

论 著

功能MRI成像对低位前切除综合征的研究价值*

顾 程 申新宇 唐宇杰
张 洁 韩德昌*

唐山市工人医院影像中心(河北唐山 063000)

【摘要】目的 探究功能MRI成像技术在评估低位直肠癌保肛术后低位前切除综合征中的应用价值。**方法** 收集低位直肠癌保肛术后的患者38例,所有患者于术后第3个月内行盆腔功能MRI成像,并采用LARS评分表进行评分。将无LARS症状的患者纳入阴性组,轻度和重度LARS症状的患者纳入阳性组,阳性组患者均于盆腔功能MRI检查的1周内行3D HR-ARM检查。比较LARS阳性组和阴性组功能MRI检查间的差异,分析LARS阳性组功能MRI检查和3D HR-ARM检查间的相关性。**结果** LARS阳性组各时相的PR厚度和EAS厚度均小于阴性组,且差异有统计学意义($P<0.05$)。功能MRI成像与3D HR-ARM检查相关性分析显示:静息相的H线长度与RAPD呈正相关,静息相的EAS厚度与MSP呈正相关,力排相的H线长度与IRP呈正相关,三时相的PR厚度与HPZ呈正相关,提肛相的IAS厚度与IRP和RAPD呈负相关($P<0.05$)。**结论** 低位直肠癌患者PR和EAS受损、功能减退是影响术后出现LARS的重要因素,功能MRI成像可清晰显示盆底解剖结构变化,与3D HR-ARM检查相结合,可对LARS患者进行全面评估和疗效监测。

【关键词】 功能MRI成像;
3D高分辨直肠肛门测压;
低位前切除综合征;低位直肠癌;
盆底功能

【中图分类号】R445.2

【文献标志码】A

【基金项目】河北省医学科学研究课题
计划(20210787)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.09.048

The Research Value of Functional MRI Imaging in Low Anterior Resection Syndrome*

GU Cheng, SHEN Xin-yu, TANG Yu-jie, ZHANG Jie, HAN De-chang*.

Department of Radiology, Tangshan Gongren Hospital, Tangshan 063000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of functional MRI imaging technology in the evaluation of low anterior resection syndrome after anus-preserving surgery for low rectal cancer. **Methods** 38 patients with low rectal cancer underwent anus-preserving surgery were collected. All patients underwent pelvic functional MRI imaging within the third month after surgery and were scored using the LARS scale. Patients without LARS symptoms were included in the negative group, and patients with mild and severe LARS symptoms were included in the positive group. All patients in the positive group underwent 3D HR-ARM examination within 1 week of the pelvic functional MRI examination. Compare the differences between functional MRI examination in the LARS positive group and the negative group, and analyze the correlation between functional MRI examination and 3D HR-ARM examination in the LARS positive group. **Results** The PR thickness and EAS thickness of each phase in the LARS positive group were smaller than those in the negative group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). Correlation analysis between functional MRI imaging and 3D HR-ARM examination showed that: the H-line length in the resting phase was positively correlated with RAPD, the EAS thickness in the resting phase was positively correlated with MSP, the H-line length in the forceful phase was positively correlated with IRP, the PR thickness of the three phases was positively correlated with HPZ, and the IAS thickness of the levator phase was negatively correlated with IRP and RAPD ($P<0.05$). **Conclusion** Impairment and functional decline of patients' PR and EAS with low rectal cancer are important factors affecting the occurrence of LARS after surgery. Functional MRI imaging can clearly display changes in the anatomical structure of the pelvic floor. Combined with 3D HR-ARM examination, it can comprehensively evaluate and monitor the efficacy of LARS patients.

Keywords: Functional MRI Imaging; 3D High Resolution Anorectal Manometry; Low Anterior Resection Syndrome; Low Rectal Cancer; Pelvic Floor Function

低位前切除综合征(low anterior resection syndrome, LARS)是直肠癌患者进行根治手术后的一种常见并发症,表现为便频、排便疼痛、大便排空障碍、大便失禁等症状^[1-2],尤其是低位直肠癌患者保肛术后,约80%以上会出现LARS^[3],严重影响生活质量。LARS发生的机制尚不明确且较为复杂,既往研究表明,肛门及盆底肌肉神经受损、直肠肛管抑制反射的消失、重建肠道后直肠的顺应性改变等均可引起患者术后发生LARS。通过括约肌训练、生物反馈治疗和直肠气囊试验等方法可以促进LARS患者排便动力学的恢复,并大大改善术后大便失禁情况的发生^[4-5]。MRI检查因其软组织分辨率高、无创、便捷等优点已被广泛应用于低位直肠癌患者术后的随访中^[6-7],而对LARS患者盆底功能的评估目前尚未找到一种准确、高效、可重复性强的影像学检查方法。因此,本研究尝试利用功能MRI成像技术结合3D高分辨直肠肛门测压(three-dimensional high resolution anorectal manometry, HR-ARM)检查,对低位直肠癌保肛术后出现LARS的患者进行综合分析,为评估患者术后盆底功能情况和评价治疗效果提供客观的、可视化的检查方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2022年1月至2023年6月唐山市工人医院肛肠科首次确诊为低位直肠癌并行右下腹造瘘术和保肛手术的患者共38例,其中男23例,女15例,年龄36-73岁,平均 (61.11 ± 7.96) 岁。所有患者于术后第3个月内行盆腔功能MRI成像,并采用LARS评分表对患者评分,0-20分为无症状、21-29分为轻度LARS、30-42分为重度LARS^[8]。其中,无LARS患者18例,男12例,女6例,年龄36-72岁,平均 (60.78 ± 8.87) 岁,LARS评分0-20分,平均 (8.67 ± 6.69) 分,纳入LARS阴性组;轻度LARS患者16例,重度LARS患者4例,因重度LARS患者例数较少,因此将轻度与重度患者合并为LARS阳性组,共20例,男11例,女9例,年龄40-73岁,平均 (61.40 ± 7.26) 岁,LARS评分21-38分,平均 (27.30 ± 5.81) 分。阳性组患者均于盆腔MRI检查的1周内行3D HR-ARM检查。

1.2 检查方法 所有患者均于术后第3个月内行盆腔功能MRI成像,使用Siemens MAGNETOM Skyra 3.0 T超导型磁共振成像仪和8通道相控阵表面线圈,采用快速自旋回波(turbo spin echo, TSE)序列,检查时扫描受检者肛门及直肠静息时、最大力度提肛时和最大力度模拟排便时的TSE T₂WI轴位及矢状位图像,轴位TR 2450 mm,TE 131 mm,层厚3 mm,层间距3 mm,FOV 250 mm×250 mm,矩阵320×320;矢状位TR 2410 mm,TE 132 mm,层厚5.5 mm,层间距5 mm,FOV 280 mm×280 mm,矩阵256×256。

使用新型固态测压仪(ManoScanTM 3D)和10mm探针进行3D HR-ARM检查。检查

【第一作者】顾 程,女,主治医师,主要研究方向:疾病的影像诊断。E-mail: 744185194@qq.com

【通讯作者】韩德昌,男,副主任医师,主要研究方向:疾病的MRI影像诊断。E-mail: 670774217@qq.com

前患者需排空大便，检查时取左侧屈膝卧位，采集患者肛门直肠的动力学指标和容量感觉指标，均采集2次取平均值。

1.3 图像处理 将功能MRI检查图像传输至医学图像存储与传输系统(picture archiving and communication system, PACS)，由2名具有5年以上诊断经验的影像医师行双盲法分析图像。测量数据包括：肛直角(anal rectus angle, ARA)、H线(耻骨联合下缘与耻骨直肠肌直肠后壁附着点连线)长度、M线(耻骨直肠肌直肠后壁附着点与耻尾线的垂线)长度，以及耻骨直肠肌(puborectalis, PR)和肛门内、外括约肌(internal/ external anal sphincter, IAS/EAS)厚度，均测量3次取平均值(图1-3)。

3D HR-ARM检查由2名具有5年以上操作经验的技师完成，数据使用Manoscan 360ARTM系统分析，所有压力测量以大气压为参考标准。测量数据包括，动力学指标：肛管最大静息压(maximum resting pressure, MxRP)、肛门括约肌高压带长度(high pressure zone, HPZ)，肛管最大收缩压(maximum systolic pressure, MSP)、肛管持续收缩时间(duration of sustained squeeze, DSS)，肛管残余压(residual anal pressure, RAP)、肛管松弛率(anal relaxation rate, ARR)、直肠压力(intrarectal pressure, IRP)、直肠肛管压力差(rectoanal pressure differential, RAPD)；容量感觉指标：直肠肛门抑制反射(rectoanal inhibitory reflex, RAIR)，初始感觉阈值(first sensation threshold, FST)，初始排便阈值(initial defecation threshold, IDT)，最大耐受阈值(maximum tolerance threshold, MTT)。

1.4 统计学方法 运用SPSS 26.0统计学软件，符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示。LARS阳性组和阴性组功能MRI检查间的差异比较采用独立样本t检验。LARS阳性组功能MRI检查和3D HR-ARM检查间的相关性分析采用Pearson检验。

2 结果

2.1 LARS阳性组与阴性组功能MRI检查间的差异 LARS阳性组各时相的PR厚度和EAS厚度均小于阴性组，且差异有统计学意义($P<0.05$)，其余指标间无显著差异(表1)。

2.2 LARS阳性组3D HR-ARM检查各指标结果 3D HR-ARM检查肛门直肠动力学指标结果如下：MxRP 24.50-147.40 mmHg，平均(73.59±26.00)mmHg；HPZ 0.50-4.90 cm，平均3.32±1.10 cm；MSP 96.00-338.30 mmHg，平均183.22±65.52 mmHg；DSS 4.80-20.10 s，平均14.16±4.90 s；RAP 22.80-142.60 mmHg，平均84.62±38.95 mmHg；ARR -31%-44%，平均13.65%±18.14%；IRP 15.10-168.30 mmHg，平均83.43±50.69 mmHg；RAPD -97.20-112.30 mmHg，平均3.62±53.09 mmHg。直肠容量感觉指标结果如下：RAIR 20例患者均出现肛门直肠抑制反射，充气量10-30 cc，平均13.50±6.71 cc；FST 10-40 cc，平均20.50±8.26 cc；IDT 20-80 cc，平均43.89±15.77 cc；MTT 40-120 cc，平均78.82±25.47 cc。

2.3 LARS阳性组功能MRI检查与3D HR-ARM检查间的相关性 功能MRI检查各指标与3D HR-ARM检查各指标进行相关性分析显示：静息相的H线长度与RAPD存在显著的中度正相关关系($r=0.501$, $P=0.024$)，静息相的PR厚度与HPZ存在显著的中度正相关关系($r=0.508$, $P=0.022$)，静息相的EAS厚度与MSP存在显著的中度正相关关系($r=0.551$, $P=0.012$)；提肛相的PR厚度与HPZ存在显著的中度正相关关系($r=0.504$, $P=0.024$)，提肛相的IAS厚度与IRP存在显著的中度负相关关系($r=-0.502$, $P=0.024$)，提肛相的IAS厚度与RAPD存在显著的中度负相关关系($r=-0.515$, $P=0.020$)；力排相的H线长度与IRP存在显著的中度正相关关系($r=0.498$, $P=0.025$)，力排相的PR厚度与HPZ存在显著的中度正相关关系($r=0.474$, $P=0.035$)(图4-11)。

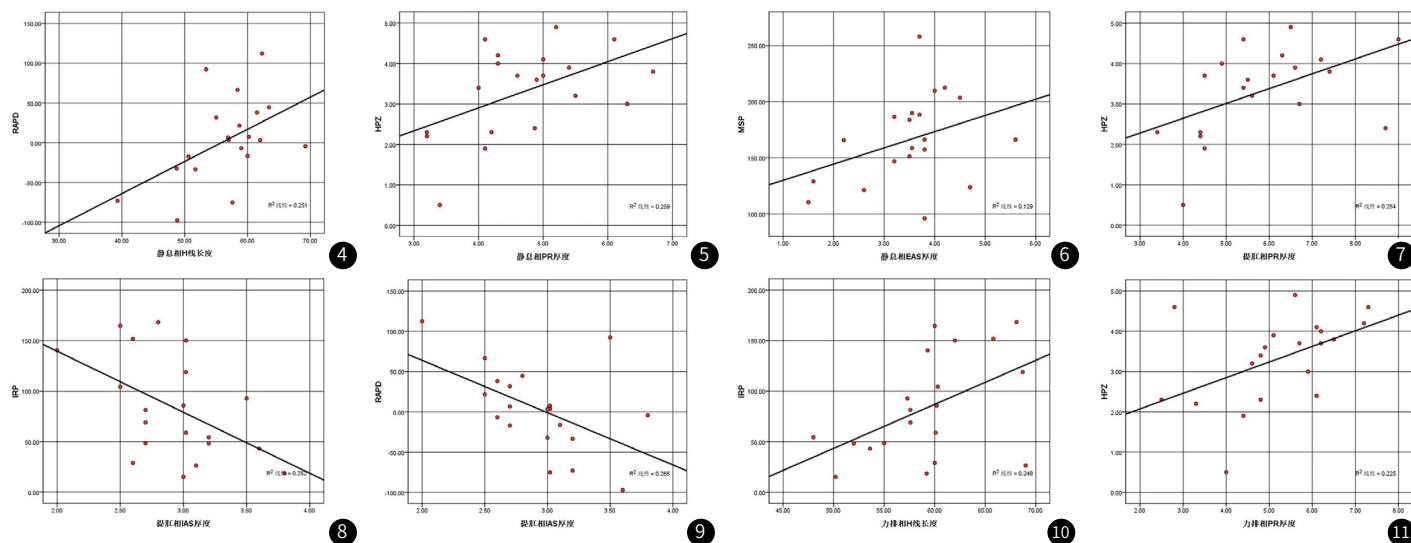


功能MRI检查矢状位及轴位测量参考线示意图。
图1 a: 耻尾线; b: H线; c: M线; d: 肛直角 (ARA)。
图2 a: 耻骨直肠肌 (PR) 厚度;
图3 a: 肛门外括约肌 (EAS) 厚度; b: 肛门内括约肌 (IAS) 厚度。

表1 LARS阳性组与阴性组功能MRI检查间的比较

时相	ARA(°)		t值	P值	H线(mm)		t值	P值	M线(mm)		t值	P值
	阳性组	阴性组			阳性组	阴性组			阳性组	阴性组		
静息	116.39±10.31	112.48±11.99	1.081	0.287	56.69±6.59	57.91±7.46	-0.538	0.594	13.21±6.78	13.59±9.18	-0.148	0.883
提肛	96.82±8.28	92.71±16.56	0.951	0.351	53.31±7.54	51.84±7.61	0.595	0.555	7.64±8.34	5.38±7.72	0.861	0.395
力排	122.93±12.19	120.48±12.85	0.602	0.551	60.76±9.05	61.48±9.25	-0.245	0.808	21.11±10.71	24.33±10.76	-0.924	0.362

时相	PR(mm)		t值	P值	IAS(mm)		t值	P值	EAS(mm)		t值	P值
	阳性组	阴性组			阳性组	阴性组			阳性组	阴性组		
静息	4.87±1.20	6.84±1.29	-4.899	0.000	2.81±0.86	2.84±0.72	-0.152	0.880	3.55±1.38	5.02±0.88	-3.863	0.000
提肛	5.83±1.50	8.13±1.06	-5.397	0.000	3.02±0.82	3.25±0.75	-0.897	0.376	3.91±1.44	5.68±1.25	-4.020	0.000
力排	5.20±1.34	6.30±1.24	-2.617	0.013	2.63±0.75	2.78±0.49	-0.733	0.468	3.52±1.27	4.86±1.23	-3.300	0.002



LARS阳性组功能MRI检查与3D HR-ARM检查间的相关性。

图4 静息相H线长度与RAPD呈正相关；图5 静息相PR厚度与HPZ呈正相关；图6 静息相EAS厚度与MSP呈正相关；图7 提肛相PR厚度与HPZ呈正相关；图8 提肛相IAS厚度与IRP呈负相关；图9 提肛相IAS厚度与RAPD呈负相关；图10 力排相H线长度与IRP呈正相关；图11 力排相PR厚度与HPZ呈正相关。

3 讨论

LARS是直肠癌低位前切除术后出现的主要问题，严重影响患者生活质量。LARS国际共识小组提出，LARS症状包括术后的肠道功能改变、大便性状改变、大便次数增多、便痛、便急、大便排空障碍、大便失禁等^[9]。这些症状可能是因手术切除了部分直肠并残端吻合，或是直接损伤了肛直肠结合部，使解剖结构发生变化，并破坏了部分盆底肌肉结构及神经，从而影响了肠道的控便和排便功能^[10-11]。陈志玉等^[12]研究发现，患者发生LARS时骨盆影像学测量参数有明显变化，LARS的发生与盆骨入口前后径、骶尾径、骶尾曲径成正相关，与坐骨棘间径呈负相关，这是由于盆底肌肉结构及功能受损，骨盆解剖结构改变并失去稳定支撑，导致了骨盆入口前后径较高，坐骨棘间径降低。而本研究结果显示，LARS阳性组功能MRI检查各时相的PR厚度和EAS厚度均小于阴性组($P<0.05$)，说明PR和EAS受损、功能减退是影响术后出现LARS的重要因素，这与既往研究较为一致^[13-14]。由此可见，功能MRI检查可清晰显示低位直肠癌保肛术后盆底解剖结构的变化，可对LARS的成因及预后进行预测和评估。

3D HR-ARM检查是目前评估肛门直肠功能的常用检查方法之一，有助于对直肠敏感性和顺应性、耻骨直肠肌和肛门内、外括约肌运动等进行全面评估^[15]。3D HR-ARM检查常用于功能性便秘的研究中，近些年也有用于评估直肠癌术后排便功能的研究报道。Yuwei Li等^[16]的研究建立了健康志愿者3D HR-ARM检查各指标的正常参考值，利用3D HR-ARM技术可获得肛门直肠的正常压力形态。本研究结果与其研究的正常参考值相比，MxRP、RAP、IRP明显增高(正常参考值：MxRP 69.1 ± 1.6 mmHg、RAP 74.5 ± 3.8 mmHg、IRP 61.2 ± 6.4 mmHg)，ARR、FST、IDT、MTT明显减低(正常参考值：ARR $24.3 \pm 2.1\%$ 、FST 42.5 ± 1.3 cc、IDT 98.4 ± 3.1 cc、MTT 150.5 ± 3.1 cc)，可见LARS患者术后肛门直肠压力明显增高、直肠感觉功能全面减弱。这可能是由于术后肛门括约肌等盆底肌群损伤，出现便频、便急、大便失禁等症状，因此患者肛门直肠长期处于高度收缩状态。另外，手术切除了部分直肠并盆底神经丛受损，使得直肠容量减小、肠壁压力感受器减少，造成了直肠顺应性差及感觉功能障碍。

本研究结果显示，功能MRI检查与3D HR-ARM检查间存在密切的相关性。静息相H线长度与RAPD呈正相关，H线代表肛提肌裂孔的前后径，主要反映盆底松弛程度^[17]，RAPD是模拟排便时直肠和肛管的压力差，术后盆底肌群功能减低，盆底松弛严重，H线增大，肛门内外括约肌受损，肛管内压力减低，RAPD增大。静息相EAS厚度与MSP呈正相关，MSP是指用最大强度收缩肛门

并保持尽可能长的时间所测得的肛管内压力，主要反映EAS收缩功能^[18]，EAS收缩时厚度增加，MSP增大。力排相H线长度与IRP呈正相关，力排时盆底松弛，H线增大，IRP压力增高从而促进大便排出。三时相的PR厚度与HPZ均呈正相关，HPZ是指静息时肛管压力大于直肠压力5mmHg以上的区域，主要反映肛门括约肌的收缩功能，PR与IAS和EAS同步收缩，收缩功能越强，PR厚度增加，HPZ越大。提肛相IAS厚度与IRP和RAPD均呈负相关，提肛时为防止大便排出，IAS收缩增强，肛管压力增加，直肠内压力相应减低，因此IAS厚度增加，IRP和RAPD减低。

本研究尚存在一定的局限性：(1)研究中样本例数较少，尤其重度LARS患者较少，未能进行轻度与重度LARS的组间比较；(2)本研究未对LARS患者的临床治疗效果进行长期随访。在今后的研究中将继续扩大样本量，并进一步研究功能MRI成像在LARS长期预后评估中的应用价值。

综上所述，功能MRI成像技术能对低位直肠癌保肛术后LARS的患者进行客观、全面、可视化的分析，结合3D HR-ARM检查可从盆底解剖和肛门直肠动力、感觉等方面多角度探究LARS患者的盆底功能情况，并评估LARS的临床治疗效果。

参考文献

- [1] 胡锦蕊, 赵红, 彭雨琪, 等. 直肠癌患者术后低位前切除综合征发生风险预测模型的系统评价[J]. 中国循证医学杂志, 2024, 24(03): 295-302.
- [2] Jin D A, Gu F P, Meng T L, et al. Effect of low anterior resection syndrome on quality of life in colorectal cancer patients: a retrospective observational study[J]. World Journal of Gastrointestinal Surgery: English version (electronic version), 2023, 15(10): 2123-2132.
- [3] Liao J, Qin H, Wang Z, et al. Mesorectal reconstruction with pedicled greater omental transplantation to relieve low anterior resection syndrome following total intersphincteric resection in patients with ultra-low rectal cancer[J]. BMC Surg, 2023, 23(1): 236.
- [4] 徐云鹤, 柳越冬. 直肠癌前切除综合征病因及中西医治疗概况[J]. 辽宁医学杂志, 2022, 36(2): 93-97.
- [5] 尚超, 王道荣. 生物反馈治疗在低位直肠癌保肛术中的应用进展[J]. 临床医药文献电子杂志, 2020, 7(47): 191-192.
- [6] 王兴林, 郭志伟, 黄建儒, 等. 3.0T MRI多模态技术联合血清ERCC1对局部进展期直肠癌新辅助治疗转归评估研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(4): 133-136.
- [7] 吴卉丹, 冯克, 翁苓苓. 磁共振常规序列联合DWI序列用于肛癌术前诊断准确性分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(3): 123-125.
- [8] Sun R, Dai Z, Zhang Y, et al. The incidence and risk factors of low anterior resection syndrome (LARS) after sphincter-preserving surgery of rectal cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. Support Care Cancer, 2021, 29(12): 7249-7258.

[9]Guillaume M,Jean-Luc F,Eddy C,et al.Low anterior resection syndrome after rectal resection management:multicentre randomized clinical trial of transanal irrigation with a dedicated device (cone catheter) versus conservative bowel management[J].British Journal of Surgery,2023,110(9):1092-1095.

[10]王璋,邵胜利,刘鹭,等.腹腔镜直肠癌前切除术低位前切除综合征的发生率和症状学分析[J].中华胃肠外科杂志,2024,27(01):69-74.

[11]Felipe F,Joshua S.Options for low rectal cancer:robotic total mesorectal excision[J].Clin Colon Rectal Surg,2021,34(5):311-316.

[12]陈志玉,沙荣贵,黄海,等.腹腔镜低位直肠癌前切除治疗后生活质量和低位前切除综合征风险分析及与骨盆影像学测量参数的关系[J].现代消化及介入诊疗,2023,28(10):1276-1281.

[13]李洲,马勇,方仕旭,等.全直肠系膜切除术后低位前切除综合征的发生率及相关危险因素分析[J].肿瘤预防与治疗,2022,35(2):169-174.

[14]Hernandez M C,Wong P,Melstrom K.Low anterior resection syndrome[J].Journal of Surgical Oncology,2023,127(8):1271-1276.

[15]Anca D,Roxana S,Dragos O,et al.Normal values of high resolution anorectal manometry in 132 Romanian healthy people[J].Journal of Gastrointestinal and Liver Diseases,2023,32(4):473-478.

[16]Li Y,Yang X,Xu C,et al.Normal values and pressure morphology for three-dimensional high-resolution anorectal manometry of asymptomatic adults:a study in 110 subjects[J].International Journal of Colorectal Disease,2013,28(8):1161-1168.

[17]陈锦垣,王樱花,李燕玲,等.静态MRI测量肛提肌裂孔面积预测女性盆底功能障碍的价值研究[J].中国实用医药,2023,18(8):81-85.

[18]许燕城,刘启鸿,吴道清,等.X线排粪造影与三维高分辨率肛门直肠测压对耻骨直肠肌痉挛的诊断价值比较[J].中国医学影像学杂志,2023(11):1164-1167,1171.

(收稿日期:2024-05-06)

(校对编辑:姚丽娜)

(上接第69页)

[5]Carbone RG,Murdaca G,Negrini S,et al.Diagnosis of an unusual case of idiopathic mediastinal fibrosis by ¹⁸F-FDG PET/CT[J].Radiol Case Rep,2020,15(4):435-436.

[6]王福南,朱柳红,王艳微,等.能谱CT对非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移的临床价值[J].实用放射学杂志,2022,38(3):393-396.

[7]Garin A,Chassagnon G,Tual A,et al.CT features of fibrosing mediastinitis[J].Diagn Interv Imaging,2021.102(12):759-762.

[8]Lin J,Jimenz CA.Acute mediastinitis,mediastinal granuloma,and chronic fibrosing mediastinitis:a review[J].Semin Diagn Pathol,2022,39(2):113-119.

[9]Si-mohamed S,Moreau-Triby C,Tylski P,et al.Head-to-head comparison of lung perfusion with dual-energy CT and SPECT-CT[J].Diagn Interv Imaging,2020,101(5):299-310.

[10]张旭胤,杜永浩,梁挺,等.CT引导下经皮经胸同轴肺活检非诊断性穿刺危险因素的初步研究[J].实用放射学杂志,2023,39(3):456-459.

[11]Lindholm KE,De Groot P,Mordan CA.Fibrosing/Sclerosing lesions of the mediastinum:a review[J].Adv Anat Pathol,2019,26(4):235-240.

[12]许鸣,邹辉.煤工尘肺合并肺不张141例病因探讨[J].临床肺科杂志,2010,15(11):1628-1629.

[13]王成霞,柳澄,仇路,等.铝尘肺与矽肺患者胸部CT影像特征的对照研究[J].中华劳动卫生职业病杂志,2021,39(7):534-537.

(收稿日期:2023-11-21)

(校对编辑:江丽华)

152 •