论 著

ACS技术在颞下颌关节MRI检查中的应用价值研究*

陈佳玲[1] 吴 斌[2] 易志龙[2]
刘于宝[2] 罗 敏[2] 谢秋霞[2]
张 玲[1,*]

1.南方医科大学南方医院影像诊断科
(广东 广州 510515)
2.南方医科大学深圳医院影像中心
(广东 深圳 518100)

【摘要】**目的** 研究人工智能压缩感知(ACS)加速下的颞下颌关节MRI图像质量，探讨ACS技术对颞颌关节紊乱(TMD)患者MRI检查的应用价值。**方法** 收集74例有TMD相关症状的患者，所有入组者的扫描协议包含有三组不同加速方式(ASC、UCS、PI)的质子加权成像(PDWI)。测量患者关节盘、髁突及翼外肌信号强度并进行统计，客观评价三组序列间信噪比(SNR)与对比噪声比(CNR)，并比较三组序列的诊断性能。**结果** ACS组扫描时间减少了55%~63%，SNR高于UCS及PI加速下图像，其中关节盘及髁突处差异有统计学意义(*P*<0.05)。ACS组在关节盘-髁突间CNR及关节盘-翼外肌间CNR均大于另外两组(*P*<0.05)。同时ACS组诊断一致性最高(k=0.836-0.939, *P*<0.001)。ACS组图像质量主观评分一致性(78.7%)高于UCS组(60%)及PI组(56%)(*P*<0.05)。**结论** 运用ACS加速下的MRI颞下颌关节检查，可实现速度和质量的双提升，临床应用价值高。

【关键词】颞颌关节；磁共振；
人工智能-压缩感知；图像质量
【中图分类号】R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】广东省卫济医学发展基金会
消化病学专项(K-202505-2-6)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.014

The Application Value of ACS In MRI Examination of the Temporomandibular Joint(TMJ)*

CHEN Jia-ling[1], WU Bin[2], YI Zhi-long[2], LIU Yu-bao[2], LUO Min[2], XIE Qiu-xia[2], ZHANG Ling[1,*].
1.Department of Radiology, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, Guangdong Province, China
2.Medical Imaging Center, Shenzhen Hospital of Southern Medical University, Shenzhen 518100, Guangdong Province, China

ABSTRACT
Objective To investigate the image quality of temporomandibular joint (TMJ) MRI under artificial intelligence compressed sensing (ACS) acceleration and explore the application value of ACS technology in MRI examination for temporomandibular disorders (TMD) patients. ***Methods*** A total of 74 patients with TMD-related symptoms were collected. The scanning protocol for all enrolled subjects included three groups of different acceleration methods (ASC, UCS, and PI) for proton-weighted imaging (PDWI). The signal intensities of the articular disc, condyle, and lateral pterygoid muscle were measured and statistically analyzed. The signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) among the three groups were objectively evaluated, and the diagnostic performance of the three groups was compared. ***Results*** The scanning time of the ACS group was reduced by 55% to 63%, and the SNR was higher than that of the images under UCS and PI acceleration, with statistically significant differences at the articular disc and condyle (*P*<0.05). The CNR between the articular disc and condyle and between the articular disc and lateral pterygoid muscle in the ACS group was greater than that in the other two groups (*P*<0.05). At the same time, the diagnostic consistency of the ACS group was the highest (k = 0.836 - 0.939, *P*<0.001). The subjective image quality score consistency of the ACS group (78.7%) was higher than that of the UCS group (60%) and the PI group (56%) (*P*<0.05). ***Conclusion*** The application of ACS acceleration in MRI TMJ examination can achieve a dual improvement in speed and quality, with high clinical application value.
Keywords: Temporomandibular joint; Magnetic resonance; AI-assisted Compressed Sensing; Image quality

颞颌关节紊乱(temporomandibular disorders, TMD)是常见的累及颞下颌关节和(或)咀嚼肌的一组疾病的总称，是以关节盘移位为主的结构紊乱类疾病以及关节退行性疾病，主要临床特征为开闭口运动异常，关节弹响和疼痛等[1]。其患病率在成人和老年人为31%，而儿童和青春期为11%[2]，是口面部非牙源性慢性疼痛的最常见病因。诊断TMD的影像学技术包括数字X线、锥形束CT、磁共振(magnetic resonance imaging, MRI)等。其中，MRI具有高软组织分辨率、可多参数多角度成像、无电离辐射，是目前诊断TMD最主要的影像学方法[3-4]。

临床上用于TMJ检查的磁共振序列总扫描时间从20分钟到40分钟不等，需要患者在相当长的一段时间内忍受疼痛以配合制动完成检查[5]。磁共振通过张闭口位矢状位成像来诊断TMD患者是否存在关节盘移位情况，作为观察软骨结构最佳的质子加权序列(proton density weight imaging, PDWI)，是常用的观察颞下颌关节盘的磁共振序列[6]。但PDWI因其重复时间(repetition time, TR)长，序列扫描时间(acquisition time, TA)也长达3~4分钟左右，大部分的TMD患者因为张口困难或疼痛而无法在扫描过程中保持绝对的静止张口状态，以致图像会有运动伪影而影响诊断。

随着各种快速磁共振检查技术的诞生，寻求一种适合TMD患者的快速成像技术成为临床工作中迫切需要解决的问题。本研究所用人工智能-压缩感知技术(AI-assisted Compressed Sensing, ACS)，是将并行成像、半傅里叶成像、压缩感知和人工智能网络相结合的一种新型加速成像技术。其以全采样图像为目标、相应的欠采样图像为输入训练，构成以ResNet为基础的神经网络，该网络可以减少在高加速状态下三大技术带来的噪声与伪影[7-8]。本研究以ACS加速下的快速自旋回波序列图像质量研究为基础，探索ACS技术在颞下颌关节的应用可行性，为TMD患者谋求高效的MR检查方式。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本次回顾性研究在南方医科大学深圳医院进行，并申请了豁免知情同意，获得医院伦理委员会批准。研究对象为2023年4月至2024年4月临床上患有颞下颌关节紊乱相关症状而行磁共振检查患者74名，共148个关节，其中男22名，女52名，年龄18~71岁。

纳入标准：患者有颞下颌关节区酸胀疼痛、运动时弹响、张口运动障碍等TMD临床症状，无颌面部肿瘤、外伤史，下颌骨先天畸形等，颌面部未行任何手术。排除标准：关节盘过薄而无法测量或影响观察者，牙套或其他金属植入物影响观察者，有MR检查禁忌症，怀孕，幽闭恐惧症患者。

1.2 检查方法 采用联影uMR790 3.0 T超导MR扫描仪，32通道颅脑高分辨线圈,检查前告知患者检查流程及注意事项，对患者头部进行固定。本研究主要采用开口位

【第一作者】陈佳玲，女，副主任技师，主要研究方向：磁共振技术。E-mail：cjialinggo@163.com
【通讯作者】张 玲，女，副主任医师，主要研究方向：影像诊断。E-mail：zhangling_smu@163.com

静态扫描，患者用开口器固定最大限度张大嘴巴行开口位检查，检包含有三组不同加速方式的矢状位PDWI序列：人工智能压缩感知PDWI(ACS-PDWI)、没添加人工智能的压缩感知PDWI(united compressed sensing- PDWI, UCS-PDWI)、并行采集PDWI(parallel imaging- PDWI, PI-PDWI)。

研究前期为确定ACS加速因子的选择，共招募8名志愿者参与预实验。采用加速因子2到4之间共计7组图像矢状位PDWI扫描。两名放射科医生(年资分别为5年和3年)就解剖结构显示清晰度、图像对比度、伪影等情况对图像进行李克特五分制评分：1分，解剖结构完全显示不清，组织边缘难以分辨，图像整体伪影及噪声极明显，无法用于诊断；2分，结构显示不清，组织边缘模糊，图像伪影明显，无法用于诊断；3分，解剖结构显示较差，组织边缘欠清，伪影较明显，诊断价值较低；4分，结构结构显示较清晰，组织边缘较清晰，伪影较小，满足诊断要求；5分，解剖结构显示清晰，组织边缘清晰，无伪影，诊断价值高[9]。当加速因子增加到3.5时，解剖结构开始模糊。最终选出最合适的ACS加速因子2.25[10]，UCS加速因子选择2.3，PI加速因子2。序列参数见表1。不同加速因子下图像对比见图1。不同加速方式下图像对比见图2。

表1 各序列扫描参数对比

	Statuc Sequences		
No.	ACS-PDWI	UCS-PDWI	PI-PDWI
Plane	Sagital	Sagital	Sagital
Sequence type	FSE-PDWI	FSE-PDWI	FSE-PDWI
TR/TE	2200X51.7	2166X34.38	1925X34.38
voxel, mm	0.59X0.47X3.00	0.59X0.47X3.00	0.59X0.47X3.00
resolution	256	256	256
FOV	120X120	120X120	120X120
Band width	220	200	200
Fat sat	FS	FS	FS
Fast/factor	ACS/2.25	UCS/2.3	PI/2
Position	Open	Open	Open
Time, seconds	62S	139S	170S

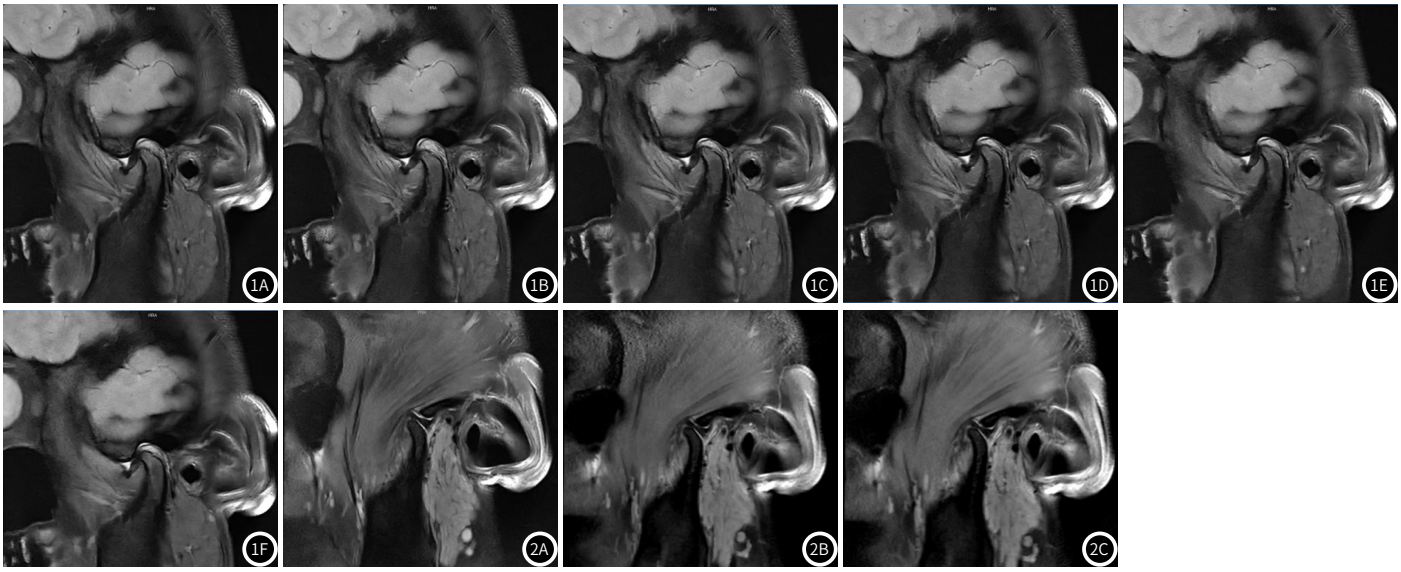


图1 不同加速因子下ACS的图像对比。图1A: Factor=2，图1B: Factor=2.25，图1C: Factor=2.5，图1D: Factor=3，图1E: Factor=3.5，图1F: Factor=4;
图2 不同加速方法下的图像对比。图2A: ACS 62s，图2B: UCS 139s，图2C: PI 170s。

1.3 图像分析 图像质量主观评价对比：由两名10年以上MR诊断经验的影像医师对ACS-PDWI、UCS-PDWI及PI-PDWI三组序列的图像进行双盲法评价图像质量，对关节盘、髁突、关节周边肌肉等的显示清晰度、以及是否有伪影等图像质量进行李克特五级量表评分。

诊断性能主观评价对比：将髁突形态分为鸟嘴型及非鸟嘴型；髁突骨质在PDWI上高信号诊断为骨髓水肿；根据髁突前、后斜面与关节窝前、后斜面切线间的距离大小分为前位、后位及中立位。关节盘在PDWI上高信号诊断为退变；矢状位上根据关节盘后带后缘的切线与经过髁突12点方向的垂线前后夹角超过10°诊断为前移位。

图像质量客观评价对比。所有图像传至uWS-MR R005后处理工作站进行数据测量分析。采用关节盘显示最大截面层为测量层，测量关节盘、髁突以及翼外肌的信号(SI)及标准差(SD)，测量时避开积液、水肿处、血管、神经等，ROI大小为1~2.5mm^2。背景噪声采用感兴趣区SI的SD，避免图像因加速稀疏采集以致各个区域不均匀的噪声水平。通过下列公式计算信噪比(signal to noise ratio, SNR)及对比噪声比(contrast to noise ratio, CNR)，计算公式如下：

$$SNR=SI_n/SD_n\ (n=1,2,3) \qquad CNR=\frac{SI_N-SI_3}{\sqrt{(SD_N^2+SD_3^2)}}\ (N=1,2)$$

SI：组织感兴趣区域的平均信号强度值 SD：组织感兴趣区域背景噪声的标准差

ROI1：髁突颈部；ROI2：翼外肌；ROI3：椎间盘

1.4 统计学分析 使用SPSS 26.0软件进行统计学分析，各数据表示为平均值±标准差。根据两位观察者对三组图像质量主观评分结果是否一致，采用卡方检验进行差异性统计分析。采用Kappa检验三组图像诊断结果一致性。三组图像质量客观评分(SNR、CNR)采用Kruskal-Wallis H独立样本非参数检验进行差异性统计分析。P<0.05为统计学有差异。

2 结 果

本次纳入的74例(148个部位)TMD患者中，双侧TMD患者45例，单侧TMD患者29例。

统计结果见表2~3。三组序列SNR比较，关节盘处ACS-PDWI的SNR大于UCS-PDWI及PI-PDWI，其中ACS-PDWI大于PI-PDWI差异P值为0.01，差异有统计学意义。髁突处ACS-PDWI大于UCS-PDWI及PI-PDWI，且P值都小于0.05。翼外肌处ACS-PDWI的SNR最高，但与UCS-PDWI及PI-PDWI差异无统计学意义。ACS加速下的关节盘-髁突间CNR及关节盘-翼外肌间CNR均大于UCS及PI加速下的，且P值都小于0.05。

两位放射科医生对以上三种序列基于图像质量方面的主观评分，ACS组一致性(78.7%)高于UCS组(60%)及PI组(56%)(P<0.05)。两位医生在三组序列间诊断结果，ACS组一致性最高(k=0.836~0.939, P<0.001)，统计结果见表4。

表2 三组序列在不同解剖部位的SNR对比分析

	ACS	UCS	PI	*P*
髁突(condylar)	12.52±5.29	9.70±4.17	9.62±3.98	0.000
椎间盘(Disc)	7.19±3.28	6.12±2.36	6.00±2.47	0.002
翼外肌(LP muscle)	24.11±8.24	21.67±7.41	21.72±6.86	0.036

表3 三组序列在不同解剖部位的CNR对比情况

	ACS	UCS	PI	*P*
J_C	3.74±2.85	2.37±1.87	2.27±1.90	0.000
J_M	8.35±3.99	6.30±3.13	6.59±3.16	0.000
C_M	5.01±3.85	5.44±4.09	7.92±8.97	0.007

表4 三组序列诊断一致性比较

	髁突骨髓水肿 (Condylar bone marrow edema)	髁突形态 (Condylar morphology)	髁突异常运动 (Condylar Abnormal movement)	椎间盘退变 (Disc degeneration)	椎间盘位置 (Disc position)
ACS	0.902	0.885	0.939	0.836	1.00
UCS	0.826	0.885	0.939	0.785	1.00
PI	0.808	0.885	0.939	0.727	1.00

3 讨 论

本研究首次系统评估了ACS技术在颞下颌关节MRI中的应用价值。结果显示，ACS-PDWI在显著缩短扫描时间(62秒)的同时，提供了优于UCS和PI加速技术的图像质量和诊断性能

在客观评价方面，ACS-PDWI在关节盘和髁突的SNR均显著高于UCS和PI组(*P*<0.001)。这主要得益于ACS技术中深度学习网络的噪声抑制能力。AI网络通过学习大量高质量图像的特征，能够有效区分真实信号和噪声，在重建过程中保留有用信号的同时抑制噪声。关节盘-髁突和关节盘-翼外肌的CNR在ACS组也显著更高(*P*<0.001)，表明ACS技术能够更好地显示组织间的对比，这对于区分关节盘和周围结构至关重要。在主观评价方面，两位观察者对ACS-PDWI的图像质量评分最高(平均4.4~4.5分)，且一致性最好(78.7%)。这表明ACS技术重建的图像不仅质量高，而且观察者间的可重复性好。相比之下，UCS和PI组的评分较低且一致性较差，说明传统加速技术在图像质量方面存在较大变异。在诊断性能方面，ACS-PDWI在所有诊断指标上都表现出最高的一致性(Kappa=0.836~0.939)。特别是在关节盘前移位的诊断上，Kappa值达到0.939，接近完美一致。这表明ACS技术能够提供可靠的诊断信息，有助于TMD的准确诊断。

目前磁共振成像加速的方法分为通过降低每条相位编码线的采集时间和减少采集的相位编码线的数目两种。其中通过减少采集的相位编码线的数目的技术包括半傅里叶变换(half fourier, HF)、并行成像技术(parallel imaging, PI)、压缩感知技术(compressed sensing, CS)、基于深度学习重建算法的快速技术等。各种加速技术都有优缺点，如HF所能达到的加速因子不超过2，加速效率有限[11]；PI在高加速倍数下重建图像中产生的噪声较大，所以在应用中普遍选择较低的加速倍数[12]；CS虽然打破了奈奎斯特采样定律而采用稀疏采集，但是由于图像重建过程依赖于迭代求解的非线性算法且在重建过程中的参数选择和稀疏变换的选择也对结果有着较大的影响，在过高的加速因子下可导致稀疏行不足而产生类似噪声的混叠效应[13-14]。

ACS技术的优势在于其独特的重建机制。ACS技术所用AI模块，是一个基于深度学习神经网络的AI模块，其利用数百万个全采样和相应的欠采样数据作为地面真实值和输入进行训练，以抑制噪声和伪影。通过AI模块与半傅里叶、并行成像和压缩感知技术相结合，在提速的同时，可抑制噪声、减少伪影和提高图像重建速度。与传统CS相比，ACS中的AI网络能够学习更复杂的图像特征，包括解剖结构的形状、纹理和边缘信息。这使得ACS在高加速因子下仍能保持图像的解剖细节和对比度。此外，ACS的网络结构经过特殊设计，能够处理不同部位和序列的图像，具有良好的泛化能力。

多项研究表明，ACS技术在临床实际应用中优于常规检查技术。ACS加速下的心脏电影序列能显著缩短成像时间的同时保证图像质量,并可准确分析左心室及右心室功能定量参数[15]。Wang等人[16]将ACS技术用于膝关节质子成像，ACS加速MRI扫描在诊断大多数结构性膝关节疾病方面等于或接近传统PI方案，噪声降低，图像清晰度和SNR显着提高。RF等[10]团队将基于深度学习重建的单次屏气与传统的多次屏气T2WI肝脏MRI比较，提供了明显更好的图像质量、病变可检测性、病变显著性和对比度。基于深度学习加速的腰椎MRI，与常规自选回波MRI相比，减少了MRI采集时间，但不降低退行性腰椎疾病的图像质量和诊断性能[17]。AI重建之后的3D FLAIR图像信噪比及对比噪声比亦显著优于常规重建的FLAIR图像[18-24]。

本研究存在一些局限性。首先，本次研究只应用于质子加权图像，并未验证其他加权图像的成像质量，后续有必要继续深入研究在其他序列的应用效果。其次，研究人群及研究仪器受限制，没有结合多中心图像，并且只应用单一的供应商单一型号的3.0T磁共振，需要纳入更多样本量及多中心、多厂商机器共同研究AI辅助加速的可行性。

综上所述，人工智能压缩感知(ACS)技术的应用，有助于MR图像保持高图像质量的同时显著减少扫描时间，实现质与速的双提升，可应用于TMD患者实际临床扫描中。

参考文献

[1]Park SY, Byun SH, Yang BE, et al. Randomized controlled trial of digital therapeutics for temporomandibular disorder: A pilot study[J]. J Dent, 2024 Apr 27: 105030.

[2]Valesan LF, Da-Cas CD, Réus JC, et al. Prevalence of temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Oral Investig, 2021, 25(2): 441-453.

[3]Surolia P, Kumawat J, Sharma PK. Role of dynamic 3 Tesla MRI in the evaluation of temporomandibular joint dysfunction[J]. Cureus, 2023, 15(3): e36681.

[4]傅开元,胡敏,余强,等.颞下颌关节常规MRI检查规范及关节盘移位诊断标准的专家共识[J].中华口腔医学杂志,2020,55(9):608-612.
[5]Dong M,Sun Q,Yu Q,et al.Determining the optimal magnetic resonance imaging sequences for the efficient diagnosis of temporomandibular joint disorders[J].Quant Imaging Med Surg,2021,11(4):1343-1353.
[6]Guruprasad A,Sinha U,Kumar S,et al.Utility of three-dimensional proton density-weighted sequence MRI in knee for the assessment of anterolateral complex in anterior cruciate ligament injury[J].Br J Radiol,2024,97(1155):583-593.
[7]Wang Q,Zhao W,Xing X,et al.Feasibility of AI-assisted compressed sensing protocols in knee MR imaging:a prospective multi-reader study[J].Eur Radiol,2023,33(12):8585-8596.
[8]Zhao Q,Xu J,Yang YX,et al.AI-assisted accelerated MRI of the ankle:clinical practice assessment[J].Eur Radiol Exp,2023,7(1):62.
[9]Dourado GB,Volpato GH,de Almeida-Pedrin RR,et al.Likert scale vs visual analog scale for assessing facial pleasantness[J].Am J Orthod Dentofacial Orthop,2021,160(6):844-852.
[10]Sheng RF,Zheng LY,Jin KP,et al.Single-breath-hold T2WI liver MRI with deep learning-based reconstruction:a clinical feasibility study in comparison to conventional multi-breath-hold T2WI liver MRI[J].Magn Reson Imaging,2021,81:75-81.
[11]Li G,Hennig J,Raithel E,et al.An L1-norm phase constraint for half-Fourier compressed sensing in 3D MR imaging[J].MAGMA,2015,28(5):459-472.
[12]Dieckmeyer M,Roy AG,Senapati J,et al.Effect of MRI acquisition acceleration via compressed sensing and parallel imaging on brain volumetry[J].MAGMA,2021,34(4):487-497.
[13]Yunsong Liu,Zhifang Zhan,Jian-Feng Cai,et al.Projected iterative soft-thresholding algorithm for tight frames in compressed sensing magnetic resonance imaging[J].IEEE Trans Med Imaging,2016,35(9):2130-2140.
[14]Friedland S,Li Q,Schonfeld D.Compressive sensing of sparse tensors[J].IEEE Trans Image Process,2014,23(10):4438-47.
[15]范伟雄,张添辉,钟炜,等.MRI人工智能辅助压缩感知心脏电影序列在心功能评估中的应用价值[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(9):79-81.
[16]Wang Q,Zhao W,Xing X,et al.Feasibility of AI-assisted compressed sensing protocols in knee MR imaging:a prospective multi-reader study[J].Eur Radiol,2023,33(12):8585-8596.
[17]Yoo H,Yoo RE,Choi SH,et al.Deep learning-based reconstruction for acceleration of lumbar spine MRI:a prospective comparison with standard MRI[J].Eur Radiol,2023,33(12):8656-8668..
[18]于雨洁,陈楚玥,李茗,等.基于人工智能重建算法对颅内3D FLAIR图像的优化[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(7):34-36.
[19]Currie G,Hawk KE,Rohren E,et al.Machine learning and deep learning in medical imaging:intelligent imaging[J].J Med Imaging Radiat Sci,2019,50(4):477-487.
[20]Gore JC.Artificial intelligence in medical imaging[J].Magn Reson Imaging,2020,68:A1-A4.
[21]Castiglioni I,Rundo L,Codari M,et al.AI applications to medical images:From machine learning to deep learning[J].Phys Med,2021,83:9-24.
[22]Currie G.Intelligent imaging:anatomy of machine learning and deep learning[J].J Nucl Med Technol,2019,47(4):273-281.
[23]Topol EJ.High-performance medicine:the convergence of human and artificial intelligence[J].Nat Med,2019,25(1):44-56.
[24]Rompianesi G,Pegoraro F,Ceresa CD,et al.Artificial intelligence in the diagnosis and management of colorectal cancer liver metastases[J].World J Gastroenterol,2022,28(1):108-122.

(收稿日期：2023-04-25)　　(校对：韩敏求　排版：张鸿燊)

（上接第36页）

参考文献

[1]Keren S,Lapira M,McCallum E,et al.Paediatric orbital lymphoma; a case series and review of the literature[J].Eye (Lond),2023,37(5):1002-1008.
[2]Bagheri A,Ashtar P,Aletaha M,et al.A survey on orbital space-occupying lesions during a twelve-year period from a referral center in Iran[J].J Ophthalmic Vis Res,2023,18(2):202-211.
[3]Das L,Singh U,Malhotra B,et al.Thyroid eye disease with concurrent orbital lymphoma:a radiological surprise[J].Endocrinol Diabetes Metab Case Rep,2022,3(1):21-29.
[4]马刚,郭佩琦,崔煜艳,等.常规超声和超声造影鉴别诊断眼眶淋巴瘤与炎性假瘤[J].中国医学影像技术,2021,37(7):998-1001.
[5]Tunlayadechanont P,Panyaping T,Kaewkerd B.Role of quantitative spectral CT analysis for differentiation of orbital lymphoma and other orbital lymphoproliferative disease[J].Eur J Radiol,2020,12(133):1093-1097.
[6]Glarin RK,Nguyen BN,Cleary JO,et al.MR-EYE:High-resolution MRI of the human eye and orbit at ultrahigh field (7T) [J].Magn Reson Imaging Clin N Am,2021,29(1):103-116.
[7]孟海燕,杨维佳,黄慧莲,等.彩色多普勒超声、MRI动态增强对眼内或眶内占位病变诊断及监测价值[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(9):28-29.
[8]Li X,Huang W,Holmes JH.Dynamic contrast-enhanced (DCE) MRI[J].Magn Reson Imaging Clin N Am,2024,32(1):47-61.
[9]Cameron CA,Tong JY,Juniat V,et al.Diagnostic utility of diffusion-weighted imaging and apparent diffusion coefficient for common orbital lesions:a review[J].Ophthalmic Plast Reconstr Surg,2022,38(6):515-521.
[10]罗清礼.眼眶恶性淋巴瘤的分类和治疗[J].中华眼科杂志,2005,41(10):9-11.
[11]Fang Y,Shen B,Dai Q,et al.Orbital inflammatory pseudotumor:new advances in diagnosis,pathogenesis,and treatment[J].Eur J Med Res,2023,28(1):395-400.
[12]赵沙沙,王文.眼眶淋巴瘤和炎性假瘤的临床表现及MRI特征[J].中华实用诊断与治疗杂志,2023,37(5):509-512.
[13]赵鑫,胥朵,李少海,等.眼眶肿瘤和瘤样病变MRI检查影像学征象及鉴别诊断研究[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(8):47-49.
[14]王友红,柳勇,韩婷婷,等.基于MR对比增强T1WI纹理分析鉴别泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤[J].中国医学影像技术,2022,38(6):837-841.
[15]李海燕,王道芸,黄莉.眼眶炎性假瘤多层螺旋CT、磁共振影像学表现及诊断价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(10):22-24.
[16]付珺,胡俊岭,刘强,等.分段读出序列对眼眶良恶性肿瘤的诊断价值[J].实用放射学杂志,2021,37(2):203-206,242.
[17]Eissa L,Abdel AAK,Helmy E.Arterial spin labeling and diffusion-weighted MR imaging:Utility in differentiating idiopathic orbital inflammatory pseudotumor from orbital lymphoma[J].Clin Imaging,2021,5(71):63-68.
[18]Yuan Y,Chu G,Gong T,et al.To explore MR imaging radiomics for the differentiation of orbital lymphoma and igG4-Related ophthalmic disease[J].Biomed Res Int,2021,2(14):6668-6670.
[19]Ang T,Juniat V,Patel S,et al.Evaluation of orbital lesions with DCE-MRI:a literature review[J].Orbit,2024,43(3):408-416.
[20]Pu J,Xu X,Wang P,et al.Quantitative evaluation of fibrosis in idiopathic orbital inflammatory pseudotumor by IVIM-DWI[J].Front Ophthalmol (Lausanne),2025,26(5):1545-1561.

(收稿日期：2025-08-15)
(校对：韩敏求　排版：张鸿燊)