能谱CT对直肠癌淋巴结转移的评估价值

穆冬冬¹,师梦伟²,宋浩然¹,闫 暕³,乔文娟²,郑连生²

¹包头医学院研究生院,内蒙古 包头 ²包头医学院第二附属医院普外二科,内蒙古 包头 ³包头医学院第二附属医院泌尿外科,内蒙古 包头

收稿日期: 2025年1月18日; 录用日期: 2025年2月11日; 发布日期: 2025年2月24日

摘要

目的:探究能谱CT对直肠癌淋巴结转移测定的价值。方法:选取包头医学院第二附属医院行腹腔镜下直 肠癌根治术的50例患者,共纳入225枚淋巴结,其中转移性淋巴结51枚,非转移性淋巴结174枚。对比 分析转移性淋巴结与非转移性淋巴结的长径、短径、长短径之比,同时对各淋巴结的能谱参数进行对比 分析。结果:转移性淋巴结组与非转移性淋巴结组的长径、长短径之比具有统计学意义(P<0.05);动静 脉期IC、NIC、物质对Water-Iodine、Iodine-Fe、Fe-Iodine、Iodine-Cu、Cu-Iodine及Blood-Iodine比 较具有统计学意义(P<0.05)。结论:能谱CT对直肠癌淋巴结是否转移有较高的鉴别价值。

关键词

直肠癌,能谱CT,腹腔镜手术,淋巴结

The Value of Spectroscopic CT for Lymph Node Metastasis in Rectal Cancer

Dongdong Mu¹, Mengwei Shi², Haoran Song¹, Jian Yan³, Wenjuan Qiao², Liansheng Zheng²

¹Graduate School of Baotou Medical College, Baotou Inner Mongolia

²The Second Department of General Surgery, The Second Affiliated Hospital of Baotou Medical College, Baotou Inner Mongolia

³Department of Urology, The Second Affiliated Hospital of Baotou Medical College, Baotou Inner Mongolia

Received: Jan. 18th, 2025; accepted: Feb. 11th, 2025; published: Feb. 24th, 2025

Abstract

Objective: To explore the value of spectral CT in the determination of lymph node metastasis in rectal cancer. Methods: A total of 225 lymph nodes were included in 50 patients who underwent laparoscopic radical rectal cancer resection in the Second Affiliated Hospital of Baotou Medical College,

including 51 metastatic lymph nodes and 174 non-metastatic lymph nodes. The ratios of long diameter, short diameter and long short diameter of metastatic lymph nodes and non-metastatic lymph nodes were compared and analyzed, and the energy spectrum parameters of each lymph node were compared and analyzed. Results: The ratio of length to diameter between metastatic lymph node group and non-metastatic lymph node group was statistically significant (P < 0.05). In arteriovenous phase, IC, NIC and substance were statistically significant compared with Water-Iodine, Iodine-Fe, Fe-Iodine, Iodine-Cu, Cu-Iodine and Blood-Iodine (P < 0.05). Conclusion: Spectral CT has a high differential value in determining whether lymph nodes metastasize in rectal cancer.

Keywords

Rectal Cancer, Energy Spectral CT, Laparoscopic Surgery, Lymph Nodes

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0). http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

1. 引言

结直肠癌(Colorectal Cancer, CRC)是常见的消化道恶性肿瘤之一,以直肠癌最为好发。据统计 2022 年 全球超过 192 万人被确诊为结直肠癌,死亡病例数约为 90.2 万人[1]。2022 年 CRC 是我国发病率第 2, 死亡率第 4 的癌症[2]。近年来,随着全球经济快速发展,人们生活方式改变,直肠癌发病比例呈逐年递 增趋势,各年龄段均可受累,且逐步向年轻化过渡[3]。目前,未出现远处转移的直肠癌患者治疗方式仍 以手术为主,腹腔镜手术在直肠癌患者的应用中效果显著[4]。但晚期直肠癌患者术后 5 年生存率仍然较 低。相关研究发现,影响直肠癌患者术后生存率的主要原因与淋巴结转移、浸润深度、分化程度、脉管 及神经侵犯等有关[5][6]。淋巴结转移是影响直肠癌患者预后的重要因素[7],也是术后是否使用辅助化疗 的关键因素,淋巴结是否有转移也与手术方式的选择有关。能谱 CT 相对于常规增强 CT 不仅可以提供更 为优良、清晰的图像,还可以提供多参数的图像数据[8][9]。随着能谱 CT 的不断发展,其四大工具即能 谱曲线、单能量成像、物质定量与分离、有效原子序数在临床实践中被广泛应用于肺癌、胃癌、胰腺导 管癌等恶性肿瘤的研究[10]-[12]。本研究旨在利用能谱 CT 测定直肠癌患者淋巴结各期能谱参数,与术后 病理对比,探究能谱 CT 对直肠癌淋巴结转移测定的价值。

2. 材料与方法

2.1. 研究对象

选取 2023 年 1 月至 2024 年 3 月于包头医学院第二附属医院符合下列条件的直肠癌患者进行研究: 1) 接受术前检查,包括电子肠镜、能谱 CT、血常规等检查;2) 肿瘤无远处转移;3) 术前临床肿瘤分期 为 I~III 期;4) 患者不存在治疗相关的过敏问题,也不存在有关的禁忌病症。排除标准包括:1) 存在碘 剂的过敏问题;2) 存在严重的心、肺、肾异常问题;3) 术前进行靶向治疗、放疗以及化疗等治疗者。4) 能谱数据不齐全、图像质量差而影响观察者。经筛选将 50 例直肠癌患者纳入研究,其中男 26 例,女 24 例,年龄 46~87 岁,平均(65.57 ± 10.57)岁。其中低位直肠癌 17 例,中位直肠癌 18 例,高位直肠癌 15 例。经术后病理证实,共纳入 225 枚淋巴结,转移性淋巴结 51 枚,非转移性淋巴结 174 枚。T1 期 1 例, T2 期 12 例,T3 期 37 例;N0 期 27 例,N1 期 17 例,N2 期 6 例;均无远处转移。本研究经包头医学院 第二附属医院伦理委员会批准。

2.2. 设备与方法

采用美国 GE 公司 Revolution CT 设备。患者检查前一晚进行清洁灌肠,禁食约 12 h, CT 扫描前 30 分钟内饮温水约 1500 ml,扫描前训练患者屏气。扫描完成后将原始数据重建为层厚 1.25 mm 的影像集, 传 GE 后处理工作站 ADW4.7。

2.3. 手术方式及淋巴结处理

所有患者均行腹腔镜手术,将患者术中切除的淋巴结进行分组,分为以下三组:1) 肠旁淋巴结,即 沿着直肠动脉分布的淋巴结,编号为 251 淋巴结;2) 中间淋巴结,介于肠旁淋巴结与主淋巴结之间,编 号为 252 淋巴结;3) 主淋巴结,位于肠系膜下动脉根部的淋巴结,编号为 253 淋巴结。将术中切下来的 淋巴结按以上三组送检,尽可能确保切除淋巴结与能谱 CT 图像上感兴趣的淋巴结一一对应。

2.4. 淋巴结数据分析

根据手术病理结果,将淋巴结分为转移性淋巴结组和非转移性淋巴结组,CT 扫描数据传至 GE 后处理 工作站 ADW4.7,选择在 70 kV 单能量水平且在淋巴结最大层面,于动脉期及静脉期分别测量淋巴结的长 径、短径、碘浓度(Lodine Concentration, IC)、同层面腹主动脉或髂动脉及肠系膜下静脉 IC,测量淋巴结各 物质对的能谱参数,通过计算得到长短经之比、标准化碘浓度(Normalized Iodine Concentration, NIC, NIC = 淋巴结 IC/同层面腹主动脉或髂动脉 IC),尽量使所选择的淋巴结在动脉期、静脉期处于同一位置,每 个淋巴结测量其最大层面、最大层面上一层与最大层面下一层面的能谱数据,共测量 3 次,取其均值。

2.5. 统计学分析

采用 SPSS20.0 软件进行统计学分析数据,定量资料符合正态分布的采用平均值 ± 标准差(x ± s)表示,非正态分布的定量资料以 M (P₂₅, P₇₅)表示,转移性淋巴结组与非转移性淋巴结组淋巴结各参数进行 独立样本 t 检验或者 Mann-Whitney U 检验。计数资料采用例数或者构成比(%)表示,比较采用卡方检验。 P < 0.05 为差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组患者的一般资料比较

经筛选纳入 50 例直肠癌患者进行研究,其中男 26 例,女 24 例,转移淋巴结组 23 例患者,非转移 淋巴结组 27 例患者。两组患者的一般资料比较差异均无统计学意义(P>0.05),具体结果见表1。

Table	 Comparative analysis of the general data of the two group 	os
表 1.	两组患者的一般资料对比分析	

组别	转移淋巴结组(n=23)	非转移淋巴结组(n=27)	t值/χ ² 值	P值
年龄(x±s,岁)	65.57 ± 10.57	68.59 ± 9.78	-1.051	0.299
性别(男/女,例数)	12/11	14/13	0.001	0.982
肿瘤位置(高/中/低,例数)	7/11/5	8/7/12	3.541	0.170

3.2. 淋巴结长短径及长短径之比比较

按照影像 - 手术 - 病理结果对照的方法,共纳入 225 枚淋巴结,转移性淋巴结 51 枚,非转移性淋巴 结 174 枚,结果显示转移淋巴结组与非转移淋巴结组的长径、长短径之比具有统计学意义(P < 0.05),而

淋巴结短径无统计学意义,具体结果见表2。

 Table 2. Comparative analysis of long diameter, short diameter, the ratios of long and short diameter between metastatic lymph node group and non-metastatic lymph nodes

组别	转移淋巴结组(n = 51)	非转移淋巴结组(n = 174)	t 值	P值
淋巴结长径(cm)	6.17 ± 0.86	5.12 ± 0.87	7.576	< 0.001
淋巴结短径(cm)	4.23 ± 0.87	4.31 ± 0.78	-0.674	0.501
淋巴结长短径之比	1.49 ± 0.20	1.19 ± 0.13	9.833	< 0.001

表 2. 转移淋巴结组与非转移淋巴结组长径、短径、长短径之比对比分析

3.3. 淋巴结能谱参数比较

将纳入的 225 枚淋巴结,采用独立样本 t 检验或者 Mann-Whitney U 检验进行对比分析,结果显示动脉期淋巴结 IC、NIC、物质对 Water-Iodine、Iodine-Fe、Fe-Iodine、Iodine-Cu、Cu-Iodine 及 Blood-Iodine比较具有统计学意义(P<0.05),而腹主动脉或髂动脉 IC 及物质对 Iodine-Blood 均无统计学差异(P>0.05),具体结果见表 3。静脉期 IC、NIC、物质对 Water-Iodine、Iodine-Fe、Fe-Iodine、Iodine-Cu、Cu-Iodine 及 Blood-Iodine 比较具有统计学意义(P<0.05),肠系膜下静脉 IC 及物质对 Iodine-Blood 无统计学差(P>0.05),具体结果见表 4。

 Table 3. Comparative analysis of energy spectrum parameters of each lymph node in the arterial phase

 表 3. 动脉期各淋巴结能谱参数对比分析

能谱参数	转移淋巴结组(n = 51)	非转移淋巴结组(n = 174)	t 值/z 值	P 值
淋巴结 IC	15.73 ± 1.52	11.55 ± 1.84	14.717	< 0.001
动脉 IC	95.46 ± 3.13	95.72 ± 3.20	-0.508	0.613
NIC	0.17 (0.16, 0.18)	0.12 (0.11, 0.13)	-10.52	< 0.001
Water-Iodine	1001.97 ± 9.04	997.26 ± 9.72	3.099	0.002
Iodine-Fe	500.57 ± 4.86	498.30 ± 5.10	2.825	0.005
Fe-Iodine	3269.57 ± 29.54	3256.07 ± 31.98	2.696	0.008
Iodine-Cu	1444.61 ± 13.15	1438.13 ± 14.52	2.860	0.005
Cu-Iodine	6889.71 ± 62.03	6861.51 ± 67.47	2.672	0.008
Iodine-Blood	0.81 ± 0.33	0.82 ± 0.35	-0.311	0.756
Blood-Iodine	1015.27 ± 8.99	1010.95 ± 9.93	2.788	0.006

Table 4. Comparative analysis of the energy spectrum parameters of each lymph node in the venous phase 表 4. 静脉期各淋巴结能谱参数对比分析

能谱参数	转移淋巴结组(n = 51)	非转移淋巴结组(n = 174)	t 值/z 值	P 值
淋巴结 IC	18.72 ± 1.28	15.91 ± 1.26	13.978	< 0.001
静脉 IC	21.31 ± 3.07	20.88 ± 3.65	0.775	0.451
NIC	0.87(0.82, 0.95)	0.75(0.67, 0.86)	-4.959	< 0.001
Water-Iodine	1006.56 ± 5.43	1004.14 ± 7.44	2.549	0.012
Iodine-Fe	502.41 ± 3.01	501.01 ± 3.96	2.722	0.008

续表				
Fe-Iodine	3290.97 ± 27.61	3275.97 ± 29.47	3.241	0.001
Iodine-Cu	1452.97 ± 12.49	1446.41 ± 13.37	3.123	0.002
Cu-Iodine	6934.72 ± 58.41	6903.55 ± 62.09	3.195	0.002
Iodine-Blood	1.36 ± 0.24	1.34 ± 0.31	0.351	0.726
Blood-Iodine	1021.72 ± 8.61	1017.13 ± 9.14	3.195	0.002

3.4. 淋巴结各能谱参数的 ROC 曲线结果

将淋巴结长径、长短径之比及动静脉期各能谱参数分别绘制 ROC 曲线。动静脉期各参数指标 ROC 曲线下面积(Area Under Curve, AUC)见表 5, AUC 越接近 1.0, 检测方法真实性越高, AUC 大于等于 0.7 时,表明该阈值具有较好的准确性。约登指数(YI)的最大值作为诊断阈值,同时计算各参数的灵敏度、特异度,具体结果见表 6,各能谱参数的 ROC 曲线见图 1~3。

 Table 5. Area under the ROC curve of the energy spectrum parameters of the arteriovenous phase of the lymph nodes

 表 5. 淋巴结动静脉期能谱参数 ROC 曲线下面积

能证分粉	いい一面和	+于V在3日	n 店	AUC 的 95%CI	
化盲参数	AUC 画 ⁄穴	你在 庆	P 但.	下限	上限
长径	0.797	0.33	< 0.01	0.732	0.862
长短径之比	0.901	0.29	< 0.01	0.844	0.958
动脉期淋巴结 IC	0.979	0.007	< 0.01	0.965	0.993
动脉期 NIC	0.981	0.007	< 0.01	0.968	0.005
动脉期 Water-Iodine	0.641	0.043	0.002	0.556	0.726
动脉期 Iodine-Fe	0.631	0.044	0.005	0.544	0.717
动脉期 Fe-Iodine	0.629	0.044	0.005	0.543	0.716
动脉期 Iodine-Cu	0.641	0.043	0.002	0.556	0.726
动脉期 Cu-Iodine	0.629	0.044	0.005	0.543	0.716
动脉期 Blood-Iodine	0.636	0.043	0.003	0.551	0.712
静脉期淋巴结 IC	0.941	0.016	< 0.01	0.909	0.973
静脉期 NIC	0.728	0.036	< 0.01	0.657	0.800
静脉期 Water-Iodine	0.590	0.041	0.052	0.509	0.671
静脉期 Iodine-Fe	0.599	0.042	0.031	0.517	0.681
静脉期 Fe-Iodine	0.643	0.042	0.002	0.561	0.725
静脉期 Iodine-Cu	0.636	0.042	0.003	0.053	0.718
静脉期 Cu-Iodine	0.693	0.042	0.002	0.557	0.722
静脉期 Blood-Iodine	0.693	0.042	0.002	0.557	0.722

能谱参数	诊断阈值	灵敏度(%)	特异度(%)	YI
长径	5.605	76.50	69.50	0.460
长短径之比	1.315	88.20	84.50	0.727
动脉期淋巴结 IC	13.885	96.10	88.50	0.846
动脉期 NIC	0.145	98.00	88.50	0.865
动脉期 Water-Iodine	997.075	74.50	51.70	0.262
动脉期 Iodine-Fe	498.105	74.50	51.70	0.262
动脉期 Fe-Iodine	3255.045	74.50	51.10	0.256
动脉期 Iodine-Cu	1437.650	76.50	51.10	0.276
动脉期 Cu-Iodine	6859.453	74.50	51.10	0.256
动脉期 Blood-Iodine	1010.530	76.50	50.60	0.271
静脉期淋巴结 IC	17.040	92.20	81.00	0.732
静脉期 NIC	0.815	78.40	66.70	0.451
静脉期 Water-Iodine	1003.365	80.40	42.00	0.224
静脉期 Iodine-Fe	500.700	80.40	42.50	0.229
静脉期 Fe-Iodine	3276.915	76.50	51.10	0.276
静脉期 Iodine-Cu	1446.735	74.50	49.40	0.239
静脉期 Cu-Iodine	6905.425	74.50	50.60	0.251
静脉期 Blood-Iodine	1017.405	74.50	50.60	0.251

Table 6. Diagnostic thresholds and sensitivity, specificity, and Youden index (YI) of lymph nodes 表 6. 淋巴结的各参数诊断阈值及其灵敏度、特异度、约登指数(YI)



1-特异性





Figure 2. ROC curves of arterial phase lymph nodes for identification of metastatic lymph nodes by spectral parameters 图 2. 动脉期淋巴结各能谱参数鉴别转移性淋巴结的 ROC 曲线



Figure 3. ROC curves of each spectrum parameter of venous lymph nodes to identify metastatic lymph nodes 图 3. 静脉期淋巴结各能谱参数鉴别转移性淋巴结的 ROC 曲线

4. 讨论

直肠癌是胃肠道肿瘤中常见的一种恶性疾病,随着人们生活方式、饮食习惯的改变,直肠癌的发病

率呈现逐年增加的趋势,饮酒、肥胖等都可能会诱发直肠癌[13][14]。直肠癌的转移方式很多,最常见的 为淋巴结转移。淋巴结有无转移、转移位置与分布等对评估直肠癌病情及治疗有着重要作用。因此,术 前评估直肠癌患者淋巴结是否转移至关重要。

直肠癌患者术前行腹部增强 CT 检查,通过 CT 检查可以帮助医师了解患者淋巴结大小和形状等信息,但是缺乏定量信息,难以分辨其病理类型[15][16]。能谱 CT 增强扫描借助成分定量分析技术,可以 有效优化图像质量,反应局部血供情况[17][18]。通过能谱 CT 增强扫描,可以得到更多关于淋巴结的能 谱参数,帮助医师更好评估病情与治疗手段[19][20]。本研究基于能谱 CT,探究能谱 CT 对直肠癌淋巴 结是否转移进行探索。

当前,直肠癌转移性淋巴结在影像上多数以直径 ≥1.0 cm 作为诊断阈值,但许多研究显示直肠癌转移性淋巴结的直径可以小于 1.0 cm [21]。本研究对 50 例患者进行研究,总计 225 枚淋巴结,结果显示转移性淋巴结组与非转移性淋巴结组的长径、长短径之比均具有统计学意义(P < 0.05),且诊断阈值分别为 5.605 cm、1.315,灵敏度分别为 76.50%、88.20%,特异度为 69.50%、84.50%。这与张国庆[22]等人的研究结果基本一致。

本研究还利用能谱 CT 测量淋巴结的各能谱参数,结果显示淋巴结动静脉期 IC、NIC 物质对 Water-Iodine、Iodine-Fe、Fe-Iodine、Iodine-Cu、Cu-Iodine 及 Blood-Iodine 于转移组能谱数据均高于非转移组, 比较具有统计学意义(P<0.05),其中动脉期 IC 的 AUC 为 0.979,与其对应诊断阈值及灵敏度、特异度分 别为 13.885、96.10%、88.50%, 静脉期 IC 的 AUC 为 0.941, 与其对应诊断阈值及灵敏度、特异度分别为 17.040、92.20%、81.00%,这与邵珣[23]的研究结果一致。有研究报道相较于 IC 值, NIC 值可以排除个 体差异的影响,对鉴别淋巴结是否转移更具有较高的价值[24][25]。本研究中动脉期 NIC 诊断阈值为 0.145, 其灵敏度高达 98.00%, 而静脉期的灵敏度仅 78.40%, 究其原因可能是动脉期 NIC 值反映了血液灌注的 早期阶段,而静脉期 NIC 值反映的是血管内碘的平衡状态[26]。此外,本研究还探究了淋巴结相关物质 对,动脉期Water-Iodine、Iodine-Fe、Fe-Iodine、Iodine-Cu、Cu-Iodine及Blood-Iodine的AUC分别为0.641、 0.631、0.629、0.641、0.629、0.636,静脉期上述各物质对 AUC 分别为 0.590、0.599、0.643、0.636、0.693、 0.693,均低于动静脉期 IC 及 NIC 值,其原因可能是:① 碘水是临床上常用的造影剂,其主要成分碘, 对 X 射线具有较高的吸收系数。在能谱 CT 扫描中,碘水能够形成明显的对比,使得淋巴结内的碘含量 可以清晰地被检测和量化。② 虽然淋巴结基物质对碘铁和碘铜也含有碘元素,但它们与铁或铜的结合可 能改变了碘的电子结构或分布,从而影响其对 X 射线的吸收特性。此外铁死亡与铜死亡作为细胞死亡的重 要方式,在直肠癌的发生和发展中可能扮演着重要角色,影响着 X 射线对碘的吸收。③ 基物质对碘血中的 碘元素主要存在于血浆中的碘化物或甲状腺激素等化合物中,其分布和浓度受到多种生理因素的影响。与 碘水造影剂相比,碘血中的碘含量可能较低且分布不均,因此在能谱 CT 扫描中的对比度可能较低。

综上所述, 能谱 CT 对直肠癌淋巴结转移评估有一定的实用价值, 其多功能参数成像可以获得肿瘤 更多信息, 提高诊断的准确性。

参考文献

- Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Soerjomataram, I., *et al.* (2024) Global Cancer Statistics 2022: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 74, 229-263. <u>https://doi.org/10.3322/caac.21834</u>
- [2] 王少明, 郑荣寿, 韩冰峰, 等. 2022 年中国人群恶性肿瘤发病与死亡年龄特征分析[J]. 中国肿瘤, 2024, 33(3): 165-174.
- [3] Morgan, E., Arnold, M., Gini, A., Lorenzoni, V., Cabasag, C.J., Laversanne, M., et al. (2022) Global Burden of Colorectal Cancer in 2020 and 2040: Incidence and Mortality Estimates from GLOBOCAN. Gut, 72, 338-344. https://doi.org/10.1136/gutjnl-2022-327736

- [4] Ma, L., Yu, H., Zhu, Y., Li, W., Xu, K., Zhao, A., et al. (2024) Laparoscopy Is Non-Inferior to Open Surgery for Rectal Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. Cancer Medicine, 13, e7363. <u>https://doi.org/10.1002/cam4.7363</u>
- [5] Lalosevic, M.S., Milovanovic, T., Micev, M., Stojkovic, M., Dragasevic, S., Stulic, M., et al. (2020) Perineural Invasion as a Prognostic Factor in Patients with Stage I-III Rectal Cancer—5-Year Follow Up. World Journal of Gastrointestinal Oncology, 12, 592-600. <u>https://doi.org/10.4251/wjgo.v12.i5.592</u>
- [6] Zhang, H., Sun, G., Zheng, K., Lou, Z., Gao, X.H., Meng, R.G., et al. (2021) Prognostic Factors in Patients with Complete Response of the Tumour (ypT0) after Neoadjuvant Chemoradiotherapy and Radical Resection of Rectal Cancer. ANZ Journal of Surgery, 91, E190-E195. <u>https://doi.org/10.1111/ans.16544</u>
- [7] Kim, H.J. and Choi, G. (2019) Clinical Implications of Lymph Node Metastasis in Colorectal Cancer: Current Status and Future Perspectives. Annals of Coloproctology, 35, 109-117. <u>https://doi.org/10.3393/ac.2019.06.12</u>
- [8] 王宏, 李玲, 逯瑶, 等. 乳腺癌颈胸腹盆增强 CT: 能谱与常规扫描模式比较[J]. CT 理论与应用研究, 2022, 31(4): 489-498.
- [9] 成娜, 雷炜, 吴晓华. 对比分析常规增强 CT 扫描以及能谱 CT 单能量成像对门静脉血管成像图像质量的影响[J]. 世界复合医学, 2023, 9(12): 83-86.
- [10] Ma, X., Xu, M., Tian, X., Liu, Y., Zhang, X. and Qiao, Y. (2022) A Retrospectively Study: Diagnosis of Pathological Types of Malignant Lung Tumors by Dual-Layer Detector Spectral Computed Tomography. *Technology in Cancer Research & Treatment*, 21, 1-9. <u>https://doi.org/10.1177/15330338221074498</u>
- [11] Ge, H., Chen, J., Wang, L., Zou, T., Zheng, B., Liu, Y., *et al.* (2024) Preoperative Prediction of Lymphovascular and Perineural Invasion in Gastric Cancer Using Spectral Computed Tomography Imaging and Machine Learning. *World Journal of Gastroenterology*, **30**, 542-555. <u>https://doi.org/10.3748/wjg.v30.i6.542</u>
- [12] Liu, W., Xie, T., Chen, L., Tang, W., Zhang, Z., Wang, Y., *et al.* (2024) Dual-Layer Spectral Detector CT: A Noninvasive Preoperative Tool for Predicting Histopathological Differentiation in Pancreatic Ductal Adenocarcinoma. *European Journal of Radiology*, **173**, Article ID: 111327. <u>https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111327</u>
- [13] Rumgay, H., Murphy, N., Ferrari, P. and Soerjomataram, I. (2021) Alcohol and Cancer: Epidemiology and Biological Mechanisms. *Nutrients*, 13, Article 3173. <u>https://doi.org/10.3390/nu13093173</u>
- [14] Avgerinos, K.I., Spyrou, N., Mantzoros, C.S. and Dalamaga, M. (2019) Obesity and Cancer Risk: Emerging Biological Mechanisms and Perspectives. *Metabolism*, 92, 121-135. <u>https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.11.001</u>
- [15] 杨艳红, 刘忠华, 李颖. MRI 检查联合 MSCT 检查对结直肠癌患者术前 T、N 分期的诊断价值分析[J]. 现代医用 影像学, 2022, 31(7): 1274-1276.
- [16] 何家伟,程庆红,祝丁丁,等. IQon 能谱 CT 多参数定量评估肺癌淋巴结转移的诊断效能[J]肿瘤影像学,2022, 31(4): 367-371.
- [17] 田飞,赵雪莲,葛华,等. MSCT 与 MRI 技术在鉴别结直肠癌术前 T、N 分期的诊断价值[J]. 沈阳药科大学学报, 2021, 38(S2): 126.
- [18] 肖栋, 韩拓, 翟超, 等. MRI 联合 MSCT 检查对结直肠癌术前 T、N 分期诊断价值研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2020, 18(10): 135-137.
- [19] 代欢欢, 黄文, 张文娟. 能谱 CT 碘水图的纹理分析在评估结直肠癌患者胸苷酸合成酶表达状态中的价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2021, 27(3): 220-224.
- [20] 覃秘, 刘满荣, 龚莫锋, 等. CT 能谱成像在结直肠癌术前 N 分期评估中的价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2023, 34(6): 419-422, 432.
- [21] 毕研翠, 翟所席, 孟慧英. MSCT 与 MR-DWI 在诊断结直肠癌区域淋巴结分期与转移中的价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2020, 18(5): 52-55.
- [22] 张国庆, 俞咏梅, 汤永祥, 等. 双源 CT 对结直肠癌淋巴结转移的鉴别价值[J]. 沈阳医学院学报, 2023, 25(2): 136-140, 144.
- [23] 邵珣. Revolution CT 与 MRI 在直肠癌术前 TN 分期中的应用价值研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2020.
- [24] La Forgia, D., Catino, A., Dentamaro, R., *et al.* (2019) Role of the Contrast-Enhanced Spectral Mammography for the Diagnosis of Breast Metastases from Extramammary Neoplasms. *Journal of BUON*, 24, 1360-1366.
- [25] 冯长明, 徐慧慧, 霍英杰, 等. 双能量 CT 能谱图像对结直肠癌的诊断及术前分期中的运用价值[J]. 湖南师范大 学学报(医学版), 2019, 16(1): 159-162.
- [26] Khokhar, H.A., Loughman, E., Khogali, M., Mulligan, N., O'Shea, D.F. and Cahill, R.A. (2018) Visual Probing of Rectal Neoplasia: Near-Infrared Interrogation of Primary Tumors and Secondary Lymph Nodes. *Minerva Surgery*, 73, 217-226. <u>https://doi.org/10.23736/s0026-4733.18.07642-3</u>