

Comparison on image quality of 3.0T and 5.0T MR cholangiopancreatography

YIN Liang¹, LI Zhangzhu¹, SHANG Mingyan¹, LI Zongchang¹, TANG Bowen¹, YU Dan², GAN Jie^{1*}
(1. Department of Radiology, Shandong Provincial Third Hospital, Shandong University, Jinan 250030, China;
2. United Imaging Research Institute of Intelligent Imaging, Beijing 100094, China)

[Abstract] **Objective** To compare image quality of 3.0T and 5.0T MR cholangiopancreatography (MRCP). **Methods** Eighteen patients with bile duct dilation (bile duct dilation group) and 7 healthy volunteers (healthy group) were prospectively enrolled. MRCP was performed with 3.0T and 5.0T scanners, respectively, and the ability for displaying details of bile duct tree, signal-to-noise ratio (SNR) and image artifacts were compared between 3.0T and 5.0T MRCP. **Results** In bile duct dilation group, the number of branches, total branch length and the maximum branch length of bile duct tree on 5.0T MRCP were all greater than those on 3.0T MRCP (all $P < 0.05$). In healthy group, the number of branches and total branch length of bile duct tree on 5.0T MRCP were both greater than those on 3.0T MRCP (both $P < 0.05$). In both groups, the SNR of 5.0T MRCP was greater than that of 3.0T MRCP, but the difference was not significant (both $P > 0.05$). No significant difference of image artifacts was found between 3.0T and 5.0T MRCP ($P = 0.054$). **Conclusion** 5.0T MRCP might display better anatomical details of bile duct tree than 3.0T MRCP, with SNR and image artifacts comparable to 3.0T MRCP.

[Keywords] choledochal cyst; field strength; cholangiography; magnetic resonance imaging; prospective studies
DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2024.05.012

比较 3.0T 与 5.0T MR 胆胰管造影图像质量

殷亮¹, 李章柱¹, 商明艳¹, 李宗昌¹, 唐博文¹, 于丹², 甘洁^{1*}

(1. 山东大学附属山东省立第三医院影像中心, 山东 济南 250030; 2. 北京联影智能影像技术研究院, 北京 100094)

[摘要] **目的** 比较 3.0T 与 5.0T MR 胆胰管造影(MRCP)图像质量。**方法** 前瞻性纳入 18 例胆管扩张患者(胆管扩张组)和 7 名健康志愿者(健康组),采用 3.0T 和 5.0T MR 仪行 MRCP,比较二者显示胆管树细节能力、信噪比(SNR)及图像伪影。**结果** 胆管扩张组中,5.0T MRCP 所示胆管树分支数目、分支总长度及最大分支长度均大于 3.0T MRCP (P 均 < 0.05);健康组中,5.0T MRCP 所示胆管树分支数目及分支总长度均大于 3.0T MRCP (P 均 < 0.05)。2 组 5.0T MRCP 的 SNR 均大于 3.0T MRCP,但差异无统计学意义(P 均 > 0.05)。3.0T 与 5.0T MRCP 图像伪影差异无统计学意义($P = 0.054$)。**结论** 5.0T MRCP 所示胆管树解剖细节较 3.0T MRCP 更佳,而其 SNR 及图像伪影与后者相当。

[关键词] 胆总管囊肿; 场强; 胆管造影; 磁共振成像; 前瞻性研究

[中图分类号] R575.7; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2024)05-0690-04

MR 胆胰管造影(MR cholangiopancreatography, MRCP)是无创可视化胆管和胰管的影像学技术。随着 MR 硬件和序列的进步^[1],目前 MRCP 已成为诊断胆道疾病的最常用影像学方式^[2-3]。理论上,高静磁场可提高

MR 图像信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)、分辨率及组织对比度^[4],故高磁场 MRI 成为近年研究热点^[5-6],且已有研究显示 7.0T MR 用于腹部具有较大潜力^[7];但另一方面,超高场强可影响射频场(B1 场)分布,而 B1 场分

[第一作者] 殷亮(1982—),男,山东济南人,硕士,主治医师。研究方向:磁共振影像学诊断。E-mail: liangji1316@163.com

[通信作者] 甘洁,山东大学附属山东省立第三医院影像中心,250030。E-mail: ganjie000@sina.com

[收稿日期] 2023-12-19 **[修回日期]** 2024-01-25

布不均匀将降低图像质量^[8]。研究^[9-10]发现 5.0T MRI 的 SNR 高于 3.0T,且对于图像伪影的控制优于 7.0T MRI,但尚不明了对 MRCP 可视化的增益。本研究对比观察 3.0T 与 5.0T MRCP 图像质量的差异。

1 资料与方法

1.1 研究对象 前瞻性招募山东省立第三医院影像中心 2023 年 5 月—10 月 18 例胆管结石致胆管扩张患者(胆管扩张组)及同期 17 名健康志愿者(健康组)。胆管扩张组男 12 例、女 6 例,年龄 39~83 岁、平均(56.4±11.9)岁,包括胆总管结石 11 例、肝门部胆管结石 7 例;健康组男 10 名、女 7 名,年龄 20~49 岁、平均(32.6±9.9)岁。纳入标准:①年龄>18 岁,具有自主行为能力;②无 MR 检查禁忌证;③于 24 h 内先后接受 3.0T 和 5.0T MRCP。排除标准:①腹部手术史;②植入胆管支架史;③肝脏疾病;④肝周存在腹腔积液;⑤胆系肿瘤病史。本研究经医院伦理委员会批准(KYLL-2023064);受试者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 嘱受试者检查前禁食 6 h。采用联影 uMR Jupiter 5.0T MRI 系统、24 通道体部线圈和 48 通道脊柱线圈,或 Philips Ingenia 3.0T MR 系统、16 通道体部线圈和 16 通道脊柱线圈。嘱受试者仰卧、双臂上举,足先进,自肝顶至盆腔入口进行扫描,先以呼吸触发方式采集脂肪抑制快速自旋回波(fast spin echo, FSE)序列 3D T2WI,参数见表 1,再行最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)重建图像。

1.3 图像分析

1.3.1 定量分析 以 ImageJ(1.53T, <https://imagej.nih.gov/ij/>)软件^[11]半自动定量评估 MRCP 所示胆管树分支。首先将 MRCP 转换为 8bit 格式图像,去除胆囊部分;再对胆管树图像行骨骼化处理,利用阈值法去除未与胆管树主干相连部分;计算骨骼化后胆管树分支数目、分支总长度及最大分支长度,见图 1。

分别于胆总管上段(胆囊管开口水平)及左、右肝管近端放置直径为 0.2 cm 的 ROI,测量其信号强度(signal intensity, SI);将同样大小 ROI 置于上述 3 处结构周围的均匀、无伪影区域,测量背景标准差(standard deviation, SD);计算 SNR,以三者平均值为最终结果。

表 1 3.0T 及 5.0T 3D MRCP 参数

参数	3.0T MRCP	5.0T MRCP
TR(ms)	1 741(shortest)	取决于受试者呼吸频率
TE(ms)	600	697
FA(°)	90	90
FOV(mm)	320×320	320×320
矩阵	300×300	300×300
层数	60	60
重建体素(mm)	1×1×1.5	1×1×1.5
NEX	1	1
采集时间(s)	202	196~238

1.3.2 定性分析 由 2 名不知晓采集技术和场强的放射科医师独立评估 MRCP 图像伪影,包括磁场不均匀性、化学位移伪影、失真伪影和运动伪影:1 分,无伪影;2 分,少量伪影;3 分,中等量伪影;4 分,伪影较明显;5 分,严重伪影,无法用于诊断。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。以 Shapiro-Wilk 检验对计量资料行正态性检验;以 $\bar{x} \pm s$ 表示符合正态分布者、以中位数(上下四分位数)表示非正态分布者,分别以配对样本 *t* 检验、Wilcoxon 符号秩检验进行组间比较。以 Kappa 检验评估 2 名医师定性分析结果的一致性,Kappa 值>0.7 为一致性好。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 定量分析

2.1.1 胆管树 胆管扩张组中,5.0T MRCP 所示胆管树分支数目、分支总长度及最大分支长度均大于 3.0T MRCP(*P*均<0.05);健康组中,5.0T MRCP 所示胆管树分支数目及分支总长度均大于 3.0T MRCP(*P*均<0.05)。见图 2、3 和表 2。

2.1.2 SNR 2 组 5.0T MRCP 的 SNR 均大于 3.0T

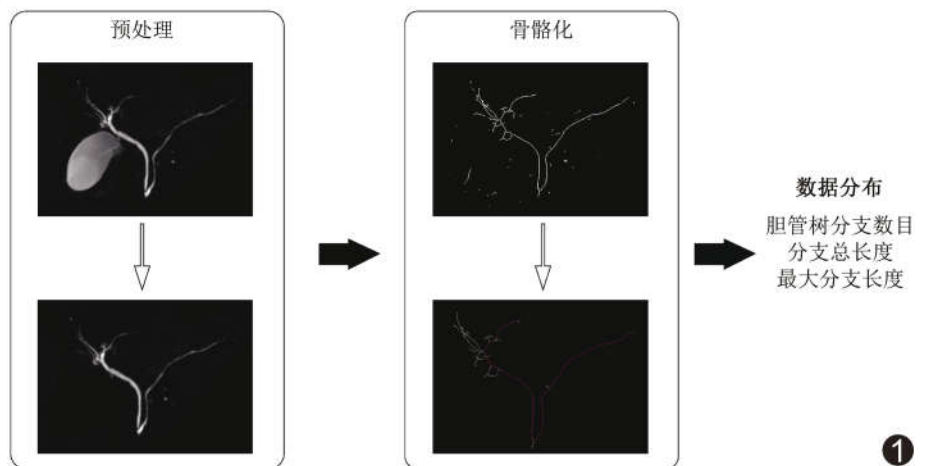


图 1 半自动定量分析 MRCP 显示胆管树分支数目、分支总长度及最大分支长度的流程图

MRCP,但差异无统计学意义(P 均 >0.05)。见表 3。

2.2 定性分析 2 名医师对图像伪影评分的一致性较好(Kappa 值均 >0.7)。3.0T 与 5.0T MRCP 图像伪影(2.06 ± 0.80 、 1.97 ± 0.76)无显著差异($t=2.121$ 、 $P=0.054$)。见表 4。

3 讨论

MRCP 细节解析能力高,可更准确地显示胆管解剖变异,有助于评估胆管结石位置、大小和数目并指导临床治疗决策^[12]。组织信号强度与 B_0 场强呈正相关,在 TR 和 TE 不变的前提下,高场强 MRI 信号强度更高^[13]。本研究对 3.0T MRCP 与 5.0T MRCP 所示胆管树分支细节差异进行定量评估,发现 5.0T MRCP 显示细节能力更佳,尤其在胆管扩张组,5.0T MRCP 所示胆管树分支数目、分支总长度及最大分支长度均大于 3.0T MRCP。

不同磁场强度下,MR 图像对比度受器官及组织 T_1 、 T_2 弛豫时间变化的影响。一般而言,5.0T T_1 弛豫时间长于而 T_2 弛豫时间短于 3.0T,但不同组织差异较大;且 MR 场强越高,静磁场对核磁矩作用越强,使信号强度增加。本研究 2 组 5.0T MRCP 的 SNR 均大于 3.0T MRCP,但差异无统计学意义,与既往研究^[14]结果有所不同,可能

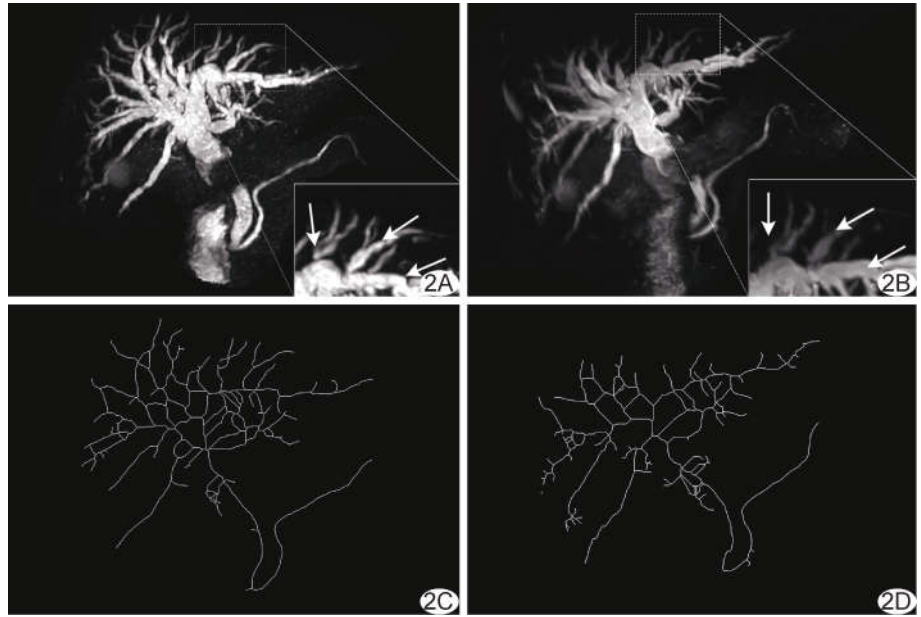


图 2 胆管扩张组患者,男,56 岁 A、B. 5.0T MRCP(A)显示胆管树细节(箭)较 3.0T MRCP(B)更为清晰; C、D. 5.0T MRCP(C)显示胆管树骨骼化图细节较 3.0T MRCP(D)更佳

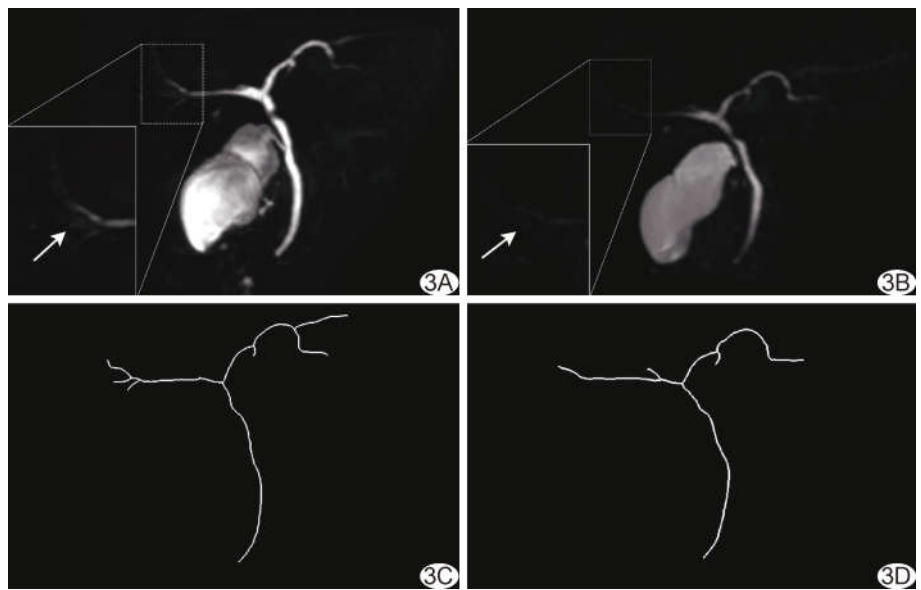


图 3 健康组受试者,女,28 岁 A、B. 5.0T MRCP(A)显示肝右叶肝内胆管分支细节(箭)较 3.0T MRCP(B)更为清晰; C、D. 5.0T MRCP(C)显示胆管树骨骼化图细节较 3.0T MRCP(D)更佳

表 2 5.0T MRCP 与 3.0T MRCP 胆管树定量分析结果

场强	胆管扩张组			健康组		
	胆管分支数目 (支)	分支总长度 (mm)	最大分支长度 (mm)	胆管分支 数目(支)	分支总长度 (mm)	最大分支长度 (mm)
5.0T	35.04(21.31,64.54)	2 894.33(1 725.77,4 077.90)	278.03±84.92	12.52±5.33	718.72(577.11,918.82)	222.01(196.33,261.40)
3.0T	27.51(17.79,59.30)	1 528.47(992.02,3 618.04)	229.71±82.51	11.12±4.31	567.30(445.61,930.88)	196.03(150.02,266.14)
Z/t 值	3.477	2.983	4.063	2.669	2.438	1.823
P 值	0.001	0.003	0.001	0.017	0.015	0.068

表 3 5.0T MRCP 与 3.0T MRCP 的 SNR 比较

场强	SNR	
	胆管扩张组	健康组
5.0T	91.24±23.82	85.72(70.94,102.82)
3.0T	76.96±26.31	67.21(41.90,87.43)
t/Z 值	2.046	1.538
P 值	0.057	0.124

表 4 5.0T 与 3.0T MRCP 图像伪影比较

场强	医师	图像伪影评分					Kappa 值
		1	2	3	4	5	
5.0T	1	9	15	10	1	0	0.914
	2	10	14	11	0	0	
3.0T	1	10	16	9	0	0	0.738
	2	11	14	10	0	0	

原因在于 MRCP 基于胰胆管内液体长 T2 弛豫时间特性而成像,主要通过快速采集弛豫增强序列获得重 T2WI,而与普通腹部成像相比,重 T2W 水成像更易受 B1 场强不均匀性的影响^[15],同时,B1 场强不均匀使图像噪声增加^[16],在进行背景噪声优化的同时导致液体信号强度降低。既往研究^[10,17-18]发现 5.0T MR 颅脑及心脑血管成像的 SNR 均显著高于 3.0T,但对于腹部成像尚需更多研究加以证实。

7.0T MR 的拉莫尔波长约 15 cm,在横截面较大的解剖区域可见明显 B1 不均匀^[8],而 5.0T 设备对于控制超高场强图像伪影可能较 7.0T 更有优势。本研究中,3.0T MRCP 与 5.0T MRCP 图像伪影无显著差异。

综上所述,5.0T MRCP 所示胆管树解剖细节较 3.0T MRCP 更佳,而其 SNR 及图像伪影与后者相当。

本研究的主要局限性:①样本量较小;②仅针对呼吸触发 3D FSE 协议,未评估单次屏气 3D 梯度自旋回波成像^[19-20];③利用不同生产商的 MR 仪和相控阵线圈进行扫描,虽参数和线圈通道数相同,但不可避免存在差异,有待后续加以完善。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:殷亮研究设计和实施、图像分析、数据分析、统计分析、查阅文献、撰写文章、经费支持;李章柱研究实施;商明艳图像分析;李宗昌和唐博文图像处理;于丹数据分析及修改文章;甘洁指导、研究设计、审阅文章。

[参考文献]

[1] YOEN H, LEE J M, LEE S M, et al. Comparisons between image quality and diagnostic performance of 2D- and breath-hold 3D magnetic resonance cholangiopancreatography at 3T[J]. Eur Radiol, 2021,31(11):8399-8407.

[2] ITANI M, LALWANI N, ANDERSON M A, et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography: Pitfalls in interpretation [J]. Abdom Radiol (NY), 2023,48(1):91-105.

[3] 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.

[4] BENJAMIN P, VIESSMANN O, MacKINNON A D, et al. 7 Tesla MRI in cerebral small vessel disease [J]. Int J Stroke, 2015,10(5):659-664.

[5] PARK J E, CHEONG E N, JUNG D E, et al. Utility of 7 tesla magnetic resonance imaging in patients with epilepsy: A systematic review and meta-analysis[J]. Front Neurol, 2021,12:621936.

[6] LECLER A, DURON L, CHARLSON E, et al. Comparison between 7 Tesla and 3 Tesla MRI for characterizing orbital lesions[J]. Diagn Interv Imaging, 2022,103(9):433-439.

[7] FIEDLER T M, ORZADA S, FLÖSER M, et al. Performance and safety assessment of an integrated transmit array for body imaging at 7 T under consideration of specific absorption rate, tissue temperature, and thermal dose[J]. NMR Biomed, 2022,35(5):e4656.

[8] FISCHER A, KRAFF O, ORZADA S, et al. Ultrahigh-field imaging of the biliary tract at 7T: Initial results of gadoteric acid-enhanced magnetic resonance cholangiography[J]. Invest Radiol, 2014,49(5):346-353.

[9] ZHANG Y, YANG C, LIANG L, et al. Preliminary experience of 5.0 T higher field abdominal diffusion-weighted MRI: Agreement of apparent diffusion coefficient with 3.0 T imaging [J]. J Magn Reson Imaging, 2022,56(4):1009-1017.

[10] WEI Z, CHEN Q, HAN S, et al. 5T magnetic resonance imaging: Radio frequency hardware and initial brain imaging[J]. Quant Imaging Med Surg, 2023,13(5):3222-3240.

[11] SCHINDELIN J, ARGANDA-CARRERAS I, FRISE E, et al. Fiji: An open-source platform for biological-image analysis[J]. Nat Methods, 2012,9(7):676-682.

[12] AFZALPURKAR S, GIRI S, KASTURI S, et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography versus endoscopic ultrasound for diagnosis of choledocholithiasis: An updated systematic review and meta-analysis[J]. Surg Endosc, 2023,37(4):2566-2573.

[13] RUTLAND J W, DELMAN B N, GILL C M, et al. Emerging use of ultra-high-field 7T MRI in the study of intracranial vascularity: State of the field and future directions [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2020,41(1):2-9.

[14] ZHENG L, YANG C, LIANG L, et al. T2-weighted MRI and reduced-FOV diffusion-weighted imaging of the human pancreas at 5 T: A comparison study with 3 T [J]. Med Phys, 2023,50(1):344-353.

[15] SAHNI V A, MORTELE K J. Magnetic resonance cholangiopancreatography: Current use and future applications [J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2008,6(9):967-977.

[16] IPEK Ö. Radio-frequency coils for ultra-high field magnetic resonance [J]. Anal Biochem, 2017,529:10-16.

[17] LIN L, LIU P, SUN G, et al. Bi-ventricular assessment with cardiovascular magnetic resonance at 5 Tesla: A pilot study [J]. Front Cardiovasc Med, 2022,9:913707.

[18] SHI Z, ZHAO X, ZHU S, et al. Time-of-flight intracranial MRA at 3 T versus 5 T versus 7 T: Visualization of distal small cerebral arteries [J]. Radiology, 2022,305(3):207-217.

[19] 许逸超,徐正道,张家会,等.三维屏气梯度-自旋回波序列在 MR 胰胆管成像中的应用 [J]. 中华放射学杂志,2021,55(1):64-69.

[20] 谭云,何兰,罗维,等.两种三维 MR 胰胆管成像技术的应用价值比较 [J]. 中国医学影像学杂志,2022,30(12):1296-1300.