

• 消化系统疾病的实验室检测专题 • DOI: 10.3969/j.issn.1672-9455.2025.06.003

双源双能量 CT 定量参数联合血清 AFP、GGT/ALT 在鉴别诊断 肝脏良恶性肿瘤中的价值*

谷祥荣^{1,2}, 董秋杰³, 田红斌^{1,2}, 刘 衡^{1,2}, 张伟国^{1,2,Δ}1. 陆军军医大学大坪医院放射科, 重庆 400042; 2. 重庆市影像学与核医学临床研究中心, 重庆 400042;
3. 陆军军医大学大坪医院核医学科, 重庆 400042

摘要:目的 探讨双源双能量 CT 定量参数联合血清甲胎蛋白(AFP)、 γ -谷氨酰转移酶与丙氨酸转氨酶比值(GGT/ALT)在鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤中的价值。方法 回顾性收集 2023 年 6 月至 2024 年 9 月在大坪医院通过双源双能量 CT 行腹部增强扫描且肝脏有肿瘤性病变的患者 76 例作为研究对象, 根据病理结果将其分为恶性组和良性组, 每组 38 例。比较 2 组双源双能量 CT 定量参数[动脉、静脉期的电子云密度(Rho)、有效原子序数(Zeff)]、AFP、GGT/ALT 的差异; 绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析双源双能量 CT 定量参数、AFP、GGT/ALT 单独以及联合鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的价值。结果 恶性组的动脉、静脉期的 Rho、Zeff 均低于良性组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。恶性组的 AFP 水平、GGT/ALT 高于良性组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, 动脉期 Rho、静脉期 Rho、动脉期 Zeff、静脉期 Zeff 与 AFP、GGT/ALT 联合鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的曲线下面积(AUC)为 0.965, 优于各指标单独鉴别诊断的 AUC($P < 0.05$)。结论 双源双能量 CT 定量参数、血清 AFP、GGT/ALT 在鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤中具有一定临床价值, 且联合鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的效能优于单一指标。

关键词: 双源双能量 CT; 甲胎蛋白; 肝脏肿瘤; 良性; 恶性; 鉴别诊断

中图分类号: R445.3; R735.7 文献标志码: A 文章编号: 1672-9455(2025)06-0732-05

Value of quantitative parameters of dual-source dual-energy CT combined with serum AFP and GGT/ALT in the differential diagnosis of benign and malignant liver tumors*

GU Xiangrong^{1,2}, DONG Qiujie³, TIAN Hongbin^{1,2}, LIU Heng^{1,2}, ZHANG Weiguo^{1,2,Δ}1. Department of Radiology, Daping Hospital, Army Military Medical University, Chongqing
400042, China; 2. Chongqing Clinical Research Centre of Imaging and Nuclear Medicine,
Chongqing 400042, China; 3. Department of Nuclear Medicine, Daping Hospital, Army
Military Medical University, Chongqing 400042, China

Abstract: Objective To investigate the value of quantitative parameters of dual-source dual-energy CT combined with serum alpha-fetoprotein (AFP) and the ratio of gamma-glutamyl transpeptidase to alanine aminotransferase (GGT/ALT) in the differential diagnosis of benign and malignant liver tumors. **Methods** Seventy-six patients who underwent abdominal enhancement scanning by dual-source dual-energy CT and had neoplastic lesions in the liver were retrospectively collected from June 2023 to September 2024 at Daping Hospital as the study subjects, which were divided into malignant group and benign group according to the pathological results, with 38 cases in each group. The quantitative parameters of dual-source dual-energy CT [specifically electron cloud density (Rho) and effective atomic number (Zeff) during both arterial and venous phases], as well as AFP and GGT/ALT between the two groups were compared. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the value of quantitative parameters of dual-source dual-energy CT, AFP, GGT/ALT alone and in combination in the differential diagnosis of benign and malignant liver tumors. **Results** The Rho and Zeff values in the arterial and venous phases of the malignant group were lower than those of the benign group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The levels of AFP and GGT/ALT in the malignant group were higher than those in the benign group, and the differences were statis-

* 基金项目: 重庆市影像医学与核医学临床研究中心科技计划项目(CSTC2015YFPT-gcjsyjzx0175)。

作者简介: 谷祥荣, 男, 主治医师, 主要从事腹部影像方向的研究。 Δ 通信作者, E-mail: wgzhang01@tmmu.edu.cn。

网络首发 [http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1167.R.20250224.1247.002.html\(2025-02-24\)](http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1167.R.20250224.1247.002.html(2025-02-24))

tically significant ($P < 0.05$). The ROC curve results indicated that the area under the curve (AUC) for the differential diagnosis of benign and malignant liver tumors by arterial phase Rho, venous phase Rho, arterial phase Zeff, venous phase Zeff, and AFP, GGT/ALT was 0.965, which was superior to the AUC of each individual index for differential diagnosis ($P < 0.05$). **Conclusion** The quantitative parameters of dual-source dual-energy CT, serum AFP and GGT/ALT have certain clinical value in the differential diagnosis of benign and malignant liver tumors, and the combined differential diagnosis of benign and malignant liver tumors has better efficacy than each indicator alone.

Key words: dual-source dual-energy CT; alpha-fetoprotein; liver tumor; benign; malignant; differential diagnosis

肝脏的解剖结构复杂且血供丰富,作为人体最大的消化器官,它参与物质的消化吸收、代谢解毒等过程,同时也是多种疾病好发的部位。肝脏病变种类较多,良性病变主要有肝囊肿、肝内胆管结石或钙化灶、肝血管瘤、脂肪肝、肝炎性假瘤等,恶性病变主要有原发性肝癌、转移性肿瘤、肝神经内分泌癌等。肝脏良恶性肿瘤早期没有特异的临床表现,临床误诊率较高,肝脏良恶性肿瘤的鉴别一直是临床研究的热点^[1-2],准确地鉴别肝脏肿瘤的良恶性对于患者的治疗方案选择和预后评估至关重要。传统的影像学方法,像 US、CT 和 MRI,虽然在形态学上能够提供一定的诊断信息,但在区分肝脏良恶性肿瘤方面仍存在局限性。近年来,随着医学影像技术的不断发展,双源双能量 CT 技术因其能够提供更为丰富的组织和功能信息,为肝脏良恶性肿瘤的鉴别诊断提供了新的方向。双源双能量 CT 采用 2 套 X 射线球管系统和 2 套探测器系统,改变了以往单一球管及探测器的图像采集方式,根据不同组织在高、低能量下衰减特征的差异,通过后处理软件,能够同时获得电子云密度(Rho)、有效原子序数(Zeff)等定量参数,与常规 CT 比较,双源双能量 CT 多参数成像具有扫描速度更快、图像质量更佳、辐射剂量更低、病灶信息更丰富等优势,目前已经应用于肝脏良恶性肿瘤的鉴别诊断,并取得较好的临床应用价值^[3]。同时血清甲胎蛋白(AFP)作为肝癌的特异性标志物,其水平的升高往往与肝癌的发生密切相关, γ -谷氨酰转氨酶与丙氨酸转氨酶比值(GGT/ALT)的异常则可能提示肝脏的炎症或损伤,对于鉴别诊断良性和恶性肿瘤具有辅助作用^[4-5]。但是双源双能量 CT 定量参数联合血清 AFP、GGT/ALT 鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的研究较少,因此,本研究主要探讨双源双能量 CT 定量参数联合血清 AFP、GGT/ALT 在鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤中的价值。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取 2023 年 6 月至 2024 年 9 月在大坪医院通过双源双能量 CT 行全腹部增强扫描检查且肝脏有肿瘤性病变的患者 76 例作为研究对

象,根据术后病理结果将其分为恶性组 38 例和良性组 38 例。恶性组中男 29 例,女 9 例;年龄 32~81 岁,平均(63.21±11.25)岁;原发性肝癌 27 例,肝转移性肿瘤 10 例,肝神经内分泌癌 1 例。良性组中男 24 例,女 14 例;年龄 35~78 岁,平均(59.50±10.53)岁;血管瘤 35 例,肝腺瘤 2 例,肝局灶性结节性增生 1 例。2 组性别、年龄比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。纳入标准:(1)经病理检查证实为肝脏良恶性肿瘤;(2)入院前未接受相关治疗;(3)临床病历资料及影像资料完整。排除标准:(1)有碘对比剂过敏史;(2)孕、产妇;(3)伴严重心、肺、肾功能障碍。本研究获得大坪医院医学伦理委员会批准[医研伦审(2024)第 11 号],以及所有患者的知情同意豁免。

1.2 方法

1.2.1 双源双能量 CT 检查 采用西门子第 3 代双源双能量 CT 机器进行常规平扫和双源双能双期增强扫描。患者检查前空腹 4~6 h,扫描前饮水 600~800 mL。A 球、B 球的管电压分别为 100 kV、Sn150 kV,所有扫描序列均开启 CARE Dose 4D,双能融合系数 0.6,层厚 0.6 mm,层间距 0.6 mm,准直器 128 mm×0.6 mm,螺距 1.2。增强扫描:采用高压注射器(Ulrich medical,德国),经肘静脉注射对比剂碘克沙醇(270 mg/mL),总剂量按照 1.2 mL/kg,注射速率为 4 mL/s,同时以相同速率注射生理盐水 40 mL。采用自动触发模式,当腹主动脉 CT 值达到 100 HU 后 7 s 进行肝脏动脉期扫描,注射对比剂 90 s 后进行门静脉期扫描,扫描范围为从横膈顶至双侧耻骨联合下缘。将动脉期和静脉期薄层图像传入 syngo.via.vb40 后处理工作站,选取双源双能量处理软件,选择“Rho/Z”应用程序,分别得到相应的后处理图像,在工作站上,由 2 名放射科医师(1 名放射科医师工作年限 < 10 年,1 名放射科医师工作年限 > 10 年)沿病灶的边缘进行勾画,获得感兴趣区,测量动脉期、静脉期病灶的 Rho、Zeff。每名观测者在同一位置和同一层面上测量参数 3 次并记录其平均值,之后取 2 名观测者的平均值作为最终数值。

1.2.2 血清学指标检测 于术前CT检查当天,抽取良恶性组患者空腹静脉血6 mL,4 000 r/min离心10 min后分离得到血清,采用罗氏化学发光检测仪及配套试剂检测AFP水平,采用贝克曼全自动生化分析仪AU5800及配套试剂检测GGT和ALT水平,并计算GGT/ALT。

1.3 统计学处理 采用SPSS 25.0统计软件进行数据处理。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2组间比较采用独立样本t检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,2组间比较采用Mann-

Whitney U检验。计数资料以例数或百分率表示,2组间比较采用 χ^2 检验。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析双源双能量CT定量参数、血清AFP、GGT/ALT鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者双源双能量CT定量参数比较 恶性组动脉期Rho、静脉期Rho、动脉期Zeff、静脉期Zeff低于良性组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表1。

表1 2组患者双源双能量CT定量参数比较 [$\bar{x} \pm s$ 或 $M(P_{25}, P_{75})$]

组别	n	Rho(HU)		Zeff	
		动脉期	静脉期	动脉期	静脉期
恶性组	38	43.88±8.70	45.45(36.75,51.98)	7.87(7.52,8.05)	8.15±0.37
良性组	38	51.00±13.15	55.30(47.78,60.75)	8.65(8.19,9.12)	9.03±0.61
t/Z		-2.774	-3.631	-5.293	-7.585
P		0.007	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 2组患者血清AFP水平及GGT/ALT比较 恶性组AFP水平及GGT/ALT高于良性组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表2。

表2 2组患者血清AFP水平及GGT/ALT比较 [$M(P_{25}, P_{75})$]

组别	n	AFP(ng/mL)	GGT/ALT
恶性组	38	7.71(4.47,251.20)	2.43(1.52,5.15)
良性组	38	2.27(1.88,3.77)	1.09(0.71,1.79)
Z		5.714	3.449
P		<0.001	0.001

2.3 双源双能量CT定量参数、血清AFP、GGT/ALT单独及联合鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的价值 以良性组为阴性样本,以恶性组为阳性样本绘制ROC曲线。结果显示,动脉期Rho、静脉期Rho、动脉期Zeff、静脉期Zeff与血清AFP、GGT/ALT鉴别诊

断肝脏良恶性肿瘤的曲线下面积(AUC)分别为0.703、0.742、0.853、0.896、0.881、0.731,6项联合鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的AUC为0.965,优于各指标单独鉴别诊断的AUC($P < 0.05$)。见图1、表3。

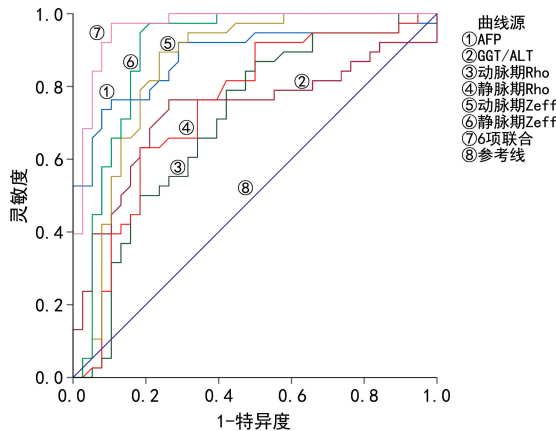


图1 双源双能量CT定量参数、血清AFP、GGT/ALT单独及联合鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的ROC曲线

表3 双源双能量CT参数、血清AFP、GGT/ALT单独及联合鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的价值

指标	最佳截断值	约登指数	AUC	AUC的95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	P
动脉期Rho	50.00 HU	0.368	0.703	0.588~0.803	78.95	57.89	0.001
静脉期Rho	46.80 HU	0.447	0.742	0.633~0.839	63.16	81.58	<0.001
动脉期Zeff	8.17	0.658	0.853	0.755~0.925	89.47	76.32	<0.001
静脉期Zeff	8.62	0.763	0.896	0.804~0.954	94.74	81.58	<0.001
AFP	4.51 ng/mL	0.658	0.881	0.786~0.944	76.32	89.47	<0.001
GGT/ALT	1.60	0.500	0.731	0.617~0.826	76.32	73.68	<0.001
6项联合	—	0.895	0.965	0.896~0.994	97.37	92.11	<0.001

注:—表示无数据。

3 讨 论

原发性肝癌是全球常见的恶性肿瘤之一,在全球癌症病死率排名第 3^[6],不同地区的发病原因存在显著差异,主要与乙型肝炎病毒感染、丙型肝炎病毒感染、黄曲霉素暴露、长期饮酒及非酒精性脂肪肝病等因素有关^[7-9]。非酒精性脂肪肝病是一种代谢相关的疾病,常常与糖尿病、肥胖及脂肪代谢紊乱相关,在近年欧美国家患原发性肝癌的发病因素占比中逐渐上升^[6,10]。原发性肝癌发病比较隐匿,早期症状不明显,常表现为腹痛等非特异性症状,确诊时已处于中、晚期,严重危害患者的生命健康^[11]。如何提高肝脏肿瘤早期诊断的准确率一直是国内、外学者研究的热点,部分学者应用 CT、MRI 结合实验室肿瘤标志物提高肿瘤诊断的准确率^[12-14]。AFP 作为肿瘤标志物,被广泛应用于肿瘤的鉴别诊断,ZHAO 等^[15]研究发现,GGT/ALT 在肿瘤早期辅助诊断中也有一定临床应用价值。双源双能量 CT 不同于传统 CT 获得的单一量参数,其能够同时获得 Rho、Zeff 等多种定量参数,为肝脏良恶性肿瘤的早期鉴别诊断提供了方向,目前已有学者将双源双能量 CT 多参数成像用于肝脏良恶性肿瘤的鉴别诊断,并且获得了一定临床应用价值^[16-17]。本研究通过将双源双能量 CT 定量参数与血清 AFP、GGT/ALT 指标进行联合,探讨其在鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤中的价值。

双源双能量 CT 具有 2 套独立的球管-探测系统,当高、低不同的 2 个球管电压以不同能量穿过同一物质时,X 线片的衰减存在差异,不同物质的 X 线片吸收不同,利用这一原理可以使双源 CT 实现物质的初步分离^[18]。Rho 和 Zeff 能够反映物质的物理和化学特性,Rho 代表单位体积内电子密度,Zeff 代表相同能量衰减系数某元素的电荷数,能够反映组织的密度,对物质具有一定的鉴别价值^[19-20]。本研究结果显示,恶性组动脉期 Rho、静脉期 Rho、动脉期 Zeff、静脉期 Zeff 均低于良性组($P < 0.05$),与徐驰杰等^[21]、李健文等^[22]、钟丽茹等^[23]的研究结果一致。本研究中恶性肿瘤病例大部分为原发性肝癌,其显微镜下特点为细胞核体积较大,核质比例大,部分组织坏死,而且肿瘤组织会压迫周围的血管,导致血供较差,血流速度缓慢,而良性肿瘤病例大部分为肝血管瘤,显微镜下肝血管瘤由大小不等的血管腔组成,其内血液供应相对丰富,碘浓度高,因此恶性肿瘤单位体积和原子序数低于良性肿瘤,这可能是恶性肿瘤的动脉期 Rho、静脉期 Rho、动脉期 Zeff、静脉期 Zeff 低于良性肿瘤的原因。恶性病灶 Rho、Zeff 值与良性病灶结果存在显著差异,可以用于病灶的良恶性鉴别诊断,为肝脏良恶性肿瘤的鉴别诊断提供了新思路。本研究的双源双能量 CT 定量参数能够用于肝脏良恶性肿瘤

的鉴别诊断,具有一定的临床应用价值。由于肝脏肿瘤本身的异质性、隐匿性,影像学表现不同,单一的影像学指标不适合肝脏良恶性肿瘤的鉴别诊断,通常需要结合血清学指标进行综合分析。

本研究结果显示,恶性组 AFP 水平和 GGT/ALT 均高于良性组,与单卉等^[12]的研究结果一致。AFP 是临床用于诊断肝癌、评估肝癌治疗效果的重要血清学标志物,AFP 水平升高与肝癌的发生、发展密切相关,临床中部分肝癌的 AFP 水平未见明显升高,因此单独运用 AFP 诊断肝癌的灵敏度不高^[24-25],本研究中 AFP 鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的灵敏度为 76.32%,支持了这一观点。当肝细胞受损时候,GGT、ALT 水平会升高,因此 GGT、ALT 被认为是常用的肝脏损伤的血清学指标,GGT/ALT 的增加通常提示肝脏疾病的进展,如肝硬化或肝癌。有研究报道,GGT/ALT 在鉴别肝脏良恶性肿瘤方面有一定的临床应用价值,GGT 水平是影响原发性肝癌患者预后的独立因素^[26],但是慢性肝炎以及长期饮酒也可以引起 GGT、ALT 水平升高,特异度较低,可以用于鉴别肝脏良恶性肿瘤的辅助诊断。

本研究结果发现,双源双能量 CT 定量参数联合血清 AFP、GGT/ALT 鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的 AUC 为 0.965,其鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的灵敏度为 97.37%,特异度为 92.11%,说明 6 项指标联合鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的效能优于单一指标,可能由于 Rho 和 Zeff 能够反映物质的物理和化学特性,不同物质之间单位体积、组织结构存在一定差异,而且,血清 AFP 作为肝癌的一个特异性标志物,GGT/ALT 在肿瘤的鉴别诊断中具有辅助作用,6 项指标联合诊断能够提供肿瘤组织成分和结构的额外信息,可以更加全面地评价肿瘤的特性,进一步增强鉴别诊断的效能。

本研究存在一定的局限性:第一是本研究双源双能量融合系数为 0.6,未对不同融合系数进行研究。第二是病变样本量较小、病种较少,存在一定选择性偏倚,需要大样本量、多病种进一步验证。

综上所述,双源双能量 CT 定量参数、血清 AFP、GGT/ALT 在鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤中具有一定临床价值,且联合鉴别诊断肝脏良恶性肿瘤的效能优于单一指标,为临床诊断提供了更为科学的依据。

参考文献

- [1] GAO R, ZHAO S, AISHANJIANG K, et al. Deep learning for differential diagnosis of malignant hepatic tumors based on multi-phase contrast-enhanced CT and clinical data[J]. J Hematol Oncol, 2021, 14(1): 154.
- [2] MARCHETTI L, PERRUCCI L, PELLEGRINO F, et al.

- Diagnostic contribution of contrast-enhanced CT as compared with unenhanced low-dose CT in PET/CT staging and treatment response assessment of (18)F-FDG-Avid lymphomas: a prospective study[J]. *J Nucl Med*, 2021, 62(10):1372-1379.
- [3] MAHMUD N, FRICKER Z, HUBBARD R A, et al. Risk prediction models for post-operative mortality in patients with cirrhosis[J]. *Hepatology*, 2021, 73(1):204-218.
- [4] ITOKAWA N, ATSUKAWA M, TSUBOTA A, et al. Effects of sorafenib combined with low-dose interferon therapy for advanced hepatocellular carcinoma: a pilot study[J]. *Int J Clin Oncol*, 2016, 21(4):676-683.
- [5] HASBAHCECI M, MALYA F U, KUNDUZ E, et al. Use of serum and peritoneal CEA and CA19-9 in prediction of peritoneal dissemination and survival of gastric adenocarcinoma patients: are they prognostic factors[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2018, 100(4):257-266.
- [6] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL R L, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3):209-249.
- [7] SHI J, ZHU L, LIU S, et al. A Meta-analysis of case-control studies on the combined effect of hepatitis B and C virus infections in causing hepatocellular carcinoma in China[J]. *Br J Cancer*, 2005, 92(3):607-612.
- [8] PALMER W C, PATEL T. Are common factors involved in the pathogenesis of primary liver cancers? A Meta-analysis of risk factors for intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. *J Hepatol*, 2012, 57(1):69-76.
- [9] LI H, HU B, ZHOU Z Q, et al. Hepatitis C virus infection and the risk of intrahepatic cholangiocarcinoma and extrahepatic cholangiocarcinoma: evidence from a systematic review and Meta-analysis of 16 case-control studies[J]. *World J Surg Oncol*, 2015, 13:161.
- [10] PETRICK J L, FLORIO A A, ZNAOR A, et al. International trends in hepatocellular carcinoma incidence, 1978-2012[J]. *Int J Cancer*, 2020, 147(2):317-330.
- [11] VOGEL A, MEYER T, SAPISOCHIN G, et al. Hepatocellular carcinoma[J]. *Lancet*, 2022, 400(10360):1345-1362.
- [12] 单卉, 陈德平, 曹勇军, 等. DWI联合血清 AFP、DCP及GGT/ALT比值对肝脏良恶性肿瘤的鉴别诊断价值[J]. *中国医师杂志*, 2024, 26(3):402-407.
- [13] 李树芸, 王宗盛, 徐春玲. 增强 CT联合肿瘤标志物检测在肝癌诊断及预后中的应用价值[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2020, 40(11):1628-1632.
- [14] 唐亮, 郑晓东, 郑佳连. 光谱 CT、MRI以及血清相关指标与肿瘤标志物检测在原发性肝癌的诊断价值[J]. *中国医学装备*, 2021, 18(9):62-66.
- [15] ZHAO Z, ZHU Y, NI X, et al. Serum GGT/ALT ratio predicts vascular invasion in HBV-related HCC[J]. *Cancer Cell Int*, 2021, 21(1):517.
- [16] WANG N, JU Y, WU J, et al. Differentiation of liver abscess from liver metastasis using dual-energy spectral CT quantitative parameters[J]. *Eur J Radiol*, 2019, 113:204-208.
- [17] KIM J E, KIM H O, BAE K, et al. Differentiation of small intrahepatic mass-forming cholangiocarcinoma from small liver abscess by dual source dual-energy CT quantitative parameters[J]. *Eur J Radiol*, 2017, 92:145-152.
- [18] CAI W, ZHANG D, LEE J G, et al. Dual-energy index value of luminal air in fecal-tagging computed tomography colonography: findings and impact on electronic cleansing[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2013, 37(2):183-194.
- [19] MEI K, EHN S, OECHSNER M, et al. Dual-layer spectral computed tomography: measuring relative electron density[J]. *Eur Radiol Exp*, 2018, 2:20.
- [20] HUA C H, SHAPIRA N, MERCHANT T E, et al. Accuracy of electron density, effective atomic number, and iodine concentration determination with a dual-layer dual-energy computed tomography system[J]. *Med Phys*, 2018, 45(6):2486-2497.
- [21] 徐驰杰, 孔玲玲, 邓小毅. 双能量 CT电子云密度/有效原子序数在成骨型转移瘤与骨岛中的鉴别诊断价值[J]. *肿瘤影像学*, 2022, 31(4):403-408.
- [22] 李健文, 周长圣, 张龙江, 等. 双能量 CT电子云密度/等效原子系数(Rho/Z)在小肾癌中的应用[J]. *放射学实践*, 2019, 34(2):163-166.
- [23] 钟丽茹, 罗娜, 唐文杰. 双能量 CT电子云密度和有效原子序数在甲状腺良恶性结节鉴别诊断中的价值[J]. *新医学*, 2024, 55(9):716-721.
- [24] NORMAN J S, LI P J, KOTWANI P, et al. AFP-L3 and DCP strongly predict early hepatocellular carcinoma recurrence after liver transplantation[J]. *J Hepatol*, 2023, 79(6):1469-1477.
- [25] REN T, HOU X, ZHANG X, et al. Validation of combined AFP, AFP-L3, and PIVKA II for diagnosis and monitoring of hepatocellular carcinoma in Chinese patients[J]. *Heliyon*, 2023, 9(11):e21906.
- [26] 赵杰, 余海波, 朱运海, 等. 肝癌根治术前GGT、ALT/AST和术后临床病理特征与预后的关系[J]. *中华普通外科杂志*, 2019, 34(4):328-331.