

论 著

AI肺小结节检测系统用于低剂量CT肺筛查中的应用研究

周伟文* 谭学渊 余佐时
广东医科大学附属第二医院放射影像科
(广东 湛江 524003)

【摘要】目的 探讨人工智能(AI)肺小结节检测系统用于低剂量CT肺筛查中的应用价值。**方法** 回顾性分析广东医科大学附属第二医院在2020年12月至2022年6月期间开展低剂量CT筛查的肺小结节患者150例的临床资料,将获取的CT图像分别用人工检测法、AI肺小结节检测系统进行阅片,记录结节检出率。同时以超声支气管镜引导下经支气管肺活检术(EBUS-TBLB)检查为金标准,比较不同方法对恶性结节的检出价值。**结果** 150例肺筛查患者以联合应用为标准,共筛查出154个肺小结节,AI组检出数186个高于人工组的113个及联合应用组的154个,漏检率0.00%低于人工组的36.28%,但误检率17.20%高于人工组的1.77%,差异有统计学意义($P<0.05$)。AI组对直径 $<5\text{mm}$ 、 $5\sim 10\text{mm}$ 的结节检出率高于人工组,肺周围区的肺小结节检出率高于对照组($P<0.05$),两组对直径 $>10\text{mm}$ 的结节检出率比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。AI检测组的阅片时间、平均检出时间均短于人工组($P<0.05$)。150例患者以EBUS-TBLB检查结果为金标准,其中恶性结节11例(7.33%),联合应用对恶性肺小结节的诊断灵敏度、准确性、阳性预测值均高于人工检测、AI肺小结节检测,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** AI肺小结节检测系统用于低剂量CT肺筛查,肺小结节检出率较高,减少阅片时间,提高阅片效率,但人工阅片辅助AI阅片,可降低疾病漏诊率,有效鉴别病灶良恶性。

【关键词】 AI; 肺小结节; 低剂量; CT

【中图分类号】 R445.3

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.05.015

Application of AI Pulmonary Nodule Detection System in Low-dose CT Lung Screening

ZHOU Wei-wen*, TAN Xue-yuan, YU Zuo-shi.
Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524003, Guangdong Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of artificial intelligence (AI) pulmonary nodule detection system for low-dose CT lung screening. **Methods** The clinical data of 150 patients with small pulmonary nodules who underwent low-dose CT screening from December 2020 to June 2022 in the Second Affiliated Hospital of Guangdong Medical University were retrospectively analyzed. The AI pulmonary nodule detection system reads the images and records the nodule detection rate. At the same time, ultrasound bronchoscopy-guided transbronchial lung biopsy (EBUS-TBLB) was used as the gold standard to compare the detection value of different methods for malignant nodules. **Results** A total of 154 small pulmonary nodules were screened in 150 lung screening patients with the combined application as the standard. The number of 186 detected in the AI group was higher than 113 in the manual group and 154 in the combined application group, and the missed detection rate was 0. It was lower than 36.28% of the manual group, but the false detection rate was 17.20% higher than that of the manual group, 1.77%, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The detection rate of nodules with diameters $<5\text{ mm}$ and $5\sim 10\text{ mm}$ in the AI group was higher than that in the artificial group, and the detection rate of pulmonary nodules in the peripheral area of the lung was higher than that in the control group ($P<0.05$), there was no significant difference in the detection rate of nodules with a diameter of more than 10 mm between the two groups ($P>0.05$). The reading time and average detection time of the AI detection group were shorter than those of the manual group ($P<0.05$). The results of EBUS-TBLB examination were used as the gold standard in 150 patients, of which 11 were malignant nodules (7.33%). In the detection of small nodules, the difference was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** The AI pulmonary nodule detection system is used for low-dose CT lung screening, and the detection rate of small pulmonary nodules is high, reducing the reading time and improving the efficiency of reading. It can effectively distinguish benign and malignant lesions.

Keywords: AI; pulmonary nodules; low dose; CT

肺癌是临床高发恶性肿瘤,其发病率逐年增长,严重威胁到人类生命健康。肺小结节是指CT发现的肺内小结节病灶,一般直径在 $2\sim 30\text{mm}$,多数为 $5\sim 15\text{mm}$,其性质不同,预后也不同^[1]。通常肺小结节多为良性病变,但仍有少数患者为恶性病变。故早期诊断、及时发现,可为临床治疗提供参考。近年来,低剂量CT已广泛用于肺疾病筛查,通过优化扫描参数,降低辐射剂量,能明显减少X线对人体造成的损害,安全性高^[2-3]。一直以来,肺筛查后多由人工阅片,在长期过负荷阅片情况下,放射科医师工作压力明显增加,病灶漏诊、误诊问题难以避免^[4]。近年来,人工智能(AI)在医疗领域得到蓬勃发展,并逐渐成为疾病阅片的主流趋势。采用AI技术可从图像中识别及发现肉眼难以发现或者容易被人工忽视的病灶信息,从而能提高图像诊断效能^[5]。基于此,本研究分析AI肺小结节检测系统用于低剂量CT肺筛查中的价值,旨在提高疾病筛查效率提供参考,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析广东医科大学附属第二医院在2020年12月至2022年6月期间开展低剂量CT筛查的肺小结节患者150例。其中男性89例,女性61例;年龄 $35\sim 73(54.27\pm 4.83)$ 岁。

纳入标准: 入组患者有长期吸烟史或被动吸烟史;均接受低剂量胸部CT筛查;肺背景干净,未合并肺内弥漫性疾病;能够被AI系统识别;图像清楚,临床资料完整。排除标准:图像存在严重伪影,无法有效判断肺部结节;伴严重纤维化、多发性钙化灶、肺大泡等病症,影响肺结节诊断;肺叶切除或肺段切除术者;常规CT筛查者。

1.2 方法 低剂量CT筛查: GE Revolution Maxima 64排128层螺旋CT诊断仪,患者采用标准仰卧位,抬高上肢,在深吸气末进行屏气扫描,从肺尖开始扫描至肺底,两侧扫描至腋窝。设置诊断参数:管电压为 120kV ,管电流为 50mA ,螺距为 $0.984:1$,层厚层间距各为 5mm ,图像矩阵为 512×512 ,扫描野为Largebody,薄层为 0.625mm ,采用标准算法。

将扫描后的图像分别尽快人工阅片及AI肺小结节检测系统筛查,人工阅片:由2名高年资影像科医师(工作时间 ≥ 5 年)分析CT图像,分析结节形态特征、与周围组织关系等。AI肺小结节检测系统:将图像传输至医准智能公司的AI软件工作站,软件系统自动对病灶进行识别及标记。由影像学医师记录结节位置、数量等。

【第一作者】 周伟文,男,主任医师,主要研究方向:心胸学。E-mail: zw201x@126.com

【通讯作者】 周伟文

所有受试者均采用超声支气管镜引导下经支气管肺活检术(EBUS-TBLB)检查,将所获取的标本送至病理科检查,记录病理检查结果。

1.3 观察指标 (1)比较人工检测、AI肺小结节检测、联合应用对<5mm、5~10mm、>10mm的肺小结节的检出率、漏诊率及误诊率;(2)比较人工检测、AI肺小结节检测对肺小结节的平均检测时间、阅片时间;(3)比较不同位置结节检出率,包括肺门旁、中央区及肺周围旁(胸膜下2 cm内,未与胸膜相连);(4)比较人工检测、AI肺小结节检测、联合应用诊断恶性肺小结节的临床价值,以EBUS-TBLB检查为金标准,包括灵敏度、特异度、准确性、阳性预测值及阴性预测值,包括敏感性=真阳性/(真阳+假阴性),特异性=真阴/(真阴+假阳性),准确性=(真阳+真阴)/总数,阳性预测值=真阳性/(真阳性+假阳性)=a/(a+b),阴性预测值=真阴性/(真阴性+假阴性)=d/(c+d)。

1.4 统计学方法 SPSS20.0统计学软件。计量数据符合正态分布,且以($\bar{x} \pm s$)表示,采取t检验;计数资料以率(%)表示,采取 χ^2 检验; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义

2 结果

2.1 筛查结果 150例肺筛查患者以联合应用为标准,共筛查出154个肺小结节,AI组检出数高于人工组及联合应用组,漏检率低于人工组,但误检率高于人工组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表1,图1。

表1 不同检出方法对肺小结节筛查率的比较[n(%)]

检出方法	检出个数(个)	漏检率	误检率
AI检测组	186	0	32(17.20)
人工组	113	41(36.28)	2(1.77)
χ^2		79.936	16.616
P		<0.001	<0.001

2.2 不同病变直径结节检出情况 联合应用组检出154个肺小结节,直径<5 mm、5~10 mm、>10 mm的结节分别为52、63、39个,其中AI组对直径<5 mm、5~10 mm的结节检出率高于人工组($P < 0.05$),但对>10 mm的结节检出率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表2。

表2 不同检出方法对不同病变直径结节检出情况比较[n(%)]

检出方法	<5mm(n=52)	5~10mm(n=53)	>10mm(n=39)
AI检测组	50(96.15%)	53(100.00)	39(100.00)
人工组	28(53.85)	46(94.34)	39(100.00)
χ^2	230.918	29.146	—
P	<0.001	<0.001	—

2.3 不同部位结节检出率 联合应用组检出154个肺小结节,肺门旁22个,肺中央旁38个,肺周围区94个;两组对不同部位的结节检出率比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表3。

2.4 平均检出时间、阅片时间 AI检测组的阅片时间、平均检出时间均短于人工组($P < 0.05$),见表4。

表3 不同检出方法对不同部位结节检出情况比较[n(%)]

检出方法	肺门旁(n=22)	肺中央旁(n=38)	肺周围区(n=94)
AI检测组	21(95.45)	38(100.00)	93(98.84)
人工组	16(72.73)	34(89.47)	63(67.74)
χ^2	2.718	2.375	33.894
P	0.099	0.123	<0.001

表4 两组对肺小结节的平均检出时间、阅片时间比较(s)

检出方法	检出时间	阅片时间
AI检测组(n=186)	82.51±5.16	135.28±41.38
人工组(n=113)	275.38±26.39	582.43±61.93
t	96.774	74.787
P	<0.001	<0.001

2.5 比较人工检测、AI肺小结节检测、联合应用诊断恶性肺小结节的临床价值 150例患者以EBUS-TBLB检查结果为金标准,其中恶性结节11例(7.33%),其中肺浸润性腺癌8例,鳞状细胞癌3例;联合应用对恶性肺小结节的诊断灵敏度、准确性、阳性预测值均高于人工检测、AI肺小结节检测,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表5~表6。

表5 比较人工检测、AI肺小结节检测、联合应用对恶性肺小结节的检出情况

检查方法		病理活检		总计
		阳性	阴性	
人工检测	阳性	5	3	8
	阴性	6	136	142
	总计	11	139	150
AI肺小结节检测	阳性	6	4	10
	阴性	5	135	140
	总计	11	139	150
联合应用	阳性	10	1	11
	阴性	1	138	139
	总计	11	139	150

表6 比较人工检测、AI肺小结节检测、联合应用对恶性肺小结节的诊断价值

检查方法	灵敏度	特异度	准确性	阳性预测值	阴性预测值
人工检测	45.45%	97.84%	94.00%	62.50%	95.77%
AI肺小结节检测	54.55%	97.12%	94.00%	60.00%	96.43%
联合应用	90.91% ^a	99.28%	98.67% ^a	90.91% ^a	99.28%

注:与人工检测、AI肺小结节检测系统比较,^a $P < 0.05$ 。

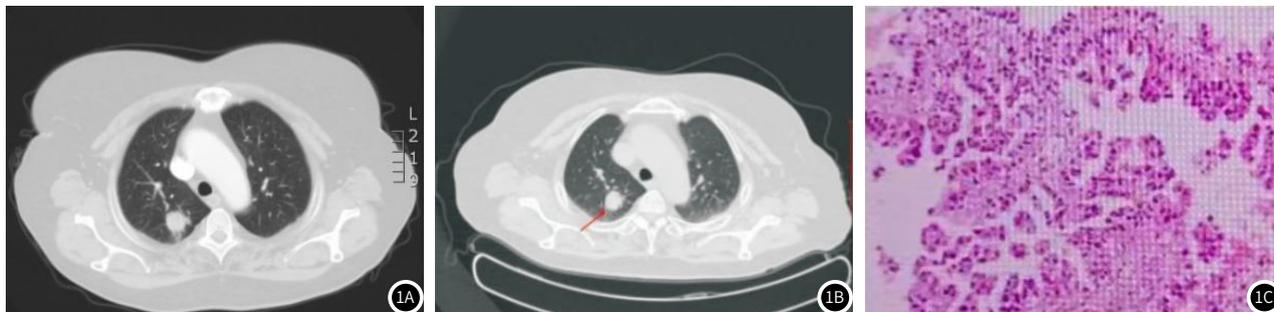


图1 患者,男,74岁,图1A:右肺上叶段结节灶,呈毛刺征、分叶征;AI预测得分为3分;图1B:右上肺上叶病灶呈碘剂高浓聚;图1C:活检提示为肺浸润性腺癌,部分为微乳头结构。

3 讨论

肺小结节无特异性临床症状及体征, 故仅依靠临床表现难以发现。加上肺小结节病灶较小, 边界清晰或模糊, 临床诊断时容易被忽略。随着高分辨率CT技术的广泛应用, 使肺小结节检出率明显增加, 在提高肺癌检出率方面也起到积极促进作用^[6]。因此对可疑患者进行有效的肺CT筛查, 可尽早发现肺癌, 并能够早期发现异常病变, 以此降低肺癌病死率。低剂量CT肺筛查已作为肺癌筛查的理想方法, 通过优化CT扫描参数, 改变管电流、管电压及螺距, 实现降低辐射照射剂量的目的, 故而减少常规CT对人体可能造成的伤害^[7-8]。但随着人们健康意识的增强, 接受CT检查的人数也日益增加, 面对着日益增长的工作量, 在长期过负荷阅片状态下, 极易出现病灶漏诊、误诊情况^[9]。因此亟需智能分析工具对测量值进行量化, 对可疑病灶予以过滤、筛选, 从而减轻放射科医师阅片负担, 提高疾病诊断准确性。

AI技术是计算机科学发展的延伸性技术, 并在医疗领域中得到快速发展, 此时将其用于医学影像诊断, 对推动医院信息化、数字化及智能化发展奠定了坚实基础^[10]。本组研究, 150例肺筛查患者以联合应用为标准, 共筛查出154个肺小结节, AI组检出数186个高于人工组的113个及联合应用组的154个, 漏检率0低于人工组的36.28%, 但误检率17.20%高于人工组的1.77%, 差异有统计学意义($P<0.05$)。周其敏等^[11]研究结果中也证实上述结果, 数据显示AI组检出肺小结节个数258个高于人工组的118个, 漏检率0%低于人工组的39.1%, 但假阳性率24.8%高于人工组的0.0%($P<0.05$)。结果说明, 与人工阅片相比, 采用AI肺小结节检测系统, 能够增加肺小结节检出率, 但存在较高的误诊率。分析原因是采用AI肺小结节检测系统, 可相应降低影像学医师的阅片压力, 提高工作效率, 减少肺小结节的漏检率。由于大量阅片数量、长时间的注意力集中, 全方位观察图像及复杂的解剖结构、快速阅读要求等, 会导致影像学医师出现精神疲劳, 并会消耗医师大量体能, 出现眼睛疲劳、视力模糊等情况, 增加图像诊断聚焦难度^[12]。从而疲劳状态极易导致图像遗漏错误及诊断假阳性出现。而采用AI肺小结节检测系统, 多尺度提取图像特征, 发挥图形处理器的运算能力, 精准预测结节部位, 故能增加病灶检出率, 但因肺内结构复杂、肺结节位置较多、肺结节形态多样化, 故会影响AI检测, 导致假阳性的出现^[13]; 同时慢性炎症导致的组织瘢痕、胸膜增厚, 或小叶间隔增厚、支气管内粘液聚集等, 均会被误诊为肺部结节, 故会导致假阳性的出现^[14]。

本组研究, AI检测组的阅片时间、平均检出时间均短于人工组, AI组对直径 $<5\text{mm}$ 、 $5\sim 10\text{mm}$ 的结节检出率高于人工组, 肺周围区的肺小结节检出率高于对照组($P<0.05$), 但对 $>10\text{mm}$ 的结节检出率的比较($P>0.05$)。结果发现, 对直径 $<5\text{mm}$ 、 $5\sim 10\text{mm}$ 的结节, 人工阅片容易被忽略, 但AI肺小结节检测系统可避免微小结节的漏诊, 避免分布在肺周围区的微小结节漏诊, 且能提高影像科医师的工作效率, 缩短阅片时间。分析原因在检测直径过小、密度对比不清、位置较为隐匿的小结节时, 仅由人工阅片的难度较高, 且漏检率也较多, 同时影像科医师缺乏足够的诊断经验以及疲劳后的认知、记忆、注意力降低等原因, 均会导致直径过小的结节被漏诊^[15]。此时采用AI肺小结节检测系统, 避免人工阅片所产生的疲劳状态或结节过小导致的肺小结节漏诊情况的出现, 故能明显提高肺小结节的检出率, 但AI检测系统的假阳性较高, 故此在临床诊断时, 可结合人工阅片, 先进行AI系统筛选, 再进行人工阅片, 以此减轻影像科医师的工作负担。由于人工阅片会与患者的病史相结合, 并根据水平轴位、矢状位等多方位观察肺小结节与周围解剖结构的关系, 再加上注意力疲劳等, 均会延长阅片时间^[16]。而采用AI检测系统对图像数据进行分析, 能够在短时间内获得相对客观的诊断结果, 可重复性强, 并随时调取结果, 故能缩短阅片时间。

外科手术病理检查或穿刺活检是诊断肺部病灶的“金标准”, 但肺小结节直径过小、体积小, 穿刺活检难度较高, 且容易出现出血、气胸并发症。因此采用AI检测系统用于低剂量CT筛查, 能够准确鉴别肺小结节性质, 定量分析肺结节影像学特征, 结合患者病史、肿瘤学指标等, 有效预测肺小结节恶性风险, 对

提高临床决策水平有重要意义。南岩东等^[17]研究发现肺癌患者结节AI风险概率明显高于良性病变, 部分实性肺结节较磨玻璃或实性肺结节的AI风险概率高。故此AI技术可用于诊断肺小结节良性恶性鉴别。本组研究, 150例患者以EBUS-TBLB检查结果为金标准, 其中恶性结节11例(7.33%), 联合应用对恶性肺小结节的诊断灵敏度、准确性、阳性预测值均高于人工检测、AI肺小结节检测, 差异有统计学意义($P<0.05$)。结果得出, AI肺小结节检测系统联合人工检测, 可提高肺部恶性病变诊断价值。分析原因是采用AI肺小结节检测系统, 血管断面、支气管壁增厚、软骨钙化、小叶间隔增厚、肺组织瘢痕等情况, 均会导致肺部结节阳性率检出, 此时联合人工检测, 可较为容易进行图像病变鉴别, 故能提高恶性病变检出率; 而且对于AI肺小结节检测系统的深度算法最佳输入尚未可知, 再加上人工阅片的疲劳状态, 均会影响肺部恶性病变的检出率^[18]。因此AI肺小结节检测系统无法作为一种独立的技术应用, 可作为人工检测辅助手段, 以此提高病变检出率。

综上所述, AI肺小结节检测系统用于低剂量CT肺筛查, 肺小结节检出率较高, 并能缩短阅片时间, 提高阅片效率, 但存在一定的假阳性率, 故临床可将其作为人工检测辅助手段, 运用人工阅片辅助AI阅片技术, 可降低疾病漏诊率、误诊率, 有效鉴别病灶良恶性, 以此为疾病诊断提供准确信息。但本研究尚有不足, 研究样本量少、肺小结节检出缺乏金标准, 仅以人工阅片辅助AI阅片技术作为内部参照标准, 使研究结果存在偏倚, 而且AI肺小结节检测系统处于初步研究结果, 使该技术的应用仍需要经历漫长的研究过程, 需要进行更加规范、系统的数据收集, 以此提高AI肺小结节检测系统的应用效果。

参考文献

- [1] Azour L, Ko J P, Washer S L, et al. Incidental Lung Nodules on Cross-sectional Imaging: Current Reporting and Management [J]. *Radiol Clin North Am*, 2021, 59(4): 535-549.
- [2] Xiong L, Patel M D, Biliciler-Denktaş G, et al. Perioperative Anomalous Pulmonary Venous Return Evaluation With Low-Dose Cardiac Computed Tomography [J]. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*, 2021, 2(4): 529-534.
- [3] 乔弟, 张永明, 曾颀琦, 等. 低剂量螺旋CT对以亚实性肺结节为主要表现的早期肺腺癌的诊断意义 [J]. *安徽医药*, 2022, 26(3): 591-594.
- [4] 杨锋, 樊军, 田周俊逸, 等. 人群肺亚实性结节CT筛查及人工智能应用研究初探 [J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2020, 36(3): 145-150.
- [5] 戴正行, 胡春洪, 王希明, 等. 基于DenseNet深度学习法CT图像人工智能分析技术判断肺结节良恶性 [J]. *放射学实践*, 2020, 35(4): 484-488.
- [6] 赖焯, 李德琼, 张嘉瑜, 等. 最大径 $\leq 1\text{cm}$ 肺小结节螺旋CT靶扫描及重建的良恶性判断分析 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2020, 18(6): 41-42, 58.
- [7] Oudkerk M, Liu S, Heuvelmans M A, et al. Lung cancer LDCT screening and mortality reduction-evidence, pitfalls and future perspectives [J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2021, 18(3): 135-151.
- [8] Liang T, Du Y, Guo C, et al. Ultra-low-dose CT-guided lung biopsy in clinic: Radiation dose, accuracy, image quality, and complication rate [J]. *Acta Radiol*, 2021, 62(2): 198-205.
- [9] 王亮, 许迪, 孙丹丹, 等. 人工智能辅助软件可提升疲劳状态下放射科规培医师对肺结节的检测效能 [J]. *放射学实践*, 2021, 36(4): 475-479.
- [10] 马宁强, 赵子光, 樊玮, 等. 人工智能与人工阅片不同联合方法在肺结节CT筛查中的比较 [J]. *实用放射学杂志*, 2020, 36(8): 1317-1321.
- [11] 周其敏, 吴志伟, 钟庆童, 等. 人工智能肺小结节检测系统在低剂量CT肺筛查中的价值 [J]. *医学影像学杂志*, 2020, 30(11): 2025-2028.
- [12] 吕品, 邹兆琴, 徐小虎, 等. 基于“人工智能”的CT定量分析对肺部结节的临床应用价值 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19(5): 20-22.
- [13] 孙婷婷, 汪琼, 谢梅, 等. 人工智能辅助规培医师对不同大小肺实性结节检出效能的初步研究 [J]. *CT理论与应用研究*, 2020, 29(4): 465-472.
- [14] 陈疆红, 钟朝辉, 江桂莲, 等. 人工智能肺结节辅助诊断系统预测亚实性肺结节恶性概率 [J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(4): 535-539.
- [15] 郭曦, 吴彦平, 漆万银. 肺结节人工智能提取软件取CT纹理征象构建决策树模型: 对IA期小细胞肺癌的诊断效能研究 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2022, 33(4): 249-252.
- [16] 刘娜, 赵正凯, 邹佳瑜, 等. 基于人工智能的胸部CT肺结节检出及良恶性诊断效能评估 [J]. *CT理论与应用研究*, 2021, 30(6): 709-715.
- [17] 南岩东, 李玉娟, 刘苗苗, 等. 人工智能在肺结节良恶性鉴别诊断中的价值分析 [J]. *中华肺部疾病杂志(电子版)*, 2020, 13(6): 760-763.
- [18] 金展望, 郭佑民. 人工智能辅助诊断技术在低剂量CT肺结节筛查中的应用及质控 [J]. *中华放射学杂志*, 2019, 53(1): 6-8.

(收稿日期: 2022-07-28)

(校对编辑: 孙晓晴)