

论 著

CT三维重建及薄层扫描联合磁共振表观扩散系数定量诊断良性和恶性脊柱骨折的价值分析*

张庭庭¹ 白曼莫² 吉思璇¹
陈明玮¹ 刘广保^{1,*}1.海南省三亚市中医院医学影像科
(海南 三亚 572000)2.海南省三亚市中医院中医骨伤科
(海南 三亚 572000)

【摘要】目的 探讨CT三维重建及薄层扫描联合磁共振表观扩散系数定量诊断良性和恶性脊柱骨折的价值。**方法** 选取85例脊柱骨折患者的临床资料进行回顾性分析,选取时间为2018年5月至2020年6月,经病理确诊为良性脊柱骨折共50例、恶性脊柱骨折共35例,且予以CT、磁共振检查,对比阳、阴性预测值,分析良恶性脊柱骨折的影像学特征,比较良恶性的ADC值,评估CT平扫、CT三维重建及薄层扫描、磁共振、两项联合诊断良恶性脊柱骨折的AUC值、敏感度、特异度及约登指数。**结果** 85例脊柱骨折患者经CT平扫后,阳性预测值73.47%,阴性预测值61.11%;经CT三维重建及薄层扫描后阳性预测值为81.63%,阴性预测值为72.22%。经磁共振检测后,阳性预测值为90.00%,阴性预测值85.71%;经两项联合检测后,阳性预测值96.00%,阴性预测值94.23%。CT影像学特征显示,良性脊柱骨折出现T2WI高信号共43例,椎体形态以楔形占比更多,椎体后缘以成角多见,椎旁软组织呈环形增厚样;恶性脊柱骨折出现T2WI高信号34例,椎体形态以楔形或倒楔形为主,椎体后缘呈膨隆,椎旁软组织呈结节肿块。良性组的ADC值高于恶性组($P<0.05$)。ROC曲线分析显示,CT平扫、CT三维重建及薄层扫描、磁共振、两项联合诊断良恶性脊柱骨折的AUC值分别为(0.674/0.771/0.897/0.951, $P<0.05$);敏感度分别为72.00%、80.00%、90.00%、96.00%;特异度分别为62.90%、74.30%、85.70%、94.30%。**结论** CT三维重建及薄层扫描联合磁共振表观扩散系数定量诊断,有利于提高良恶性脊柱骨折检出率及降低误诊率。

【关键词】 CT; 三维重建; 薄层扫描; 磁共振; 良性; 恶性; 脊柱骨折**【中图分类号】** R445.3**【文献标识码】** A**【基金项目】** 海南省卫生计生厅行业科研项目
(19A200142)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.02.054

Analysis of the Value of CT Three-Dimensional Reconstruction and Thin-Slice Scanning Combined with MRI Apparent Diffusion Coefficient in the Quantitative Diagnosis of benign and Malignant Spinal Fractures*

ZHANG Ting-ting¹, BAI Man-mo², JI Si-xuan¹, CHEN Ming-wei¹, LIU Guang-bao^{1,*}.

1. Medical imaging department, Sanya Hospital of traditional Chinese medicine, Sanya 572000, Hainan Province, China

2. Department of Orthopedics and Traumatology of Traditional Chinese Medicine, Sanya 572000, Hainan Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the value of CT three-dimensional reconstruction and thin-slice scanning combined with the apparent diffusion coefficient of magnetic resonance in the quantitative diagnosis of benign and malignant spinal fractures. **Methods** The clinical data of 85 patients with spine fractures were selected for retrospective analysis. The selection time was from May 2018 to June 2020. A total of 50 cases of benign spine fractures and 35 cases of malignant spine fractures were pathologically diagnosed. CT and magnetic Resonance examination, comparing positive and negative predictive values, analyzing the imaging characteristics of benign and malignant spine fractures, comparing the ADC value of benign and malignant, evaluating CT plain scan, CT three-dimensional reconstruction and thin-slice scan, magnetic resonance, two combined diagnosis of benign and malignant spine The AUC value, sensitivity, specificity and Youden index of fracture. **Results** The positive predictive value of 85 patients with spinal fractures after CT plain scan was 73.47%, and the negative predictive value was 61.11%; the positive predictive value after CT three-dimensional reconstruction and thin-slice scan was 81.63%, and the negative predictive value was 72.22%. After the magnetic resonance test, the positive predictive value was 90.00%, and the negative predictive value was 85.71%; after the two combined tests, the positive predictive value was 96.00% and the negative predictive value was 94.23%. CT imaging features showed that there were 43 cases of benign spinal fractures with high signal on T2WI. The shape of the vertebral body was more wedge-shaped, the posterior edge of the vertebral body was more often angled, and the paravertebral soft tissue was ring-shaped thickened; malignant spinal fractures appeared. In 34 cases with high signal intensity on T2WI, the vertebral body was mainly wedge-shaped or inverted wedge-shaped, the posterior edge of the vertebral body was swollen, and the paravertebral soft tissues were nodular masses. The ADC value of the benign group was higher than that of the malignant group ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the AUC values of CT plain scan, CT three-dimensional reconstruction, thin-slice scan, magnetic resonance, and two combined diagnosis of benign and malignant spinal fractures were (0.674/0.771/0.897/0.951, $P<0.05$); the sensitivity was respectively 72.00%, 80.00%, 90.00%, 96.00%; the specificity is 62.90%, 74.30%, 85.70%, 94.30%, respectively. **Conclusion** CT three-dimensional reconstruction and thin-slice scanning combined with magnetic resonance apparent diffusion coefficient quantitative diagnosis is beneficial to increase the detection rate of benign and malignant spinal fractures and reduce the misdiagnosis rate.

Keywords: CT; Three-Dimensional Reconstruction; Thin-Slice Scan; Magnetic Resonance; Benign; Malignant; Spine Fracture

经流行病学调查^[1]发现,脊柱骨折发生率约占全身骨折的5.0%~6.0%,虽然脊柱骨折可发生在任何年龄段,但仍以青壮年多见,且发病无男女差异。根据其骨折原因的不同可为良性与恶性,其中,良性通常是因骨质疏松所引起,譬如长期使用糖皮质激素易增加骨质疏松几率,诱发脊柱骨折;而恶性是由脊柱肿瘤所造成,当患者合并脊柱肿瘤,则会引发病理性骨折^[2]。并且骨折原因的不同,所予以的治疗方案及预后效果也会存在较大差异。基于此,鉴别两者的不同显得十分必要,对治疗方案的制定和预后的改善至关重要。有学者^[3]建议行CT三维重建及薄层扫描;也有学者^[4]建议在其基础上加用磁共振表观扩散系数定量,以此提高诊断确诊率,但临床上关于上述两种方法联合检测的相关文献报道较少,故本次选取85例脊柱骨折患者的临床资料进行回顾性分析,旨在探讨CT三维重建及薄层扫描联合磁共振表观扩散系数定量诊断良性和恶性脊柱骨折的价值。现将其报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析2018年5月至2020年6月诊治的85例脊柱骨折患者的临床资料。经病理确诊为良性脊柱骨折50例、恶性脊柱骨折35例。

【第一作者】张庭庭,女,主治医师,主要研究方向:四肢关节影像。E-mail: 95403140@qq.com

【通讯作者】刘广保,男,副主任医师,主要研究方向:骨关节影像。E-mail: 122090443@qq.com

纳入标准：认知功能正常；无凝血功能异常及心功能不全等疾病；影像学资料完整。排除标准：外伤性骨折；伴有大出血；合并心功能不全等疾病。85例患者中男性43例、女性42例；年龄35~73岁，平均值(56.25±11.52)岁；病程(12.52±3.25)h；BMI(22.41±2.45)kg/m²。

1.2 方法 回顾性分析85例脊柱骨折患者采用CT和磁共振检测的临床资料，其步骤如下：(1)CT三维重建及薄层扫描：采用64排Light Speed螺旋CT扫描仪，扫描部位以骨折的椎体为中心，参数：电压130kV，电流250mA，层厚5mm，层间距5mm，螺距0.75，矩阵515×512；扫描结束后进行薄层重建(重建层厚：2mm，间隔：1.8mm)，将重建数据传至工作站后处理站后进行三维重建，任意旋转角度选择最佳图像保持。(2)磁共振检测方法：采用Siemens AVANTO 1.5T超导型磁共振扫描仪，选择脊柱线圈，先行常规矢状面扫描，选择常规序列SE序列T₁WI(TR 450ms，TE 11ms)，FSE序列T₂WI(TR 1400ms，TE 85ms)，短时间反转恢复(short time inversion recovery,STIR)序列(TR 3900ms，TE 112ms)，轴位FSE序列DWI((TR 2200ms，TE 80ms，b=1000)，扫描范围包括脊柱和周围软组织(层厚：4mm，间距：0.4mm，)以常规扫描时发现的骨折椎体为中心，采用MR SS-EPI-DWI行扩散加权成像，视野280mm×280mm，层厚4mm，间距0.4mm，b值取0s/mm²、300s/mm²，将所获得图像传输至工作站，建立ADC图，勾选感兴趣区，测量病灶最大显示层面上感兴趣区的ADC值。

1.3 观察指标

- 1.3.1 评估四种方法诊断良恶性脊柱骨折的阳性预测值、阴性预测值。
- 1.3.2 分析CT三维重建及薄层扫描良恶性脊柱骨折的影像学特征。
- 1.3.3 评估良恶性脊柱骨折患者经磁共振扫描的ADC值。
- 1.3.4 评估CT平扫、CT三维重建及薄层扫描、磁共振、两项联合诊断良恶性脊柱骨折的AUC值、敏感度、特异度及约登指数。

1.4 统计学方法 本次数据采用SPSS 22.0软件分析。计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示，行t检验；计数资料用(n；%)表示，行 χ^2 检验；四格表采用配对卡方检验；一致性采用Kappa值检验；诊断价值采用ROC曲线分析；以P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 阳、阴性预测值比较 85例脊柱骨折患者经CT平扫后，阳

性预测值73.47%，阴性预测值61.11%，与金标准相比，一致性较差(Kappa=0.347，P<0.001)；经CT三维重建及薄层扫描后阳性预测值为81.63%，阴性预测值为72.22%，与金标准相比，一致性一般(Kappa=0.541，P<0.001)。经磁共振检测后，阳性预测值为90.00%，阴性预测值85.71%，与金标准相比，一致性较好(Kappa=0.757，P<0.001)；经两项联合检测后，阳性预测值96.00%，阴性预测值94.29%，提示与金标准存在一致性(Kappa=0.903，P<0.001)。其中，CT平扫与两项联合比较，差异具有统计学意义($\chi^2=8.929$ ，P<0.05)；CT三维重建及薄层扫描与两项联合相比，差异具有统计学意义($\chi^2=5.959$ ，P<0.05)；磁共振与两项联合相比，差异无统计学意义($\chi^2=3.705$ ，P>0.05)。详见表1。

2.2 CT三维重建及薄层扫描良恶性脊柱骨折的影像学特征 CT影像学特征显示，良性脊柱骨折出现T₂WI高信号共43例，椎体形态以楔形占比更多，椎体后缘以成角多见，椎旁软组织呈环形增厚样；恶性脊柱骨折出现T₂WI高信号34例，椎体形态以楔形或倒楔形为主，椎体后缘呈膨隆，椎旁软组织呈结节肿块。详见表2与图1、图2。

2.3 ADC值比较 良性组的ADC值高于恶性组(P<0.05)。详见表3与图3、图4。

表1 四种方法阳性、阴性预测值比较

金标准	CT平扫		CT三维重建及薄层扫描		磁共振		两项联合		合计
	良性	恶性	良性	恶性	良性	恶性	良性	恶性	
良性	36	14	40	10	45	5	48	2	50
恶性	13	22	9	26	5	30	2	33	35
合计	49	36	49	36	50	35	50	35	85

注：金标准为病理检查；两项联合为CT三维重建及薄层扫描联合磁共振。

2.4 诊断效能分析 ROC曲线分析显示，CT平扫、CT三维重建及薄层扫描、磁共振、两项联合诊断良恶性脊柱骨折的AUC值分别为(0.674/0.771/0.897/0.951，P<0.05)；敏感度分别为72.00%、80.00%、90.00%、96.00%；特异度分别为62.90%、74.30%、85.70%、94.30%。详见表4和图5。

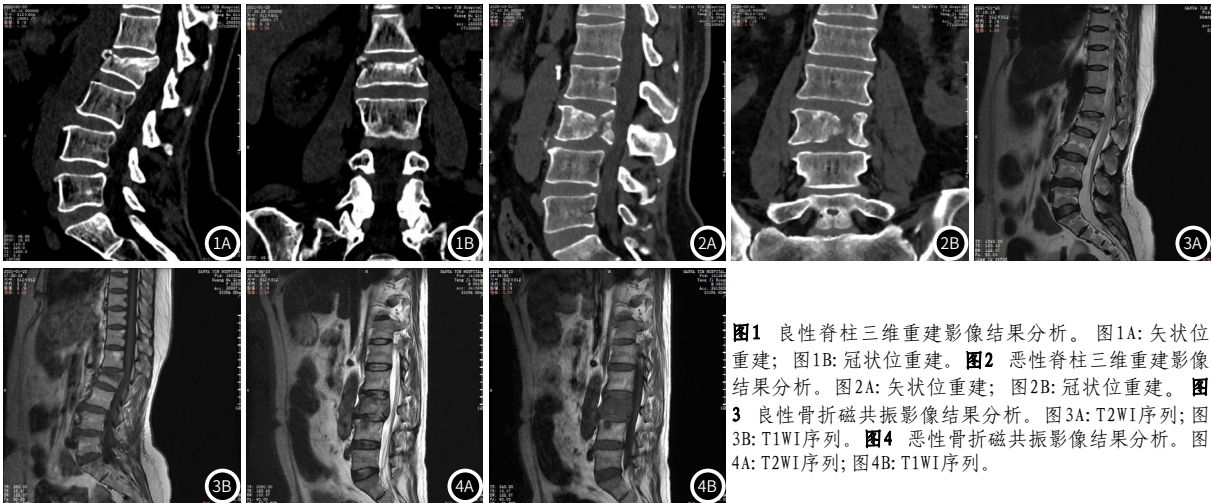


图1 良性脊柱三维重建影像结果分析。图1A:矢状位重建；图1B:冠状位重建。图2 恶性脊柱三维重建影像结果分析。图2A:矢状位重建；图2B:冠状位重建。图3 良性骨折磁共振影像结果分析。图3A:T₂WI序列；图3B:T₁WI序列。图4 恶性骨折磁共振影像结果分析。图4A:T₂WI序列；图4B:T₁WI序列。

表2 良恶性脊柱骨折患者的CT影像学特征(n；%)

类型	T ₂ WI高信号	椎体形态		椎体后缘		椎旁软组织	
		楔形	倒楔形	膨隆	成角	结节肿块	环形增厚
良性(n=50)	43(86.00)	49(98.00)	1(2.00)	3(6.00)	9(18)	0(0.00)	12(24.00)
恶性(n=35)	34(97.14)	22(62.86)	13(37.14)	15(42.86)	1(2.86)	13(37.14)	3(8.57)
χ^2 值	2.998	18.482		16.755	4.548	21.925	3.372
P值	0.083	<0.001		<0.001	0.033	<0.001	0.066

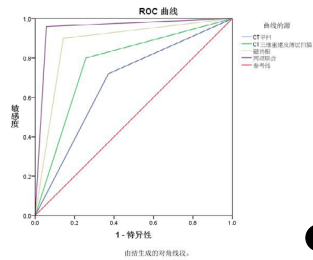


图5 四种方法的ROC曲线分析

表4 四种方法的诊断效能分析

检验结果变量	AUC	标准错误		P	渐近 95%置信区间	约登指数	敏感度	特异度
		下限值	上限值					
CT平扫	0.674	0.060	0.006	0.556	0.793	0.349	72.00	62.90
CT三维重建及薄层扫描	0.771	0.054	<0.001	0.665	0.878	0.543	80.00	74.30
磁共振	0.879	0.042	<0.001	0.796	0.962	0.757	90.00	85.70
两项联合	0.951	0.028	<0.001	0.897	1.000	0.903	96.00	94.30

3 讨论

目前临床上针对脊柱骨折，多采用CT进行检查，通过扫描骨折部位，为临床诊断提供客观信。但CT平扫的图像密度分辨率较低，对于细小的骨折不易发现，并且难以区分脊柱骨折的良恶性^[5]。故本文建议更采用CT三维重建及薄层扫描，通过获得多层面重建图片及三维立体图像，为临床诊断提供直观立体图像；与普通多排CT扫描相比，不仅具有剂量低、图像更薄等特点，还能具体、直观、形象地显示骨折、脊髓、神经根损伤等情况。研究结果显示，CT三维重建及薄层扫描后阳性预测值、阴性预测值高于CT平扫，而假阳性、假阴性低于CT平扫，提示CT三维重建及薄层扫描能多角度显示脊柱结构，譬如矢状位图，能清晰显示椎管狭窄、椎体后壁骨折、体向心性粉碎、硬膜囊受压等情况。在正常人中，椎体内存在较多的黄骨髓，若经CT扫描，可呈T₁WI高信号、T₂WI中等高信号表达，但当椎体出现损伤时，呈T₂WI高信号表达^[6]；另外，在软组织肿块图像上，可见良恶性脊柱骨折存在较大差异，其中，良性脊柱骨折的椎体形态以楔形多见，椎体后缘以成角多见，椎旁软组织呈环形增厚样；而恶性脊柱骨折的椎体形态以楔形或倒楔形多见，椎体后缘呈膨隆，椎旁软组织呈结节肿块^[7-9]。本文认为可通过上述图像特征为良恶性鉴别提供客观依据。但进一步分析发现，CT薄层扫描基线平行又无明显移动的骨折部位时，仅依靠轴位扫描极易发生漏诊情况，故建议在其基础上通过三维表面成像、多平成像等方式，还原受检部位的三维立体结构，以此使医师更加直观、完整地了解受损椎体情况、骨折类型等信息^[10-12]。

MRI与CT不同，是根据骨髓信号改变为诊断鉴别脊柱压缩骨折提供客观依据；另外，还能根据信号的变化为判断急性或慢性骨折提供指导。但经实践发现，T₁WI、T₂WI等常规MRI序列会受到一定程度上受病理变化的影响，譬如恶性骨折椎体骨髓内脂肪被肿瘤组织取代后，能引起与良性骨折较为类似的信号改变^[13-14]；而在良性骨折中则会受骨髓内出血、水肿等因素的影响，通过延长病变椎体T₁、T₂值，使其呈现出相似的信号改变，继而干扰诊断结果。也有学者建议采用DWI序列，根据水分子扩散状况反映组织生物物理特征。但根据文献综合分析，发现DWI图像会受b值的影响，尽管b值越大，DWI扩散敏感度越高，但随之而来的是梯度持续时间和间隔时间的延长，均会导致图片变形、扭曲，以及信噪比下降，继而在DWI图像上难以鉴别良恶性脊柱骨折^[15-16]。针对上述情况，b值大小对DWI图像质量和水分子扩散具有重要作用，故本文选择b值为300s/mm²，较好的权重图像质量和水分子扩散两方面。研究结果显示，两组患者的ADC值均有所增高，且良性组的ADC值高于恶性组，因良性脊柱骨折患者的病变椎体存在充血、水肿等表现，而这些表现均会致水分子扩散加快^[17]。而恶性组ADC值较低，则与骨髓纤维化或硬化有关，能减少组织

表3 两组ADC值比较

组别	n	ADC值($\times 10^{-3}$ mm ² /s)
良性组	50	2.15 $\pm$ 0.71
恶性组	35	1.25 $\pm$ 0.42
t值		6.715
P值		<0.001

内水分子含量^[18]。虽然在MRI单独检测中可看到，其良性、恶性检出率较高，但与金标准相比，仍存在统计学差异，故建议与CT三维重建及薄层扫描联合检查，以此进一步提高诊断确诊率，在两项联合检测的阳性预测值、阴性预测值中，发现其与金标准相比，无统计学意义，且在ROC曲线分析中也可见，两项联合AUC值高于CT三维重建及薄层扫描、MRI单独检测，能为手术指导及预后判断提供重要信息。

综上所述，CT三维重建及薄层扫描联合MRI有利于提高良恶性脊柱骨折的检出率和诊断确诊率。但因本研究样本较小的影响，可能存在偏差，需扩大样本进一步研究。

参考文献

- [1] 贺富文, 净惠明, 杜秋珊. CT三维重建及薄层扫描诊断良性和恶性脊柱骨折临床性分析[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(1): 167-170.
- [2] 朱亚敏, 殷向辉, 朱昕怡, 等. CT与MRI扫描三维重建在四肢骨关节隐匿性骨折诊断中的应用[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(22): 4344-4347, 4278.
- [3] Punam B, Chiara I, Dershaw D D, et al. Diffusion-Weighted MRI of the Breast in Women with a History of Mantle Radiation: Does Radiation Alter Apparent Diffusion Coefficient? [J]. J Breast Imaging, 2019(3): 3: 212-216.
- [4] 马茜, 苗红, 张帅, 等. DWI及ADC值与常规MRI序列对脊柱椎体良恶性压缩骨折的诊断价值[J]. 解放军医药杂志, 2018, 30(9): 61-64.
- [5] 张燕, 王小明, 夏斌, 等. SPECT/CT与磁共振单独及联合检测对脊柱肿瘤、结核的鉴别价值[J]. 颈腰痛杂志, 2020, 41(1): 124-125.
- [6] 黄海管, 张洪波, 洪强, 等. X线片与MRI联合应用对提高脊柱骨折的检出率与诊断准确性[J]. 华南国防医学杂志, 2018, 32(5): 321-323, 327.
- [7] Xu M, Tang Q, Li M, et al. An analysis of Ki-67 expression in stage 1 invasive ductal breast carcinoma using apparent diffusion coefficient histograms[J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(4): 1518-1531.
- [8] 戴亦心, 张帅, 欧阳建元, 等. 影响单纯椎体骨折稳定性的各解剖结构骨折三维CT分型研究及临床意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(2): 142-150.
- [9] 蒋华, 李睿, 廖振华. 64排螺旋CT容积扫描及三维重建技术在颌面骨折诊治中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(5): 126-128.
- [10] 闵华, 张陈斌, 李伟民, 等. 多层螺旋CT在外伤性踝关节及跗骨骨折中的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(2): 340-343.
- [11] Seyedmehdi P, Tarik T, Soonmee C. Differentiation of Cerebellar Hemisphere Tumors: Combining Apparent Diffusion Coefficient Histogram Analysis and Structural MRI Features [J]. J Neuroimaging, 2018, 28(6): 656-665.
- [12] 管庶春, 顾勤, 吴峰峰, 等. 多期多层螺旋CT增强扫描及重建技术在结肠癌术前评估中的应用价值[J]. 癌症进展, 2019, 17(24): 2921-2924.
- [13] 徐颖, 田林, 李芷萱. 多层螺旋CT扫描三维重建技术在颌面部骨折临床诊治中的应用价值探讨[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(3): 113-116.
- [14] 罗乐凯, 任翠萍, 程敬亮, 等. 磁共振成像及其表现扩散系数对长管状骨肉瘤和尤文肉瘤的鉴别诊断效能[J]. 山东医药, 2019, 59(12): 74-77.
- [15] Kanamoto H, Norimoto M, Eguchi Y, et al. Evaluating Spinal Canal Lesions Using Apparent Diffusion Coefficient Maps with Diffusion-Weighted Imaging [J]. Asian Spine J, 2020, 14(3): 312-319.
- [16] 姚小刚, 朱培菊, 赵明, 等. 磁共振成像表现扩散系数与乳腺浸润性导管癌组织学分级及预后指标的相关性研究[J]. 现代生物医学进展, 2018, 18(17): 3378-3381, 3400.
- [17] 李莹, 任翠萍, 程敬亮, 等. 磁共振动态增强及扩散加权成像对骨肉瘤恶性程度评判的价值[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37(4): 666-669.
- [18] 岳滔, 赵树芬, 杜笑松. 不同扩散敏感系数加权成像在良恶性肿瘤鉴别中的价值[J]. 肿瘤研究与临床, 2019, 31(10): 703-706.

(收稿日期: 2021-10-11)

(校对编辑: 姚丽娜)