

· 论著 · 骨骼肌肉 ·

# 高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长预测模型构建与验证

陈 蓉\* 姚启红 石 蕾

萍乡市第二人民医院(江西 萍乡 336000)

**【摘要】目的** 分析影响高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长的相关因素，建立风险预警模型并验证其临床适用性。**方法** 回顾性选取2021年1月至2023年8月在我院收治的154例均行手术治疗的高龄肋骨骨折患者为建模组，按照术后住院时间是否延长分为住院时间延长组(n=62)和住院时间非延长组(n=92)，通过单因素和多因素Logistic回归分析，建立风险预测模型。并选取2023年9月至2024年3月收治的66例均行手术治疗的高龄肋骨骨折患者作为验证组，对构建的模型进行外部验证。**结果** 单因素结果显示，两组的年龄、肋骨骨折根数、受伤至手术时间、机械通气时间、SII、BUN比较，差异有统计学意义( $P<0.05$ )。Logistic多因素结果显示，71~80岁的年龄、7根肋骨骨折根数、>24h受伤至手术时间、>3d机械通气时间以及高水平SII、BUN是高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长的独立危险因素( $P<0.05$ )。建模组，使用H-L检验构建预测模型的拟合程度， $\chi^2=9.501$ ,  $P=0.302$ ，表明构建的风险预测模型拟合效果理想且预测效能优异；AUC为0.924( $P<0.001$ , 95%CI: 0.883~0.965)，敏感度为89.70%，特异度为87.20%，最大约登指数为0.769。验证组，H-L拟合优度检验结果显示， $\chi^2=7.848$ ,  $P=0.346$ ，提示模型无显著拟合偏差；AUC为0.969( $P<0.001$ , 95%CI: 0.920~1.000)，敏感度为97.50%，特异度为92.30%，最大约登指数为0.898。**结论** 高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长受多重因素综合影响，构建的风险预测模型拟合优度与区分能力理想，可对高龄肋骨骨折患者术后住院时间出现延长的风险进行评估。

【关键词】高龄肋骨骨折；住院时间延长；影响因素；预警模型

【中图分类号】R683.41

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.12.040

# Construction and Validation of a Predictive Model for Prolonged Postoperative Hospital Stay in Elderly Rib Fracture Patients

CHEN Rong\*, YAO Qi-hong, SHI Lei.

Pingxiang NO.2 People's Hospital, Pingxiang 336000, Jiangxi Province, China

**Abstract: Objective** To analyze the related factors influencing the prolonged postoperative hospital stay in elderly patients with rib fractures, establish a risk early warning model and verify its clinical applicability. **Methods** A total of 154 elderly patients with rib fractures who underwent surgical treatment and were admitted to our hospital from January 2021 to August 2023 were retrospectively selected as the modeling group. They were divided into the prolonged hospital stay group (n=62) and the non-prolonged hospital stay group (n=92) according to whether the postoperative hospital stay was prolonged. Through univariate and multivariate Logistic regression analyses, Establish a risk prediction model. Sixty-six elderly patients with rib fractures who underwent surgical treatment and were admitted from September 2023 to March 2024 were selected as the validation group to conduct external validation of the constructed model. **Results** The univariate results showed that there were statistically significant differences in age, number of rib fractures, time from injury to surgery, mechanical ventilation time, SII, and BUN between the two groups ( $P<0.05$ ). Logistic multivariate results showed that age ranging from 71 to 80 years old, the number of 7 rib fractures, time from injury to surgery >24 hours, mechanical ventilation time >3 days, and high levels of SII and BUN were independent risk factors for prolonged postoperative hospital stay in elderly patients with rib fractures ( $P<0.05$ ). The modeling group used the H-L test to examine the fitting degree of the constructed prediction model, with  $\chi^2=9.501$  and  $P=0.302$ , indicating that the constructed risk prediction model had an ideal fitting effect and excellent prediction performance. The AUC was 0.924 ( $P<0.001$ , 95%CI: 0.883~0.965), the sensitivity was 89.70%, the specificity was 87.20%, and the maximum Youden index was 0.769. In the validation group, the goodness-of-fit test results of H-L showed that  $\chi^2=7.848$  and  $P=0.346$ , suggesting that the model had no significant fitting deviation. The AUC was 0.969 ( $P<0.001$ , 95%CI: 0.920~1.000), the sensitivity was 97.50%, the specificity was 92.30%, and the maximum Youden index was 0.898. **Conclusion** The prolonged postoperative hospital stay in elderly patients with rib fractures is comprehensively affected by multiple factors. The constructed risk prediction model has ideal goodness of fit and discrimination ability, and can assess the risk of prolonged postoperative hospital stay in elderly patients with rib fractures.

Keywords: Senior Rib Fracture; Prolonged Hospitalization; Influencing Factors; Early Warning Model

肋骨骨折，通常是指直接或间接暴力外伤导致肋骨出现的完整和连续性中断，在钝性外伤中是胸腹部最常见的损伤部位之一，其在胸部创伤中的占比高达40%~80%，若未及时采取规范治疗，极易引发气胸、血胸等严重并发症，不仅会加重患者病情、延长康复周期，还可能危及生命安全，临床需给予高度重视<sup>[1-2]</sup>。有研究显示<sup>[3]</sup>，高水平的发病率和死亡率与年龄、肋骨骨折数量具有密切的关系，老年人发生肋骨骨折的风险是

年轻人的2倍左右。精准评估肋骨及胸骨骨折的损伤部位与严重程度是制定临床治疗方案的核心前提，对于老年患者以往更倾向于保守治疗，随着对开展手术的深入认识，大多老年患者实行手术治疗后相较于保守治疗的患者更有优势<sup>[4]</sup>。老年人群因生理机能退行性改变，普遍存在骨质疏松、机体代偿能力衰减等特征，且多数合并基础疾病，此类因素叠加导致其术后更易出现肺部感染、切口愈合不良等并发症，这不仅会显著影

【第一作者】陈 蓉，女，主管护师，主要研究方向：外科护理。E-mail: chenrong551026@163.com

【通讯作者】陈 蓉

响患者术后恢复进程、降低生活质量，还会因病情迁延增加额外的住院医疗保健支出，加重家庭与社会医疗负担<sup>[5]</sup>。目前，对于高龄肋骨骨折的文章多集中于并发症、防治方面，未有探索高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长的影响因素的类似文章。根据联合国和世界卫生组织规定，将60或65岁以上的个人定义为老年人，在本研究的背景下，将大于等于60岁定义为高龄。因此，本研究以154例均行手术治疗的60岁以上的高龄肋骨骨折患者构建术后住院时间延长预测模型，旨在临水上及早、有效地进行干预，提高患者预后和生活质量，减少术后住院时间延长的事件。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性选取2021年1月至2023年8月在我院科收治的154例均行手术治疗的高龄肋骨骨折患者为建模组，按照术后住院时间是否延长分住院时间延长组( $n=62$ )和住院时间非延长组( $n=92$ )。另选取2023年9月至2024年3月收治的66例均行手术治疗的高龄肋骨骨折患者作为验证组，对构建的模型进行外部验证。

纳入标准：经过临床症状、体征以及相关影像学检查，符合《实用骨科学》<sup>[6]</sup>诊断为肋骨骨折；均因病情需要接受手术治疗；年龄 $\geq 60$ 岁。排除标准：伴四肢、脊柱等其他部位骨折；存在心、肺、肝、肾等重要脏器严重损伤；既往确诊重症感染性疾病、先天性或获得性凝血功能障碍；研究所需的临床基线资料、治疗相关数据及随访信息存在严重缺损；患者及家属依从性差，无法配合完成治疗方案及随访流程。

## 1.2 研究方法

**1.2.1 术后住院时间及延长的判定** 本研究中术后住院时间的统计区间界定为术后第1天至患者出院当日。依据既往同类研究的界定方法<sup>[7-8]</sup>，采用全部纳入患者术后住院时间的第75%分位数作为住院时间延长的判定阈值。本研究所有研究对象的术后住院时间中位数及四分位数范围为21(15, 27)d，据此将术后住院时间 $\geq 22$  d的患者归为住院时间延长组，共154例，而住院时间非延长组92例。

**1.2.2 资料收集** 收集高龄肋骨骨折患者的相关资料，包括年龄、性别、饮酒史、吸烟史、慢性阻塞性肺疾病(COPD)病史、美国麻醉师协会分级(ASA)分级[I ~ IV级]、麻醉方式[全麻、非全麻]、肋骨骨折根数[7根、 $<7$ 根]、受伤至手术时间

[ $>24$ h, 24h]、机械通气时间[ $>3$ d, 3d]；术前对患者全身免疫炎症指数(SII)、尿素氮(BUN)、中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)、C-反应蛋白(CRP)进行测定。

**1.3 统计学方法** 通过SPSS 24.0处理数据，计量资料通过( $\bar{x} \pm s$ )呈现；计数资料通过率表呈现，组间比较运用单因素方差分析。运用多因素Logistic回归分析筛选术后住院时间延长的独立影响因素，并基于回归方程构建风险预测模型，模型的预测效能通过受试者工作特性曲线(ROC)验证，以曲线下的面积(AUC)量化模型的区分能力，Hosmer-Lemeshow(H-L)拟合优度检验评估模型与实际数据的拟合程度，检验水准 $\alpha=0.05$ 。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结 果

**2.1 单因素分析** 根据单因素分析，结果显示，住院时间延长组的年龄、肋骨骨折根数、受伤至手术时间、机械通气时间、SII、BUN与住院时间非延长组比较，差异有统计学意义( $P<0.05$ )；两组性别、NLR、饮酒史、COPD病史、ASA分级、麻醉方式、吸烟史、CRP比较，不具有显著的差异( $P>0.05$ )。见表1。

**2.2 Logistic多因素分析** 经单因素分析筛选出差异有统计学意义( $P<0.05$ )的变量纳入多元Logistic回归分析，将高龄肋骨骨折患者术后住院时间是否延长为因变量(是=1，否=0)。自变量赋值，见表2。结果显示，71~80岁的年龄、7根肋骨骨折根数、 $>24$ h受伤至手术时间、 $>3$ d机械通气时间以及高水平SII、BUN是高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长的独立危险因素( $P<0.05$ )。模型回归方程 $\text{Logit}(P)=1.879 \times 71\text{~}80\text{岁的年龄}+1.221 \times 7\text{根肋骨骨折根数}+1.031 \times >24\text{h受伤至手术时间}+1.182 \times >3\text{d机械通气时间}+0.011 \times \text{SII}+0.328 \times \text{BUN}-14.274$ 。见表3。

## 2.3 模型预测效果检验

**2.3.1 建模组** H-L拟合优度检验结果( $\chi^2=9.501$ ,  $P=0.302$ )，提示模型无显著拟合偏差，预测效能较优；AUC为0.924( $P<0.001$ , 95%CI: 0.883~0.965)，敏感度为89.70%，特异度为87.20%，最大约登指数为0.769。见图1。

**2.3.2 验证组** H-L拟合优度检验结果( $\chi^2=7.848$ ,  $P=0.346$ )，提示模型无显著拟合偏差，预测效能较优；AUC为0.969( $P<0.001$ , 95%CI: 0.920~1.000)，敏感度为97.50%，特异度为92.30%，最大约登指数为0.898。见图2。

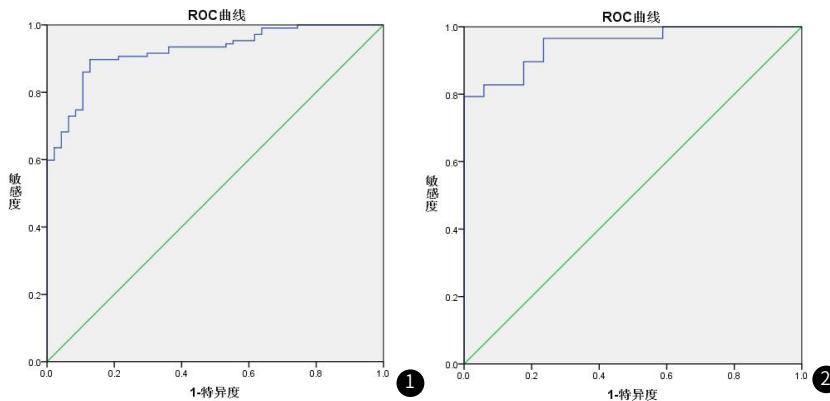


图1 154例高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长的ROC曲线。图2 66例均行手术治疗的高龄肋骨骨折患者的ROC曲线。

表1 高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长的单因素分析

因素	住院时间延长组(n=62)		住院时间非延长组(n=92)	$\chi^2/t$ 值	P值
年龄	71~80岁	40(64.52)	30(32.61)	15.209	<0.001
	60~70岁	22(35.48)	62(67.39)		
性别	男	37(59.68)	52(56.52)	0.151	0.697
	女	25(40.32)	40(43.48)		
吸烟史	是	36(58.06)	40(43.48)	3.153	0.076
	否	26(41.94)	52(56.52)		
饮酒史	是	35(56.45)	39(42.39)	2.933	0.087
	否	27(43.55)	53(57.61)		
COPD病史	是	35(56.45)	38(41.30)	3.409	0.065
	否	27(43.55)	54(58.70)		
ASA分级	I ~ II 级	34(54.84)	40(43.48)	1.915	0.166
	III~IV 级	28(45.16)	52(56.52)		
麻醉方式	全麻	34(54.84)	39(42.39)	2.302	0.129
	非全麻	28(45.16)	53(57.61)		
肋骨骨折根数	7根	37(59.68)	33(35.87)	8.468	0.004
	<7根	25(40.32)	59(64.13)		
受伤至手术时间	>24h	40(64.52)	28(30.43)	17.447	<0.001
	24h	22(35.48)	64(69.57)		
机械通气时间	>3d	38(61.29)	32(34.78)	10.497	0.001
	3d	24(38.71)	60(65.22)		
SII	1235.44148.21		933.3060.47	17.529	<0.001
BUN(mmol/L)	5.801.87		4.251.43	5.819	<0.001
NLR	5.111.27		4.941.36	0.781	0.436
CRP(mg/L)	13.122.15		12.732.05	1.135	0.258

注: COPD, 慢性阻塞性肺疾病; ASA, 美国麻醉师协会分级; SII, 全身免疫炎症指数; BUN, 尿素氮; NLR, 中性粒细胞/淋巴细胞比值; CRP, C-反应蛋白。

表2 变量赋值表

变量	赋值
年龄	71~80岁=1, 60~70岁=0
肋骨骨折根数	7根=1, <7根=0
受伤至手术时间	>24h=1, 24h=0
机械通气时间	>3d=1, 3d=0
SII	实测值
BUN	实测值

表3 Logistic多因素分析

变量	B	SE	Wald值	P值	OR值	95%CI	
						下限	上限
71~80岁的年龄	1.879	0.532	12.500	<0.001	6.550	2.311	18.567
7根肋骨骨折根数	1.221	0.519	5.534	0.019	3.389	1.226	9.371
>24h受伤至手术时间	1.031	0.511	4.074	0.044	2.804	1.030	7.630
>3d机械通气时间	1.182	0.525	5.074	0.024	3.262	1.166	9.127
SII	0.011	0.003	16.309	<0.001	1.011	1.006	1.016
BUN	0.328	0.157	4.350	0.037	1.388	1.020	1.888
常量	-14.274	3.007	22.538	<0.001	<0.001	-	-

### 3 讨 论

在各类外伤引发的死亡案例中，胸部外伤占比位居前列，而老年人群由于肋软骨钙化程度远超年轻人，发生肋骨骨折的概率显著增高，通常出现3根以上的肋骨骨折时一般建议手术治疗，引起极易导致胸廓不稳定，出现剧烈疼痛、呼吸循环功能障碍，严重情况下甚至可能出现连枷胸<sup>[9]</sup>。高龄患者骨折后多因肢体功能受限被迫长期卧床，加之围手术期存在感染、深静脉血栓等多重风险，且手术创伤对机体的应激影响显著，给护理人员带来更多的临床护理挑战问题，其后续产生的长期护理费用也往往超出多数家庭的经济承受范围，给患者家庭带来沉重的经济压力<sup>[10]</sup>。所以，早期根据危险因素进行干预提高患者生活质量，促进预后恢复显得尤其重要。

衰弱状态与手术不耐受是多数高龄患者普遍存在的问题，不仅是导致其生活质量下降的重要诱因之一，还会通过削弱机体修复能力、增加并发症风险，显著延缓病情康复进程，最终导致术后住院时间延长，给临床管理带来挑战<sup>[11]</sup>。因此，深入剖析高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长的各类影响因素，对临床实践具有重要指导意义。本研究单因素结果提示，住院时间延长组的年龄、肋骨骨折根数、受伤至手术时间、机械通气时间、SII、BUN与住院时间非延长组比较，差异有统计学意义( $P<0.05$ )。Logistic多因素结果显示，71~80岁的年龄、7根肋骨骨折根数、>24h受伤至手术时间、>3d机械通气时间以及高水平SII、BUN是高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长的独立危险因素( $P<0.05$ )。石昊宁等<sup>[12]</sup>研究表明，入院距手术时间较长是导致高龄骨折患者住院时间延迟的危险因素。于健等<sup>[13]</sup>研究表明，年龄、多发性创伤不仅是导致住院时间延迟的独立危险因素，还对延迟出院结局具有显著的预测价值，为临床早期识别高风险患者、制定针对性干预策略以缩短住院时长提供了重要的循证医学依据。与本研究结果相符，不同与本研究，其研究对象是高龄髋部骨折手术的患者，而本研究是以高龄肋骨骨折患者为研究对象。

有研究显示<sup>[14-15]</sup>，高龄患者术后出现高风险的死亡率与年龄、多跟肋骨骨折相关。茅怡铭等<sup>[16]</sup>研究表明，骨折就诊时间或者受伤至手术时间是影响老年多发肋骨骨折患者肺部发生并发症的独立危险因素。本研究显示，高龄肋骨骨折患者>24h受伤至手术时间是影响术后住院时间延长的危险因素，如茅怡铭研究显示，术后出现并发症的概率升高，会进一步影响预后的恢复，导致病情延缓，从而延长住院时间。缩短肋骨骨折患者的机械通气时长，能够有效降低肺部感染、呼吸机相关性肺炎等并发症的发生风险，同时通过减少机械通气对呼吸道的损伤、促进自主呼吸功能恢复，显著改善患者的呼吸生理状态，反之，若机械通气时间过长，不仅可能延缓机体整体康复进程，还可能因气道黏膜损伤、感染风险升高导致病情进展，对患者预后产生不利影响，本研究显示>3d机械通气时间会延长高龄肋骨骨折患者术后住院时间<sup>[17]</sup>。新型炎症标志物SII具有稳定且优良的检测特性，能够精准反映机体局部免疫反应及全身性炎症反应的程度与状态；BUN，是机体蛋白质的代谢终末产，判断肾小球滤过功能的指标<sup>[18-19]</sup>。本研究显示，高水平的SII和BUN是可以延长高龄肋骨骨折患者术后住院时间，影

响预后生存不良的检验指标。

本研究使用H-L拟合优度检验评估所构建风险预测模型的拟合程度，建模组检验结果显示 $\chi^2=9.501$ ,  $P=0.302$ ，表明模型预测结果与临床实际数据拟合度良好；AUC为0.924( $P<0.001$ , 95%CI: 0.883~0.965)，敏感度为89.70%，特异度为87.20%，最大约登指数为0.769，提示模型具有优异的区分效能。验证组，H-L拟合优度检验结果显示， $\chi^2=7.848$ ,  $P=0.346$ ，提示该模型的拟合优度良好；AUC为0.969( $P<0.001$ , 95%CI: 0.920~1.000)，敏感度为97.50%，特异度为92.30%，最大约登指数为0.898，提示构建的风险预测模型拟合优度与区分能力理想，本研究构建的风险预测模型拟合优度与区分能力均处于理想水平，对高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长具有可靠的预警效能，可为临床医护人员早期识别高危患者、制定个体化干预策略提供科学指导，进而有效缩短患者住院周期、优化医疗资源配置，对改善患者预后及提升临床诊疗质量具有重要的实践意义。

综上所述，高龄肋骨骨折患者术后住院时间延长的发生受多因素联合作用，构建的风险预测模型拟合优度与区分能力理想，可对高龄肋骨骨折患者术后住院时间出现延长的风险进行评估。

### 参考文献

- [1] Liebsch C, Seiffert T, Vlcek M, et al. Patterns of serial rib fractures after blunt chest trauma: An analysis of 380 cases [J]. PloS One, 2019, 14: e0224105.
- [2] Van Laarhoven JJEM, Hietbrink F, Ferree S, et al. Associated thoracic injury in patients with a clavicle fracture: a retrospective analysis of 1461 polytrauma patients [J]. Eur J Trauma and Emerg Surg, 2019, 45 (1): 59-63.
- [3] Battle CE, Hutchings H, Evans PA. Risk factors that predict mortality in patients with blunt chest wall trauma: A systematic review and meta-analysis [J]. Injury, 2012, 43 (1): 8-17.
- [4] He Z, Zhang D, Xiao H, et al. The ideal methods for the management of rib fractures [J]. J Thorac Dis, 2019, 11 (Suppl 8): S1078-S1089.
- [5] Wang H, Fan T, Li W, et al. A nomogram to predict the risk of prolonged length of stay following primary total hip arthroplasty with an enhanced recovery after surgery program [J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16 (1): 1-10.
- [6] 胡少汀, 葛宝丰, 徐印坎. 实用骨科学 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2012: 205-209.
- [7] 李华伟, 张临友. 肺癌患者肺叶切除术后住院时间延长的危险因素分析 [J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2019, 26 (5): 425-430.
- [8] 马佳楚, 阎丽萍, 李淑花, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者住院时间延长危险因素的Meta分析 [J]. 解放军护理杂志, 2022, 39 (2): 60-63, 79.
- [9] Pieracci FM, Agarwal S, Dohen A, et al. Indications for surgical stabilization of rib fractures in patients without flail chest: surveyed opinions of members of the Chest Wall Injury Society [J]. Int Orthop, 2018, 42 (2): 401-408.
- [10] Ruiz-Ruiz L, Jimenez AR, Garcia-Villamil G, et al. Detecting fall risk and frailty in elders with inertial motion sensors: a survey of significant gait parameters [J]. Sensors, 2021, 21 (20): 6918.
- [11] Hoogendoijk EO, Afilalo J, Ensrud KE, et al. Frailty: implications for clinical practice and public health [J]. Lancet, 2019, 394 (10206): 1365-1375.
- [12] 石昊宁, 郑宏伟, 张晶, 等. 高龄髋部骨折患者术后住院时间延长危险因素分析及预测模型构建 [J]. 护理学杂志, 2023, 38 (5): 20-24.
- [13] 于健, 周冰倩, 王朝, 等. 随机森林模型和Logistic回归模型预测髋部骨折患者住院时间延长的效能比较 [J]. 中国组织工程研究, 2023, 27 (34): 5413-5420.
- [14] 江星, 汪送. 防暴动能弹钝击损伤评估方法研究综述 [J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40 (12): 78-84.
- [15] 聂洪鑫, 孟辉. 创伤评分在胸部损伤中的应用 [J]. 解放军医学杂志, 2019, 44 (10): 887-895.
- [16] 茅怡铭, 吴长江. 老年多发肋骨骨折患者肺部并发症风险预测模型的建立 [J]. 上海交通大学学报(医学版), 2019, 39 (1): 69-72.
- [17] Beks RB, Peek J, de Jong MB, et al. Fixation of flail chest or multiple rib fractures: Current evidence and how to proceed. A systematic review and meta-analysis. Eur J Trauma Emerg Surg, 2019, 45 (4): 631-644.
- [18] 杨丽, 潘金良, 林栋羚. SII值联合常规MRI征象鉴别CHB患者炎症活动度的价值分析 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (11): 127-128, 139.
- [19] 韩爱萍, 谭伟, 魏毅, 等. 基于两肾CT平扫直方图分析预测血尿素氮价值的研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2025, 23 (2): 137-139, 143.

(收稿日期: 2024-12-05)

(校对编辑: 韩敏求)