

• 临床研究 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.09.016

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250424.1436.008\(2025-04-24\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250424.1436.008(2025-04-24))

TSE-DWI 序列在 3.0 T 直肠癌 MRI 检查中的应用价值研究*

陈 园, 刘 虎, 吕海娟[△]

(浙江省嘉兴市第二医院放射科, 浙江嘉兴 314000)

[摘要] **目的** 比较直肠癌磁共振(MRI)检查中快速自旋回波扩散加权成像(TSE-DWI)及常规平面回波扩散加权成像(EPI-DWI)两种序列的图像质量差异,探讨 TSE-DWI 序列在 3.0 T 直肠癌 MRI 检查中的应用价值。**方法** 前瞻性收集经肠镜证实的 42 例直肠癌首诊患者的病例资料,同时行 TSE-DWI 及 EPI-DWI 两种序列扫描。评估两组图像质量的主观评价(病灶对比度、磁化率伪影、几何变形)和客观评价[信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)、对比度等]。**结果** 主观评价上,与常规 EPI-DWI 序列相比,TSE-DWI 序列病灶对比度、磁化率伪影、几何变形的图像质量主观评分为 3~5 分的占比均超过 95%,高于常规 EPI-DWI 序列,其中磁化率伪影和几何变形的主观评分结果差异有统计学意义($\chi^2=12.464, 5.610, P<0.05$),病灶对比度差异无统计学意义($\chi^2=2.363, P>0.05$)。客观评价上,TSE-DWI 序列的 SNR 和 CNR 均高于常规 EPI-DWI 序列,其中 CNR 比较差异有统计学意义($Z=-5.645, P<0.05$),SNR 比较差异无统计学意义($Z=-1.057, P>0.05$);TSE-DWI 序列的对比度低于常规 EPI-DWI 序列,差异有统计学意义($t=3.012, P<0.05$)。**结论** TSE-DWI 序列图像的几何变形小,磁化率伪影少,图像质量优于 EPI-DWI 序列。尤其在 3.0 T 直肠癌 MRI 平扫时发现直肠病灶处肠腔积气的患者,可直接采用 TSE-DWI 序列替代常规 EPI-DWI 序列扫描,以提高临床应用效率及图像质量。

[关键词] 直肠癌;磁共振成像;扩散加权成像;平面回波成像;快速自旋回波

[中图法分类号] R735.37 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)09-2093-05

Application value of TSE-DWI sequence in MRI examination of 3.0 T rectal cancer*

CHEN Yuan, LIU Hu, LYU Haijuan[△]

(Department of Radiology, Jiaxing Municipal Second Hospital, Jiaxing, Zhejiang 314000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the application value of turbo spin echo-diffusion weighted imaging (TSE-DWI) sequences in 3.0 T rectal cancer MRI examination by comparing the image quality difference between TSE-DWI and conventional echo planar imaging-diffusion weighted imaging (EPI-DWI) sequences. **Methods** The medical records of forty-two patients with newly diagnosed rectal cancer confirmed by colonoscopy were prospectively collected. All patients simultaneously underwent both TSE-DWI and EPI-DWI sequence scans. The image quality of the two groups performed the subjective evaluation (lesion contrast, magnetic susceptibility artifacts, geometric distortion) and objective evaluation [signal-to-noise ratio (SNR), contrast-to-noise ratio (CNR), contrast, etc]. **Results** In the subjective evaluation, compared with the conventional EPI-DWI sequences, the proportions of subjective score 3—5 points for the lesion contrast, magnetic susceptibility artifacts and geometric distortion in the TSE-DWI sequences lesions were over 95%, which all were higher the conventional EPI-DWI sequences; among them, the differences in the subjective scoring results of magnetic susceptibility artifacts and geometric deformation were statistically significant ($\chi^2=12.464, 5.610, P<0.05$), while there was no statistical significance in lesion contrast ($\chi^2=2.363, P>0.05$). In the objective evaluation, SNR and CNR in the TSE-DWI sequences all were higher than those in the conventional EPI-DWI sequences, in which the difference in CNR was statistically significant ($Z=-5.645, P<0.05$), while the difference in SNR was not statistically significant ($Z=-1.057, P>0.05$). The contrast in the TSE-DWI sequences was lower than that in the conventional EPI-DWI sequences, and the difference was statistical-

* 基金项目:嘉兴市科技计划项目(2020AD30087)。 [△] 通信作者, E-mail:lvhaijuan@163.com。

ly significant ($t=3.012, P<0.05$). **Conclusion** The TSE-DWI sequence images have small geometric deformation and few magnetic susceptibility artifacts, the image quality is superior to the EPI-DWI sequences. Especially in 3.0T rectal cancer MRI plain scan, the patients with gas accumulation in the intestinal lumen of rectal lesion could directly adopt the TSE-DWI sequences by replacing the conventional EPI-DWI sequences in order to increase the clinical application efficiency and image quality.

[Key words] rectal cancer; magnetic resonance imaging; diffusion weighted imaging; echo planar imaging; turbo spin echo

近年来,我国结直肠癌的发病率和病死率均呈上升趋势,《中国结直肠癌诊疗规范(2020 年版)》明确推荐 MRI 作为直肠癌术前评估常规检查项目^[1]。扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)序列作为一种重要的 MRI 扫描功能成像技术,可以检测活体组织水分子扩散状况及分辨组织间的微观结构变化^[2]。3.0 T 直肠癌 MRI 扫描常用的 DWI 序列为平面回波扩散加权成像(echo planar imaging-diffusion weighted imaging, EPI-DWI)序列,其扫描速度快,对运动伪影不敏感,但是对磁场的均匀性较敏感,容易出现图像变形失真及磁化率伪影。快速自旋回波扩散加权成像(turbo spin echo-diffusion weighted imaging, TSE-DWI)由于读出方式的不同,对磁场的均匀性不敏感,且没有图像变形失真,已在中耳胆脂瘤、鼻咽病变等疾病中证实能有效减少图像变形^[3-5]。目前 3.0 T 直肠癌 MRI 常用 DWI 扫描序列为 EPI-DWI 序列,对 TSE-DWI 序列研究较少。本文通过对 MRI 常规 EPI-DWI 序列与 TSE-DWI 序列扫描的 3.0 T 直肠癌图像质量进行对比分析,旨在探讨 TSE-DWI 序列在 3.0 T 直肠癌 MRI 检查中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

前瞻性收集 2021 年 1 月至 2022 年 6 月本院经肠镜确诊的 42 例直肠癌首诊患者的病例资料,其中男 30 例、女 12 例,年龄 33~85 岁、平均(64.58±12.01)岁。纳入标准:(1)首次直肠 MRI 增强扫描;(2)检查序列均包含 TSE-DWI 及 EPI-DWI 序列。排除标准:放化疗后复查及术后患者。本研究已通过本院医学伦理委员会批准(审批号:JXEY-2020JX043),患者均签署知情同意书。

1.2 方法

采用 Philips Ingenia CX 3.0 T 超导型 MRI 扫描仪进行检查。患者检查前均未做肠道准备,体位采用仰卧位、足先进,线圈采用腹部相控阵体线圈,中心线对准脐与耻骨联合的中点。先扫描标准矢状位 T2WI 和横断位 T1WI 序列,以及小视野的矢状位、冠状位和横断位 T2WI 序列;再扫描 EPI-DWI 和 TSE-DWI,最后再进行增强扫描。DWI 序列数据采集均在自由呼吸状态下进行,设置 b 值为 0 和 1 000 s/mm²

的图像重组,并且采用反转脉冲脂肪抑制(spectral presaturation with inversion recovery, SPIR)技术对脂肪进行抑制。两种 DWI 序列扫描具体参数设置见表 1。

表 1 两种 DWI 序列扫描参数设置		
参数	EPI-DWI	TSE-DWI
TR(ms)	3 184	3 021
TE(ms)	75	63
FOV(mm×mm)	200×200	200×200
层厚(mm)	3	3
层间距(mm)	1	1
层数	20	20
体素(mm×mm×mm)	2.0×2.5×3.0	2.0×2.5×3.0
NSA	4	4
加速因子	2	2
回波链	47	49
带宽(Hz)	31.8	413.9
压脂	是	是
扫描时间(s)	184	242

TR:重复时间;TE:回波时间;FOV:视野;NSA:信号平均采集次数。

1.3 图像质量分析

1.3.1 主观评价

采用双盲法,由 2 位从事腹部 MRI 诊断 10 年以上医师分别在图像后处理工作站上独立分析 EPI-DWI 和 TSE-DWI 序列中 b=1 000 s/mm² 的图像,采用 Likert 5 级评分法量表从病灶对比度、磁化率伪影、几何变形 3 个方面对图像质量进行评分^[5]。

1.3.2 客观评价

由 2 位从事 MRI 扫描技术 10 年以上的技师在图像后处理工作站上分别测量两组序列中 b=1 000 s/mm² 的 DWI 图像上病灶信号强度值,并取平均值进行分析。在病灶区、臀大肌和图像背景(即空气区)上画出感兴趣区(region of interest, ROI),测量直肠病灶处的信号强度 SI_{病灶}(signal intensity, SI)、背景信号强度标准差 SD_{背景}(standard deviation, SD)及臀大肌信号强度 SI_{臀大肌},ROI 的测量面积为 16~20 mm²。分别计算两种序列在不同区域的信噪比(signal-to-

noise ratio, SNR) = $SI_{\text{病灶}}/SD_{\text{背景}}$, 对比噪声比 (contrast-to-noise ratio, CNR) = $(SI_{\text{病灶}} - SI_{\text{臀大肌}})/SD_{\text{背景}}$, 对比度 = $SI_{\text{病灶}}/SI_{\text{臀大肌}}$ 。为减小误差, 以上测量均在 ROI 层面各测量 3 次, 取平均值。

1.4 统计学处理

采用 SPSS26.0 软件对数据进行分析。计数资料以 $n(\%)$ 表示, 采用 χ^2 检验进行比较。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用配对样本 t 检验; 不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示, 采用相关样本的非参数检验。采用 Kappa 一致性检验分析一致性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 图像质量主观评分结果一致性

2 位阅片者采用 Likert 5 级评分法量表分别对 EPI-DWI 和 TSE-DWI 序列的病灶对比度、磁化率伪影、几何变形的图像质量进行主观评分, Kappa 检验结果显示一致性较好 ($P < 0.001$), 见表 2。

2.2 图像质量主观评分结果比较

两组 DWI 序列在病灶对比度、磁化率伪影、几何变形的图像质量主观评分结果显示: 与常规 EPI-DWI

序列相比, TSE-DWI 序列的主观评分为 3~5 分的占比均超过 95%, 均高于常规 EPI-DWI 序列。其中两种 DWI 序列在磁化率伪影和几何变形的主观评分结果差异有统计学意义 ($\chi^2 = 12.464, 5.610, P < 0.05$), 病灶对比度差异无统计学意义 ($\chi^2 = 2.363, P > 0.05$), 见表 3。

表 2 图像质量主观评分结果的一致性检验

项目	EPI-DWI		TSE-DWI	
	<i>k</i>	<i>P</i>	<i>k</i>	<i>P</i>
病灶对比度	0.763	<0.001	0.633	<0.001
磁化率伪影	0.733	<0.001	0.759	<0.001
几何变形	0.756	<0.001	0.626	<0.001

2.3 图像质量客观评价指标的比较

TSE-DWI 序列的 SNR 和 CNR 均高于常规 EPI-DWI 序列, 其中 CNR 比较差异有统计学意义 ($Z = -5.645, P < 0.05$), SNR 比较差异无统计学意义 ($Z = -1.057, P > 0.05$); TSE-DWI 序列的对比度低于常规 EPI-DWI 序列, 差异有统计学意义 ($t = 3.012, P < 0.05$), 见表 4。

表 3 两组 DWI 序列图像质量主观评分结果比较 [$n(\%)$, $n = 42$]

项目	病灶对比度		磁化率伪影		几何变形	
	EPI-DWI	TSE-DWI	EPI-DWI	TSE-DWI	EPI-DWI	TSE-DWI
1~2 分	4(9.5)	0	15(35.7)	2(4.8)	7(16.7)	0
3~5 分	38(90.5)	42(100.0)	27(64.3)	40(95.2)	35(83.3)	42(100.0)
χ^2	2.363		12.464		5.610	
<i>P</i>	0.124		<0.001		0.018	

表 4 两组 DWI 序列图像质量客观评价指标的比较

项目	SNR [$M(Q_1, Q_3)$]	CNR [$M(Q_1, Q_3)$]	对比度 ($\bar{x} \pm s$)
TSE-DWI	24.75(13.38, 71.20)	20.65(10.76, 54.00)	4.19 ± 1.17
EPI-DWI	21.38(16.54, 39.93)	16.89(10.76, 32.28)	5.30 ± 1.73
<i>Z/t</i>	-1.057		3.012
<i>P</i>	0.291		0.004

3 讨 论

近年来对直肠癌 MRI 的研究表明, DWI 序列对肿瘤分期、肿瘤异质性分析及新辅助治疗疗效评价意义重大^[6]。目前, 临床 3.0 T 直肠癌 MRI 检查的 DWI 序列主要包括常规 EPI-DWI 与 TSE-DWI 两种序列。

EPI-DWI 序列作为直肠癌扫描常用 DWI 序列^[7], 主要使用单激发的 EPI 读出方式, 其扫描速度快, 对运动伪影不敏感^[8]。但由于 EPI 采集的是梯度回波, 没有多个重聚脉冲, 不能抵消主磁场的不均匀

造成的质子失相位, 容易在相位编码方向上产生定位误差, 从而产生磁敏感伪影和化学位移伪影。并且该序列对主磁场的均匀性要求较高, 随着场强的增高组织磁化率差异会增大, 磁敏感伪影会加重, 即使较小的磁场不均匀都可能引起图像的扭曲, 导致图像变形失真。这种 DWI 序列扫描的图像变形失真程度对直肠肿瘤特征、肿瘤性质和治疗疗效的评估均有较大的影响^[9]。而且直肠为空腔脏器, 肠腔积气及肠管蠕动影响更易导致局部磁场不均匀, EPI-DWI 序列扫描在直肠病灶与气体交界处常常出现磁敏感伪影, 图像失

真变形,尤其对于直径较小的病灶,无法清晰显示肿块的高信号特征和肿块大小,从而直接影响影像医师对直肠病灶的定性诊断及预后评估^[10]。

与 EPI-DWI 序列脉冲读出方式不同,TSE-DWI 序列是利用 DWI 与 TSE 序列相结合,通过多个 180° 射频聚焦脉冲来读出回波信号,这些脉冲可以防止相位误差和图像失真的累积,减弱了磁场的不均匀性,从而消除了 EPI 读出回波信号所产生的磁敏感伪影和图像变形^[11],使 DWI 图像质量大大提高。较少的失真使 T2WI 和 TSE-DWI 序列之间的轮廓更易于图像配准,有利于对直肠病灶的定性诊断评估。本研究对两组 DWI 序列在病灶对比度、磁化率伪影、几何变形的图像质量主观评分的研究结果表明,与常规 EPI-DWI 序列相比,TSE-DWI 序列主观评分为 3~5 分的占比均超过 95%,高于常规 EPI-DWI 序列;其中两种 DWI 序列在磁化率伪影和几何变形的主观评分结果差异有统计学意义($P < 0.05$),这充分表明 TSE-DWI 序列能够明显提高直肠病灶处的图像质量主观评分,减少图像的磁化率伪影和几何变形失真。然而在病灶对比度主观评价方面,两种 DWI 序列差异无统计学意义($\chi^2 = 2.363, P = 0.124$)。本研究发现,在 3.0 T 直肠癌 MRI 检查中,与常规 EPI-DWI 序列相比,TSE-DWI 序列更适用于未做肠道准备而直肠积气较多的患者,其磁化率伪影少,图像的几何变形程度很低,基本没有图像模糊和失真,可以大大提高临床医师诊断的准确性。这与其他学者的研究^[11-14]一致。

在两组 DWI 序列图像质量客观评价方面,本研究结果表明,TSE-DWI 序列的 SNR 和 CNR 均高于常规 EPI-DWI 序列,其中 CNR 比较差异有统计学意义($Z = -5.645, P < 0.05$),SNR 比较差异无统计学意义($Z = -1.057, P > 0.05$);TSE-DWI 序列的对比度低于常规 EPI-DWI 序列,差异有统计学意义($t = 3.012, P < 0.05$)。这与 WAN 等^[12]在肺癌中的研究结果相似,但与其他学者^[5,11,13-14]的研究结果存在差异,这可能与本研究样本量较少及小视野 DWI 图像中背景噪声的测量误差有关,HIRATA 等^[11]、NAO-KO 等^[13]测量背景 ROI 选取的是腮腺和乳腺等组织均匀的实质器官,而本研究 and WAN 等^[12]的研究都是选取空气区作为背景 ROI。另外其他学者的研究^[5,14]显示,TSE-DWI 序列采用的采集带宽较窄,而本研究在 TSE-DWI 序列上采用了更宽的采集带宽,延长回波链,从而缩短了扫描时间,减少了化学位移伪影,但是图像的模糊效应更明显,病灶对比度更低。

TSE-DWI 序列的缺点是扫描时间比 EPI-DWI 序列长,这是由于 TSE 序列的成像方式所致^[15],另外信号平均采集次数、加速因子、体素、视野和采集带宽等的增减均会影响采集时间的长短,且会影响病灶的

SNR^[16-17]。另外,本研究也存在一定的局限性:首先没有对两组序列图像的表现扩散系数(apparent diffusion coefficient,ADC)变化进行比较,对直肠癌影像诊断结果评估的准确性有一定的影响^[18];其次,本研究样本量较少,手术切除治疗的样本量更少,未对两组序列图像的诊断效能进行深入研究。在后续研究中,将继续增加样本量,进一步探索 DWI 序列的相关参数优化对图像质量的影响,不断提高 TSE-DWI 序列在临床应用中的稳定性和可靠性^[19]。

综上所述,TSE-DWI 序列在直肠病灶处几何变形小、磁化率伪影少,图像质量优于 EPI-DWI 序列,尤其在 3.0 T 直肠癌 MRI 平扫时发现直肠病灶处肠腔积气的患者,可直接采用 TSE-DWI 序列替代常规 EPI-DWI 序列扫描,从而明显提高临床应用效率及图像质量。

参考文献

- [1] 中国结直肠癌诊疗规范(2020 年版)专家组. 中国结直肠癌诊疗规范(2020 年版)[J]. 中华胃肠外科杂志,2020,23(6):521-541.
- [2] 阳艳语,张凯,张丽娜,等. MR 扩散加权成像在软组织肿瘤中的应用进展[J]. 磁共振成像,2021,12(10):121-124.
- [3] 樊晓雪,丁长伟,刘兆玉. EP-DWI 与 TSE-DWI 两种序列诊断中耳胆脂瘤效能的比较[J]. 磁共振成像,2022,13(6):5-9.
- [4] 俞家熙,李新春,万齐,等. TSE-DWI 序列对鼻咽部病变的诊断价值[J]. 现代医院,2018,18(2):301-304.
- [5] 刘一帆,郭效宾,罗玥媛,等. 磁共振 TSE-DWI 序列在鼻咽癌检查中的应用价值[J]. 医学影像学杂志,2021,31(11):1849-1854.
- [6] 陈垚,罗勇,曾文兵,等. 高分辨率 MRI 联合小视野扩散加权成像对直肠癌 TN 分期的应用价值[J]. 实用放射学杂志,2021,37(7):1108-1112.
- [7] 康英杰,詹松华,谭文莉,等. 扩散加权成像在评估直肠癌分化程度及环周切缘浸润中的价值[J]. 实用放射学杂志,2018,34(10):1542-1545.
- [8] 李丽娅. MRI 评估直肠癌新辅助放化疗疗效研究进展[J]. 实用放射学杂志,2020,36(3):483-486.
- [9] 中国医师协会结直肠肿瘤专业委员会诊疗技术专委会,中华医学会放射学分会腹部学组. 直肠癌 MR 扫描及结构式报告规范专家共识[J]. 中华放射学杂志,2021,55(11):1121-1127.
- [10] 中华医学会放射学分会医学影像大数据与人工智

能工作委员会,中华医学会放射学分会腹部学组,中华医学会放射学分会磁共振学组. 结直肠癌 CT 和 MRI 标注专家共识(2020)[J]. 中华放射学杂志,2021,55(2):111-116.

[11] HIRATA K, NAKAURA T, OKUAKI T, et al. Comparison of the image quality of turbo spin echo- and echo-planar diffusion-weighted images of the oral cavity[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(19):e0447.

[12] WAN Q, LEI Q, WANG P, et al. Intravoxel incoherent motion. diffusion-weighted imaging of lung cancer: comparison between turbo spin-echo and echo-planar imaging[J]. Comput Assist Tomogr, 2020, 44(3):334-340.

[13] NAKO M, SHUNJI M, MINORU M, et al. Turbo spin-echo diffusion-weighted imaging compared with single-shot echo-planar diffusion-weighted imaging: image quality and diagnostic performance when differentiating between ductal carcinoma in situ and invasive ductal carcinoma [J]. Magn Reson Med Sci, 2021, 20:60-68.

[14] MIKAYAMA R, YABUUCHI H, SONODA S, et al. Comparison of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging between turbo spin-echo and echo-planar imaging of the head and neck[J]. Eur Radiol, 2018, 28(1):316-324.

[15] TYAGI N, CLOUTIER M, ZAKIAN K, et al. Diffusion-weighted MRI of the lung at 3T evaluated using echo-planar-based and single-shot turbo spin-echo-based acquisition techniques for radiotherapy applications[J]. J Appl Clin Med Phys, 2019, 20(1):284-292.

[16] 齐晓凤,倪根雄. 颅脑磁共振扩散加权成像中快速自旋回波与单次激发平面回波序列的图像质量对比研究[J]. 诊断学理论与实践, 2016, 15(4):426-429.

[17] YOSHIKAWA T, YOSHIDA R, ASOU H, et al. Comparison between turbo spin-echo and echo planar diffusion-weighted imaging of the female pelvis with 3T MRI[J]. Acta Radiol Open, 2021, 10(2):2058460121994737.

[18] 尹秋风,张玉珍,陈淑贤,等. 视网膜母细胞瘤中 TSE-DWI 与 EP-DWI 的相关性分析及临床应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(4):554-557.

[19] OGAWA M, NAKAGAWA M, ARAI N, et al. Evaluation of thin-slice coronal single-shot turbo spin-echo diffusion-weighted imaging of the hand: a comparison with conventional echo-planar diffusion-weighted imaging[J]. Magn Reson Med Sci, 2020, 19(4):382-388.

(收稿日期:2025-02-22 修回日期:2025-06-16)
(编辑:成 卓)

(上接第 2092 页)

[20] 吴珊红,王艳,袁一鸣,等. 母亲产后抑郁对婴幼儿生长发育的影响[J]. 中国儿童保健杂志, 2024, 32(9):994-998.

[21] 钱晟,李佳钰,李静,等. 儿童孤独症的妊娠期和围产期危险因素 meta 分析[J]. 中国妇幼健康研究, 2021, 32(3):430-435.

[22] 李辉. 儿童孤独症谱系障碍影响因素分析及预测模型构建[J]. 中国现代医生, 2024, 62(25):17-21.

[23] 谢芳芳,高国朋,谢亮亮,等. 家庭养育环境、家庭功能及社会经济地位与 3 岁儿童自闭症行为的关联[J]. 现代预防医学, 2024, 51(19):3535-3539.

[24] 刘颖,朱欢,杨梅. 儿童自闭症的成因、危害及体育运动干预研究[J]. 内江科技, 2023, 44(11):102-104.

[25] 徐晓红,韩莉,於延. 海安市学龄前儿童孤独症筛查及影响因素分析[J]. 心理月刊, 2024, 19(16):206-208.

[26] 钟道利,张茜,张子君. 基于开阖枢理论探析儿童自闭症[J]. 中国中医药现代远程教育, 2024, 22(5):38-40.

[27] 苗小燕. 孤独症学生的心理健康支持策略研究[J]. 中小学心理健康教育, 2024(30):18-22.

(收稿日期:2025-02-21 修回日期:2025-05-29)
(编辑:管佩钰)