

• 方法技术学 •

Feasibility of compressed sensing and gradient and spin echo sequence for optimizing image quality of 3D MR cholangiopancreatography

LI Wei, QUAN Shuo, ZHANG Xiaodong, GUO Xiaochao, WANG Xiaoying, WANG Ke*

(Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the feasibility of compressed sensing (CS) and gradient and spin echo (GRASE) sequence for optimizing image quality of 3D MR cholangiopancreatography (MRCP). **Methods** Imaging data of 105 patients with suspected cholelithiasis who underwent 1.5T MR routine respiratory triggered (RT-MRCP), RT-CS-MRCP and breath-hold GRASE-MRCP (BH-GRASE-MRCP) examination were retrospectively analyzed. The objective image quality, subjective evaluation and scanning time of the above 3 kinds MRCP images were compared. **Results** Except for the main pancreatic duct, no significant difference of subjective nor objective image quality evaluations was found between RT-MRCP and RT-CS-MRCP (all $P > 0.05$). The objective evaluation and background suppression of RT-MRCP and RT-CS-MRCP were better than that of BH-GRASE-MRCP (all $P < 0.05$). The subjective scores of each structures of pancreaticobiliary duct, gallbladder and cystic duct, as well as artifacts on BH-GRASE-MRCP images were higher than those of RT-CS-MRCP (all $P < 0.05$), and the scores of cystic duct and gallbladder were higher than those of RT-MRCP and RT-CS-MRCP (all $P < 0.05$). Compared with RT-MRCP (394.00 [341.00, 432.00] s), the scanning time of RT-CS-MRCP (144.50 [105.25, 150.00] s) and BH-GRASE-MRCP (15.40 s) were significantly shortened. **Conclusion** CS and GRASE could be used for optimizing imaging quality and shorten scanning time of 1.5T 3D MRCP.

[Keywords] biliary tract diseases; magnetic resonance cholangiopancreatography; compressed sensing; gradient and spin echo sequence

DOI:10.13929/j.issn.1672-8475.2022.11.012

压缩感知及梯度自旋回波序列优化 3D MR 胰胆管成像图像质量的可行性

李 玮, 全 硕, 张晓东, 郭小超, 王霄英, 王 可*

(北京大学第一医院医学影像科, 北京 100034)

[摘要] **目的** 观察应用压缩感知(CS)及梯度自旋回波(GRASE)序列优化 3D MR 胰胆管成像(MRCP)图像质量的可行性。**方法** 回顾性分析 105 例因疑诊胆石症而接受 1.5T MR 常规呼吸触发 MRCP(RT-MRCP)、RT-CS-MRCP、屏气 GRASE-MRCP(BH-GRASE-MRCP)检查患者,比较 3 种 MRCP 图像质量及扫描时间。**结果** 除主胰管外,RT-MRCP 与 RT-CS-MRCP 图像显示胰胆管各段及胆囊、胆囊管的主、客观评价结果差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。RT-MRCP 及 RT-CS-MRCP 图像客观评价结果及背景抑制均优于 BH-GRASE-MRCP(P 均 < 0.05),BH-GRASE-MRCP 图像显示胰胆管各段及伪影的主观评分结果均优于 RT-CS-MRCP,显示胆囊管及胆囊评分均优于 RT-MRCP 及 RT-CS-MRCP(P 均 < 0.05)。相比 RT-MRCP[394.00(341.00,432.00)s],RT-CS-MRCP[144.50(105.25,150.00)s]及 BH-GRASE-MRCP(15.40 s)

[第一作者] 李玮(1982—),男,北京人,学士,主管技师。研究方向: MRI 技术。E-mail: ar_rx93@163.com

[通信作者] 王可,北京大学第一医院医学影像科,100034。E-mail: wangke55@msn.com

[收稿日期] 2022-06-15 [修回日期] 2022-09-01

的扫描时间明显缩短。**结论** 应用 CS 及 GRASE 可优化 1.5T 3D MRCP 图像质量并缩短扫描时间。

关键词 胆道疾病; 磁共振胰胆管成像; 压缩感知; 梯度自旋回波序列

中图分类号 R575; R445.2 **文献标识码** A **文章编号** 1672-8475(2022)11-0720-05

MR 胰胆管成像(MR cholangiopancreatography, MRCP)为胆石症的重要诊断方法^[1-2]。3D MRCP 临床应用广泛,可很好地显示解剖细节^[3],但其图像质量易受胃肠蠕动、扫描时间长等因素影响^[3]。压缩感知(compressed sensing, CS)是一种 MR 扫描加速方法,已用于全身多部位扫描^[4-5]。梯度自旋回波(gradient and spin echo, GRASE)序列是 3D MRCP 优化技术之一。应用 CS 及 GRASE 采集 MRCP 可在保证图像质量的情况下缩短扫描时间^[6-8];既往相关研究^[8-11]多采用 3.0T MR 设备,以屏气 GRASE 或 CS-MRCP 序列进行检查。本研究观察应用 CS 和 GRASE 优化 1.5T 3D MRCP 图像质量的可行性。

1 资料与方法

1.1 一般材料 回顾性收集 2018 年 6 月—12 月 105 例于北京大学第一医院疑似胆石症患者,男 43 例、女 62 例,年龄 14~91 岁、平均(56.0±16.4)岁;均接受常规呼吸触发(respiratory trigger, RT)-MRCP(RT-MRCP)、RT-CS-MRCP 及屏气(breath hold, BH)-GRASE-MRCP(BH-GRASE-MRCP)序列扫描;其中 53 例经手术、内镜检查或结合初诊超声、复查 CT/MRI 确诊胆管结石或/和胆囊结石,9 例曾接受胆囊切除术。排除影像学资料不全及接受其他胆胰相关手术者。

1.2 仪器与方法 嘱患者检查前禁食 4 h,并予充分呼吸及屏气训练。采用 Philips Multiva 1.5T MR 仪行 MRCP,参数:RT-MRCP,TR 1 500 ms,TE 650 ms,FA 90°,FOV 300 mm×300 mm,矩阵 448×448,层厚 1.6 mm;RT-CS-MRCP,TR 2 600 ms,TE 600 ms,FA 80°,FOV 250 mm×250 mm,矩阵 512×512,层厚 1.5 mm,CS 因子 8;BH-GRASE-MRCP,TR 280 ms,TE 98 ms,FA 90°,FOV 250 mm×250 mm,矩阵 320×320,层厚 3 mm,快速自旋回波(turbo spin echo, TSE)因子 10,平面回波成像(echo planar imaging, EPI)因子 7,扫描时间为 15.40 s。记录 RT-MRCP 及 RT-CS-MRCP 扫描时间。

1.3 评价图像质量

1.3.1 客观评价 由 1 名具有 9 年工作经验的影像科主治医师分别于原始图像所示胆总管、左及右肝管管腔内及管腔旁放置 1 个尽可能大的圆或椭圆形 ROI,避开周围结构及伪影,测量其内信号强度(signal

intensity, SI),计算管腔内 SI 与管腔旁 SI 的比值(duct-to-periductal contrast ratios, CR)。

1.3.2 主观评价 由该医师及另 1 名具有 12 年腹部影像学诊断经验的副主任医师独立阅片,结合原始图像及重建图像进行主观评分,采用 5 分 Likert 标准^[8],间隔 4 周针对 2 种序列图像显示胰胆系统各结构,包括左、右外周肝管,左、右肝管,肝总管、胆总管、胆囊管、胆囊及主胰管及整体图像质量进行主观评价。评分标准:1 分,上述结构不可见,无细节显示;2 分,隐约可见结构但细节模糊;3 分,可见部分结构,显示细节尚可;4 分,可见大部分结构,细节较清晰;5 分,全部结构可见,显示细节清晰。整体评价包括背景抑制(1 分:背景干扰非常显著;2 分:背景干扰明显;3 分:背景干扰较明显;4 分:背景干扰很少;5 分:无背景干扰)、伪影(1 分:伪影非常严重;2 分:伪影较严重;3 分:伪影尚可;4 分:伪影轻微;5 分:无伪影)及整体评分(1 分:非常差;2 分:较差;3 分:一般;4 分:较好;5 分:非常好)。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 26.0、R(版本 3.6.2)统计分析软件。以中位数(上下四分位数)描述不符合正态分布的计量资料,采用 Friedman 检验进行多组间比较,以 Bonferroni 法行两两比较。应用 Kappa 检验分析图像质量主观评价结果的观察者间一致性:Kappa<0.20 为一致性差,0.20≤Kappa<0.40 为一致性一般,0.40≤Kappa<0.60 为一致性中等,0.60≤Kappa<0.80 为一致性好,0.80≤Kappa<1 为一致性非常好。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 图像质量

2.1.1 客观评价 3 种图像中,胆总管和左、右肝管 CR 值总体差异均有统计学意义(P 均<0.01)。RT-MRCP、RT-CS-MRCP 所示胆总管及左、右肝管 CR 值均高于 BH-GRASE-MRCP(P 均<0.05),前二者间上述参数差异均无统计学意义(P 均>0.05)。见表 1。

2.1.2 主观评价 2 名医师评价对于图像质量的主观评价结果的一致性为中等或好(Kappa 为 0.48~0.77, P 均<0.05)。3 种图像中,各结构及整体图像主观评分差异均有统计学意义(P 均<0.01);除主胰管外,RT-MRCP 与 RT-CS-MRCP 间主观评价差异均无

统计学意义(P 均 >0.05);BH-GRASE-MRCP 显示胆囊管及胆囊图像质量主观评分均优于、背景抑制评分低于另 2 种 MRCP (P 均 <0.05),其余各参数评分均优于 RT-CS-MRCP (P 均 <0.05)。见表 2 及图 1、2。

2.2 扫描时间 RT-MRCP 扫

描时间为 278 ~ 487 s、中位数 394.00 (341.00, 432.00)s,RT-CS-MRCP 为 80~206 s、中位数 144.50 (105.25,150.00)s,BH-GRASE-MRCP 为 15.40 s;3 种

表 1 3 种 MRCP 图像中胆总管及左、右肝管 CR 值比较

[$n=105$,中位数(上下四分位数)]

图像	胆总管	左肝管	右肝管
RT-MRCP	0.86(0.82,0.88)*	0.85(0.80,0.89)*	0.86(0.80,0.89)*
RT-CS-MRCP	0.86(0.80,0.88)*	0.82(0.77,0.90)*	0.86(0.79,0.90)*
BH-GRASE-MRCP	0.76(0.73,0.80)	0.76(0.73,0.80)	0.77(0.72,0.81)
χ^2 值	86.93	61.06	84.42
P 值	<0.01	<0.01	<0.01

注: * :与 BH-GRASE-MRCP 比较, $P<0.05$

方法扫描时间总体差异有统计学意义($\chi^2=200.00$, $P<0.01$),两两比较差异亦均有统计学意义(P 均 <0.01)。

表 2 3 种 MRCP 图像质量主观评分比较 [$n=105$,中位数(上下四分位数)]

图像	左肝管	右肝管	左外周肝管	右外周肝管	肝总管	胆总管	胆囊管 ($n=96$)	胆囊 ($n=96$)	主胰管	背景抑制	伪影	总体评分
RT-MRCP	5(4,5)	5(4,5)	5(4,5)	5(3,5)	5(4,5)	5(4,5)	4(3,5)	4(3,5)	4(3,5)	5(4,5)	5(4,5)	5(4,5)
RT-CS-MRCP	4(4,5)	4(4,5)	4(4,5)	4(4,5)	5(4,5)	5(4,5)	4(4,5)	4(4,5)	3(2,5)*#	4(4,5)	4(4,5)	4(4,5)
BH-GRASE-MRCP	5(4,5)*	5(4,5)*	5(4,5)*	5(4,5)*	5(4,5)*	5(4,5)*	5(4,5)*#	5(4,5)*#	3(2,5)*	4(4,5)*#	4(4,5)*	4(4,5)*
χ^2 值	13.58	13.86	14.49	13.82	11.19	11.71	18.09	26.80	12.60	23.86	13.52	11.42
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

注: * :与 RT-CS-MRCP 比较, $P<0.05$; # :与 RT-MRCP 比较, $P<0.05$



图 1 患者男,29 岁,胆总管多发结石 RT-MRCP(A)、RT-CS-MRCP(B)及 BH-GRASE-MRCP(C)最大信号强度投影图均清晰显示胆总管多发结石(箭),图像质量主观评分均为 5 分

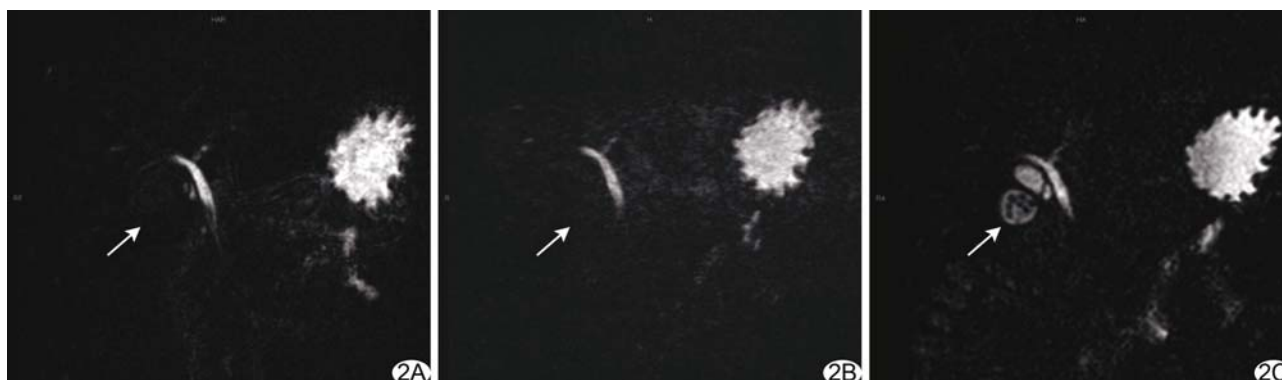


图 2 患者女,22 岁,胆囊结石 RT-MRCP(A)和 RT-CS-MRCP(B)原始图像对于胆囊结构及胆囊结石(箭)均显示不清,胆囊及胆囊管主观评分均为 3 分;BH-GRASE-MRCP(C)原始图像清晰显示胆囊结石(箭),胆囊及胆囊管主观评分为 5 分

3 讨论

3D MRCP 现已成为临床广泛应用的胰胆管无创性成像方法,是诊断胆道系统结石的重要手段之一,但存在扫描时间较长、图像质量不稳定等不足。本研究观察应用 CS 及 GRASE 优化 1.5T MR 3D MRCP 图像质量的可行性。

CS 技术为 MR 扫描加速方法之一,以随机亚采样方法在较短时间内采集稀疏信号,并将其恢复为原始信号^[12];可在保证图像质量的前提下缩短扫描时间,已广泛用于神经系统、骨骼和肌肉、腹部、心脏等多系统扫描^[13]。本研究中,RT-MRCP 与 RT-CS-MRCP 图像质量客观评价及主观评分(主胰管除外)结果差异均无统计学意义,与 KWON 等^[14]的结果相符,提示 CS 3D MRCP 图像质量可比拟常规 3D MRCP^[15]。

GRASE 序列是结合了快速自旋回波和梯度回波的混合型序列,通过多个回波链及梯度极性的反复切换实现信号采集,一次脉冲激发填充多条相位编码线,能显著缩短扫描时间^[16]。本研究结果显示,BH-GRASE-MRCP 图像胰胆管显示各结构及伪影的主观评分结果均高于 RT-CS-MRCP,胆囊管及胆囊的主观评分亦高于 RT-MRCP,但客观图像质量及背景抑制评分结果不如另外 2 种 MRCP。相比常规 MRCP, BH-GRASE-MRCP 图像未能充分抑制部分背景结构(包括肝实质及 Glisson 鞘等结构)^[17];但其扫描速度快,可行屏气采集,图像清晰度和锐利度较其他 2 种 MRCP 更佳,可减少呼吸运动伪影和胃肠道蠕动伪影,使其伪影主观评分较高,且由于阅片者的关注点集中于胆道系统,故图像质量整体评分并未因背景抑制不足而下降。另外,胆囊内胆汁成分与胆管不同,常规 3D MRCP 显示胆囊欠佳;而 GRASE 序列显示胆囊及胆囊管明显优于 RT-MRCP 及 RT-CS-MRCP。

近年来,多项研究^[8-11]注重于屏气扫描 MRCP。本研究对自由呼吸及屏气 MRCP 加以优化后,RT-CS-MRCP 及 BH-GRASE-MRCP 扫描时间分别为 144.50(105.25,150.00)s 及 15.40 s,均较 RT-MRCP [394.00(341.00,432.00)s]明显缩短,提示临床工作中可根据患者屏气配合情况合理选择扫描序列。

综上,应用 CS 及 GRASE 可优化 1.5T 3D MRCP 图像质量并缩短扫描时间。但本研究为单中心回顾性研究,样本量有限,且未分析患者呼吸情况与图像质量的关系,有待未来扩大样本量进一步多中心、前瞻性研究加以验证。

[参考文献]

- [1] GILJACA V, GURUSAMY K S, TAKWOINGI Y, et al. Endoscopic ultrasound versus magnetic resonance cholangiopancreatography for common bile duct stones [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2015, 2015(2):CD011549.
- [2] European Association for the Study of the Liver (EASL). EASL Clinical Practice Guidelines on the prevention, diagnosis and treatment of gallstones[J]. J Hepatol, 2016, 65(1):146-181.
- [3] 王益双,路涛,张天悦,等. 3D-SPACE-MRCP 与 2D-HASTE-MRCP 在磁共振胰胆管成像中的应用对比[J]. 临床放射学杂志, 2021, 40(7):1413-1416.
- [4] 林青,王佳佳,孙明华,等. 心脏磁共振压缩感知电影序列的临床应用[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(2):281-286.
- [5] 牛雅欣,刘爱连,赵莹,等. 压缩感知技术用于子宫 3D T2WI[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(10):1587-1588.
- [6] 王梦珂,白岩,孟楠,等. 常规胰胆管成像与压缩感知胰胆管成像对胰胆系显示的对比[J]. 磁共振成像, 2021, 12(3):30-33.
- [7] NAM J G, LEE J M, KANG H J, et al. GRASE revisited: Breath-hold three-dimensional (3D) magnetic resonance cholangiopancreatography using a gradient and spin echo (GRASE) technique at 3T [J]. Eur Radiol, 2018, 28(9):3721-3728.
- [8] HE M, XU J, SUN Z, et al. Comparison and evaluation of the efficacy of compressed SENSE (CS) and gradient- and spin-echo (GRASE) in breath-hold (BH) magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP) [J]. J Magn Reson Imaging, 2020, 51(3):824-832.
- [9] SONG J S, KIM S H, KUEHN B, et al. Optimized breath-hold compressed-sensing 3D MR cholangiopancreatography at 3T: Image quality analysis and clinical feasibility assessment [J]. Diagnostics (Basel), 2020, 10(6):376.
- [10] CHEN Z, SUN B, XUE Y, et al. Comparing compressed sensing breath-hold 3D MR cholangiopancreatography with two parallel imaging MRCP strategies in main pancreatic duct and common bile duct[J]. Eur J Radiol, 2021, 142:109833.
- [11] YOSHIDA M, NAKAURA T, INOUE T, et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography with GRASE sequence at 3.0T: Does it improve image quality and acquisition time as compared with 3D TSE? [J]. Eur Radiol, 2018, 28(6):2436-2443.
- [12] YE J C. Compressed sensing MRI: A review from signal processing perspective[J]. BMC Biomed Eng, 2019, 29(1):8.
- [13] DELATTRE B M A, BOUDABBOUS S, HANSEN C, et al. Compressed sensing MRI of different organs: Ready for clinical daily practice? [J]. Eur Radiol, 2020, 30(1):308-319.
- [14] KWON H, REID S, KIM D, et al. Diagnosing common bile duct obstruction: Comparison of image quality and diagnostic performance of three-dimensional magnetic resonance cholangiopancreatography with and without compressed sensing [J]. Abdom Radiol (NY), 2018, 43(9):2255-2261.
- [15] 魏志民,宋玉坤,韩海伟,等. 对比分析屏气三维梯度-自旋回波

与呼吸门控触发三维快速自旋回波 MR 胰胆管成像[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(8):1234-1238.

- [16] CHU M L, CHIEN C P, WU W C, et al. Gradient- and spin-echo (GRASE) MR imaging: A long-existing technology that may find wide applications in modern era[J]. Quant Imaging

Med Surg, 2019, 9(9):1477-1484.

- [17] JANG W, SONG J S, KIM S H, et al. Comparison of compressed sensing and gradient and spin-echo in breath-hold 3D MR cholangiopancreatography: Qualitative and quantitative analysis[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(4):634.

Skin injury after intercostal artery TACE: Case report 经肋间动脉 TACE 后皮肤损伤 1 例

咸玉涛, 吴安乐

(宁波市第一医院介入科, 浙江 宁波 315000)

[Keywords] liver neoplasms; embolization, therapeutic; intercostal artery; skin injury

[关键词] 肝肿瘤; 栓塞, 治疗性; 肋间动脉; 皮肤损伤

DOI:10.13929/j.issn.1672-8475.2022.11.013

[中图分类号] R735.7; R815 [文献标识码] B [文章编号] 1672-8475(2022)11-0724-01

患者男, 70 岁, 因原发性肝癌接受介入治疗后 1 月余, 腹痛 4 天。查体: 右上腹及右腰背部轻度压痛。实验室检查: 甲胎蛋白 $>3\ 000\ \text{ng/ml}$, 乙肝病毒核心抗体 8.79 S/CO, 谷丙转氨酶 13 U/L, 谷草转氨酶 47 U/L, 碱性磷酸酶 241 U/L。腹部增强 MRI: 肝内多发直径约 10 mm 均匀强化灶(图 1A、1B); 右侧第 7 肋间 42 mm $\times$ 28 mm $\times$ 43 mm 肿块均匀强化; 提示肝癌肝内多发转移、右侧第 7 肋骨转移。行 TACE, 术中肝总动脉造影显示肝脏内多发结节, 将微导管超选择插管至肿瘤供血动脉内, 以 5-氟尿嘧啶 0.5 mg 及奥沙利铂 50 mg 进行灌注, 之后以 20 mg 表阿霉素和 6 ml 碘油乳剂进行栓塞; 右侧第 6、7 肋间动脉造影见远侧转移

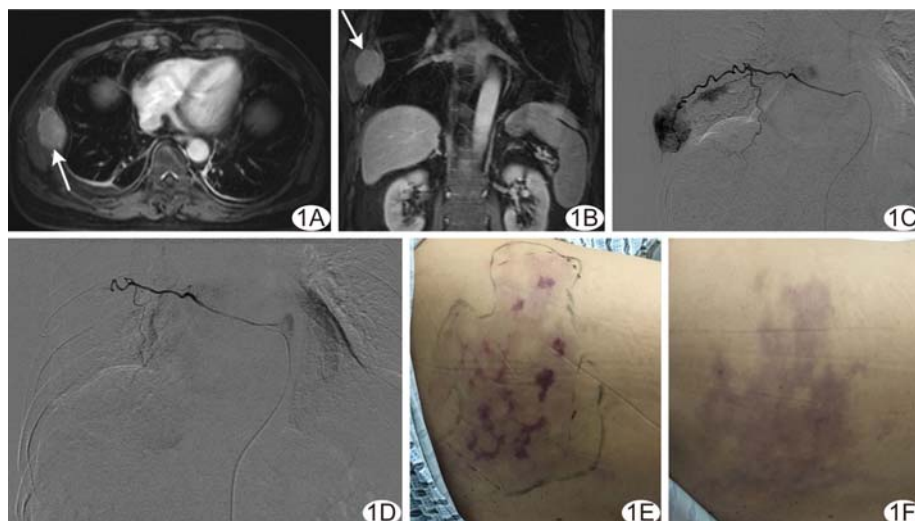


图 1 肝癌右侧第 7 肋骨转移, 行肋间动脉 TACE 后皮肤损伤 A、B. 治疗前上腹部增强轴位(A)及冠状位(B)MRI 示右侧第 7 肋间均匀强化肿块(箭); C、D. 栓塞前(C)、后(D)右侧第 6、7 肋间动脉造影; E、F. TACE 后第 1 天(E)及 2 周(F)右腰背部皮肤表现

灶(图 1C), 以微导管超选择性插管至肋间动脉远侧, 以 5-氟尿嘧啶 0.25 mg 及奥沙利铂 50 mg 进行灌注, 再以载 40 mg 表阿霉素 CalliSpheres 微球予以栓塞, 造影示肿瘤供血动脉闭塞(图 1D)。术后患者诉右腰背部疼痛, 查体见右腰背部处较大紫红色瘀斑, 伴轻度压痛(图 1E); 皮肤科会诊后诊断为腰背部皮肤缺血性损伤。予局部红光照射+前列地尔注射及炉甘石洗护; 2 周后疼痛消失, 局部皮肤遗留深棕色色素沉着(图 1F)。

讨论 肋间动脉为肋颈干及胸主动脉分支, 通常走行于相应肋间间隙内, 于脊柱旁肋骨小头下缘处发出后支, 供应背部肌、

脊髓及皮肤血液。肋间动脉化疗栓塞所致皮肤损伤可能与栓塞及化疗药物毒性反应有关: ①超选择插管深度不足, 导致化疗药物渗入皮肤及皮下组织, 造成皮肤炎性反应, 严重时可出现溃疡甚至坏死; ②栓塞剂误入皮肤动脉分支, 导致局部缺血; ③化疗药物损伤血管内膜, 导致血栓形成而致皮肤缺血。肿瘤存在肋间动脉供血、以 TACE 进行治疗时, 应尽可能超选择插管至肿瘤供血动脉分支内而避开肋间动脉主干; 若技术上难以实现, 则应降低化疗药物浓度、减缓灌注速度, 并动态观察栓塞剂流向, 以避免损伤皮肤。

[第一作者] 咸玉涛(1991—), 男, 江苏宿迁人, 硕士, 主治医师。E-mail: 969266015@qq.com

[收稿日期] 2022-05-25 [修回日期] 2022-06-30