

口腔癌患者术后低钾血症预测模型的构建及验证

王光满^{1,2} 毕小琴² 汤晓雪²

1. 四川大学华西护理学院, 成都 610041;

2. 口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 国家口腔疾病临床医学研究中心
四川大学华西口腔医院, 成都 610041

[摘要] 目的 探究影响口腔癌患者术后发生低钾血症的危险因素, 为术后低钾血症的防控提供依据。方法 纳入2022年1月—2022年8月在四川大学华西口腔医院头颈肿瘤外科的366例口腔癌手术患者, 采用单因素和多因素分析确定术后低钾血症的危险因素, 使用受试者工作特征(receiver operation characteristic, ROC)曲线量化因素的有效性, 开发口腔癌患者术后低钾血症危险因素列线图并验证。结果 共有224例(61.20%)患者出现术后低钾血症, 术后第4天血钾水平最低(3.50±0.35) mmol/L, 低钾血症发生率最高(54.68%)。将单因素分析中 $P<0.05$ 的变量经ROC曲线量化后进行多因素Logistic回归分析, 结果显示: 术前血钾 <3.87 mmol/L ($P=0.008$)、术前血钙 <2.31 mmol/L ($P=0.033$)、术前预后营养指数(PNI) <49.16 ($P=0.032$)、术后引流量 >264.25 mL ($P=0.002$)与术后低钾血症独立相关, 将上述变量构建术后低钾血症发生风险列线图并进行验证, 具有良好的拟合优度。结论 术前血钾 <3.87 mmol/L, 术前血钙 <2.31 mmol/L, 术前PNI <49.16 , 术后引流量 >264.25 mL是口腔癌患者术后低钾血症的独立危险因素。临床应重视以上高风险患者的管理, 尽早进行预防性补钾以减少低钾血症的发生。

[关键词] 口腔癌; 低钾血症; 预后营养指数; 影响因素; 列线图

[中图分类号] R739.8 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2024.2024130



本文链接 开放科学标识码

Construction and verification of prediction model for postoperative hypokalemia in patients with oral cancer

Wang Guangman^{1,2}, Bi Xiaoqin², Tang Xiaoxue²

1. West China School of Nursing, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Supported by: Medical Research Project of Chengdu (2022015)

Correspondence: Bi Xiaoqin, E-mail: hxbxq@163.com

[Abstract] **Objective** This study aimed to explore the risk factors of postoperative hypokalemia in patients with oral cancer and to provide a basis for preventing and controlling postoperative hypokalemia. **Methods** We included 366 patients undergoing oral cancer surgery in the Department of Head and Neck Oncology, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University from January 2022 to August 2022. Univariate and multivariate analyses were used to determine the risk factors of postoperative hypokalemia. The receiver operation characteristic (ROC) curve was used to quantify the effectiveness of the factors. A nomogram of the risk factors for postoperative hypokalemia in oral cancer patients was developed and validated. **Results** A total of 224 patients (61.20%) had postoperative hypokalemia, the lowest serum potassium level (3.50±0.35) mmol/L on the 4th day after surgery, and the highest incidence of hypokalemia (54.68%). Variables with $P<0.05$ in the univariate analysis were quantified by ROC curve followed by multivariate logistic regression

analysis. Results showed an independent correlation with postoperative hypokalemia as follows: preoperative serum potassium <3.87 mmol/L ($P=0.008$), preoperative serum calcium <2.31 mmol/L ($P=0.033$), preoperative PNI $<$

[收稿日期] 2024-04-08; **[修回日期]** 2024-08-29

[基金项目] 成都市医学科研课题 (2022015)

[作者简介] 王光满, 护士, 硕士, E-mail: 1359593446@qq.com

[通信作者] 毕小琴, 主任护师, 博士, E-mail: hxbxq@163.com

49.16 ($P=0.032$), postoperative drainage volume >264.25 mL ($P=0.002$). The above variables were constructed into a postoperative hypokalemia risk nomogram and verified, and a good degree of fit was found. **Conclusion** The independent risk factors for postoperative hypokalemia in patients with oral cancer were as follows: preoperative serum potassium <3.87 mmol/L, preoperative serum calcium <2.31 mmol/L, preoperative PNI <49.16 , and postoperative drainage volume >264.25 mL. Clinical attention should be paid to managing the above high-risk patients. Preventive potassium supplementation should be performed as soon as possible to reduce hypokalemia occurrence.

[Key words] oral cancer; hypokalemia; prognostic nutritional index; influencing factor; nomogram

口腔癌是常见的恶性肿瘤之一^[1]。手术是当前治疗口腔癌的主要方法之一^[2]。广泛手术切除会损害患者的口腔功能,出现咀嚼和吞咽困难^[3-5],影响患者进食,发生电解质紊乱,导致低钾血症。低钾血症是指血清钾浓度小于3.5 mmol/L^[6]。由于口腔癌疾病及手术部位的特殊性、术前胃肠道准备、禁食禁饮等因素,围手术期更易发生低钾血症^[7]。轻度低钾血症一般无明显症状,血钾进一步下降会导致麻痹性肠梗阻,延长住院时间,甚至发生心血管不良事件^[8],增加患者死亡率^[9]。因此,口腔癌患者低钾血症的防治不容轻视。本研究通过回顾性分析口腔癌患者术后发生低钾血症的危险因素,为医护人员采取有效的对策提供参考。

1 材料和方法

1.1 调查对象

通过四川大学华西口腔医院电子病案信息系统调取头颈肿瘤外科2022年1月1日—2022年8月31日期间的住院患者电子病案信息。纳入标准:1)经病理诊断为口腔癌;2)行手术治疗;3)术后定期监测电解质。排除标准:临床资料不全者。根据样本量为自变量5~10倍的原则^[10],本研究共24个变量,训练集所需最小样本量为120~240例,按照7:3设置验证集。本研究共纳入430例患者,其中64例患者因资料不全被排除,最终实际纳入366例患者。

1.2 选择变量方法

根据文献资料^[11-12]及临床经验选择变量,收集全部患者的临床病例资料。1)术前资料:性别、年龄、体重指数(body mass index, BMI)、术前进食情况、是否使用胰岛素、是否使用利尿类降压药、高血压史、糖尿病史、肿瘤部位、肿瘤大小、淋巴结转移、红细胞计数、血清钙水平、血清钾水平、血小板/淋巴细胞比值(platelet-to-lymphocyte ratio, PLR)、预后营养指数(prognostic nutritional index, PNI);2)术中资料:手术时长

(min)、术中补液量(mL)、术中失血量(mL)、术中尿量(mL);3)术后资料:引流量(mL)、是否输血、有无呕吐反应、补钾途径、补钾量。术前实验室指标为入院第2天的检测值,术后实验室指标为术后至出院的全部检测值。

1.3 评价指标

1.3.1 低钾血症 主要结局指标。正常血钾范围为3.5~5.3 mmol/L,血钾值小于3.5 mmol/L即为低钾血症,分为轻度(血钾范围在3.0~3.49 mmol/L)、中度(血钾范围在2.5~2.99 mmol/L)、重度(血钾值 <2.5 mmol/L)^[6]。

1.3.2 营养状况评估 患者BMI计算公式如下: BMI=体重(kg)/身高²(m)。PNI=血清白蛋白(g/L)+5×淋巴细胞绝对值($10^9/L$),用于全面评估患者营养和代谢状态^[13]。

1.4 统计学方法

采用SPSS 25.0软件对数据进行处理。连续性变量采用Shapiro-Wilk法进行正态性检验,符合正态分布的资料用(均值±标准差)描述,使用独立样本 t 检验进行组间比较,不符合正态分布的资料用中位数(四分位间距)描述,使用Wilcoxon秩和检验进行组间比较。分类变量用例数(百分比)描述,采用卡方检验或精确概率法进行组间比较。对单因素分析有统计学意义的变量采用多因素Logistic回归分析获得独立危险因素,计算OR值及95%置信区间。使用方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)检测变量间的多重共线性^[14],采用ROC曲线评价预测效果。将独立危险因素使用R 4.3.3软件绘制列线图,并应用于模型训练集和验证集进行验证,采用ROC曲线下面积(area under curve, AUC)和校准曲线进行评价。所有统计检验均为双侧检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

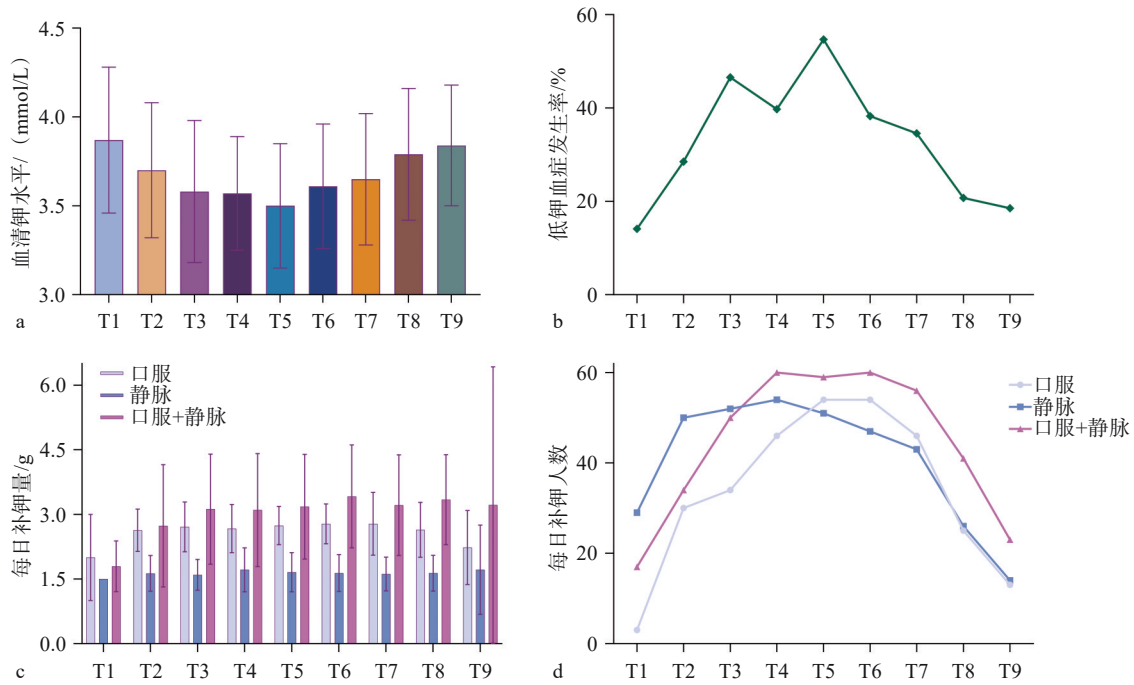
2 结果

2.1 基本情况

本研究共纳入366例患者,224例(61.20%)

患者出现术后低钾血症，其中轻度低钾血症213例(95.09%)，中度低钾血症11例(4.91%)。所有患者术后血钾水平呈先降后升趋势，术后第4天血钾水平最低(3.50±0.35) mmol/L(图1a)，低钾血症发生率最高(54.68%)(图1b)。69.13%(253/366)的患者进行了术后补钾，以口服+静脉途径

为主(图1c)，术后第3天起补钾比例升高(图1d)。按照7:3的比例，根据入院日期，进一步将患者分为模型训练集(2022年1月—5月)和验证集(2022年6月—8月)。两组患者基线特征差异无统计学意义(表1)。



a: 术后血钾水平; b: 术后低钾血症发生率; c: 术后补钾量; d: 术后补钾人数。T1: 手术当天, T2: 术后第1天, T3: 术后第2天, T4: 术后第3天, T5: 术后第4天, T6: 术后第5天, T7: 术后第6天, T8: 术后第7天, T9: 术后7 d以上。

图1 口腔癌患者术后血钾水平及补钾情况

Fig 1 Blood potassium level and potassium supplementation in patients with oral cancer after operation

2.2 模型训练集低钾血症单因素分析

将训练集患者按照是否发生术后低钾血症分为正常组(n=164)和低钾组(n=92)。单因素分析显示，术前PNI(P<0.001)、术前血钙(P=0.002)、术前血钾(P<0.001)、术后引流量(P=0.006)与术后低钾血症相关(表2)。

2.3 模型训练集ROC曲线分析

ROC曲线分析评估，术前血钾最佳临界值为3.87 mmol/L，AUC为0.652，敏感度为79.3%，特异性为48.8%。术前血钙最佳临界值为2.31 mmol/L，AUC为0.619，敏感度为72.8%，特异性为54.9%。术前PNI最佳临界值为49.16，AUC为0.637，敏感度为75.0%，特异性为54.9%。术后引流量最佳临界值为264.25 mL，AUC为0.604，敏感度为65.9%，特异性为52.2%(图2)。

2.4 模型训练集多因素回归分析

将单因素分析中所有P<0.05的变量纳入多因素Logistic回归分析(表3)，模型中VIF均<5，各

变量间不存在明显共线性。结果显示，术前血钾<3.87 mmol/L(P=0.008)、术前血钙<2.31 mmol/L(P=0.033)、术前PNI<49.16(P=0.032)、术后引流量>264.25 mL(P=0.002)是口腔癌患者术后低钾血症的独立危险因素。根据多因素分析结果，建立口腔癌患者术后低钾血症危险因素列线图(图3)。

2.5 列线图的验证

将列线图分别应用于模型的训练集和验证集进行验证。训练集的AUC为0.733(95% CI 0.672~0.794)(图4a)，验证集的AUC为0.657(95% CI 0.556~0.758)(图4b)，术后低钾血症发生概率的校准图在预测概率之间显示出良好的一致性，表明列线图具有良好的预测能力(图4c、d)。

3 讨论

3.1 口腔癌患者术后低钾血症的发生情况

低钾血症是临床最常见的电解质紊乱之一，

在住院患者中的发生率为21.7%~23.2%^[15]。本研究中口腔癌患者术后低钾血症发生率为61.2%，明显高于一般人群，分析原因为口腔癌患者病变位于口腔内，疾病早期即出现进食疼痛、吞咽困难，导致摄入不足。本研究中，患者的术后缺钾程度较轻，58.20%（213/366）的患者存在轻度低钾血症，3.01%（11/366）的患者存在中度低钾血症，

分析原因为加速康复外科模式在围手术期的应用，患者术前禁食时间缩短，术后早期即可通过胃管进食。本研究同时表明，术后第4天血钾水平最低（3.50±0.35）mmol/L，低钾血症的发生率最高（54.68%），分析原因为患者术后4天内伤口创面渗出量较多，伤口持续渗出增加了钾离子丢失。

表 1 模型训练集和验证集基线特征

Tab 1 Model training set and validation set baseline characteristics

变量		训练集 (n=256)	验证集 (n=110)	t/Z/ χ^2 值	P值
年龄/岁		59.00 (52.00, 69.00)	62.00 (53.75, 72.25)	-1.617	0.106
性别/ [n (%)]	女	103 (40.23)	33 (30.00)	3.451	0.063
	男	153 (59.77)	77 (70.00)		
BMI/ (kg/m ²)		23.05 (20.89, 25.38)	23.31 (20.54, 25.57)	-0.157	0.875
术前红细胞计数/ (×10 ¹² /L)		4.48 (4.12, 4.85)	4.56 (4.05, 4.88)	-0.320	0.749
术前PLR/		133.41 (105.79, 171.23)	128.66 (97.53, 168.20)	-0.696	0.487
术前PNI/		49.70 (47.74, 52.63)	50.02 (47.38, 53.43)	-0.426	0.670
术前血钙/ (mmol/L)		2.32 (2.26, 2.41)	2.34 (2.29, 2.38)	-1.106	0.269
术前血钾/ (mmol/L)		3.98±0.34	4.01±0.33	-0.880	0.379
手术时长/min		263.50 (170.00, 335.25)	283.00 (148.75, 380.00)	-0.949	0.343
术中补液量/mL		2 000.00 (1 262.50, 2 850.00)	2 325.00 (1 450.00, 3 212.50)	-1.385	0.166
术中失血量/mL		300.00 (200.00, 400.00)	325.00 (187.50, 450.00)	-0.350	0.726
术中尿量/mL		450.00 (150.00, 700.00)	450.00 (200.00, 700.00)	-0.778	0.436
术后引流量/mL		357.25 (79.25, 607.00)	382.00 (140.00, 590.00)	-0.733	0.463
术后禁食时长/h		17.67±2.64	17.24±2.80	1.381	0.168
肿瘤部位/ [n (%)]	舌	93 (36.33)	48 (43.64)	7.503	0.186
	颊	61 (23.83)	23 (20.91)		
	口底	24 (9.38)	16 (6.25)		
	腭	31 (12.11)	8 (3.13)		
	牙龈	25 (9.77)	5 (4.55)		
	其他	22 (8.59)	10 (9.09)		
	肿瘤大小/ [n (%)]	T1、T2	129 (50.39)		
	T3、T4	127 (49.61)	64 (58.18)		
淋巴结转移/ [n (%)]	否	162 (63.28)	76 (69.09)	1.142	0.285
	是	94 (36.72)	34 (30.91)		
高血压史/ [n (%)]	否	184 (71.88)	68 (61.82)	3.629	0.057
	是	72 (28.13)	42 (38.18)		
糖尿病史/ [n (%)]	否	235 (91.80)	99 (90.00)	0.311	0.577
	是	21 (8.20)	11 (10.00)		
是否输血/ [n (%)]	否	253 (98.83)	106 (96.36)	1.351	0.245
	是	3 (1.17)	4 (3.64)		
有无呕吐反应/ [n (%)]	否	249 (97.27)	107 (97.27)	0.000	0.997
	是	7 (2.73)	3 (2.73)		
术前进食情况/ [n (%)]	普食	254 (99.22)	109 (99.09)	2.584	0.364
	软食	0 (0.00)	1 (0.91)		
	流食	2 (0.78)	0 (0.00)		
是否使用胰岛素/ [n (%)]	否	237 (92.58)	100 (90.91)	0.294	0.588
	是	19 (7.42)	10 (9.09)		
是否使用利尿类降压药/ [n (%)]	否	255 (99.61)	110 (100.00)	0.431	0.512
	是	1 (0.39)	0 (0.00)		

表 2 训练集低钾血症单因素分析

Tab 2 Univariate analysis of hypokalemia in training set

变量		低钾组 (n=164)	正常组 (n=92)	t/Z/χ ² 值	P值
年龄/岁		59.00 (52.25, 69.00)	58.00 (51.00, 69.00)	-0.552	0.581
性别/ [n (%)]	女	72 (43.90)	31 (33.70)	2.553	0.110
	男	92 (56.10)	61 (66.30)		
BMI/ (kg/m ²)		23.05 (20.72, 24.96)	23.08 (21.11, 25.91)	-0.804	0.421
术前红细胞计数/ (×10 ¹² /L)		4.47 (4.11, 4.79)	4.59 (4.12, 5.00)	-0.956	0.339
术前PLR/		138.17 (109.80, 176.49)	121.72 (100.31, 165.10)	-1.870	0.061
术前PNI/		49.01 (47.24, 51.92)	51.08 (48.83, 53.76)	-3.642	<0.001**
术前血钙/ (mmol/L)		2.29 (2.25, 2.40)	2.35 (2.29, 2.42)	-3.153	0.002*
术前血钾/ (mmol/L)		3.91±0.32	4.09±0.35	4.176	<0.001**
手术时长/min		265.00 (185.00, 347.50)	242.50 (162.75, 323.75)	-0.619	0.536
术中补液量/mL		2 025.00 (1 512.50, 2 750.00)	1 950.00 (962.50, 3 000.00)	-0.969	0.333
术中失血量/mL		300.00 (250.00, 350.00)	275.00 (100.00, 450.00)	-0.741	0.459
术中尿量/mL		500.00 (50.00, 700.00)	400.00 (0.00, 600.00)	-1.914	0.056
术后引流量/mL		405.50 (141.13, 657.75)	257.50 (0.00, 480.50)	-2.759	0.006*
术后禁食时长/h		17.68±2.68	17.63±2.58	-0.156	0.876
肿瘤部位 [n (%)]	舌	51 (31.10)	42 (45.65)	10.577	0.060
	颊	49 (29.88)	12 (13.04)		
	口底	15 (9.15)	9 (9.78)		
	腭	19 (11.59)	12 (13.04)		
	牙龈	16 (9.76)	9 (9.78)		
	其他	14 (8.54)	8 (8.70)		
	肿瘤大小 [n (%)]	T1、T2	76 (46.34)		
	T3、T4	88 (53.66)	39 (42.39)		
淋巴结转移 [n (%)]	否	102 (62.20)	60 (65.22)	0.232	0.630
	是	62 (37.80)	32 (34.78)		
高血压史 [n (%)]	否	112 (68.29)	72 (78.26)	2.897	0.089
	是	52 (31.71)	20 (21.74)		
糖尿病史 [n (%)]	否	151 (92.07)	84 (91.30)	0.046	0.830
	是	13 (7.93)	8 (8.70)		
是否输血 [n (%)]	否	162 (98.78)	91 (98.91)	0.009	0.925
	是	2 (1.22)	1 (1.09)		
有无呕吐反应 [n (%)]	否	159 (96.95)	90 (97.83)	0.170	0.680
	是	5 (3.05)	2 (2.17)		
术前进食情况 [n (%)]	普食	162 (98.78)	92 (100.00)	0.105	0.538
	流食	2 (1.22)	0 (0.00)		
是否使用胰岛素 [n (%)]	否	152 (92.68)	85 (92.39)	0.007	0.932
	是	12 (7.32)	7 (7.61)		
是否使用利尿类降压药 [n (%)]	否	163 (99.39)	92 (100.00)	0.563	0.453
	是	1 (0.61)	0 (0.00)		

注: * P<0.05; ** P<0.001。

口腔癌患者术后依赖胃管供应营养, 食物摄入减少, 机体处于高分解代谢状态, 需要大量的能量和电解质。目前口腔癌患者大部分的营养支持是通过增加热量和蛋白质摄入量来提供的, 可能导致不平衡、过量或快速补充, 这导致胰岛功能增强和钾离子的重新分布^[16]。建议临床定期监测患者血钾水平, 术后尽早开始肠内营养支持。

从较低的热量开始, 少量多餐, 逐步过渡到患者的目标需要量, 减少碳水食物占比, 确保充分、均衡的获得电解质和营养。本研究发现, 临床实践中口腔癌患者补钾时机集中在术后第3天后, 术后早期口服补钾比例较低。口服补钾起效较慢^[17], 但较静脉补钾更稳定、安全、经济, 预防性口服补钾有助于维持体内钾稳态^[18]。由此, 建议临床

术后第1天即按照生理需要量进行预防性口服补钾,采取蔬果汁^[19]、电解质平衡液、含果味的稀释后氯化钾溶液^[20]等多元化手段提高患者的治疗依从性,必要时联合静脉补钾,以降低低钾血症发生率,促进手术恢复。

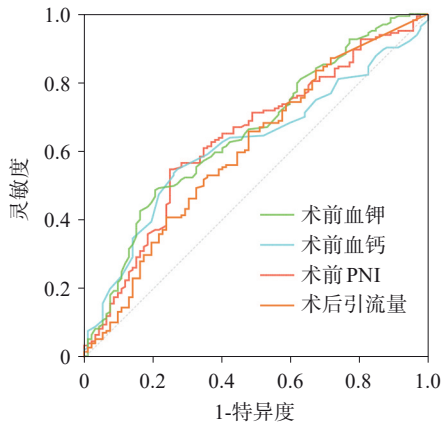


图2 训练集术前血钾、血钙、PNI、术后引流量的ROC曲线

Fig 2 ROC curves of preoperative blood potassium, blood calcium, PNI and postoperative drainage volume in the training set

3.2 口腔癌患者术后低钾血症发生的相关因素

低钾血症主要由钾摄入不足、排出过多、分布异常及离子间的相互作用引起^[7],本研究结果表明,患者术前血钾水平<3.87 mmol/L、术前血钙<2.31 mmol/L、术前PNI<49.16、术后引流量>264.25 mL是患者发生术后低钾血症的独立危险因

素。本研究中,术前血钾水平<3.87 mmol/L的患者更易发生术后低钾血症($P=0.008$, $OR=2.484$),与Bao等^[11]、Pan等^[12]研究结果一致。较低的正常血钾水平可能是钾水平持续下降的标志^[21],当血钾水平≤3.7 mmol/L时,补钾即具有临床意义^[22]。术前对血钾水平进行早期干预可有效促进术后恢复,及时测定血清钾对于低钾血症的早期发现、治疗和及时纠正尤为重要。由此,建议患者在入院前进行血钾筛查,高危人群建议高钾饮食,适当补充香蕉、橙子等水果,保证每日钾的摄入量为5.00 g/d^[23];均衡膳食,避免暴食和高碳食物,防止血糖升高促使胰岛功能增强导致的钾离子转移;鼓励适量运动,避免高强度劳动导致出汗过多,增加钾的流失。本研究结果显示,术前PNI<49.16的患者更易发生术后低钾血症($P=0.032$, $OR=2.058$)。PNI根据血清白蛋白水平和淋巴细胞计数计算得出,白蛋白与钾离子呈正相关^[24],能反映机体营养状况,会随着饥饿或肿瘤进展而减少。淋巴细胞能反映机体免疫调节,炎症进展,抑制肿瘤细胞增殖^[25-26]。开展定期运动具有抗炎作用^[27],控制炎症和提高免疫力,改善患者预后。因此,对于术前PNI<49.16的患者,应优化日常膳食,保持蛋白质每日摄入至少1.2~2.0 g/kg^[28];鼓励患者以95%~100%的最大心率进行5×1.5 min的高强度间歇训练,中间进行2分钟的无负荷蹬车练习,减轻患者围手术期的分解代谢损伤^[29]。

表3 训练集多因素Logistic回归分析

Tab 3 Multivariate Logistic regression analysis of training set

变量	B	SE	Wald	P值	OR (95% CI)	VIF
术前血钾<3.87 mmol/L	0.910	0.340	7.147	0.008	2.484 (1.275~4.840)	1.298
术前血钙<2.31 mmol/L	0.688	0.322	4.554	0.033	1.989 (1.058~3.741)	1.314
术前PNI<49.16	0.722	0.337	4.577	0.032	2.058 (1.062~3.986)	1.474
术后引流量>264.25 mL	0.890	0.291	9.378	0.002	2.434 (1.378~4.302)	1.004
常量	-0.781	0.267	8.557	0.003		

本研究同时表明,术前血钙<2.31 mmol/L的患者更易发生术后低钾血症($P=0.033$, $OR=1.989$)。分析原因在于,当血钙水平下降时,会抑制心肌收缩力,导致急性心血管失代偿^[30],激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,刺激尿钾排出,导致低钾血症。此外,钙作为重要的凝血因子^[31],低钙时会增加术后伤口渗出,导致钾离子丢失。因此,应重视患者的院前管理,进行户外有氧和阻力训练,减轻心肺和肌肉骨骼衰退^[32]。日常饮食中增加高钙食物摄入,老年患者合理口服适量钙片及维生素D。医护人员应做好长期口服钙通道

阻滞类降压药物患者的围手术期管理,合理运用以上疗法,警惕术后低钾血症的风险。本研究发现,术后引流量>264.25 mL的患者更易发生术后低钾血症($P=0.002$, $OR=2.434$)。由于口腔癌术后一般需放置负压引流^[33]。术后伤口引流量和引流时长与患者年龄、BMI、营养水平、切口部位感染、血压水平和抗凝药物的使用等相关。因此,老年、肥胖患者,特别是使用抗凝药物的患者应作为重点管理人群,术后72小时内定期监测血压,保持患者术后血压相对稳定,减少血压波动^[34];维持术后切口清洁,引流通畅。

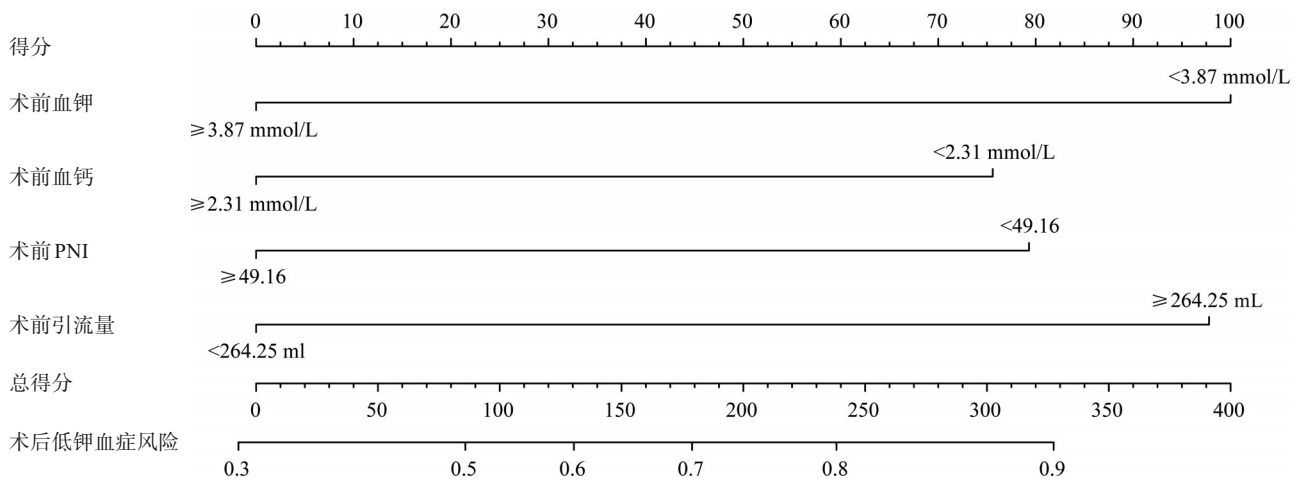
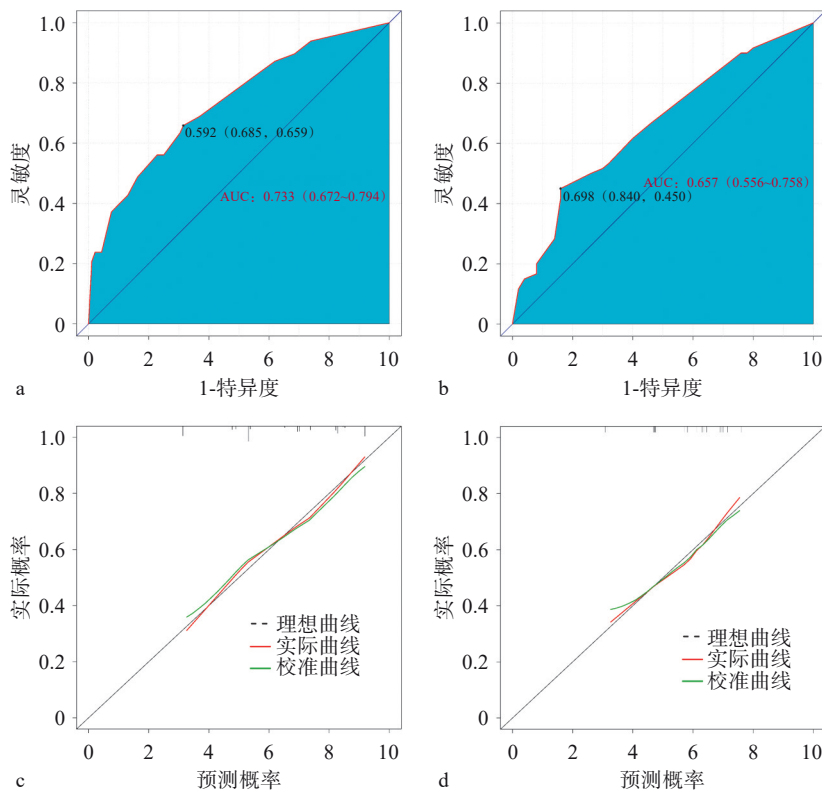


图 3 口腔癌患者术后低钾血症危险因素列线图

Fig 3 Nomogram of risk factors for postoperative hypokalemia in patients with oral cancer



a: 训练集ROC曲线; b: 验证集ROC曲线; c: 训练集校准曲线; d: 验证集校准曲线。

图 4 列线图验证的ROC曲线和校准曲线

Fig 4 ROC curve and calibration curve verified by nomogram

3.3 口腔癌患者术后低钾血症预测模型具有良好的预测性能

本研究基于列线图开发了口腔癌患者术后低钾血症风险预测模型，模型AUC值为0.733，C指数为0.733（95% CI 0.673~0.794），布里尔分数为0.194，具有良好的区分度和校准度。采用Bootstrap重抽样法进行1000次重抽样，校准曲线与理想曲线重合度较高，预测结果与实际观察到的结果具有较好的一致性，模型具有中等水平的预测

价值。模型中的预测因子易于收集，以列线图的形式将模型可视化，具有较强的可行性和实践性，对临床早期识别口腔癌术后低钾血症高风险患者有一定价值。

本研究表明，术前血钾水平<math>< 3.87\text{ mmol/L}</math>、术前血钙<math>< 2.31\text{ mmol/L}</math>、术前PNI<math>< 49.16</math>、术后引流量>math>264.25\text{ mL}</math>是患者术后低钾血症的独立危险因素。目前临床重点关注患者术后管理，患者术前生理功能及体能储备管理不足^[32]，术前实行预康

复干预能显著降低患者术后严重并发症概率、缩短住院时间^[35]。结合本研究结果,临床应重视以上高风险患者的管理,注重多学科团队合作,尽早进行预防性补钾以减少低钾血症的发生,加快术后康复的速度,提高床位周转率。本研究也存在一定的局限,本研究未发现糖尿病患者使用胰岛素和高血压患者使用利尿类降压药物与术后低钾血症之间的相关性,可能是由于样本中该部分患者比例偏低。本研究是一项样本量较小单中心的回顾性研究,存在一定的偏倚,未来仍需大样本量的前瞻性研究,以进一步分析血钾动态变化对预后的影响。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

- [1] Siegel R L, Giaquinto A N, Jemal A. Cancer statistics, 2024[J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74(1): 12-49.
- [2] Joo YH, Joo YH, Cho JK, et al. Guidelines for the surgical management of oral cancer: Korean society of thyroid-head and neck surgery[J]. Clin Exp Otorhinolaryngol, 2019, 12(2): 107-144.
- [3] Santilli M, D'Addazio G, Rexhepi I, et al. Multiple free flap reconstruction of a complex intraoral defect after squamous cell carcinoma excision: a case report[J]. Medicina(Kaunas), 2021, 58(1): 54.
- [4] 卢倩, 郭柳媚, 毕小琴. 口腔癌患者术后吞咽障碍危险因素的系统评价[J]. 华西口腔医学杂志, 2022, 40(3): 328-334.
Lu Q, Guo LM, Bi XQ. Systematic review of risk factors of postoperative dysphagia in patients with oral cancer[J]. West China J Stomatol, 2022, 40(3): 328-334.
- [5] 白露, 邹聚芬, 毕小琴, 等. 口腔癌患者围手术期相关症状及症状群变化的纵向研究[J]. 重庆医学, 2023, 52(13): 1974-1979.
Bai L, Zhou JF, Bi XQ, et al. Longitudinal study on changes of perioperative related symptoms and symptom cluster in patients with oral cancer[J]. Chongqing Med J, 2023, 52(13): 1974-1979.
- [6] Alfano G, Ferrari A, Fontana F, et al. Hypokalemia in patients with COVID-19[J]. Clin Exp Nephrol, 2021, 25(4): 401-409.
- [7] 王宁, 石玉博, 宋建利, 等. 非心脏手术患者围手术期钾离子紊乱的病理生理学及其治疗和预防的研究进展[J]. 吉林大学学报(医学版), 2021, 47(5): 1314-1322.
Wang N, Shi YB, Song JL, et al. Research progress in pathophysiology, treatment and prevention of perioperative potassium disturbance in non-cardiac surgery patients[J]. J Jilin Univ(Med Ed), 2021, 47(5): 1314-1322.
- [8] Arora P, Pourafkari L, Visnjevac O, et al. Preoperative serum potassium predicts the clinical outcome after non-cardiac surgery[J]. Clin Chem Lab Med, 2017, 55(1): 145-153.
- [9] Jensen HK, Brabrand M, Vinholt PJ, et al. Hypokalemia in acute medical patients: risk factors and prognosis[J]. Am J Med, 2015, 128(1): 60-67.e1.
- [10] 王林, 王冉, 刘婷, 等. 非糖尿病老年患者术中血糖异常风险预测模型的构建及验证[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(3): 318-324.
Wang L, Wang R, Liu T, et al. Development of a risk prediction model for intraoperative abnormal blood glucose in elderly patients without diabetes[J]. Chin J Nurs, 2023, 58(3): 318-324.
- [11] Bao QL, Song L, Ma LY, et al. Prediction of postoperative hypokalemia in patients with oral cancer undergoing en bloc cancer resection: a retrospective cohort study[J]. BMC Oral Health, 2023, 23(1): 663.
- [12] Pan P, Zhang ZT, Zhang XF, et al. Postoperative prevalence and risk factors for serum hypokalemia in patients with primary total joint arthroplasty[J]. Orthop Surg, 2024, 16(1): 72-77.
- [13] Zhao L, Shen X, Yang L, et al. Association of prognostic nutritional index with mortalities in American adult cancer survivors: a cohort study based on NHANES, 1999-2018[J]. Food Sci Nutr, 2024, 12(3): 1834-1846.
- [14] 李晓松. 医学统计学(4版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2020: 218-219.
Li XS. Medical statistics(4th ed) [M]. Beijing: Higher Education Press, 2020: 218-219.
- [15] Greco A, Rabito G, Pironi M, et al. Hypokalaemia in hospitalised patients[J]. Swiss Med Wkly, 2016, 146(2526): w14320. DOI:10.4414/smw.2016.14320.
- [16] Zhang W, Zhang SX, Chen SF, et al. Development and validation of risk prediction model for refeeding syndrome in neurocritical patients[J]. Front Nutr, 2023, 10: 1083483.
- [17] Weir MR, Espaillat R. Clinical perspectives on the rationale for potassium supplementation[J]. Postgrad Med, 2015, 127(5): 539-548.
- [18] 赖展鸿, 张起帆, 钱建平, 等. 加速康复外科理念下肝

- 切除术后水电解质紊乱的倾向性匹配回顾性分析[J]. 肝胆胰外科杂志, 2022, 34(3): 145-151.
- Lai ZH, Zhang QF, Qian JP, et al. Propensity score matching and retrospective analysis of postoperative fluid management and electrolyte disorders after hepatectomy under the concept of enhanced recovery after surgery[J]. *J Hepatopancreatobil Surg*, 2022, 34(3): 145-151.
- [19] 周冰琦, 牟弘毅, 李雪艳. 多学科联动智慧化管理在肝切除住院患者低钾血症管理中的应用效果[J]. 肝胆胰外科杂志, 2024, 36(7): 426-429.
- Zhou BQ, Mou HY, Li XY. Application of multi-disciplinary linkage intelligent management on hypokalemia in hospitalized patients with hepatectomy[J]. *J Hepatopancreatobil Surg*, 2024, 36(7): 426-429.
- [20] 汤卫红, 徐翠荣, 孙云飞, 等. 不同溶媒稀释氯化钾口服液口感接受程度的效果观察[J]. 现代医学, 2022, 50(8): 1060-1063.
- Tang WH, Xu CR, Sun YF, et al. Effect of 10% potassium chloride injection diluted with different solvent on oral acceptance[J]. *Modern Med J*, 2022, 50(8): 1060-1063.
- [21] Krogager ML, Torp-Pedersen C, Mortensen RN, et al. Short-term mortality risk of serum potassium levels in hypertension: a retrospective analysis of nationwide registry data[J]. *Eur Heart J*, 2017, 38(2): 104-112.
- [22] Krogager ML, Sogaard P, Torp-Pedersen C, et al. Impact of plasma potassium normalization on short-term mortality in patients with hypertension and hypokalemia or low normal potassium[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1): 386.
- [23] DeSalvo KB, Olson R, Casavale KO. Dietary guidelines for Americans[J]. *JAMA*, 2016, 315(5): 457-458.
- [24] Liu LL, Xie KH, Yin MM, et al. Serum potassium, albumin and vitamin B₁₂ as potential oxidative stress markers of fungal peritonitis[J]. *Ann Med*, 2021, 53(1): 2132-2141.
- [25] Ray-Coquard I, Cropet C, van Glabbeke M, et al. Lymphopenia as a prognostic factor for overall survival in advanced carcinomas, sarcomas, and lymphomas[J]. *Cancer Res*, 2009, 69(13): 5383-5391.
- [26] Walzik D, Joisten N, Zacher J, et al. Transferring clinically established immune inflammation markers into exercise physiology: focus on neutrophil-to-lymphocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio and systemic immune-inflammation index[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2021, 121(7): 1803-1814.
- [27] Gleeson M, Bishop NC, Stensel DJ, et al. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease[J]. *Nat Rev Immunol*, 2011, 11(9): 607-615.
- [28] Wischmeyer PE, Carli F, Evans DC, et al. American society for enhanced recovery and perioperative quality initiative joint consensus statement on nutrition screening and therapy within a surgical enhanced recovery pathway[J]. *Anesth Analg*, 2018, 126(6): 1883-1895.
- [29] Bolshinsky V, Li MH, Ismail H, et al. Multimodal prehabilitation programs as a bundle of care in gastrointestinal cancer surgery: a systematic review[J]. *Dis Colon Rectum*, 2018, 61(1): 124-138.
- [30] Spahn DR. Hypocalcemia in trauma: frequent but frequently undetected and underestimated[J]. *Crit Care Med*, 2005, 33(9): 2124-2125.
- [31] Wray JP, Bridwell RE, Schauer SG, et al. The diamond of death: hypocalcemia in trauma and resuscitation[J]. *Am J Emerg Med*, 2021, 41: 104-109.
- [32] 李幼生. 从加速康复外科到预康复——理念更新与临床实践模式转变[J]. 中国实用外科杂志, 2024, 44(2): 155-159.
- Li YS. From enhanced recovery after surgery to prehabilitation the new concepts and clinical practice[J]. *Chin J Pract Surg*, 2024, 44(2): 155-159.
- [33] 李春洁, 韩波, 朱桂全. 口腔颌面部缺损游离皮瓣修复中血管吻合的技巧及关键点[J]. 华西口腔医学杂志, 2022, 40(3): 271-278.
- Li CJ, Han B, Zhu GQ. Vessel anastomosis in free flap reconstruction for oral and maxillofacial defects: techniques and key points[J]. *West China J Stomatol*, 2022, 40(3): 271-278.
- [34] 王光满, 毕小琴. 口腔癌患者非计划再次手术的影响因素分析[J]. 重庆医学, 2024, 53(9): 1353-1359.
- Wang GM, Bi XQ. Analysis of influencing factors of unplanned reoperation in patients with oral cancer[J]. *Chongqing Med J*, 2024, 53(9): 1353-1359.
- [35] 王天龙. 推动麻醉前预康复临床实践, 实现围术期高质量发展[J]. 临床麻醉学杂志, 2024, 40(2): 117-118.
- Wang TL. Promote the clinical practice of pre-anesthesia pre-rehabilitation to achieve high-quality perioperative development[J]. *J Clin Anesthesiol*, 2024, 40(2): 117-118.