

## 论 著

## 磁共振DTI及DTT技术在成人视放射病变中的初步临床应用

吴永顺<sup>1</sup> 黄穗乔<sup>2</sup> 刘盼丽<sup>1</sup>  
元建鹏<sup>3,\*</sup>

1.广州市第一人民医院放射科

(广东 广州 511457)

2.中山大学附属孙逸仙纪念医院放射科

(广东 广州 510120)

3.中山大学附属第七医院放射科

(广东 深圳 518107)

**【摘要】目的** 应用磁共振弥散张量成像(DTI)及弥散张量纤维束成像(DTT)技术评估成人视放射病变的各向异性程度、视放射神经纤维束构象特征及临床价值及探讨视放射病变对外侧膝状体(LGN)形态学的影响。**方法** 收集经磁共振检查、临床资料或手术病理证实累及视放射的脑内病变12例及磁共振检查无异常的健康体检者12例,以上受检者均进行过磁共振DTI及DUAL\_TSE序列扫描。根据是视放射是否受累及,将12对视放射分成病变组、对照组,通过后处理软件分别获得部分各项异性指数(FA)值、表观弥散系数(ADC)值、平均纤维束长度(ML)、单位像素纤维束数目(MF)、LGN的高度与体积及进行纤维束追踪与成像分析,且两两比较进行统计学分析。**结果** 12例病例中有16个视放射纤维束表现为不同程度的纤维束稀疏、移位或破坏,累及视放射的病变可导致LGN大小、形态甚至信号发生一定改变,且病例组与健康组比较具有统计学差异性,其ADC值、ML值及MF值均较健康组有所升高,但差异无统计学意义,病变组与对照组间各指标比较均无统计学意义。累及视放射的病变可导致LGN形态或信号发生一定改变,病例组LGN高度及体积的缩小与健康组比较具有统计学差异性。**结论** DTI及DTT技术可作为评价颞、枕部病变所致视放射及LGN形态、功能改变的既安全又客观指标;术前运用DTT技术对保护具有重要功能的白质纤维束及了解病变与该纤维束之间的关系具有重要临床意义。

**【关键词】** 磁共振成像; 扩散张量成像;  
脑白质纤维束示踪; 视放射; 外侧膝状体  
**【中图分类号】** R445.2  
**【文献标识码】** A  
**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2023.10.009

## Preliminary Clinical Application of Magnetic Resonance DTI and DTT Techniques in Adult Visual Radiation Lesions

WU Yong-shun<sup>1</sup>, HUANG Sui-qiao<sup>2</sup>, LIU Pan-li<sup>1</sup>, YUAN Jian-peng<sup>3,\*</sup>.

1.Department of Radiology, Guangzhou First People's Hospital, Guangzhou 511457, Guangdong Province, China

2.Department of Radiology, Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510120, Guangdong Province, China

3.Department of Radiology, The Seventh Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Shenzhen 518107, Guangdong Province, China

## ABSTRACT

**Objective** Diffusion tensor imaging (DTI) and diffusion tensor tractography (DTT) were used to evaluate the degree of anisotropy, conformational characteristics, and clinical value of optic radiation nerve fiber bundles in adults, and to explore the effect of optic radiation lesions on the morphology of lateral geniculate body (LGN). **Methods** 12 cases of brain lesions involving visual radiation and 12 cases of normal physical examination were collected, which were confirmed by magnetic resonance examination, clinical data or operation, and pathology, and all of the above subjects were scanned by DTI and DUAL\_TSE sequence. According to whether visual radiation was involved, 12 pairs of visual radiation were divided into a lesion group and a control group. Partial anisotropy index (FA), apparent diffusion coefficient (ADC), average fiber bundle length (ML), number of fiber bundles per pixel (MF), height, and volume of LGN were obtained by post-processing software. **Results** Among the 12 cases, 16 optic radiation fiber bundles showed thinning, displacement or destruction in varying degrees, and the lesions involving visual radiation could lead to certain changes in the size, shape and even signal of LGN, and there was a statistical difference between the case group and the healthy group. The values of ADC, ML and MF were higher than those in the normal group, but there was no significant difference between the disease group and the control group. The pathological changes involving visual radiation can lead to certain changes in the shape or signal of LGN. The reduction of LGN height and volume in the case group is statistically different from that in the healthy group. **Conclusion** DTI and DTT techniques can be used as safe and objective indexes to evaluate the morphological and functional changes of visual radiation and LGN caused by temporal and occipital lesions, and the use of the DTT technique before operation is of clinical significance to protect the white matter fiber bundle with important function and to understand the relationship between the lesion and the fiber bundle.

**Keywords:** MRI; Diffusion Tensor Imaging (DTI); Diffusion Tensor Tractography (DTT); Optical Radiation (OR); Lateral Geniculate Body (LGN)

视放射(optic radiation, OR)是重要的脑内视觉通路,始于外侧膝状体(lateral geniculate nucleus, LGN)并向后走行达枕叶皮质第一视觉区,是神经、眼科疾病的重要组成部分。颅脑多种病变如血管疾病、炎症、外伤及肿瘤等病变均可累及视放射而引起相应视觉功能的改变,然而由于其临床症状多不典型且解剖结构较为复杂而缺乏特异性。常规影像学方法对视放射纤维束的成像特异性很差或无特异性,故视放射病变临床早期诊断较难,极易漏诊和误诊。磁共振弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)、弥散张量纤维束成像(diffusion tensor tractography, DTT)技术能直观地显示视放射纤维束结构及功能改变,是目前唯一被广泛运用于活体脑白质结构及白质束形态研究的无创性可视化检查技术<sup>[1-2]</sup>。近年来,虽然DTI和DTT技术在中枢神经系统的运用较为广泛,但对健康者及颞、枕部病变所致的视放射弥散特性及白质纤维束改变的相关报道并不多,而累及视放射的脑内病变对LGN影响的相关报道更少,故本研究旨在尝试运用磁共振新技术研究累及视放射的脑内病变对视放射白质纤维束弥散特征、构象特征及LGN形态学的影响,进而为视觉通路的形态与功能研究提供新的诊断依据。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集2012年3月份至2013年5月份期间于中山大学附属孙逸仙纪念医院经磁共振、临床资料或手术病理证实累及OR的脑内病变12例(其中男7例,女5例,年龄35~77岁,平均53±10.8岁),临床伴有视野缺损或视力进行性下降并经专科检查无眼部原发病变及视觉通路以外病变,以及经磁共振检查、专科检查无异常的健康体检者12例(男6例,女6例,年龄20~50岁,平均年龄33±9.9岁)。上述12例脑内病变(脑梗塞5例,脑肿瘤2例,脑血管畸形1例,视皮层萎缩1例,脑囊虫病1例,脱髓鞘1例,放射性脑病1例)均发生在颞叶和(或)枕叶,其中左侧病变6例,右病变侧1例,双侧病变5例,24条视放射中病变侧视放射数:左侧:10条,右侧:6条,1条追踪失败;经常规影像学及临床相关表现证实有受累侧OR作为病变组,无受累侧OR为对照组及12例健康体检者为健康组。所有受试者均知情同意并详细告知试验过程及用途。

**1.2 MRI检查技术** 应用Philips Intera 3.0T 超导MR成像系统,头部8通道相控阵线圈(SENSE-HEAD-8),嘱被试者仰卧位,由海绵枕将头固定在矩阵头线圈上,并佩戴耳机,嘱

**【第一作者】** 吴永顺,男,主治医师,主要研究方向:神经及腹部影像。E-mail: wuys\_academic@163.com

**【通讯作者】** 元建鹏,男,主任医师,主要研究方向:五官及胸、腹部影像。Email: yuanjianpeng@sysush.com

受试者尽量减少头部运动且各序列扫描定位线均保持一致(平行于前后联合线)。扫描参数: DTI: NDGD=16, TR=6300ms, TE=78ms, FOV=240mm, NSA=5, 层厚/层间距=2.0mm/0, 层数=50, ACQ及REC均为2.5×2.5×2.5; DUAL\_TSE: TR=3100ms, TE1=14ms, TE2=85, FOV=240mm, NSA=1, 层厚/层间距=1.8/0mm, 层数=48; DUAL\_TSE\_COR: TR=3100ms, TE1=14ms, TE2=85, FOV=240mm, NSA=1, 层厚/层间距=1.8/0mm。

**1.3 图像分析** 对上述DTI数据进行图像后处理, 先利用SPM软件对图像进行自动校准, 校准后的图像经2位有经验的磁共振医师评估后删除有明显伪影的图像, 然后通过运用Philips Intera 3.0T超导MR工作站自带后处理软件重建出相应图像并计算出张量值、本征矢量值等参数; 将所采集DTI数据图像, 以DUAL\_TSE序列作为LGN解剖定位, 运用MR工作站自带后处理软件(fiber tracking 软件), 采用多感兴趣区(Multiple ROIs)法进行OR纤维束追踪及成像, ROI的FA值、ADC值、平均纤维束长度和纤维束密度可由该软件直接算出。比较指标包括FA、ADC、ML及MF及双侧LGN高度、体积。

**1.3.1 LGN高度及体积测量:** (1)高度测量: 运用Philips Intera 3.0T超导MR工作站自带Image Algebra软件将DUAL\_TSE\_COR扫描所得图像进行A+B(PDW+T<sub>2</sub>W)融合, 然后分别将DUAL\_TSE\_COR扫描图像及融合后图像经MR工作站volume view软件进行薄层重建(层厚=0.5mm, gap=0, 层数=24), 并通过调整轴位、矢状位来获得LGN冠状位最大高度图像。测量方法: 在上述经融合及重建后的LGN冠状位最大高度图像上, 从LGN尖部垂直于基底部画一条直线, 测量出双侧LGN最大高径值(图1), 重复测量三次取平均值。(2)体积测量: 将上述经薄层重建后的融合图像导入

Philips工作站面积测量软件, 逐层勾勒LGN边缘并自动计算出相应图层的LGN面积, 然后将LGN面积的总和乘以层厚作为LGN体积, 每次测量重复3次并取其平均值。

**1.4 统计分析** 应用PASW20.0软件对本研究数据进行统计分析, 所得数据均用( $\bar{x} \pm s$ )表示。病变组与对照组采用配对设计资料t检验进行比较, 病变组、对照组及健康组间比较采用两独立样本资料t检验进行比较(检验水准 $\alpha=0.05$ ); 病例组(不分病变组及对照组)与健康志愿者组外侧膝状体体积与高度比较, 采用两独立样本资料t检验进行比较(检验水准 $\alpha=0.05$ )。

**2 结果**

**2.1 视放射** 12例病例共重建出16个视放射纤维束, 均有不同程度的纤维束稀疏、中断或移位(图2), 部分纤维束(尤其是肿瘤性病变)可表现为纤维束浸润或破坏等(图3); 与健康组比较, 病变组和对对照组的视放射纤维束FA值均有下降且差异均具有统计学意义, 其ADC值、ML值及MF值均较健康组有所升高, 但差异无统计学意义(表1-2); 病变组与对照组间各指标比较均无统计学意义(表3)。

**2.2 外侧膝状体** 12例病例共获得19个外侧膝状体高度及体积(有5个因病变累及而无法测量), 12例健康体检者中因有2例未能完成外侧膝状体测量(1例未扫DUAL\_TSE序列, 1例因运动伪影图像不佳而被剔除)而共获得20个外侧膝状体高度及体积, 累及视放射的脑内病变可导致LGN大小或信号发生一定改变(图4), 病例组LGN高度及体积的缩小与健康组比较具有统计学差异性(表4), LGN高度、体积的改变与病变是否同侧存在相关性。

**表1 对照组与健康组各指标比较**

视放射	分组	N	( $\bar{x} \pm s$ )	t	P
FA	对照组	7	0.399±0.030	-3.213	0.003 <sup>*</sup>
	健康组	24	0.431±0.021		
ADC	对照组	7	0.979±0.138	1.721	0.134
	健康组	24	0.889±0.039		
ML	对照组	7	109.026±11.382	1.292	0.206
	健康组	24	103.672±9.137		
MF	对照组	7	0.246±0.294	0.225	0.824
	健康组	24	0.227±0.162		

注: <sup>\*</sup>表示P<0.05。

**表3 病变组与对照组各指标比较**

视放射	分组	N	( $\bar{x} \pm s$ )	t	P
FA	病变组	16	0.393±0.035	-0.37	0.723
	对照组	7	0.399±0.030		
ADC	病变组	16	0.928±0.068	-1.01	0.353
	对照组	7	0.979±0.138		
ML	病变组	16	109.140±16.636	0.011	0.992
	对照组	7	109.026±11.382		
MF	病变组	16	0.350±0.316	0.645	0.543
	对照组	7	0.246±0.294		

注: <sup>\*</sup>表示P<0.05。

**表2 病变组与健康组各指标比较**

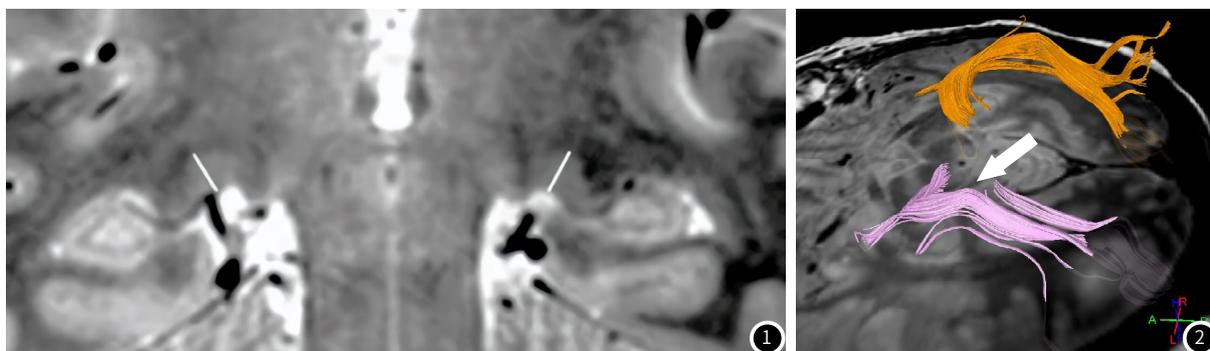
视放射	分组	N	( $\bar{x} \pm s$ )	t	P
FA	病变组	16	0.393±0.035	-3.63	0.002 <sup>*</sup>
	健康组	24	0.431±0.021		
ADC	病变组	16	0.928±0.068	1.885	0.078
	健康组	24	0.889±0.039		
ML	病变组	16	109.140±16.636	0.907	0.376
	健康组	24	103.672±9.137		
MF	病变组	16	0.350±0.316	0.874	0.388
	健康组	24	0.227±0.162		

注: <sup>\*</sup>表示P<0.05。

**表4 病例组与健康组外侧膝状体高度及体积测量**

外侧膝状体	分组	N	( $\bar{x} \pm s$ )	t	P
高度	病例组	19	4.21±0.50	-2.385	0.022 <sup>*</sup>
	健康组	20	4.53±0.30		
体积	病例组	19	87.06±11.72	-3.319	0.003 <sup>*</sup>
	健康组	20	96.29±3.15		

注: <sup>\*</sup>表示P<0.05。



**图1** LGN最大高径值测量方法: 从 LGN 尖部往基底部画一条直线并垂直于基底部(白线所示)  
**图2** 左侧脑梗塞患者, 左侧视放射背外侧纤维稀少、中断, 部分背外侧纤维束未见显示(白箭所示)

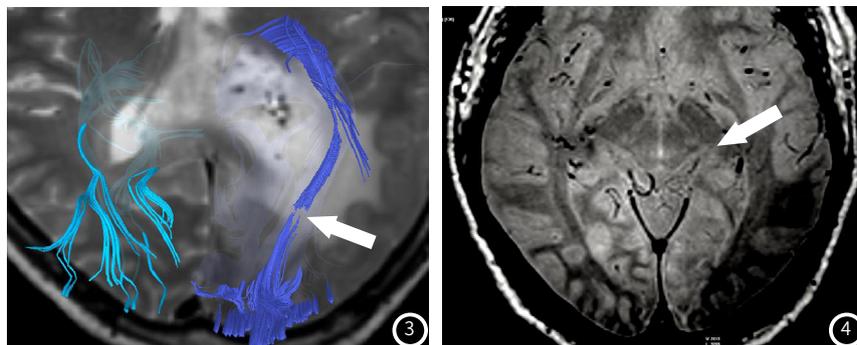


图3 左侧胶质瘤浸润, 左侧视放射表现为移位、中断及破坏(白箭所示)  
图4 左侧视放射病变所致外侧膝状体边界不清, 体积缩小(白箭所示)

### 3 讨论

生物体组织由于受神经纤维排列方式、白质纤维髓鞘化程度、细胞膜结构及组织内大分子的相互作用等因素影响而表现出各向异性及弥散差异性<sup>[3]</sup>。DTI作为一种新型磁共振成像技术,正是利用水分子各个方向的弥散特性来显示脑白质纤维的弥散特性及走行方向,进而反应该脑白质纤维的弥散情况、方向性及完整性。基于DTI应用拓展而形成的DTT技术,可以既直观又客观的显示反应纤维束的分布、构成及纤维束的病理形态学改变,进而反应大脑半球神经纤维束的形态和功能学改变。目前,磁共振DTI及DTT技术既能够定量评价组织结构的完整性、病理改变及组织结构和功能的关系还可以非侵入性的、有效观察和追踪脑白质纤维束,也有部分学者尝试运用该技术来判断疗效及预后,如张步环等能够较好的采用梗死灶与白质纤维束关系对急性脑梗塞患者进行预后判断<sup>[4]</sup>。因而应用日益广泛。

视放射是脑内视觉通路的重要组成部分,主要由2<sup>[5]</sup>个(腹侧束和背外侧束)或3<sup>[6]</sup>个(腹侧束、背侧束和外侧束)解剖功能束构成。腹侧束先行至颞叶前外侧形成颞环或Meyer环(Meyer's loop)后平行向后走行到达侧脑室后角并沿侧脑室后行终止于舌回(距状裂下唇);背侧束直接向后延伸穿过颞叶直达楔回(距状裂上唇)。视放射属于有髓鞘纤维,走行规律其方向性强,其各向异性程度高,且不少文献证实活体DTT显示的视放射纤维束结构及三维空间的走行与视放射纤维束的解剖形态及位置一致性<sup>[7-8]</sup>。因此,运用DTI及DTT技术去显示视放射纤维束的各向异性、分布及三维空间结构既安全又可靠。

颅脑血管疾病、炎症、外伤及肿瘤等病变均可累及视放射而引起视放射弥散特性、各向异性或三维构象的改变。一方面根据FA值及ADC值的改变来推测视放射纤维束的水分子弥散各向异性及弥散程度,本研究结果表明,颞、顶叶病变累及视放射时,DTI的FA值降低、ADC值升高,与文献报道<sup>[9-10]</sup>相符,但也有文献认为某些疾病的特殊时期FA值可能不会降低甚至还可能略有升高,如张红等<sup>[11]</sup>研究显示梗死侧FA值在超急性期较对侧略升高或未见明显变化。FA值降低表明视放射纤维束的水分子弥散各向异性降低,髓鞘受损严重<sup>[12]</sup>;ADC值的升高表明视放射纤维束自由水分子弥散程度增大;根据FA值及ADC值的改变可以量化反映视放射纤维束的功能异常及间接推测视功能的损害程度两者均反映神经纤维束的受损程度<sup>[13]</sup>。另一方面通过DTI技术可显示病变与OR的解剖位置关系以及OR纤维束改变。本研究组12例病例进行共重建出16个视放射纤维束,根据纤维束三维构象改变,均表现为不同程度的纤维束稀疏、移位、浸润或破坏,结果显示对照组及健康组比较有统计学意义,而对对照组和健康组间无统计学差异,考虑对照组视放射可能无受累或早期受累但未达到统计学意义。此外,病变组的ML及MF较对照组及健康组明显减少,但三组间并无统计学意义。尽管累及视放射的颞枕部病变种类不一,DTI所表现的FA值、ADC值改变具有一致性且差别不大(由于病例数较少且年龄相差较大而未加以比较其组内差异性),但DTT所表现的形态改变方面则因脑内病变种类不同而有所差别<sup>[11]</sup>。

本研究在3.0T MR(NDGD=16)条件下,参考前期研究<sup>[14]</sup>以DUAL\_TSE序列作为LGN解剖定位采用高分辨扫描及薄层三维重

建,既提高了SNR又增加了操作的可重复性和准确性,能够重建出更加清晰的视放射白质纤维束。另外,本研究还创新性的分析了累及视放射的脑内病变对LGN的影响,研究表明病变与LGN形态、体积、高度存在相关性,然而LGN大小、形态或信号虽会发生一定改变,但三组间并无统计学意义,可能因为病例数太少、病种太杂及年龄段跨度太大等因素有关,这有待于进一步研究。

总之,磁共振DTI及DTT技术可作为评价颞、枕部病变所致视放射及LGN形态、功能改变的既安全又客观的指标;术前运用DTT技术对保护具有重要功能的白质纤维束及了解病变与该纤维束之间的关系具有重要意义<sup>[15-16]</sup>,但仍存在一定的限制:如病种类型或病程不同、成像技术参数及纤维束追踪条件改变等会导致DTT所显示的视放射纤维束效果发生变化;此外,周围脂肪、脑脊液、骨结构、部分容积以及运动伪影也会给DTI对视神经的研究和应用带来很大的限制,这些问题有望随着设备和成像方法的改进而逐步得到解决。

### 参考文献

- [1]CICCARELLI O,PARKER G J,TOOSY A T,et al.From diffusion tractography to quantitative white matter tract measures:a reproducibility study [J]. Neuroimage, 2003, 18 (2): 348-359.
- [2]YANG J Y,YEH C H,POUPON C,et al.Diffusion MRI tractography for neurosurgery: the basics, current state, technical reliability and challenges [J]. Phys Med Biol, 2021, 66 (15).
- [3]MOSELEY M E, COHEN Y, KUCHARCZYK J, et al. Diffusion-weighted MR imaging of anisotropic water diffusion in cat central nervous system [J]. Radiology, 1990, 176 (2): 439-445.
- [4]张步环, 邓佳敏, 王红, 等. DTI及DTT技术在ACT患者预后评价中的应用价值 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2014, 12 (2): 25-27.
- [5]WICHMANN W, MULLER-FORELL W. Anatomy of the visual system [J]. Eur J Radiol, 2004, 49 (1): 8-30.
- [6]YAMAMOTO T, YAMADA K, NISHIMURA T, et al. Tractography to depict three layers of visual field trajectories to the calcarine gyri [J]. Am J Ophthalmol, 2005, 140 (5): 781-785.
- [7]SHERBONDY A J, DOUGHERTY R F, NAPEL S, et al. Identifying the human optic radiation using diffusion imaging and fiber tractography [J]. J Vis, 2008, 8 (10): 12.1-11.
- [8]康庄, 卢广文, 胡冰. 三维脑白质纤维束示踪成像 [J]. 解剖学研究, 2007, (3): 198-201.
- [9]COENEN V A, HUBER K K, KRINGS T, et al. Diffusion-weighted imaging-guided resection of intracerebral lesions involving the optic radiation [J]. Neurosurg Rev, 2005, 28 (3): 188-195.
- [10]宛四海, 张雪林, 孙鑫, 等. 成人视放射磁共振DTI和DTT研究及初步临床应用 [J]. 临床放射学杂志, 2007, (11): 1076-1079.
- [11]张红. 磁共振扩散张量成像在研究视放射病变中的应用 [D]. 山东大学, 2014.
- [12]TUCH D S, SALAT D H, WISCO J J, et al. Choice reaction time performance correlates with diffusion anisotropy in white matter pathways supporting visuospatial attention [J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2005, 102 (34): 12212-12217.
- [13]DONG Q, WELSH R C, CHENEVERT T L, et al. Clinical applications of diffusion tensor imaging [J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 19 (1): 6-18.
- [14]吴永顺, 蒋伟, 叶瑞心, 等. 正常人外侧膝状体MR显示序列的初步研究 [J]. 国际医学放射学杂志, 2013, 36 (3): 205-209.
- [15]吴春楠, 李坤成. DTI技术在全视路病变中的应用研究进展 [J]. 医学影像学杂志, 2017, 27 (11): 2208-2210.
- [16]黄和平, 孙毅, 郭桂兰. 磁共振扩散张量成像结合弥散张量纤维束成像在脑胶质瘤分级及诊断中的应用价值 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (9): 19-21.

(收稿日期: 2022-11-28)

(校对编辑: 孙晓晴)