

超声引导下经皮肾穿刺活检术后出血风险预测模型的临床价值

贺 然 郝祥玉 卢晓莉

摘要 **目的** 分析超声引导下经皮肾穿刺活检(PRB)术后出血的影响因素,构建风险预测模型并探讨其临床价值。**方法** 选取于南京医科大学附属南京医院和滁州市来安家宁医院接受PRB术的72例患者作为建模组,并根据是否发生术后出血分为出血组(32例)和未出血组(40例),收集患者基线资料、实验室检查和超声检查资料,采用多因素 Logistic 回归分析筛选预测PRB术后出血的影响因素,构建风险预测模型。另选符合纳入标准的64例患者作为验证组,绘制受试者工作特征曲线分析该模型的预测效能; Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验评估该模型的拟合程度。**结果** 出血组与未出血组肾皮髓质分界、血肌酐、肾小球滤过率、血红蛋白(Hb)、血小板计数(PLT)、IgA 肾病(IgA N)及高血压肾病(HTN)占比比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示,肾皮髓质分界、Hb、PLT、IgA N 及 HTN 均为预测 PRB 术后出血的独立危险因素(均 $P<0.05$)。由此构建的风险预测模型在建模组的曲线下面积、灵敏度、特异度分别为 0.881、81.25%、92.50%,在验证组的曲线下面积、灵敏度、特异度分别为 0.837、71.87%、90.00%; Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示,该模型在建模组、验证组的预测概率与实际概率拟合均较好($\chi^2=4.3015, 7.1549, P=0.6359, 0.2094$)。**结论** 本研究构建的风险预测模型对 PRB 术后出血具有较好的预测效能,可为临床高风险人群的筛选和防治提供有价值的参考依据。

关键词 超声引导;经皮肾穿刺活检;出血;预测模型

[中图法分类号]R445.1;R699.2

[文献标识码]A

Clinical value of postoperative bleeding risk predictive model under ultrasound-guided percutaneous renal biopsy

HE Ran, HAO Xiangyu, LU Xiaoli

Department of Ultrasound Medicine, Lai'an Jia Ning Hospital of Chuzhou, Anhui 239200, China

ABSTRACT **Objective** To analyze the influencing factors of postoperative bleeding under ultrasound-guided percutaneous renal biopsy (PRB), and to construct a risk prediction model and explore its clinical value. **Methods** Seventy-two patients who underwent PRB at Nanjing Hospital Affiliated to Nanjing Medical University and Lai'an Jia Ning Hospital of Chuzhou were selected as the modeling group. They were divided into a bleeding group (32 cases) and a non-bleeding group (40 cases) according to whether they had bleeding. Baseline data, laboratory tests and ultrasound examination data were collected from patients, and multiple Logistic regression analysis was used to screen the influencing factors of postoperative bleeding after PRB, and a risk prediction model was constructed. Another 64 patients who met the inclusion criteria were selected as the validation group, and the receiver operating characteristic curve was drawn to analyze the predictive efficacy of the model. Hosmer-Lemeshow goodness of fit test was used to evaluate the degree of fit of the model. **Results** There were statistically significant differences in the demarcation of renal cortex and medulla, serum creatinine, glomerular filtration rate, hemoglobin (Hb), platelet count (PLT), IgA nephropathy (IgA N), and the proportion of hypertensive nephropathy (HTN) between the bleeding group and the non-bleeding group (all $P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis indicated that the demarcation of renal cortex and medulla, Hb, PLT, IgA N, and HTN were independent risk factors for predicting postoperative bleeding after

PRB (all $P < 0.05$). The area under the curve, sensitivity, and specificity of the established risk prediction model in the modeling group were 0.881, 81.25%, and 92.50%, respectively, and those in the validation group were 0.837, 71.87%, and 90.00%, respectively. The Hosmer-Lemeshow goodness of fit test showed that the predicted probabilities and actual probabilities of the model fitted well in both the modeling group and the validation group ($\chi^2 = 4.3015, 7.1549, P = 0.6359, 0.2094$).

Conclusion The risk prediction model constructed in this study has good predictive performance for postoperative bleeding after PRB, and can provide valuable reference for screening and prevention of high-risk populations in clinical practice.

KEY WORDS Ultrasound-guided; Percutaneous renal biopsy; Bleeding; Prediction model

肾脏疾病种类繁多且发病机制复杂,其临床表现与组织病理学改变常不一致,导致临床肾脏疾病的诊疗面临极大挑战^[1]。病理检查是肾脏疾病诊断的金标准,而超声引导下经皮肾穿刺活检(percutaneous renal biopsy, PRB)在肾脏疾病的病因明确、早期诊断、治疗指导及预后评估等方面均有较高的应用价值^[2]。PRB作为一种具有潜在风险的侵入性手术,易导致出血、疼痛、动静脉内瘘及感染等各种并发症,以出血最常见,严重时可危及患者生命^[3]。PRB术后出血应以预防为主,明确出血的影响因素,对高危患者采取针对性干预措施^[4]。由于PRB术后出血的影响因素较多,目前尚未形成专家共识,故本研究分析了PRB术后出血的高危因素并构建风险预测模型,探讨其预测PRB术后出血的临床价值,旨在为临床筛选高危风险人群及防治指导提供依据。

资料与方法

一、研究对象

选取2020年1月至2021年12月于我院和南京医科大学附属南京医院接受PRB的72例患者作为建模组,并根据是否发生术后出血分为出血组和未出血组。其中出血组32例,男19例,女13例,年龄25~58岁,平均(48.3±8.12)岁;未出血组40例,男27例,女13例,年龄26~59岁,平均(49.8±9.21)岁。另选2022年1月至2023年9月于南京医科大学附属南京医院和滁州市来安家宁医院接受PRB的64例患者作为验证组,其中男34例,女30例,年龄28~59岁,平均(48.7±8.64)岁。纳入标准:①符合肾穿刺活检标准;②术前未使用抗凝血药物;③无穿刺禁忌证;④临床资料及随访资料完整。排除标准:①行透析治疗;②有肾移植或手术史;③有严重凝血功能障碍;④有严重精神疾病及认知功能障碍。本研究经我院和南京医科大学附属南京医院医学伦理委员会批准,所有患者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. PRB操作过程及术后出血诊断标准:术前向患者说明PRB操作及可能出现的并发症,完善肝、肾及凝血功能检查,严格依据肾穿刺活检标准操作。超声引导使用佳能Aplio i700彩色多普勒超声诊断仪,PVT-375BT探头,频率3.5 MHz。应用16 G穿刺针(直径1.6 mm,日本TSK Laboratory公司)于实时超声引导下进行PRB。常规穿刺点选择右肾下极,依据肾小球数目、血肿大小、髓质分界情况决定穿刺次数,取肾小球10个以上,髓质组织占比约1/3,术毕应用超声评估出血情况。PRB术后出血诊断标准^[5]:①轻度出血,超声显示肾周包膜下小血肿,直径<5 cm;②中度出血,有肉眼血尿或超声显示肾周包膜下血肿直径≥5 cm;③重度出血,术后低血压、血红蛋白(Hb)较术前下降≥20%。

2. 临床资料收集:①收集入组患者基线资料,包括年龄、性别、体质量指数、糖尿病史、IgA肾病(IgA N)史、高血压肾病(HTN)史等;②收集PRB术前实验室检查结果,包括Hb、血小板计数(PLT)、血肌酐(Scr)、尿素氮(BUN)、肾小球滤过率(eGFR)、活化部分凝血酶时间(APTT)、凝血酶原时间(PT)。

三、统计学处理

应用SPSS 18.0统计软件和R语言(4.1.1)对数据进行统计分析处理。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较采用Mann-Whitney U 检验。计数资料以例或率表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素Logistic回归分析筛选预测PRB术后出血的影响因素,并构建风险预测模型。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析该模型的预测效能; Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评估该模型的拟合程度;建模组内部评价采用10折交叉验证法,同时对验证组进行时段外部验证。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、预测 PRB 术后出血影响因素的单因素分析

出血组与未出血组 IgA N 及 HTN 占比、肾皮髓质

分界、Scr、eGFR、Hb、PLT 比较差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)；年龄、性别、体质量指数、糖尿病占比、BUN、APTT、PT 比较差异均无统计学意义。见表 1 和图 1, 2。

表 1 预测 PRB 术后出血影响因素的单因素分析

组别	年龄(例)		性别(例)		体质量指数(例)		糖尿病(例)		IgA N(例)		HTN(例)	
	<50岁	≥50岁	男	女	<25 kg/m ²	≥25 kg/m ²	无	有	无	有	无	有
出血组(32)	17	15	19	13	18	14	26	6	22	10	29	3
未出血组(40)	18	22	27	13	22	18	32	8	36	4	40	0
Z/t/ χ^2 值	0.470		0.509		0.011		0.018		5.125		3.913	
P值	0.493		0.476		0.916		0.894		0.024		0.048	

组别	肾皮髓质分界(例)		Scr(mol/L)	BUN(mmol/L)	eGFR(ml·min ⁻¹ ·1.73 m ⁻²)	Hb(g/L)	PLT($\times 10^9$ /L)	APTT(s)	PT(s)
	不清晰	清晰							
出血组(32)	22	10	225.91±30.45	6.29±0.46	53.4±7.36	105.56±12.65	200.31±48.32	31.84±3.48	12.00±1.22
未出血组(40)	16	24	168.85±28.23	6.06±0.57	64.9±5.58	116.60±9.78	226.93±52.67	32.18±3.97	12.10±1.17
Z/t/ χ^2 值	5.896		8.230	1.849	7.597	4.177	2.209	0.371	0.353
P值	0.015		<0.001	0.069	<0.001	<0.001	0.030	0.712	0.725

IgA N: IgA 肾病; HTN: 高血压肾病; Scr: 血肌酐; BUN: 尿素氮; eGFR: 肾小球滤过率; Hb: 血红蛋白; PLT: 血小板计数; APTT: 活化部分凝血活酶时间; PT: 凝血酶原时间

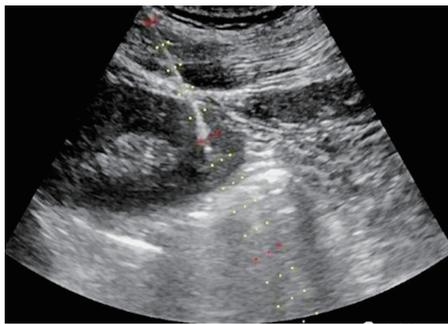


图 1 超声引导下 PRB 示意图



图 2 超声示肾穿刺后形成血肿

$\text{Logit}(P) = -0.182 + 1.099 \times \text{肾皮髓质分界} + 1.173 \times \text{Hb} + 2.351 \times \text{PLT} + 2.004 \times \text{IgA N} + 2.436 \times \text{HTN}$ 。

三、PRB 术后出血风险预测模型的效能验证

ROC 曲线分析显示, 该模型在建模组的曲线下面积、灵敏度、特异度分别为 0.881 (95% 可信区间: 0.783 ~ 0.946, $P < 0.001$)、81.25%、92.50%, 在验证组的曲线下面积、灵敏度、特异度分别为 0.837

二、预测 PRB 术后出血影响因素的多因素 Logistic 回归分析

以是否发生 PRB 术后出血为因变量, 单因素分析中差异有统计学意义的变量为自变量, 进行多因素 Logistic 回归分析 (自变量满足: ①容许值 > 0.1 ; ②无多重共线性; ③方差膨胀因子 < 5)。具体赋值见表 2。结果显示, 肾皮髓质分界、Hb、PLT、IgA N 及 HTN 均为预测 PRB 术后出血的独立危险因素 (均 $P < 0.05$)。见表 3。以此构建 PRB 术后出血的风险预测模型:

验证组的曲线下面积、灵敏度、特异度分别为 0.837

表 2 预测 PRB 术后出血影响因素的赋值

影响因素	赋值
PRB 术后出血	发生=1; 未发生=0
肾皮髓质分界	不清晰=1; 清晰=0
Hb	$< 110 \text{ g/L} = 1$; $\geq 110 \text{ g/L} = 0$
PLT	$< 100 \times 10^9/\text{L} = 1$; $\geq 100 \times 10^9/\text{L} = 0$
IgA N	有=1; 无=0
HTN	有=1; 无=0

表 3 预测 PRB 术后出血影响因素的多因素 Logistic 回归分析

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P值	OR值	OR值的95%可信区间
肾皮髓质分界	1.099	0.516	4.526	0.033	3.000	1.090 ~ 8.254
Hb	1.173	0.532	4.859	0.028	3.231	1.139 ~ 9.168
PLT	2.351	0.624	14.181	<0.001	10.500	3.088 ~ 35.701
IgA N	2.004	0.545	13.528	<0.001	7.418	2.550 ~ 21.578
HTN	2.436	0.575	17.950	<0.001	11.424	3.702 ~ 35.253
常量	-0.182	0.303	0.363	0.547	-	-

(95%可信区间:0.731~0.913, $P<0.001$),71.87%,90.00%。见图 3。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示,该模型在建模组、验证组的预测概率与实际概率拟合均较好($\chi^2=4.3015$ 、7.1549, $P=0.6359$ 、0.2094),提示该模型对 PRB 术后出血风险预测效果较好。

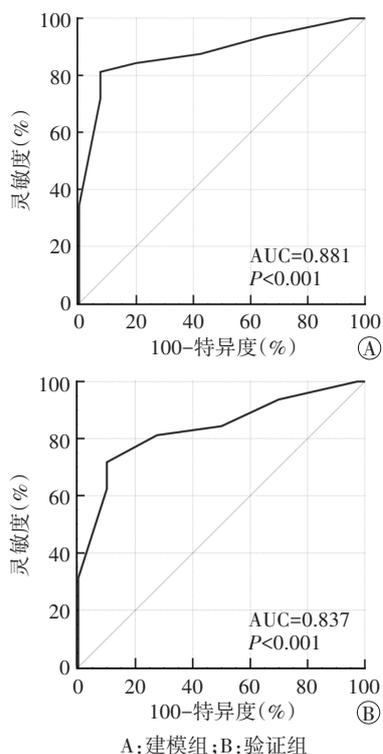


图 3 风险预测模型预测建模组和验证组 PRB 术后出血风险的 ROC 曲线图

讨 论

PRB 的应用在肾脏病理学发展中发挥了重要作用,目前已广泛用于肾脏疾病的临床诊疗中,为肾脏疾病的病因明确、治疗指导及预后评估提供了重要依据^[6-7]。实时超声引导下 PRB 在确保穿刺针准确进入肾脏位置、稳定穿刺方向、避免肾实质和肾包膜大面积损伤等方面具有显著优势^[8-9],但其作为一种有创检查手段仍存在一定风险,患者术后可发生出血、疼痛、感染等并发症^[10-12]。本研究结果显示,建模组 PRB 术后出血发生率高达 44.44% (32/72),远高于文献^[13]报道的 7.7%~30.3%,可能与该研究术后影像学复查不及时导致部分患者漏诊有关。本研究通过分析预测 PRB 术后出血的影响因素,构建风险预测模型并探讨其临床价值,旨在早期识别 PRB 术后出血的高风险人群,从而及时采取科学有效的干预措施,降低 PRB 术后出血发生率,提高 PRB 临床应用的安全性及有效性。

本研究单因素及多因素 Logistic 回归分析显示,肾皮髓质分界、Hb、PLT、IgA N 及 HTN 均预测为 PRB 术后出血发生的独立危险因素(均 $P<0.05$)。本研究建模组 32 例发生 PRB 术后出血患者中,68.75% (22/32) 的患者超声表现为肾皮髓分界不清晰,提示肾皮髓分界是预测 PRB 术后出血的高危因素。Pombas 等^[14]研究显示,肾皮髓质分界不清晰为超声引导下 PRB 术后严重出血的预测因素,本研究结果与其一致。由于超声检查时肾皮髓分界不清晰干扰了临床医师的操作,导致 PRB 术后出血风险增加。此外,本研究结果显示,出血组 Hb 为 (105.56±12.65)g/L,明显低于未出血组 [(116.60±9.78)g/L],差异有统计学意义 ($P<0.001$);且 Hb 为预测 PRB 术后出血的独立危险因素 ($P=0.028$)。分析原因为 PRB 术后细胞膜通透性发生改变,Hb 作为凝血相关指标显著降低,导致凝血功能出现异常,PRB 术后出血概率增加^[15]。因此,对于贫血的 PRB 患者,应及时纠正贫血状态以改善预后。张宇等^[16]研究表明肾功能不全患者蛋白质代谢发生紊乱,PLT 降低且发生凝血功能障碍,导致调节血栓形成和止血机制异常,导致 PRB 术后穿刺点血肿的发生率增加,患者出血风险明显增加^[17-18]。本研究出血组 PLT 明显低于未出血组 [(200.31±48.32)×10⁹/L vs. (226.93±52.67)×10⁹/L, $P=0.030$];且多因素 Logistic 回归分析显示 PLT 为预测 PRB 术后出血的独立危险因素 ($P<0.001$),与上述研究结果一致。由此可见,术前完善 PLT 及凝血功能相关检查,针对 PLT<100×10⁹/L 患者进行及时干预,可减少 PRB 术后出血的发生风险。郑红光等^[19]研究发现肾脏疾病的病理类型可影响 PRB 术后并发症的发生率,硬化性肾炎、膜增生性肾炎、IgA 肾病、局灶节段性肾小球硬化患者 PRB 术后的出血发生率显著高于其他病理类型(均 $P<0.05$),分析可能与肾脏纤维化、局部血供差以及凝血机制异常密切相关。本研究结果与其一致,出血组中 31.25% (10/32) 的患者诊断为 IgA N,9.37% (3/32) 的患者诊断为 HTN;未出血组中仅 10.00% (4/40) 的患者诊断为 IgA N,无 HTN 患者;且多因素 Logistic 回归分析显示 IgA N 和 HTN 均为预测 PRB 术后出血的独立危险因素(均 $P<0.05$)。分析其潜在机制可能为长期高血压导致肾小动脉玻璃样变化和肌内膜增厚,肾动脉硬化致使供应肾脏的血流减少,肾小球和肾小管出现缺血性损害,从而导致肾活检后出血发生率增加。

为了更准确地评估各影响因素对 PRB 术后出血发生风险的预测价值,本研究进一步建立了联合多因

素的风险预测模型,并验证其效能。ROC 曲线分析显示,该模型在建模组的曲线下面积、灵敏度、特异度分别为 0.881(95% 可信区间:0.783~0.946, $P<0.001$)、81.25%、92.50%,在验证组的曲线下面积、灵敏度、特异度分别为 0.837(95% 可信区间:0.731~0.913, $P<0.001$)、71.87%、90.00%;Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示,该模型在建模组、验证组的预测概率与实际概率拟合均较好($\chi^2=4.3015$ 、7.1549, $P=0.6359$ 、0.2094),提示该模型能有效预测 PRB 术后出血的发生风险。因此,建议在临床工作中将 Logistic 回归模型的影响因素形成一套科学规范化的 PRB 术后出血预测体系,及时明确 PRB 术后出血发生风险,进行有针对性的干预策略,对降低 PRB 术后出血发生率及提高临床疗效具有重要的意义。

本研究的局限性:由于病例组成、统计学方法、样本量、地域、医疗条件、仪器设备及操作流程的差异性,上述诸多 PRB 术后出血的风险因素是协同作用还是叠加作用,能否用一个简单的数据模型计算出出血概率,能否挖掘出关键核心因素来预测 PRB 出血风险,均需进一步阐述,使该模型具有更好的临床应用前景。

综上所述,本研究构建的风险预测模型对 PRB 术后出血发生具有较好的预测效能,可为临床高风险人群的筛选和防治提供有价值的参考和评估依据。

参考文献

- [1] Eadon MT, Dagher PC, El-Achkar TM. Cellular and molecular interrogation of kidney biopsy specimens [J]. *Curr Opin Nephrol Hypertens*, 2022, 31(2): 160-167.
- [2] Xu S, Xiong B, Lin S, et al. Predictors of perirenal haematoma post-percutaneous ultrasound-guided renal biopsy [J]. *J Int Med Res*, 2021, 49(11): 3000605211058377.
- [3] Zhang WJ, Zhang ZL, Guo SW, et al. Renal parenchymal thickness as a predictor of post percutaneous kidney biopsy complication [J]. *Urol Int*, 2019, 102(4): 421-426.
- [4] Ozambela M Jr, Wang Y, Leow JJ, et al. Contemporary trends in percutaneous renal mass biopsy utilization in the United States [J]. *Urol Oncol*, 2020, 38(11): 835-843.
- [5] 李思倩,孙婧,蒋栋,等.自体肾经皮肾穿刺活检术后出血并发症的危险因素分析[J]. *临床肾脏病杂志*, 2020, 20(10): 769-774.
- [6] Xu DM, Chen M, Zhou FD, et al. Risk factors for severe bleeding complications in percutaneous renal biopsy [J]. *Am J Med Sci*, 2017, 353(3): 230-235.
- [7] Bux KI, Moorani KN, Qureshi H, et al. Safety and adequacy of ultrasound-guided percutaneous renal biopsy in children: a single-center experience [J]. *Cureus*, 2022, 14(4): e24452.
- [8] Liu H, Pan W, Shen X, et al. A large number of metastatic subcutaneous nodules: a complication of percutaneous biopsy for atypical renal cell carcinoma [J]. *Urol J*, 2019, 16(4): 415-416.
- [9] Ge XY, Lan ZK, Lan QQ, et al. Diagnostic accuracy of ultrasound-based multimodal radiomics modeling for fibrosis detection in chronic kidney disease [J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(4): 2386-2398.
- [10] Roy RR, Al Mamun A, Shamsul Haque SM, et al. Role of renal biopsy in managing pediatric renal diseases: a midterm analysis of a series at bangabandhu Sheikh Mujib Medical University, Dhaka, Bangladesh [J]. *Saudi J Kidney Dis Transpl*, 2017, 28(1): 125-132.
- [11] Garstka N, Shariat SF, Remzi M. The evolving role of percutaneous biopsy in renal masses [J]. *Curr Opin Urol*, 2018, 28(4): 364-368.
- [12] Trinh K, Bency R, Kairaitis L. Native renal biopsy: outcomes with a 4-h observation period in low-risk outpatients [J]. *Intern Med J*, 2022, 52(1): 130-133.
- [13] 周大为,郑丽,梁发东,等.超声引导下经皮肾穿刺活检术后严重出血的危险因素[J]. *影响科学与光化学*, 2022, 40(2): 357-361.
- [14] Pombas B, Rodriguez E, Sanchez J, et al. Risk factors associated with major complications after ultrasound-guided percutaneous renal biopsy of native kidneys [J]. *Kidney Blood Press Res*, 2020, 45(1): 122-130.
- [15] Jasinski M, Siekiera J, Tworkiewicz M. Ultrasound-guided renal mass biopsy and its clinical utility: a single-centre experience [J]. *Urol Int*, 2022, 106(6): 560-566.
- [16] 张宇,杨嘉嘉,郭晶晶,等.探讨超声引导肾脏穿刺活检效果的影响因素[J]. *中国超声医学杂志*, 2022, 38(7): 795-798.
- [17] Xu S, Ma L, Lin J, et al. Efficacy and safety of percutaneous renal biopsy performed using 18 G needle versus 16 G needle: a single-center retrospective study [J]. *Int Urol Nephrol*, 2022, 54(12): 3255-3261.
- [18] Zou Y, Zhao L, Zhang J, et al. Development and internal validation of machine learning algorithms for end-stage renal disease risk prediction model of people with type 2 diabetes mellitus and diabetic kidney disease [J]. *Ren Fail*, 2022, 44(1): 562-570.
- [19] 郑红光,王玉慧,张德伟,等.超声引导下经皮肾穿刺活检术后出现肾包膜下血肿的危险因素分析[J]. *中国实用内科杂志*, 2010, 30(10): 919-921.

(收稿日期:2024-05-08)