

# 磁共振在食管癌诊疗过程中的应用进展

张石峰<sup>1</sup>, 徐 慧<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>新疆医科大学第三临床医学院/附属肿瘤医院, 新疆 乌鲁木齐

<sup>2</sup>新疆医科大学附属肿瘤医院影像诊断中心, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年9月6日; 录用日期: 2023年10月1日; 发布日期: 2023年10月9日

## 摘 要

食管癌是一种全球性的上消化道恶性肿瘤, 在全球高发癌症中排名第八, 死亡率也位居前列。食管癌的治疗是一个系统性的治疗, 其中治疗方案的选择、疗效评价依赖于早期诊断、术前分期及术前可切除性评估。现如今影像学已经成为食管癌诊断和评估疗效的重要手段, 随着MRI技术的发展, 其已成为食管癌诊疗过程中的重要手段, 本文将对磁共振在食管癌诊疗过程中的应用进展进行综述, 以为临床提供有效的指导与建议。

## 关键词

食管癌, MRI, 病理分期, 疗效评估

# Progress in the Application of Magnetic Resonance in the Diagnosis and Treatment of Esophageal Cancer

Shifeng Zhang<sup>1</sup>, Hui Xu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>The Third Clinical Medical College/Affiliated Cancer Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

<sup>2</sup>Diagnostic Imaging Center, The Affiliated Cancer Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Sep. 6<sup>th</sup>, 2023; accepted: Oct. 1<sup>st</sup>, 2023; published: Oct. 9<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Esophageal cancer is a global malignancy of the upper digestive tract, ranking eighth among the most common cancers in the world, with one of the highest mortality rates. The treatment of eso-

\*通讯作者。

phageal cancer is a systematic treatment, in which the choice of treatment and the expectation of curative effect depend on early diagnosis, preoperative staging and preoperative resectable evaluation. Nowadays, imaging has become an important means to diagnose and evaluate the curative effect of esophageal cancer. With the development of MRI technology, it has become an important means in the diagnosis and treatment of esophageal cancer. This paper will review the application progress of magnetic resonance in the diagnosis and treatment of esophageal cancer, in order to provide effective guidance and suggestions for clinical practice.

## Keywords

Esophageal Cancer, MRI, Pathological Stage, Efficacy Evaluation

Copyright © 2023 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/>



Open Access

## 1. 引言

食管癌是一种全球性的上消化道恶性肿瘤, 在全球高发癌症中排名第八, 死亡率也位居前列[1]。食管癌的发病率在不同地区之间存在很大差异。在北美和欧洲等国家, 食管腺癌较为常见, 而在中国地区, 食管鳞癌更为普遍[2]。许多因素被认为与食管癌的发生有关, 其中包括吸烟、饮酒、年龄、饮食以及某些芳香族化合物的摄入[3]。

食管癌的治疗是一个系统性的治疗[4]。早期食管癌主要是通过外科手术实现根除, 而中晚期食管癌则需要术前新辅助放化疗及术后辅助治疗来实现最佳的治疗效果[5]。因此食管癌治疗方案选择、疗效预期明显依赖于早期诊断及术前精准分期、术前可切除性评估。随着影像学技术的发展, 它已成为食管癌诊断和评估治疗疗效的重要手段, 本文对食管癌影像学研究进展进行综述, 以为临床提供有效的指导与建议。

## 2. X 线成像

食管钡餐造影, 这种方法的成本较低, 且无创, 患者的接受程度较高。检查时由于钡剂的附着性及流动性, 可以动态观察食管的蠕动功能, 并且可以帮助诊断食管癌术后是否发生吻合口瘘。但是其对食管癌肿瘤浸润程度及远处转移无法判断, 对于确定食管癌的 TNM 分期具有很大的局限性。

## 3. 计算机断层成像(Computed Tomography, CT)

CT 一种常用的影像学食管癌诊断方法, 它可以利用增强扫描更准确地显示出食管癌的增厚程度及病灶位置, 并且可以清晰地显示肿瘤与周围组织和器官之间的侵袭关系。但目前 CT 对评价食管癌术前壁外侵犯程度的优势并不明显, 特别是对于 T1 期食管癌, 准确率仅为 42% [6]。同时由于 CT 的软组织分辨率不高, 食管管壁的分层不能很好地观察[7]。

## 4. 食管超声内镜(Endoscopic Ultrasound, EUS)

EUS 是一种有效的食管癌术前诊断及 TNM 分期的重要手段[8], 它将内镜检查与超声检查结合起来, 不仅能够清晰地显示出食管的结构, 还能够更加准确地探测出淋巴结的转移情况, 从而更好地对食管癌进行 TN 分期。与 CT 相比, EUS 在确定肿瘤 T 分期和 N 分期更具优势[9], 但食管超声内镜检

查受操作者影响大, 同时超声内镜属于侵入性检查, 并且由于食管癌会导致食管管腔狭窄, 超声内镜无法通过。

## 5. PET-CT (Positron Emission Tomography-Computer Tomography, PET-CT)

PET-CT 将 PET 与 CT 两种技术相融合, 不仅可以获得病灶的解剖信息, 而且还可以获得病灶的功能代谢信息和, 在进行包括食管癌在内的多种不同类型的恶性肿瘤诊断时, PET-CT 较其他影像学对于判断肿瘤淋巴结转移和远处转移方面更具优势。根据 Cheung [10]的研究: PET-CT 对食管癌原发病灶的检出率可高达 92.7%。虽然 PET-CT 在食管癌的诊断上具有较高的准确率, 但其空间分辨率和对比度分辨率较低, 限制了对肿瘤的范围和侵及深度的观察, 同时高昂的费用也限制其广泛应用, 导致其在食管癌 T 分期方面价值有限。

## 6. 磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)

食管镜、EUS、X 线钡餐检查对于食管癌 T 分期及管周侵犯情况评估效能不高, 主要作为判断的辅助依据; CT 对于食管癌 T 分期及可切除性评估虽具有一定效能, 也常应用于临床, 但尚不能完全满足临床术前精准 T 分期及可切除性评估的需求。MRI 的显著优势在于它的高分辨率和无电离辐射, 这使得它成为一种更加先进的影像学检查方法, 尤其是在食管癌 TN 分期、放疗后的疗效评估和病理分级预测方面, 它的优势更加明显。

### 6.1. MRI 评价食管癌壁外侵犯/T 分期

T 分期是对肿瘤浸润程度以及原发病灶周边组织关系的综合性评估, 也是决定患者是否适合进行根治性手术的关键因素之一。有研究显示: 若食管癌患者能够进行外科根治性手术治疗, 其 5 年生存率可以达到 34%, 而姑息性手术患者的 5 年生存率仅有 8%左右[11]。

MRI 常规 T2WI 序列扫描层厚厚、空间分辨率低, 导致 MRI 对食管癌 T 分期的诊断难以进行[12]。但高分辨率 T2WI 的出现改变了这一现状, 高分辨率 T2WI 具有层厚较薄、空间分辨率高等优点, 可以较好的显示食管管壁分层及周围组织和器官[13], 更加有利于对食管癌进行 T 分期诊断。Yamada 等[12]运用 7.0T 磁共振成像技术对食管癌切除后体外标本进行高分辨率 T2 扫描, 结果可以清晰显示食管管壁的 8 层结构, 并且诊断食管癌侵犯程度的符合率高达 100%。

传统 MRI 扫描仅限于提供形态学信息, 但无法显示所扫描部位的功能变化, 而 DWI 序列可以满足功能观察的要求, 其可以在无创和无对比剂的情况下, 反映组织功能信息, 从而提高病变检出率[14]。陈伟等[15]学者研究表明: 在 DWI 序列测量得出的食管癌病变的长度和术后病理结果的病灶长度相对比, 统计学无明显差异; 常规 T1WI、T2WI 结合 DWI 序列对食管癌进行 T 分期时, 与术后病理结果 T 分期之间的吻合系数为 0.733, 较单独使用常规 MRI 序列和 CT 有明显优势。孙静等[16]研究表明: T1 期食管癌三次测量得出的平均 ADC 值明显高于 T3 期和 T4 期, 而 T2 期肿瘤的 ADC 值高于 T3 期和 T4 期, 结果显示随着肿瘤的进展, 食管癌平均 ADC 值呈减小趋势, 此外, 国内有研究[17]显示: MRI 平扫联合 DWI 诊断食管癌 T 分期整体准确率为 68.9%。采用 MRI 动态增强扫描, 可以进一步辨别病变的性质, 观察对比剂进入人体后, 病灶的强化规律, 可以进一步了解肿瘤的血供。有研究显示[17]: 使用 T2、DWI 序列联合动态增强扫描对食管癌分期的准确率为 66.7%。同时, 使用动态增强扫描, 可以更加清晰的显示食管壁的结构, 同时由于食管壁黏膜层强化较肌层明显, 对于判断肿瘤侵犯食管管壁的情况更加有利。

MRI 的技术和设备的进步使得它的扫描时间越来越短, 同时还能够消除由于人体自身生理运动产生的伪影, 也有了更适合食管检查的 MRI 序列及技术的出现, 例如: ① 刀锋伪影校正技术(BLADE)又称

为螺旋桨技术, 可以明显改善 MRI 图像质量[18]。根据最新的研究, BLADE-T2WI 序列明显优于常规自由呼吸导航 T2WI 序列, BLADE-T2WI 序列的对比噪声比(CNR)、图像信噪比(SNR)及边缘锐利度均更高, 且采集时间更短, 图像质量评分更高, 组织结构显示更加清晰[19]。有研究显示, 应用 BLADE-T2WI 序列诊断食管癌 T 分期与病理一致性的 Kappa 值为 0.780 [20]。② 自由呼吸放射状 K 空间填充方式的容积内插体部检查(Radial-VIBE)可在自由呼吸状态下进行扫描, 减轻多种因素造成的运动伪影。Chandarana 等学者研究表明[21]: Radial-VIBE 序列应用于呼吸配合欠佳及不能配合呼吸的患者时, 相较于传统的屏气序列, 可获得更好的图像质量。张风光等学者[22]的研究表明: 延迟期 Radial-VIBE 对黏膜的连续性显示最好, 因此对评价食管癌 T1、T2 期效果更好, 从而提高了食管癌术前 T 分期诊断的准确率。③ 星形容积内插屏气检查技术(STAR-VIBE)在 r-VIBE 技术基础上进一步优化, 它通过全新的数据采集与重组模式, 在层间采取笛卡尔采样、层面内采取放射状采样[23], 结合频谱选择性脂肪抑制技术, 能有效去除各种伪影。因此, 延迟增强 STAR-VIBE 技术在食管检查中具有明显的优越性, 大大提高了食管癌 T 分期及可切除性评估效能[24]。

## 6.2. MRI 评价食管癌淋巴结转移/N 分期

食管癌患者的五年生存率与淋巴结是否发生转移关系密切。研究发现[25]: 未出现淋巴结转移的食管癌患者, 其 5 年生存率可达 70%~92%, 而出现淋巴结转移的患者, 这一数字会大幅下降, 仅在 18%~47% 之间。MRI 可以较准确地鉴别食管癌是否发生淋巴结转移。通过分析短时间反转恢复序列(STIR)和快速自旋回波序列中淋巴结信号强度与正常食管管壁信号强度的比值, Alper 等[26]人发现良恶性淋巴结的差异明显, 其中正常淋巴结的信号强度明显高于转移性淋巴结。DWI 序列可以从细胞水平上探究淋巴结是否转移。国外有学者研究对比了 PET-CT 和 DWI 在诊断食管癌淋巴结转移方面的准确性, 结果显示: DWI 与 PET 对 N 分期的准确性具有统计学上的相似性, 并且对于颈部和上胸部淋巴结转移评价方面, DWI 敏感性更高[27]。Giganti 等研究显示, DWI 诊断食管癌术前 N 分期的准确度明显高于 EUS 和 CT 检查[28]。张帆等研究表示超顺磁性氧化铁(SPIO)静脉给药后被巨噬细胞吞噬, 而转移性淋巴结内巨噬细胞数量相对减少, 导致转移性淋巴结对 SPIO 的摄取明显减少, 进一步加强了 MRI 对淋巴结转移的诊断价值[29]。MRI 对食管癌淋巴结转移的诊断有较高的准确性, 但有时会出现 MRI 不能显示所有的淋巴结情况, 所以对于 MRI 扫描未发现阳性淋巴结转移的患者仍要谨慎评价,

## 6.3. MRI 评价食管癌远处转移/M 分期

远处转移是食管癌患者行根治性外科手术的禁忌症。在评价食管癌是否发生远处转移方面, 常用的影像学检查方法包括 CT、MRI、PET-CT。其中 PET-CT 在评价肿瘤转移情况方面具有显著优势[30]。但由于 PET-CT 价格昂贵, 病人接受程度低, 在临床难以广泛开展。Cafagna 等[31]研究发现: 全身背景抑制弥散加权成像 (DWIBS)序列结合常规序列, 恶性肿瘤检出率较高, Wang 等[32]发现 DWIBS 在评价脑和骨的病灶敏感度超过了 PET-CT。但目前, DWIBS 在评价食管癌患者远处转移的应用仍没有 PET-CT 广泛。

## 6.4. MRI 在放疗靶区勾画中的应用

放疗是一种有效的治疗食管癌的方法, 它可以通过释放射线来有效地抑制杀伤癌细胞, 从而使病灶缩小。放射治疗前靶区的勾画, 对于确保肿瘤有足够的靶点覆盖, 同时防止放射治疗对周围组织的毒性尤其重要。在临床上, MRI 已经用于各种肿瘤的靶区勾画。食管癌放射治疗中的靶区勾画, 目前较为常用的是 CT。然而, 有研究表明, CT 对肿瘤长度的评估和病理之间的相关性很弱, CT 经常过高评估了靶



区的测量[33]。MRI 良好的软组织对比度也可以大大提高肿瘤勾画的准确性。通过 Hou 等[34]的研究, 发现 DWI 序列较 CT 检查可以更加准确地测量出食管癌病灶的大小和边缘, 从而为放射治疗提供了一个更加精准的参考依据。李胜业[35]等人将 CT 和 CT 与 MRI 的融合图像对比, 得出的融合图像较单独的 CT 显示食管癌放射治疗的靶区更加准确, 融合图像的 GTV 体积差值明显小于 CT 图像。由此可见融合图像在晚期食管癌患者放疗靶区的划定中有重要指导价值。

### 6.5. MRI 在食管癌新辅助治疗疗效评估中的应用

根据 2020 年国家临床肿瘤学会的《食管癌诊治指引》, 为了确保食管癌的有效诊断和治疗, 建议对 T1b~2N+ 或 N3~4a、N0~N+ 的胸段食管癌患者进行新辅助放化疗, 然后评估食管癌是否降期, 达到外科治疗的适应症, 再进行外科手术。根据最近的一项研究, 在晚期食管癌病例中, 采用新辅助化疗能够明显缩小肿瘤体积, 从而提高了手术的成功概率, 张宇琳[36]等人的研究表明, 新辅助化疗联合手术治疗患者的生存率明显高于单纯手术组, 且单纯手术治疗的食管癌患者 Cyfra21-1、TSGF 等肿瘤标志物含量明显高于联合治疗患者。这表明辅助化疗可以提高食管癌患者的 5 年生存率。然而, 不同患者对新辅助治疗的效果存在明显差异, 因此在对患者进行放化疗治疗后, 对于疗效的评估显得非常重要[37]。

运用动态增强扫描技术, 并测量相关定量参数的变化可以评估放化疗疗效。Lei 等[38]的研究显示: 在放化疗三周后, 容量转移常数(Krans)和流率常数(Kep)数值在完全缓解(CR)组降低, 但在部分缓解(PR)组增加。通过构建 TIC 曲线还可以观察到食管癌和正常食管壁之间的显著差异。食管癌组织主要表现为 I 型(快升降型)和 II 型(快上升平台型), 而正常食管壁主要表现为 III 型(慢升平台型)和 IV 型(持续上升型)。在新辅助治疗中期, TIC 肿瘤组织类型有 III 型和 IV 型, 而正常食管壁中没有这两种类型。此观察结果与 DCE-MRI 检测的其他肿瘤的类型一致[39]。

磁共振弥散加权成像及 ADC 在肿瘤疗效评估中运用广泛, 恶性肿瘤在 DWI 序列上通常表现为高信号, ADC 测量值通常为低值, 有研究显示[40]: 弥散加权成像预测早期治疗反应的敏感性和特异度的  $\Delta$ ADC 值(放化疗前后的差值)分别为 93% (95%CI: 77%~98%)和 85% (95%CI: 72%~73), 这表明弥散加权成像在评估食管癌对于新辅助治疗反应发挥了作用。Heethuis S.E. [41]等人的研究发现, 食管癌患者接受放化疗后, 其 ADC 值会显著提高, 张文宝等[42]的相关文章表明: 食管癌病灶的 ADC 值在放化疗过程中、放化疗结束后均比治疗前有显著性升高, 但治疗中 ADC 值和治疗后 ADC 值比较并不明显。这项研究提示早期 ADC 值变化率能有助于预测治疗效果,  $\Delta$ ADC%与患者预后正相关。除此之外, 马秀梅等[43]等通过随访患者患者预后, 通过比较死亡组和存活组的相关资料发现: 死亡组的 ADC 值和存活组存在显著差异, 死亡组的 ADC 值低于存活组; 而在微血管密度评分方面, 死亡组高于生存组。该研究表明 ADC 值及微血管密度评分与患者的预后存在相关性, 另有研究发现[44], 通过 DWI 及 DCE-MRI 扫描并测量相关定量参数, 发现完全缓解患者的 Ktrans、Ve、f 低于部分缓解患者, ADC 值高于部分缓解患者, DWI 联合 DCE 扫描, 治疗前后 Ktrans、Ve、ADC 值存在显著差异, 这证实了 DCE 联合 DWI 技术的图像参数在食管癌患者放疗疗效的预测价值。

## 7. 小结

当前, 磁共振影像技术已成为食管癌治疗的重要手段, 其目的在于准确识别 TN 分期, 精确定位放射治疗靶点, 以及对治疗后的疗效进行准确评估, 并预测患者的预后。尽管 MRI 在食管癌诊断中具有重要作用, 但由于样本量有限, 研究设计的方法存在差异, 因此其在食管癌诊断中的价值尚待进一步探讨和验证。此外, 由于检查费用昂贵, 患者接受度有限, 以及部分医院缺乏完整的食管癌检查序列, 使得其在临床上的应用尚未得到充分发挥。随着 MRI 技术的进步, 它的应用范围越来越广泛, 特别是在食管

癌的诊断和治疗方面, 它的作用将变得越来越重要。这些新技术和发展可能会提高 MRI 对食管癌的诊断和分期准确性, 提高对肿瘤的监测能力, 以及提供更加准确的预后预测。尽管 MRI 在食管癌的诊断和治疗上仍然存在一些挑战和局限, 但随着技术的持续改善, 它的临床应用前景将变得更加光明, 可以为患者带来更多的福祉。

## 参考文献

- [1] Abnet, C.C., Arnold, M. and Wei, W.Q. (2018) Epidemiology of Esophageal Squamous Cell Carcinoma. *Gastroenterology*, **154**, 360-373. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2017.08.023>
- [2] Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., et al. (2021) Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **71**, 209-249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- [3] Rustgi, A.K. and El-Serag, H.B. (2014) Esophageal Carcinoma. *The New England Journal of Medicine*, **371**, 2499-2509. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1314530>
- [4] Chen, W.-S., Yang, S.-J., Ping, W., et al. (2015) CYP2J2 and EETs Protect against Lung Ischemia/Reperfusion Injury via Anti-Inflammatory Effects *in Vivo* and *in Vitro*. *Cellular Physiology and Biochemistry*, **35**, 2043-2054. <https://doi.org/10.1159/000374011>
- [5] Okarua, R.A., Farah, A., et al. (2018) Comparative Oesophageal Cancer Risk Assessment of Hot Beverage Consumption (Coffee, Mate and Tea): The Margin of Exposure of PAH vs Very Hot Temperatures. *BMC Cancer*, **18**, Article No. 236. <https://doi.org/10.1186/s12885-018-4060-z>
- [6] Palacio, D., Marom, E.M., Correa, A., et al. (2018) Diagnosing Conduit Leak after Esophagectomy for Esophageal Cancer by Computed Tomography Leak Protocol and Standard Esophagram: Is Old School Still the Best. *Clinical Imaging*, **51**, 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2018.01.010>
- [7] Tangokua, Y., Furukita, Y., et al. (2012) The New Era of Staging as a Key for an Appropriate Treatment for Esophageal Cancer. *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **18**, 190-199. <https://doi.org/10.5761/atcs.ra.12.01926>
- [8] Hong, S.J., Kim, T.J., Nan, K.B., et al. (2014) New TNM Staging System for Esophageal Cancer: What Chest Radiologists Need to Know. *Radiographics*, **34**, 1722-1740. <https://doi.org/10.1148/rg.346130079>
- [9] Tan, X., Ma, Z., Yan, L., et al. (2019) Radiomics Nomogram Outperforms Size Criteria in Discriminating Lymph Node Metastasis in Resectable Esophageal Squamous Cell Carcinoma. *European Radiology*, **29**, 392-400. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5581-1>
- [10] Cheung, G.S.M. (2013) Contribution of PET-CT in Radiotherapy Planning of Oesophageal Carcinoma: A Review. *Radiography*, **19**, 259-269. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2013.01.002>
- [11] 彭雄, 陈云, 等. 微创 McKeown 食管癌根治术与 Ivor-Lewis 手术治疗食管癌的近期疗效对比[J]. 中南大学学报(医学版), 2017, 42(5): 546-552.
- [12] Yamada, I., Miyasaka, N., Hikishima, K., et al. (2015) Ultra-High-Resolution MR Imaging of Esophageal Carcinoma at Ultra-High Field Strength (7.0T) *ex Vivo*: Correlation with Histopathologic Findings. *Magnetic Resonance Imaging*, **33**, 413-419. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2014.11.005>
- [13] Riddell, A.M., Hillier, J., Brown, G., et al. (2006) Potential of Surface-Coil MRI for Staging of Esophageal Cancer. *American Journal of Roentgenology*, **187**, 1280-1287. <https://doi.org/10.2214/AJR.05.0559>
- [14] Baliyan, V., Das, C.J., Sharma, R., et al. (2016) Diffusion Weighted Imaging: Technique and Applications. *World Journal of Radiology*, **8**, 785-798. <https://doi.org/10.4329/wjr.v8.i9.785>
- [15] 陈伟, 周胜利. DWI 在食管癌定量及定期诊断中的价值[J]. 临床放射学杂志, 2014, 33(3): 388-393.
- [16] 孙静, 王铸. ADC 值对食管癌 T 分期及病理分级的诊断价值[J]. 磁共振成像, 2020, 11(7): 531-534.
- [17] 孟方方. 高场强 MRI 对食管癌 T 分期的诊断价值[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2013.
- [18] 李炳荣, 张坤, 严小斌, 等. 2018 版 MRI 肝脏影像报告和数据系统对 ≤3 cm 肝细胞癌与其他肝脏原发恶性肿瘤的鉴别诊断价值[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(2): 166-172.
- [19] 蒋春峰. BLADE 技术在上腹部自由呼吸导航 T2WI 中的应用价值[J]. 世界复合医学, 2022, 8(2): 80-82+86.
- [20] 林生发. MRI 多模态新序列对比 MDCT 在食管癌 T 分期效能的研究[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建医科大学, 2020. <https://doi.org/10.27020/d.cnki.gfjyu.2020.000041>
- [21] Chandarana, H., Block, T.K., Rosenkrantz, A.B., et al. (2011) Free-Breathing Radial 3D Fat Suppressed T1-Weighted Gradient Echo Sequence: A Viable Alternative for Contrast Enhanced Liver Imaging in Patients Unable to Suspend

- Respiration. *Investigative Radiology*, **46**, 648-653. <https://doi.org/10.1097/RLI.0b013e31821ee445>
- [22] 张风光, 张宏凯, 李祥, 等. 伪影校正技术联合自由呼吸放射状 K 空间填充方式的容积内插体部检查对可切除性食管癌术前 T 分期的价值[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(2): 114-118.
- [23] Azevedo, R.M., de Campos, R.O., Ramalho, M., *et al.* (2011) Free -Breathing 3D T1-Weighted Gradient-Echo Sequence with Radial Data Sampling in Abdominal MRI: Preliminary Observations. *American Journal of Roentgenology*, **197**, 650-657. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.5881>
- [24] 王昭琦, 张风光, 郭佳, 等. 高场磁共振对可切除性食管癌术前 T 分期的可行性分析[J]. 中华医学杂志, 2017, 97(11): 843-846.
- [25] Melis, M., Masi, A., Pinna, A., *et al.* (2015) Does Lymph Node Ratio Affect Prognosis in Gastroesophageal Cancer? *The American Journal of Surgery*, **210**, 443-450. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2014.12.042>
- [26] Alper, F., Turkyilmaz, A., Kurtcan, S., *et al.* (2011) Effectiveness of the STIR Turbo Spin-Echo Sequence MR Imaging in Evaluation of Lymphadenopathy in Esophageal Cancer. *European Journal of Radiology*, **80**, 625-628. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.08.003>
- [27] Shuto, K., Kono, T., Shiratori, T., *et al.* (2020) Diagnostic Performance of Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging in Assessing Lymph Node Metastasis of Esophageal Cancer Compared with PET. *Esophagus*, **17**, 239-249. <https://doi.org/10.1007/s10388-019-00704-w>
- [28] Triantafyllou, M., Studer, U.E., Birkhäuser, F.D., *et al.* (2013) Ultrasmall Superparamagnetic Particles of Iron Oxide Allow for the Detection of Metastases in Normal Sized Pelvic Lymph Nodes of Patients with Bladder and/or Prostate Cancer. *European Journal of Cancer*, **49**, 616-624. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2012.09.034>
- [29] Zhang, F., Zhu, L., Huang, X., Niu, G. and Chen, X. (2013) Differentiation of Reactive and Tumor Metastatic Lymph Nodes with Diffusion-Weighted and SPIO-Enhanced MRI. *Molecular Imaging and Biology*, **15**, 40-47. <https://doi.org/10.1007/s11307-012-0562-2>
- [30] Varghese, K.T., Hofstetter, L.W., Rizk, P.N., *et al.* (2013) The Society of Thoracic Surgeons Guidelines on the Diagnosis and Staging of Patients with Esophageal Cancer. *The Annals of Thoracic Surgery*, **96**, 346-356. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.02.069>
- [31] Cafagna, D., Rubini, G., Luele, F., *et al.* (2012) Whole-Body MRDWIBS vs. [18F]-FDG-PET/CT in the Study of Malignant Tumors: A Retrospective Study. *Radiologia Medica*, **117**, 293-311. <https://doi.org/10.1007/s11547-011-0708-3>
- [32] Wang, N.F., Zhang, M.J., Sun, T., *et al.* (2012) A Comparative Study: Diffusion Weighted Whole Body Imaging with Background Body Signal Suppression and Hybrid Positron Emission Computed Tomography on Detecting Lesions in Oncologic Clinics. *European Journal of Radiology*, **81**, 1662-1666. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.03.047>
- [33] Sillah, K., Williams, L.R., Laasch, H.U., *et al.* (2010) Computed Tomography Overestimation of Esophageal Tumor Length: Implications for Radiotherapy Planning. *World Journal of Gastrointestinal Oncology*, **2**, 197-204. <https://doi.org/10.4251/wjgo.v2.i4.197>
- [34] Hou, D.L., Shi, G.F., Gao, X.S., *et al.* (2013) Improved Longitudinal Length Accuracy of Gross Tumor Volume Delineation with Diffusion Weighted Magnetic Resonance Imaging for Esophageal Squamous Cell Carcinoma. *Radiation Oncology*, **8**, Article No. 169. <https://doi.org/10.1186/1748-717X-8-169>
- [35] 李胜业, 杨华. MRI 影像与 CT 影像融合探讨技术在局部晚期食管癌放疗靶区勾画中的应用效果[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(17): 76-77.
- [36] 张宇琳, 吴涛, 刘鸿翔, 等. 手术联合新辅助化疗对局部晚期食管癌患者的疗效及生存时间研究[J]. 肿瘤药学, 2017, 7(3): 300-303.
- [37] Heethuis, S.E., van Rossum, P.S., Lips, I.M., *et al.* (2016) Dynamic Contrast-Enhanced MRI for Treatment Response Assessment in Patients with Oesophageal Cancer Receiving Neoadjuvant Chemoradiotherapy. *Radiotherapy and Oncology*, **120**, 128-135. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2016.05.009>
- [38] Lei, J., Han, Q., Zhu, S., *et al.* (2015) Assessment of Esophageal Carcinoma Undergoing Concurrent Chemoradiotherapy with Quantitative Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging. *Oncology Letters*, **10**, 3607-3612. <https://doi.org/10.3892/ol.2015.3779>
- [39] Liu, C., Sun, R., Wang, J., Ning, F., Wang, Z., Luo, J., Chen, S. and Yuan, S. (2020) Combination of DCE-MRI and DWI in Predicting the Treatment Effect of Concurrent Chemoradiotherapy in Esophageal Carcinoma. *BioMed Research International*, **2020**, Article ID: 2576563. <https://doi.org/10.1155/2020/2576563>
- [40] Vollenbrock, S.E., Voncken, F.E.M., van Dieren, J.M., *et al.* (2019) Diagnostic Performance of MRI for Assessment of Response to Neoadjuvant Chemoradiotherapy in Oesophageal Cancer. *British Journal of Surgery*, **106**, 596-605. <https://doi.org/10.1002/bjs.11094>
- [41] Heethuis, S.E., Goense, L., Van Rossum, P.S.N., *et al.* (2018) DWI-MRI and DCE-MRI Are of Complementary Value in Predicting Pathologic Response to Neoadjuvant Chemoradiotherapy for Esophageal Cancer. *Acta Oncologica*, **57**,

1201-1208. <https://doi.org/10.1080/0284186X.2018.1473637>

- [42] 张文宝, 杨清波, 吴双飞, 等. 磁共振扩散加权成像在食管癌放化疗疗效评估中的应用[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(41): 3427-3430.
- [43] 马秀梅, 席俊峰, 张世达. 食管癌磁共振成像表现与微血管密度和预后的关系[J]. 中国肿瘤临床与康复, 2021, 28(11): 1345-1348.
- [44] 陈美玲, 刘儒鹏, 冯婷婷, 康小红, 李宁, 田新学. DCE-MRI 联合 DWI 技术对食管癌患者放疗疗效的评估分析[J]. 实用癌症杂志, 2022, 37(8): 1296-1299.