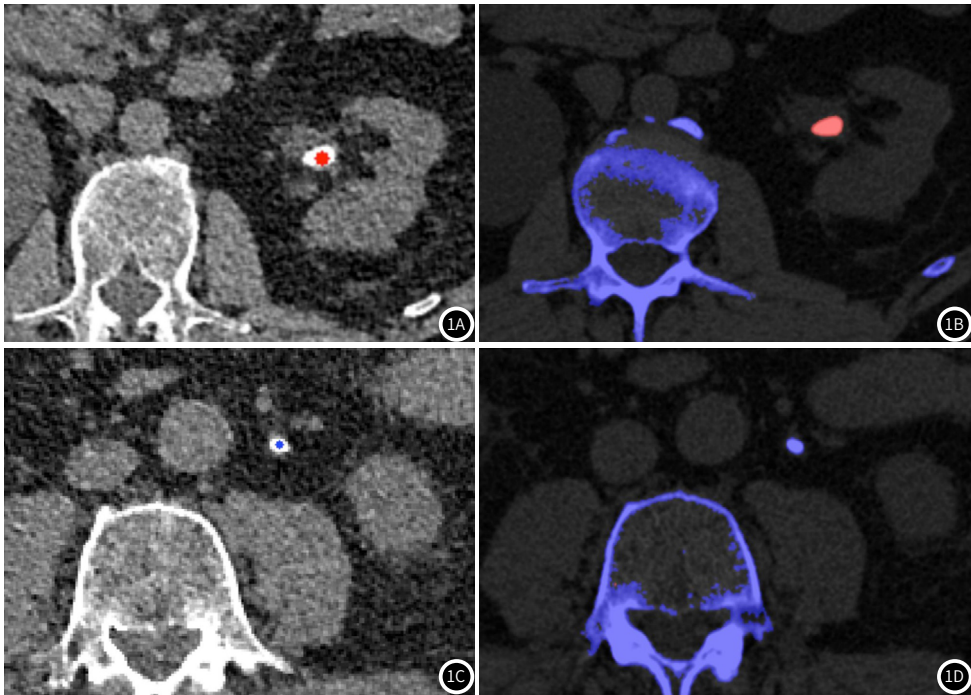


图1A-图1B 指数测试 (1A) 和参考测试 (1B) 评估尿酸结石示例；指数测试 (1C) 和参考测试 (1D) 评估非尿酸结石示例。

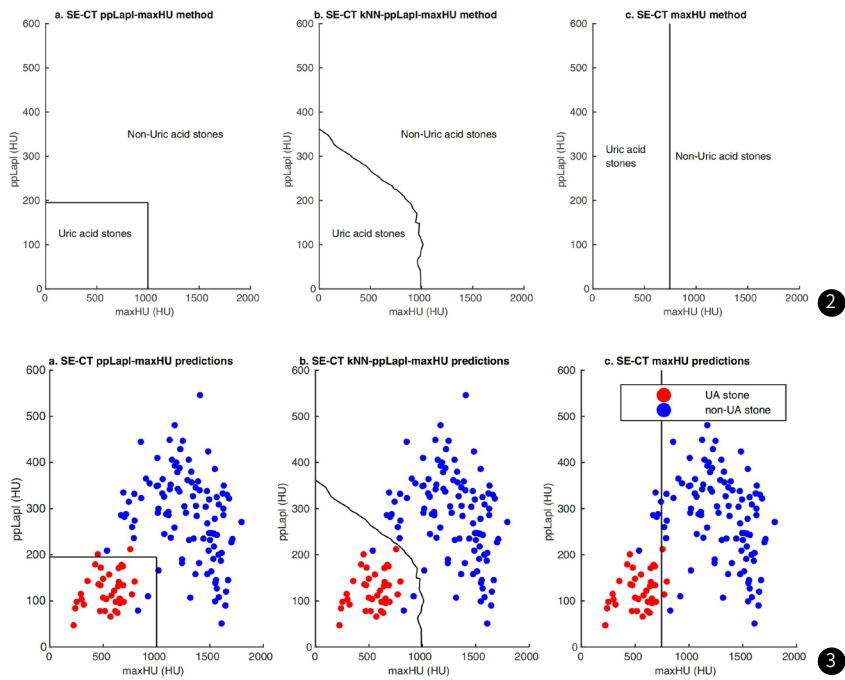


图2 单能量CT (SE-CT) 方法用于尿酸 (UA) 结石的最大衰减 (Max HU) 和峰值拉普拉斯 (PpLapl) 分类。
图3 三种不同的单能量CT (SE-CT) 方法对尿酸 (UA) 结石和非UA结石进行分类的散点图。

3 讨论

近年来, 者中无症状高尿酸血症患者逐渐增多, 而早期尿酸结石的发现对于疾病诊断及治疗显得尤为重要。单能量CT是检测尿路结石的一线方法, 而体内结石分析通常是用双能量CT进行的^[9]。这项研究的目的是采用新的定量方法(KNN-ppLapl-MaxHU), 用于使用一线单能量CT扫描在体内预测尿酸(UA)结石类型。KNN-ppLapl-MaxHU法对3~20mm UA结石的敏感性为100%(37/37), 特异性为97%(103/106), 准确性为98%(140/143)。PpLapl-MaxHU和MaxHU方法的准确率也很高, 分别为97%和94%^[10]。

尿路结石的衰减与成分密切相关, 尿路结石和非尿路结石之间也有相当大的重叠^[11]。KNN-ppLapl-MaxHU方法是纯定量的, 它将结石内部的最高衰减与周围26个体素的衰减结合在一起, 给出了结石衰减峰值的估计^[12]。KNPppLapl-MaxHU方法逻辑在于钙基结石可以具有与较大的UA基石相同的峰值衰减, 但衰减最高的体素和周围体素之间的衰减差异通常在钙中比UA中更大^[13]。与以前的研究相比^[14], 本研究的一个主要优点是, 三个测试算法是预定义, 从而避免了过度匹配的问题。与原始方法相比, 由于KNN方法在UA和非UA结石之间创建了一条更平滑的曲线, 因此建议的KNN方法的截止点为195 HU/1000 HU^[15]。然而, 本研究中这两种方法都有很好的准确率(97-98%), 并且这两种方法都可以使用^[16]。鉴于这两种方法的精确度都很高, 要实现它们之间在精确度上的显著差异, 需要包含非常多的结石, 考虑到UA结石的患病率相对较低, 这是很难实现的^[17]。KNPppLapl-MaxHU方法的一个优点是它的可塑性; 未来向该算法添加更多的训练样本可能会进一步提高其精度^[18-19]。虽然我们假设KNN-ppLapl-MaxHU的准确度将高于仅使用MaxHU的方法的准确度, 但有一种更高的准确率的强烈趋势(98%对94%($P=0.06$))^[20]。

总而言之, 本研究表明, 纯定量的单能量CT方法可以对尿酸(UA)和非UA结石进行分类, 其准确性与双能量CT相当。考虑到更低的成本、更好的可用性和更低的辐射暴露, 这是双能量CT在尿路结石诊断中的一个有前途的替代方案。

参考文献

- [1] 王晓, 杨牧, 余雯晴, 等. 老年认知功能障碍与高尿酸血症及脑灰质结构改变的关系研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22 (01): 18-20.
- [2] Wu F, Chen L, Du Y. Comparison of the efficacy and safety of benzbromarone and febuxostat in gout and hyperuricemia: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Rheumatol, 2024.
- [3] Liu X, Huang G, You Y, et al. Hyperuricemia is associated with heart failure readmission in patients with heart failure and preserved ejection fraction-an observational study in Chinese[J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2024, 34 (2): 521-528.
- [4] Xu G, Wu L, Yang H, et al. Eupatilin inhibits xanthine oxidase in vitro and attenuates hyperuricemia and renal injury in vivo[J]. Food Chem Toxicol, 2024, 183: 114307.
- [5] Zheng L, Zhu Y, Ma Y, et al. Relationship between hyperuricemia and the risk of cardiovascular events and chronic kidney disease in both the general population and hypertensive patients: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Cardiol, 2024, 399: 131779.

- [6] Seifi N, Nosrati M, Koochackpoor G, et al. The association between hyperuricemia and insulin resistance surrogates, dietary- and lifestyle insulin resistance indices in an Iranian population: MASHAD cohort study[J]. Nutr J, 2024, 23 (1): 5.
- [7] Kawano K, Ueno T, Maeda T, et al. Relationship between abdominal circumference and the incidence of hyperuricemia in the general Japanese population[J]. Sci Rep, 2024, 14 (1): 4573.
- [8] Fang Y, Mei W, Wang C, et al. Dyslipidemia and hyperuricemia: a cross-sectional study of residents in Wuhu, China[J]. BMC Endocr Disord, 2024, 24 (1): 2.
- [9] Liu Y F, Han L, Geng Y H, et al. Nonlinearity association between hyperuricemia and all-cause mortality in patients with chronic kidney disease[J]. Sci Rep, 2024, 14 (1): 673.
- [10] Panlu K, Zhou Z, Huang L, et al. Associations between obesity and hyperuricemia combining mendelian randomization with network pharmacology[J]. Heliyon, 2024, 10 (6): e27074.
- [11] He B, Feng J, Shu Y, et al. Prevalence and risk factors of hyperuricemia among young and middle-aged tibetan men living at ultrahigh altitudes: a cross-sectional study[J]. High Alt Med Biol, 2024, 25 (1): 42-48.
- [12] Yin Y, Zhou E, Wu J. Association between hyperuricemia and long-term mortality in patients with hypertension: results from the NHANES 2001-2018[J]. Front Cardiovasc Med, 2024, 11: 1306026.
- [13] Liu S, Lin X, Tao M, et al. Efficacy and safety of orlistat in male patients with overweight/obesity and hyperuricemia: results of a randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J]. Lipids Health Dis, 2024, 23 (1): 77.
- [14] Chen D, Lu C, Chen K, et al. Association between anthropometric indices and hyperuricemia: a nationwide study in China[J]. Clin Rheumatol, 2024, 43 (3): 907-920.
- [15] Sosa F, Shaban M, Lopez J, et al. Impact of hyperuricemia and urate-lowering agents on cardiovascular diseases[J]. Clin Med Insights Cardiol, 2024, 18: 1987739126.
- [16] Liu Y F, Wang H H, Geng Y H, et al. Uncovering the potential mechanisms and effects of hyperuricemia and its associated diseases on male reproduction[J]. Reprod Sci, 2024.
- [17] 李兆勇, 梁俊生, 陈腾云, 等. 双能CT在高尿酸血症患者临床分期诊断中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (07): 170-173.
- [18] Wen Z Y, Wei Y F, Sun Y H, et al. Dietary pattern and risk of hyperuricemia: an updated systematic review and meta-analysis of observational studies[J]. Front Nutr, 2024, 11: 1218912.
- [19] Zhang J, Jia X, Li Y, et al. The association between serum uric acid and cognitive function among middle-aged and older adults without hyperuricemia: the mediating role of depressive symptoms[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2024, 79 (1).
- [20] Varelldzis R, Perez A, Reisin E. Hyperuricemia: an Intriguing Connection to Metabolic Syndrome, Diabetes, Kidney Disease, and Hypertension[J]. Curr Hypertens Rep, 2024.

(收稿日期: 2024-06-24)

(校对编辑: 姚丽娜)